

# Contamination of sediments in the Elbe estuary and its sensitivity to climate change

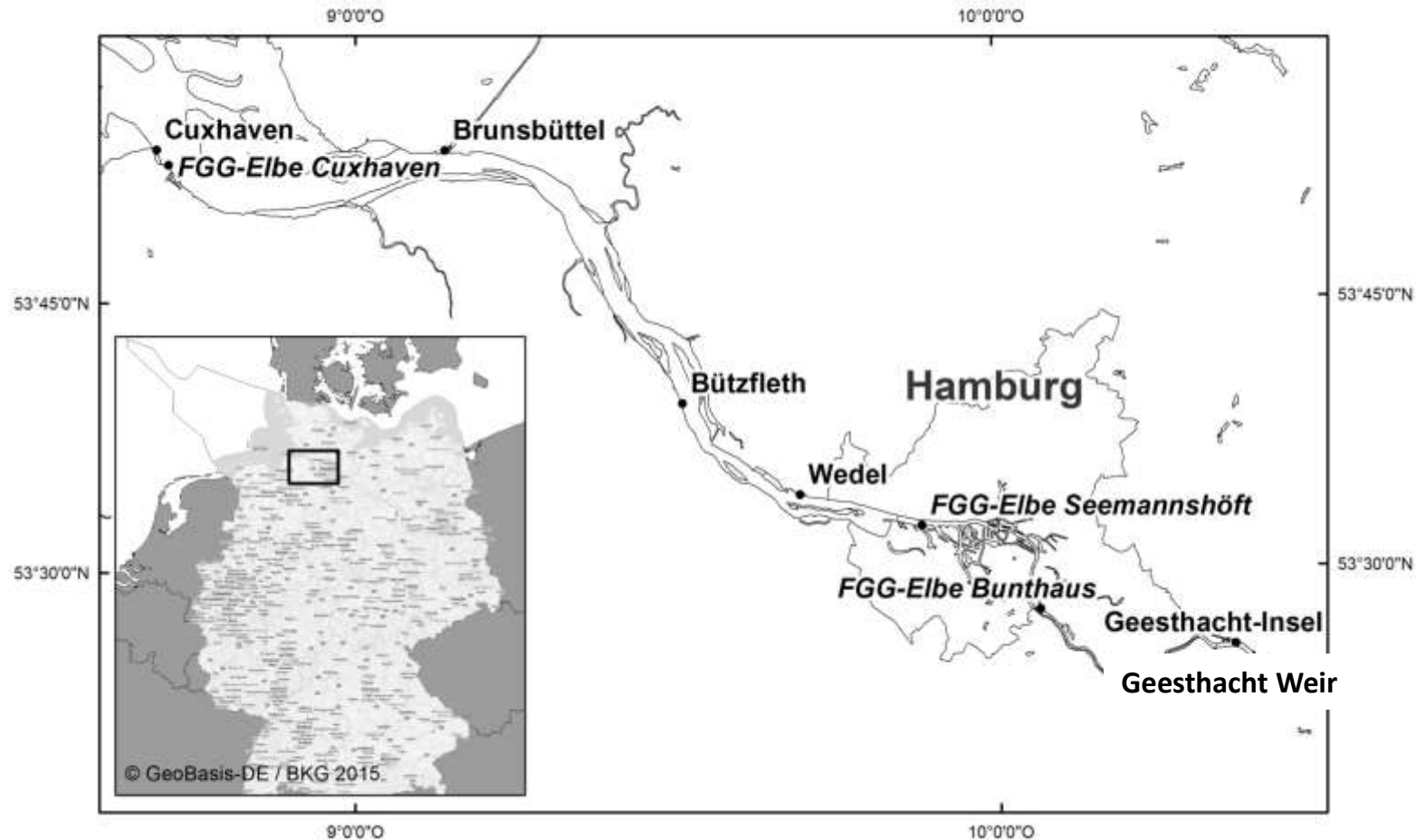
Carmen Kleisinger, Holger Haase, Uwe Hentschke, Birgit Schubert

