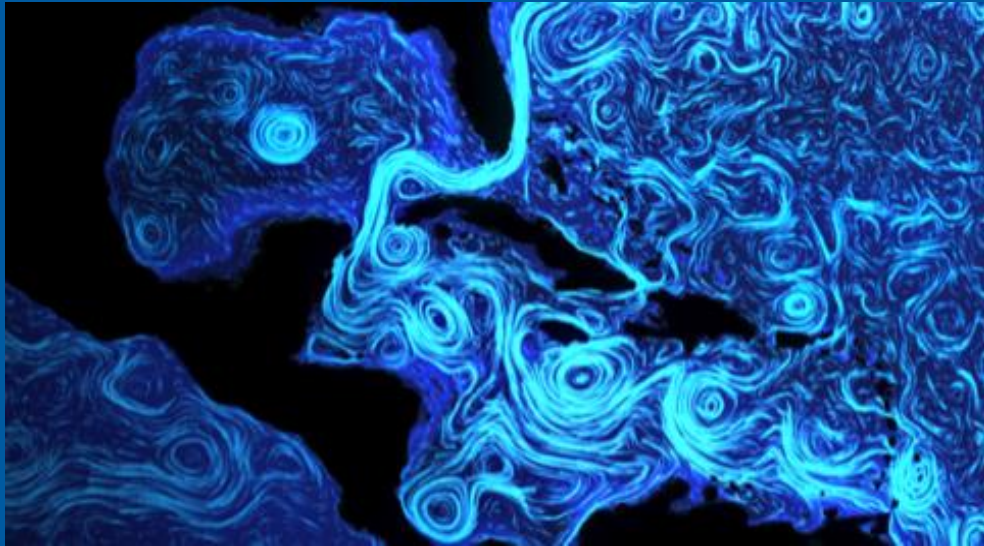


Ozeanwirbel

Forschungsziele und Beobachtungskonzept

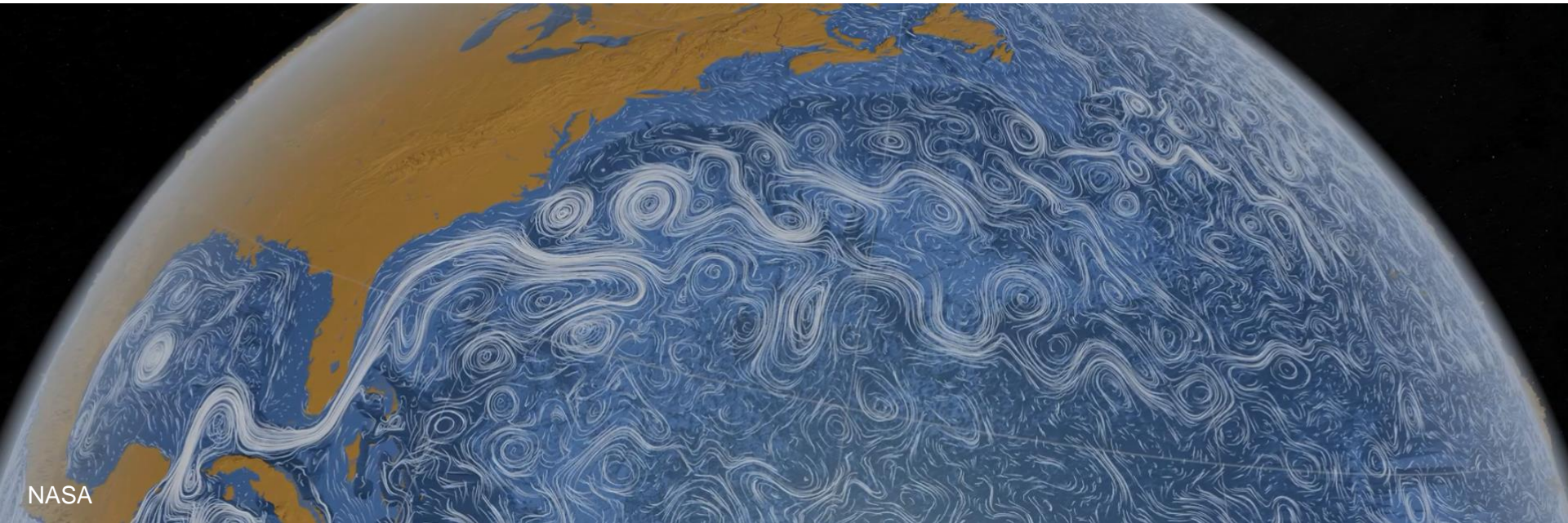
Burkard Baschek



Warum Ozeanwirbel ?



Wirbel sind ein elementarer Bestandteil der globalen Ozeanzirkulation. Sie beeinflussen in vielfältiger Weise wesentliche Eigenschaften des Meeres und sind relevant für das Erdklima.



