

# Monitoring von Gewässerinhaltsstoffen in Seen mit Hinblick auf die behördliche Nutzung

Katja Dörnhöfer & Natascha Oppelt

**C | A | U**

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Mathematisch-  
Naturwissenschaftliche Fakultät

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages





# LakeSat leitet Gewässerparameter ab

## LakeSat

C | A | U

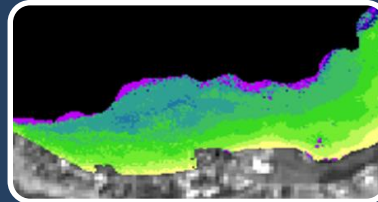
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel



Technische Universität München



Wasserinhalts-  
-stoffe



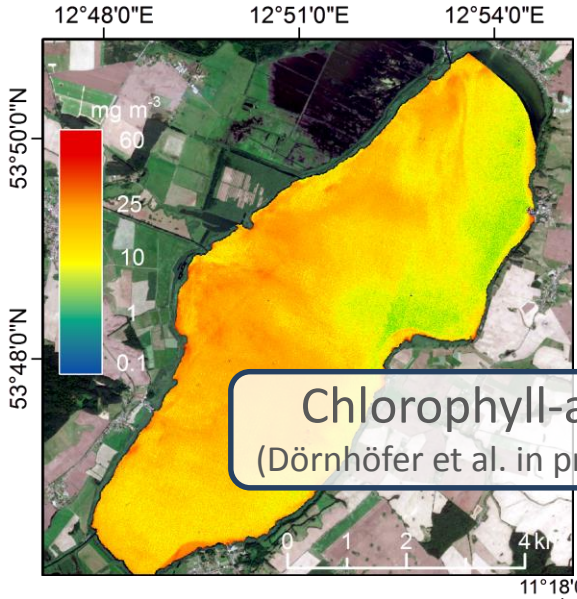
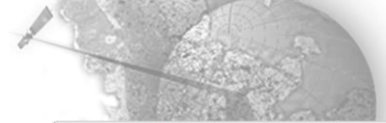
Bathymetrie



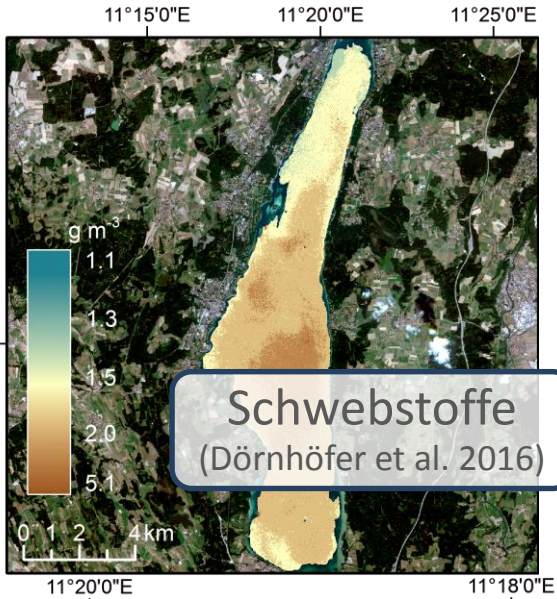
Makrophyten

- Physikalisch basierte bio-optisches Modelle:  
Gege 2014, Dörnhöfer et al. 2016, Dörnhöfer et al. in prep
- Empirisches Makrophyten-Reflexions-Wachstumsmodell: Fritz et al. in prep