Federal Institute of Hydrology (BfG)  
Am Mainzer Tor 1  
56068 Koblenz

kleisinger@bafg.de

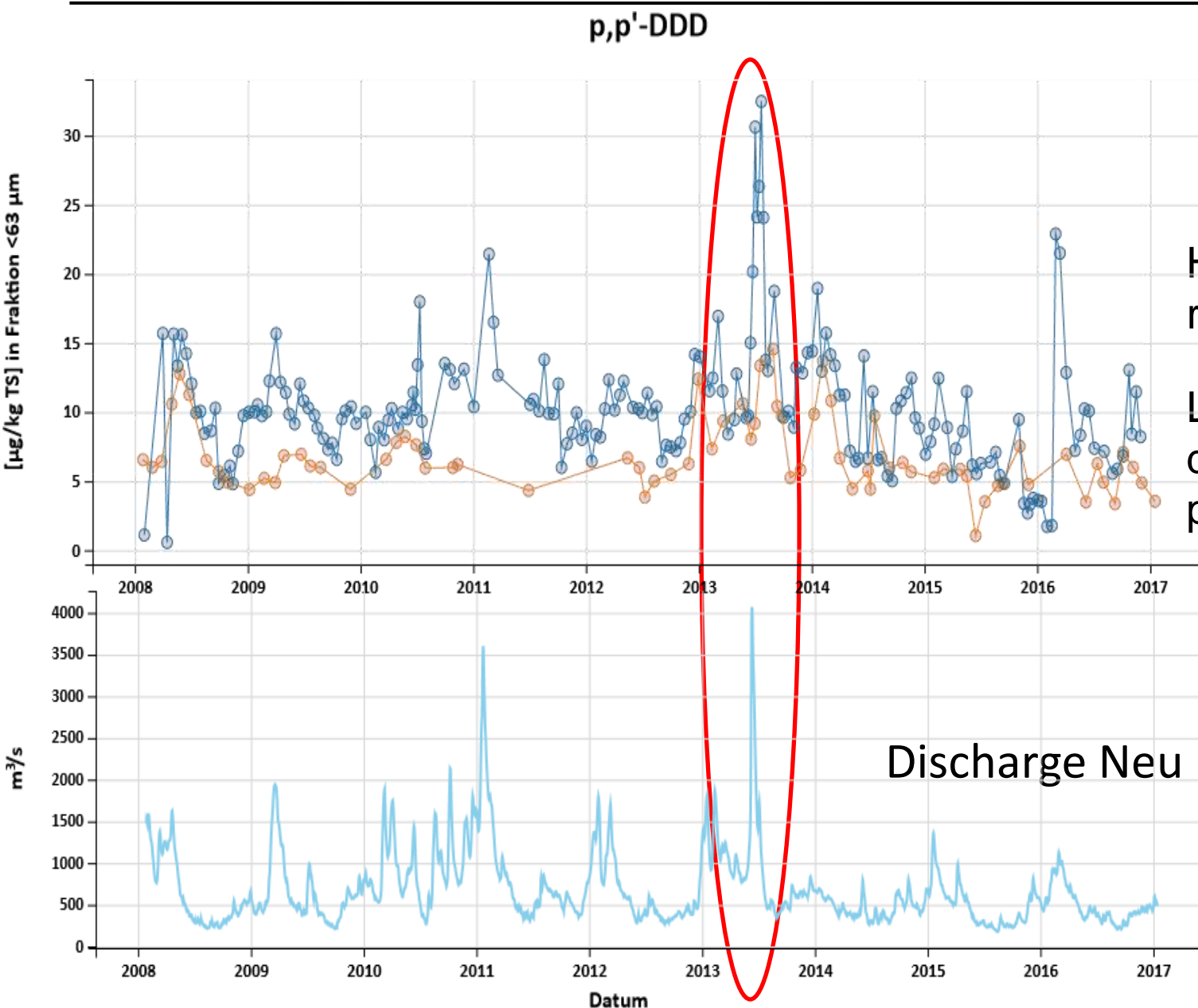


1. Determination of climate change impact on the contamination of sediment and suspended particulate matter (SPM)
2. Determination of climate change impact on transport of particle-bound contaminants
3. Determination of climate change impact on management strategies for dredged material



