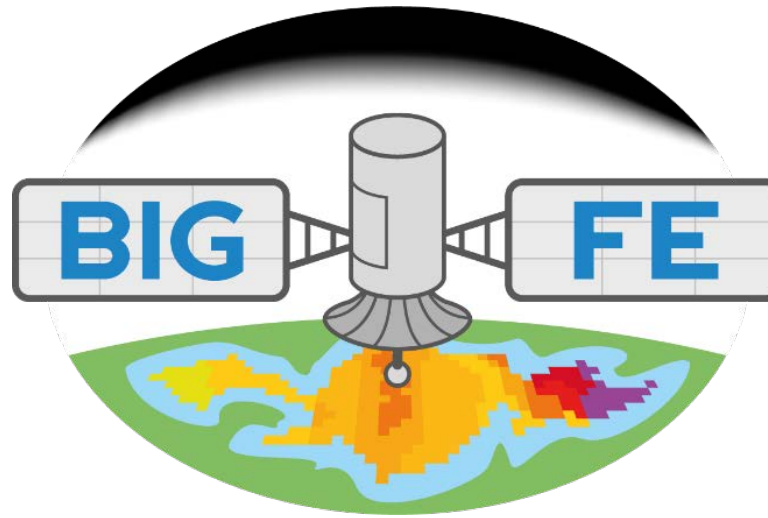




Erfassung der Wasserqualität und Wasserflächenausdehnung von **Binnengewässern** durch **Fernerkundung**



Prof. Dr. Karsten Rinke
Dr. Susanne Schmidt
Tanja Schröder
Dr. Kurt Friese
Dr. Désirée Dietrich



Pia Laue
Werner Blohm



Dr. Thomas Wolf
Dr. Bernd Wahl

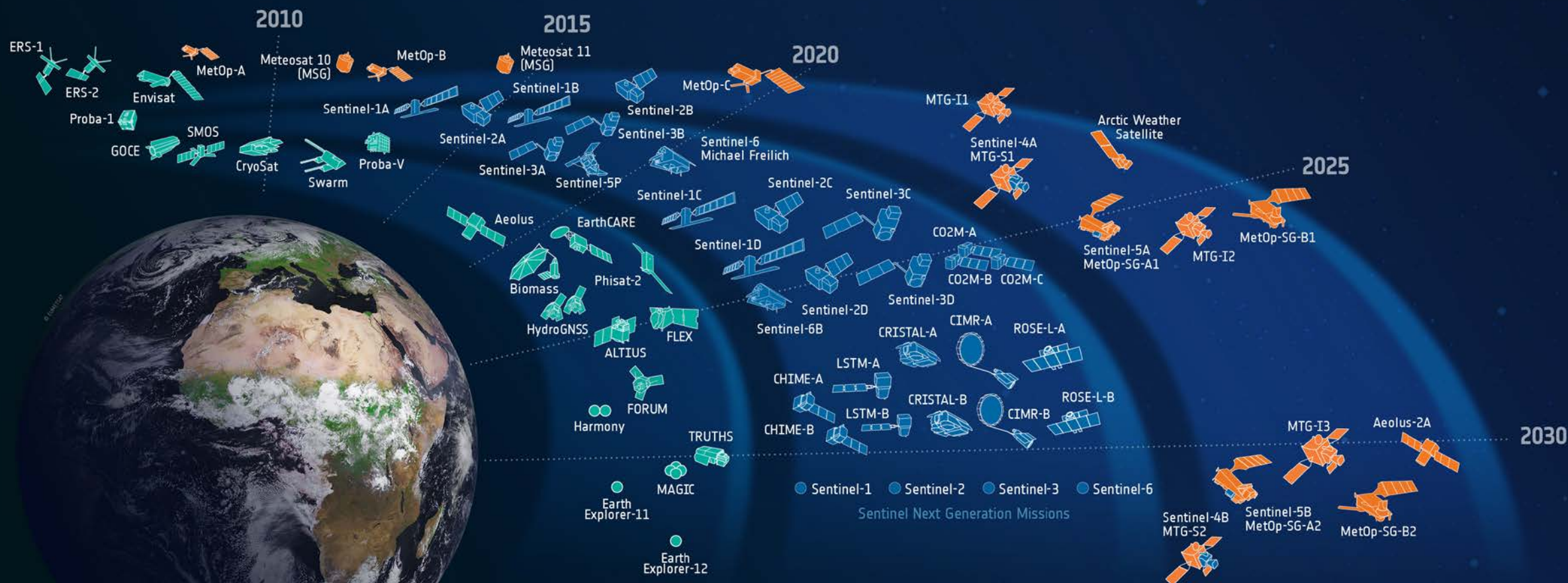
LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Achim Six
Sebastian Goihl



ESA-DEVELOPED EARTH OBSERVATION MISSIONS



Science



Copernicus



Meteorology



Projekt-Beirat:

Prof. Dr. Natscha Oppelt (Univ. Kiel)

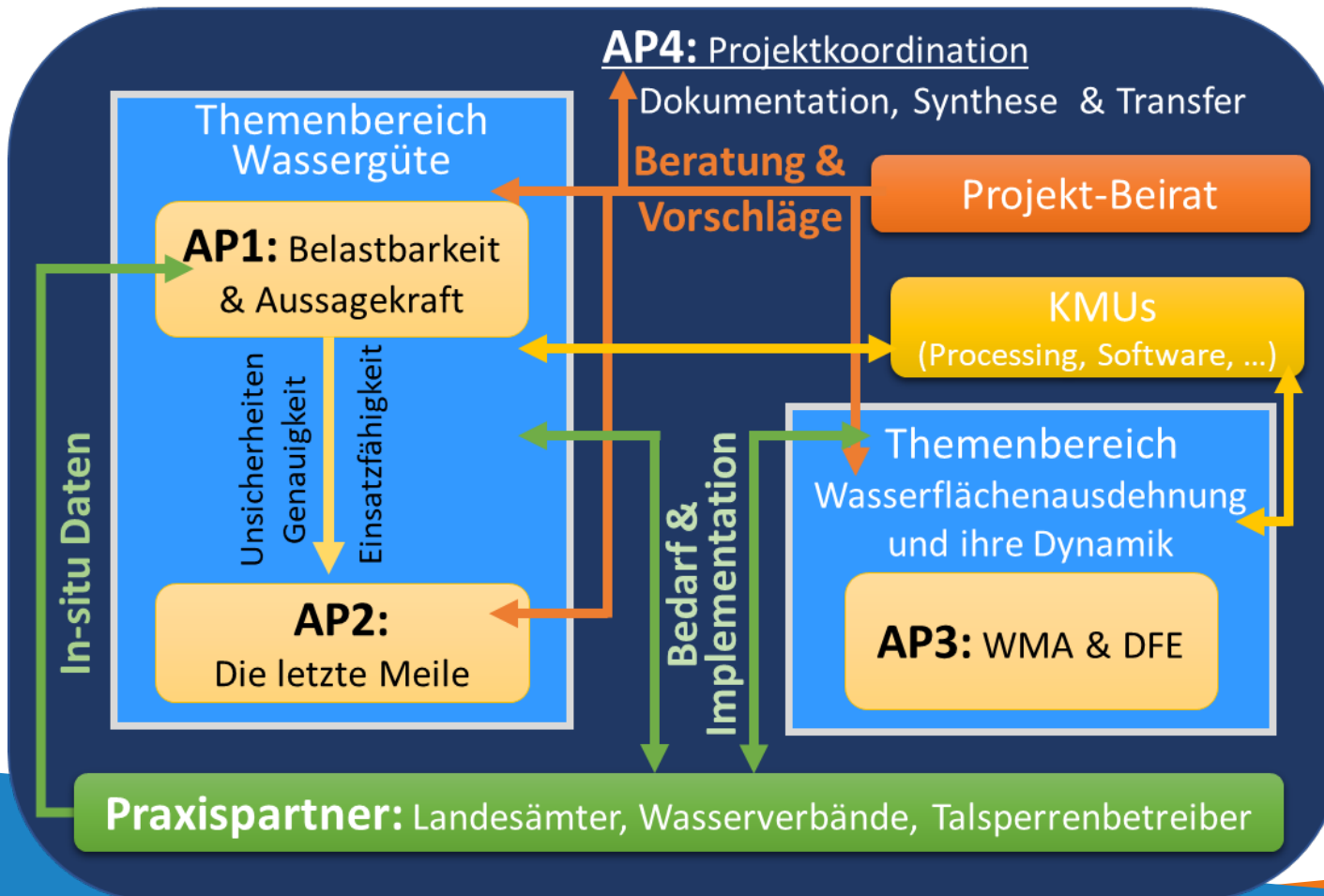
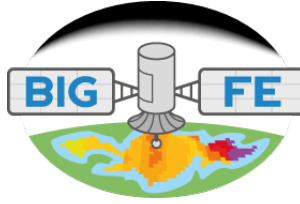
Dr. Stella Berger (IGB Berlin)

Dr. Björn Baschek (BfG Koblenz)

Dr. Matthias Rothe (UBA)

Toralf Schaarschmidt (SMEKUL)

Struktur des BIGFE-Projektes

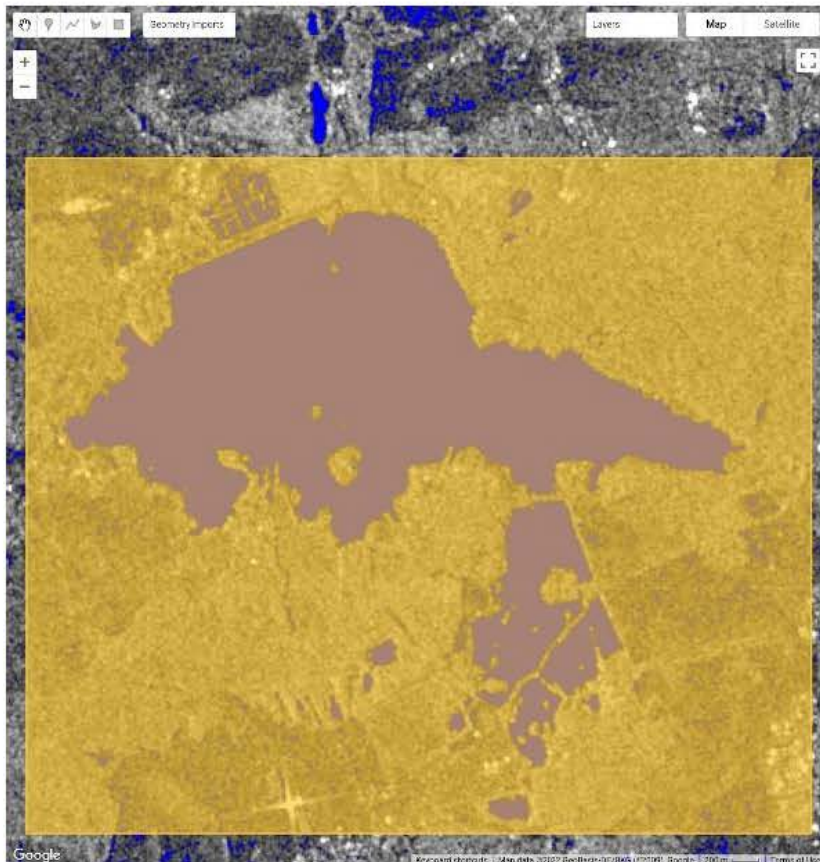
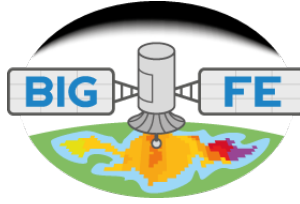


Ziele

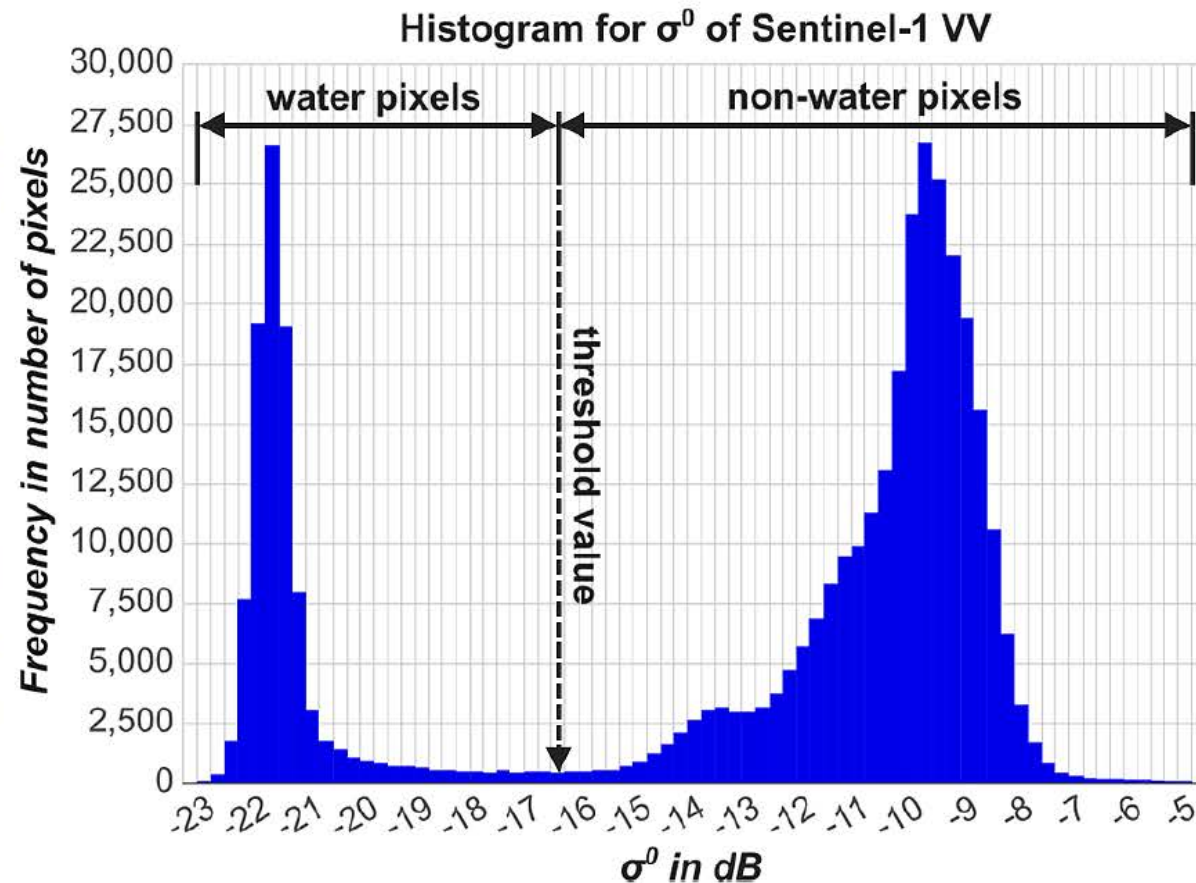
1. Solide empirische Datenbasis schaffen (in situ Monitoringdaten von > 100 Gewässern)
2. Fundierte Analyse der Messgenauigkeit und Fehlerbereiche für relevante Wassergüte-Parameter und Ableitungen von Empfehlung zum Umgang mit Satellitendaten
3. Möglichkeiten und Grenzen der Fernerkundung der Wasserqualität in der Praxis