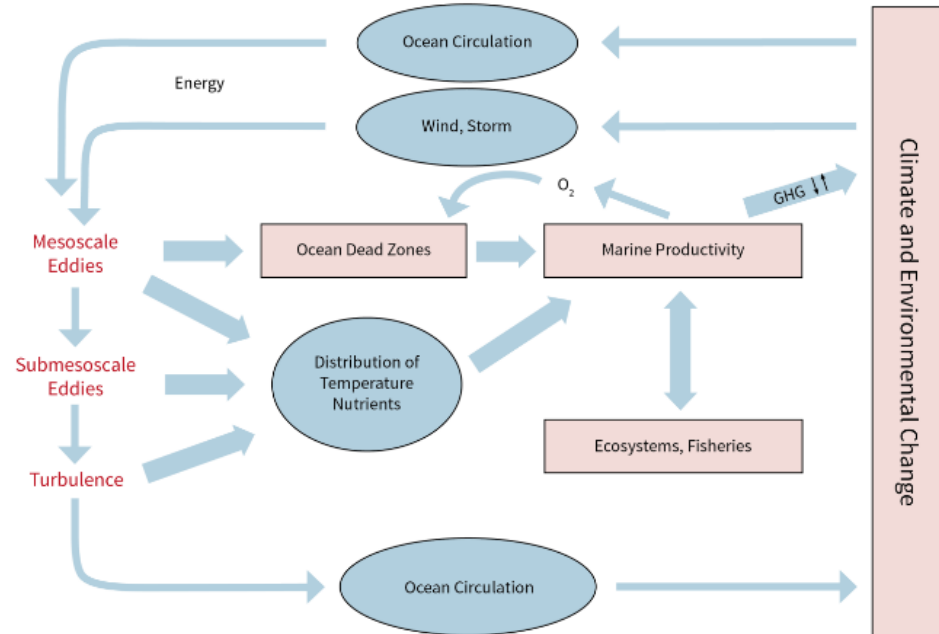
NASA

Warum Ozeanwirbel ?

► Wirkungsketten

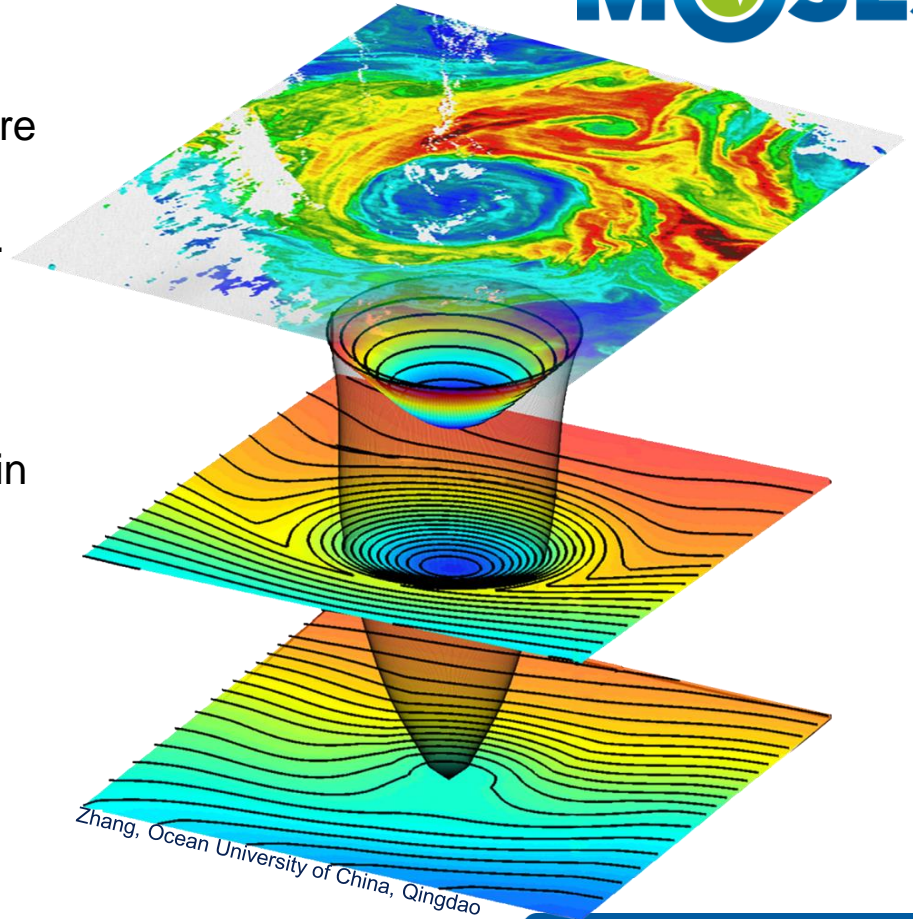
Ozeanwirbel verschiedener Größen sind eng miteinander verzahnt. Physikalische, Chemische und Biologische Prozesse greifen dort eng ineinander. Ozeanwirbel beeinflussen daher unmittelbar:

- **Energietransport**
- **Vermischung**
- **Tiefenwasserbildung**
- **Nährstofftransport**
- **Sauerstofffreie Zonen**
- **Marine Produktivität**
- **CO₂-Aufnahme der Meere**