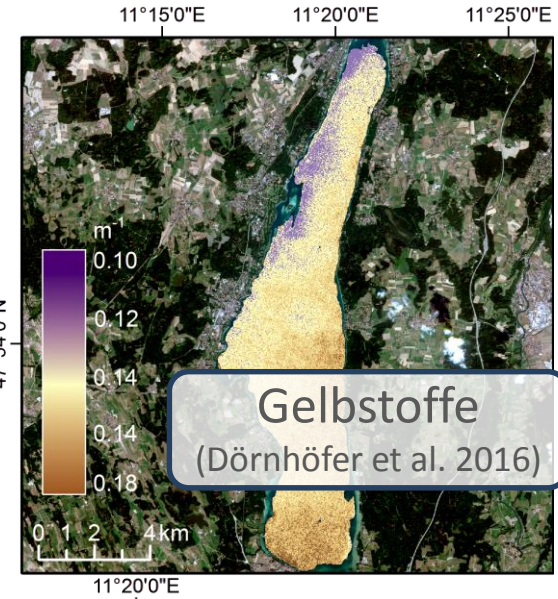
# Gewässerparameter aus Sentinel-2A



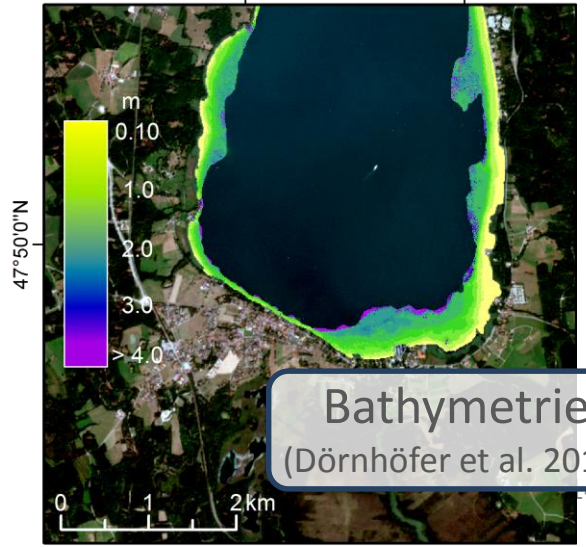
**Chlorophyll-a**  
(Dörnhöfer et al. in prep)



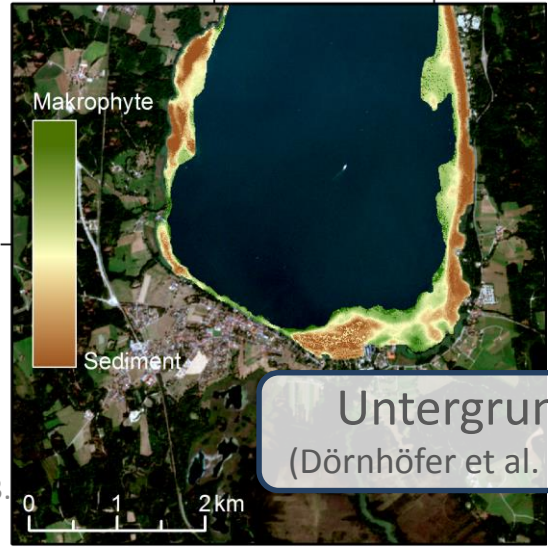
**Schwebstoffe**  
(Dörnhöfer et al. 2016)



