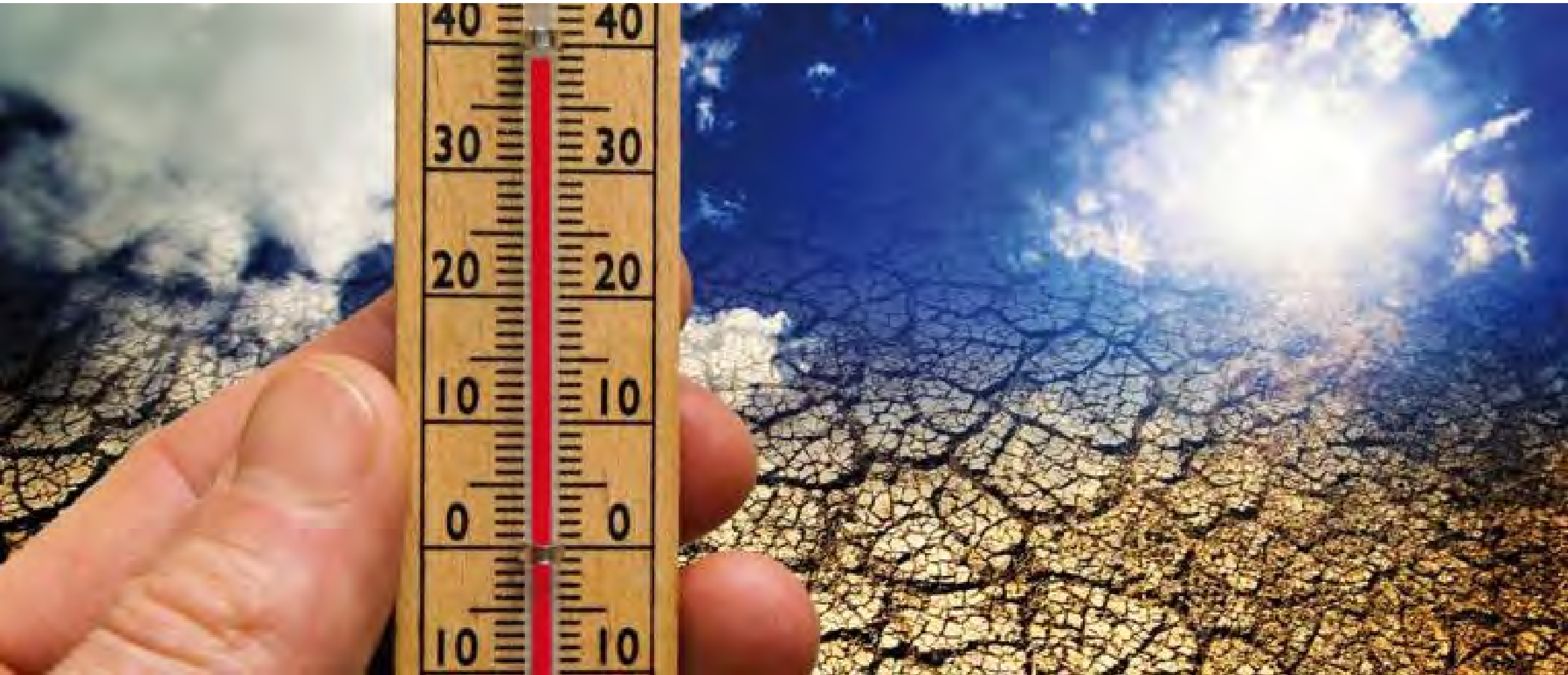




# Die Vermessung des Klimawandels

Harald Sternberg

# Klimawandel spürbar? Klimawandel messbar?



# Agenda

1

Bestimmung der Meereisdicke mit akustischen Sensoren (Arktis)



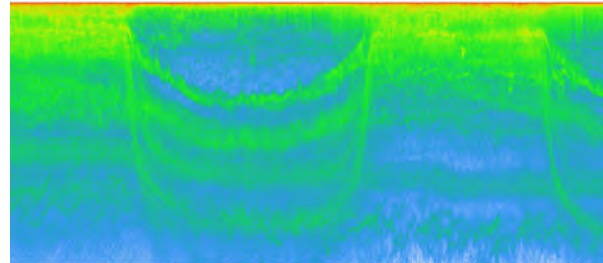
2

Quantitative Habitatkartierung im Weddellmeer (Antarktis)



