

Auswirkung von hydrologischen Extremereignissen auf Stoffumsetzungen in der Elbe

Dr. Norbert Kamjunke

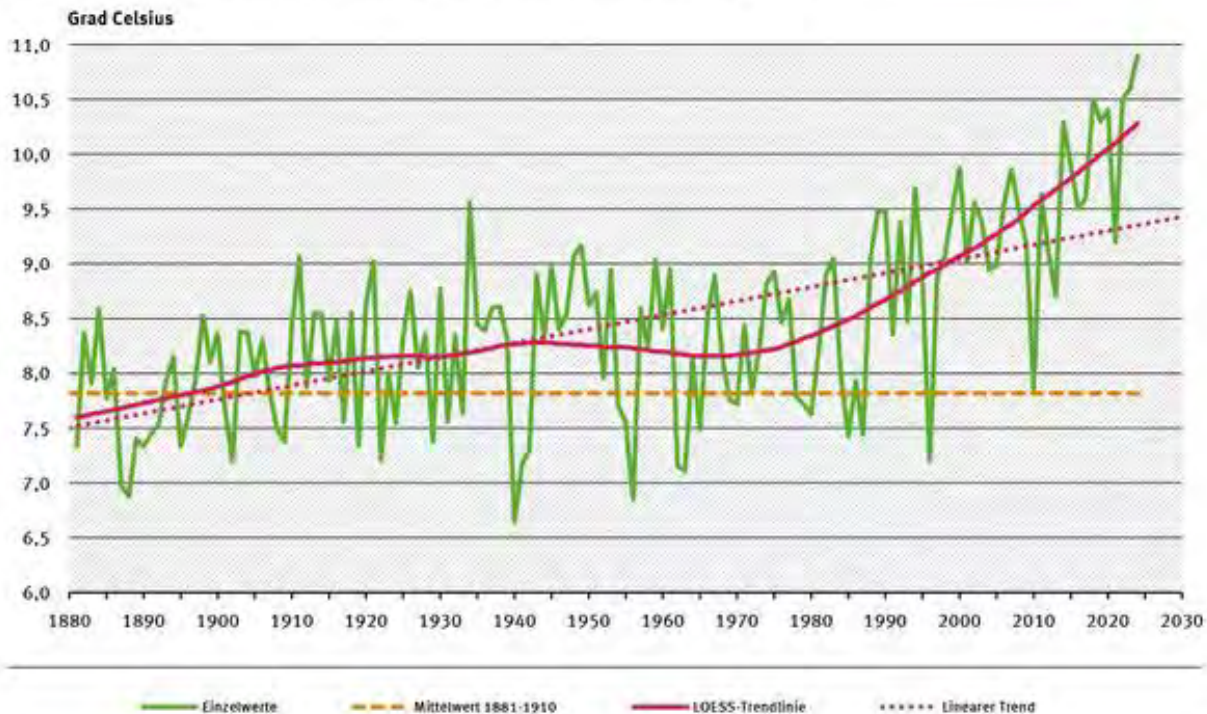
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung UFZ,
Brückstraße 3a, 39114 Magdeburg

norbert.kamjunke@ufz.de



Klimawandel: Langzeitentwicklung von Hitze und Dürre

Jährliche mittlere Tagesmitteltemperatur in Deutschland 1881 bis 2024



Entwicklung der mittleren jährlichen Anzahl von Heißen Tagen mit Höchstwerten über 30 Grad

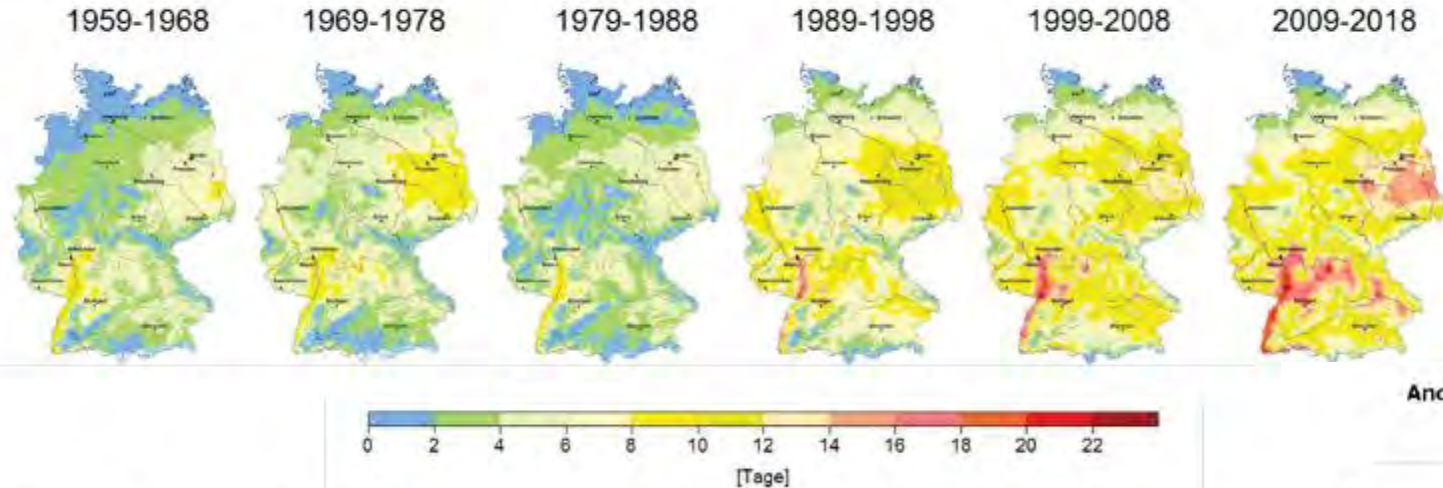
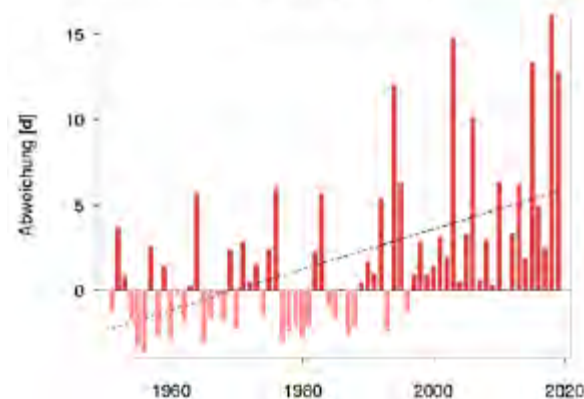