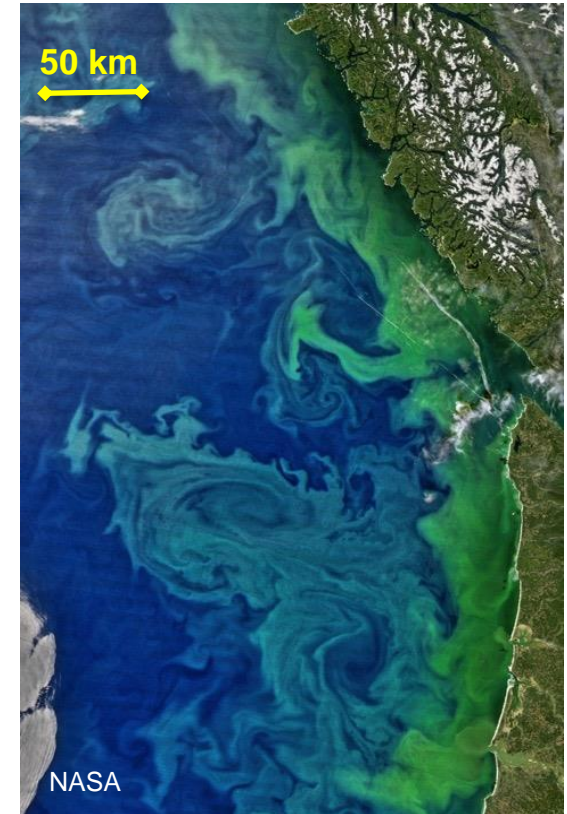
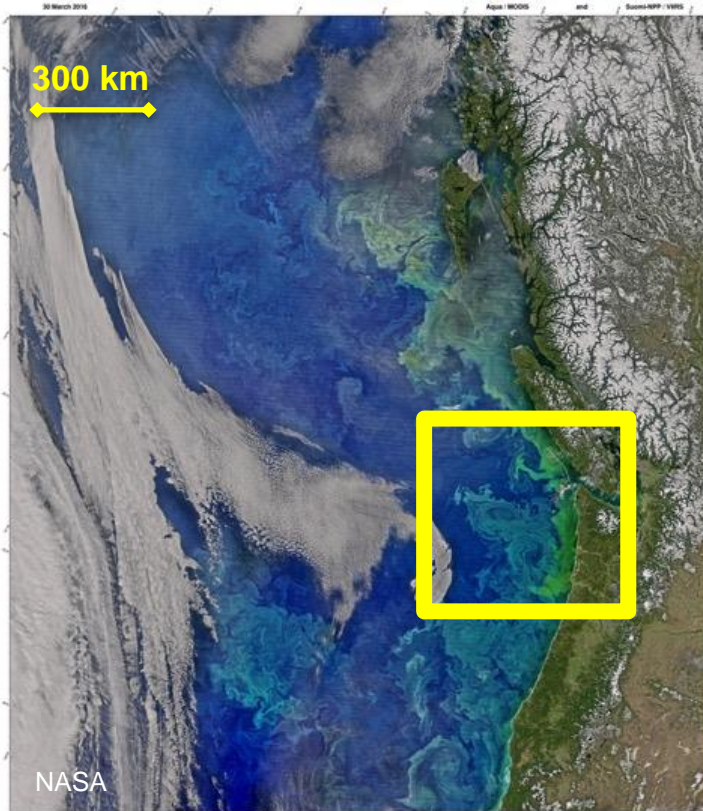


Warum Ozeanwirbel ?

- Wirbelgetriebene Prozesse – insbesondere ihre physikalisch-chemisch-biologische Kopplung – sind bisher kaum verstanden.
- Ihre Darstellung in Modellen ist daher unzureichend.
- Für verbesserte (Klima)vorhersagen ist ein integriertes Verständnis dieser Prozesse über die traditionellen Grenzen der Disziplinen und über viele verschiedenen Skalen hinweg notwendig.



Was sind die relevanten Skalen ?



räumliche Skalen:
10 m bis 300 km

zeitliche Skalen:
Minuten bis Wochen

Innovatives Mess-System erforderlich:

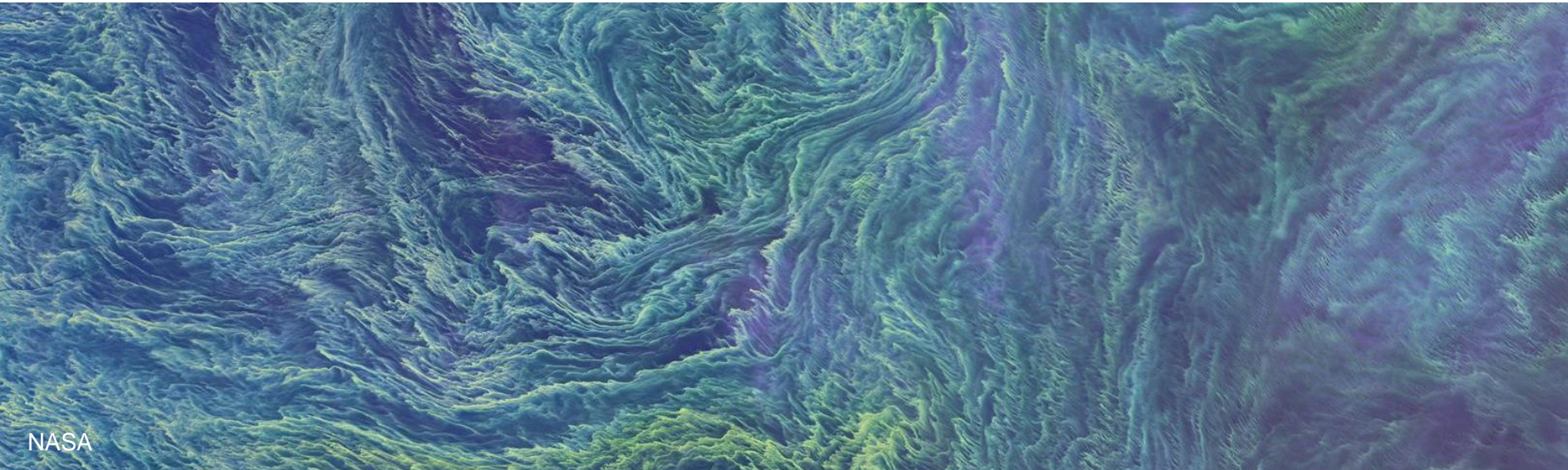
- Skalen-übergreifend
- interdisziplinär
- hochauflösend
- schnelle Reaktionszeit

Ocean Colour, Northwest Pacific, 30.3.2016

Forschungsfragen



- Welche Rolle spielen Ozeanwirbel für den Energie- und Nährstofftransport im Meer ?
- Wie wichtig sind sie für die biologische Produktivität der Meere ?
- Wie beeinflussen Wirbel die Kohlenstoff-Aufnahme der Meere ?