## Monitoring sites in the Elbe estuary: surface sediments and SPM

# Influence of discharge on contaminant concentrations

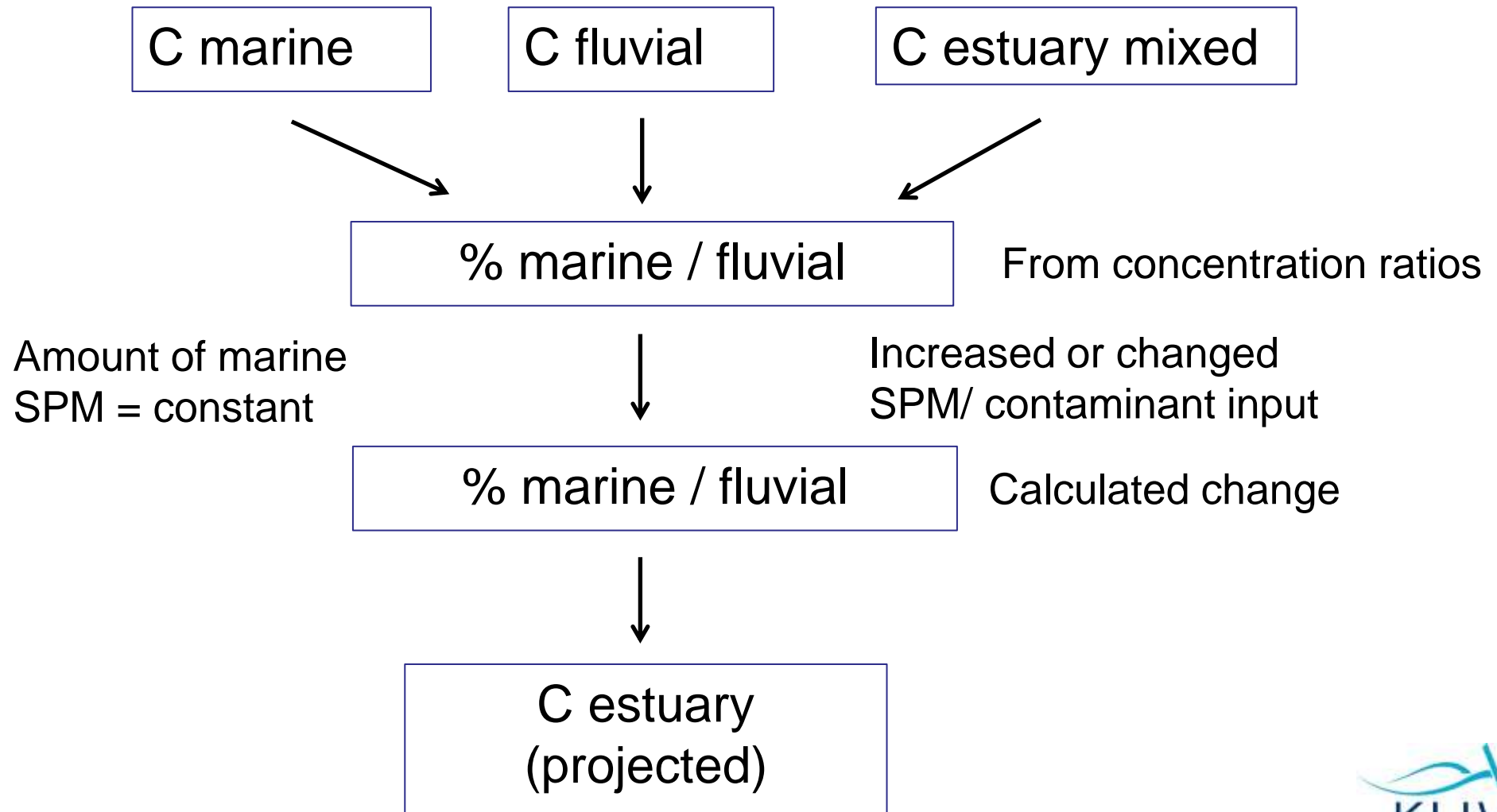


High freshwater discharge => rising pollutant concentrations

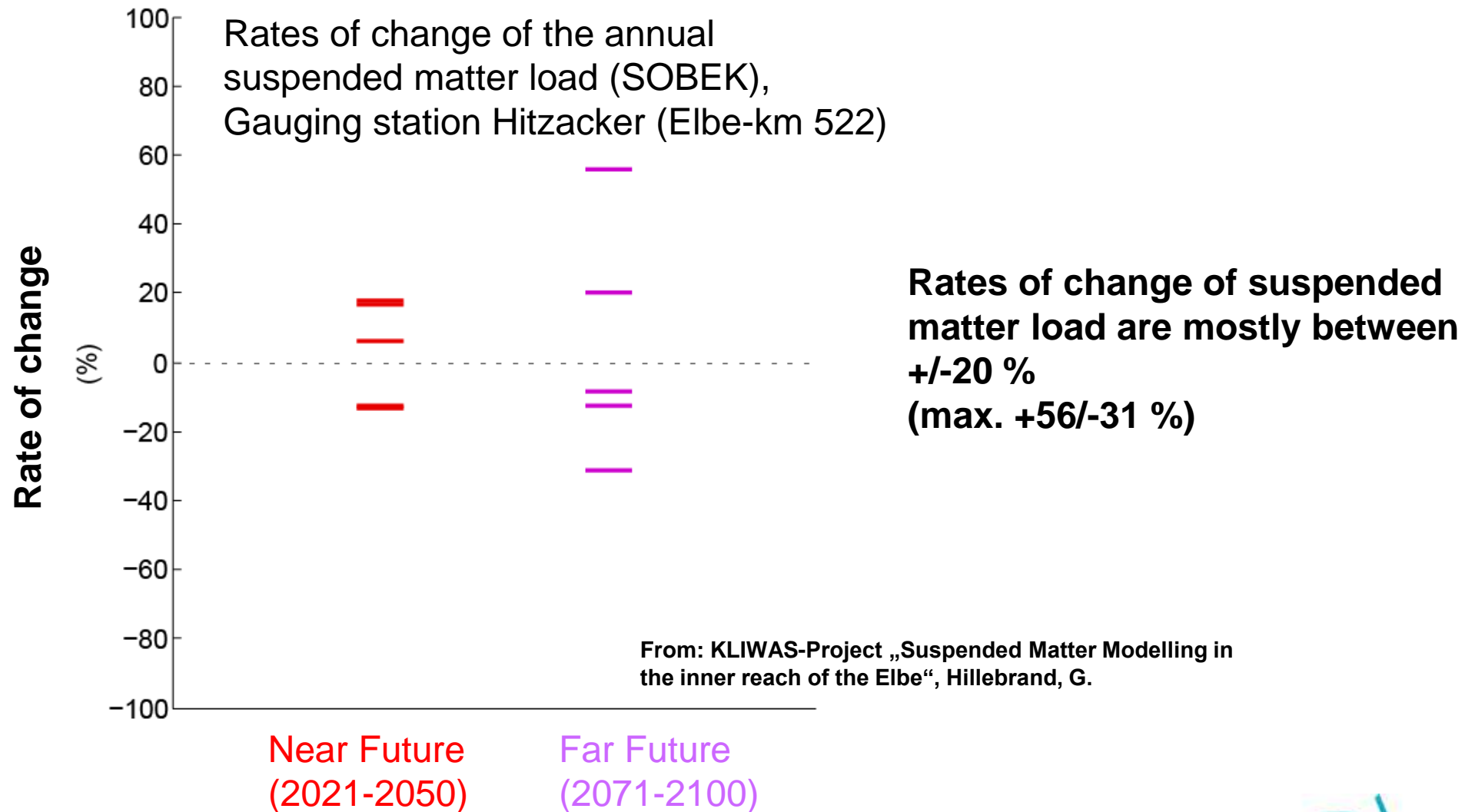
Long lasting high freshwater discharges => long term high pollutant concentrations