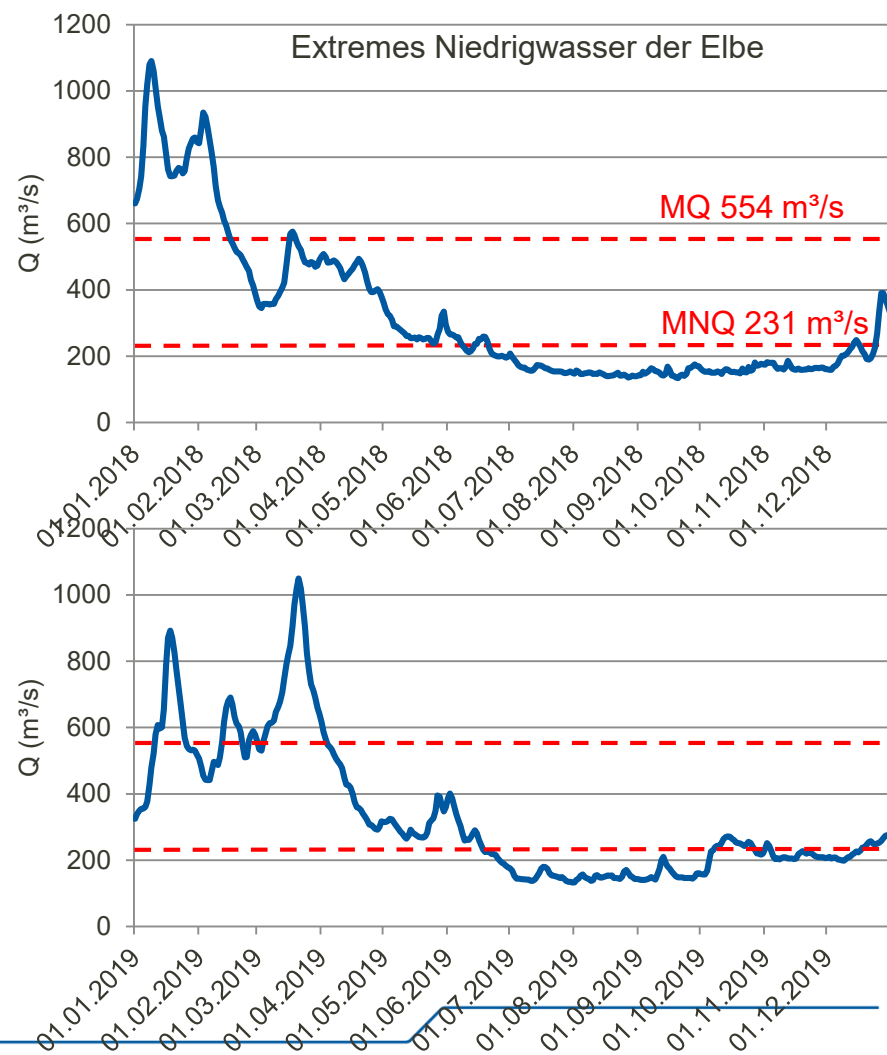
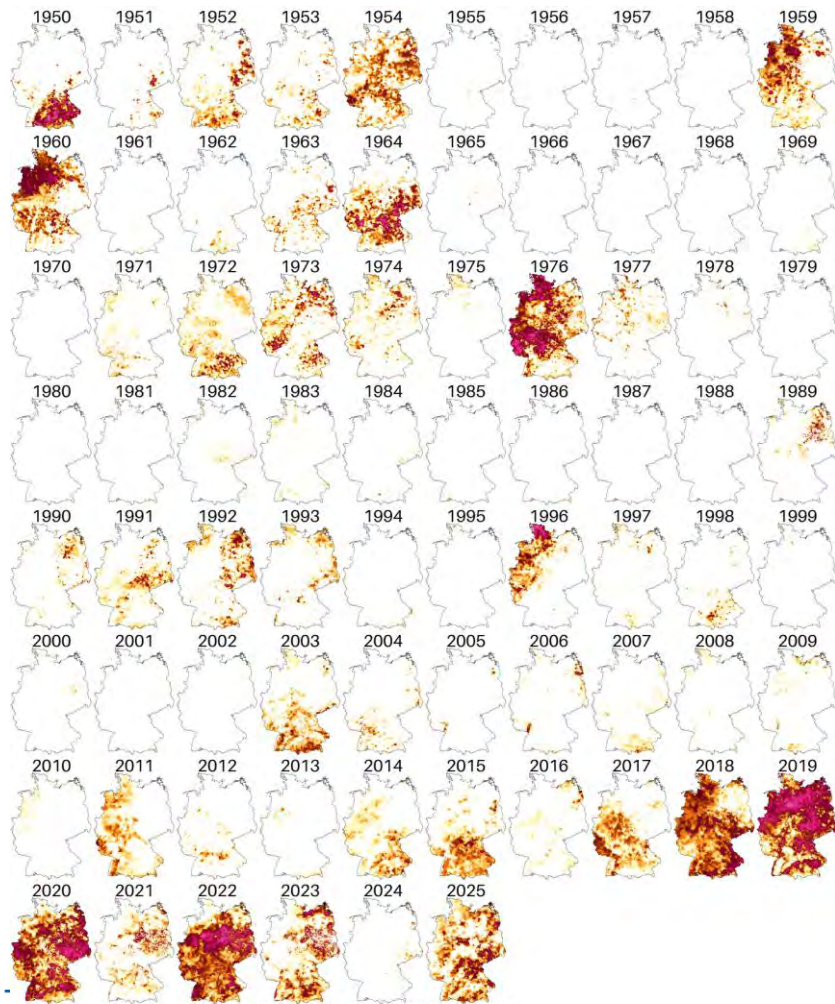
Abb. DE05: Mittlere jährliche Anzahl der Heißen Tage (d.h Tage mit einer Höchsttemperatur von mindestens 30 °C. Quelle: DWD)

Anomalie der Anzahl der Heißen Tage Deutschland Jahr 1951 - 2019 Referenzzeitraum 1961 - 1990

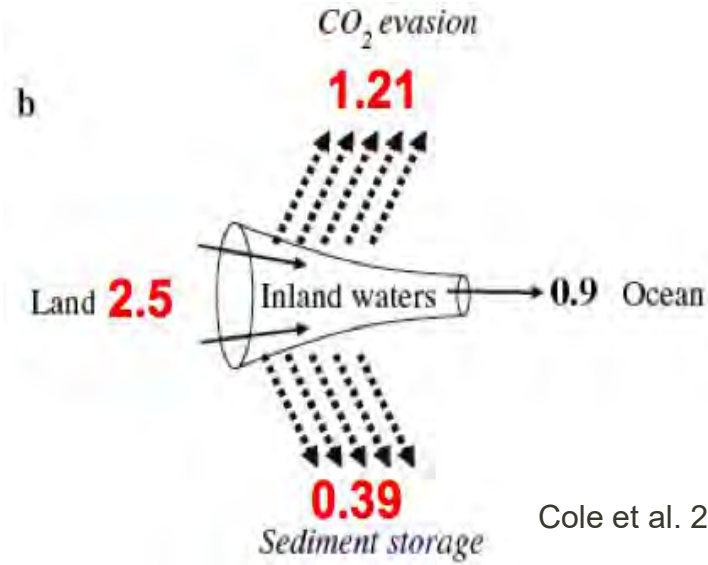
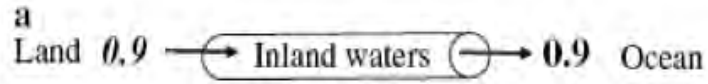


positive Anomalie
negative Anomalie
Vieljähriger Mittelwert (1961 - 1990): 4,2 Tage
Linearer Trend (1951 - 2019): +0,1 Tage

Jährliche Dürre-Intensität des Bodens in Deutschland



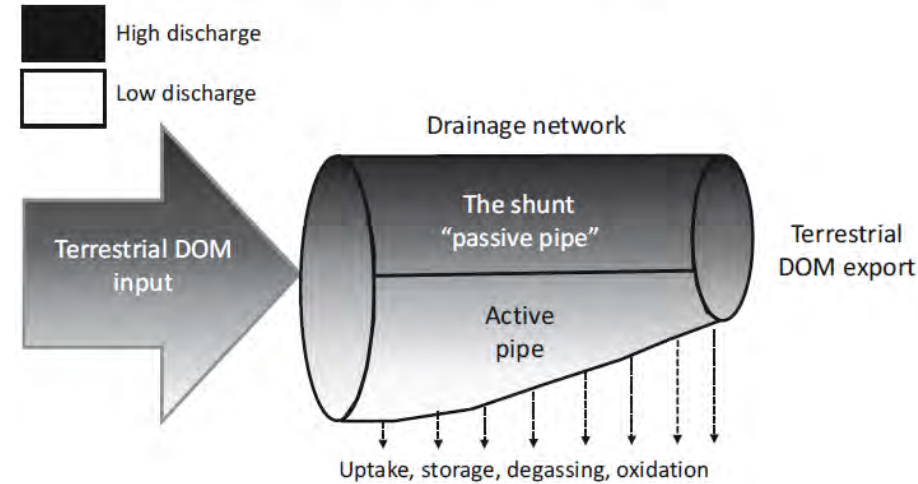
Shifting views: aquatic processing of terrestrial carbon



Cole et al. 2007

Raymond et al. (2016)

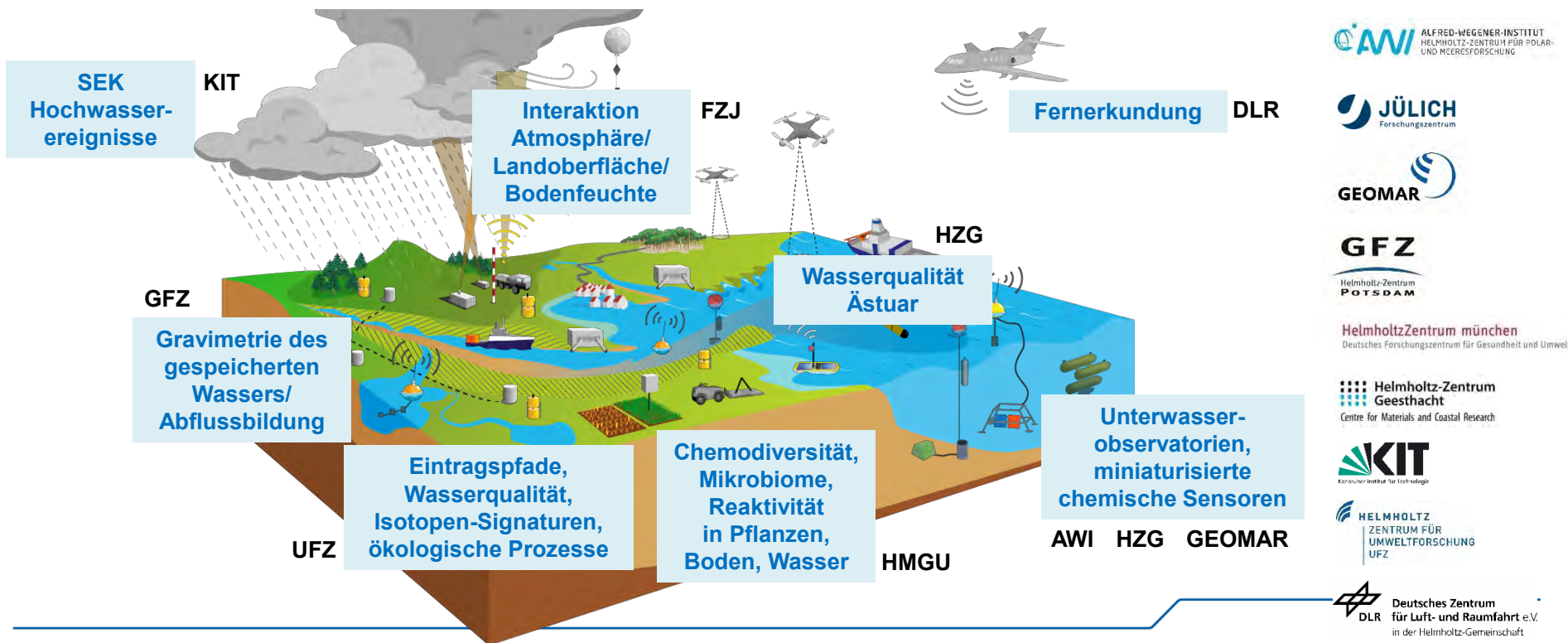
THE PULSE-SHUNT CONCEPT



MOSES: Modular Observation Solutions for Earth Systems

Hydrologische Extreme:

Untersuchung der Wirkungsketten von den Niederschlägen bis zum Ozean



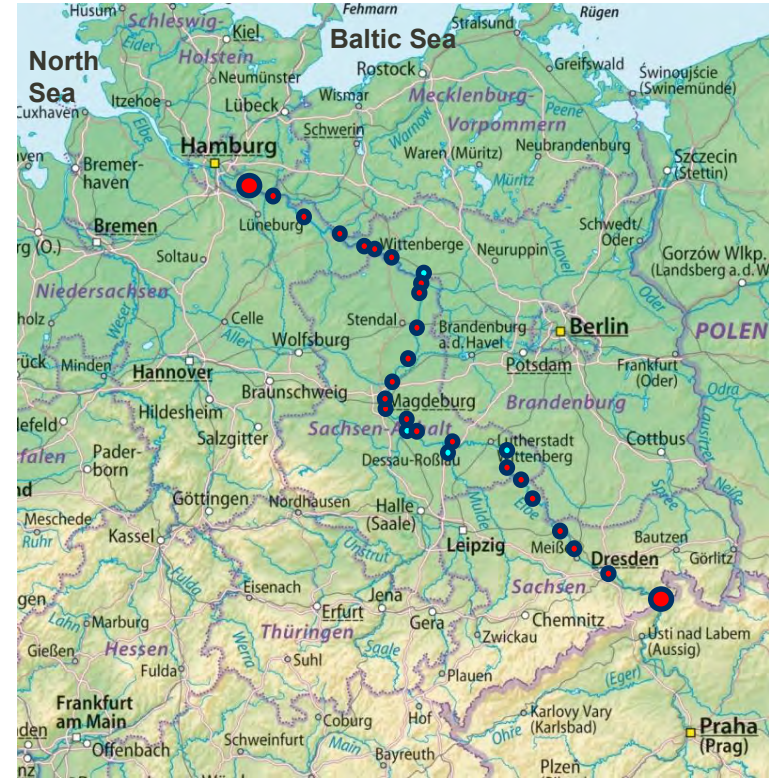
Kampagne 2019

Extremes Niedrigwasser: 48 cm, 140 m³/s

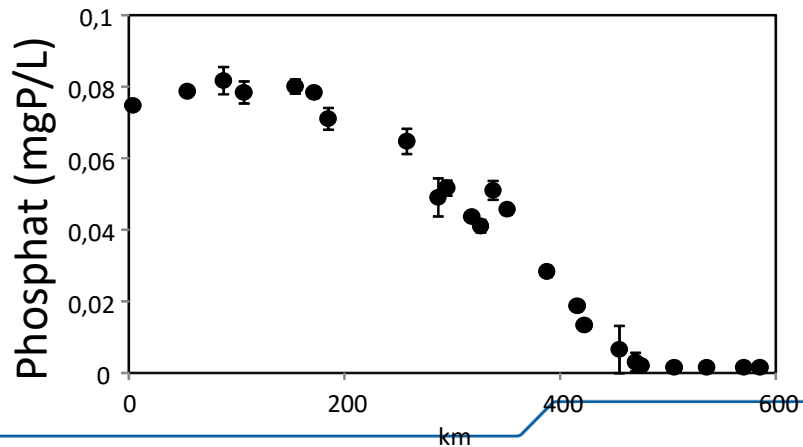
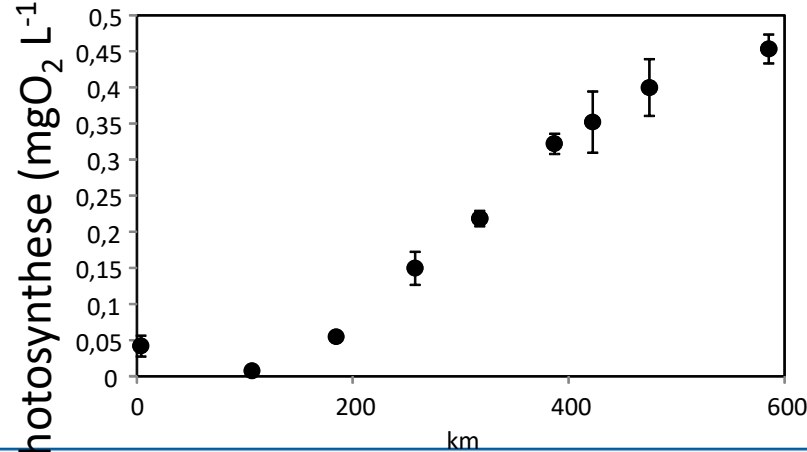
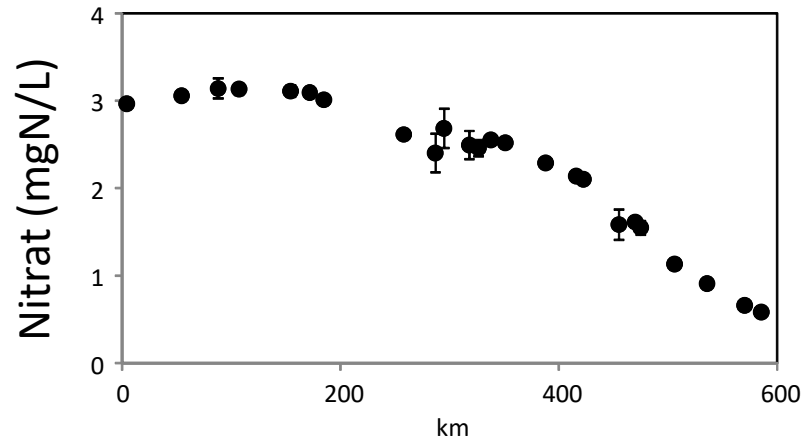
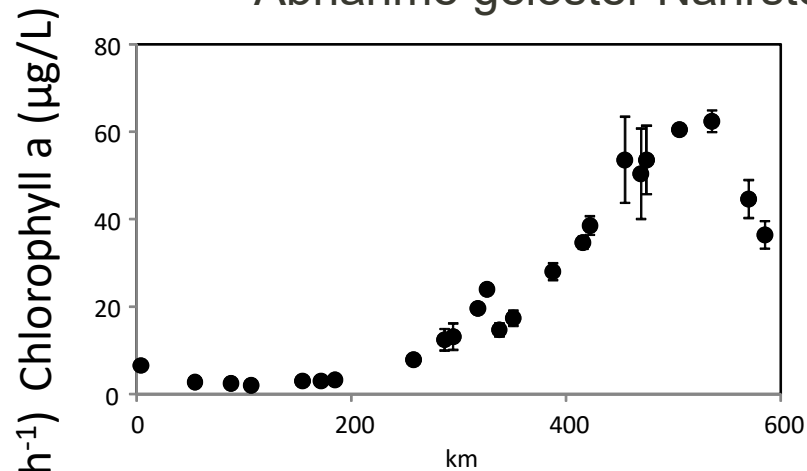
Schmilka-Geestacht