Themenbereich Wasserausdehnung

WaterMaskAnalyser



(a)



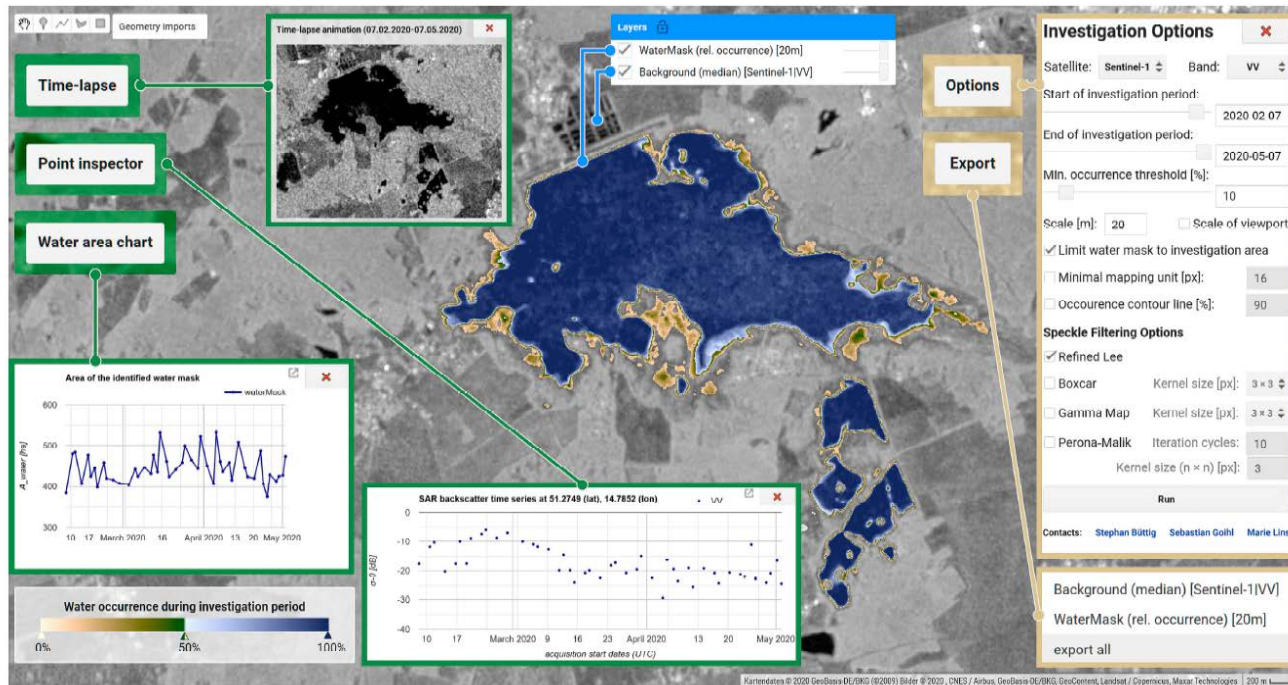
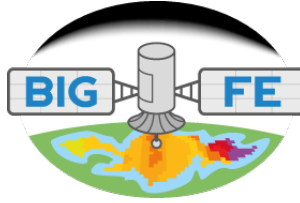
(b)

Separierung von Wasser-Pixeln und Land-Pixeln im Radar-Bereich nach Otsu (1979)

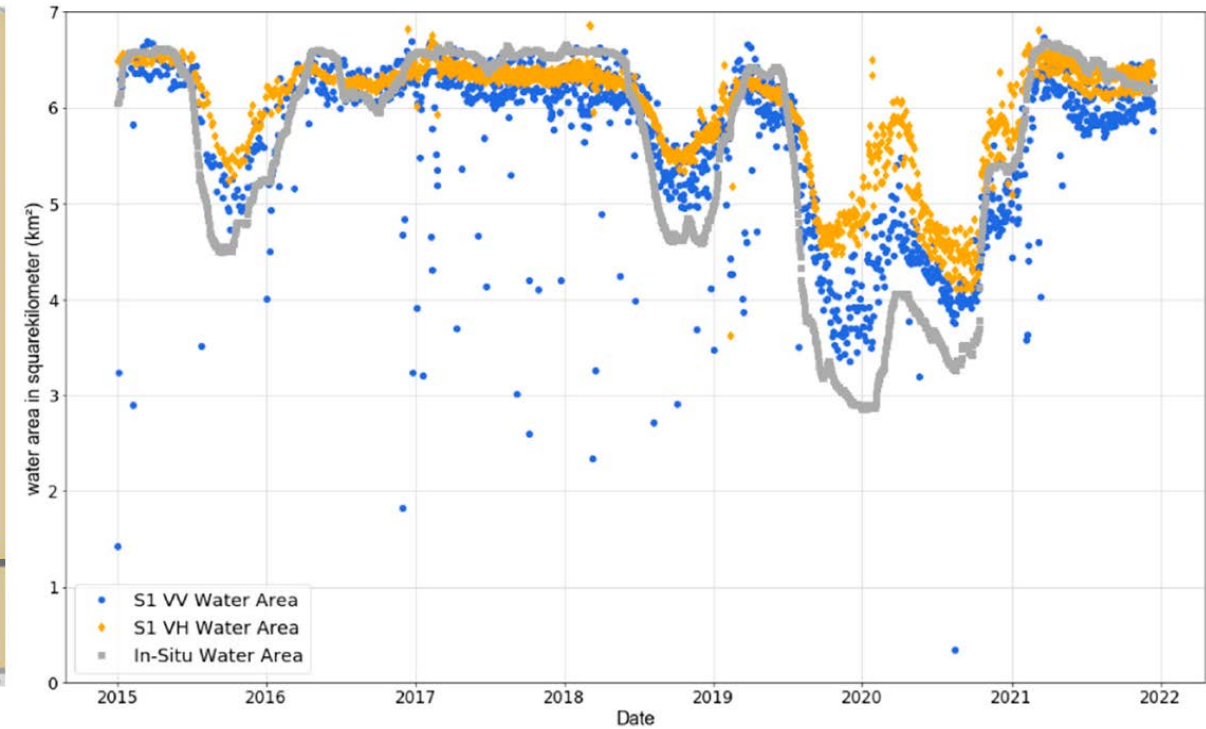
WaterMaskAnalyzer (WMA)—A User-Friendly Tool to Analyze and Visualize Temporal Dynamics of Inland Water Body Extents

