

# Steuernde Einflussfaktoren und Prozesse im Sauerstoffhaushalt der Tideelbe

Dipl.-Biol. Andreas Schöl Referat - Ökologische Wirkungszusammenhänge Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

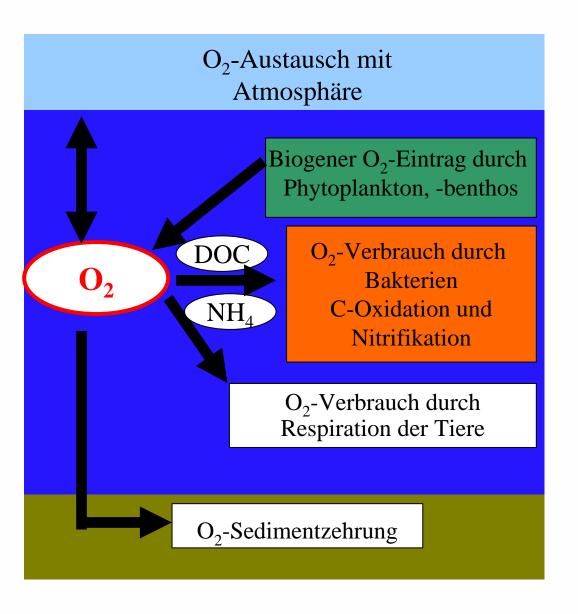


## Gliederung

- Sauerstoffhaushalt
- Einfluss der Mittelelbe
- Wichtige Prozesse in der oberen Tideelbe (limnisch) Algenentwicklung, Sauerstoffzehrung und Schwebstoffgehalte
- Einflüsse durch Nutzung als Schifffahrtsstraße
- Fazit und Ausblick (mögliche Entwicklungstendenzen)



#### Sauerstoffhaushalt

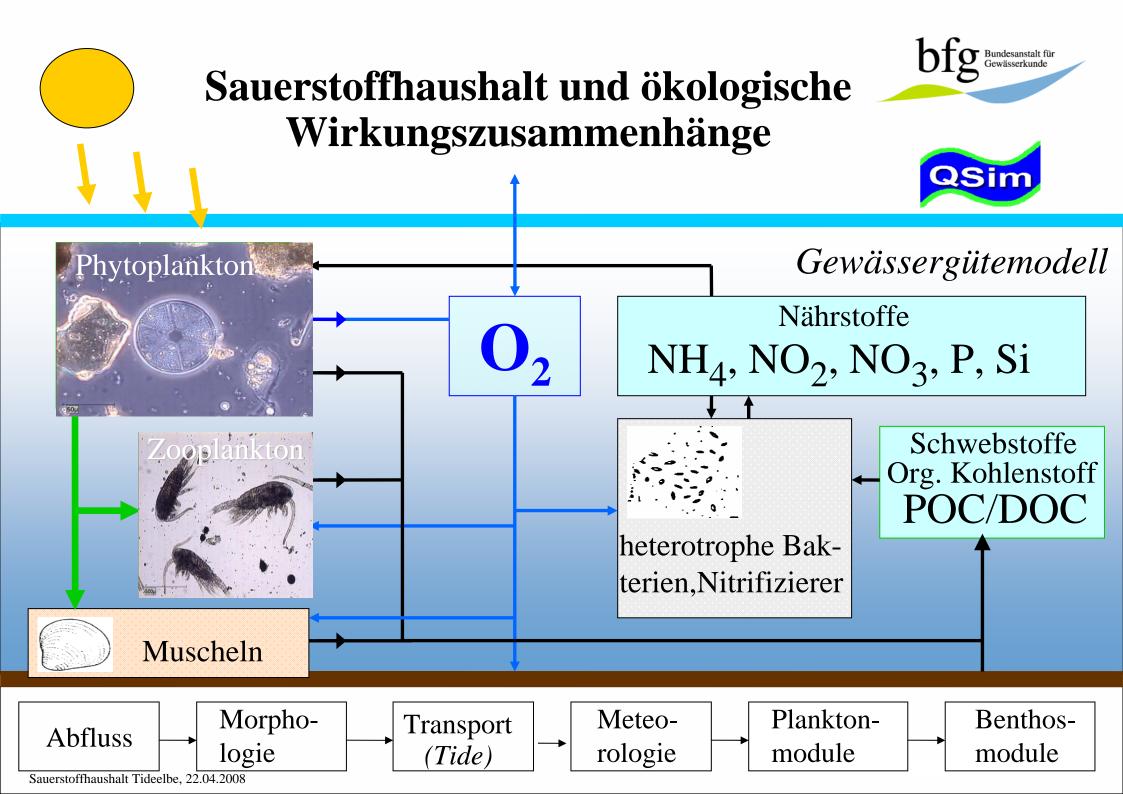


#### Wichtige Prozesse

- Austausch mit Atmosphäre
- Sauerstoffeintrag durch Algen
- Sauerstoffverbrauch durch Mikroorganismen (und Tiere)
- Sauerstoffzehrung durch Sediment (Mikroorganismen)

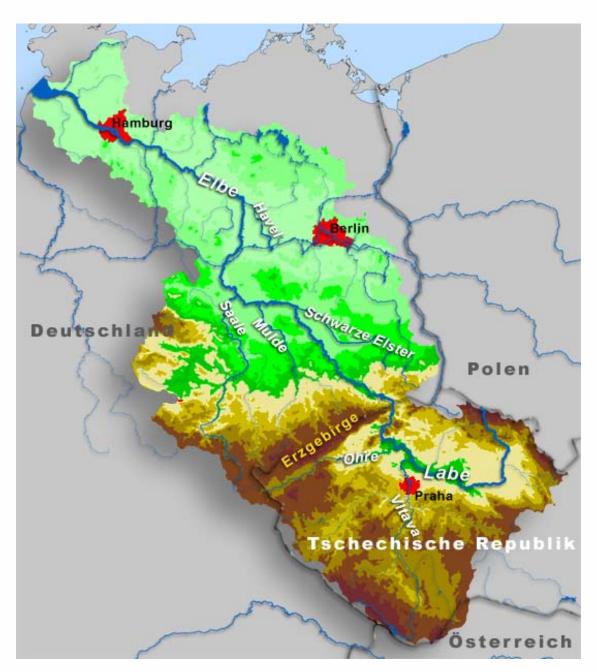
# Sauerstoffgehalt ist Bilanz aller beteiligten Prozesse

-> Quantifizierung !!!