Fließzeitkonforme Messung über 10 Tage

Forschungsschiff Albis: Wasserproben, Labor
kontinuierliche Sondenmessungen

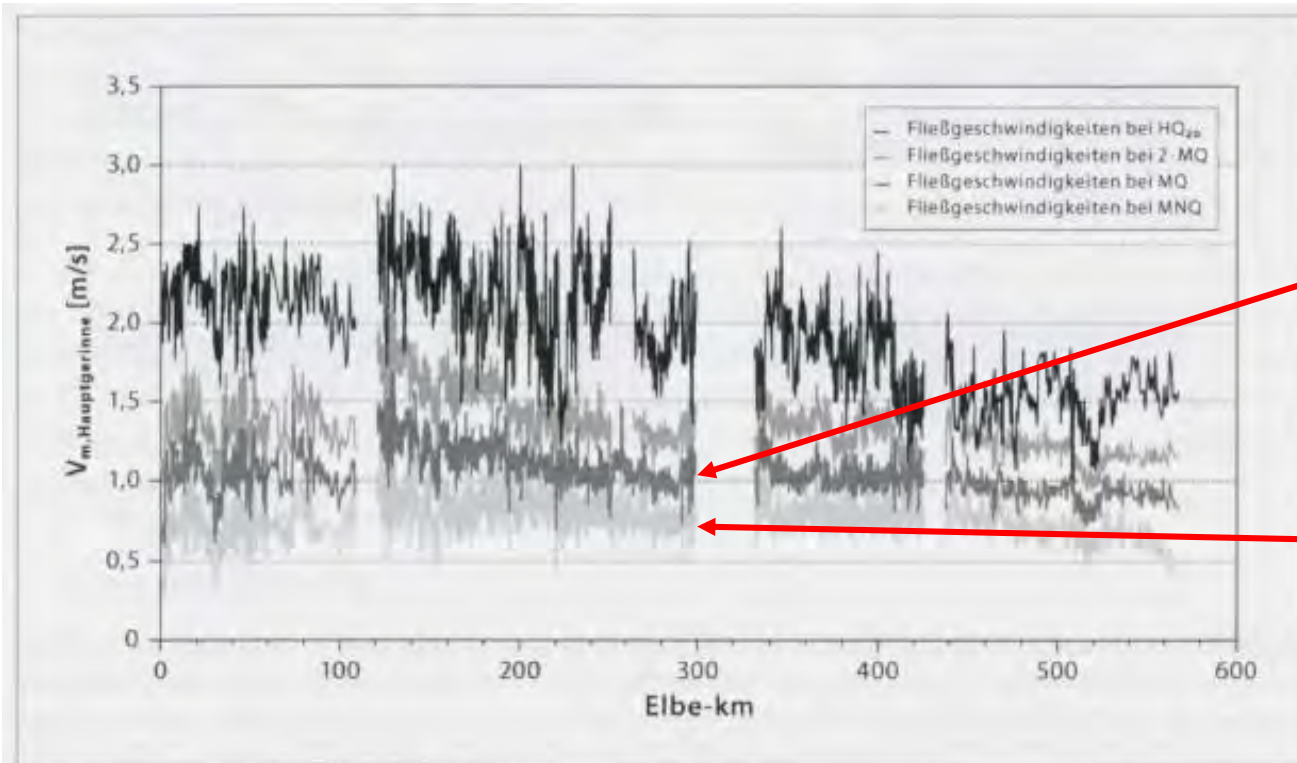


Ergebnisse: Zunahme von Phytoplankton und Photosynthese Abnahme gelöster Nährstoffe



1. Ursache:

niedrige Fließgeschwindigkeit → längere Fließzeit → mehr Zeit für Algenwachstum

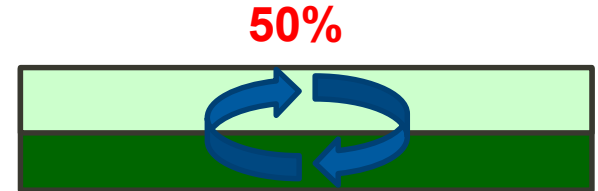
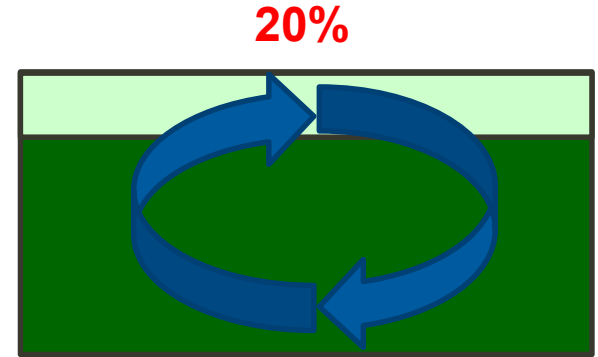
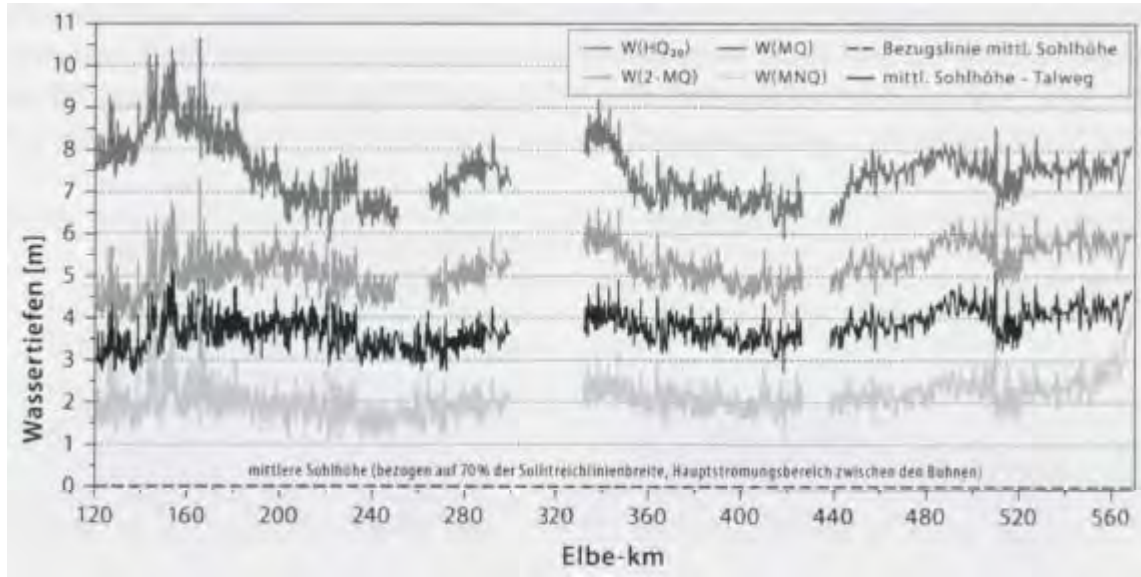


1 m/s
7 Tage

0,7 m/s
10 Tage

Abb. 2-5: Berechnete mittlere Fließgeschwindigkeiten (v_m) im Hauptgerinne für ausgewählte Abflusszustände entlang der deutschen Binneneibe (Daten OTTE-WITTE et al. 2002); MNQ = Mittlerer Niedrigwasserabfluss, MQ = Mittlerer Abfluss, HQ₂₀ = Hochwasserabfluss, statistisch alle 20 Jahre