Discharge Neu Darchau

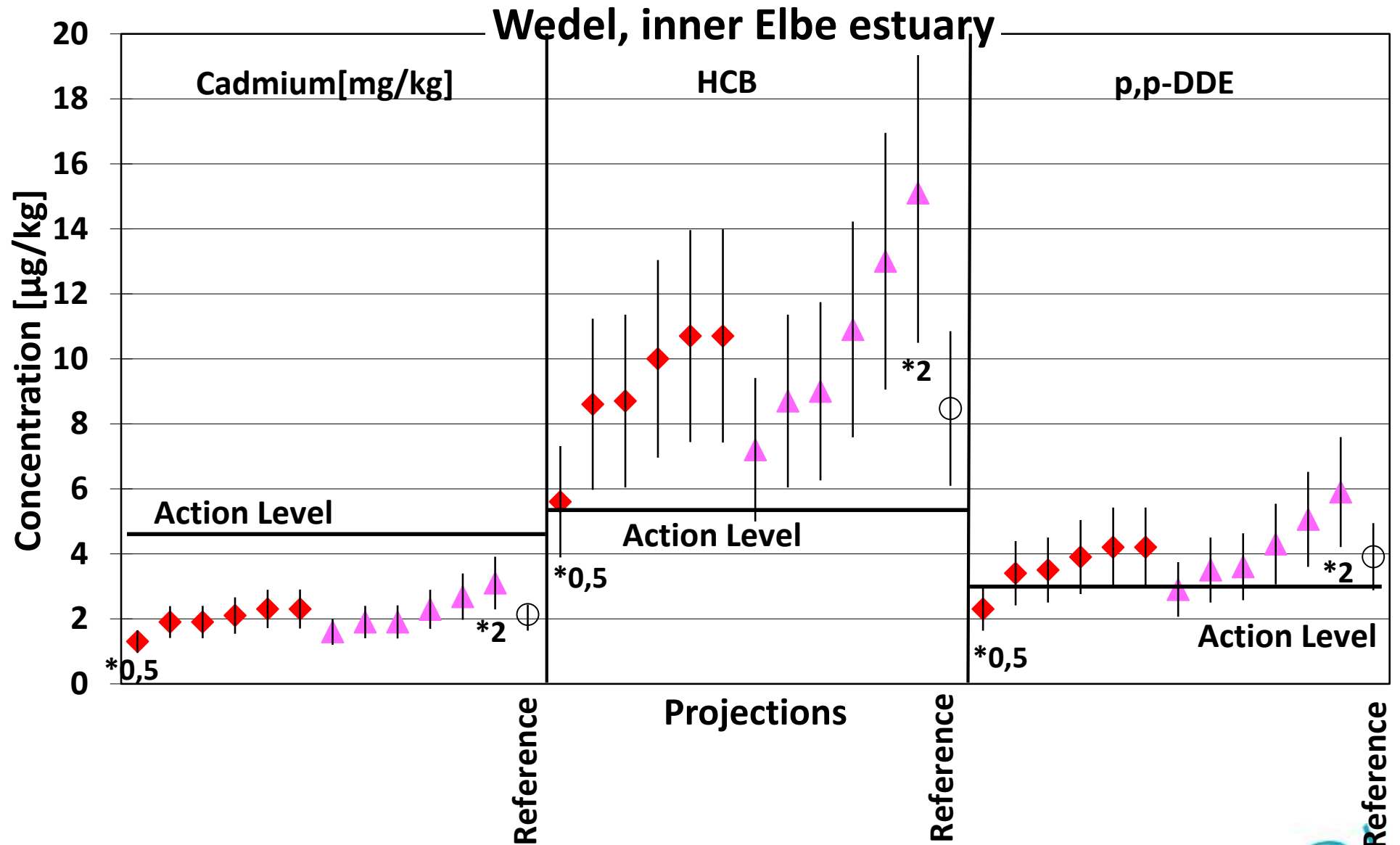
## Mixing Model



# Projection of Suspended matter concentrations - Elbe



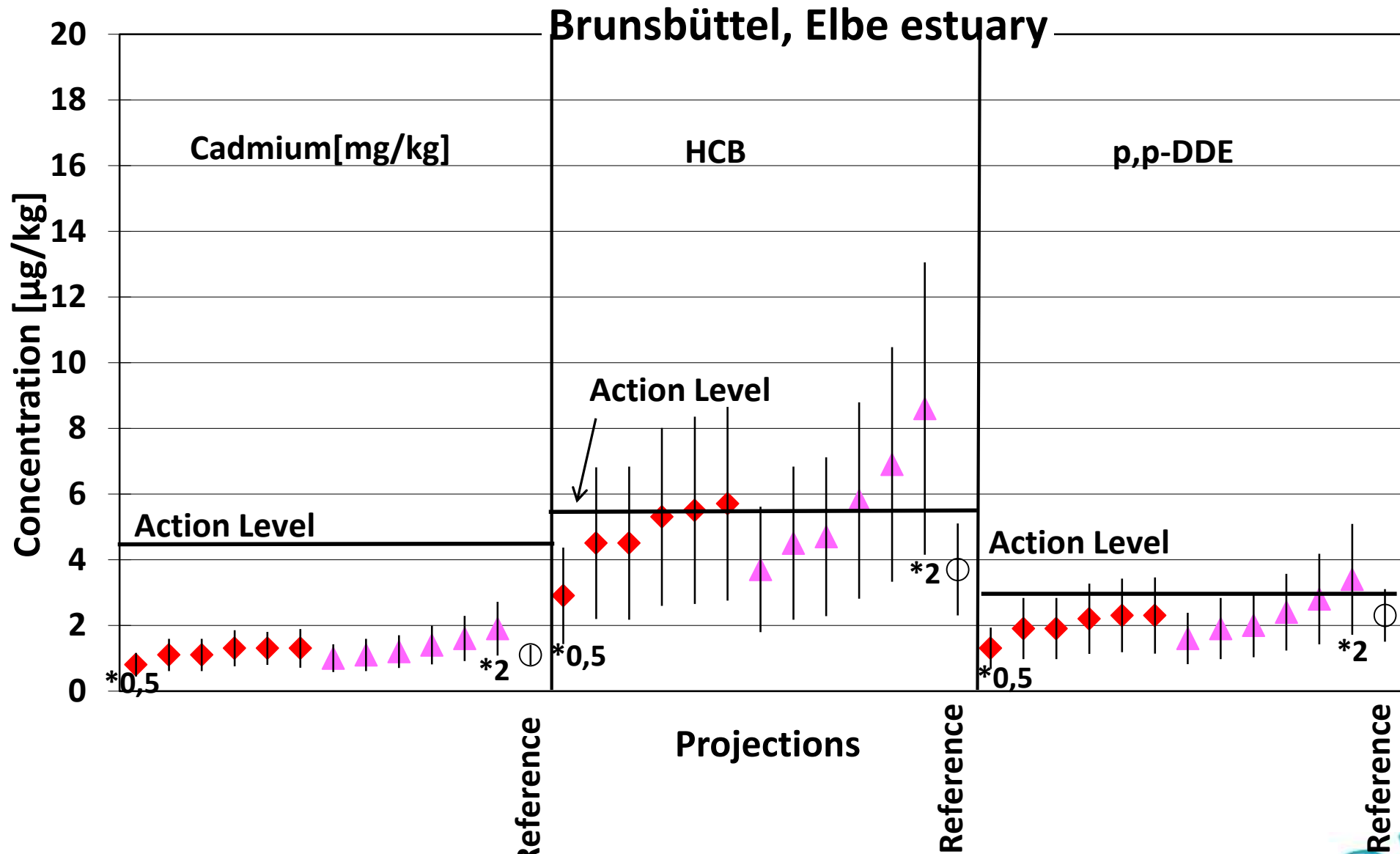
# Projections - Elbe estuary



Near Future  
Far Future