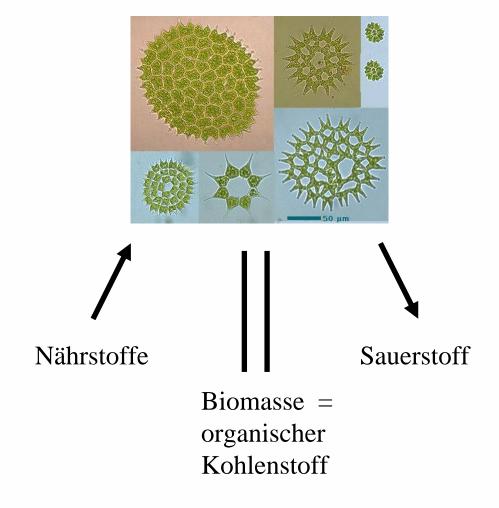


#### Einfluss der Mittelelbe





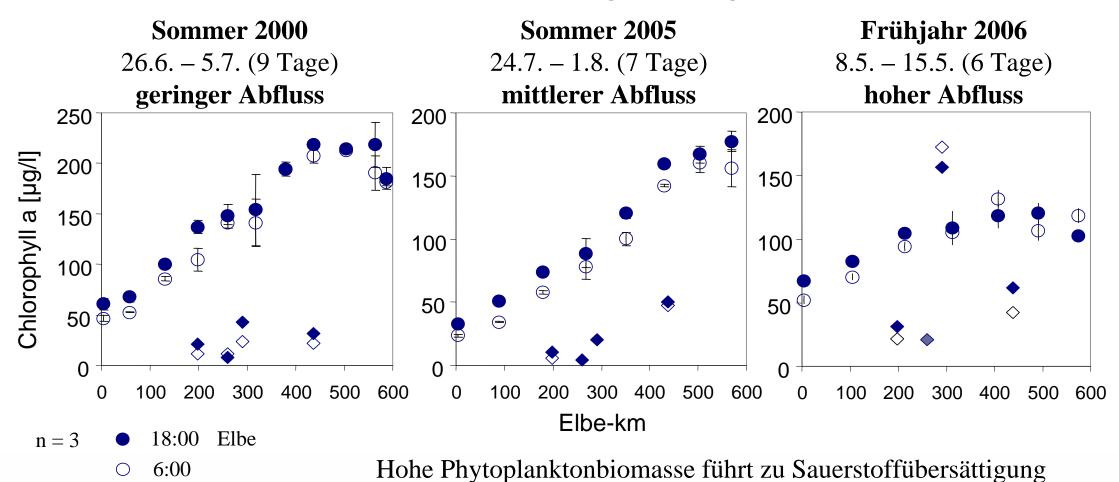
# Phytoplankton in der Mittelelbe Wachstumsphase





### Phytoplanktonentwicklung (Chlorophyll) in der Mittelelbe

#### Fließzeitkonforme Längsbereisungen



in der Mittelelbe (bis zu 200% im Sommer)