3

Bewegungen des Zooplanktons im Meer (Atlantik, Pazifik)



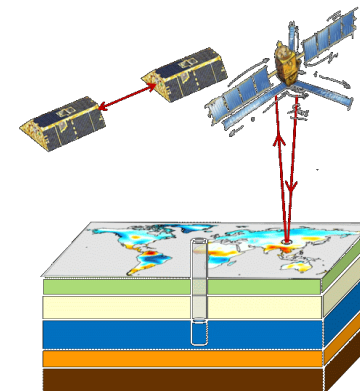
4

Problem: Gewässerzustand in Deutschland



5

Ausblick



# 1. Arktis

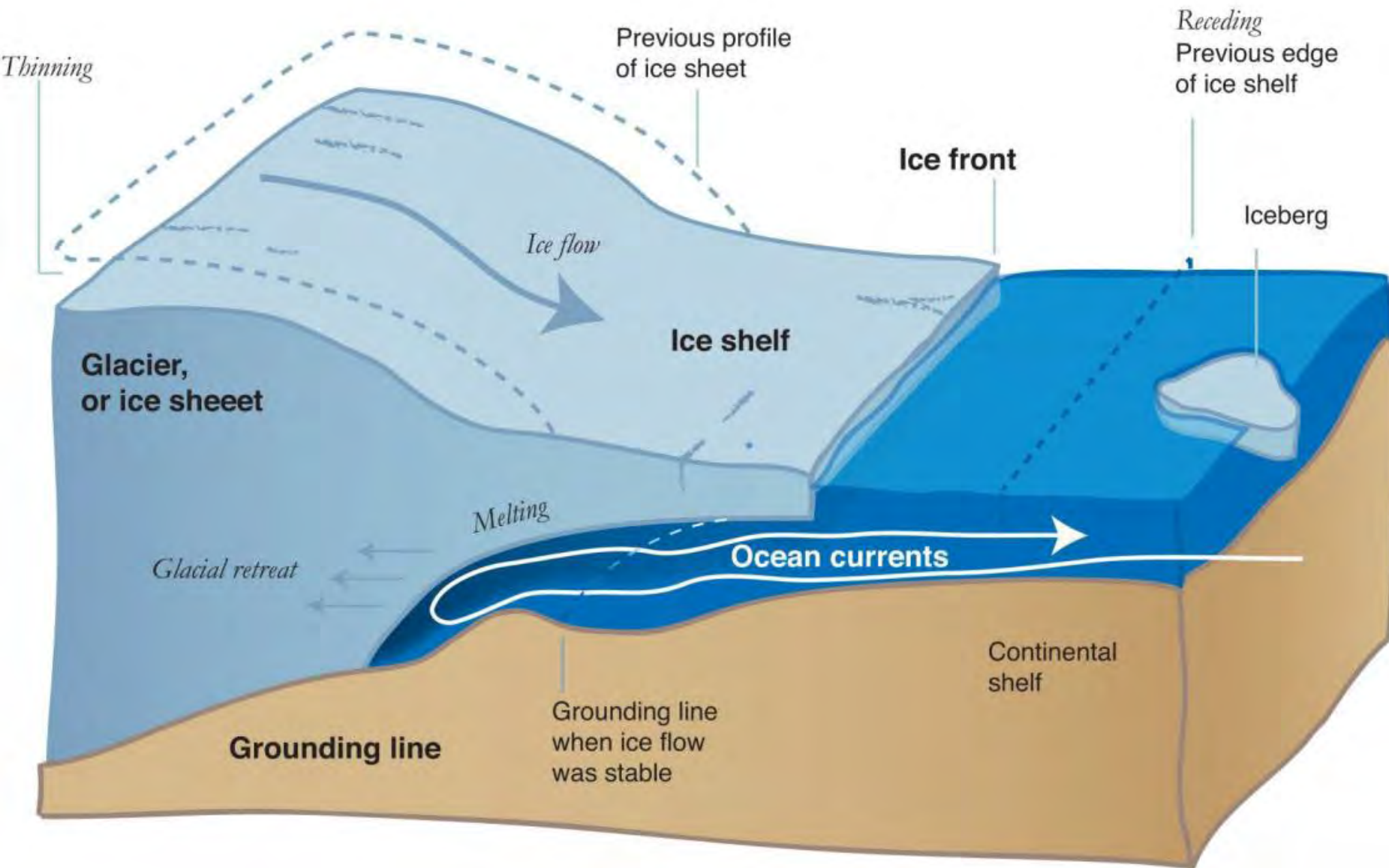
## Bestimmung der Meereisdicke mit akustischen Sensoren (Arktis)

