

KLIWAS

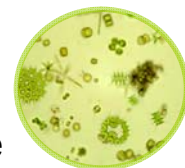
Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt
Entwicklung von Anpassungsoptionen

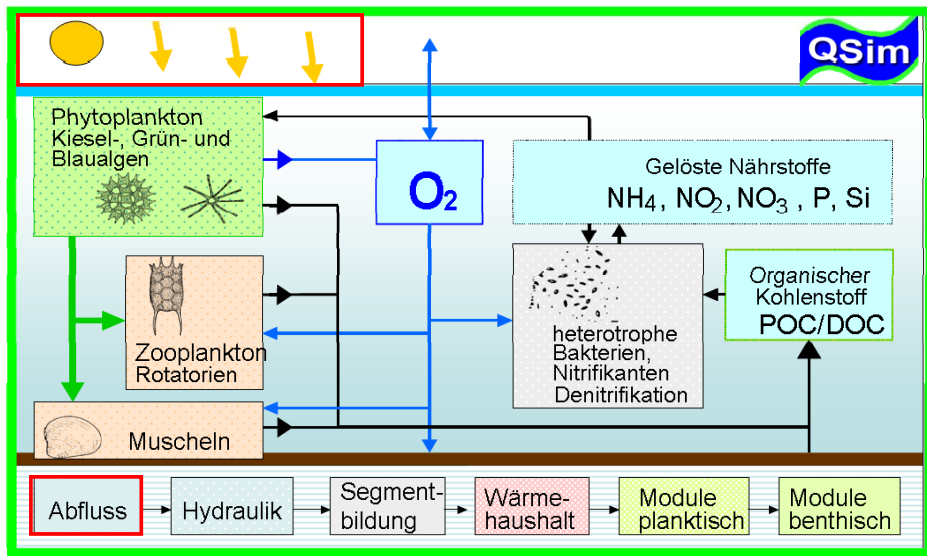
Wie ändert sich die Gewässergüte der großen Flüsse?

Paulin Hardenbicker
Hardenbicker@bafg.de
Projekt: Klimabedingte Änderung des Stoffhaushalts und der
Algenentwicklung in Bundeswasserstraßen

Relevanz

- Zukünftige Entwicklung des Gewässerzustandes von Rhein, Elbe und Havel
 - **Sauerstoffgehalt**: Atmung, Lebewesen im Fluss
 - **Algenbiomasse**: Sauerstoff, Nahrungsnetzgrundlage
 - **Wassertemperatur**: steuert biologische, chemische Prozesse
- Modellergebnisse
 - Erreichen des „guten ökologischen Zustandes“ bzw. des „guten ökologischen Potenzials“
 - Ziel der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie





Schöl et al. 1999, 2002

HYDRAX



Gewässer-gütemodell

QSim

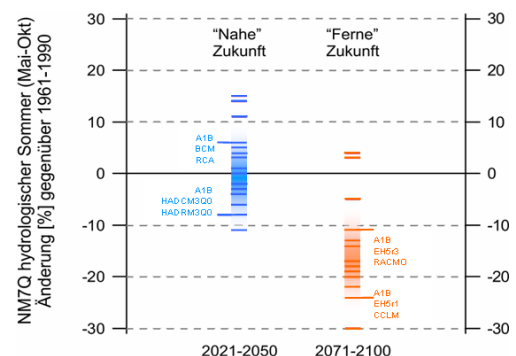
3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Verwendete Modellketten

Für die klimatologischen und hydrologischen Eingangsdaten wurden die Ergebnisse von folgenden Klimamodellketten verwendet:

1. Modellkette 'Vergleichskette REMO'
(A1B \rightarrow ECHAM5r3 \rightarrow REMO-ENS)
2. Modellkette **nahe Zukunft** oberer Ensemble-Rand
(A1B \rightarrow BCM \rightarrow RCA3)
3. Modellkette **nahe Zukunft** unterer Ensemble-Rand
(A1B \rightarrow HADCMQ0 \rightarrow HADRMQ0)
4. Modellkette **ferne Zukunft** oberer Ensemble-Rand
(A1B \rightarrow ECHAM5r3 \rightarrow RACMO)
5. Modellkette **ferne Zukunft** unterer Ensemble-Rand
(A1B \rightarrow ECHAM5r1 \rightarrow CLM24)
6. nur Havel: Modellkette **ferne Zukunft** unterer Ensemble-Rand
(A1B \rightarrow ARPEGE \rightarrow ALADIN51)