Sauerstoffhaushalt Tideelbe, 22.04.2008

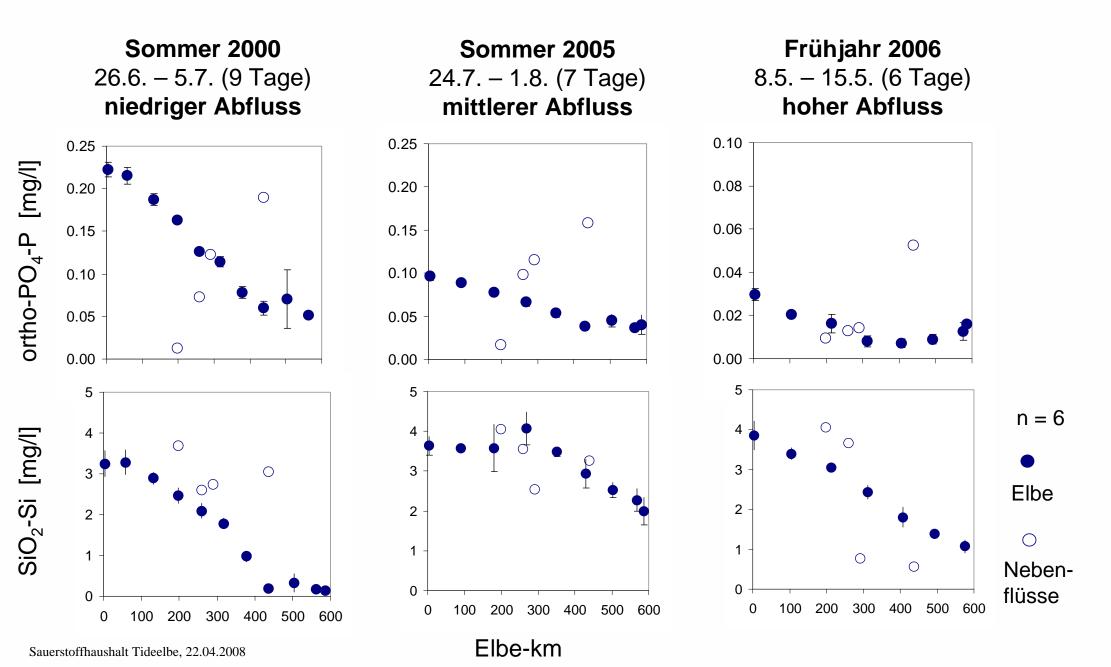
18:00

6:00

Nebenflüsse

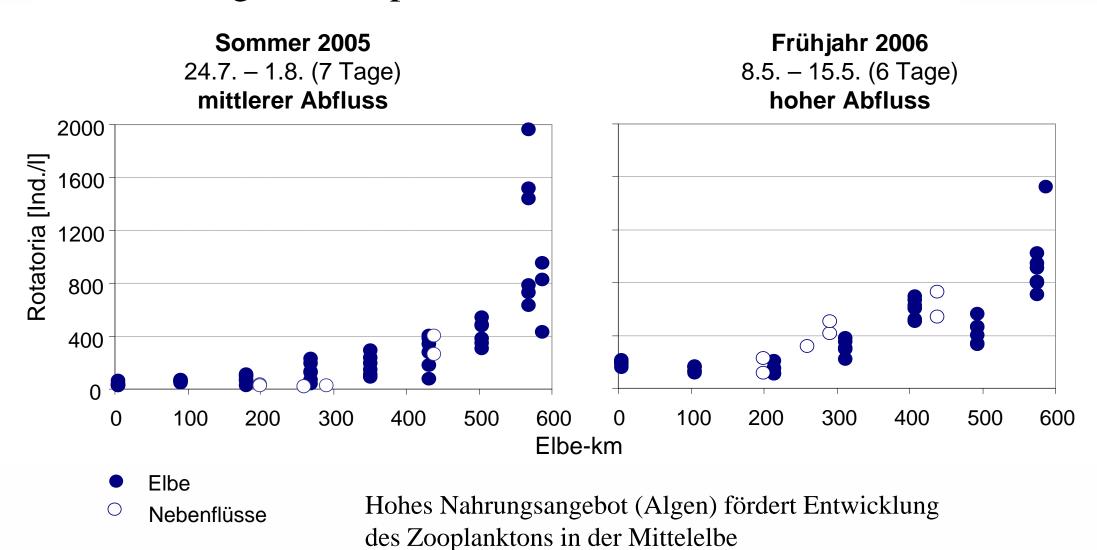


### Algennährstoffe: ortho-Phosphat und Silikat



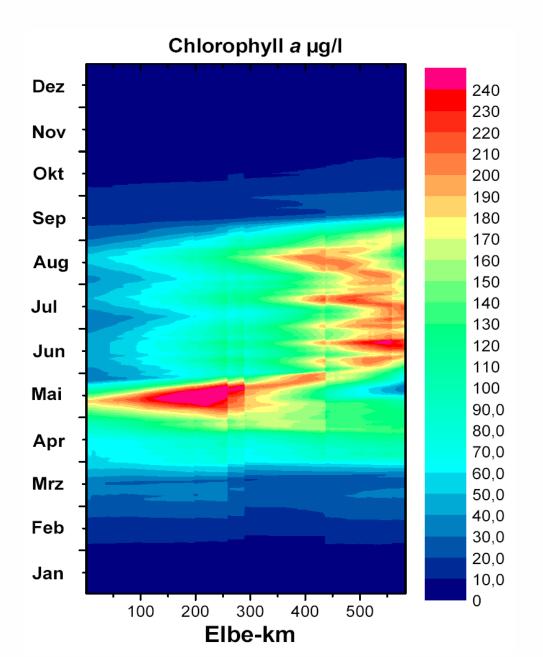


### Entwicklung des Zooplanktons (Rotatoria) in der Mittelelbe





### Ergebnisse – Gewässergütemodellmodel QSim



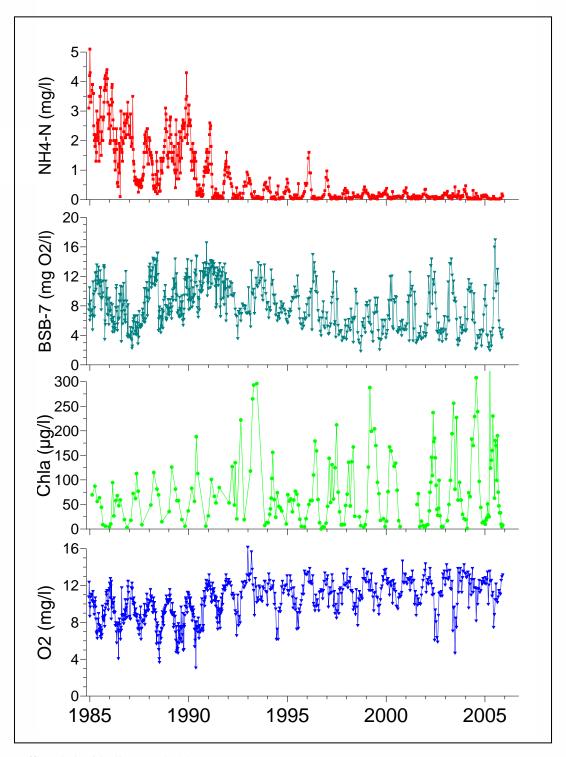
#### Phytoplankton im Jahr 1998

#### **Prozesse:**

- Limitierung durch
   Licht (immer)
   Temperatur (saisonal)
   Nährstoffe (Si stark, P gering/nicht)
- Wegfraß durch Zooplankton
- Sedimentation
   Hauptstrom gering,
   Buhnenfelder hoch

#### **Gebildete Biomasse:**

- Abfluss/Aufenthaltszeit
- Eintrag/Abnahme durch Nebenflüsse





"Belastungsquelle" Mittelelbe (Zollenspieker, km 598) Zeitraum 1985 bis heute

#### Belastungssituation "heute"

Sommer - Winter

Ammonium

BSB-Werte

Chla-Werte

O<sub>2</sub>-Gehalte

Sommer - Winter

gering - moderat

hoch - gering

hoch - gering

hoch - hoch

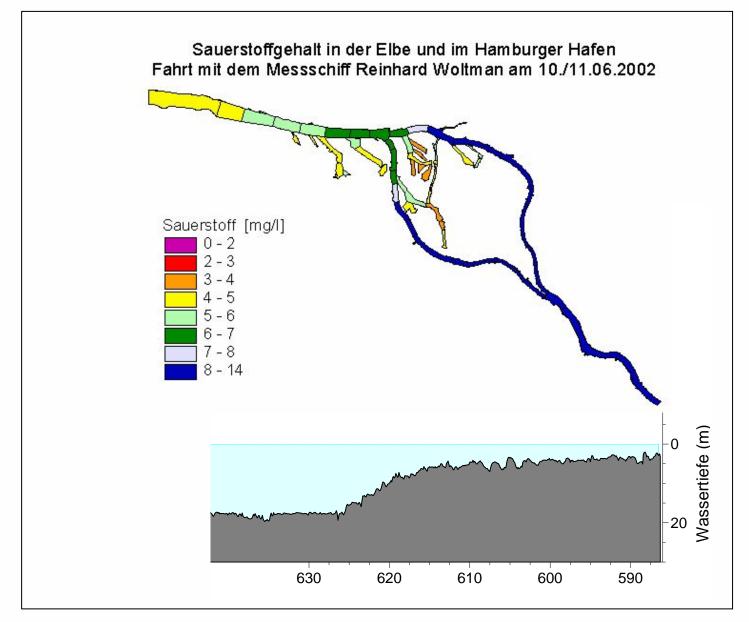


## Wichtige Prozesse in der oberen Tideelbe

- Algenrückgang
- Zooplanktonentwicklung
- Kopplung zur mikrobiellen Sauerstoffzehrung
- Sedimentation und Schwebstoffgehalt
- Hahnöfer Nebenelbe

## Längsverlauf des Sauerstoff im limnischen Abschnitt der Tideelbe





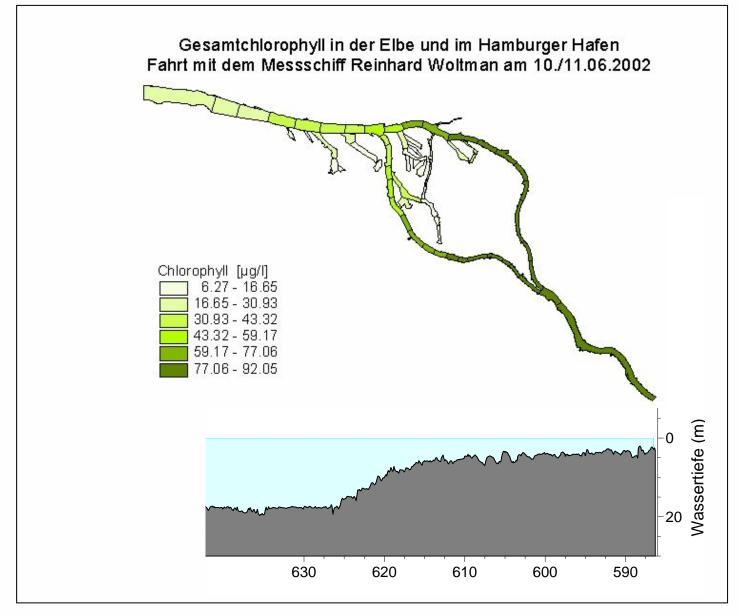
Rückgang der Sauerstoffgehalte im Hamburger Hafen (km 610 bis km 635)