Ellen Werner, MSc HCU

In Kooperation mit der Meereis Forschungsgruppe  
am Institut für Meereskunde, Universität Hamburg

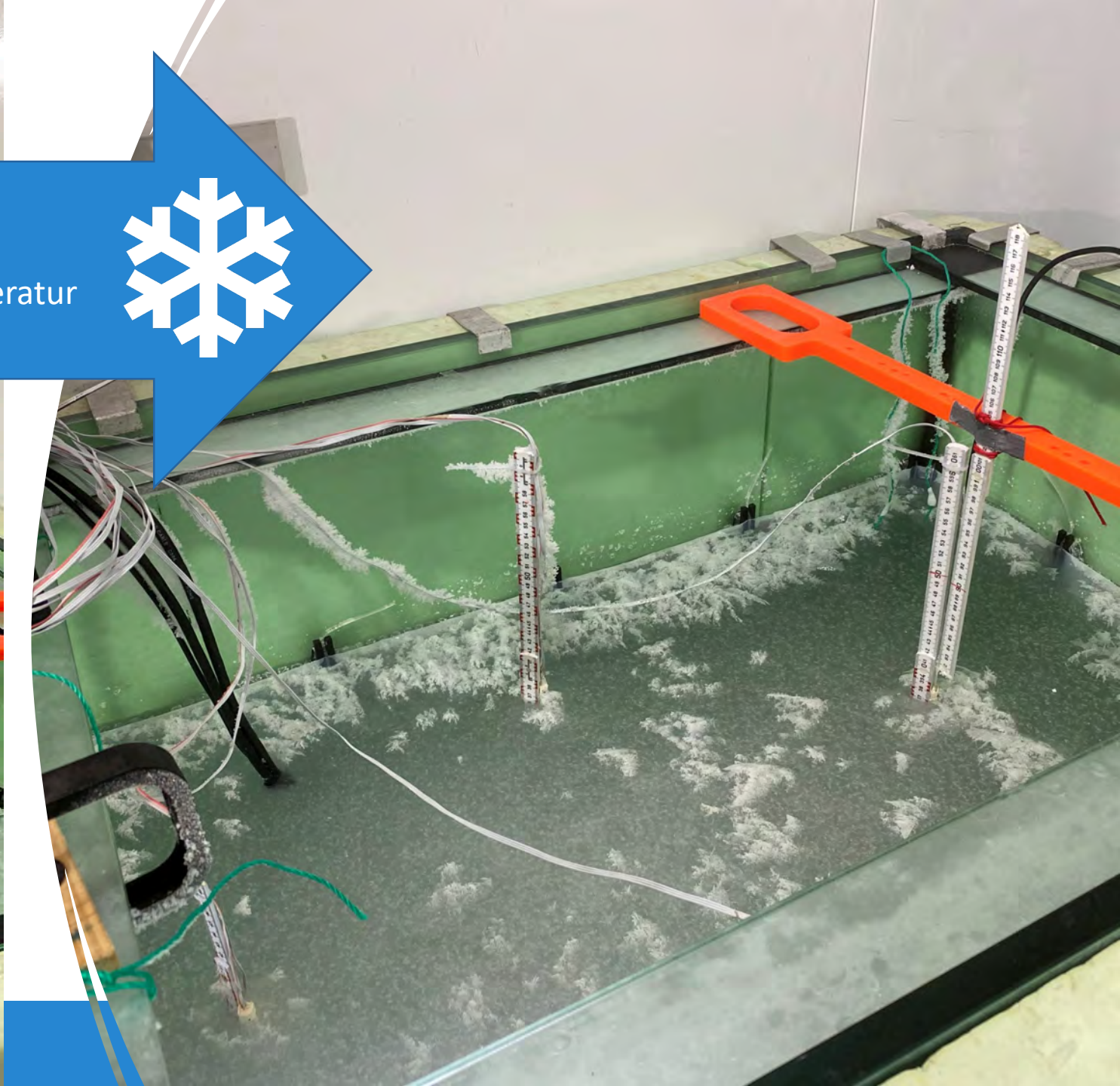
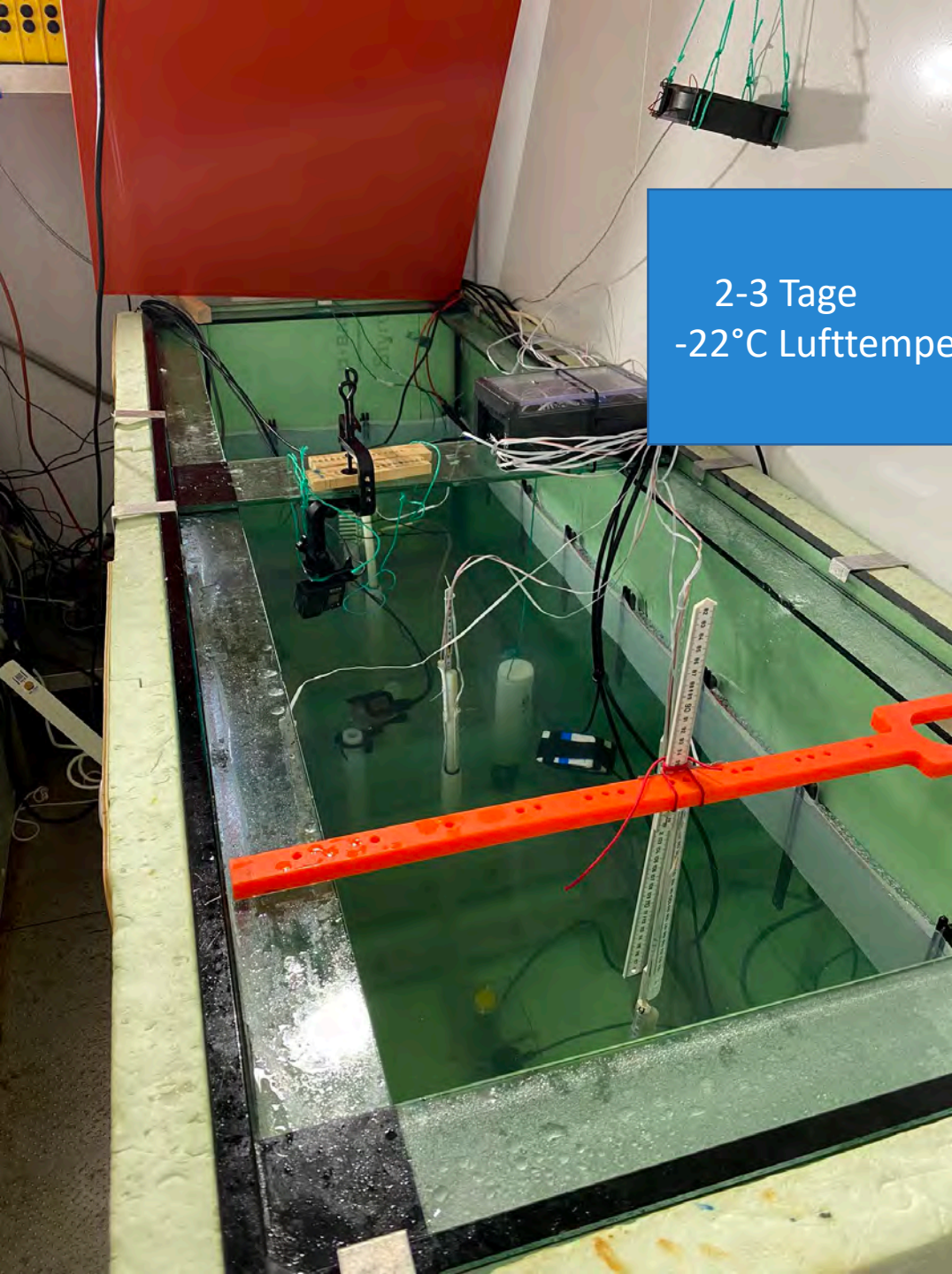
# Messung von Meereisdicken