Geringe Gewässertiefe → mehr Licht → höhere Wachstumsrate



→ die Wachstumsrate nimmt mit sinkendem Abfluss zu

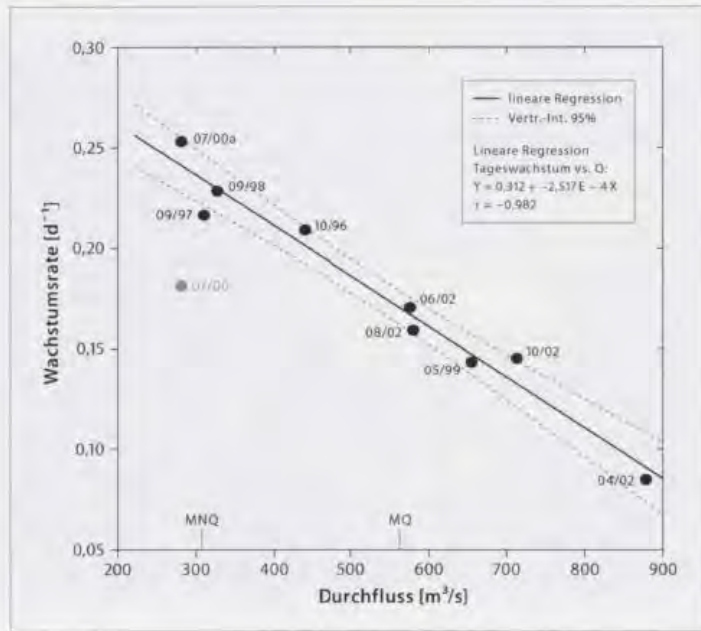
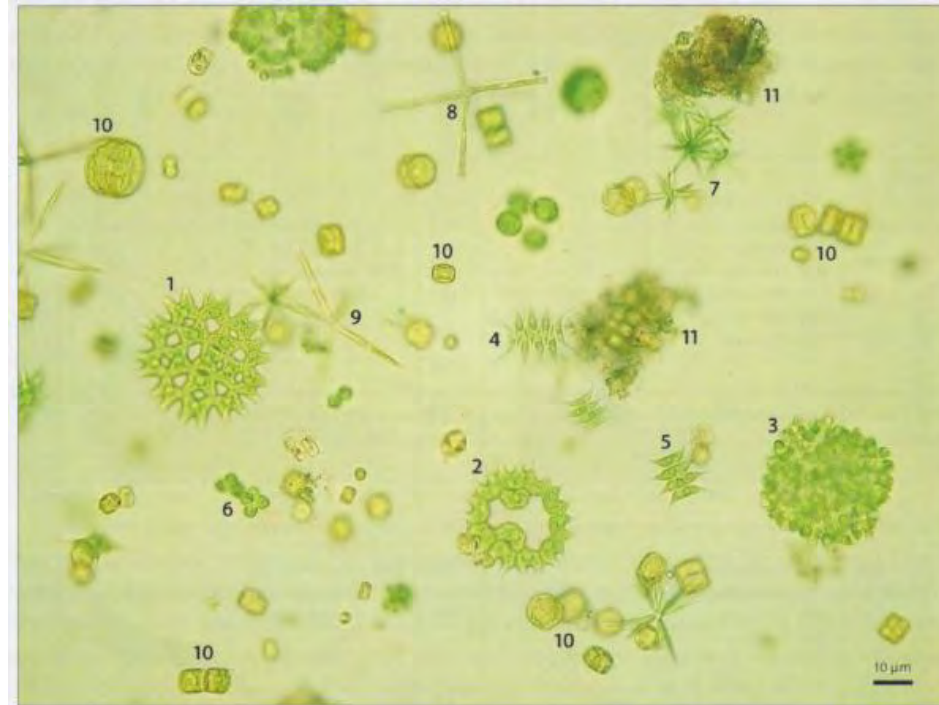
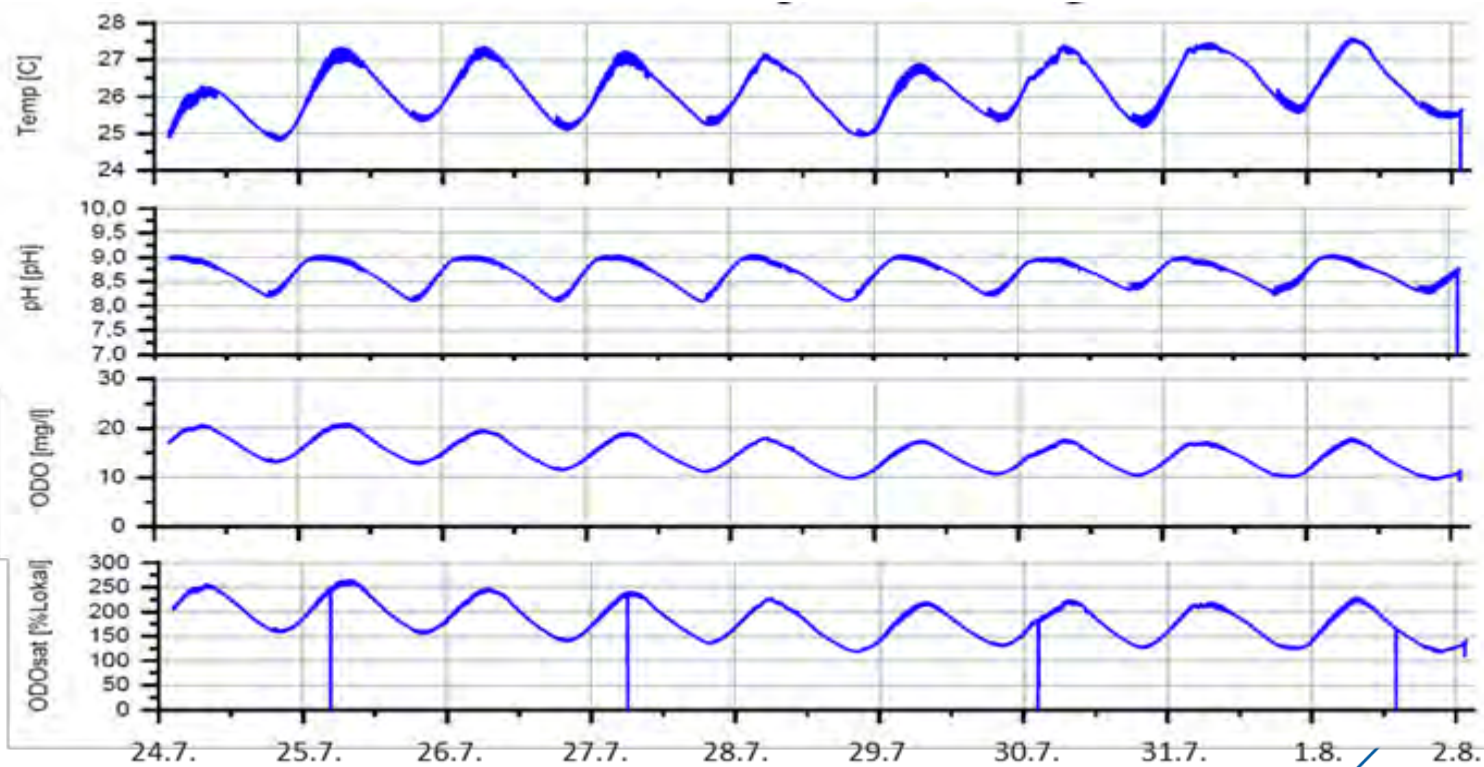


Abb. 3-3: Abhängigkeit der täglichen Chlorophyll-a-Zunahme im Längsschnitt der Elbe (errechnet aus den Anfangs- und Endkonzentrationen aus Abbildung 3-2 bei Annahme eines exponentiellen Wachstums) vom Durchfluss Q am Ende der Fließstrecke (Pegel Neu Darchau). Anstelle des Endwertes 07/00 wurde der Wert ein Tag vor dem Zusammenbruch des Phytoplanktons in der Regression berücksichtigt (07/00a), Wachstumsrate = $\ln(C_2 - C_1) \cdot (t_2 - t_1)^{-1}$ (t = Zeit in Tagen d, C = Konzentration des Chlorophylls in $\mu g/l$). Die Hauptzahlen Mittlerer Niedrigwasserabfluss (MNQ) und Mittlerer Abfluss (MQ) sind ermittelt aus den Sommerhalbjahren (Mai bis Oktober) der Jahre 1926 bis 2002 (Daten UFZ und WSA Lauenburg).

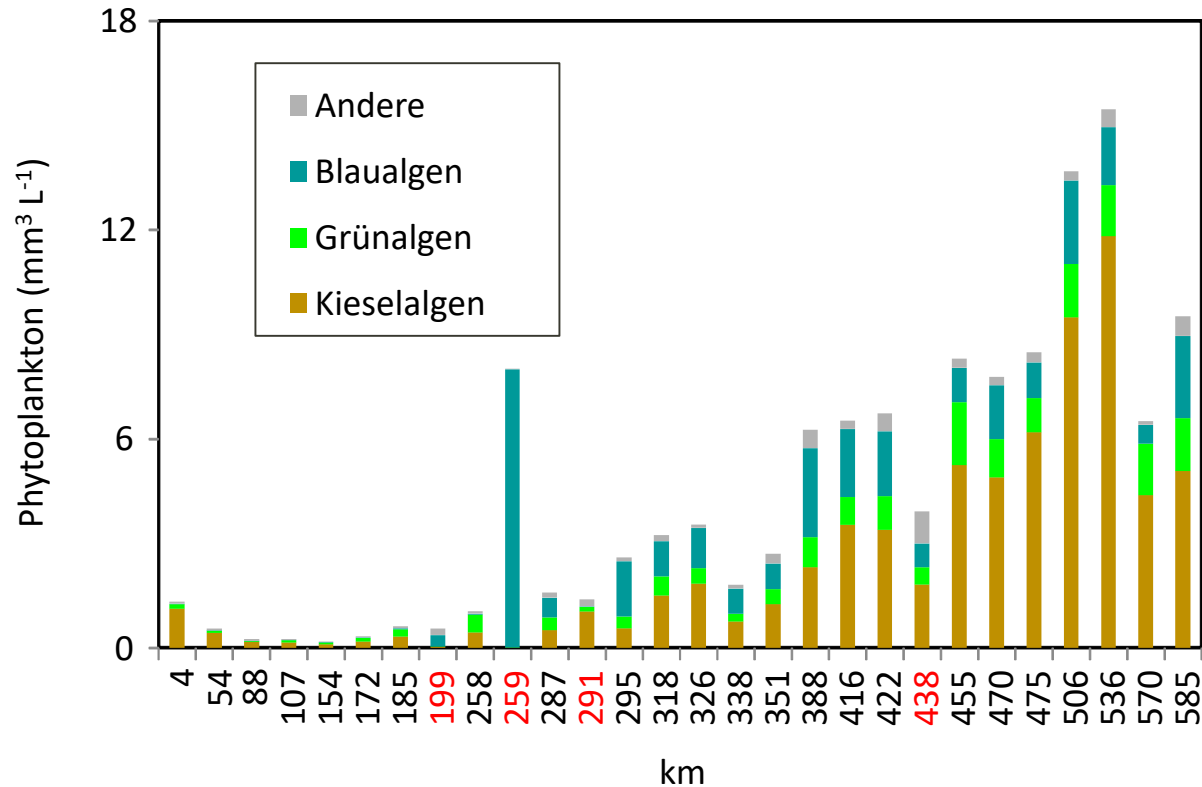


sind die koloniebildenden Grünalgenarten *Pediastrum duplex* (1), *Pediastrum boryanum* (2), *Dictyosphaerium pulchellum* (3), *Scenedesmus falcatus* (4), *Scenedesmus dimorphus* (5), *Microactinium pusillum* (6) und *Actinastrum fluviatile* (7) zu erkennen, des Weiteren die koloniebildenden pennaten Kieselalgenarten *Asterionella formosa* (8) und *Nitzschia fruticosa* (9) sowie solitär zentrische, lichtmikroskopisch nicht eindeutig bestimmbare Kieselalgenarten (10). Daneben treten im Elbwasser Schwebstoff-