- hohe Sauerstoffgehalte mit Übersättigungen bis km 615
- Steiler Gradient im Bereich km 615 bis 640

**Daten: Hygiene-Institut Hamburg** 

## Längsverlauf des Phytoplanktons im limnischen Abschnitt der Tideelbe





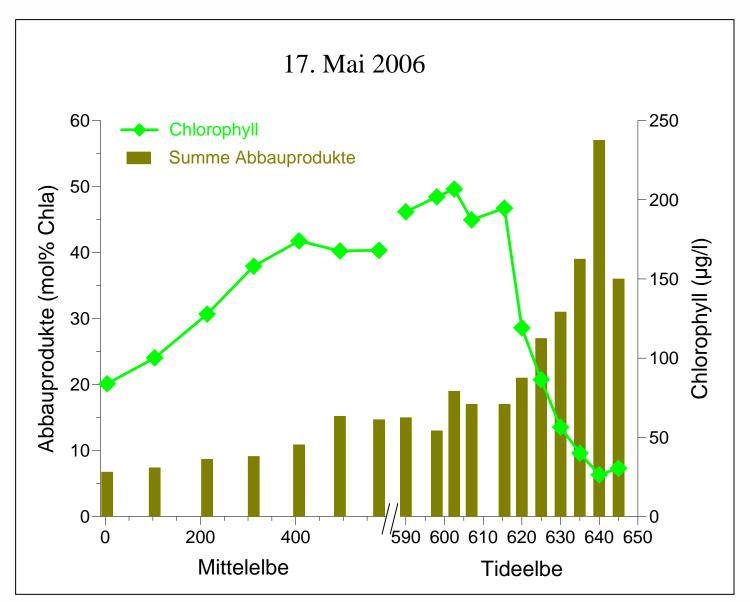
Rückgang der Phytoplanktongehalte im Hamburger Hafen (km 610 bis km 635)

- Zunahme der mittleren Wassertiefe und damit Verschlechterung der Lichtbedingungen
- Zunahme der Aufenthaltszeiten, stark abhängig vom Oberwasserabfluss

**Daten: Hygiene-Institut Hamburg** 



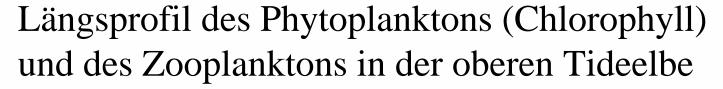
### Physiologischer Zustand der Algen Chlorophyll a und seine Abbauprodukte



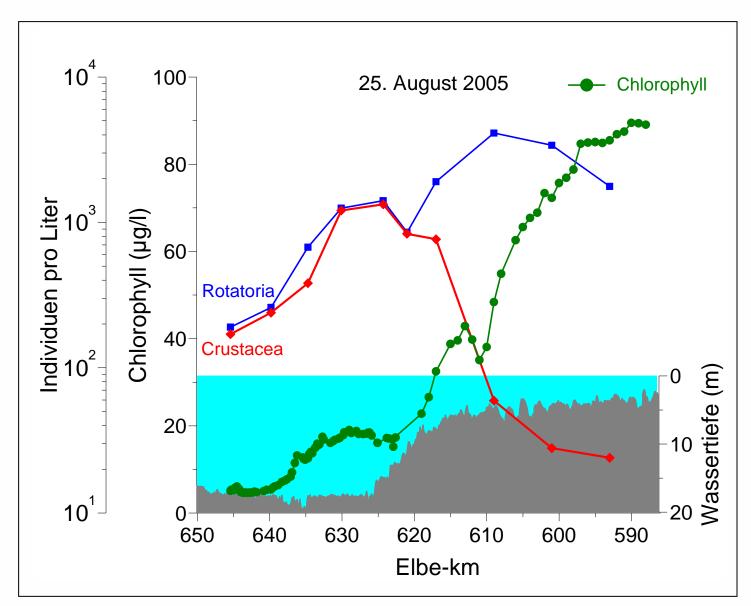
Zunahme der Abbauprodukte Chlorophyllid, Phaeophytin, Phaeophorbid in der Tideelbe

Abbauprodukte entstehen vermehrt unter ungünstigen Bedingungen, wie Licht- und Nährstoffmangel sowie Fraßdruck

Daten: BfG







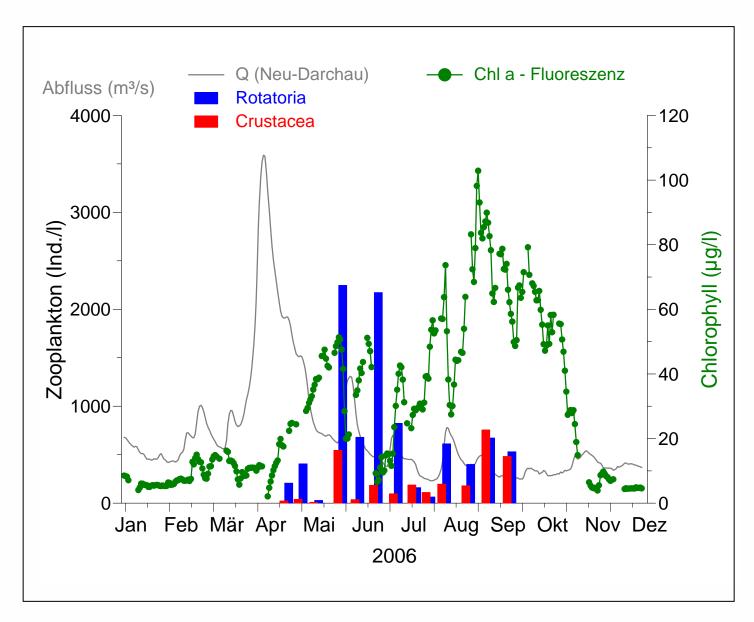
#### Rückgang des Chlorophyll

- Algenphysiologische Prozesse Licht, N\u00e4hrstoffe
- Verlustprozesse (extern)
   Wegfraß durch Zooplankton
   Sedimentation
- Vermischung/Transport
   Zustrom in großen Wasserkörper, d.h. hohe auch
   Aufenthaltszeiten

Daten: Hygiene-Institut und BfG



#### Phytoplanktonverluste durch Zooplanktonwegfraß

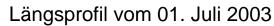


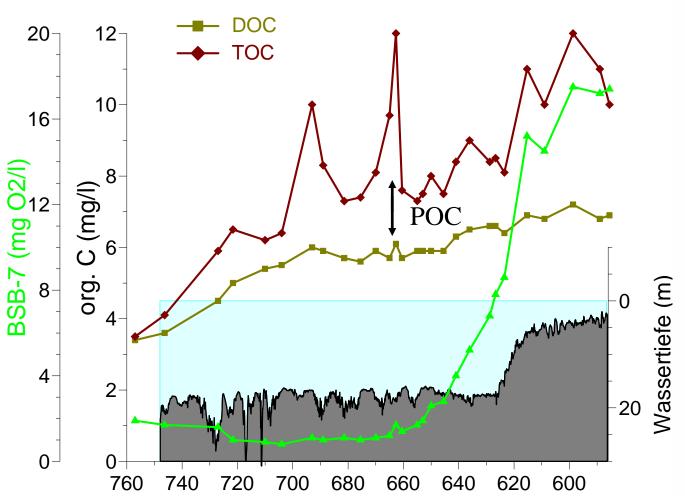
#### Jahresgang Zooplankton bei Seemannshöft