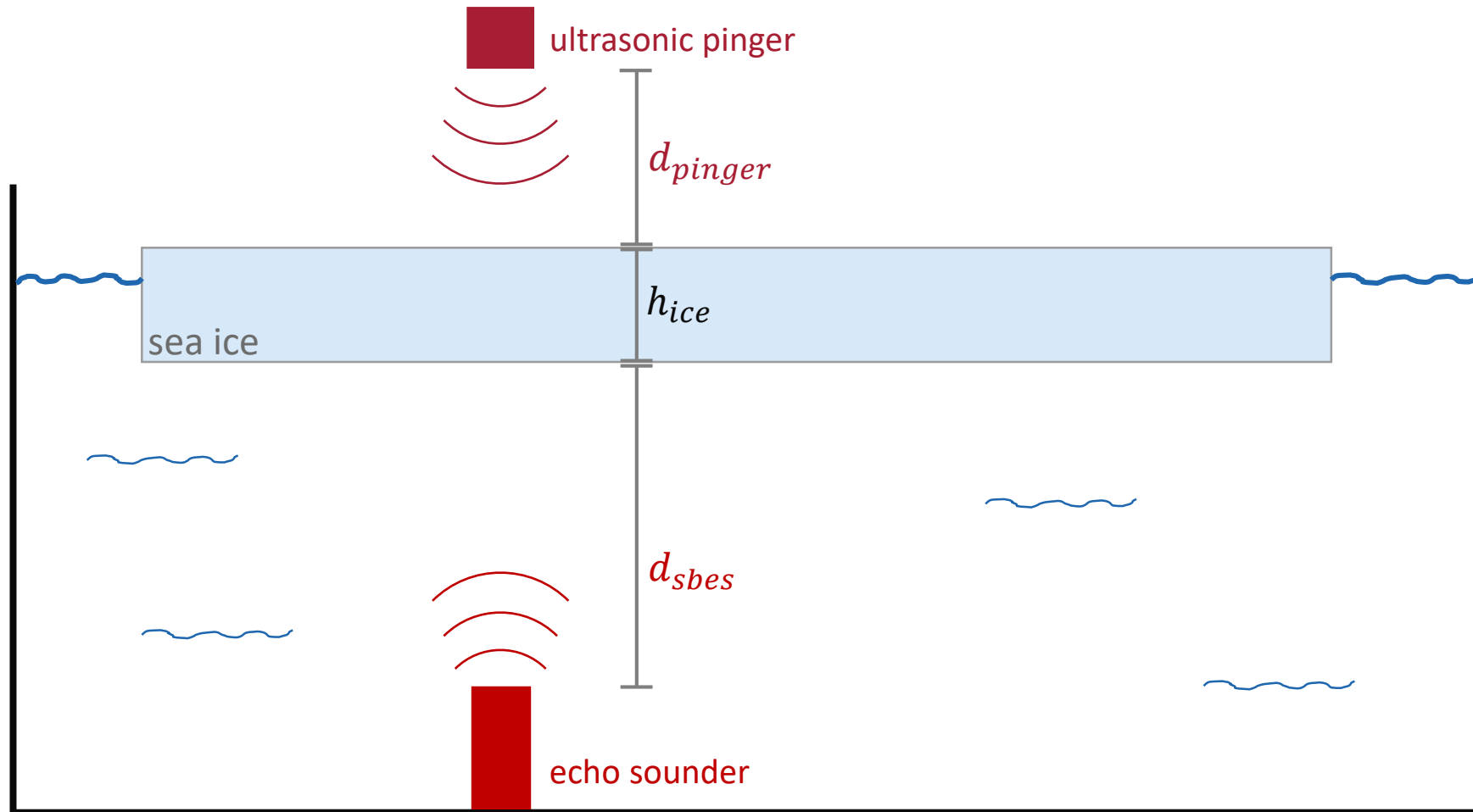


— Credit: NSIDC, NASA

2-3 Tage  
-22°C Lufttemperatur