**Gelbstoffe**  
(Dörnhöfer et al. 2016)

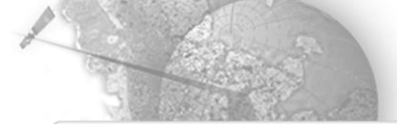


**Bathymetrie**  
(Dörnhöfer et al. 2016)

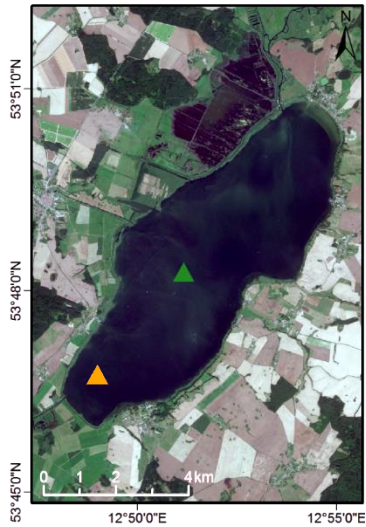


**Untergrund**  
(Dörnhöfer et al. 2016)

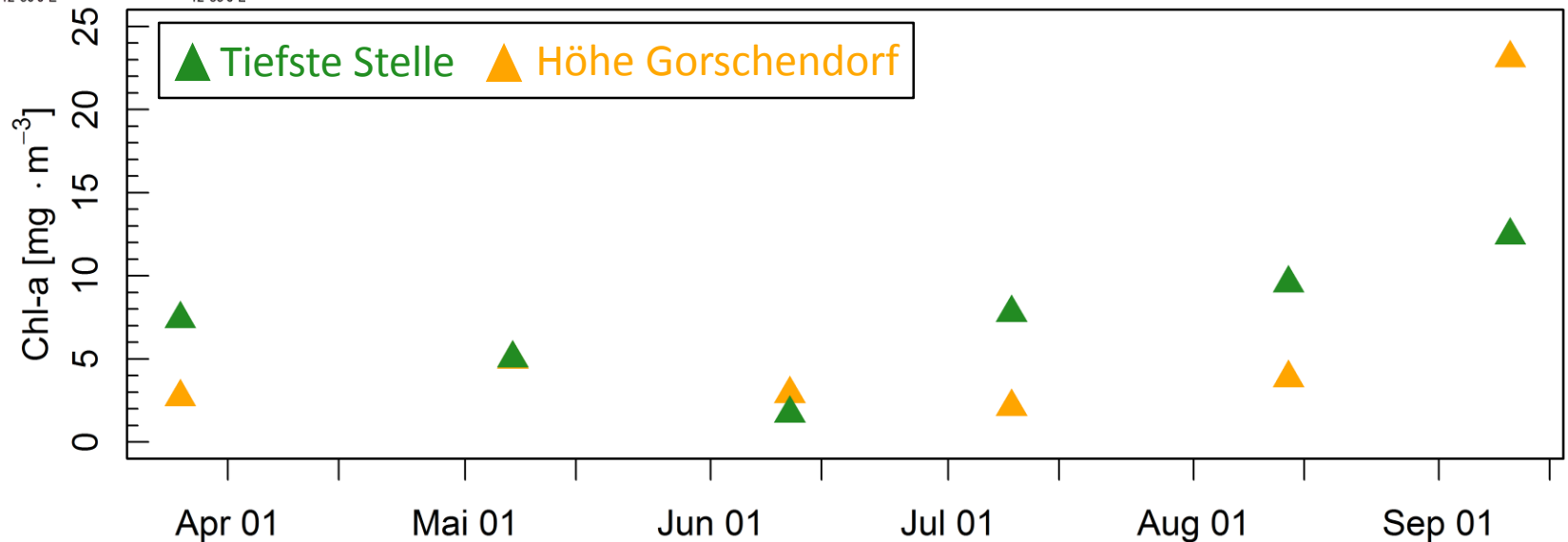


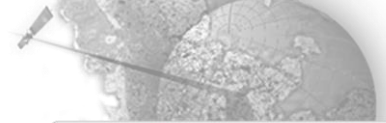


# Chl-a in der behördlichen Nutzung



Chl-a Konzentrationen am Kummerower See 2015 aus dem Seenprogramm Mecklenburg-Vorpommern (LU-MV 2015)





# Chl-a in der behördlichen Nutzung

## Giftige Algenpest im Kummerower See

GRAVELOTTE · 04.08.2015

Einem Chemie-Cocktail glich das Wasser des Kummerower Sees im vergangenen Jahr. Und jetzt geht es wieder los. Seitdem es heiß und windstill ist, bilden sich erneut giftgrüne Algenklumpen. Wie gefährlich ist das?



1 von 2 nächstes Bild >

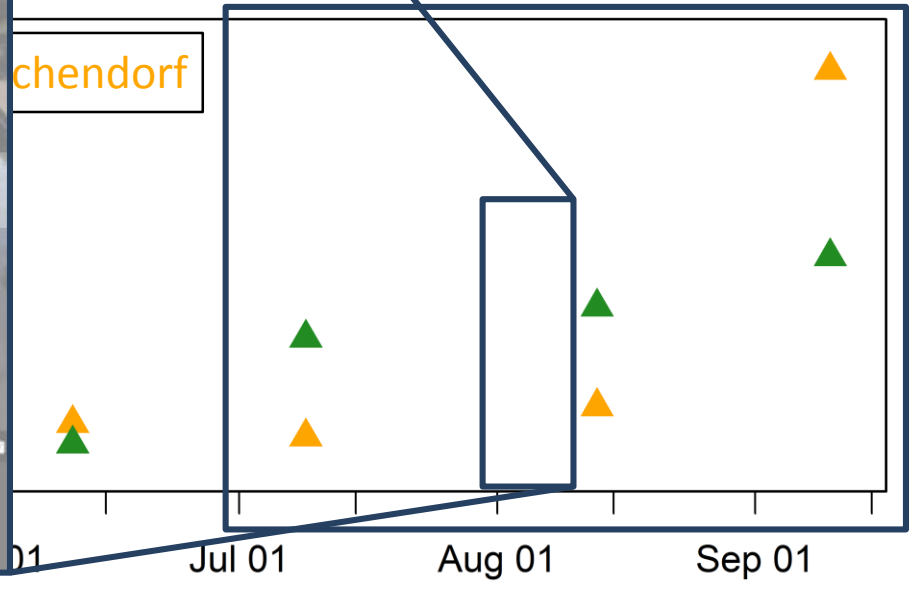


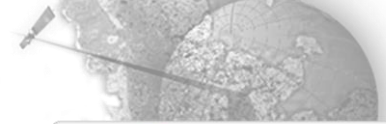
Thoralf Plath

Giftgrüne Schlieren im Gravelotter Hafen: Zwei Tage Hitze und Windstille reichten, um am Kummerower See die Algenblüte anzuheizen.