Ketten an den Ensemble-Rändern



Veränderte Abbildung:
Projekt Wasserhaushalt

3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Verwendete Modellketten

Für die klimatologischen und hydrologischen Eingangsdaten wurden die Ergebnisse von folgenden Klimamodellketten verwendet:

1. Modellkette 'Vergleichskette REMO'
(A1B → ECHAM5r3 → REMO-ENS)
2. Modellkette **nahe Zukunft** oberer Ensemble-Rand
(A1B → BCM → RCA3)
3. Modellkette **nahe Zukunft** unterer Ensemble-Rand
(A1B → HADCMQ0 → HADRMQ0)
4. Modellkette **ferne Zukunft** oberer Ensemble-Rand
(A1B → ECHAM5r3 → RACMO)
5. Modellkette **ferne Zukunft** unterer Ensemble-Rand
(A1B → ECHAM5r1 → CLM24)
6. nur Havel: Modellkette **ferne Zukunft** unterer Ensemble-Rand
(A1B → ARPEGE → ALADIN51)

Zeiträume:

Referenzzustand
(1961 – 1990)

nahe Zukunft
(2021 – 2050)

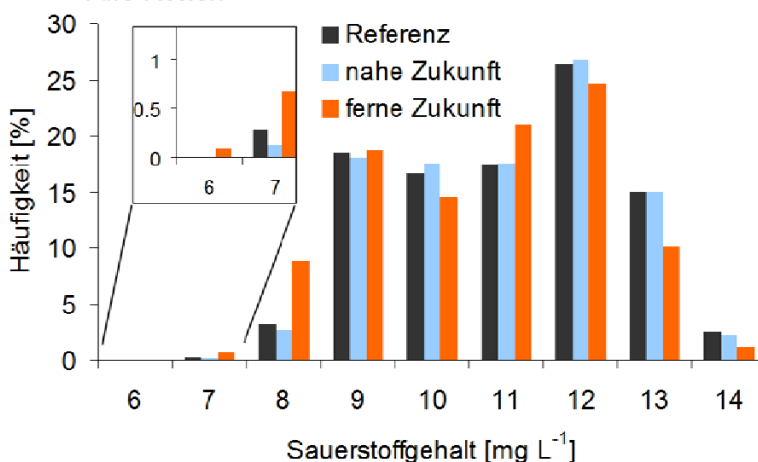
ferne Zukunft
(2071 – 2100)

Modellierte Jahre:
2000 - 2010

3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Ergebnisse Rhein – Sauerstoff

Sauerstoffgehalt Rhein-Km 860 (Bimmen)
Alle Ketten



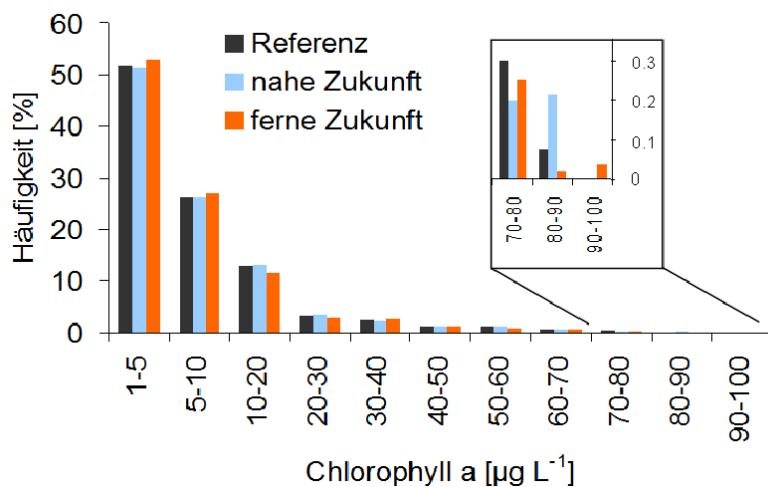
Maximale Änderung bei Km 860

- Sauerstoffgehalt sinkt!
- Δ **nahe Zukunft**: - 0,3 mg L⁻¹
→ Kette 3
(alle: + 0,1 bis - 0,3 mg L⁻¹)
- Δ **ferne Zukunft**: - 0,5 mg L⁻¹
→ Kette 5
(alle: - 0,3 bis - 0,5 mg L⁻¹)