Module für Ozeanwirbel



MOSES Module	Consortium	Heat Waves	Hydrologic Extremes	Ocean Eddies	Thaw Events Permafrost
Autonomous Vehicles	GEOMAR, HZG		X	X	X
Fixed Point Observatories	AWI, GEOMAR, HZG		X	X	X
Coastal and Marine Mobile Systems	AWI, GEOMAR, HZG		X	X	X
Permafrost Thaw and Subsidence	AWI, GFZ	X	X		X
Flow and Sediment Dynamics	AWI, GFZ, UFZ	X	X		X
Biota	AWI, HMGU, UFZ, KIT, FZJ	X	X		
Water Balance	GFZ, FZJ, UFZ	X	X		X
Soil and Water Quality	HMGU, UFZ	X	X		
Land-Atmosphere Fluxes	KIT, FZJ, UFZ, GFZ	X	X		X
Atmospheric Dynamics	FZJ, KIT	X	X	(X)	
Atmospheric Chemistry	FZJ, KIT	X	X		X



DLR: Flugzeug-gestütztes TANDEM-L System

Mess-Systeme für Ozeanwirbel



im Wasser:
physikalische und
biogeochemische
in situ Messungen
GEOMAR, HZG

aus der Luft: HZG
Aufspüren der Wirbel,
Oberflächen-Messungen,
Koordination der Messungen

unter Wasser:
autonome Messsysteme
HZG, GEOMAR

Verankerungen:
hochaufgelöste Zeitserien
GEOMAR

Innovation Mess-Systeme



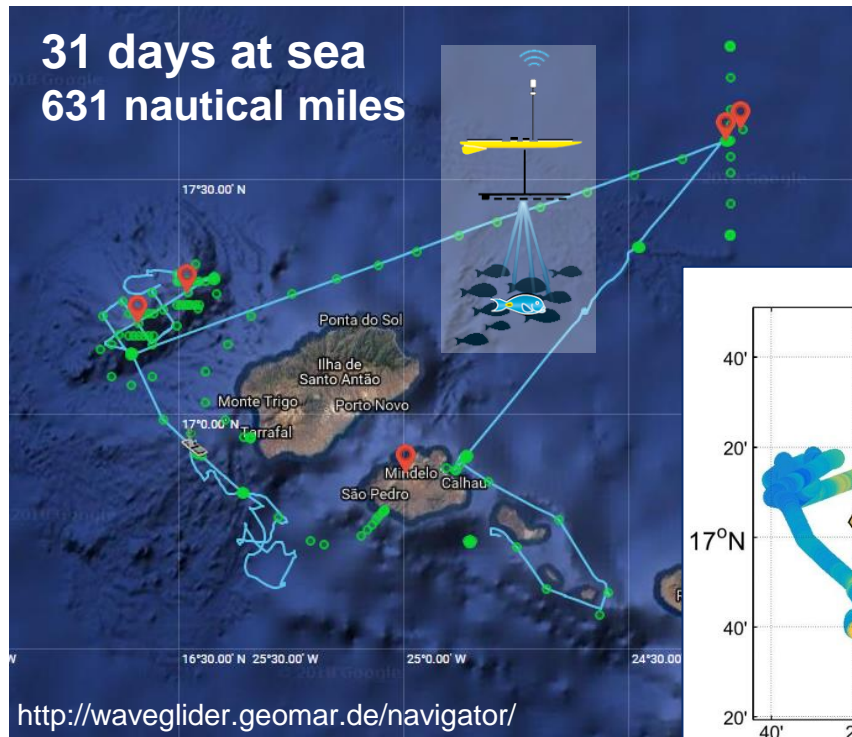
Multi-Plattform Messungen, Echtzeit-Daten Austausch,
sehr hohe Auflösung



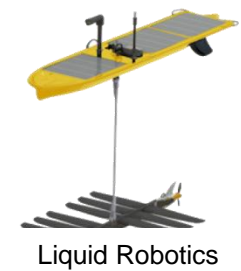
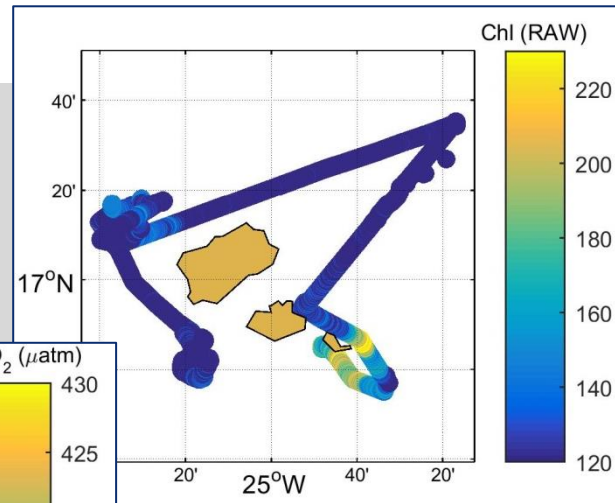
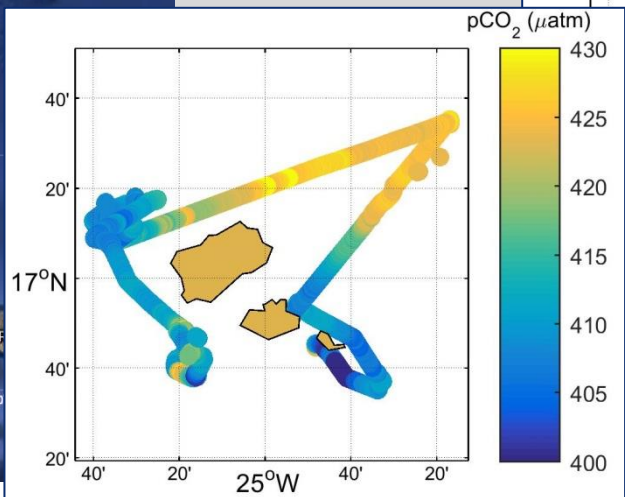
Innovation Mess-Systeme



