



IGB

Leibniz-Institut für Gewässerökologie
und Binnenfischerei

Seen im Klimawandel: Hochaufgelöste Daten als Voraussetzung von modellgestützten Prognosen

Robert Schwefel, Sylvia Jordan, Michael
Hupfer

Rostock, 22.06.2022



Seen im Klimawandel: Hochaufgelöste Daten als Voraussetzung von modellgestützten Prognosen

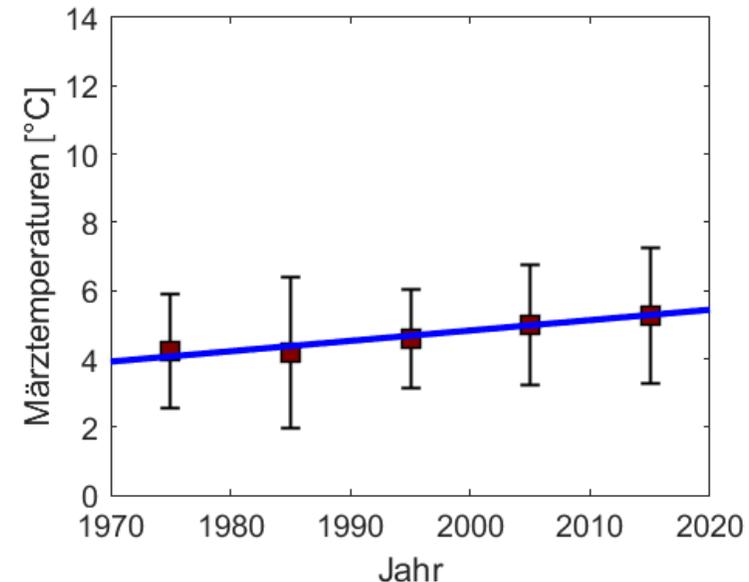
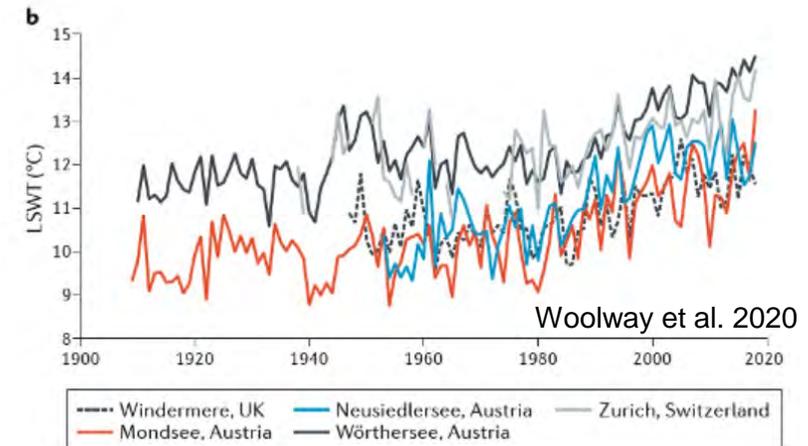
Inhalt

- Motivation: Seen im Klimawandel
- Messketten- und Messstationen zur Generierung hochaufgelöster Daten
 - Messprinzip
 - Ergebnisse
- Numerische Modelle für modellgestützte Prognosen
 - Seenmodellierung
 - Kalibration
 - Prognose



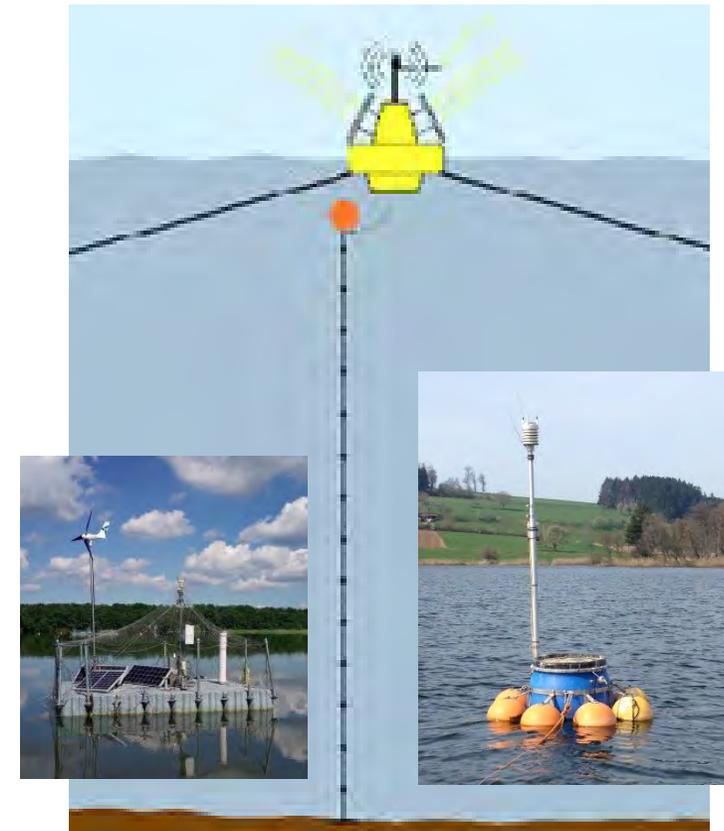
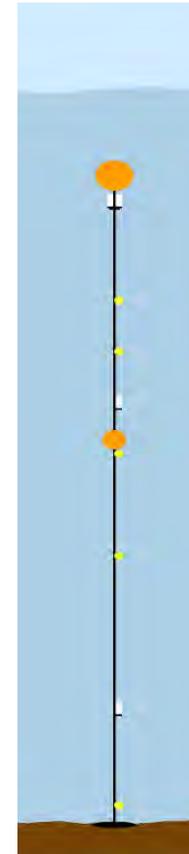
Motivation

- Klimawandel beeinflusst auch Seen:
 - Höhere Oberflächentemperaturen.
 - Längere Sommerschichtung -> weniger Austausch zwischen Oberflächen- und Tiefenwasser.
 - Weniger Eistage.
- Ausmaß der Änderungen schwer zu quantifizieren.
- Auswirkungen auf das Ökosystem noch unzureichend erforscht.