3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Ergebnisse Rhein – Chlorophyll

Chlorophyll Gehalt Rhein-Km 860 (Bimmen) Alle Ketten



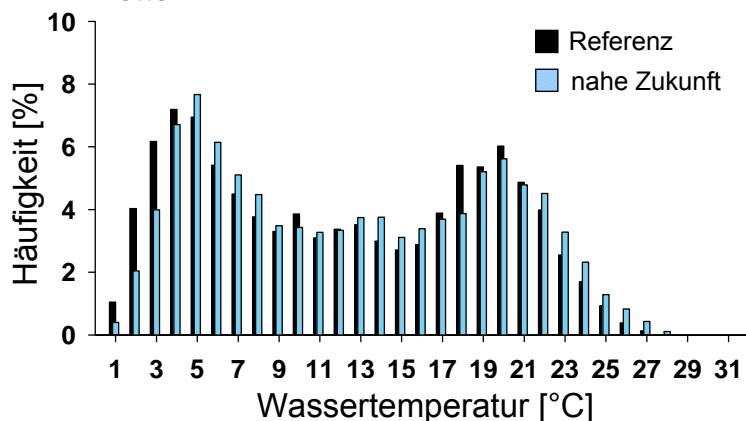
Maximale Änderung bei Km 860

- Chlorophyllgehalt steigt!
- Δ **nahe Zukunft**: + 2,8 µg L⁻¹
→ Kette 1
(alle: - 3,8 bis + 2,8 µg L⁻¹)
- Δ **ferne Zukunft**: + 4,2 µg L⁻¹
→ Kette 5
(alle: - 1,8 bis + 4,2 µg L⁻¹)

3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Ergebnisse Rhein – Temperatur

Wassertemperatur Rhein-Km 860 (Bimmen) Kette 1



Änderung bei Km 860

- Wassertemperatur steigt!
- Δ **nahe Zukunft**: + 0,6 °C
→ Kette 1
(alle: + 0,4 bis + 1,4 °C)

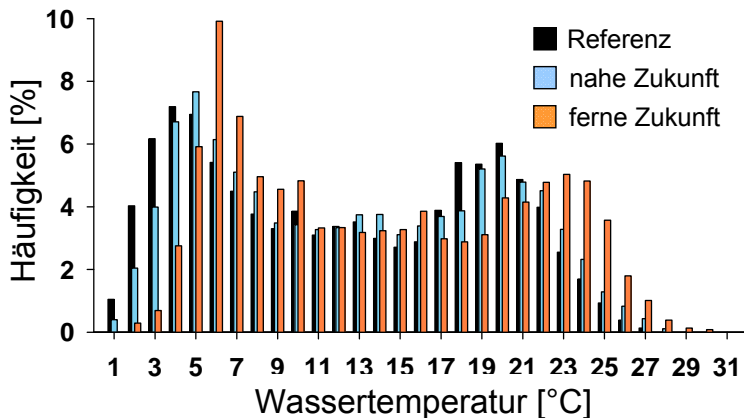
Ansatz:
Ohne Wärmeeinleitungen
30 Jahre

3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Ergebnisse Rhein – Temperatur