Stephan Buettig ¹ , Marie Lins ² and Sebastian Goihl ^{3,*} 

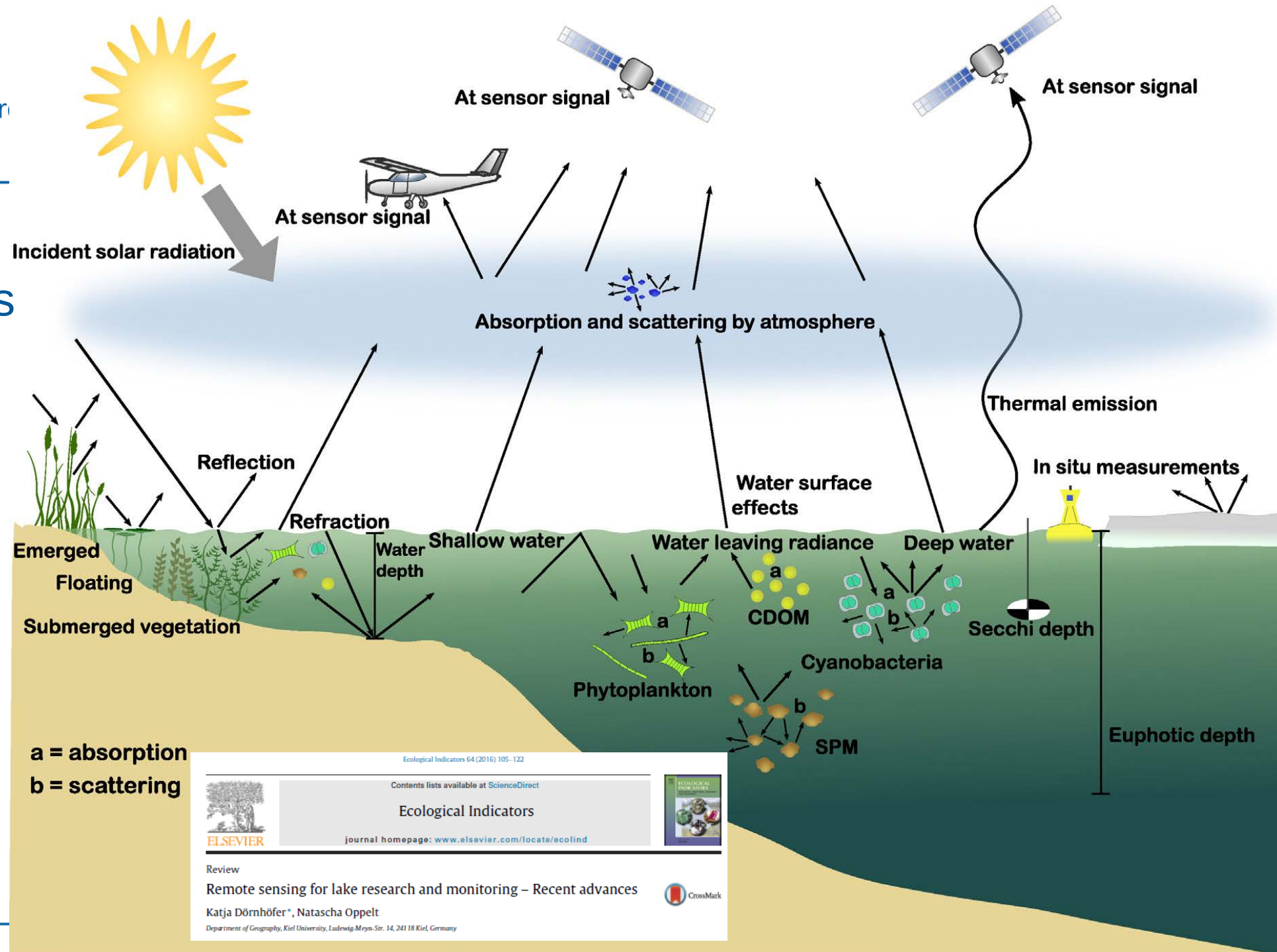
WaterMaskAnalyser



Map Viewer



Time Series Viewer



Optical interactions with atmosphere and in water

- Absorption
- Scattering
- Reflection

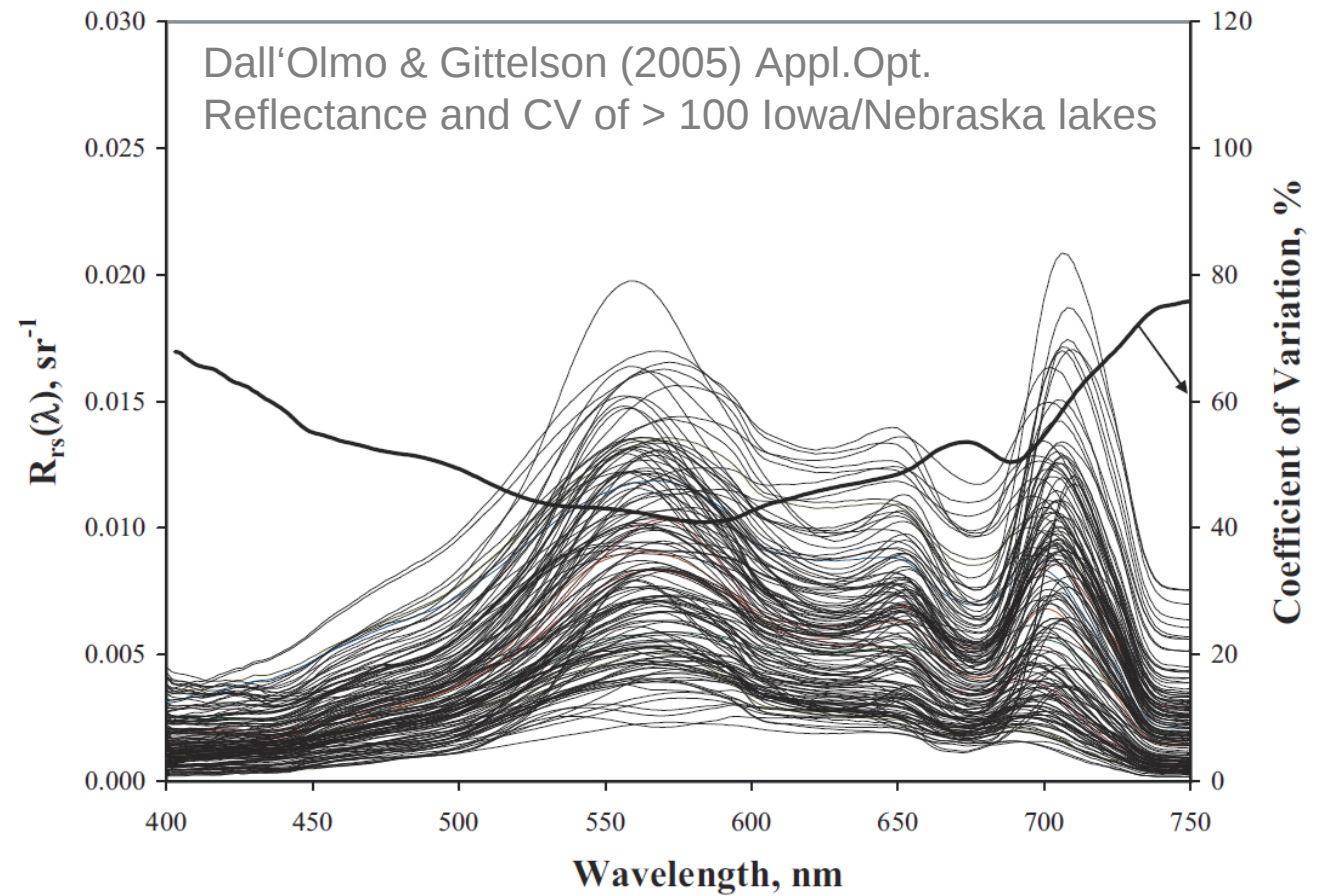
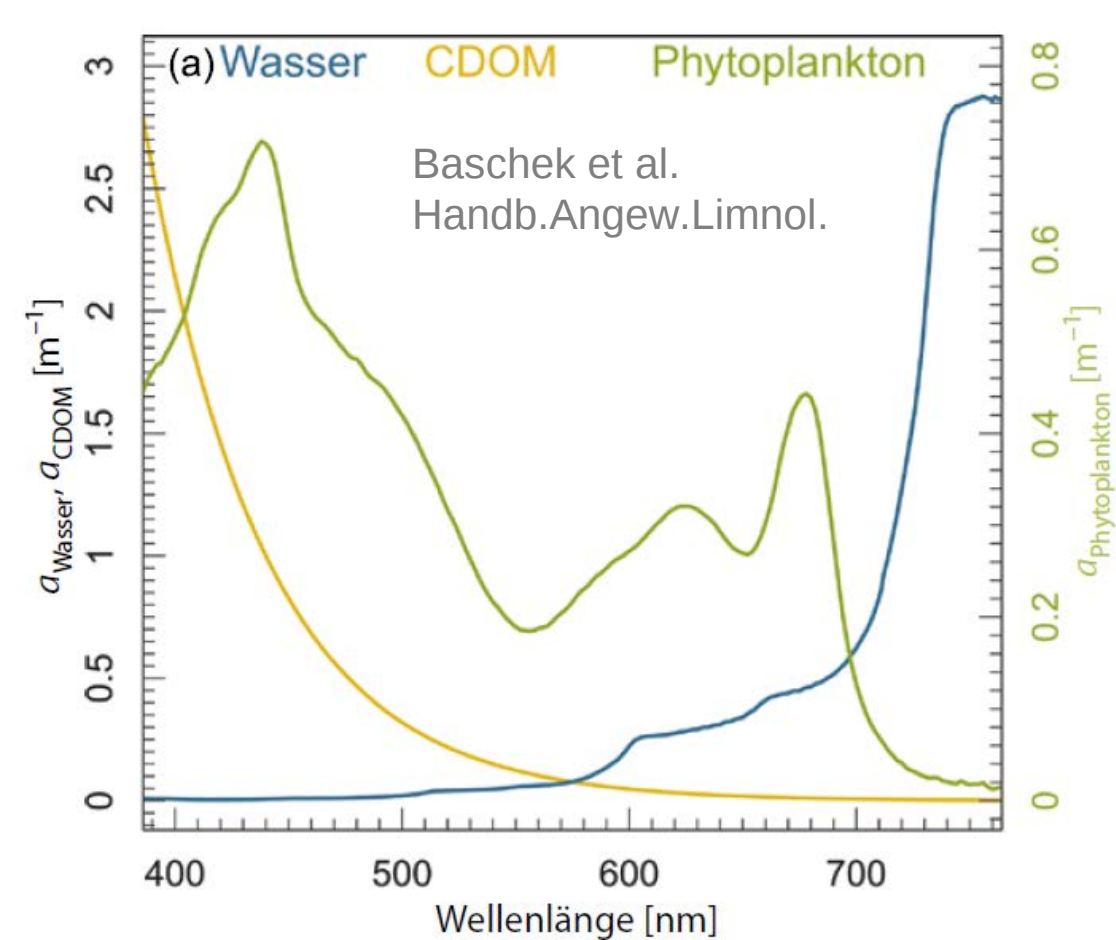
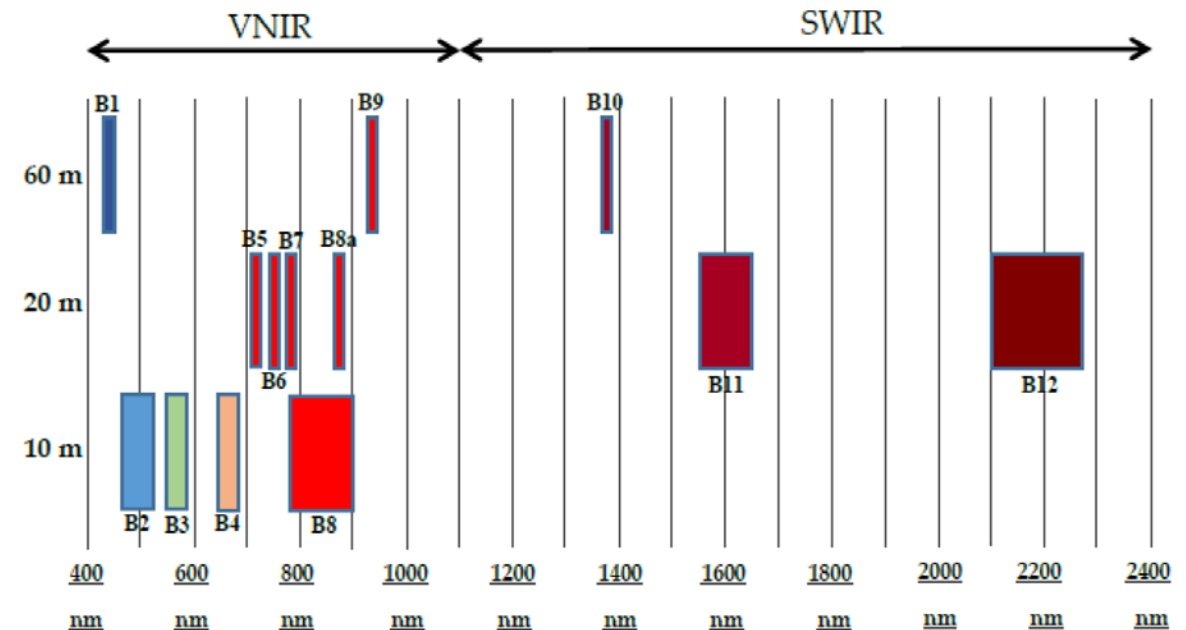
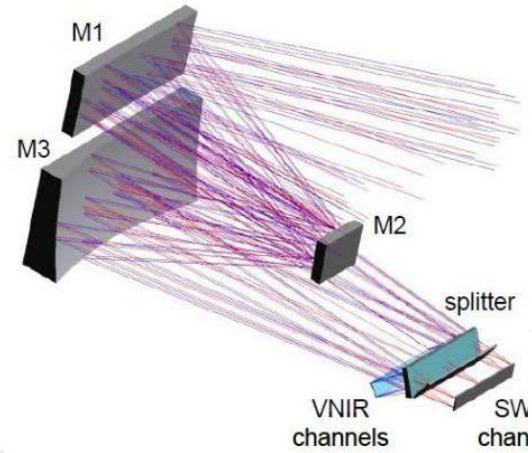
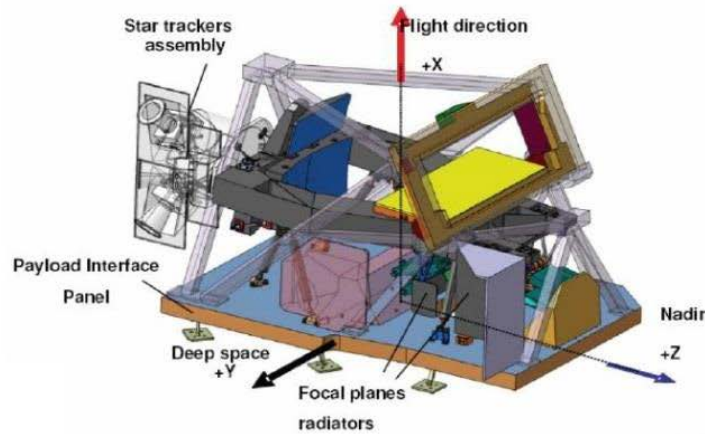


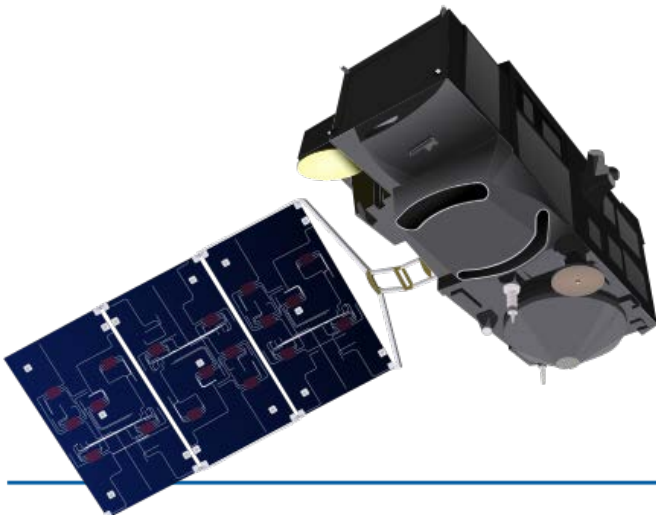
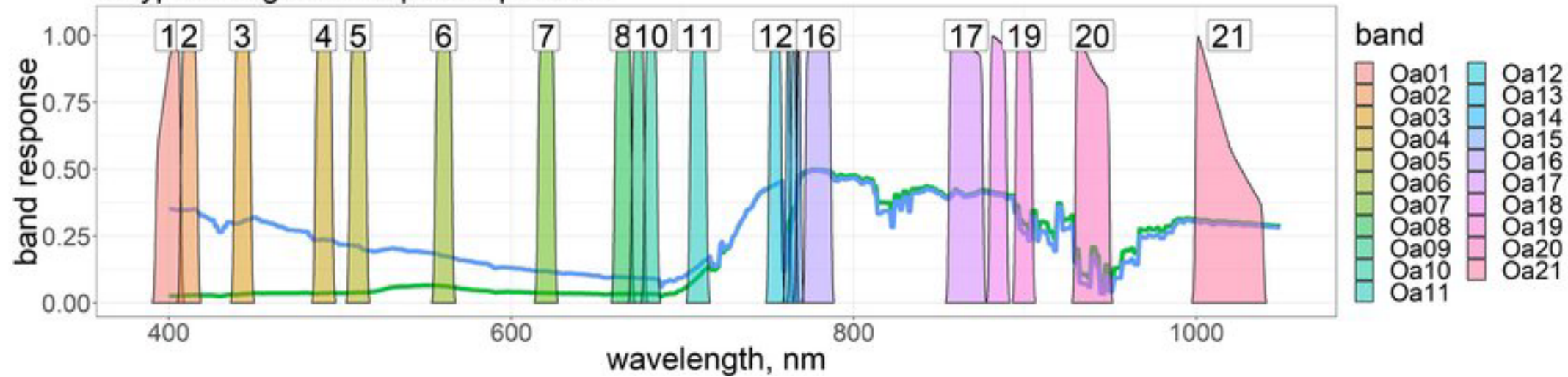
Figure 2.3. Reflectance spectra of Nebraska and Iowa lakes and reservoirs taken in 2001 and 2002. Coefficient of variation is calculated as $\text{std}/\text{average}(R)$, where std is standard deviation of reflectance, R .

MSI



(c) OLCI sensor response functions
In typical vegetation optical spectrum

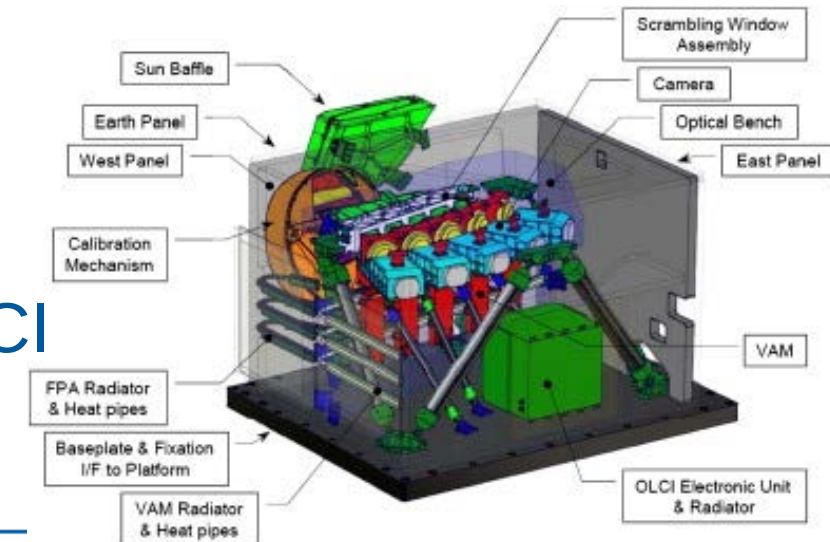
Prikazuik & van der Tol 2019



Sentinel 3

- Daily overcasts
- 300x300m

OLCI



Satellite	Number	Instrument	#Bands	Spatial resolution	Return rate
Landsat 8	Single	OLI	9	30m	~8 days
Sentinel 2a/b	Twin	MSI	12	10...60m	~5 days
Sentinel 3a/b	Twin	OLCI	21	300m	Daily