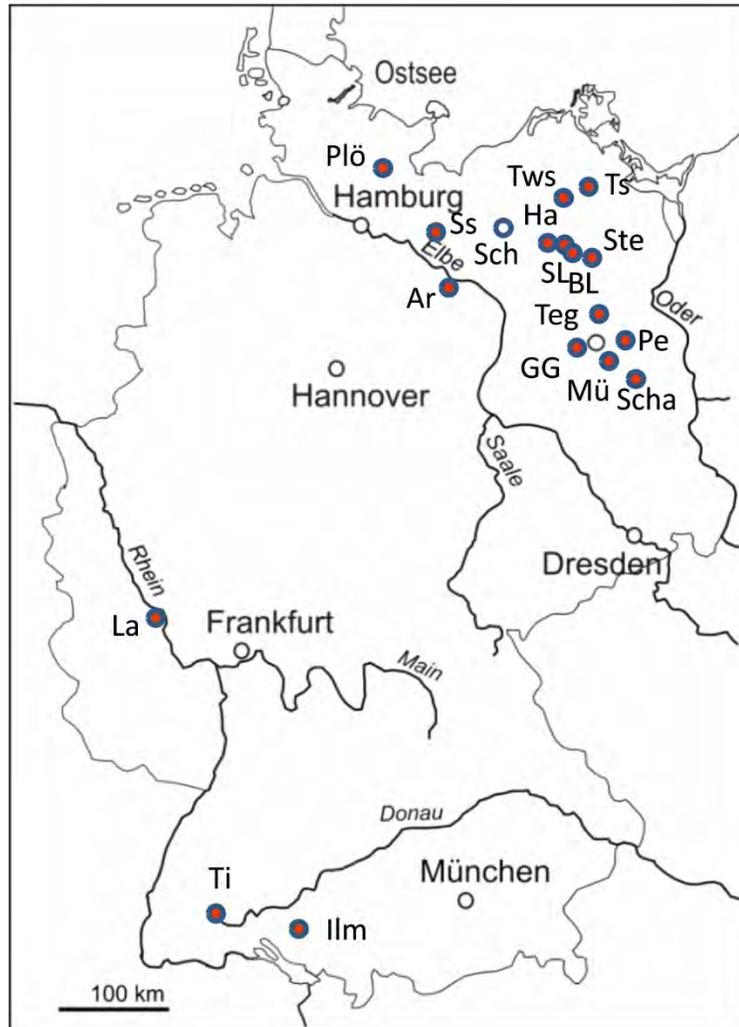


Messprinzip

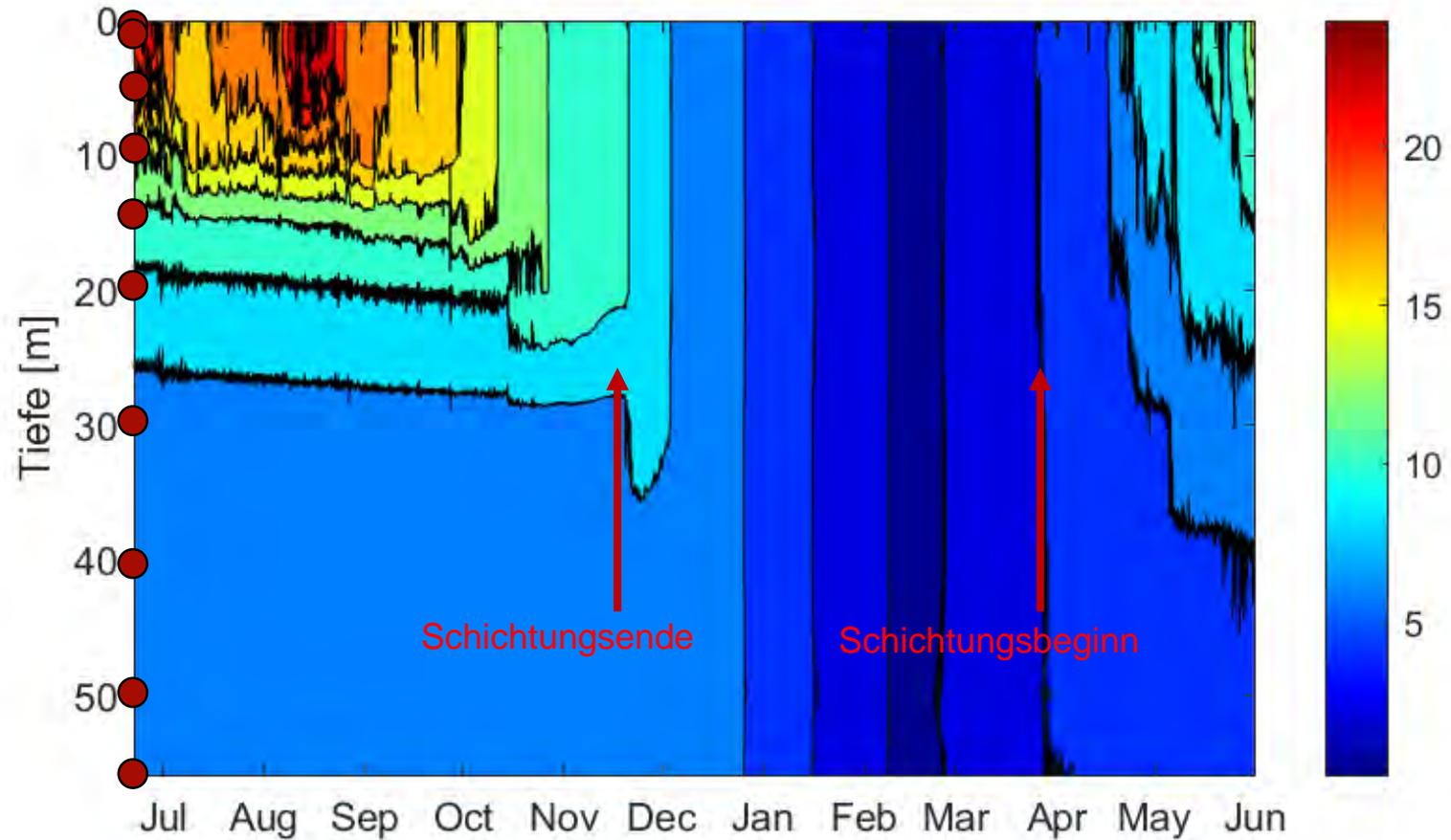
- Autonome Datenlogger ermöglichen kontinuierliche Datenerfassung.
 - Temperatur
 - Sauerstoff
 - Druck, Trübung, Chl-A...
- Einfachste Messmethode: Seil mit Grundgewicht und Auftriebskörper ~2 m unter der Oberfläche.
- Optional: Oberflächenbojen und Messstationen.