Wassertemperatur Rhein-Km 860 (Bimmen)
Kette 1



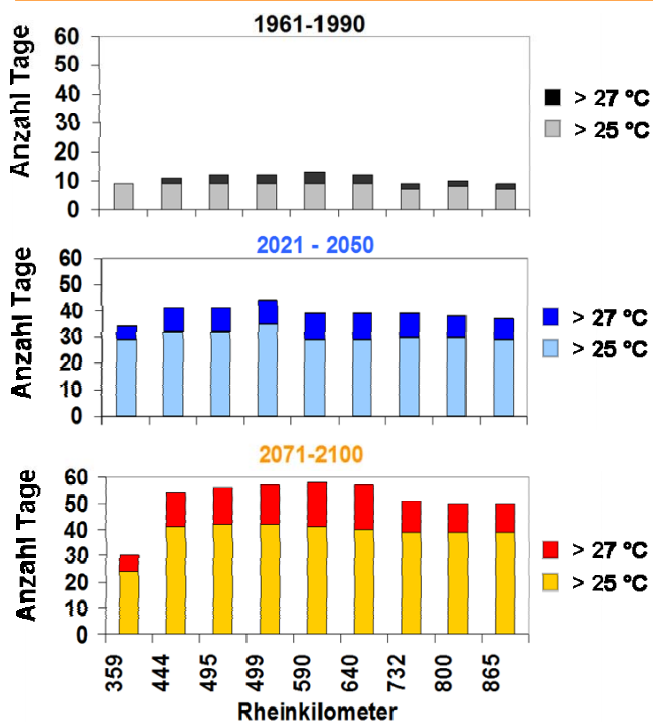
Änderung bei Km 860

- Wassertemperatur steigt!
- Δ **nahe Zukunft**: + 0,6 °C
→ Kette 1
(alle: + 0,4 bis + 1,4 °C)
- Δ **ferne Zukunft**: + 1,9 °C
→ Kette 1
(alle: + 1,9 bis + 2,2 °C)

Ansatz:
Ohne Wärmeeinleitungen
30 Jahre

3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Ergebnisse Rhein – Temperatur



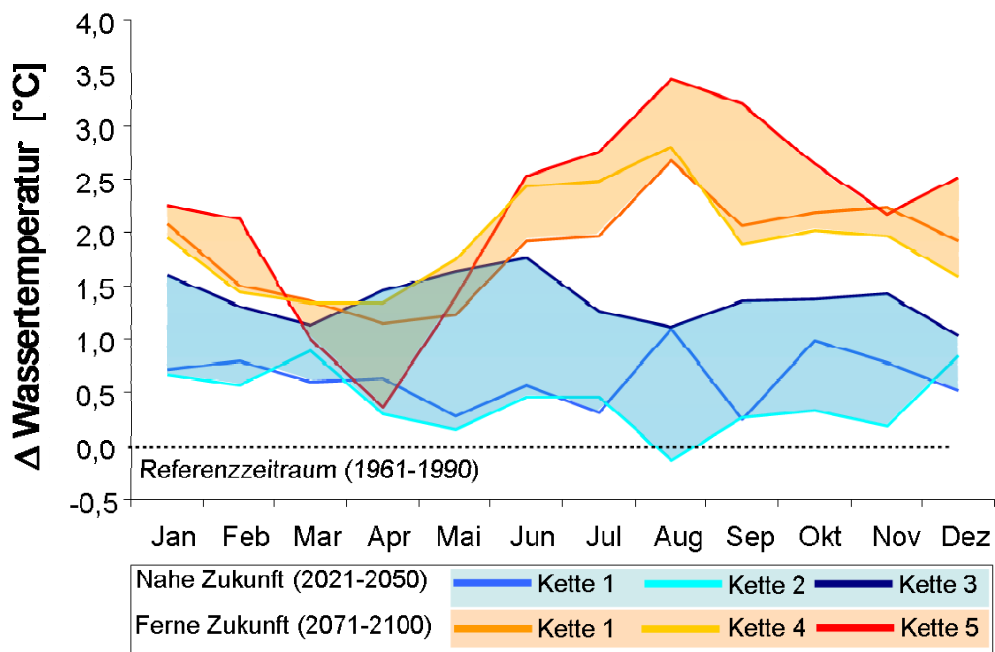
Änderung bei Km 860

- Wassertemperatur steigt!
- Δ **nahe Zukunft**: + 0,6 °C
→ Kette 1
(alle: + 0,4 bis + 1,4 °C)
- Δ **ferne Zukunft**: + 1,9 °C
→ Kette 1
(alle: + 1,9 bis + 2,2 °C)