Action Level: upper national action levels for the handling of dredged material (GÜBAK)

# Projections - Elbe estuary

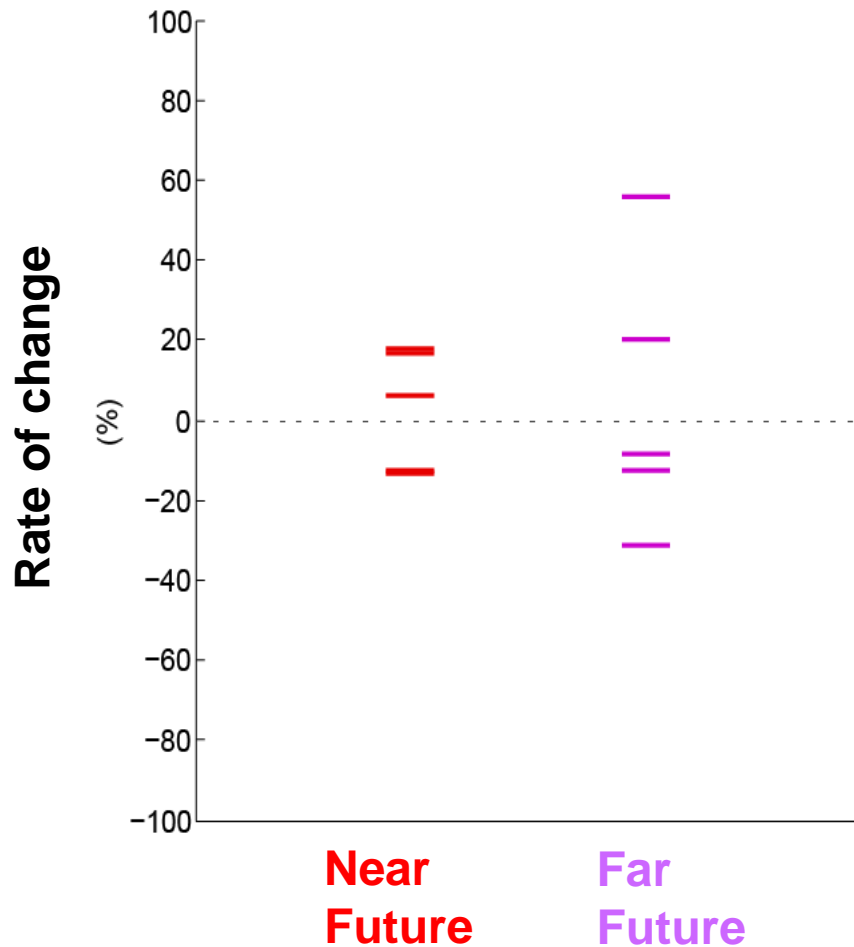


Near Future  
Far Future

Action Level: upper national action levels for the handling of dredged material (GÜBAK)