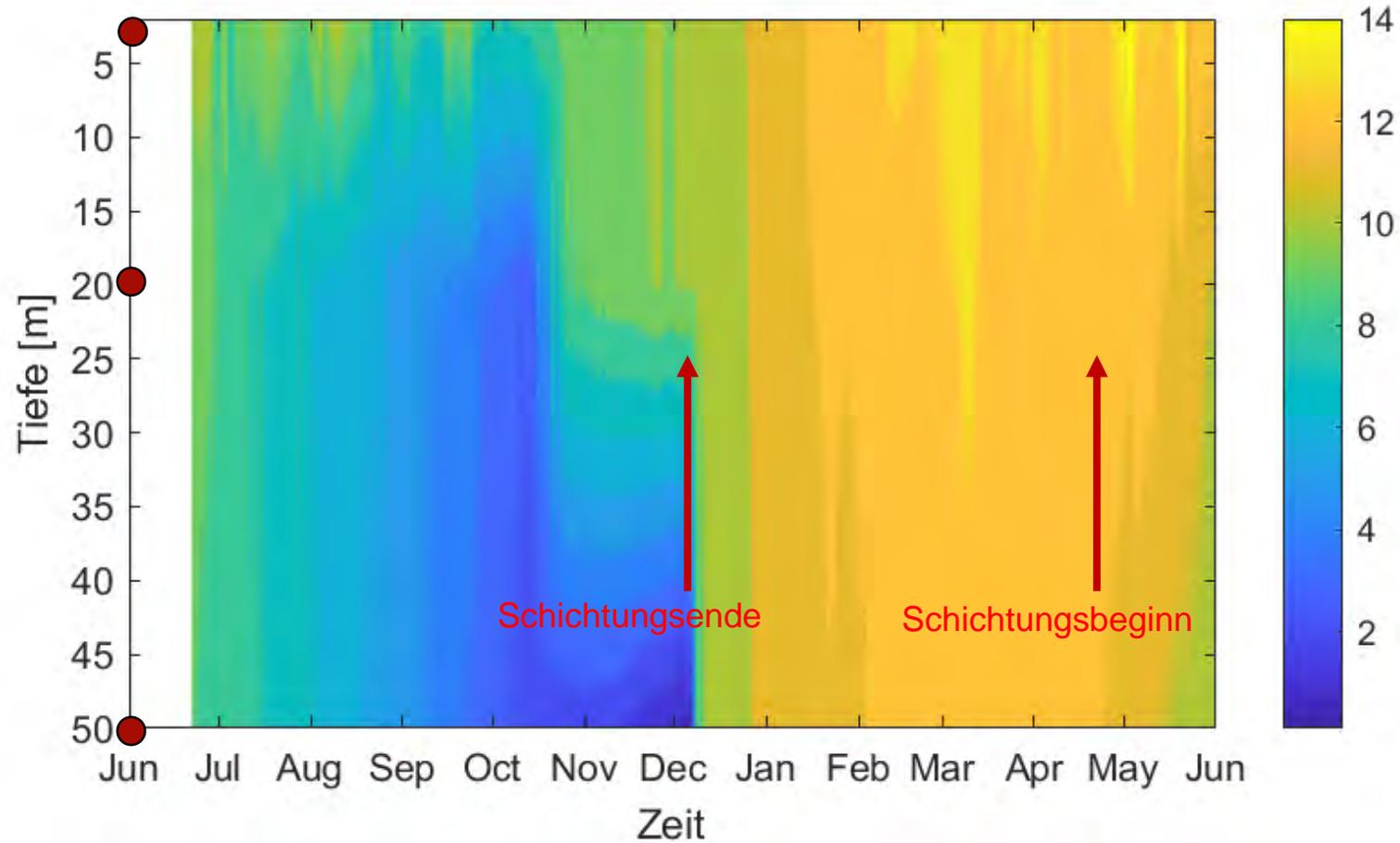
Messprinzip



Temperatur Großer Plöner See

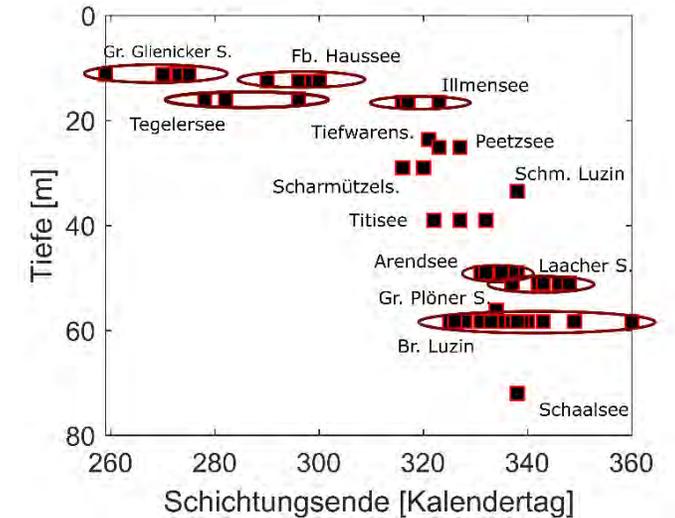
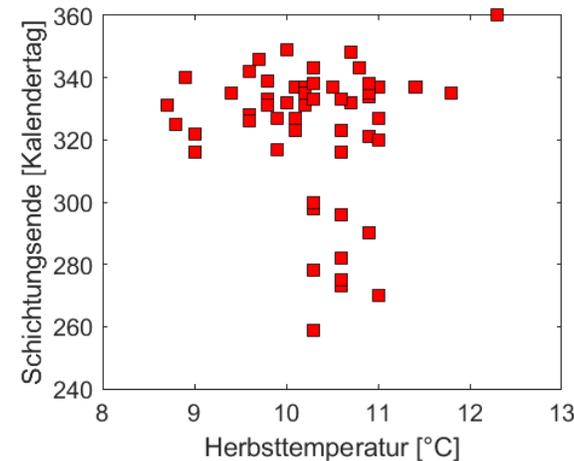
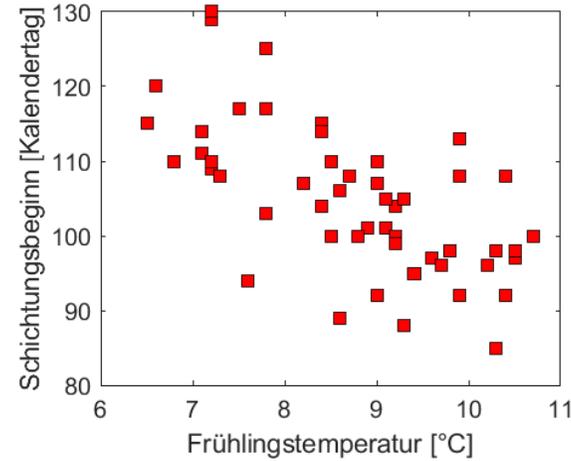