- Hohe Zooplanktondichten zu Zeiten geringer Algengehalte
- Rotatorienmaxima über 2000 Ind./l
- Crustaceenmaxima bei ca.700 Ind./l

Daten: Hygiene-Institut Hamburg und BfG









Längsprofil der Substrate (TOC, DOC) und der mikrobiellen Sauerstoffzehrung (BSB-7) im Juli 2003 sowie Wassertiefen in der Tideelbe

Der Rückgang des POC in der oberen Tideelbe geht mit Rückgang des BSB-7 einher

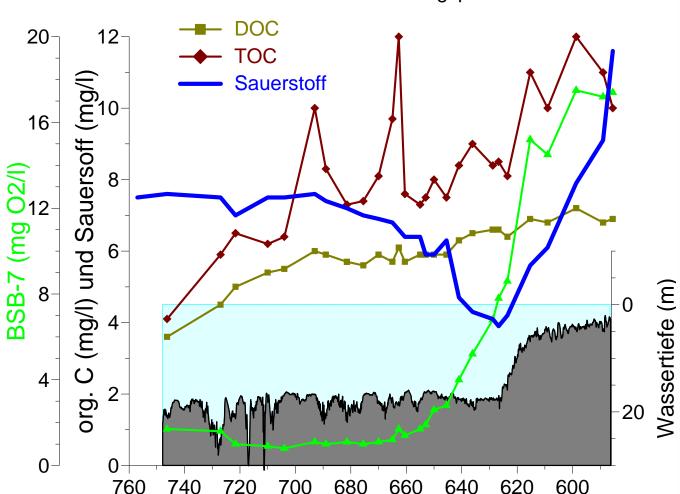
Höchste potenzielle Aktivität im oberen Bereich bis km 620, abklingend bis km 650

Paralleler Verlauf der anderen BSB-Fraktionen (Zehrung-14,-21)





Längsprofil vom 01. Juli 2003



Längsprofil der Substrate (TOC, DOC) und der mikrobiellen Sauerstoffzehrung (BSB-7) im Juli 2003 sowie Wassertiefen in der Tideelbe

Sauerstoffabnahme parallel zum Rückgang des BSB-7

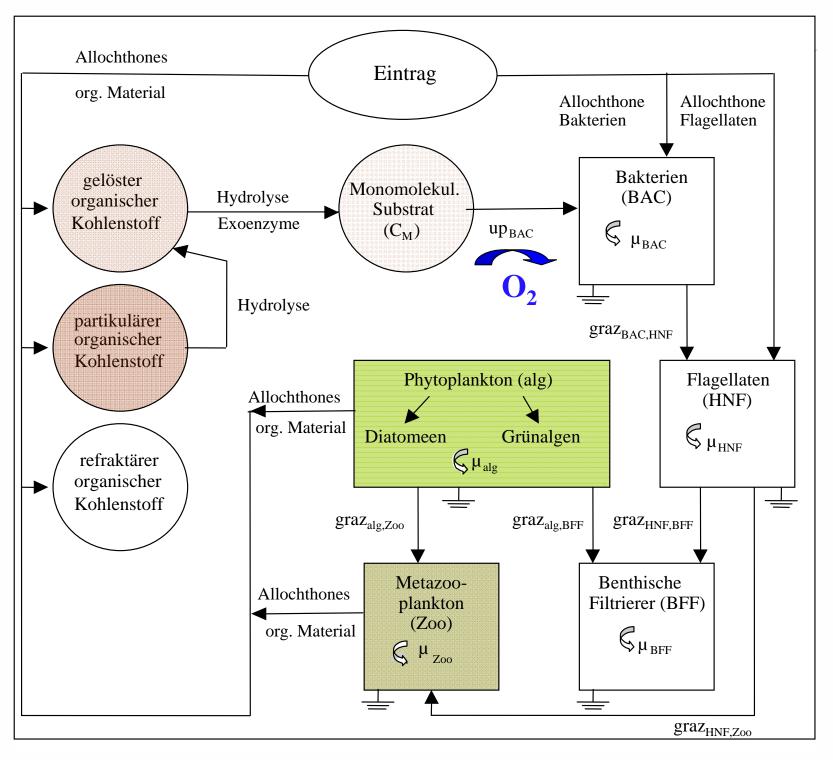
Wie weit wird zehrungsfähiges Material transportiert bzw. auf welcher Strecke verbraucht?

#### Wege vom Algenkohlenstoff zum Sauerstoffverbrauch

Aufnahmerate des monomolekularen Substrats durch BAC 3,8 d<sup>-1</sup> Ks-Wert 0,1 mg C/l

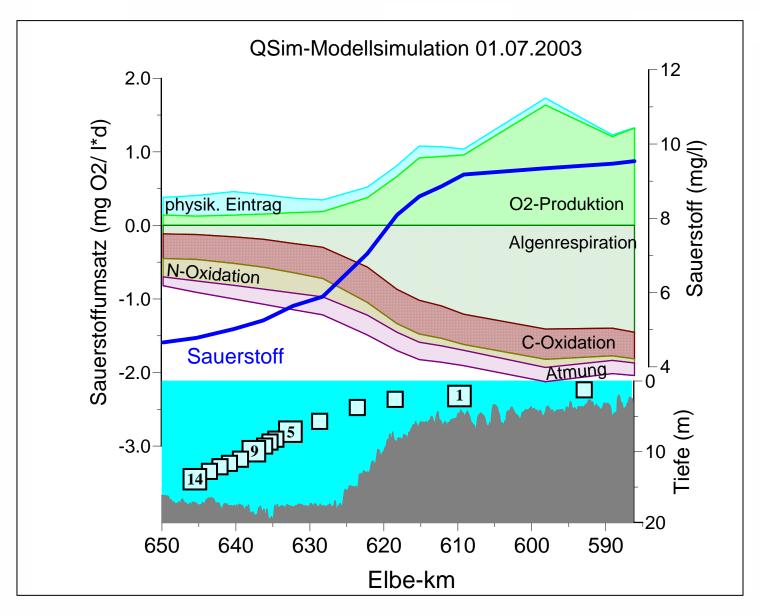
Hydrolyseraten gelöst:
1 d<sup>-1</sup>
Ks-Wert 2,5 mg C/l partikulär:
0,04 – 0,006 d<sup>-1</sup>