Vergleich Fernerkundung mit in-situ Daten: Drei Dimensionen des Problems

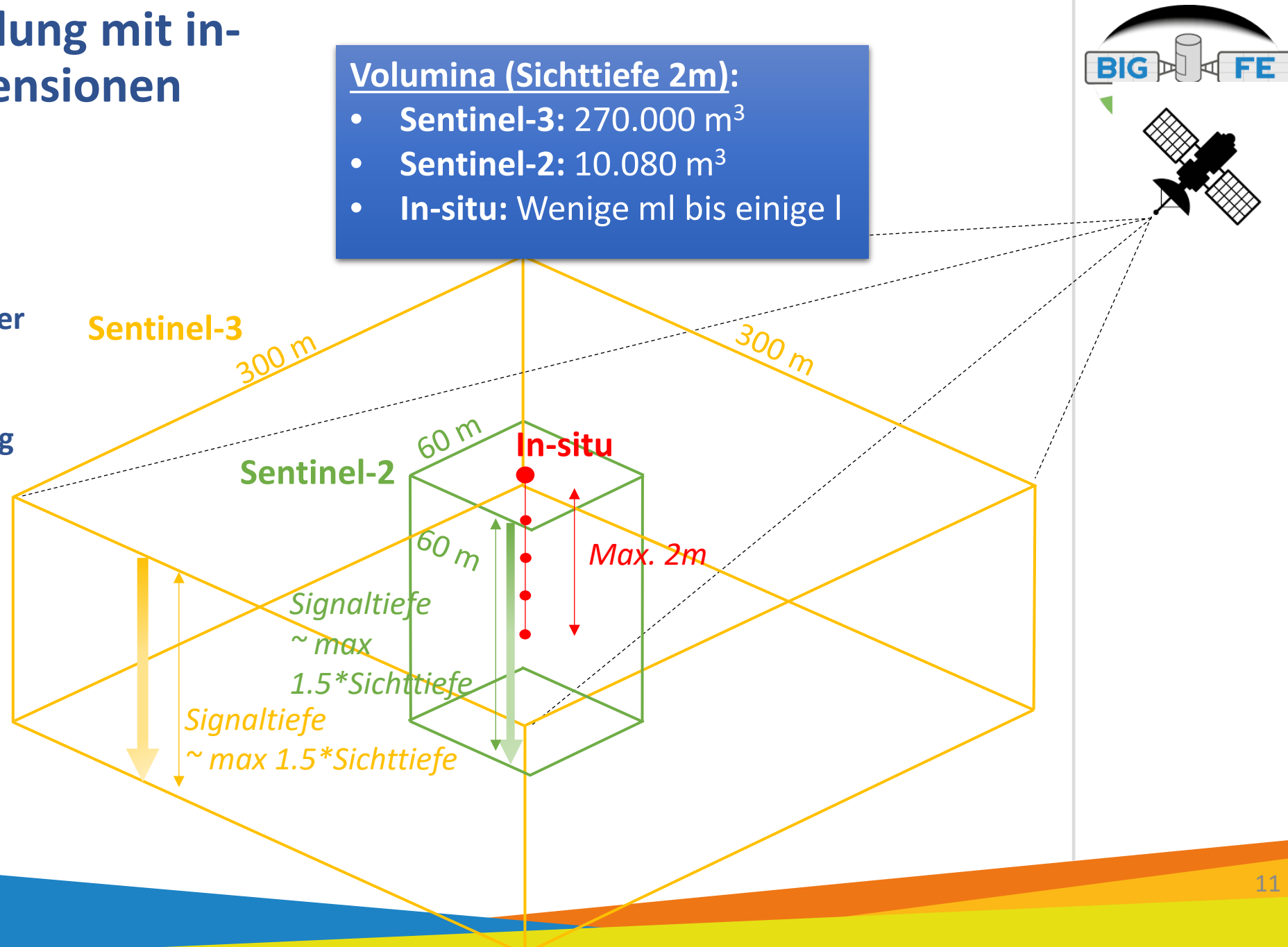
- I. Räumliche Anordnung von Satelliteninformation und Probenahmestelle (räumlicher Match)
- II. Zeitlicher Abstand zwischen Überflug und in-situ Messung (zeitlicher Match)
- III. Unterschiedliche Prozessierungsverfahren verfügbar

Weitere Herausforderungen:

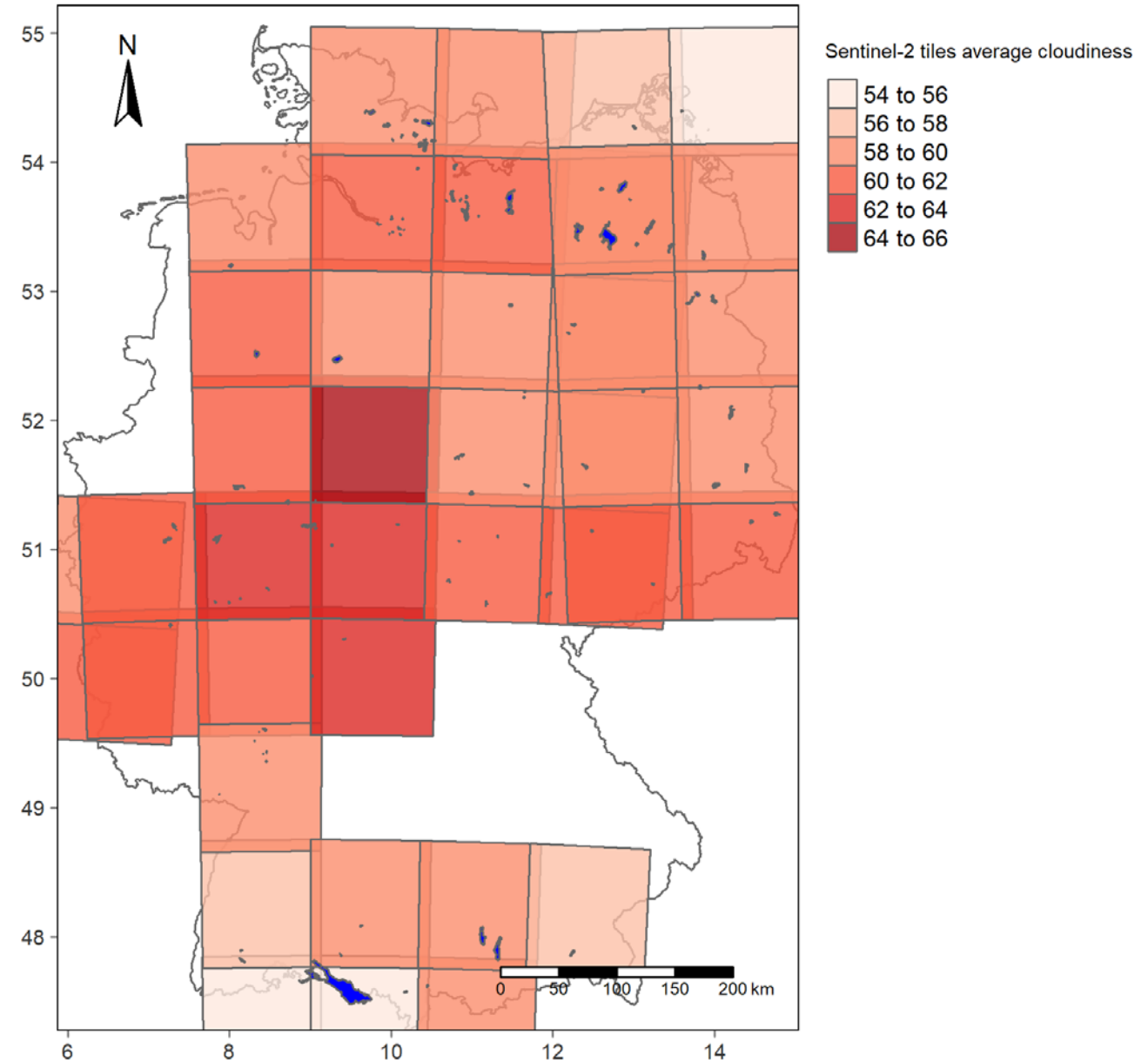
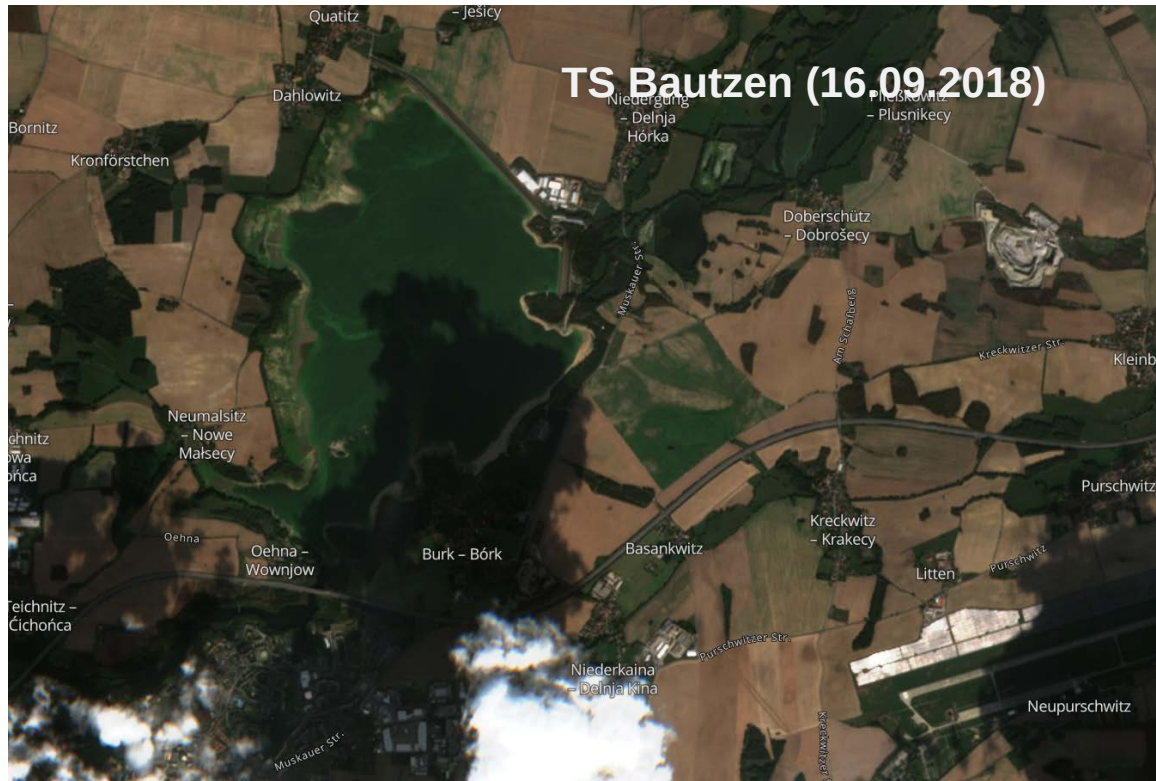
- Wolken
- Flachwasserzonen
- ...

Volumina (Sichttiefe 2m):

- Sentinel-3: 270.000 m³
- Sentinel-2: 10.080 m³
- In-situ: Wenige ml bis einige l



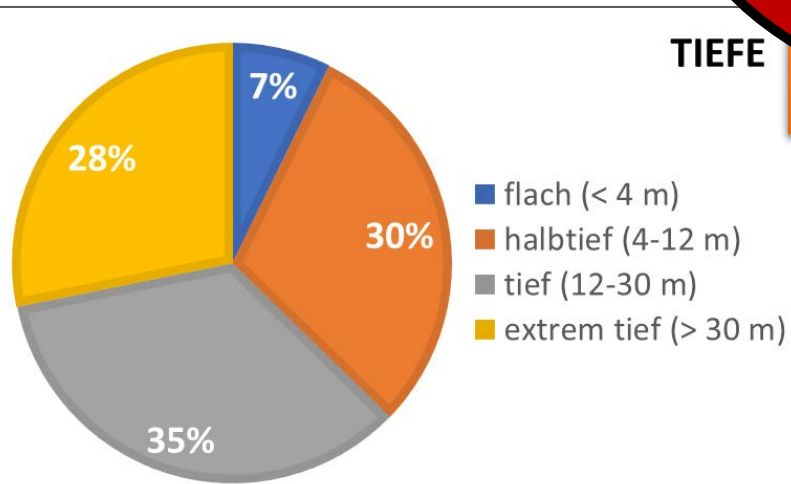
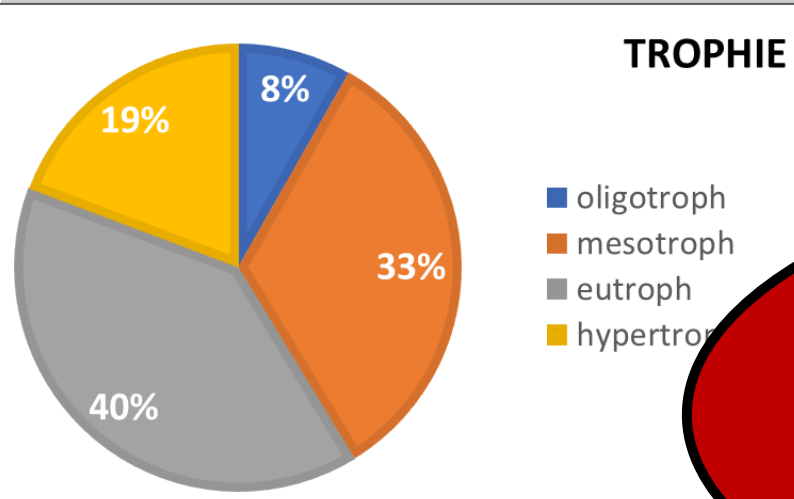
Feind Nr. 1: Wolken



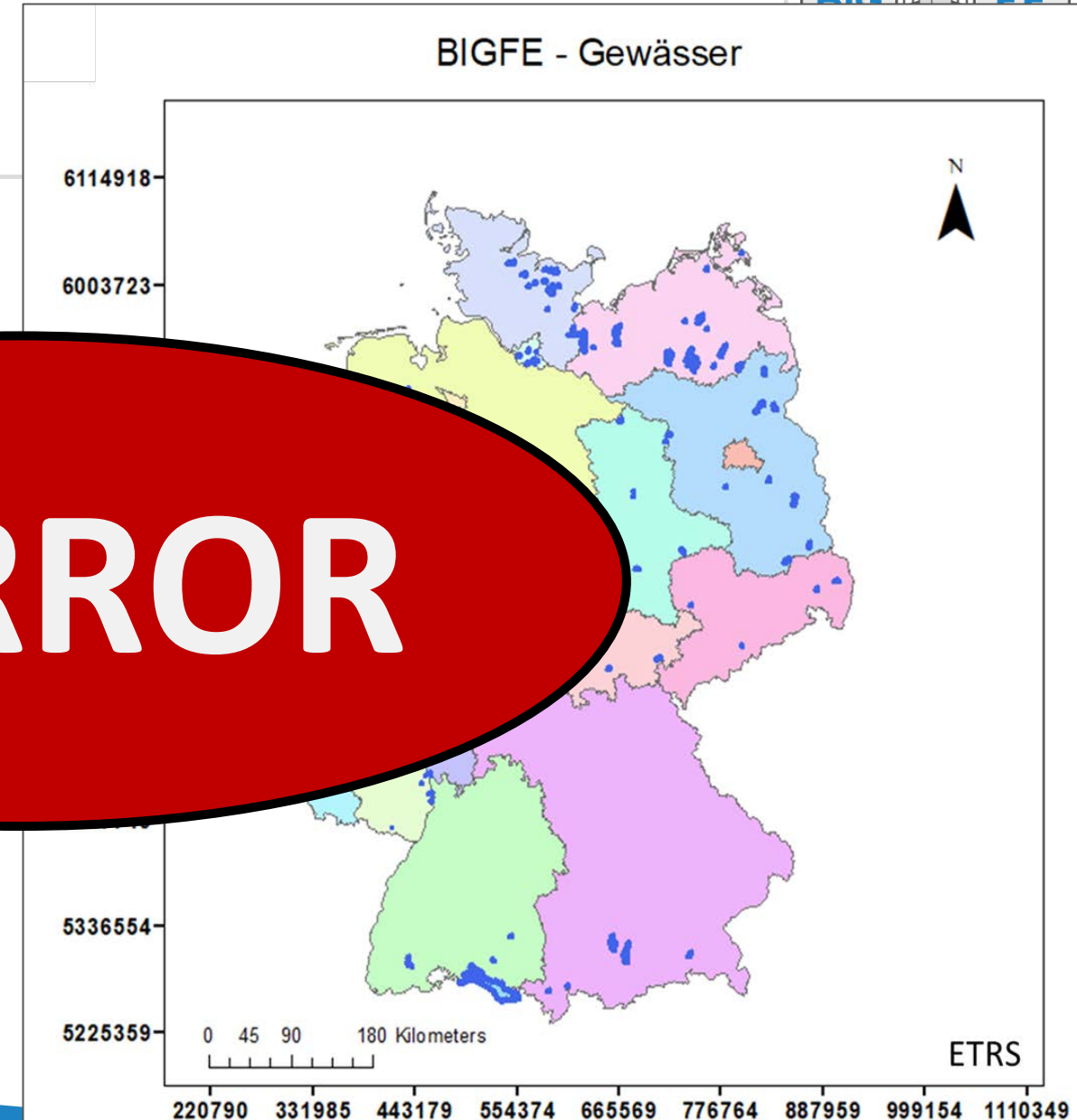
Datenanzahl - Sentinel-2	2016	2017	2018	2019	2020	Gesamter Zeitraum
Min/Gewässer	1	2	4	5	5	17
Max/Gewässer	16	34	55	49	58	209
Durchschnitt	8	11	29	25	29	102
Gesamt	823	1246	3257	2787	3294	11407