Sauerstoff Großer Plöner See



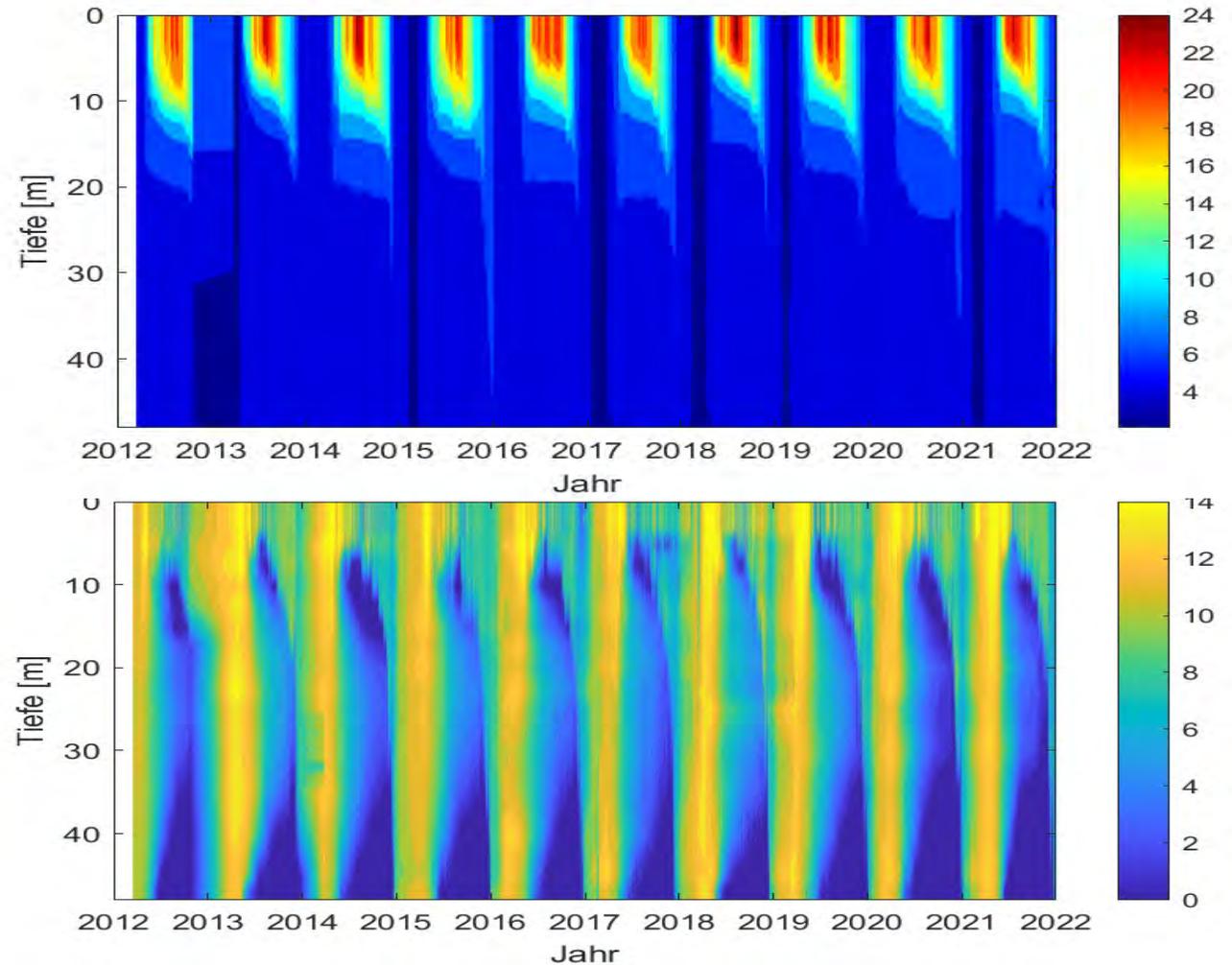
Schichtung

- Schichtungsbeginn abhängig von Lufttemperatur.
- Schichtungsende zeigt größere Variabilität und geringere Temperaturabhängigkeit.



Langzeitdaten Arendsee

- Längere Zeitreihen erlauben Analyse von Trends.
- Trennung von Klimaeffekten von anderen Einflussfaktoren häufig kompliziert.
- Zeitreihen meist noch relativ kurz.
=> Modellierung



Wie kann man die zukünftige Entwicklung der Seen voraussagen?

Initialisierung

Modellauswahl

Modelltyp
Modellierte Parameter

Seenauswahl

Morphometrie
Wind Fetch
Geographische Lage

Forcing

Meteorologie

Entweder Messungen
oder Wettermodell.

Transparenz

Je nach Modell zeitlich
variabel oder konstant.

Zufluss/Abfluss

Nur relevant bei kurzen
Aufenthaltszeiten.

Kalibrierung

Parameterauswahl

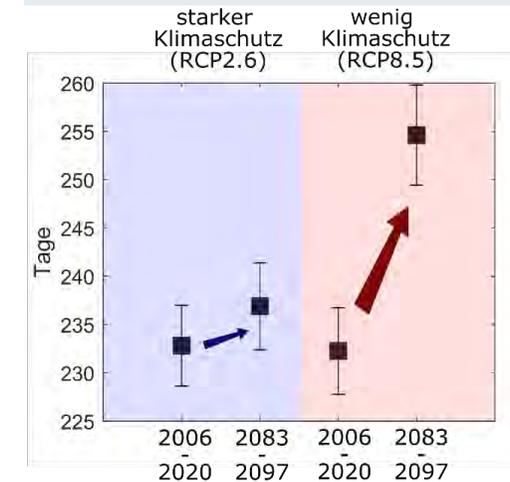
Vergleich mit Messwerten

Möglichst viele und
hochaufgelöste
Messdaten notwendig.