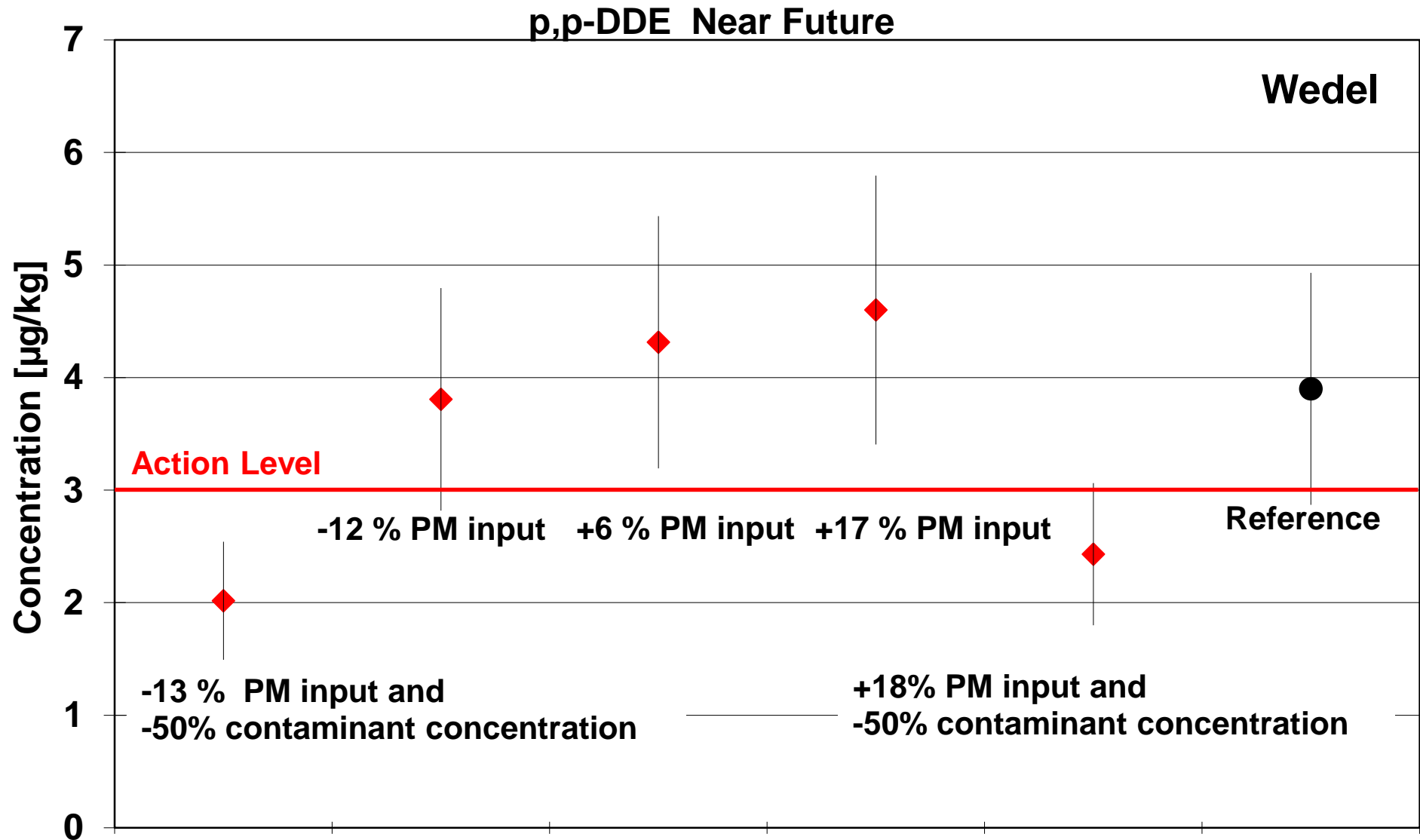


# Projections – Elbe estuary

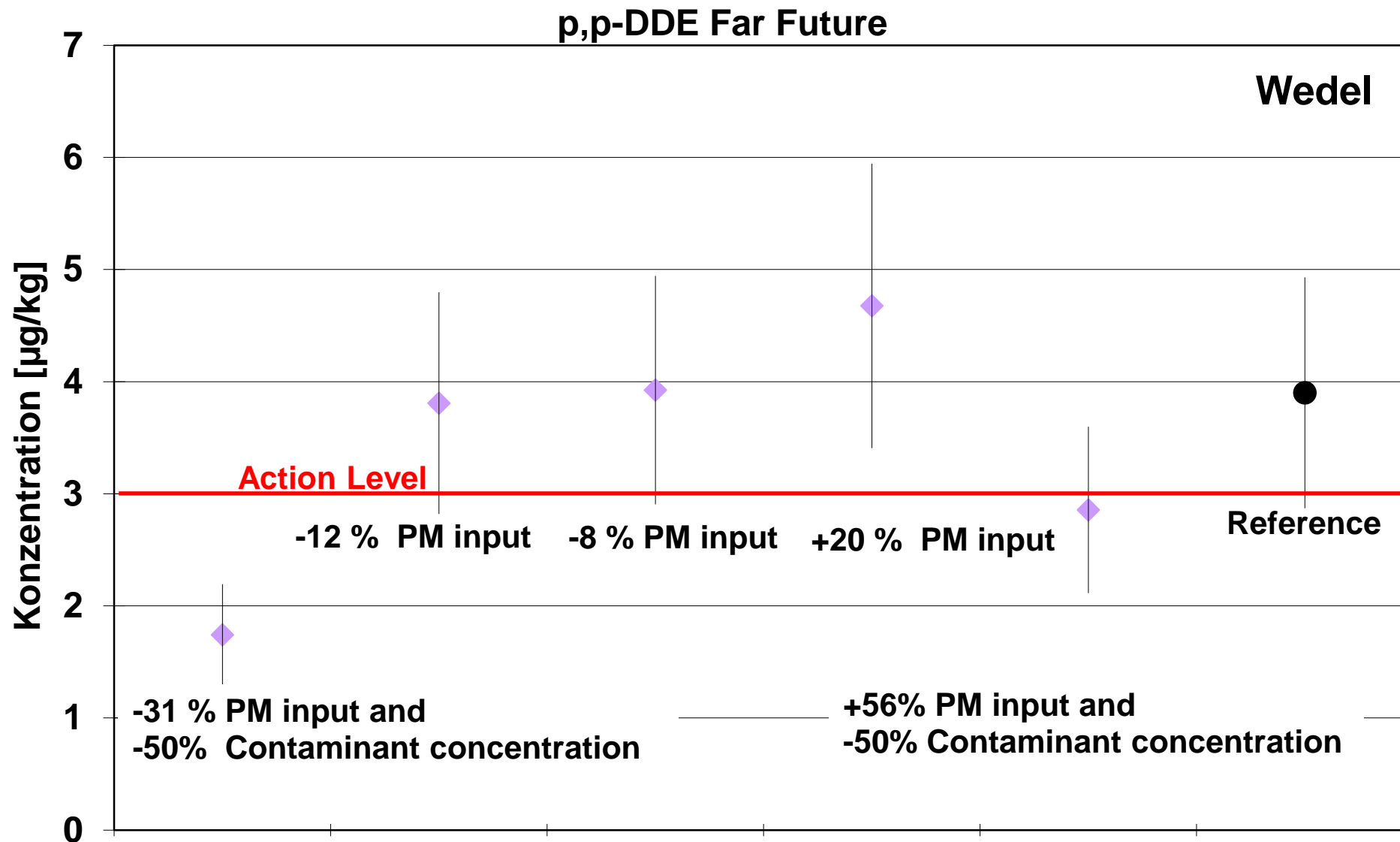


Near Future Wedel [%]	Near Future Brunsbüttel [%]	Far Future Wedel [%]	Far Future Brunsbüttel [%]
4 to 12	2 to 12	14 to 34	11 to 30
-8 to -9	-11 to -12	-6 to -23	-7 to -25