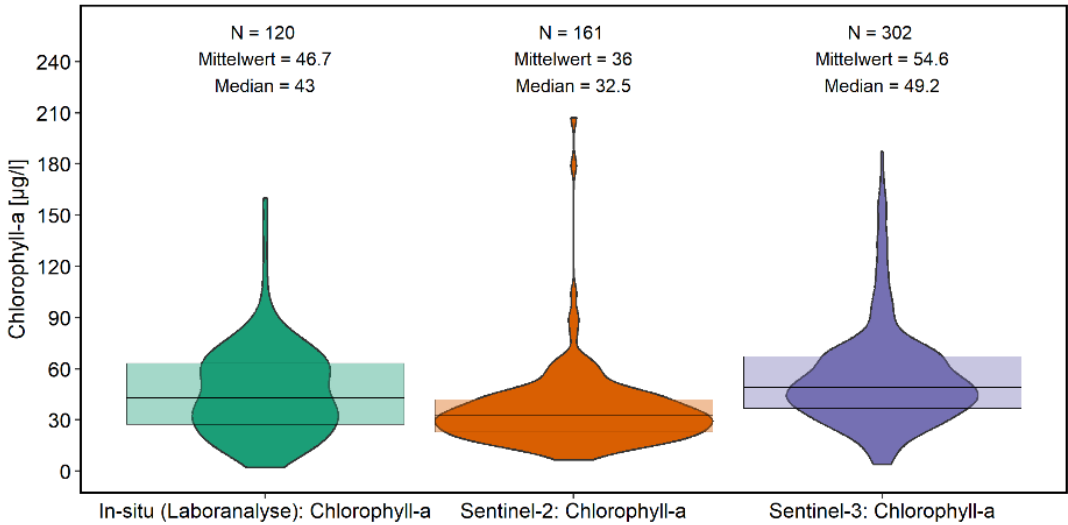
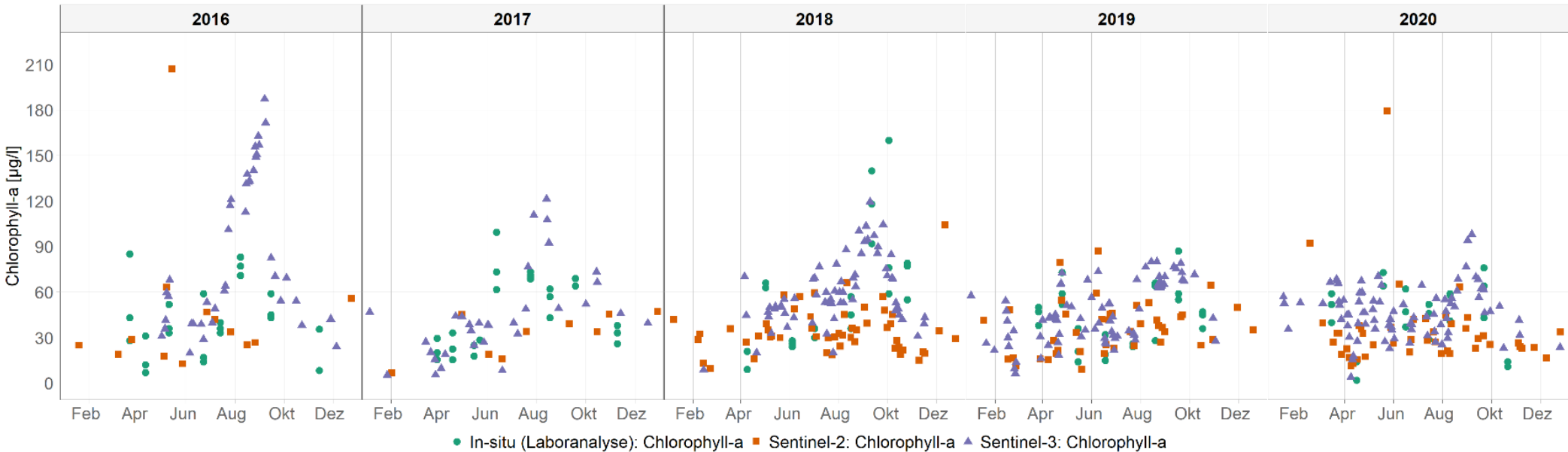
- 112 Gewässer in 13 Bundesländern
- Zielvariablen: Temperatur, Sichttiefe, Trübung, Chlorophyll-a, Cyanobakterien (HAB)
- Zeitraum: 2016 – 2020

Empirische Datenbasis



HORROR





Basis-Statistik

	Sentinel-2					Sentinel-3				
	2016	2017	2018	2019	2020	2016	2017	2018	2019	2020
Jahresmittelwert	46.4	31.8	34.9	36.6	34.3	85.5	45.1	59.9	46.2	47.3
Jahresmedian	28.5	34.1	31.2	35.8	28.3	66.1	39.5	55.1	42.9	46.8
Jahresminimum	12.7	6.6	9.5	8.9	11.6	19.9	5.3	8.9	6.3	3.9
Jahresmaximum	207.0	47.2	104.4	87.2	179.3	187.3	121.4	119.4	80.1	98.1
Saisonmittelwert ¹	52.8	30.6	37.4	38.2	35.0	91.2	49.8	62.7	50.0	46.8
Anzahl der Werte (Jahr)	13	9	52	42	45	40	32	66	78	86
Anzahl der Werte (Saison) ¹	9	5	33	31	33	35	21	53	61	68

¹ Saison bezieht sich auf den Zeitraum von April bis einschließlich September

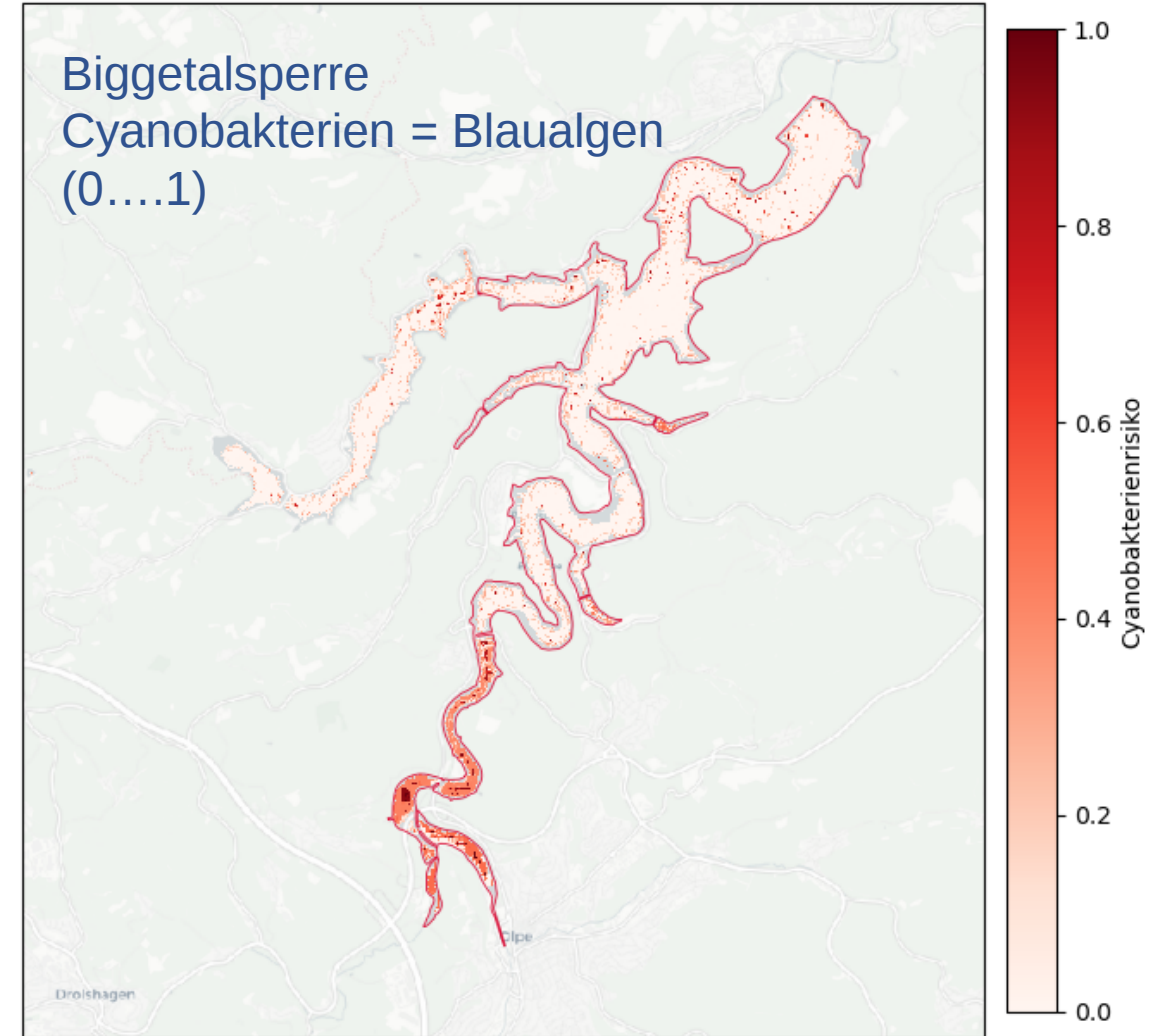
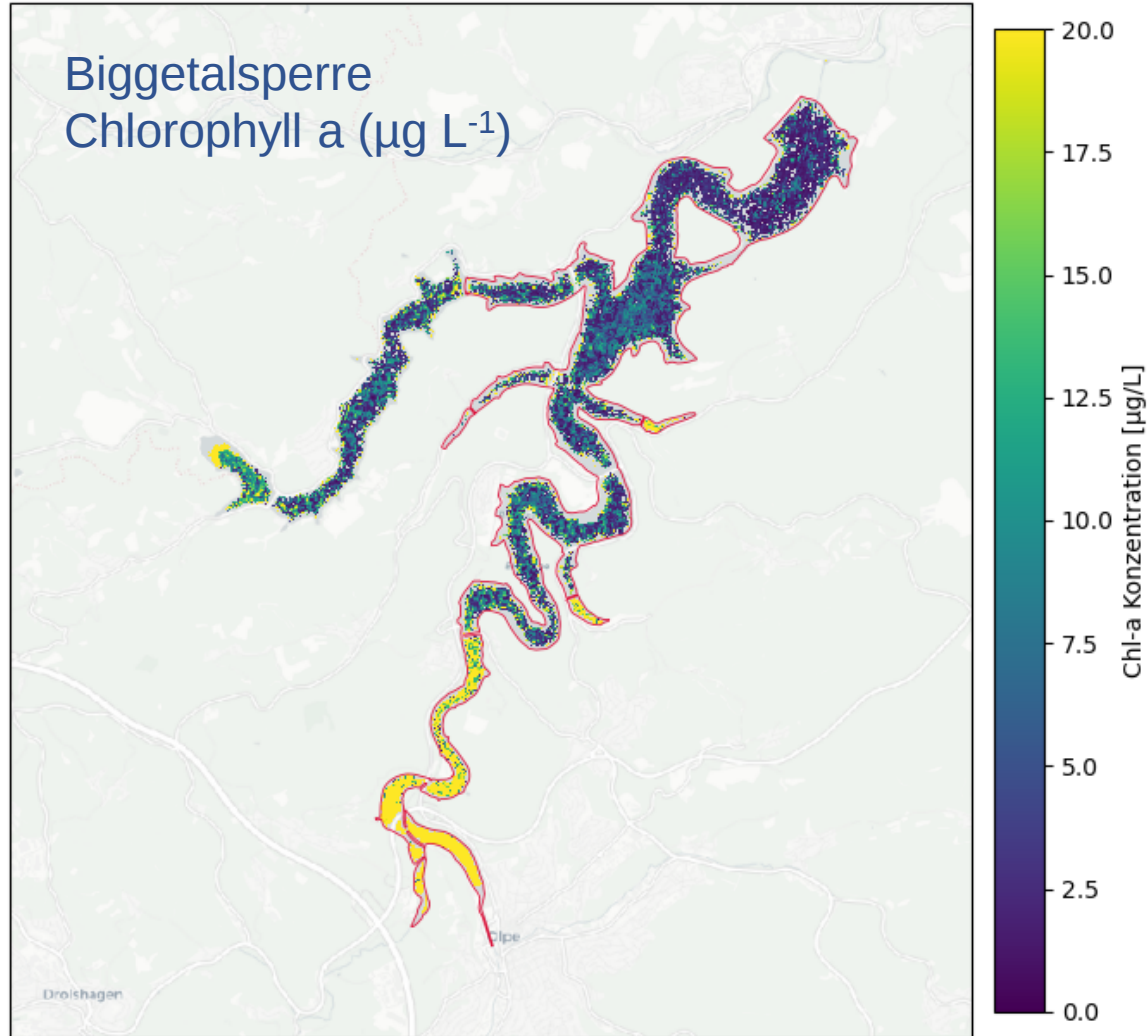
Fehlermaße (2016-2020)