Metriken:

- bias
- Root mean square error

Ergebnisse

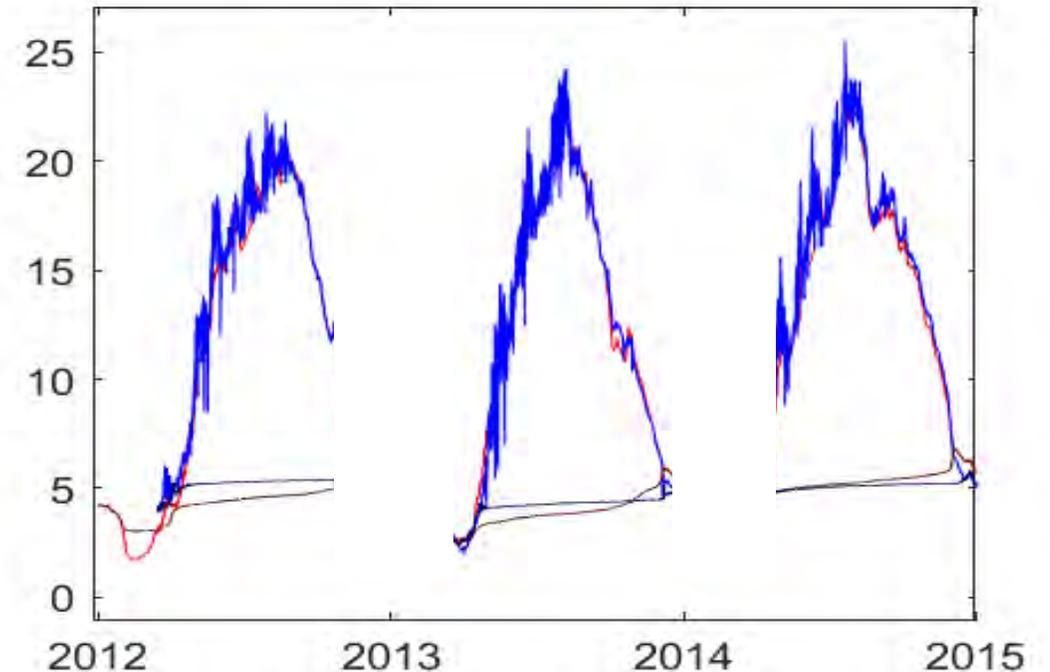
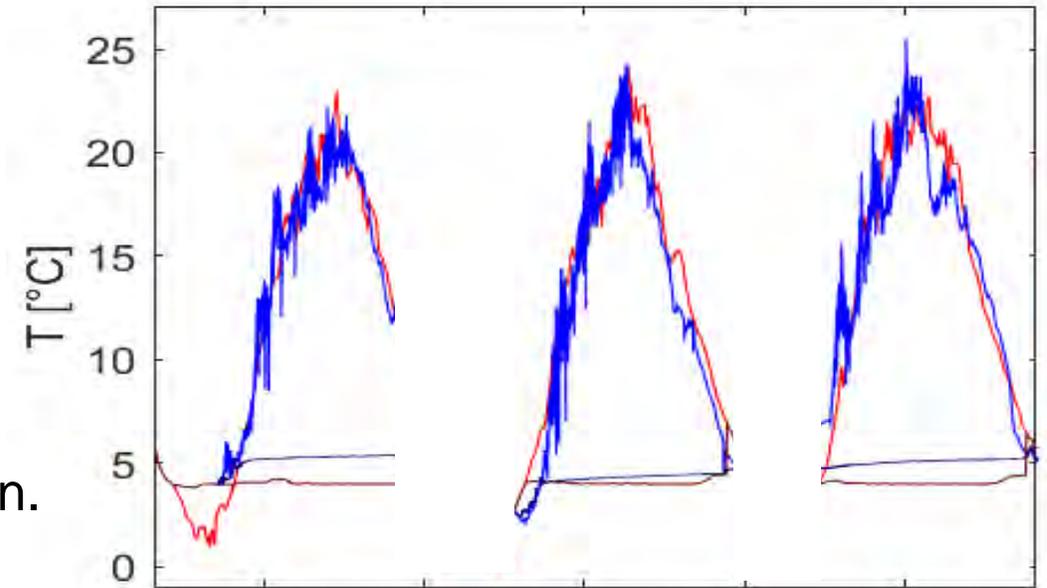


Möglichkeiten der Seenmodellierung

- Was will man modellieren?
 - Welche Parameter (Seenphysik, Biologie)
 - Welche Prozesse (langjährige Trends, saisonale Veränderungen, kurzfristige Prozesse)
 - Welche Komplexität (Dimensionalität, räumliche und zeitliche Auflösung)
- Für langjährige Entwicklungen bieten sich eindimensionale Modelle an, auch hier gibt es eine große Menge an Modellen (**FLake**, **Simstrat**, GOTM, GLM, DYRESM ...)
 - Horizontale Prozesse um Größenordnungen schneller als vertikale.
 - Rechenzeit von wenigen Minuten für mehrere Jahrzehnte Simulation auf handelsüblichen PCs.
 - Momentan Fokus auf Seenphysik, Kopplung an biogeochemische Modelle möglich.