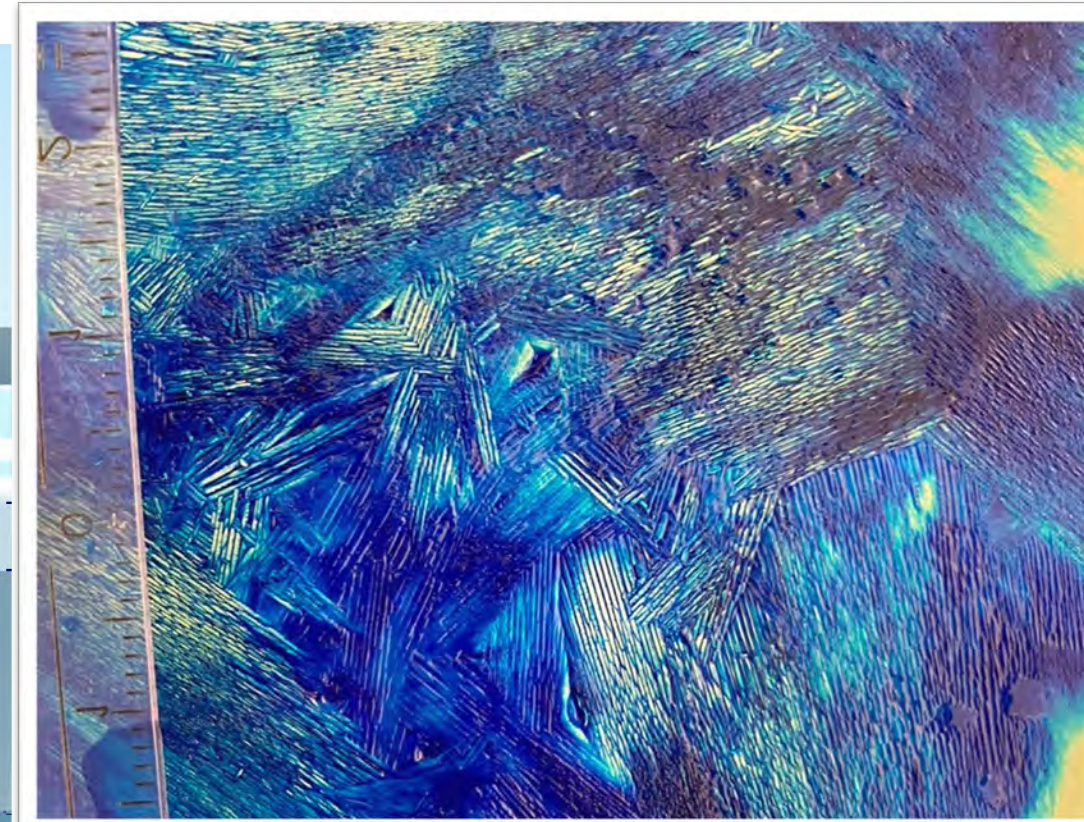
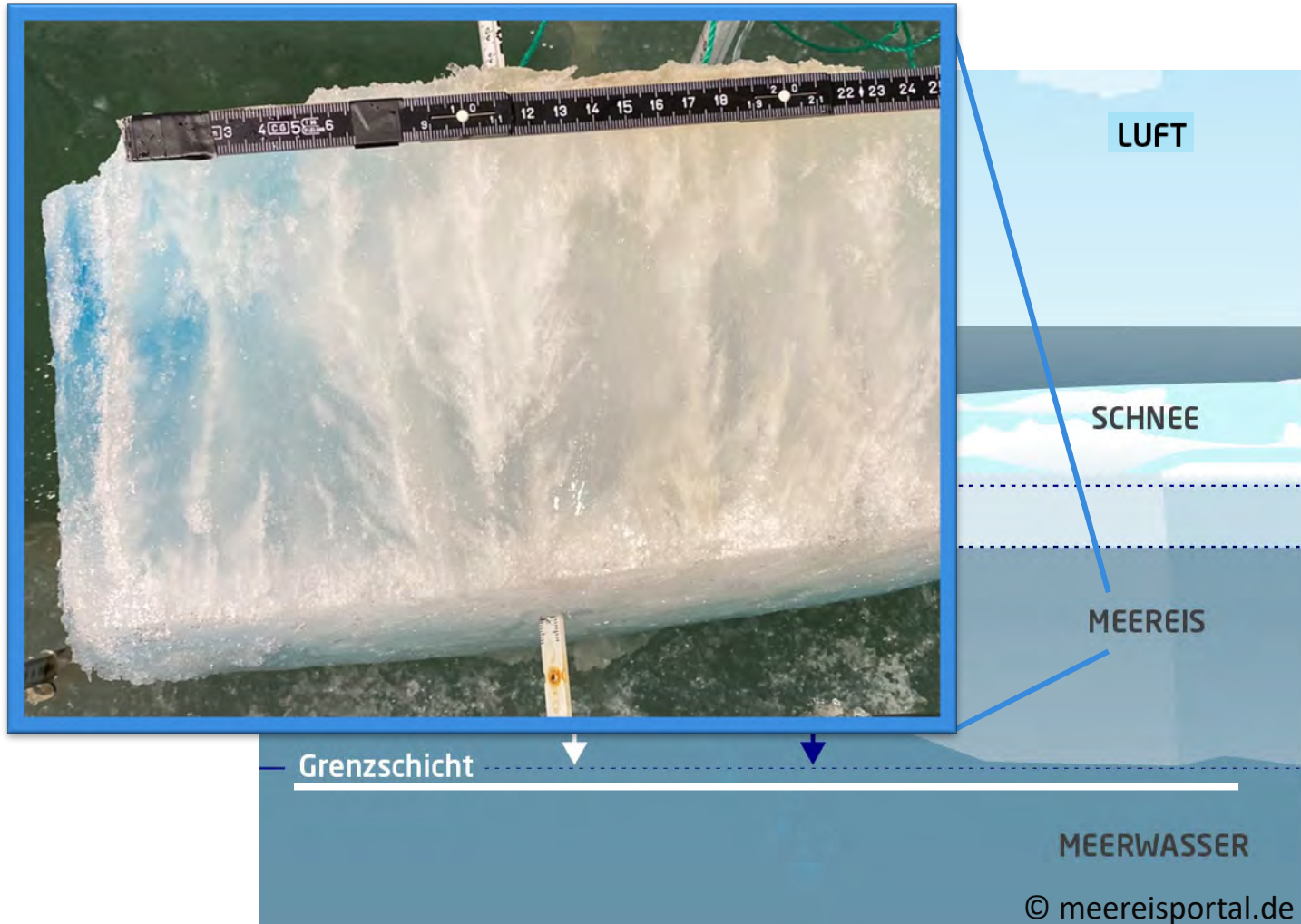