## **Kohlenstoffkreislauf** im **BfG-Modell**









#### Prozesse:

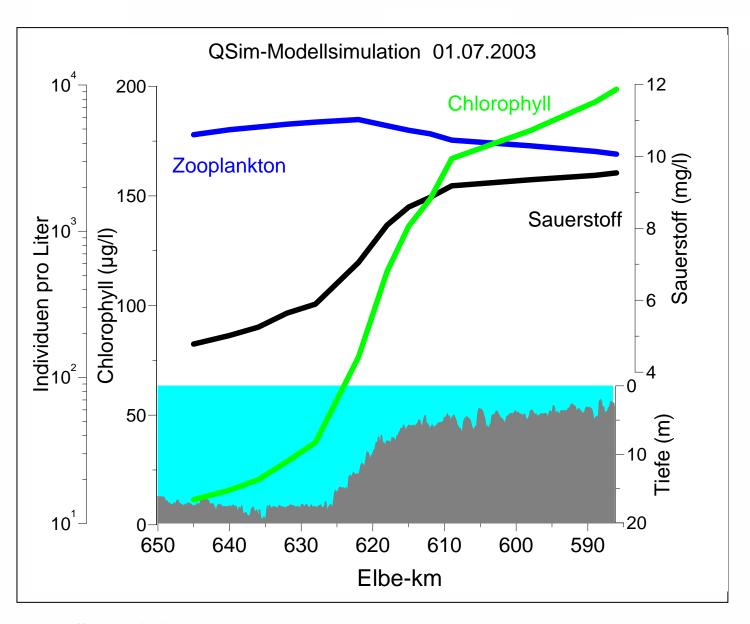
- Algenrespiration leicht größer als O<sub>2</sub>-Produktion
- geringer physikalischer Eintrag trotz Defizit
- mikrobielle C-Oxidation durchgängig hoch
- Nitrifikation als Folge des Abbaus org. Materie
- Atmung durch Zooplankton

#### Transportzeiten:

Das Wasser hat erst nach ca. 36 Tagen km 650 verlassen für  $Q \sim 280 \text{ m}^3\text{/s}$ 







Paralleler Rückgang des Sauerstoffs und des Chlorophylls bei hohen Zooplanktondichten



# Anteil der Sedimentation an Algenverlusten? Zusammenhänge zu Schwebstoffen?

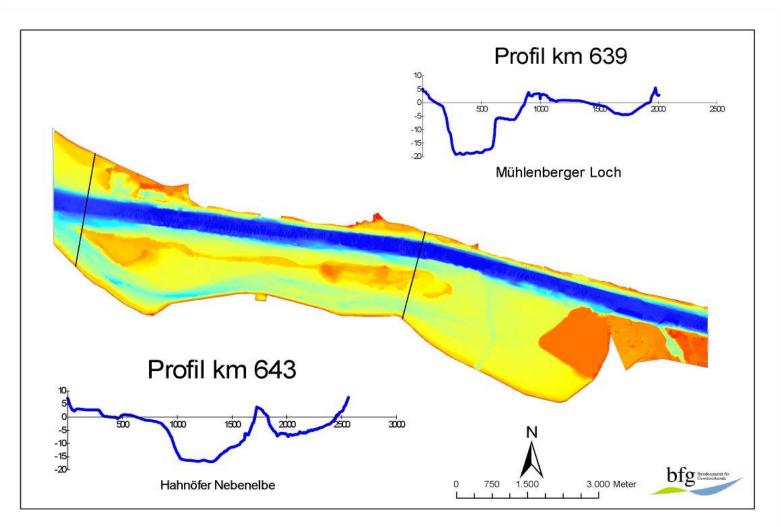
- Sedimentation findet statt mehr in Nebenräumen als im Hauptstrom
- Algen sind Schwebstoffe: Lebende Zellen, exopolymere Substanzen und totes Material bildet Aggregate mit anorganischen Bestandteilen
- Hohe Turbulenz hält Flocken im großen Wasserkörper in Schwebe
- -> Ort der Flocken ist der Wasserkörper
- -> Ort der Zehrung ist der Wasserkörper



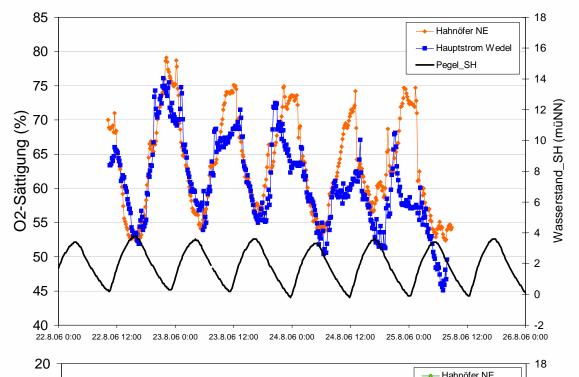
## Einfluss morphologischer Strukturen

Aspekt - Hahnöfer Nebenelbe

Elbe im Abschnitt Blankenese bis Wedel (Elbe-km 632 - 644)

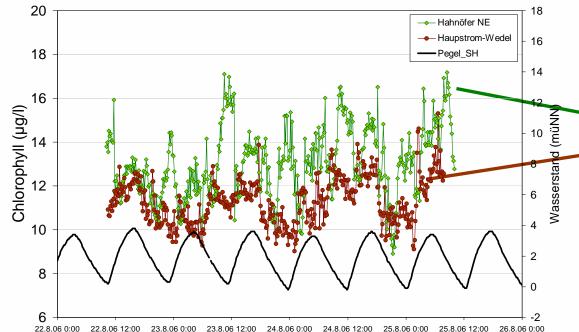


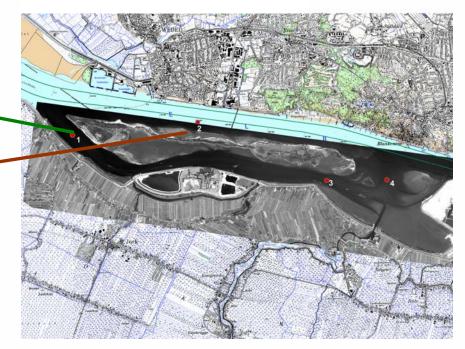
Bessere Lichtversorgung fördert Primärproduktion im Flachwasser und Watten





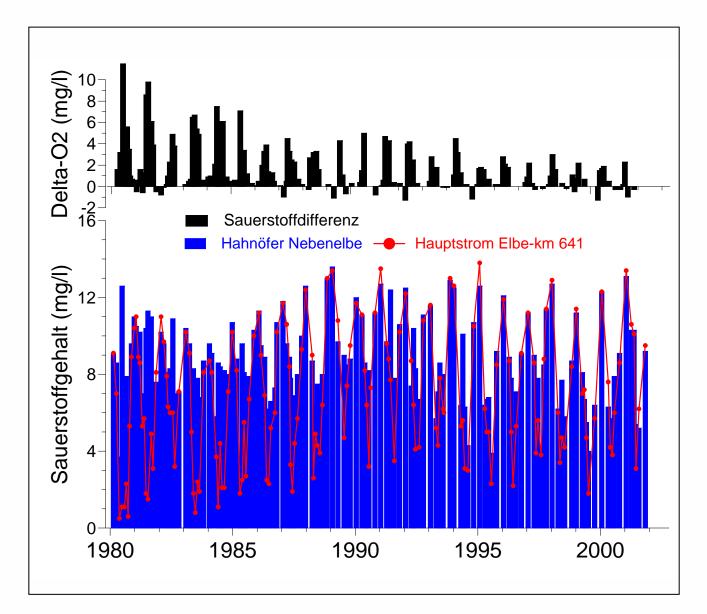
## Sauerstoff- und Chlorophylleintrag aus Hahnöfer NE in den Hauptstrom