Nordkurier, 4.8.2015

Algen am Kummerower See 2015 aus Mecklenburg-Vorpommern (LU-MV 2015)





# Datengrundlage

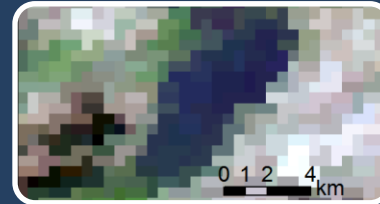
- Zeitraum: 1. Juli – 3. Oktober 2015
- Chl-a aus MIP-Satellitenprodukten (EOMAP GmbH)



4 x Landsat 8  
4 x Landsat 7



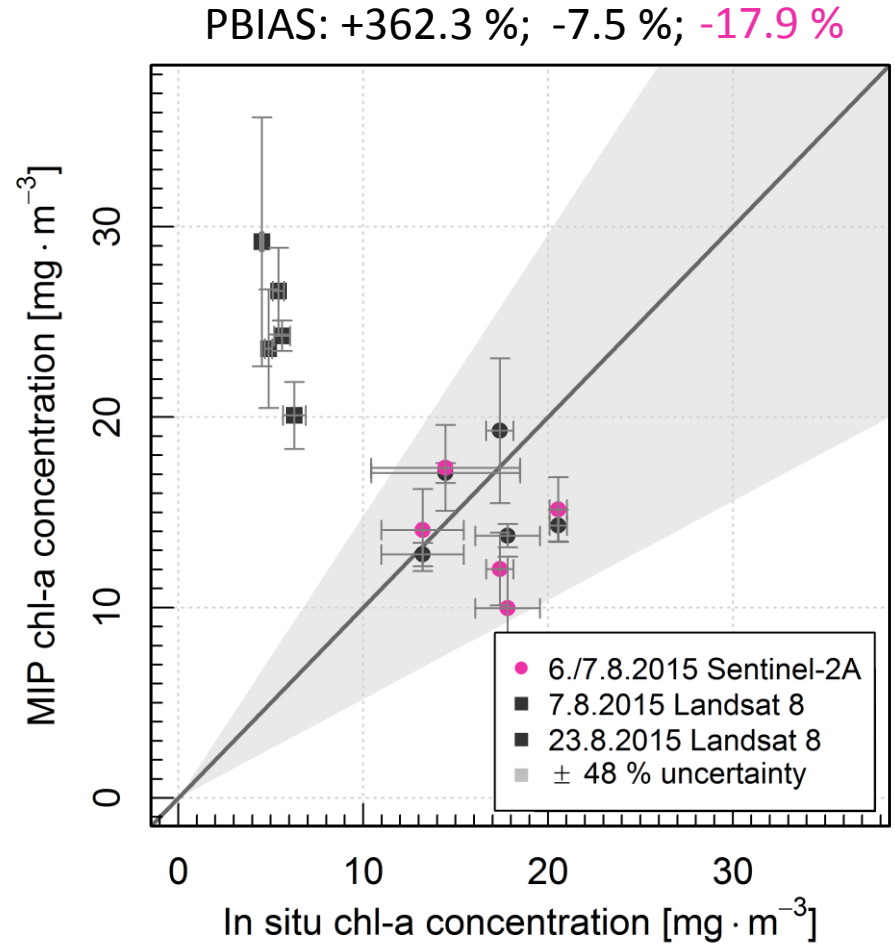
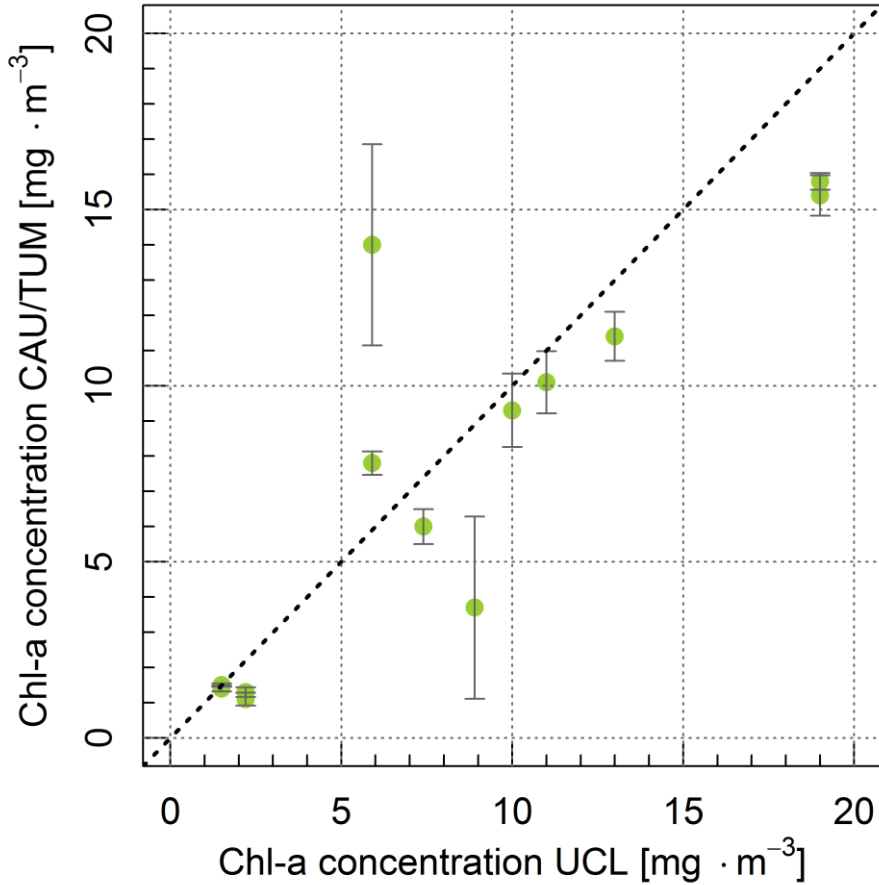
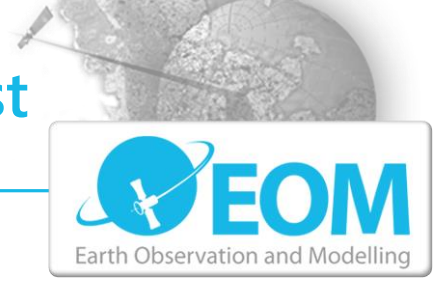
1 x Sentinel-2A