# Idee

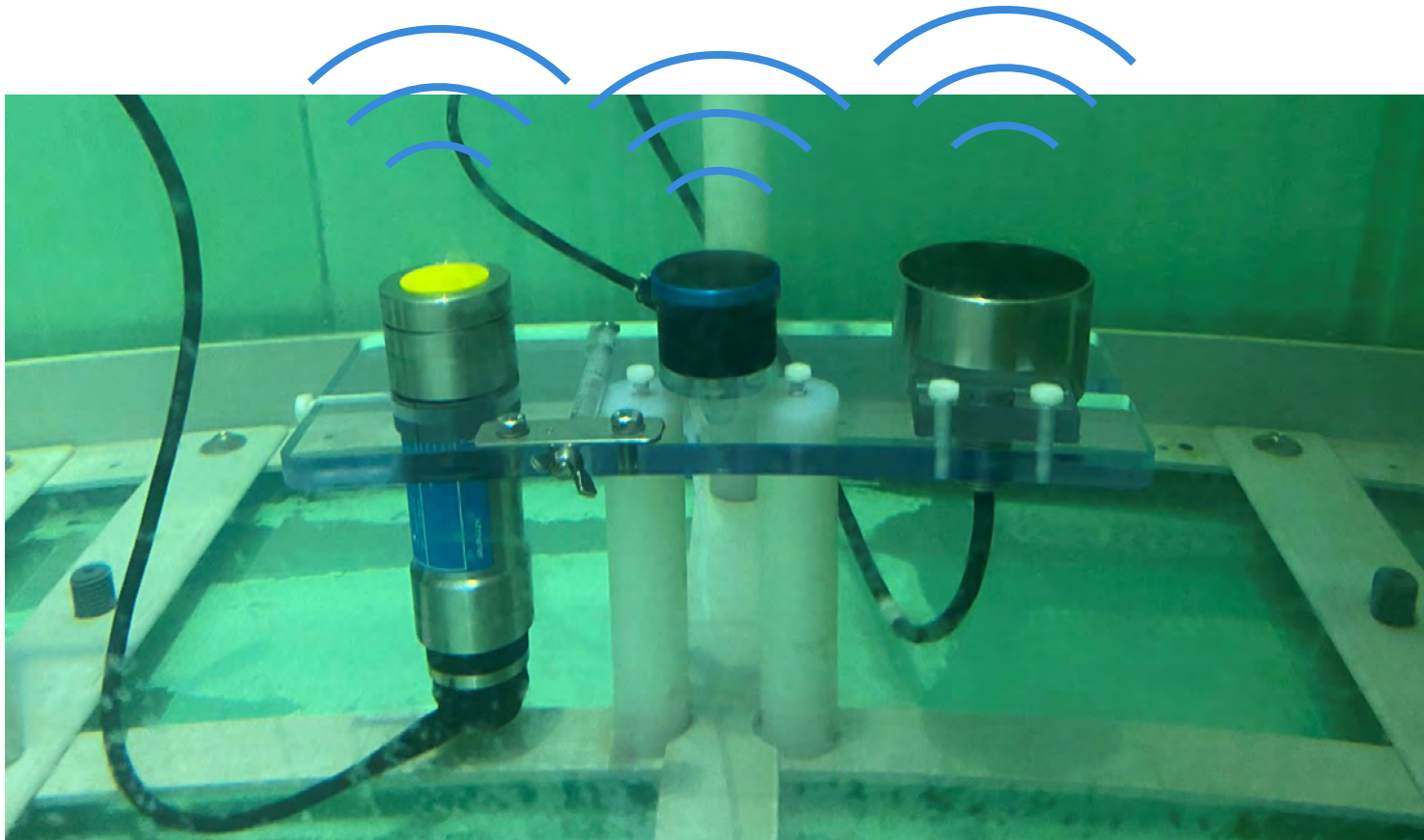


©: Ellen Werner

# Meereis Terminologie und Eigenschaften



# Hauptkenntnisse aus Versuchen



- Alle Echolote erkennen Wachstum und Rückgang des Meereises
  - Aber:  
Alle Echolote produzieren Ausreißer und fehlerhafte Entfernungsmessungen
- ➔ Es sind weitere Untersuchungen nötig, bevor diese Sensoren zuverlässig eingesetzt werden können