Changing contaminant concentrations in percent



# Projections – Elbe estuary



# Summary

- Worst case Projection: PM input +56% in the far future (Elbe)
  - ➔ Increase of contaminant concentration by 34%
  - ➔ enhanced exceedance of action levels possible
  - ➔ Adaptation of sediment management strategies
- To the North Sea climate induced changes are small (e.g. Brunsbüttel)
- A reduction of contaminant concentrations in sediments of the inner reach of the Elbe by 50%
  - ➔ distinct improvement of the sediment quality in the estuary

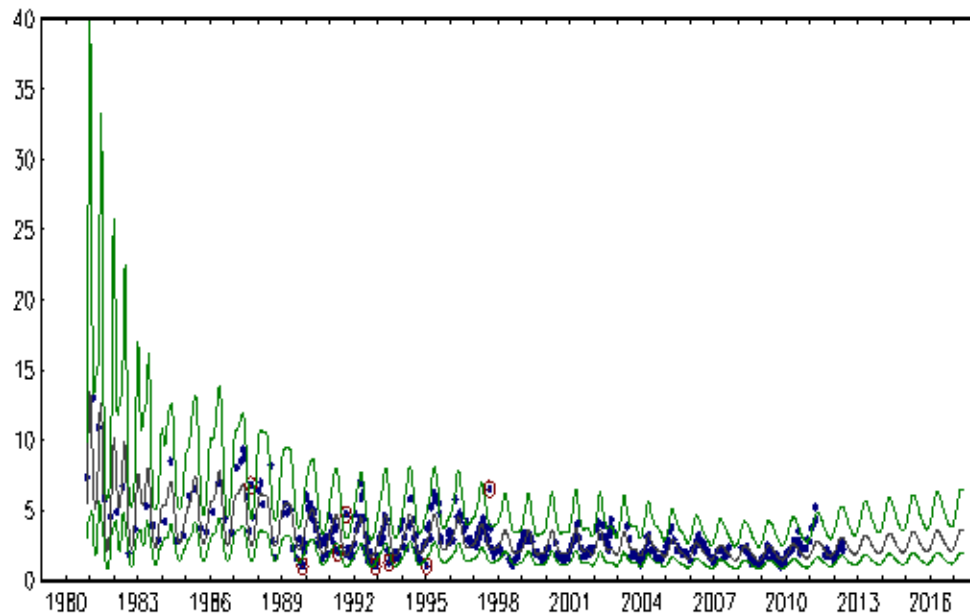
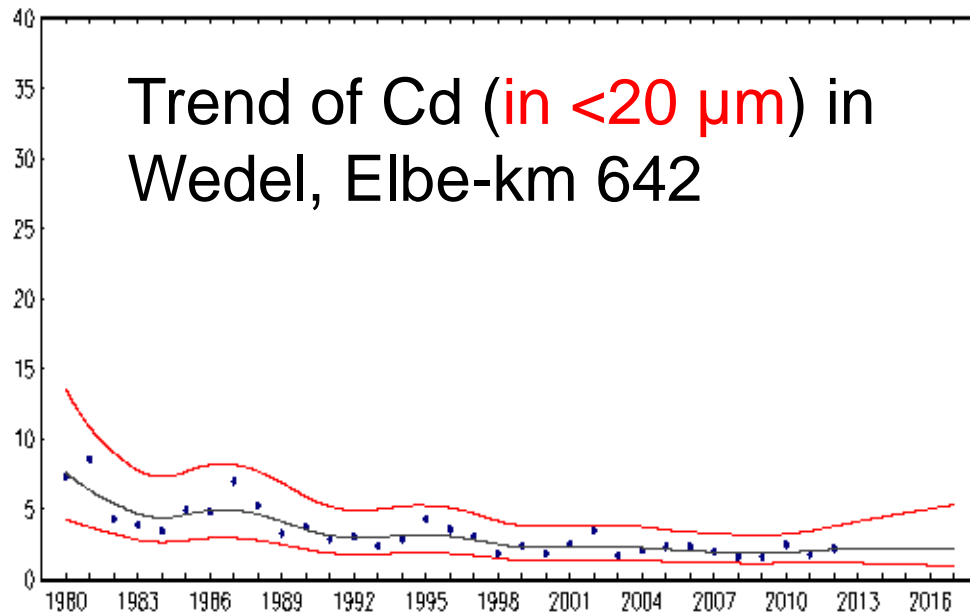
**Near Future:** No exceedance of action levels

**Far Future:** No exceedance of action levels

Thank you for your Attention



# Trends



Trend Analyses	Period	Annual Data	Single Data
		Significance	Significance
LINEAR Trend component	1980-2012	ja; $p=0,000$	ja; $p=0,000$
Non LINEAR Trend component	1980-2012	nein; $p=0,077$	ja; $p=0,000$

Reference: QuoData GmbH Dresden

# Equations Mixing Model

---

Equation 1:

$$M_{ref} = \frac{C_{fluvial} - C_{estuary}}{C_{estuary} - C_{marine}}$$

Equation 2:

$$MR_{new} = MR_{ref} \frac{PM_{inputref}}{PM_{inputnew}}$$

Equation 3 derived from equation 1:

$$C_{estuarynew} = \frac{MR_{new} * C_{marine} + C_{fluvial}}{1 + MR_{new}}$$

# S/N Verhältnis (Quodata GmbH)

---

## Das S/N-Verhältnis:

Differenz der gemittelten logarithmierten Einzelwerte geteilt durch die Standardabweichung der Differenz der logarithmierten Einzelwerte:

Das S/N-Verhältnis der Konzentrationen des Schadstoffs a ( $S/N_a$ ) zwischen entsprechender Ästuarstation (ÄS) und der Basisstation Cuxhaven (BS):

$$S/N_a = \frac{m_{a,\text{ÄS}} - m_{a,\text{BS}}}{\sqrt{s_{a,\text{ÄS}}^2 + s_{a,\text{BS}}^2}}$$

-> Bestimmung des **Schadstofflängsgradient**

Je größer Verhältnis ist, desto mehr unterscheidet sich die Schadstoffkonzentration der Station von der in Cuxhaven und umso besser kann zwischen marinem und fluvialem Feststoffanteil detektiert werden.