Autonome Ozeanmessungen mit dem Wave Glider



Ozeanwirbel
Hydrologische
Extreme



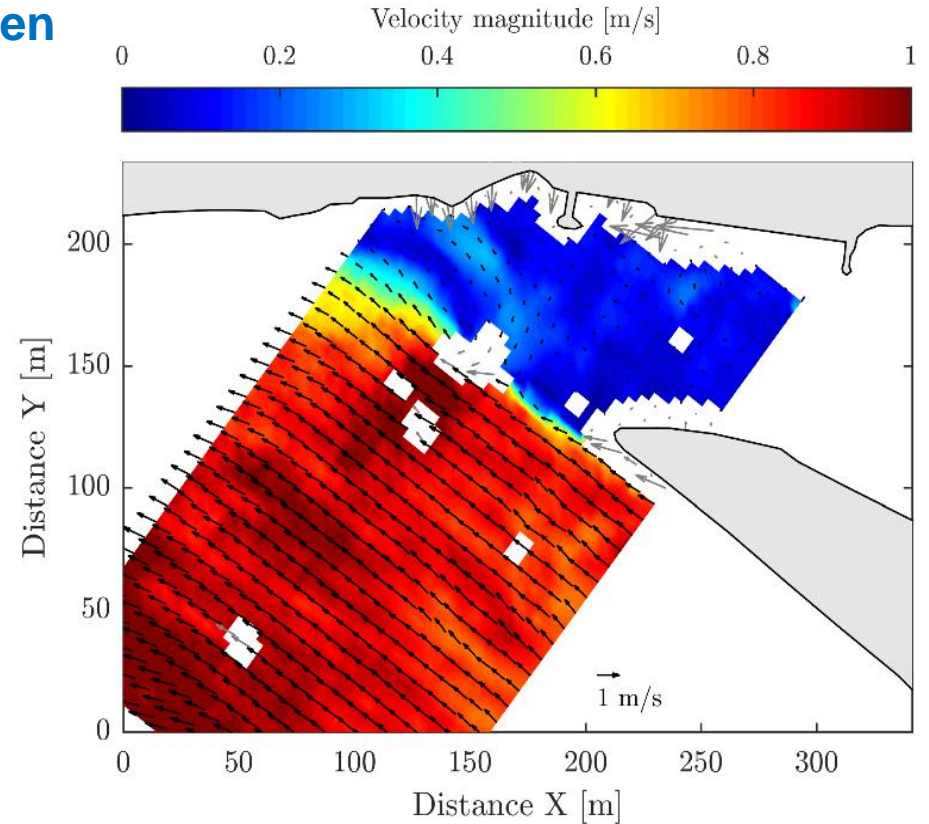
Innovation Mess-Systeme

Strömungsmessungen mit Drohnen



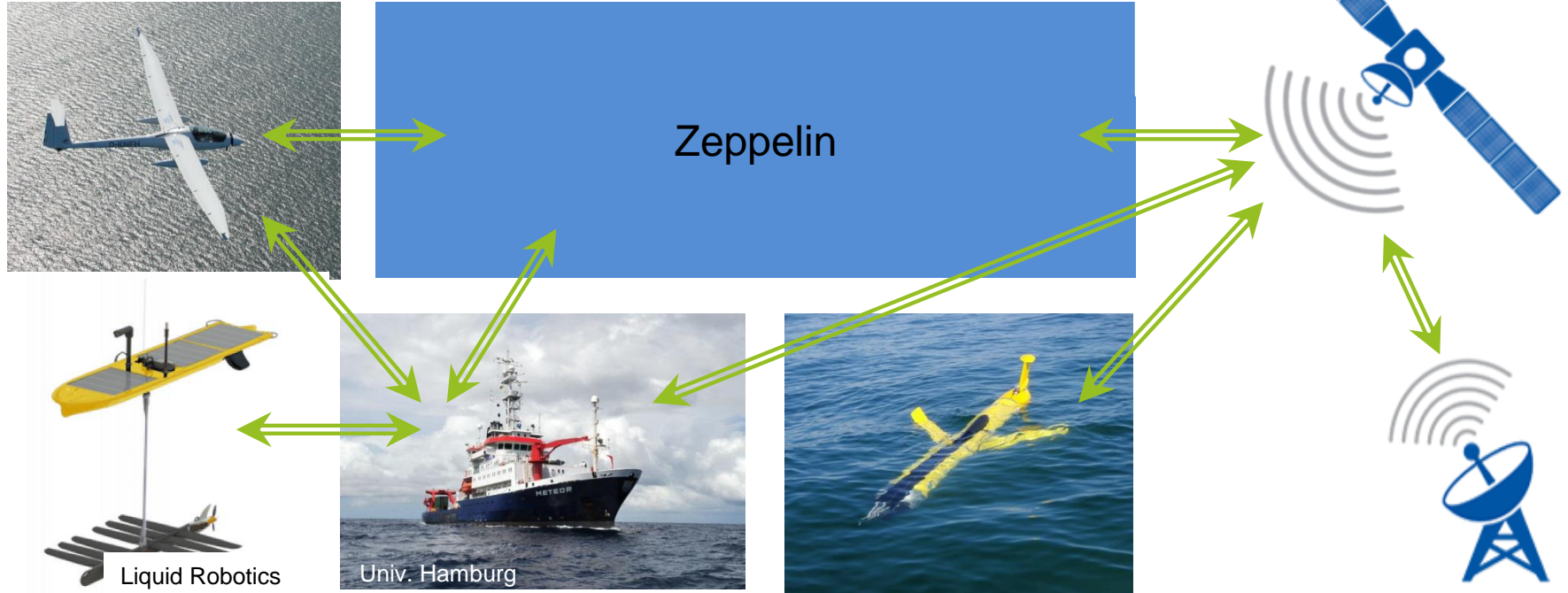
Ozeanwirbel

Hydrologische
Extreme



Innovation Mess-Systeme

Echtzeit-Daten Austausch zwischen Plattformen und Land, auch Öffentlichkeit



Geplante Testkampagnen



2018	2019	2020	2021
Eckernförder Bucht und Nordsee	Kapverden		Golfe du Lyon
Gerätetest	Testkampagne		Testkampagne
Juni – August 2018	Oktober 2019 – Juni 2020		Februar 2021
3 Fahrten Inter-Kalibrierung, Sensorik, Datenübertragung, Abstimmung Logistik	3 Fahrten: Wirkungskette sauerstoffarme Wirbel		1 Fahrt: Wirkungskette Tiefenwasserbildung
GEOMAR, HZG	GEOMAR, HZG mit Partnern		GEOMAR, HZG mit Partnern