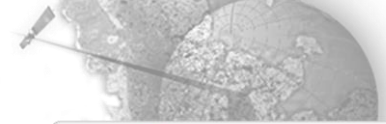
19 x MODIS-TE  
17 x MODIS-AQ

- Chl-a aus Wasserproben:
  - Photometrische Bestimmung nach DIN 38412-L16
  - 3 Messtermine an 2 Stellen (LU-MV)
  - 10 Messtermine an 1-5 Stellen mit 3 Parallelen (CAU/TUM)
  - 3 Messtermine an 4 Stellen in unabhängigem Labor (UCL)

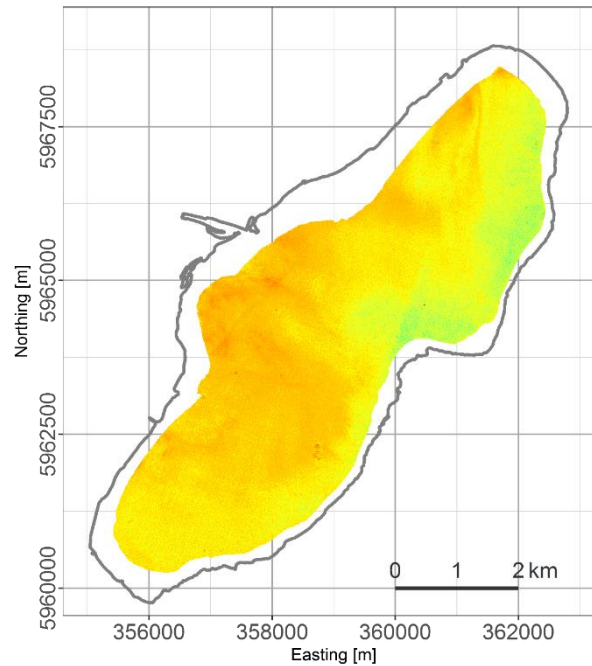
# Chl-a aus in situ Proben und Satellitendaten weist Unsicherheiten auf