Metalle und Cadmium haben größte Gradienten



# Robustes Mischungsverhältnis (Quodata GmbH)

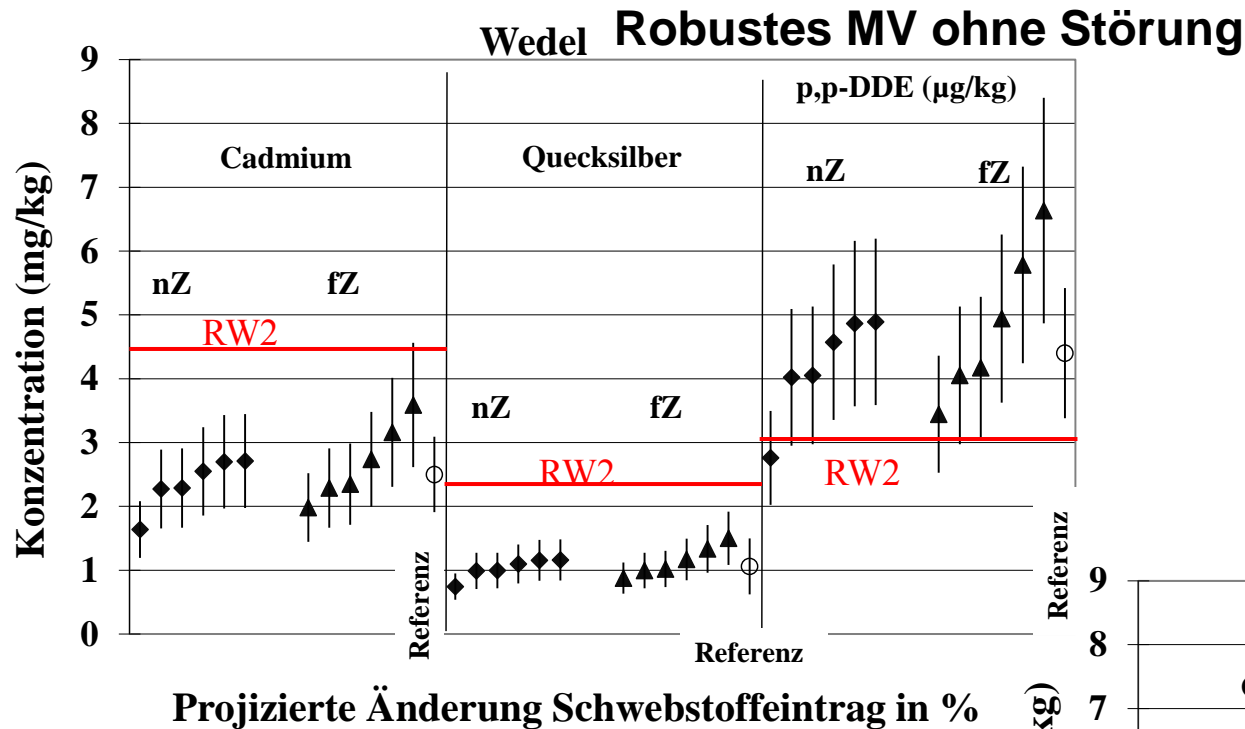
---

- Multivariates Mischungsmodell
- Der fluviale Einfluss kann anhand der Mischungsgleichung bestimmt werden, wobei Schadstoffe und Schadstoffpaarungen mit hohem Gradienten herangezogen werden.
- Für den fluvialen Einfluss von Schadstoffpaaren werden statt der Konzentrationen des Einzelschadstoffes die Verhältnisse zweier Schadstoffkonzentrationen betrachtet
- Der fluviale Einfluss wird für alle relevanten Schadstoffe und Schadstoffpaare für alle Messzeitpunkte berechnet -> analyt-spezifischer Mittelwert des fluvialen Einflusses für jede Station-Analyt-Kombination über alle Zeitpunkte
- Verwendung von marinen Schadstoffgehalten aus 2005
- Die fluviale Schadstoffkonzentration für Ästuareingang wurde auf Basis eines „GAM“-Modells in Abhängigkeit der Zeit und des Abflusses sowie weiterer (schadstoffspezifischer) relevanter Einflussfaktoren modelliert.

- Robuster Mittelwert auf Grundlage von Q/Hampel  
(Schätzung der Standardabweichung unterscheidet sich zu Hampel  
– hier: robuste Standardabweichung, Ausreißer haben weniger Einfluss)
- Seien
  - $c_{k,marin,2005}$  die mittlere marine Konzentration des Schadstoffes  $k$  des Jahres 2005,
  - $c_{k,fluvial,j}$  die fluviale Konzentration des Schadstoffes  $k$  zum Zeitpunkt  $j$  sowie
  - $c_{k,i,j}$  die gemessene Konzentration des Schadstoffes  $k$  bei Station  $i$  zum Zeitpunkt  $j$

Fluvialer Einfluss: 
$$\alpha_{c_{k,i,j}} = \frac{c_{k,i,j} - c_{k,marin,2005}}{c_{k,fluvial,j} - c_{k,marin,2005}}$$

# Projektion Schwebstoffgehalte - Elbe



**Robustes MV:**  
**Marin: 73%**  
**Fluvial: 27%**

**Nicht robustes MV:**

**Cd: Marin: 76%, Fluvial: 24%**

**Hg: Marin: 54%, Fluvial: 46%**

**p,p`-DDE: Marin: 77%, Fluvial: 23%**