Geplante Testkampagnen

Golfe du Lion

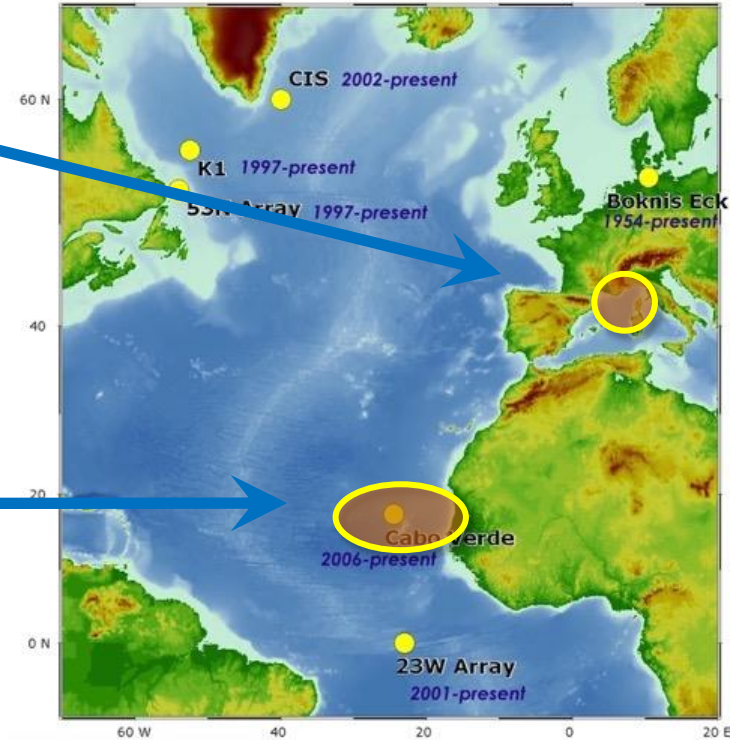
Tiefenwasserbildung

Februar 2021

Kapverden

Sauerstoffarme Wirbel

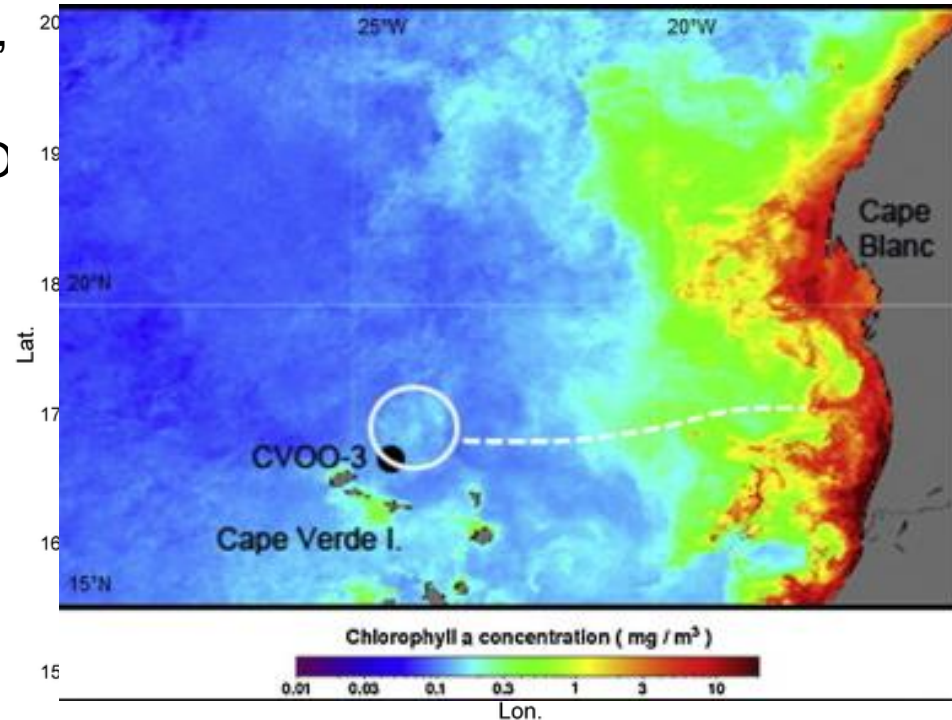
Oktober 2019 – Juni 2020



Testkampagne Kapverden 2018 – 2019



- 3 Fahrten mit FS Meteor (FS Merian), Motorsegler
- Unterstützt durch Verankerung CVOO Projekt REEBUS
- Partner: GEOMAR, HZG mit Universität Bremen, Universität Hamburg, Universität Kaiserslautern