	Sentinel-2	Sentinel-3
MAE - Mittlerer absoluter Fehler ¹	16.0	18.7
RMSE - Mittleres Abweichungsquadrat ¹	20.4	22.4
Bias - Verzerrung ¹	-7.8	15.6
Beobachtungen ²	30	42

¹ Berechnung der Fehlermaße ab 5 Beobachtungen

² Anzahl Matches (+/- 1d) zwischen In-situ- und Fernerkundungsdaten

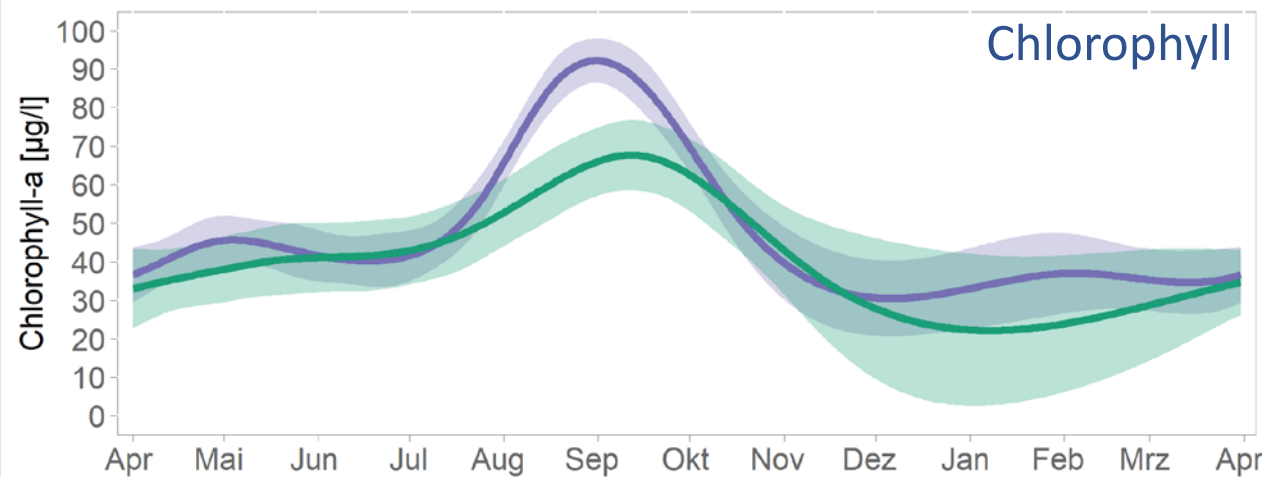
Räumliche Verteilungsmuster: Beispiel Bigge-Talsperre



Saisonale Muster

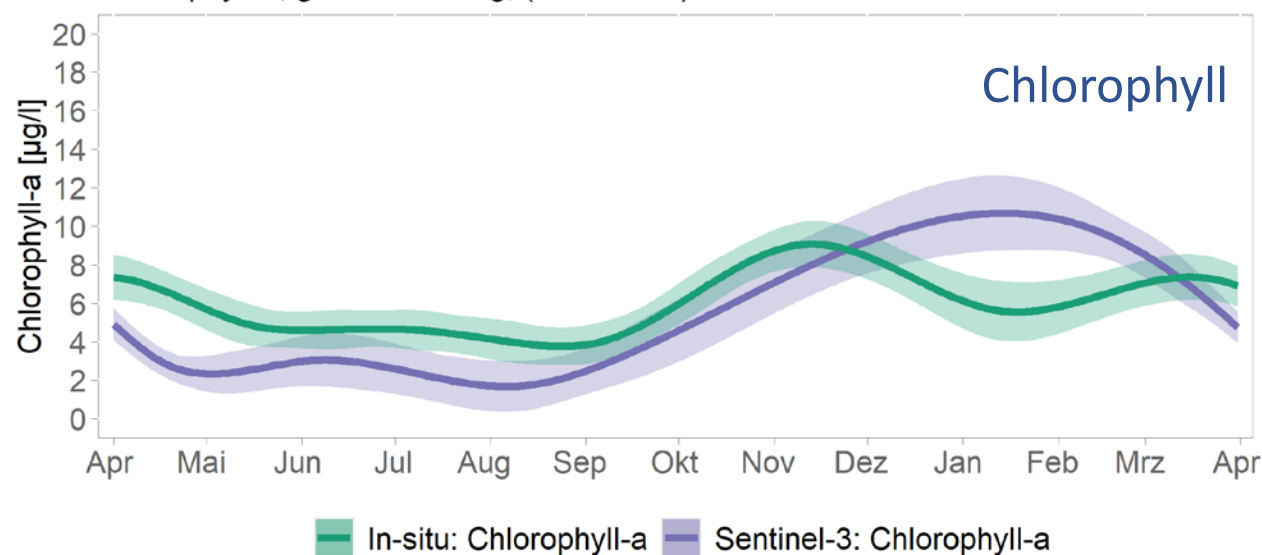
Steinhuder Meer

Chlorophyll-a, gewässerskalig, (2016-2020)



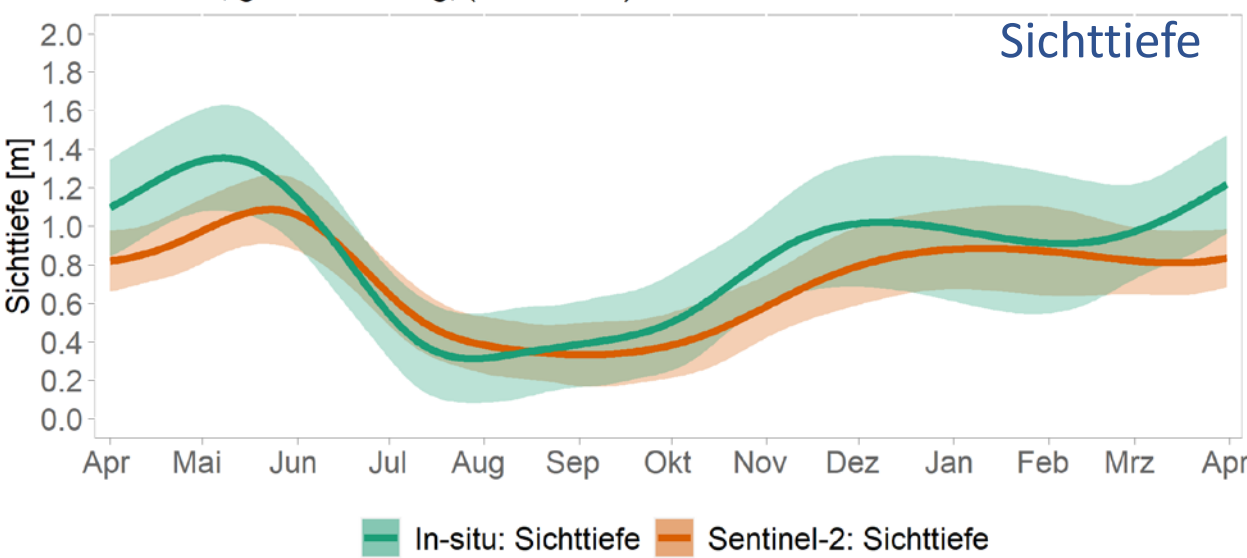
Breiter Luzin

Chlorophyll-a, gewässerskalig, (2016-2020)



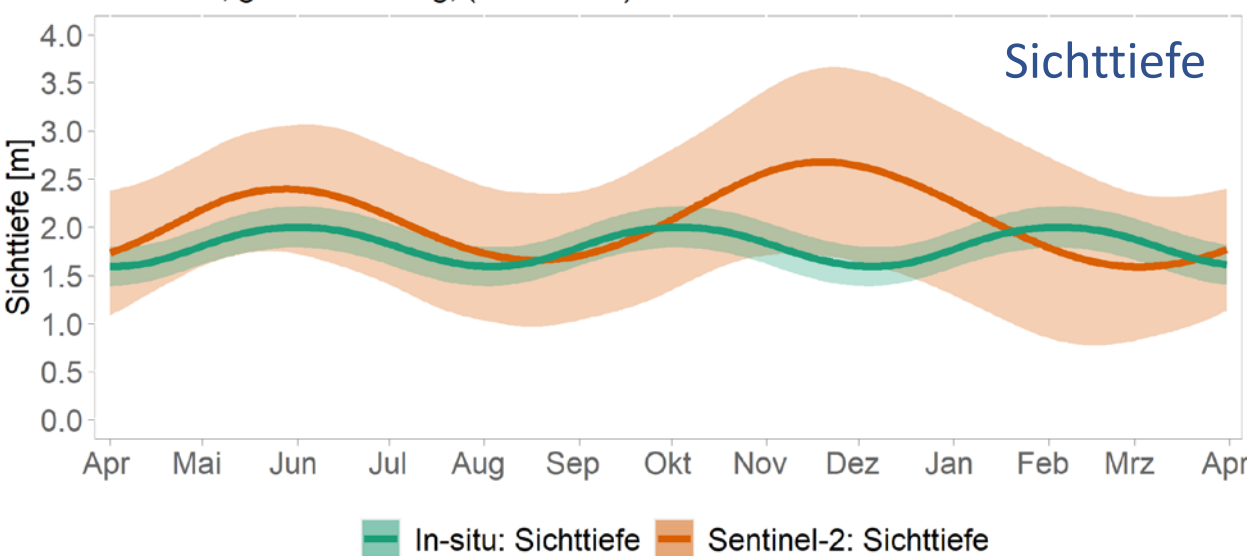
Talsperre Quitzdorf

Sichttiefe, gewässerskalig, (2016-2020)



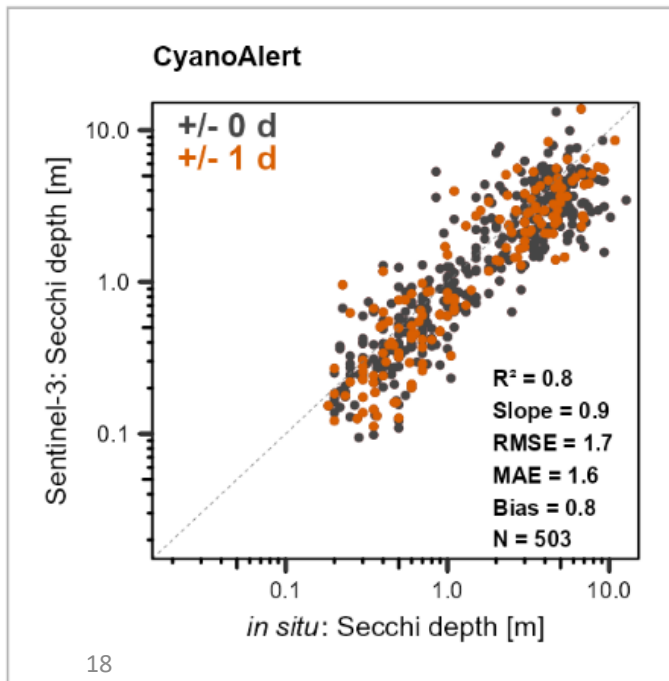
Oejendorfer See

Sichttiefe, gewässerskalig, (2016-2020)

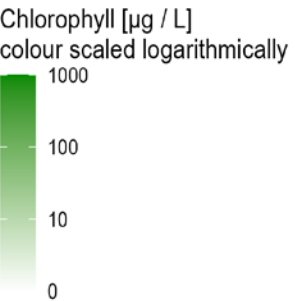
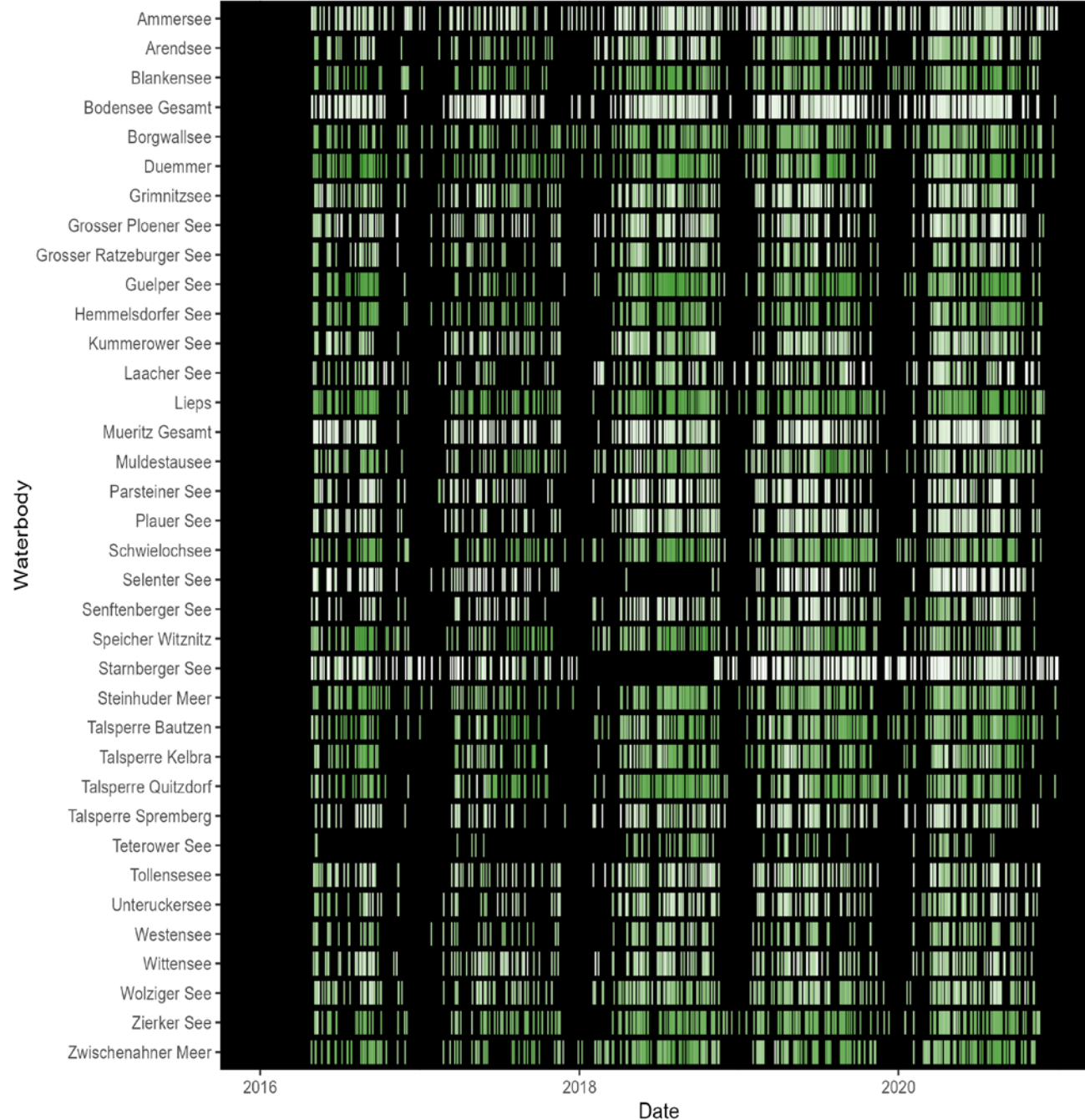