Auswirkungen: hohe Photosynthese erhöht pH-Wert und Sauerstoffübersättigung



Geringe Turbulenz fördert das Auftreten von Cyanobakterien (Blaualgen)

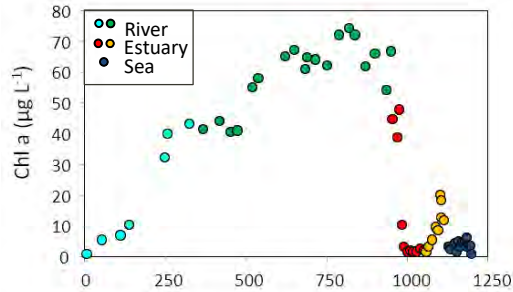


Folgen für Ästuar und Küstengewässer

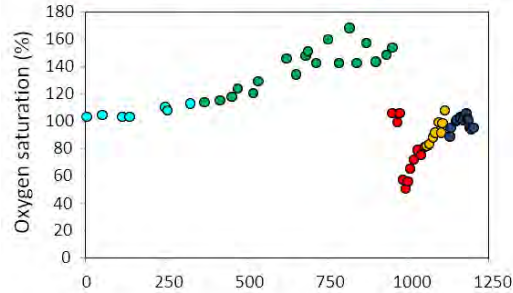


Niedrigwasser → hohe Intensität Fluss-internal Prozesse (Reaktor)

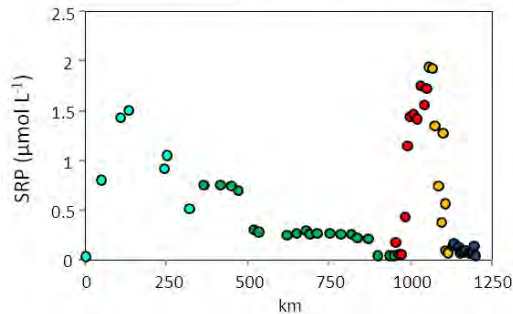
Wachstum und
Absterben von
Phytoplankton



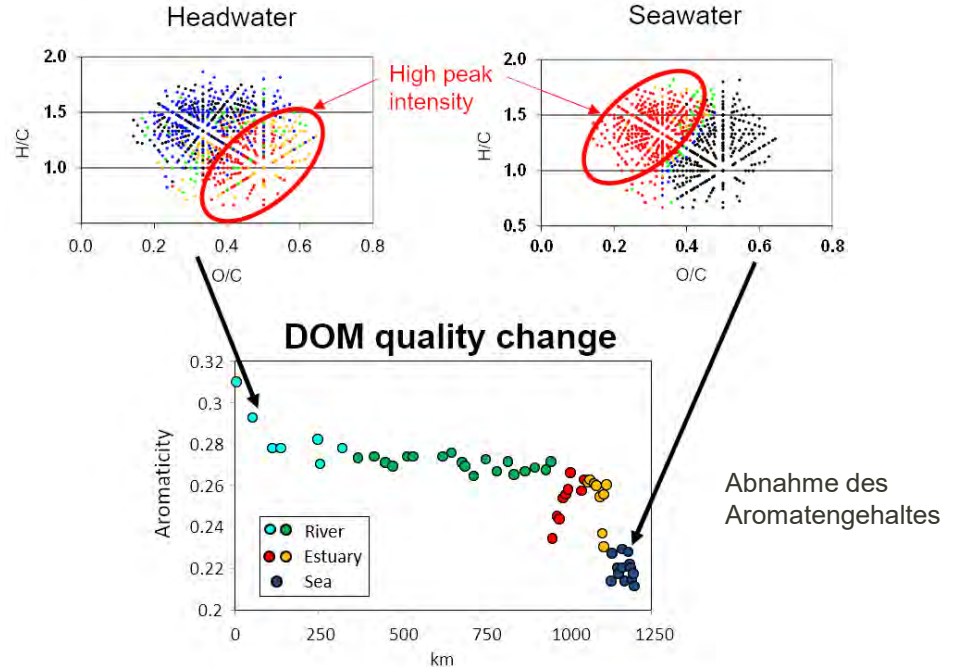
Produktion und
Verbrauch von
Sauerstoff



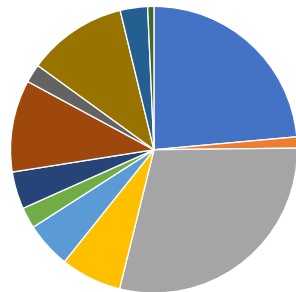
Aufnahme und
Freisetzung von
Nährstoffen



Wechsel von sauerstoffreichen, ungesättigten organischen Substanzen
zu sauerstoffarmen, gesättigten Verbindungen



Mikroschadstoffe

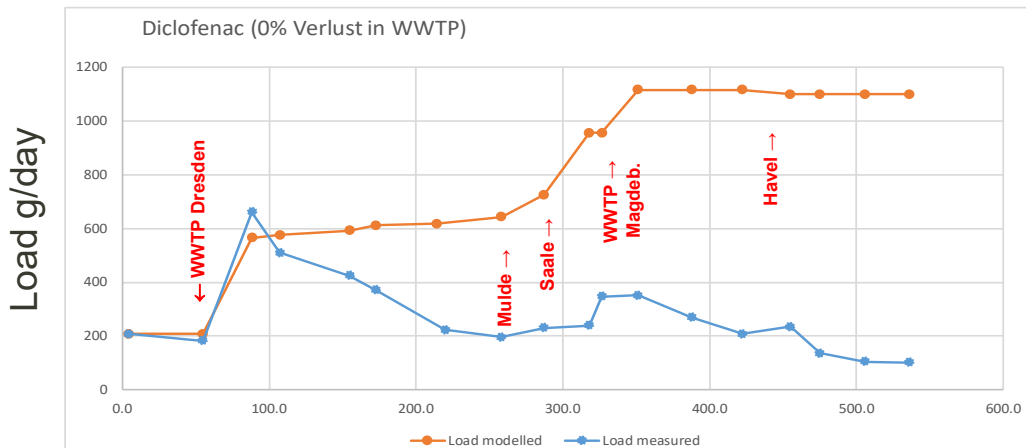
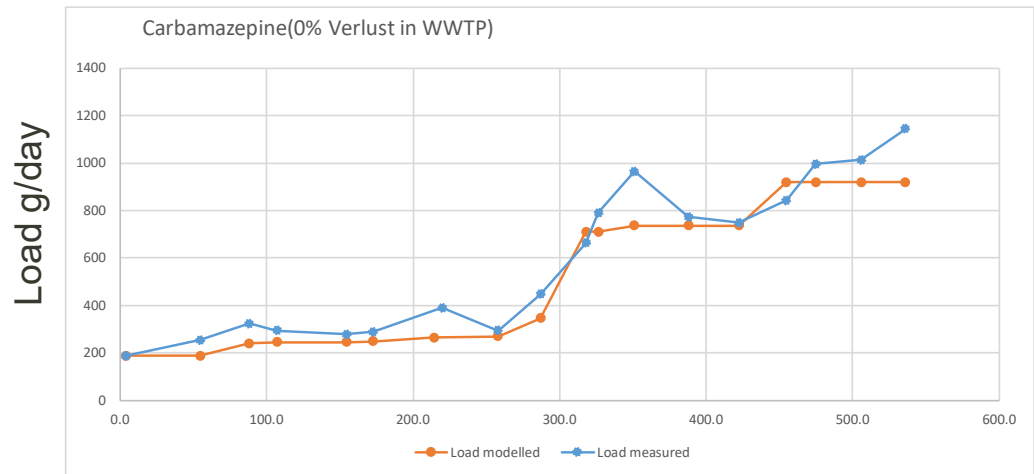


- Pharmaceutical
- Vet. pharmaceutical
- Pesticide
- Biocide
- Personal care and household
- Food and beverage
- Natural compound
- Polymer additive
- Additive
- Intermediate / Solvent / POP
- PFAS
- Dye