## Unterschiede des Sauerstoffgehaltes zwischen Hauptstrom und Nebenelbe



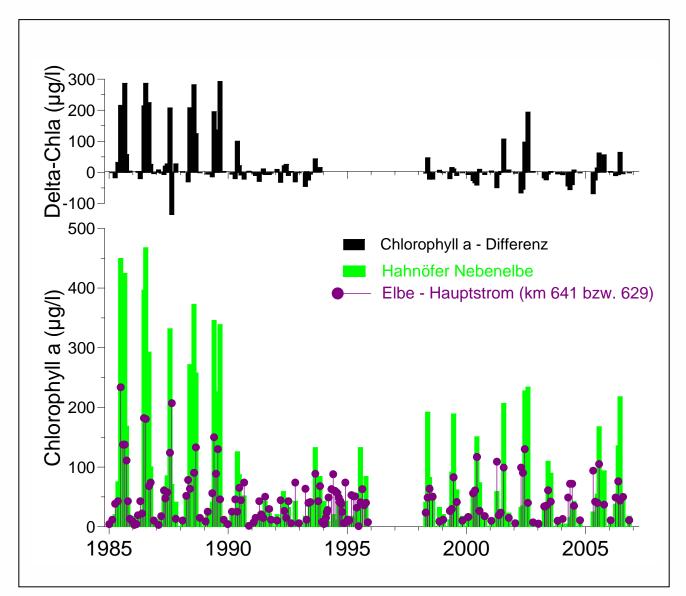


Langjähriger Trend (1980 -2006) der Sauerstoffgehalte im Hauptstrom der Elbe (km 641) und in der Hahnöfer Nebenelbe (TN 14)

Höhere O<sub>2</sub>-Gehalte in der Nebenelbe, Abnahme der O<sub>2</sub>-Differenzen, Rückgang der Sauerstoffgehalte in der Hahnöfer Nebenelbe





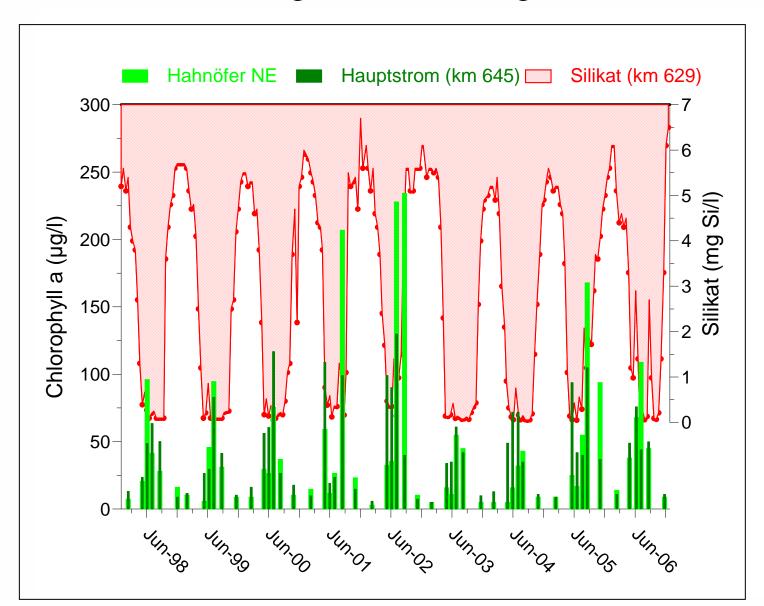


Langjähriger Trend (1985 - 2006) der Algengehalte im Hauptstrom der Elbe bei km 641(ab 1992 bei km 628,8) und in der Hahnöfer Nebenelbe (TN 14)

Starker Rückgang der Algengehalte in der Hahnöfer Nebenelbe sowie leichter Rückgang im Hauptstrom, Abnahme der Unterschiede in den Algengehalten



### Algengehalte im Hauptstrom und in der Hahnöfer Nebenelbe im Vergleich zu Silikatgehalten (km 629)



Silkatmangel im
Sommer steuert
Chlorophyllgehalte
unterhalb Hamburgs

Halbsättigungswert: ~ 0,05 mg Si/l



### Einflüsse durch Nutzung als Schifffahrtsweg

• Morphologischer Zustand /Wassertiefe bestimmt:

Aufenthaltszeiten

Lichtklima

Sauerstoffnachlieferung

Tidedynamik / Schwebstofftransport / Sedimentation

- Anforderungen an Qualität/Belastung aus EZ Elbe sind erhöht
- → Strukturmaßnahmen in der Tideelbe Wiederanbindung bzw. Erhalt von Nebenelben, Seitenräumen
- → Qualität/Trophie im EZ (Reduzierung der Algenfracht)

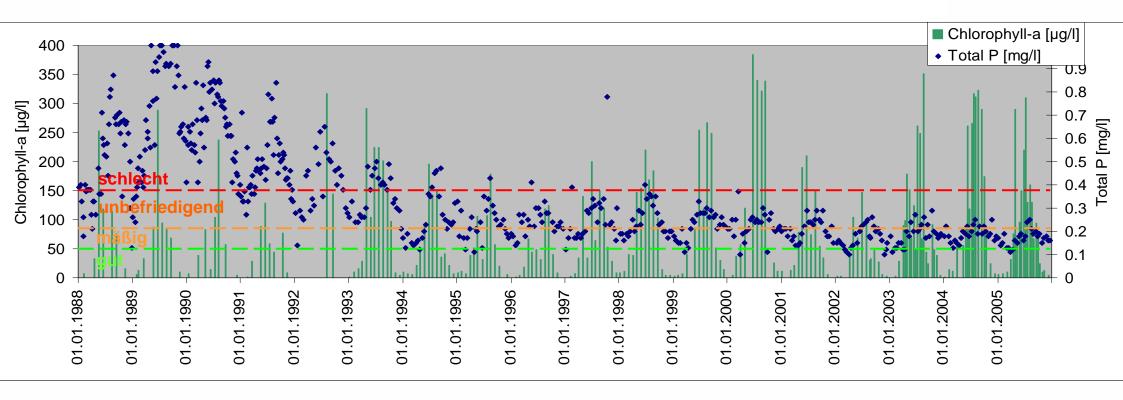


## Zukünftige Entwicklungen

- Entwicklungen im EZ Nährstoffreduzierung
- Klimawandel hydrologische Zyklen
- Biologische Kontrolle des Phytoplanktons