Überblick: zeitliche Abdeckung und Genauigkeit (Bsp. Sichttiefe) auf Basis von Sentinel-3 Daten (n=38 Seen)



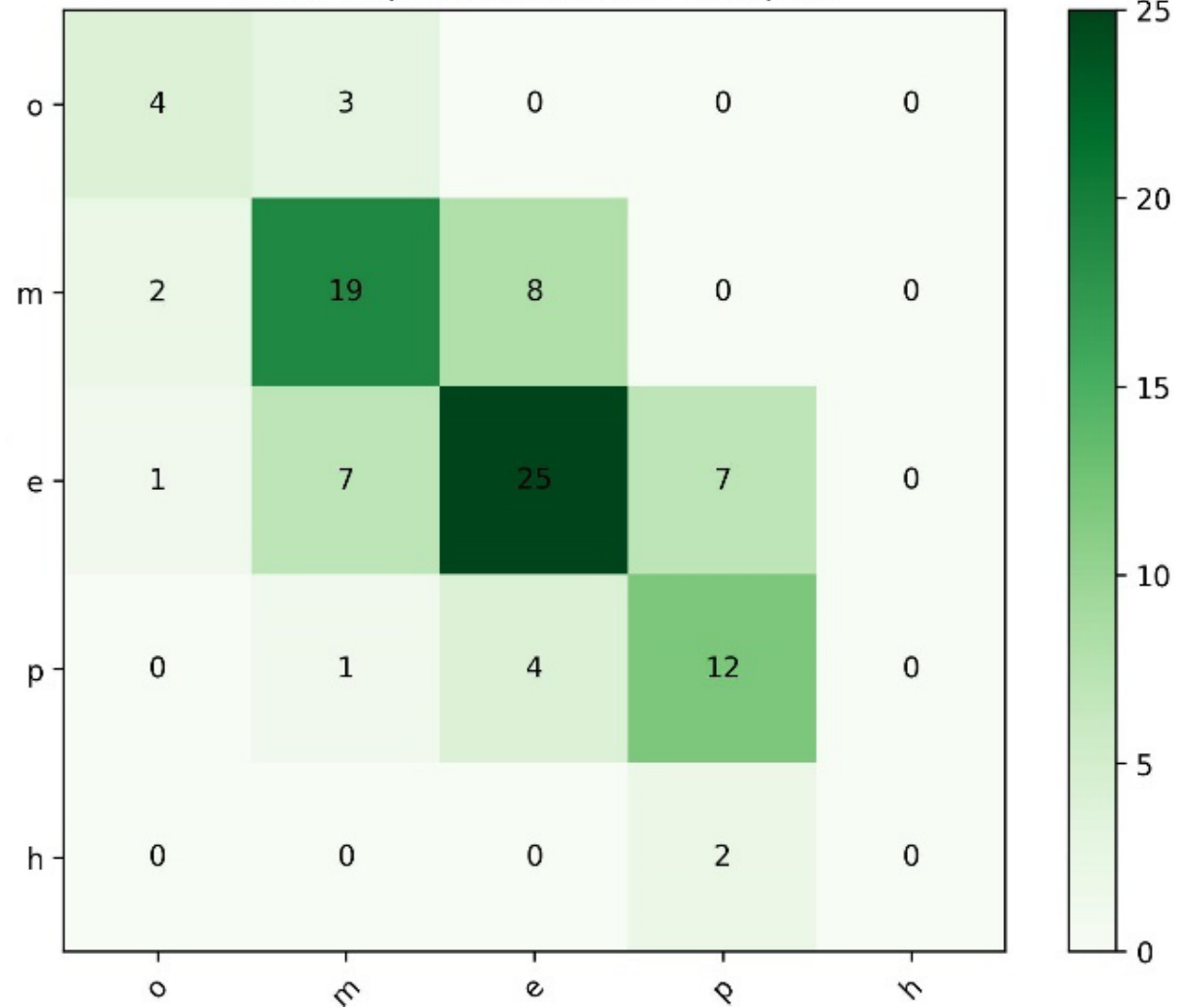
CyanoAlert Sentinel-3; median over water body





Überblick:
Trophieklassifikation auf
der Basis von *in-situ*-Daten
und Satellitendaten
(n=95)

Trophieklassifikation: *in situ* Chlorophyll
Saisonmittelwerte aus Messdaten

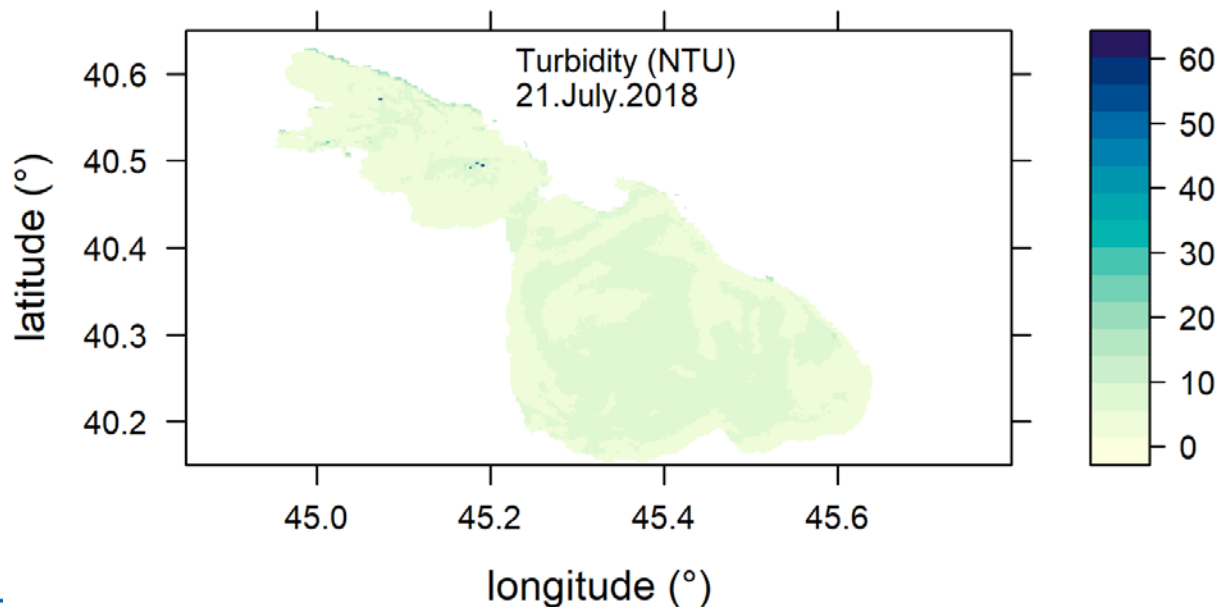
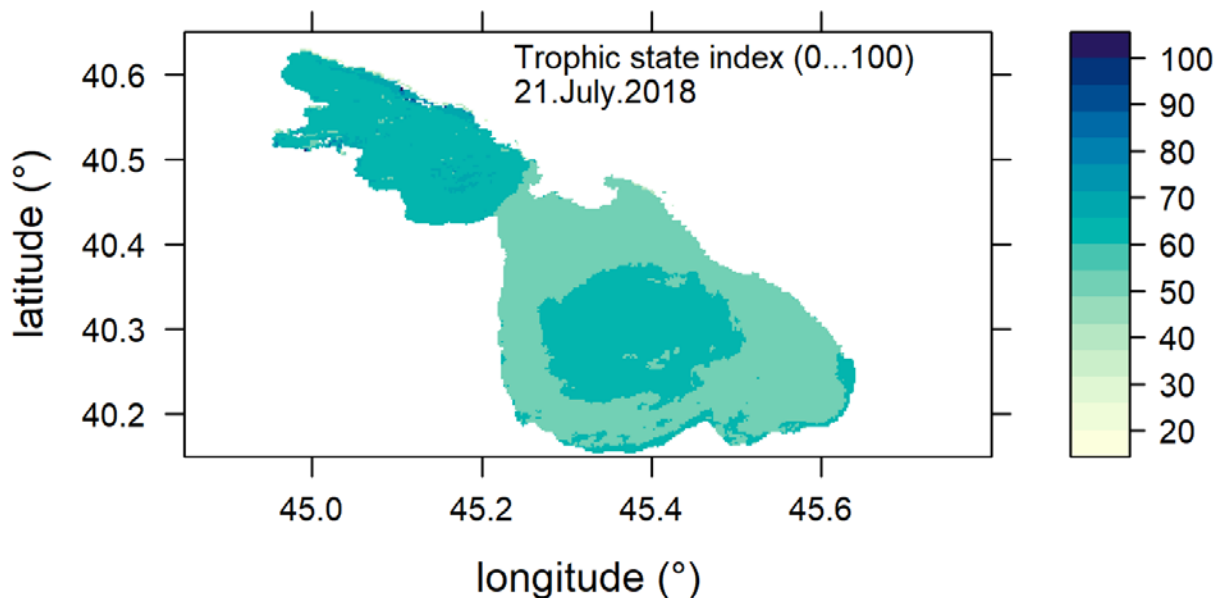
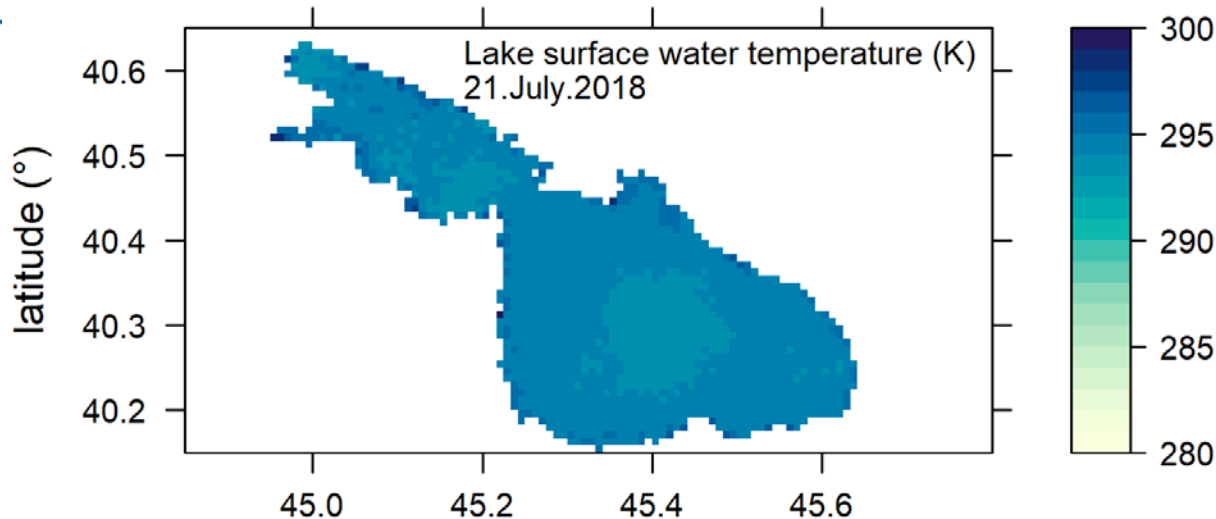
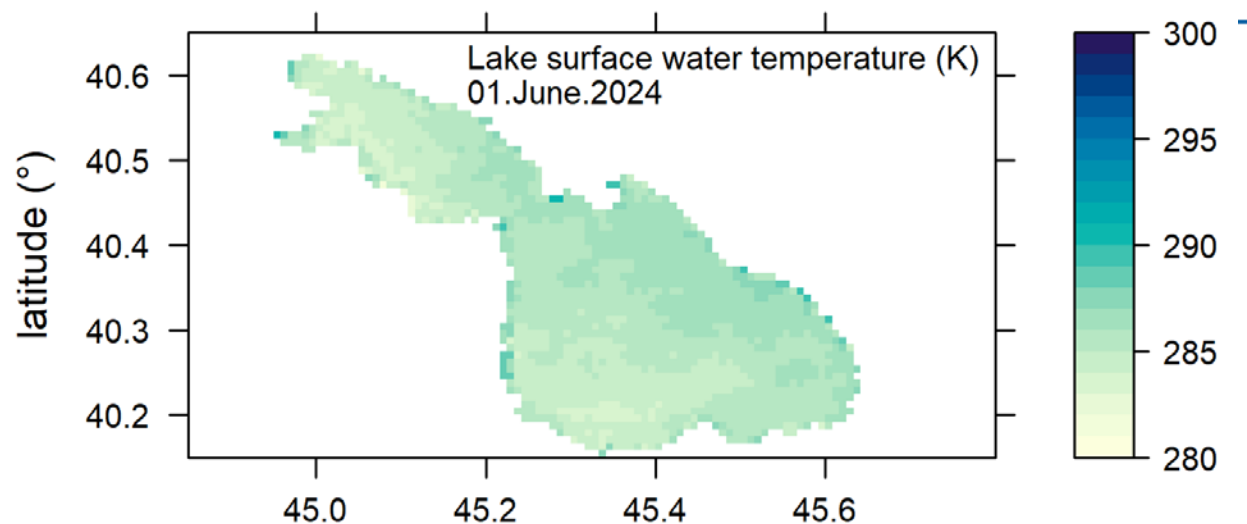


Trophieklassifikation: Satellitendaten Chlorophyll
Saisonmittelwerte aus Sentinel-2