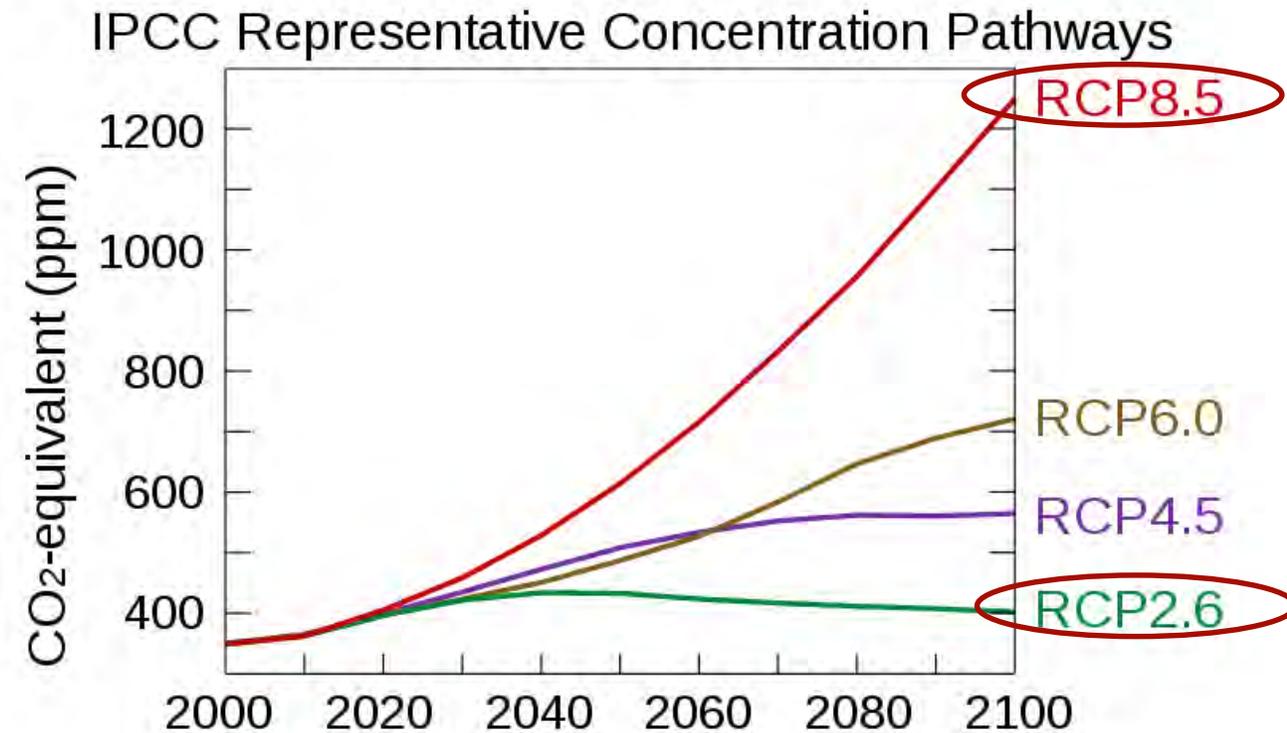
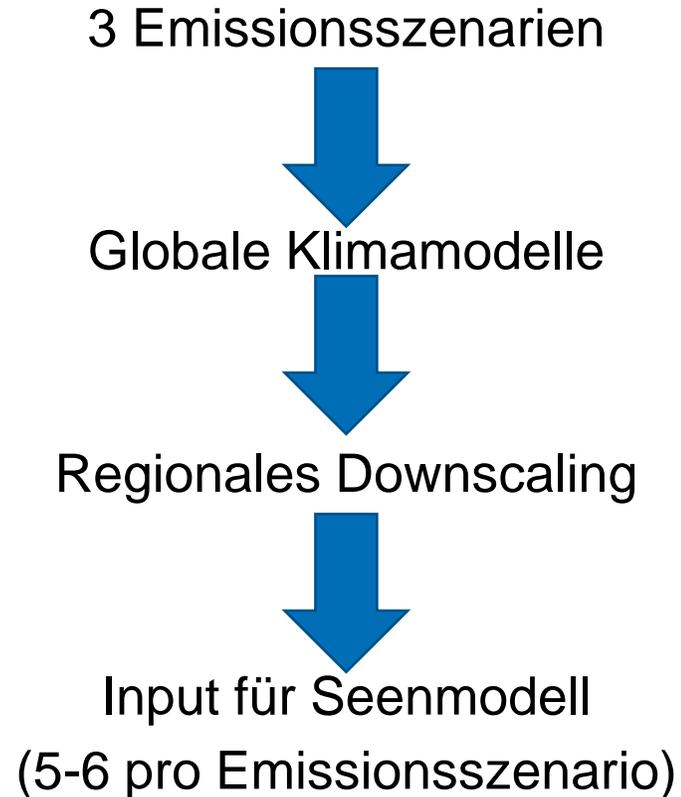
Kalibration mit Messdaten

- Modell läuft mit real gemessenen Wetterdaten in Perioden, für die Messdaten vorliegen.
 - Wetter: Nächste vorhandene Wetterstation.
 - Daten der Messketten.
- Root mean square error misst die Abweichung zwischen Modell und Messungen:
 - Simstrat: 0.84 (Oberfläche)
0.58 (Tiefenwasser)
 - FLake: 1.23 (Oberfläche)
1.00 (Tiefenwasser)