Aufeinanderfolgende Tage mit
Überschreitung von 25 °C und 27 °C
Kette 1

3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

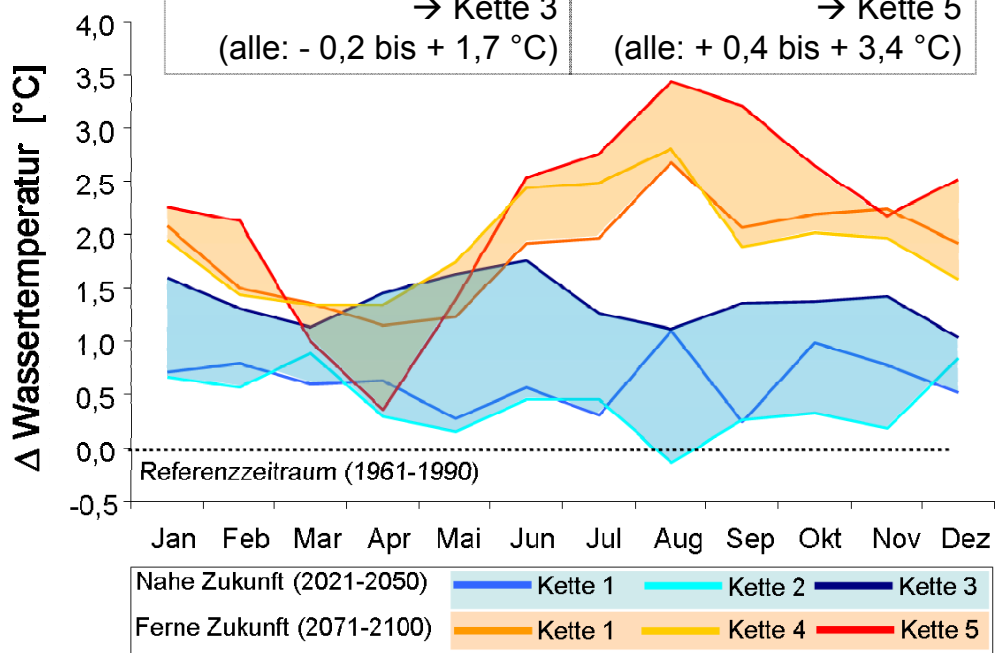
Änderung der Wassertemperatur



3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

- ferne Zukunft alle Ketten: + 2 °C (Mittelwert über 9 Stationen)

- Monatsmittelwerte: Δ **nahe Zukunft: + 1,7 °C** Δ **ferne Zukunft: + 3,4 °C**
 → Kette 3 → Kette 5
 (alle: - 0,2 bis + 1,7 °C) (alle: + 0,4 bis + 3,4 °C)



3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Kernaussage Rhein

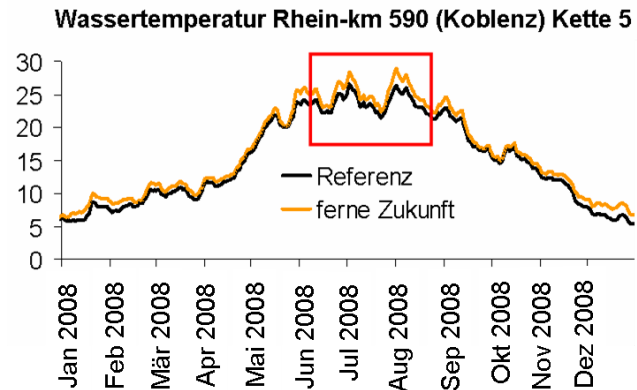
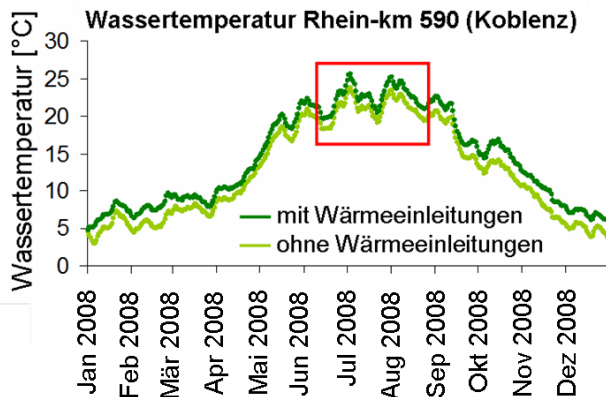
1. Auswirkungen der genehmigten Wärmeeinleitungen (Stand 2006) liegen in einer ähnlichen Größenordnung wie die Effekte des Klimawandels.