	Discharge	Carbamazepine	Diclofenac	Sucralose
WWTP Dresden	1.35%	13.9%	48%	12.4%
WWTP Meissen	0.13%	2.3%	7%	1.3%
WWTP Riesa	0.07%	1.8%	7%	0.8%
WWTP Torgau	0.04%	1.1%	5%	0.4%
WWTP Wittenberg	0.10%	1.9%	12%	1.1%
WWTP Dessau	0.11%	1.9%	17%	2.8%
WWTP Magdeburg	0.25%	2.7%	46%	11.8%

	Discharge	Carbamazepine	Diclofenac	Sucralose
Weisseritz	0.8%	1.2%	0.9%	0.1%
Schwarze Elster	3.1%	3.9%	3.1%	1.2%
Mulde	9.5%	15.2%	18.5%	10.7%
Saale	24.7%	58.1%	77.7%	41.0%
Havel	17.3%	25.2%	11.7%	8.6%
Milde/Aland	0.5%	0.6%	0.4%	0.6%
Elde	0.4%	0.3%	0.7%	0.1%
Jeetzel	0.2%	0.1%	0.6%	0.1%
Sude	4.6%	5.5%	1.3%	4.0%

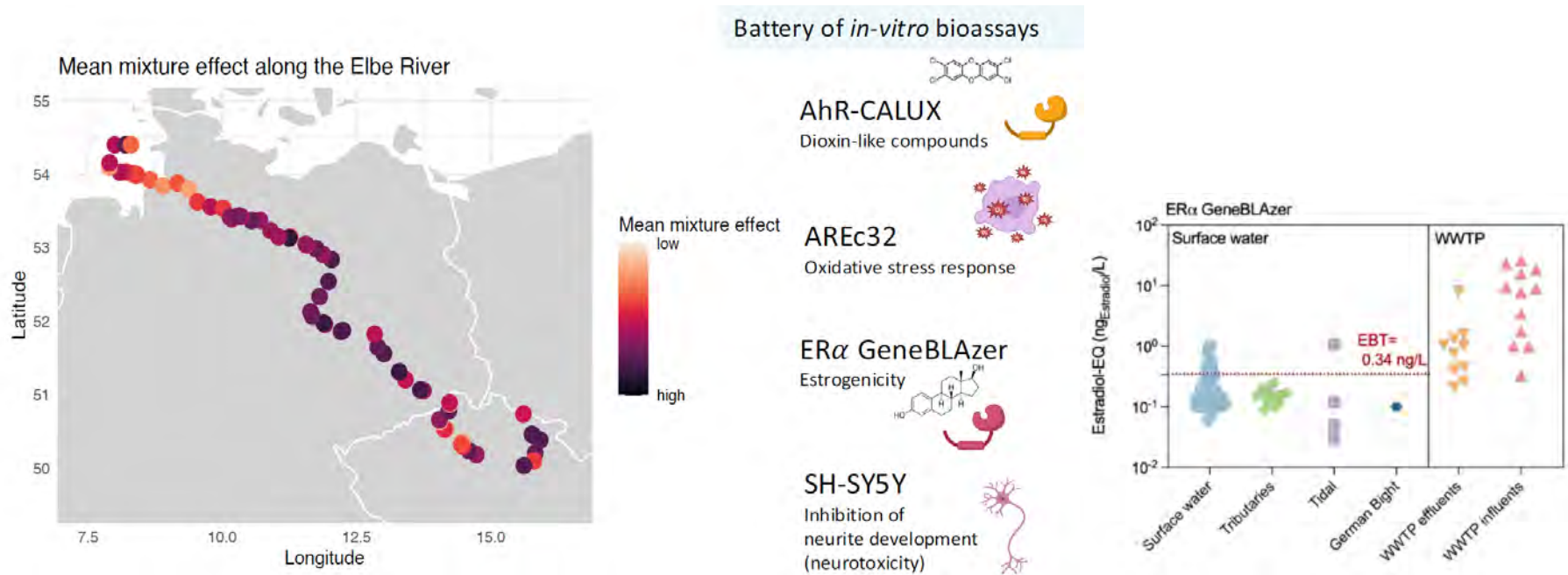
Mikroschadstoff-Budget



Pollutants

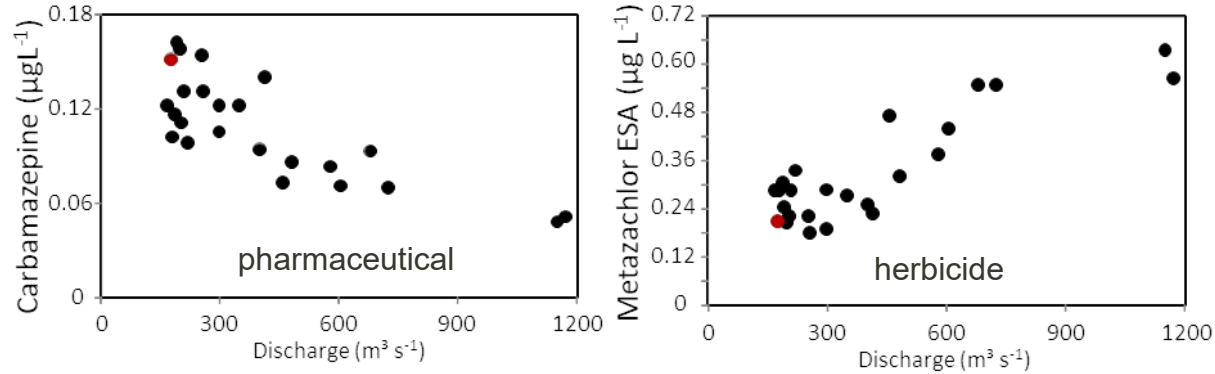
Following the mixtures of organic micropollutants with in-vitro bioassays in a large lowland river from source to sea

Hommel, E., König, M., Braun, G., Krauss, M., Kamjunke, N., Brack, W., Matousu, A., Sanders, T., Bussmann, I., Achterberg, E. P., Raupers, B., Escher, B. (2025) ACS Environmental Au (in press)



→ **high micropollutant effect in the middle Elbe**

Different dependence on discharge

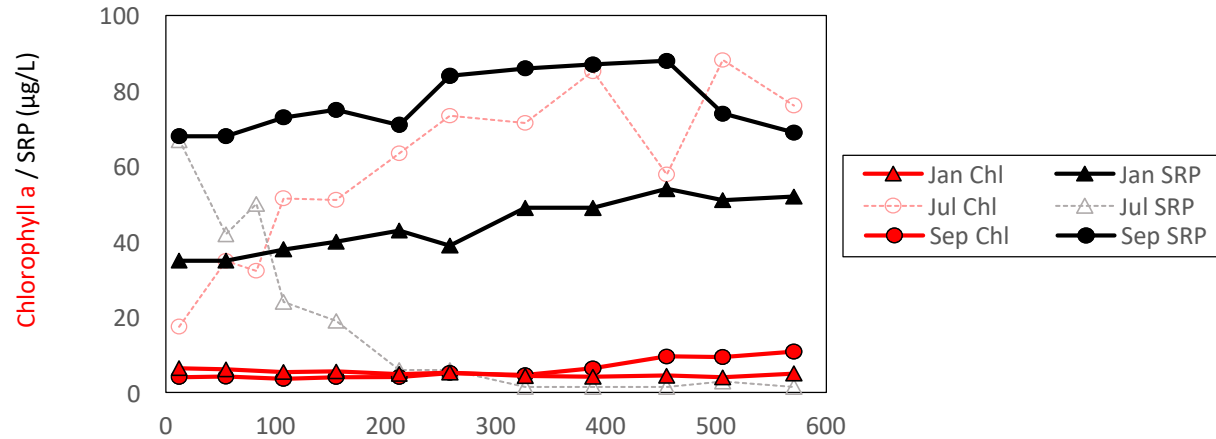


- Pharmaceuticals are less diluted under drought conditions
- Pesticides are mobilized from agricultural areas by heavy rain

Hochwasser

→ Dominanz von Transportprozessen (Pipe)

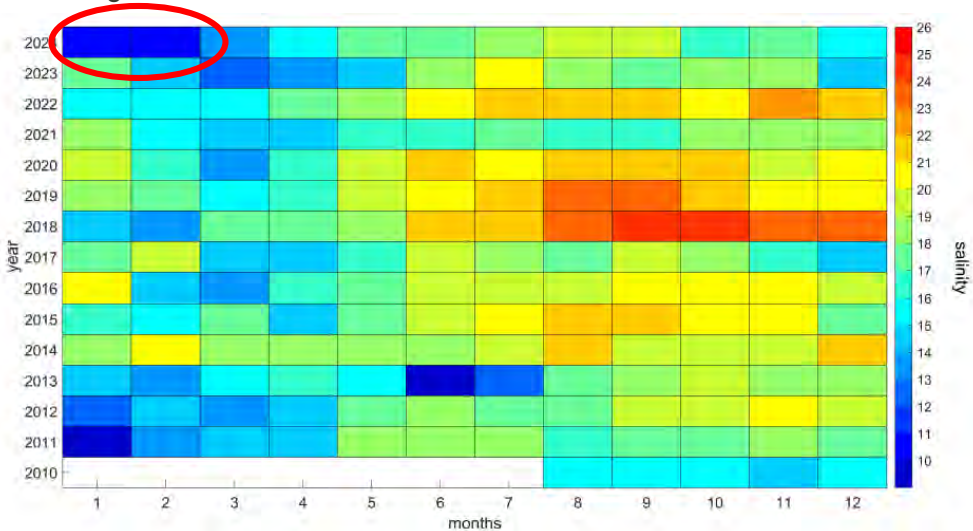
Keine Änderungen in der Binneneelbe (2024)