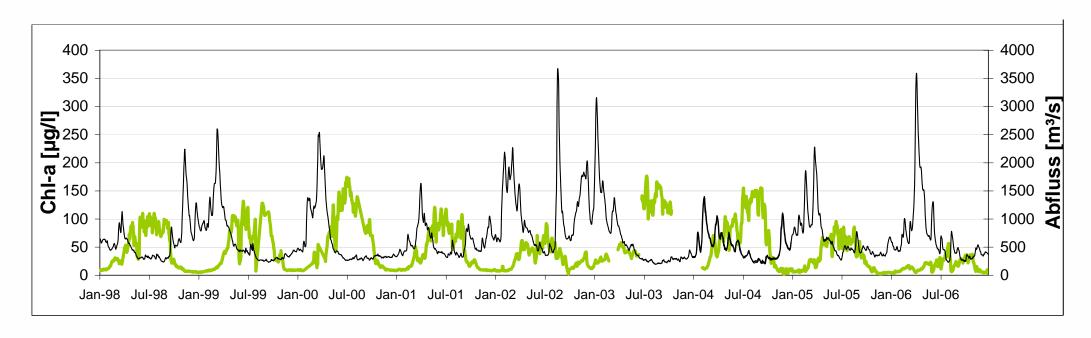
### Chlorophyll a und Gesamt-Phosphor 1988 - 2005



Schnackenburg (Elbe-km 475, Daten ARGE Elbe) WRRL- Bewertung für Algenbiomasse (Chlorophyll), Saisonmittel (April bis Oktober): gut < 52  $\mu$ g/l, mäßig 90  $\mu$ g/l, schlecht > 155  $\mu$ g/l



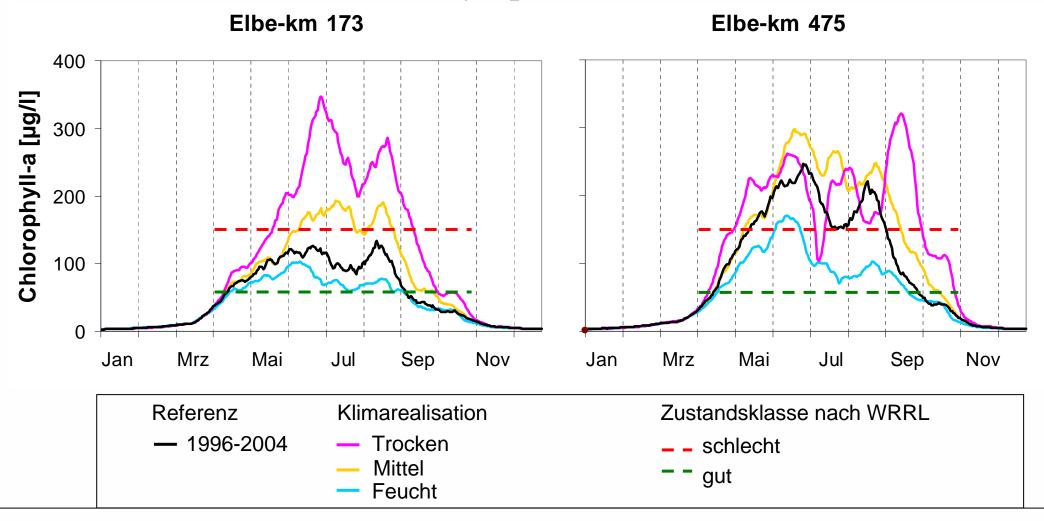
### Hydrologische Zyklen? Chlorophyll *a* und Abfluss 1998 - 2005



Chlorophyll-Fluoreszenzmessungen Cumlosen (Elbe-km 470, Daten LUA Brandenburg) Abfluss, Tagesmittelwerte bei Neu-Darchau

## bfg Bundesanstalt für Gewässerkunde

### Hydrologische Zyklen und Einfluss des Klimawandels auf das Phytoplankton

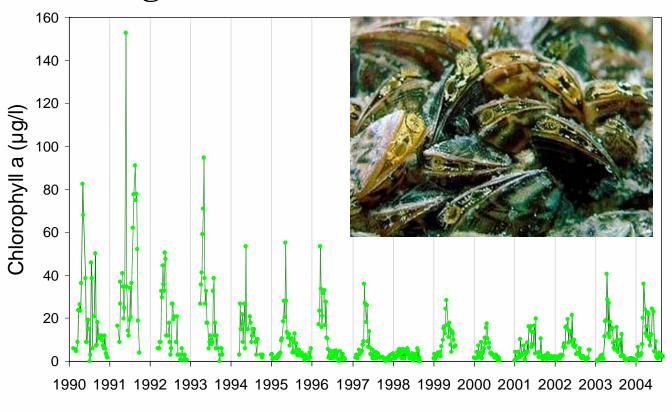


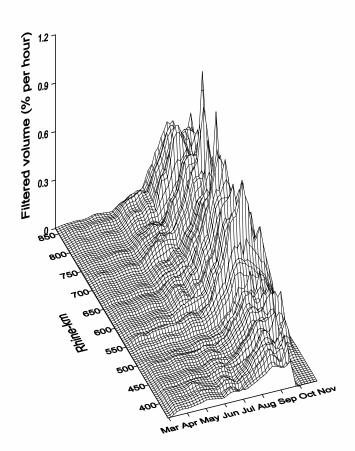
Simulationen mit QSim im Rahmen vom BMBF-Projekt GLOWA-Elbe



# Rückgang der Algengehalte (Chlorophyll a) im Rhein bei Koblenz 1990 -2004

### Biologische Kontrolle durch benthische Filtrierer





Daten: BfG

Berechnete Filtrierleistung der Muscheln (*Dreissena polymorpha*) im Längsverlauf des Rheins und im Jahresgang 1990 (Modellrechnungen)

## bfg Bundesanstalt für Gewässerkunde

### **Fazit**

- ✓ Algen steuern Stoffhaushalt der Mittelelbe
  - autotroph -> Nährstoffaufnahme und Sauerstoffeintag
  - heterotroph -> Algen-Kohlenstoff und Sauerstoffverbrauch
- ✓ Abflussentwicklung resp. Aufenthaltszeit bestimmt Belastungssituation in der Tideelbe
  - abflussarme Zeiten bewirkt hohe Algenproduktion im Mittellauf und
  - geringe Produktion in Tideelbe auf Grund bereits verbrauchter Nährstoffe
- ✓ Biologische Kontrolle Wegfraß von Algen durch Zooplankton beschleunigt/steuert das Absterben der Algen
- ✓ Kopplung von "gestresster" Algenbiomasse und mikrobieller Aktivität
  - algenbürtiger Kohlenstoff wird unter Sauerstoffverbrauch abgebaut
  - Abbaukaskade benötigt Zeit
- ✓ "Sauerstofftal" auf Grund hoher Sauerstoffzehrung bei geringer Wiederbelüftung und Ausfall des biogenen Eintrags





Bilder: ARGE-Elbe

Elbinsel Neßsand

Hamburg - Rugenberger Hafen

### Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dipl.-Biol. Andreas Schöl Referat - Ökologische Wirkungszusammenhänge

Tel.: 0261/1306-5514, Fax: 0261/1306-5152

e-Mail: schoel@bafg.de