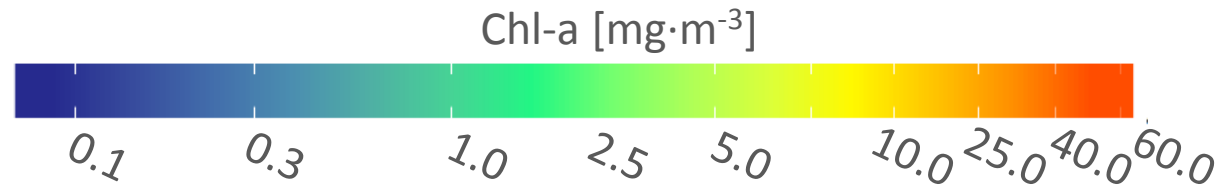
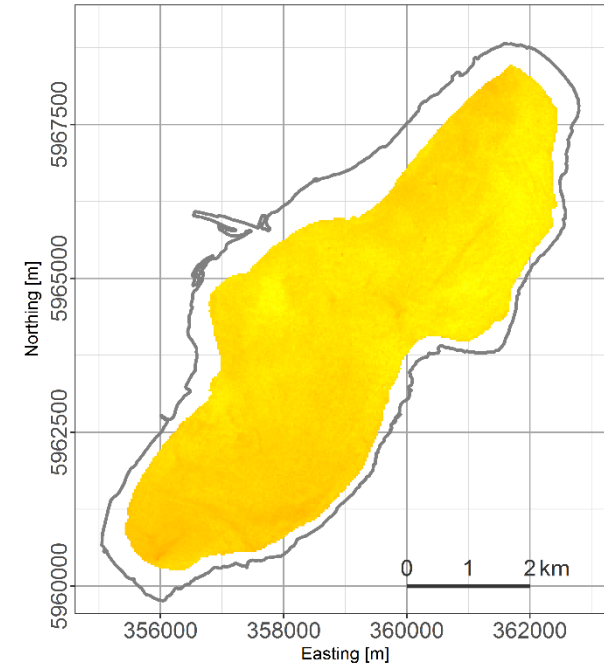
# Chl-a weist räumliche Unterschiede auf