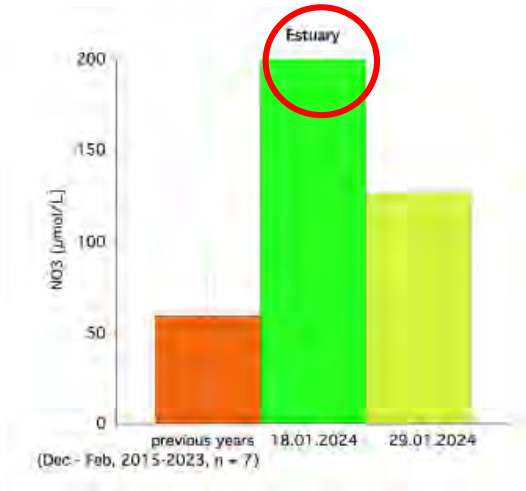
Winter flood significantly changes salinity and nutrient export from land to sea

Busmann, I., Brix, H., Flöser, G., Fischer, P., Jayachandran, S., Achterberg, E.P., Carstens, K., Kirstein, I.V., Sanders, T., Raupers, B., Voynova, Y., Kamjunke, N.
Front. Mar. Sci. 12:1599007 (2025), doi: 10.3389/fmars.2025.1599007

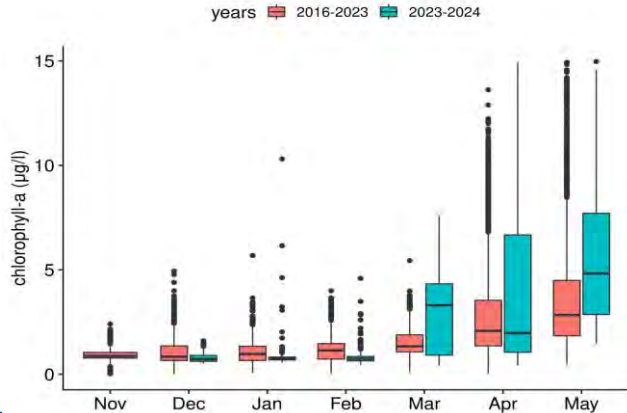
Niedrige Salinität in Cuxhaven



Nitrate concentration at Cuxhaven



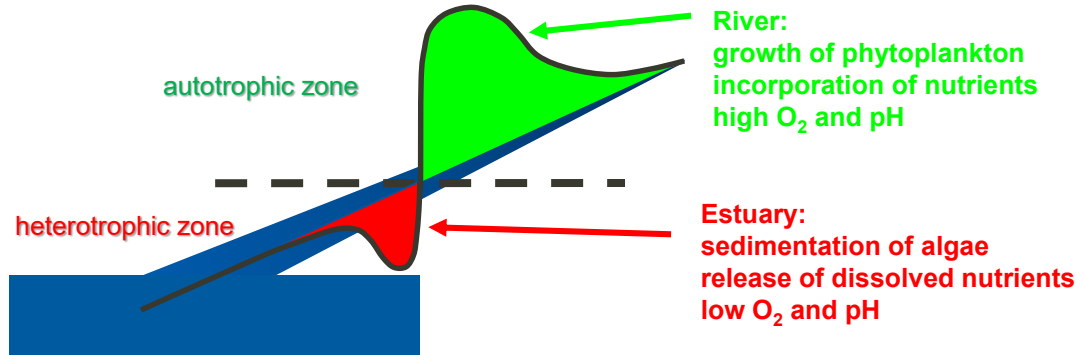
Chlorophyll a at Helgoland



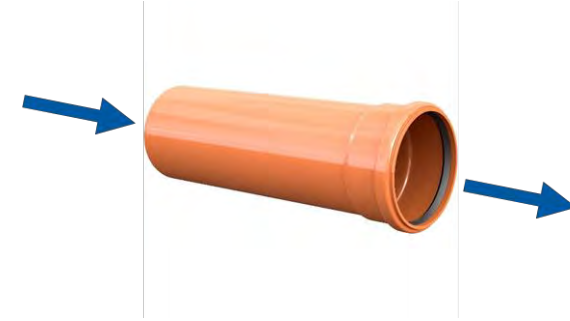
Zusammenfassung

Niedriger und mittlerer Abfluss: Active pipe

(1)



Flut:
Passive pipe



(2) DOM composition changed from unsaturated, oxygen-rich terrestrial components towards more saturated, less aromatic and smaller molecules

→ Flüsse **wirken als Filter**, die **Materie speichern, umwandeln und entfernen** auf dem Weg vom Land ins Meer.

→ Die Pufferkapazität der Flüsse hängt ab vom **Durchfluss**.

Zusammenfassung

- Starkes Wachstum von Phytoplankton durch geringe Wassertiefe (viel Licht) und lange Fließzeit
- Hohe pH-Werte und Sauerstoffkonzentration durch intensive Photosynthese
- Bei Sedimentation der Algen Freisetzung von Nährstoffen
- Sauerstoffminima durch Abbauprozesse

Andere Auswirkungen:

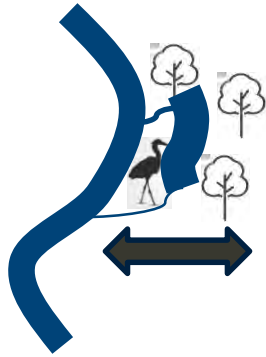
- Wassermenge: * fehlende Anbindung von Altarmen (laichende Fische)
 - * Probleme der Auenvegetation durch niedrige Grundwasserstände
- Einschränkungen bei der Entnahme von Kühlwasser und im Schiffsverkehr

Flutereignisse sind dominiert von Transportprozessen (pipe). Sie können zur Eutrophierung von Küstengewässern beitragen.

Veränderte Hydrologie beeinflusst ökologische Prozesse

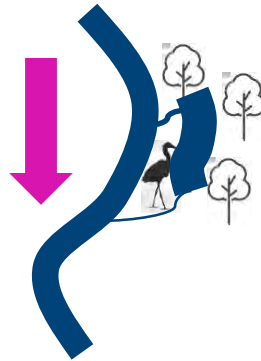
Am Beispiel Dürre

Laterale Konnektivität



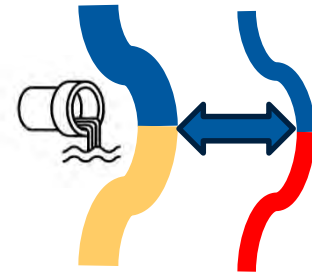
- Isolation von Auen
 - Veränderter Austausch von Organismen und Stoffen
- Biodiversität

Longitudinale Konnektivität



- Langsamere Transport
 - Längsentwicklungen (z. B. Algenblüten)
- Stoffexport in den Ozean

Stoffkonzentrationen



- Veränderte Verdünnung
- Anteil Abwassereinleitungen ↔ ökologischer Zustand

Helmholtz Wasser Initiative SOLVE

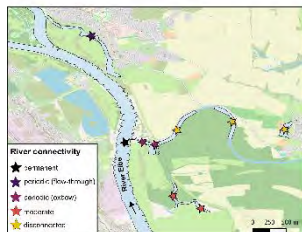
Subprojekte Bioconnect & Biopredict

2026- Ende 2028

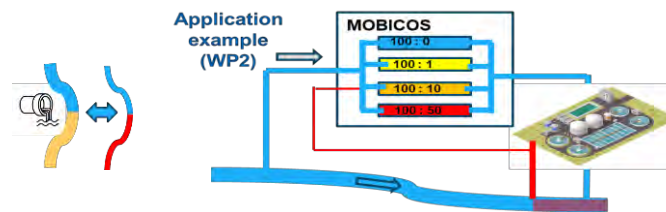
AWI | HZDR | UFZ | GFZ | HEREON | MDC | UBA | FGg | LHW

Ereignisgesteuertes Monitoring in den Elbauen Vorhersage ökologischer Folgen veränderter Bedingungen

- Wasserchemie / biologische Daten (→ nach WRRL)
vs. molekulare Daten (MZB, Phytoplankton, Mikroben)
- Schaum
- Ökologische Funktionen
- Schadstoffe
- ...



- Mesokosmen-Experimente mit gereinigtem Abwasser



Kontakt: michele.meyer@ufz.de

Danke!



norbert.kamjunke@ufz.de

© M. Beier