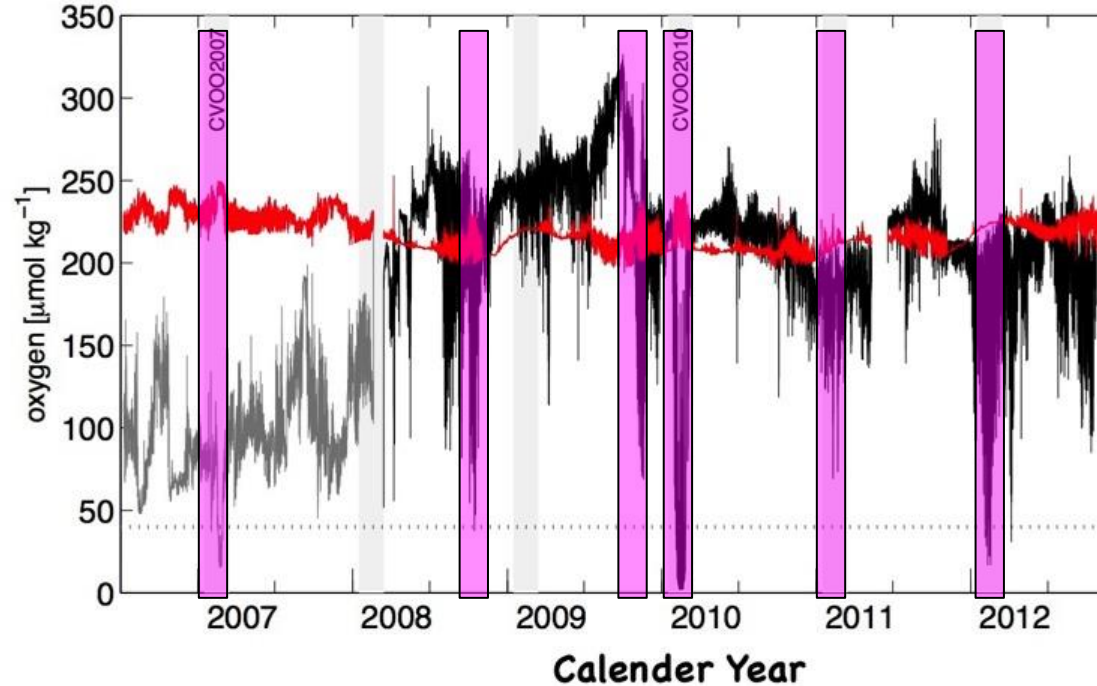
Testkampagne Kapverden 2018 – 2019



Sauerstoffarme Wirbel

Impact on long time scales

Oxygen at
40m depth



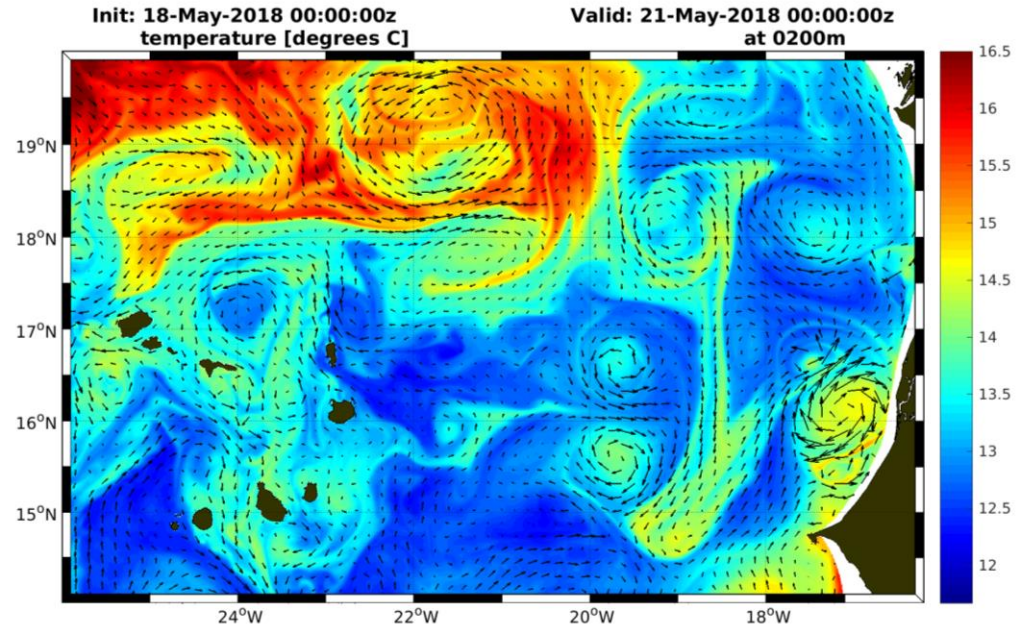
Testkampagne Kapverden 2018 – 2019



Operationelles Modell der Kapverden-Region

- ROMS (Regional Ocean Modeling System)
- 3 verschiedene Auflösungen:
4 km, 1 km, (250 m)
- Daten werden assimiliert
- 3-Tage Vorhersage

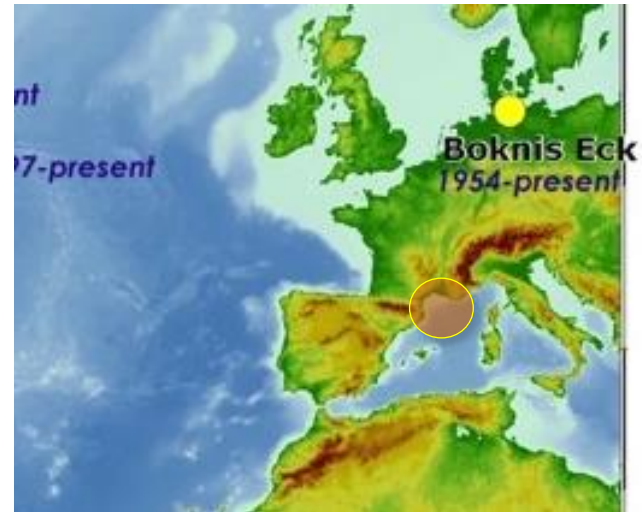
Temperatur [°C], 200 m



Testkampagne Golfe du Lyon 2021



- 1 Schiffsfahrt mit FS Meteor / Merian, Zeppelin, Segelflugzeug
- Teilnehmer: HZG, GEOMAR, Naval Research Laboratory, University of Tokyo
- Erste Untersuchung kleinskaliger Prozesse der Tiefenwasserbildung (Bedeutung für globale Ozeanzirkulation)