DWD-Kernensemble: Hochaufgelöste regionale Klimamodelle

Prognose

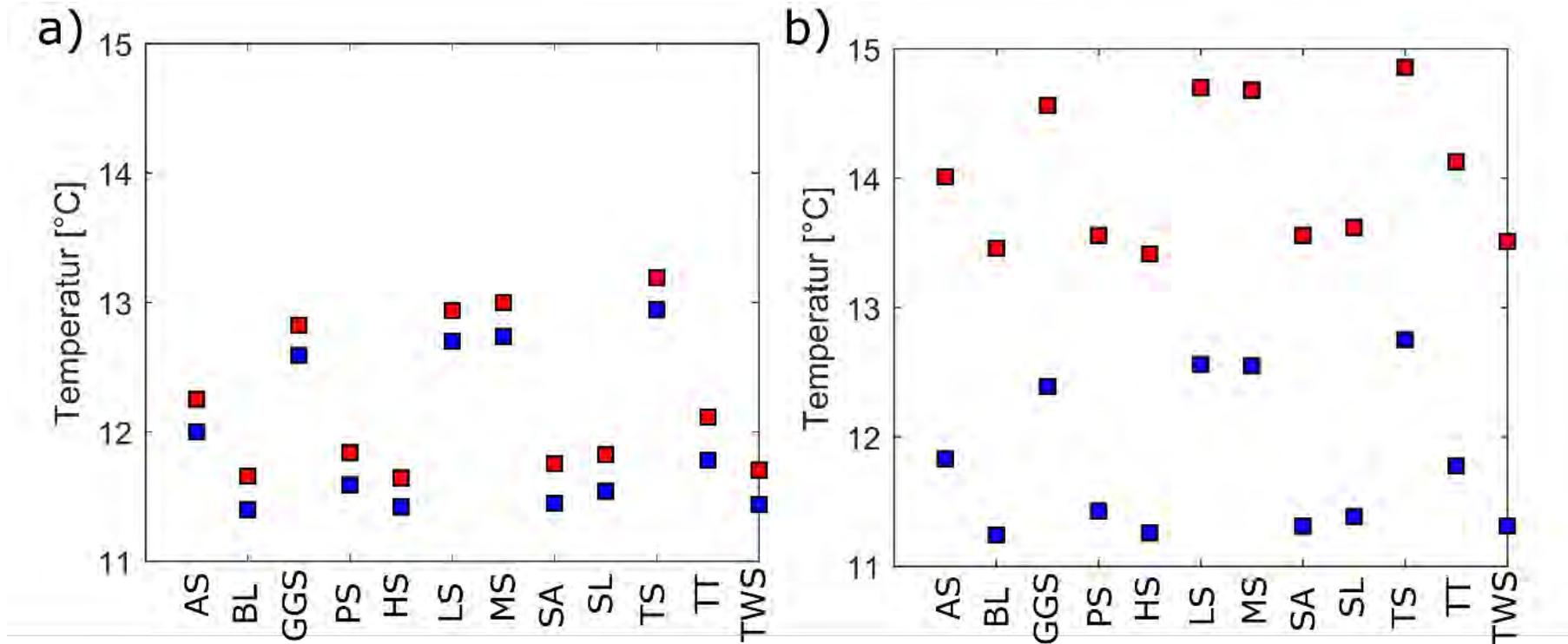


Trends gemäß DWD-Kernensemble

Prognose

- Temperatur steigt in allen Szenarien
 - RCP2.6: 0.05°C/Dekade
 - RCP8.5: 0.50°C/Dekade
- Windgeschwindigkeit ändert sich kaum
- Solarstrahlung nimmt im Sommer zu, in allen anderen Monaten ab.
- Niederschlag nimmt meistens leicht zu, im Sommer jedoch ab.