Sentinel-2A  
6.8.2015



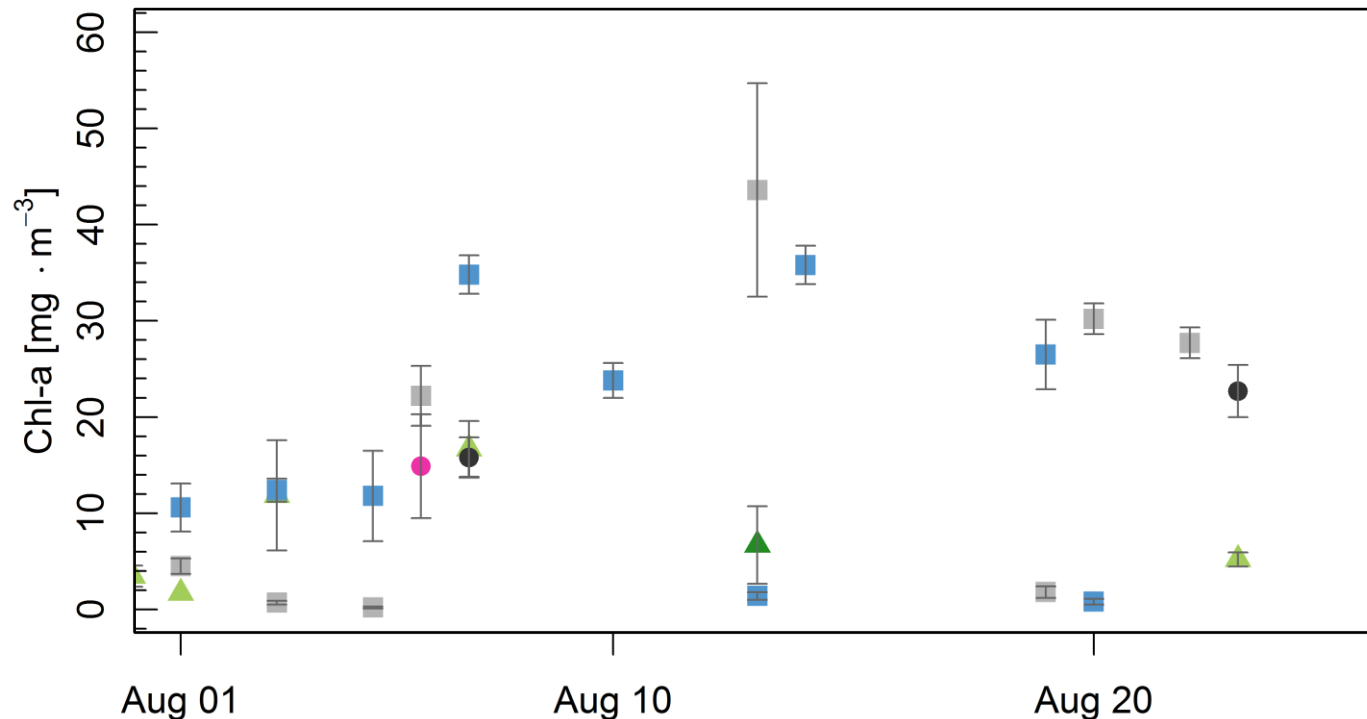
Landsat 8  
7.8.2015





# Synergetische Datennutzung detektiert Algenblüte

August 2015



In situ

- ▲ LU-MV
- ▲ CAU/TUM

Satelliten ≤ 30 m

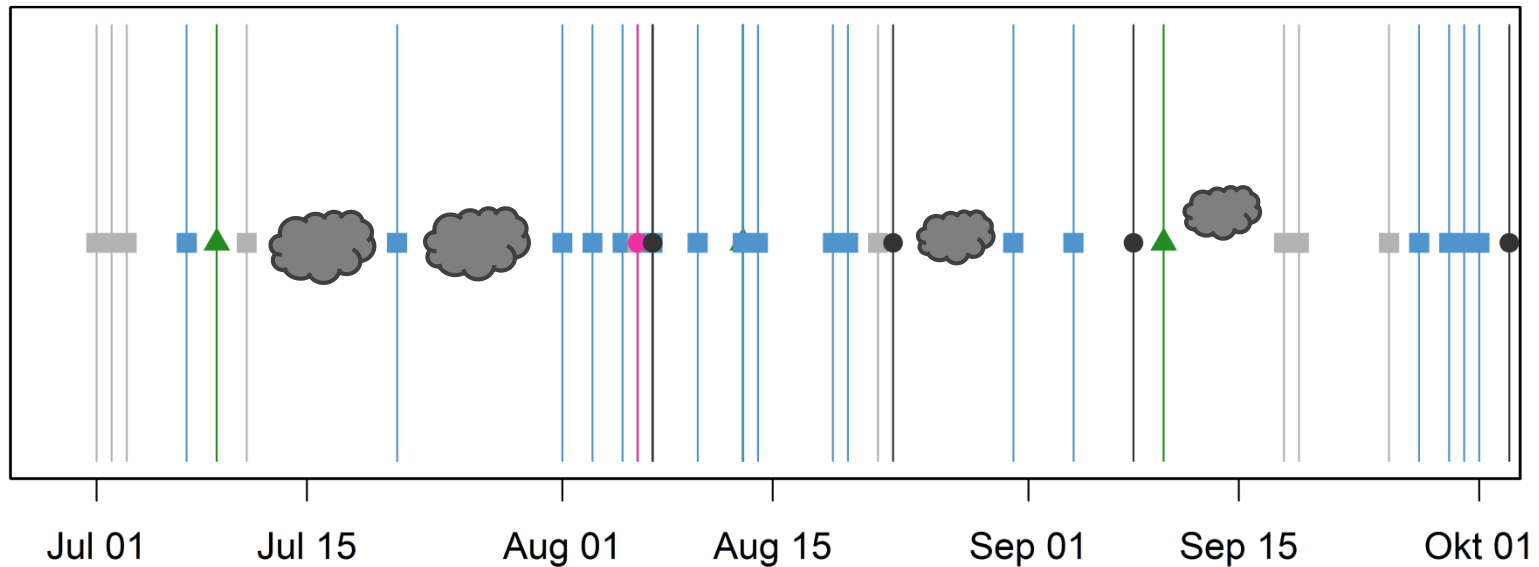
- Landsat 8
- Sentinel-2A

Satelliten = 500 m

- MODIS-TE
- MODIS-AQ

# Synergetische Datennutzung ergibt eine vollständige Zeitreihe

Sommer 2015



In situ

▲ LU-MV

Satelliten  $\leq 30$  m

● Landsat 8

● Sentinel-2A



Sentinel-2B

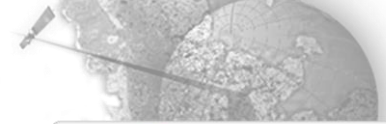
Satelliten = 500 m

■ MODIS-TE

■ MODIS-AQ



Sentinel-3



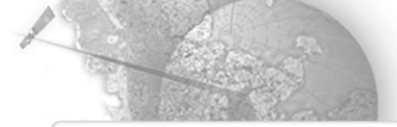
# Trophie-Status für WRRL

## Trophie-Index nach LAWA 2014

polymiktischer See mit einer  $\emptyset$  Tiefe  $\geq 3$  m

$$= (\text{Chl a-Ind} * 10 + \text{ST-Ind} * 7 + \text{GesPSais-Ind} * 5 + \text{GesPF-Ind} * 4) / 26$$