Was ist das Neue ?



Technische Innovation

- Mobiles Multi-Plattform Beobachtungssystem zum Erfassen von kleinskaligen und interdisziplinären Prozessen im Meer: *Sehr* hohe räumliche und zeitliche Auflösung
- Datenaustausch in Echtzeit ermöglicht Anpassung der Messstrategie und sehr schnelle Reaktionszeit

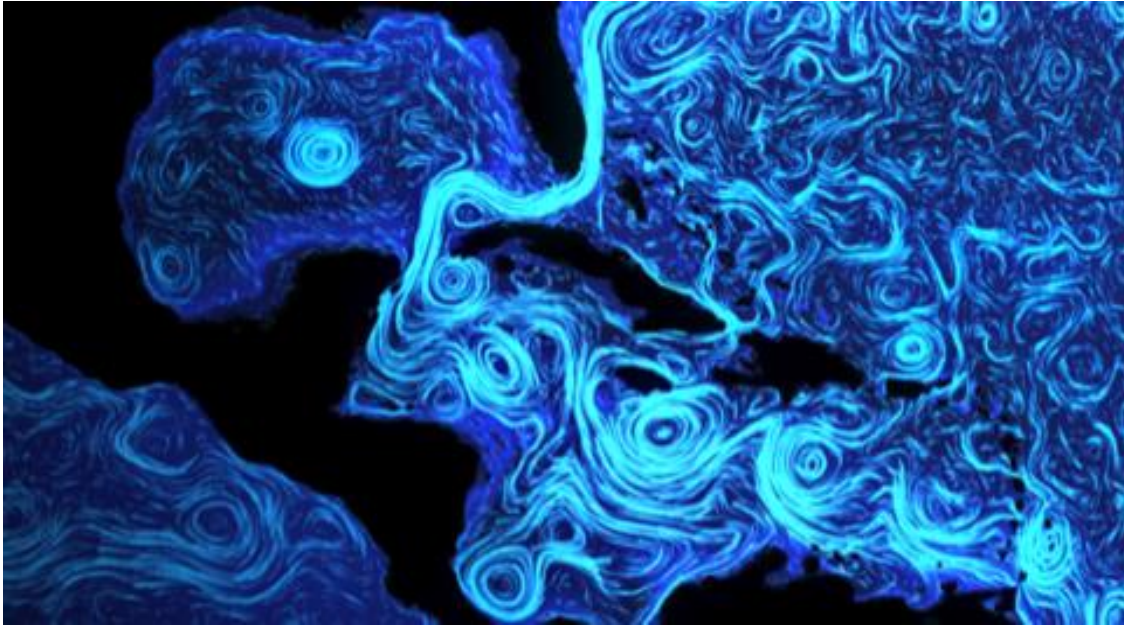
Wissenschaftliche Innovation

- Erstmals Beobachtungen von sauerstoffarmen Wirbeln und Tiefenwasserbildung mit sehr hoher Auflösung

Gesellschaftliche Relevanz

- Die Rolle von Ozeanwirbeln für die Ozeanzirkulation und verbesserte Klimavorhersagen
- Einfluss der Wirbel auf die Produktivität der Meere

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Fragen?