Effekte des Klimawandels auf Wassertemperatur durch die Bewirtschaftung des Wärmehaushalts überlagert.

Wärmeeinleitmengen müssten reduziert werden, um der Erwärmung durch den Klimawandel entgegenzuwirken.



Foto: eigene Aufnahme

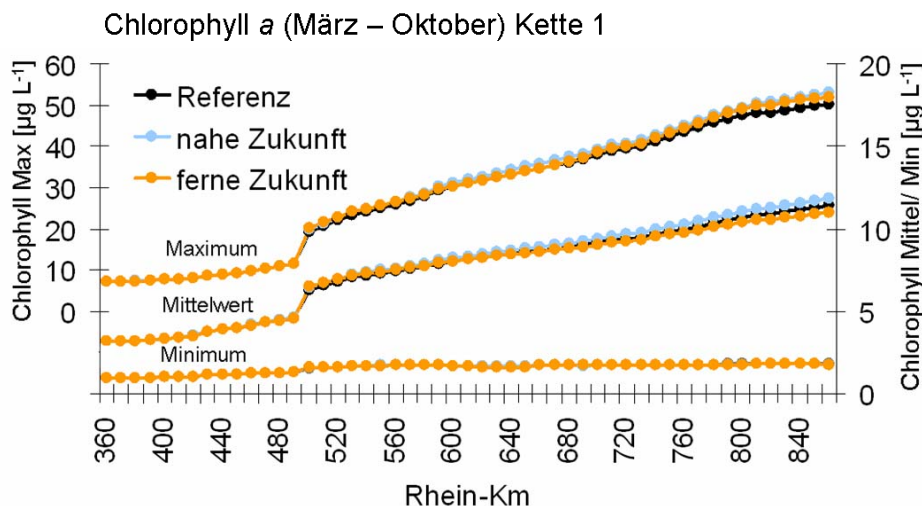


3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Kernaussage Rhein

2. Der Sauerstoffgehalt und die Algenentwicklung werden durch zukünftig veränderte Abflüsse oder Wassertemperaturen nur geringfügig beeinflusst.

Als indirekte Folge des Klimawandels könnten – z. B. durch Anstieg der Wassertemperatur – Nahrungsnetzeffekte ausgelöst werden, die die Gewässergüte stärker beeinflussen können als direkte Klimawandeleffekte.



Dreissena sp. Corbicula sp.

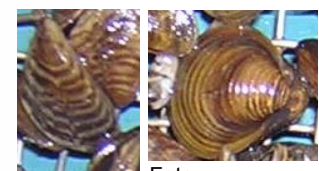
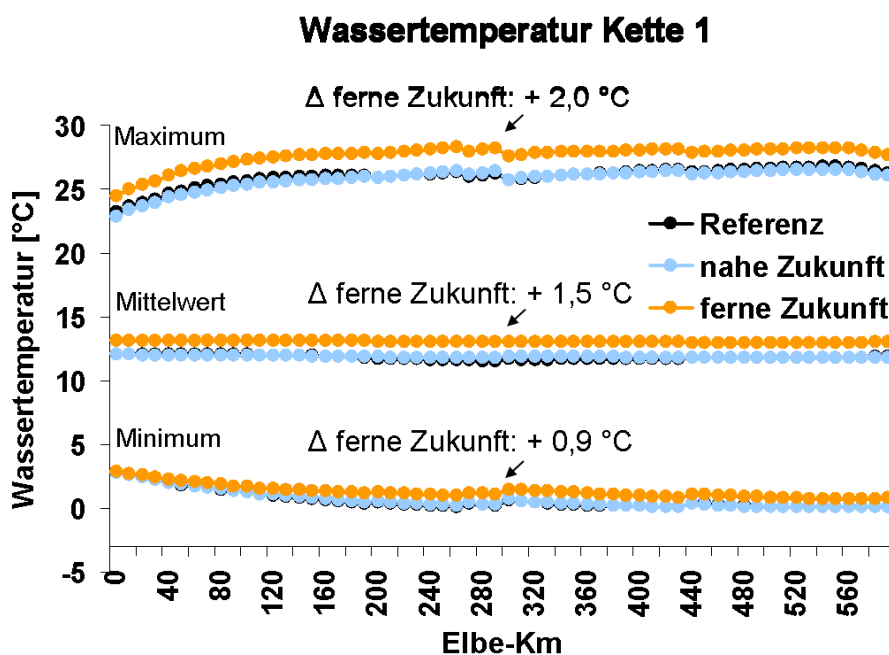