|                            |      | $\emptyset$ Chl-a<br>[mg·m <sup>-3</sup> ] | $\emptyset$ Chl-a<br>[mg·m <sup>-3</sup> ] | Chl a-Ind  | Gesamt-<br>Trophie-Index | Trophieklasse      |
|----------------------------|------|--|--|------------|--------------------------|--------------------|
| <b>LU-MV</b>               | März | 5.1  | <b>7.0</b>                                 | <b>2.2</b> | <b>2.44</b>              | <b>mesotroph 2</b> |
|                            | Mai  | 5.0  |  |            |                          |                    |
|                            | Juni | 2.3  |  |            |                          |                    |
|                            | Juli | 5.0  |  |            |                          |                    |
|                            | Aug  | 6.7  |  |            |                          |                    |
|                            | Sep  | 17.8                                       |  |            |                          |                    |
| <b>Satelliten<br/>/MIP</b> | März | 5.1 (LU-MV)                                | <b>8.6</b>                                 | <b>2.4</b> | <b>2.50</b>              | <b>mesotroph 2</b> |
|                            | Mai  | 5.0 (LU-MV)                                |  |            |                          |                    |
|                            | Juni | 2.3 (LU-MV)                                |  |            |                          |                    |
|                            | Juli | 7.3  |  |            |                          |                    |
|                            | Aug  | 16.0                                       |  |            |                          |                    |
|                            | Sep  | 15.9                                       |  |            |                          |                    |

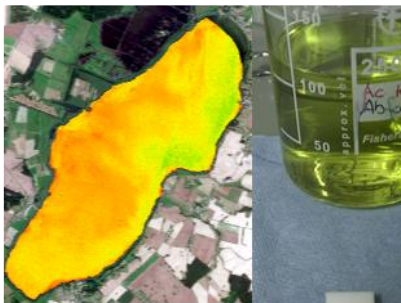


# Résumé



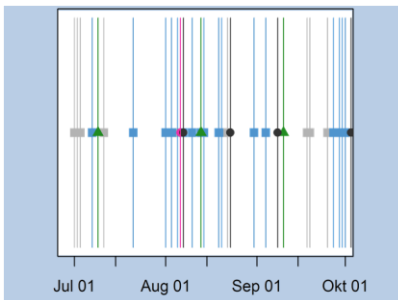
## In situ Datengrundlage

- Harmonisierung der Datenaufnahme
- Dauerhaftes Messnetz in Referenzseen



## Vergleich unsicherer Daten

- Satellitendaten beinhalten Fehler
- In situ Daten beinhalten Fehler



## Sensorfusion

- Synergetische Datennutzung
- Sentinel-2A/B, Sentinel-3 + Landsat 8



# Quellennachweis

---

Dörnhöfer K, Göritz A, Gege P, Pflug B, Oppelt N (2016) Water Constituents and Water Depth Retrieval from Sentinel-2A—A First Evaluation in an Oligotrophic Lake. *Remote Sensing* 8(11):941. doi: 10.3390/rs8110941

Dörnhöfer, K.; Oppelt, N. (2016): Remote sensing for lake research and monitoring - recent advances. *Ecological Indicators* 64, pp.105-122.

Dörnhöfer K, Klinger P, Heege T, Oppelt N (in prep) Multi-sensor satellite monitoring of phytoplankton development at Lake Kummerow, Germany.

Fritz C, Schneider T, Geist J (in prep) Seasonal variations in spectral response of submerged aquatic macrophytes: A case study at Lake Starnberg (Germany).

Fritz C, Dörnhöfer K, Schneider T, Geist J, Oppelt N (in prep) Mapping submerged aquatic vegetation using RapidEye satellite data: the example of Lake Kummerow (Germany).

Gege, P. (2014): WASI-2D: A software tool for regionally optimized analysis of imaging spectrometer data from deep and shallow waters. *Computers & Geosciences* 62, 208–215.