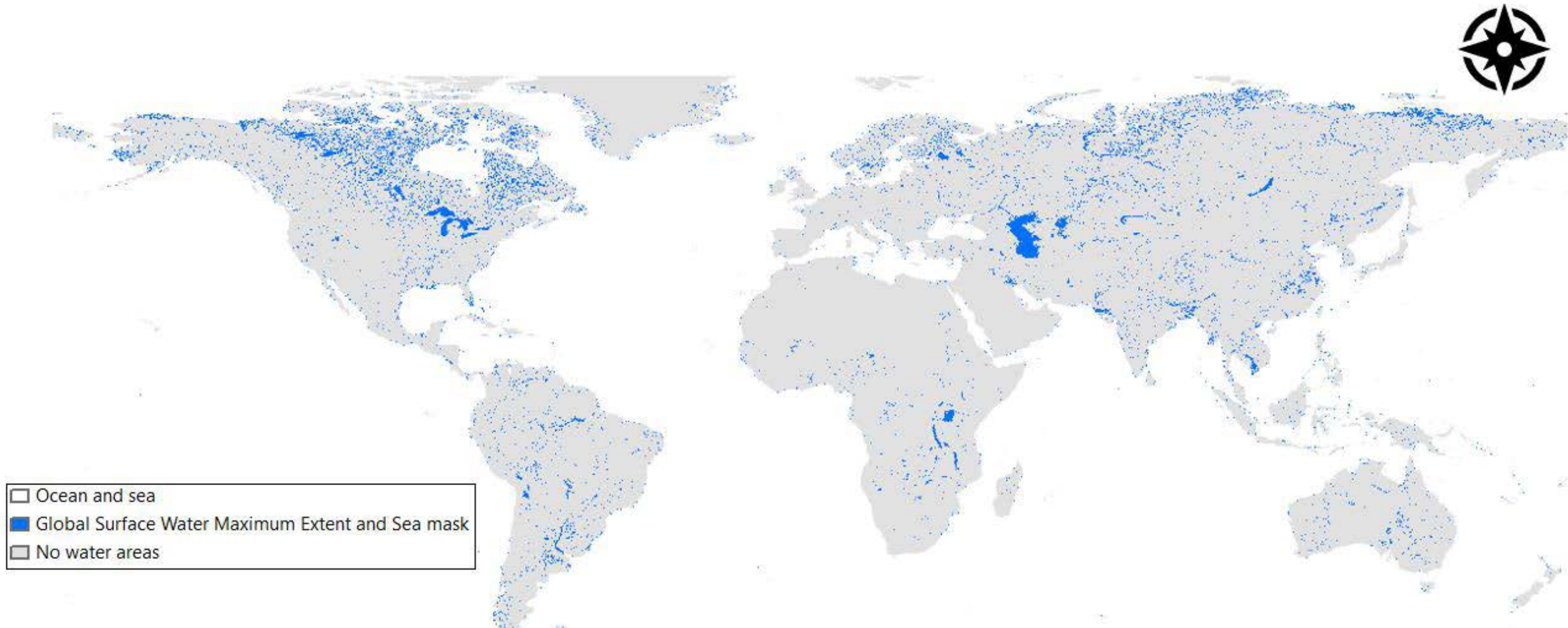


Copernicus Land Service: Water Quality

Example: Lake Sevan, Armenia



Global water body coverage



Take-home Botschaften

1. Länder-übergreifende Arbeiten sind durch heterogene Datenhaltung erschwert
2. Wasserqualitätsvariablen Chlorophyll, Sichttiefe, Trübung und Blaualgen sind durch Satelliten für Gewässer erfassbar
3. Einzelmessungen sind aufgrund von Störgrößen wenig verlässlich, die Statusermittlung durch Median/Mittelwert funktioniert jedoch sehr gut
4. Bessere zeitliche Abdeckung, insb. bei großen Seen (Sentinel-3-fähig)
5. Nutzbarer einheitlicher Workflow wird benötigt → Projekt Algenmonitor

Algenmonitor



Leuchtturmprojekt BIGFE
Satelliten-basiertes Monitoring der Gewässerqualität von Oberflächengewässern

Eine Übersicht und ein Einstieg in die Fernerkundung der Oberflächengewässer

Herausgeber:
Institut für Hygiene und Umwelt
niederrheinische Landesanstalt für Lebensmittelsicherheit, Gesundheitsschutz und Umweltschutz

UFZ HELMHOLTZ
Zentrum für Umweltforschung

Gefördert durch:
Bundesministerium für Digitales und Verkehr

Projekträger:
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
German Aerospace Center

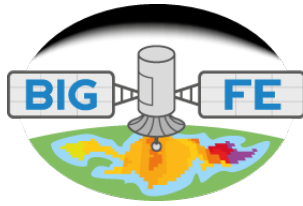
Satellite-based monitoring of cyanobacteria in bathing waters

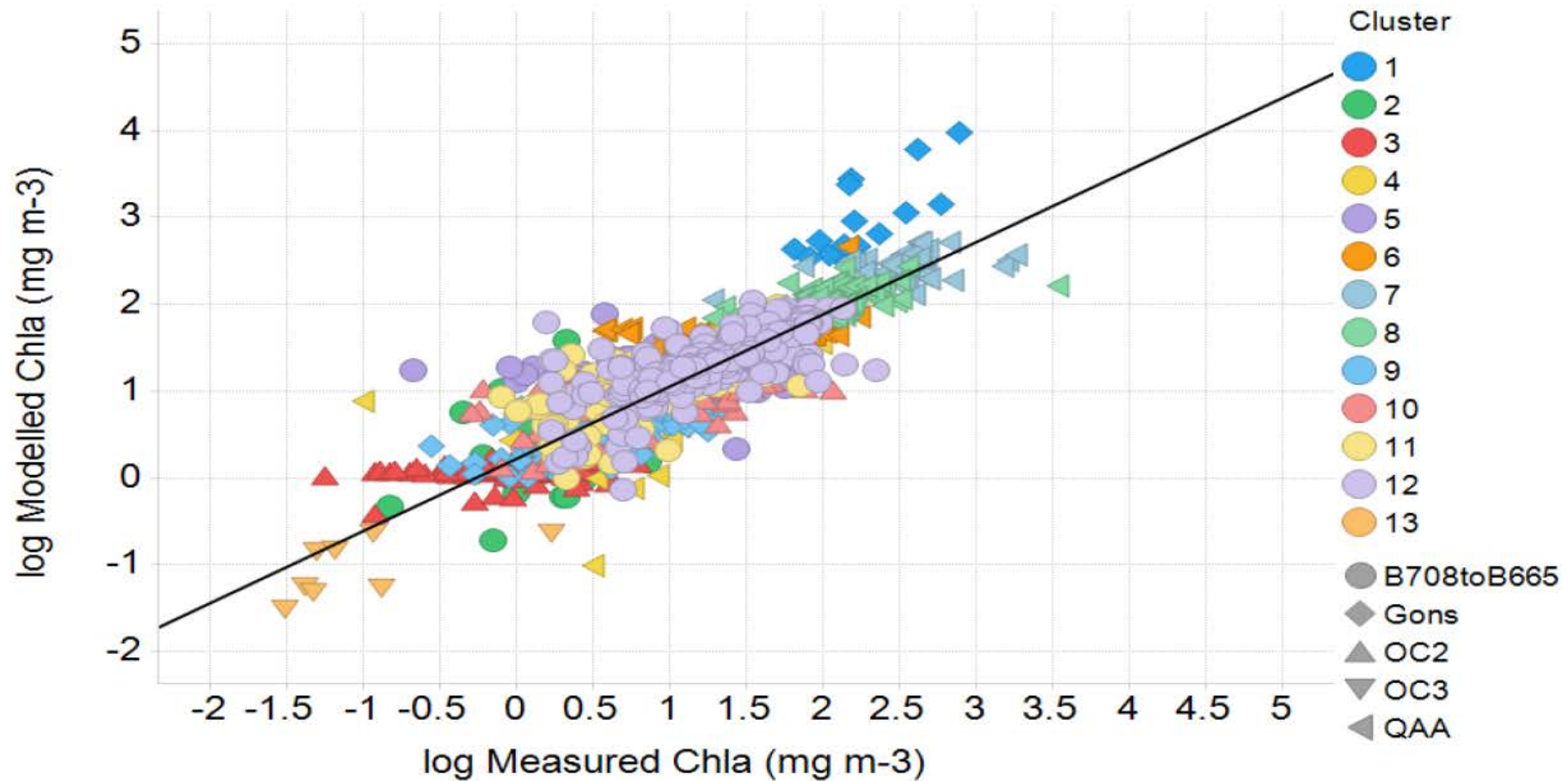


ETC/ICM Consortium Partners:
Helmholtz Centre for Environmental Research (UFZ), Fundación AZTI, Czech Environmental Information Agency (CEIA), Stichting Deltares, Ecologic Institute, International Council for the Exploration of the Sea (ICES), Italian National Institute for Environmental Protection and Research (ISPRA), Joint Nature Conservation Committee Support Co (JNCC), Middle East Technical University (METU), Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA), Finnish Environment Institute (SYKE), Thematic Center for Water Research, Studies and Projects development (TC Water), Federal Environment Agency (UBA), University Duisburg-Essen (UDE)

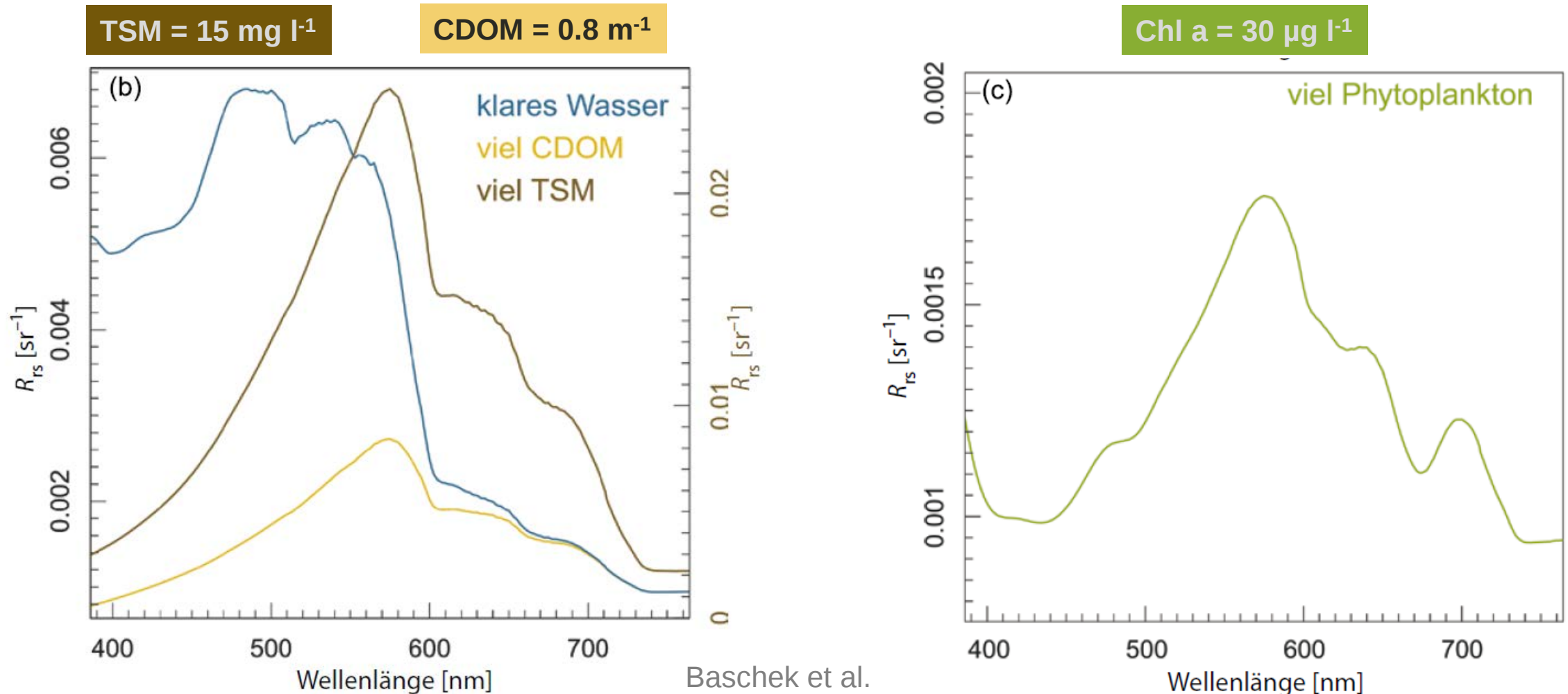
European Environment Agency
European Topic Centre on Inland, Coastal and Marine Waters







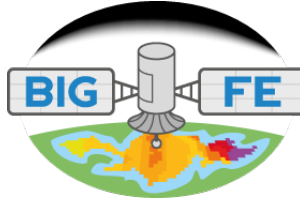
Typical reflectance for (optically dominant) water quality components



Baschek et al.
Handb. Angew. Limnol.

Gegenüberstellung zeitlicher Missmatches

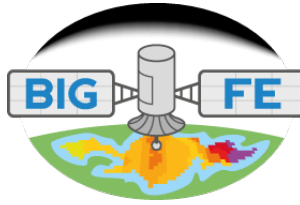
→ Eher sehr sensitiv



Sensor	Variable	MAE			Anzahl Matches			Anzahl Gewässer		
		0 Tage	1 Tag	5 Tage	0 Tage	1 Tag	5 Tage	0 Tage	1 Tag	5 Tage
Sentinel 2	Chlorophyll	11.97	13.01	14.52	165	466	1035	64	82	91
	Sichttiefe	1.22	1.22	1.24	132	394	912	54	71	80
	Trübung	2.27	2.58	3.80	35	109	260	10	11	12
Sentinel 3	Chlorophyll	21.76	22.38	19.15	187	395	761	42	47	52
	Sichttiefe	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Trübung	6.86	8.12	6.89	18	38	77	2	3	3
Landsat 8	Temperatur	2.27	2.35	2.41	87	253	788	47	72	89

Gegenüberstellung räumlicher Auflösungen

→ eher weniger sensitiv



Sensor	Variable	MAE					Anzahl Matches				
		1 Pixel	3 x 3 Pixel	5 x 5 Pixel	15 x 15 Pixel	Gewässer-skalig	1 Pixel	3 x 3 Pixel	5 x 5 Pixel	15 x 15 Pixel	Gewässer-skalig
Sentinel 2	Chlorophyll		11.97	12.57	11.83	12.83		165	165	134	165
	Sichttiefe		1.22	1.22	1.19	1.81		132	131	99	125
	Trübung		3.31	3.32	3.67	2.27		36	32	16	35
Sentinel 3	Chlorophyll	19.99	17.02			21.76	176	209			187
	Sichttiefe	-	-			-	-	-			-
	Trübung	8.13	8.73			6.86	12	23			18
Landsat 8	Temperatur		2.68			2.05		52			137