Foto: eigene Aufnahme

3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

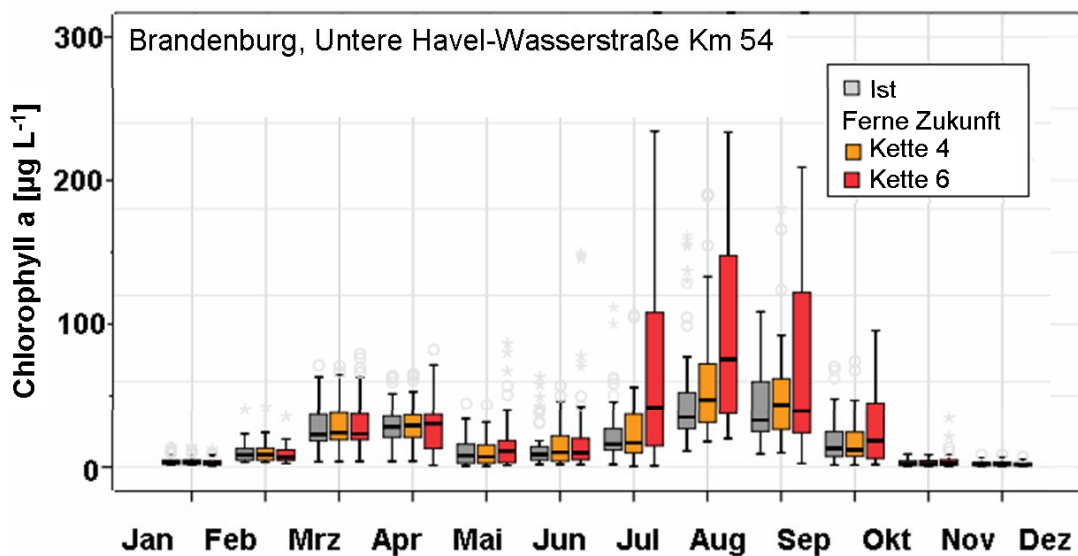
Ergebnisse Elbe – Temperatur



3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

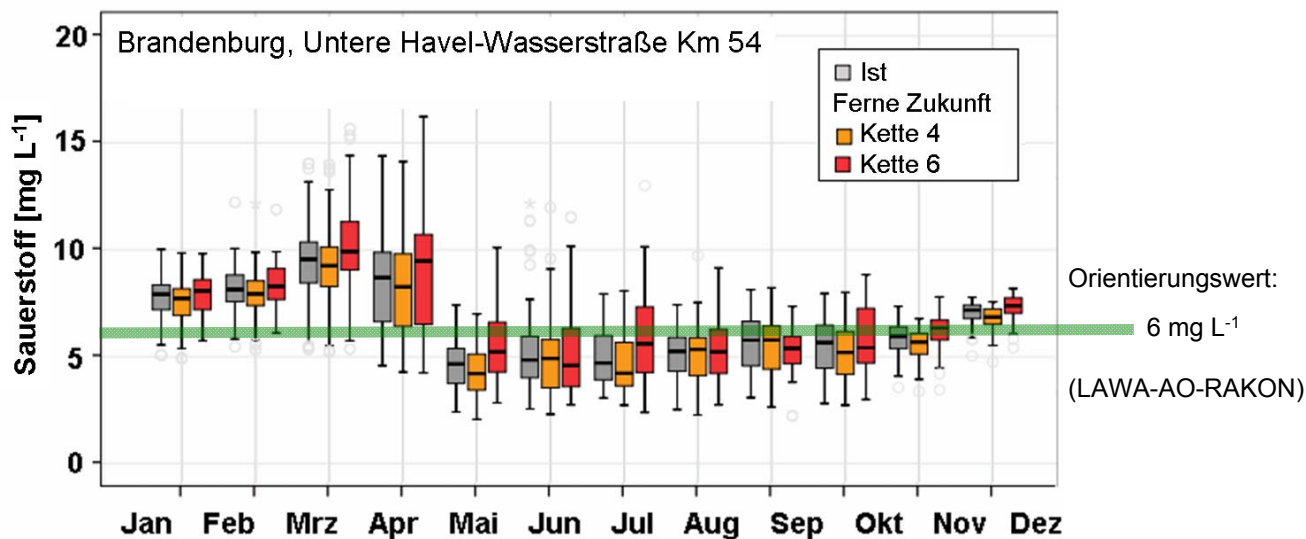
Ergebnisse Flusshavel – Chlorophyll

Änderung des Chlorophyllgehaltes in der fernen Zukunft



3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

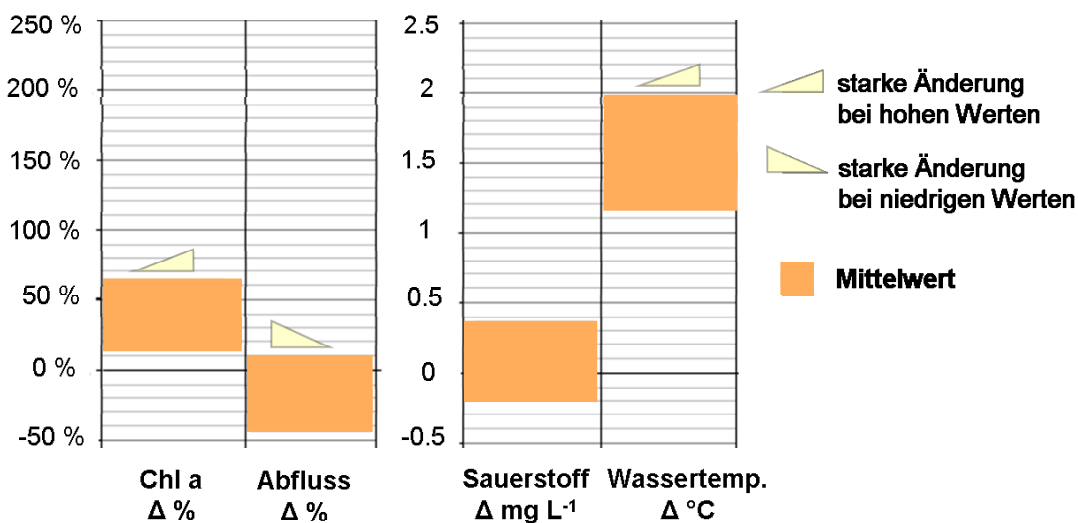
Änderung des Sauerstoffgehaltes in der fernen Zukunft



3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Flusshavel unterer Modellrand Km 54 (Brandenburg)

Änderung der Mittelwerte der Ketten in der fernen Zukunft



3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

1. Vorläufige Ergebnisse Teilgebiet Flusshavel: Güte-Situation könnte sich aufgrund von niedrigen Sauerstoffkonzentrationen und hohen Chlorophyllkonzentrationen verschärfen.

2. Gütemodellierung ist daher für Berlin sehr sinnvoll, gerade bei Bewirtschaftungsfragen, denn durch Klimawandel könnten heute schon kritische Effekte verstärkt werden.



Foto: A.Becker

3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Fazit

Sauerstoffgehalt

Rhein: geringe Änderung
kein Sauerstoffdefizit

Flusshavel: kritisches Limit wird
zeitweise unterschritten (lokal)

Algenbiomasse

Rhein: geringe Änderung
unkritisch

Flusshavel: potenziell möglicher starker
Anstieg der Algenbiomasse
Überlagerung des Klimaeffektes
durch **Abflussbewirtschaftung**

Wassertemperatur

Rhein und Flusshavel: Anpassung der erlaubten Wärmeeinleitungen
,Schwellenwert' bei Genehmigungen
Überlagerung des Klimaeffektes durch **Bewirtschaftung des Wärmehaushaltes**

3. KLIWAS Statuskonferenz 2013, 12./13.11.2013, Berlin

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit !



www.kliwas.de

Paulin Hardenbicker
Annette Becker
Carsten Viergutz
Helmut Fischer

Hardenbicker@bafg.de
Becker@bafg.de
Viergutz@bafg.de
Helmut.Fischer@bafg.de