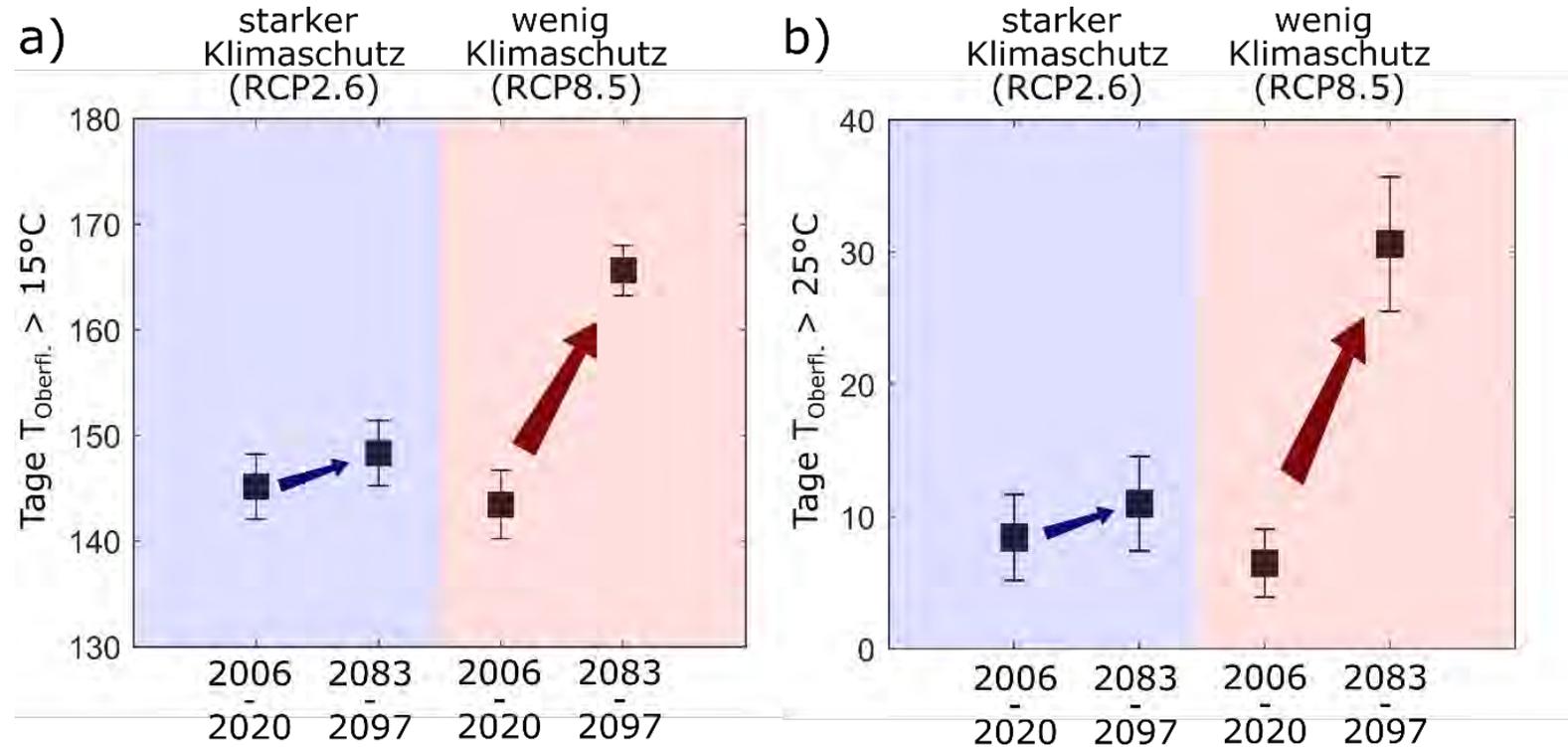
Temperaturen



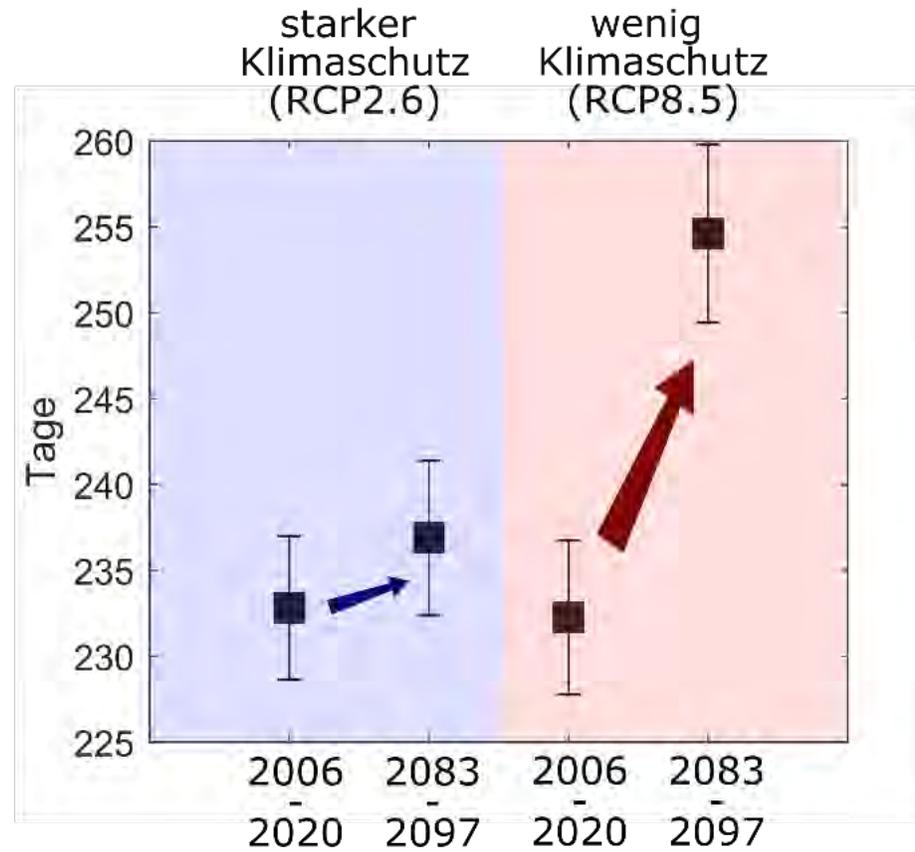
RCP 2.6
(starker Klimaschutz)

RCP 5
(wenig Klimaschutz)

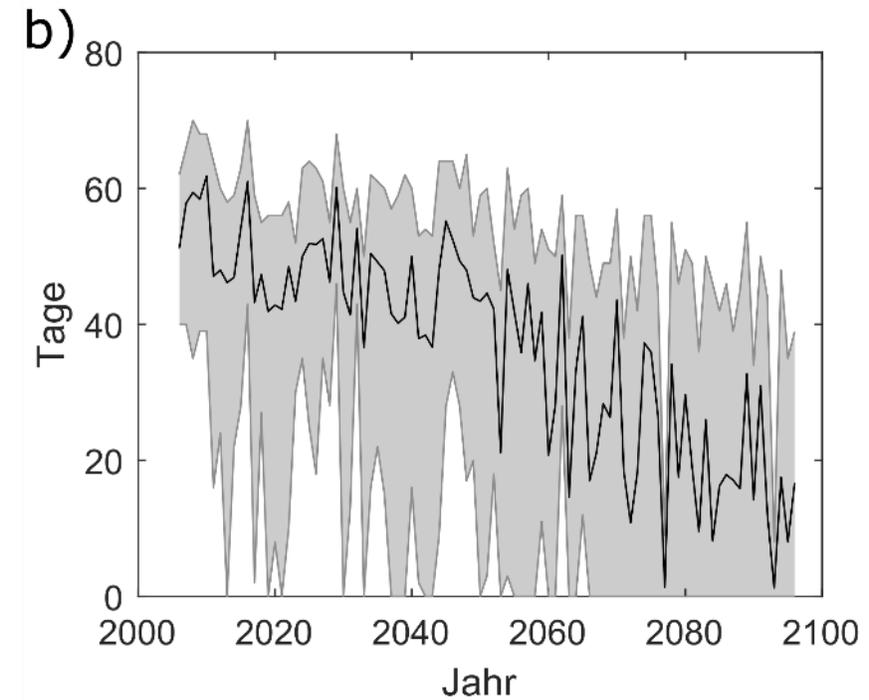
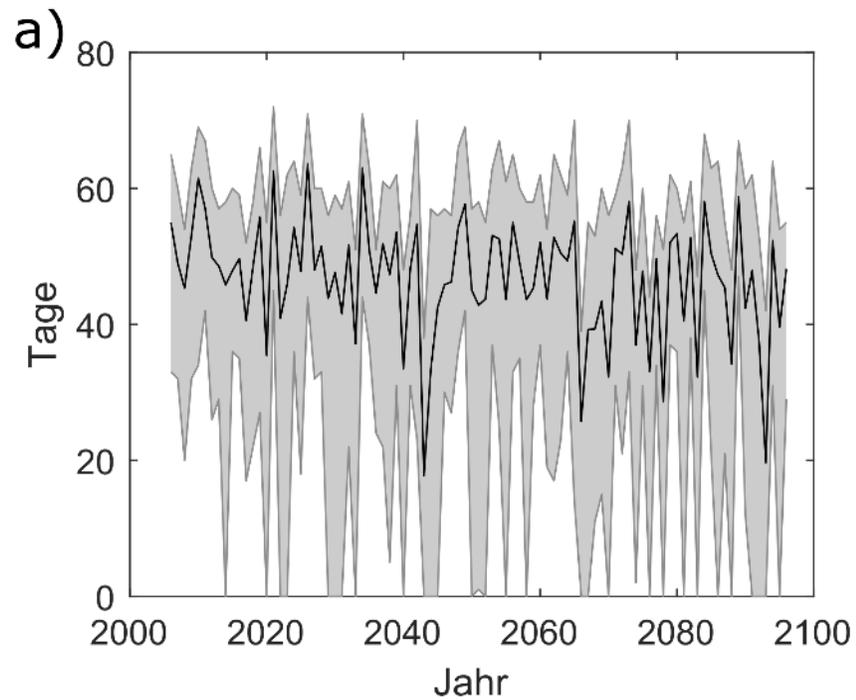
Temperaturen II



Sommerschichtung



Winterschichtung



Fazit und Ausblick

- Auf automatisierten Messdaten beruhende Modelle sind ein geeignetes Mittel um klimabedingte Änderung unserer Seen vorherzusagen.
- Im pessimistischsten Klimaszenario sind ca. 2°C höhere Oberflächentemperaturen, mehr als drei Wochen verlängerte Sommerschichtung und häufig ein Regimeshift von einem dimiktischen zu einem monomiktischen Seetyp vorhergesagt.
- Zum besseren Verständnis des Ökosystems sollte neben der Seenphysik auch biologische und chemische Prozesse modelliert werden.
- Hierzu wäre eine Fortführung des Monitorings unter Einbeziehung zusätzlicher Daten (Chlorophyll, Nährstoffe) hilfreich.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Robert Schwefel

+49 30 64181-678

robert.schwefel@igb-berlin.de

www.igb-berlin.de