# 2. Antarktis

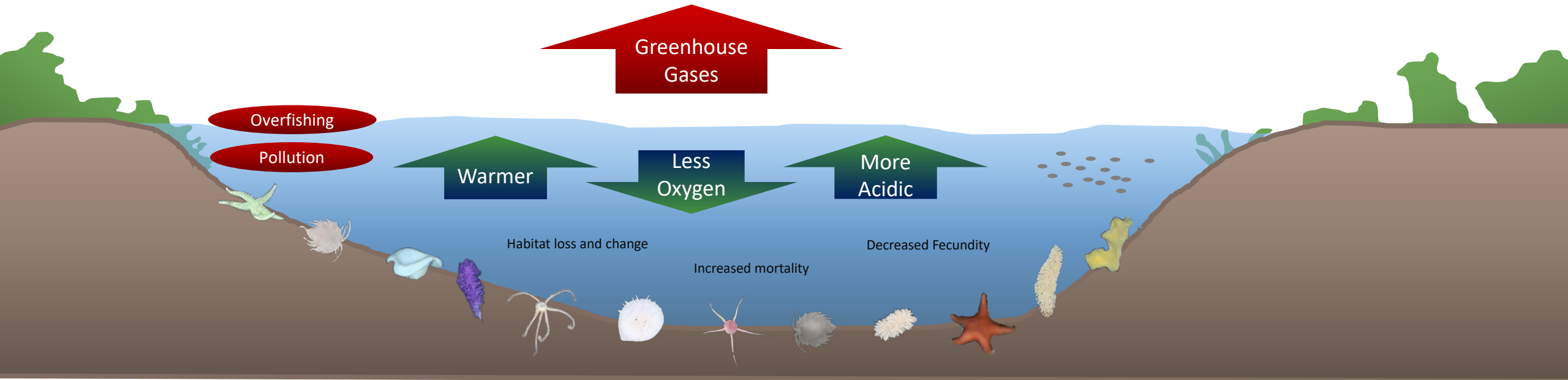
## Quantitative Habitatkartierung im Weddellmeer

Mona Lütjens, MSc HCU

In Kooperation mit dem Alfred-Wegener-Institut,  
Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung  
(AWI), Bremerhaven

# Quantitative Habitatkartierung im Weddellmeer





## Motivation

- Verteilung und Zusammensetzung der benthischen Lebensformen
- Veränderung der Fauna

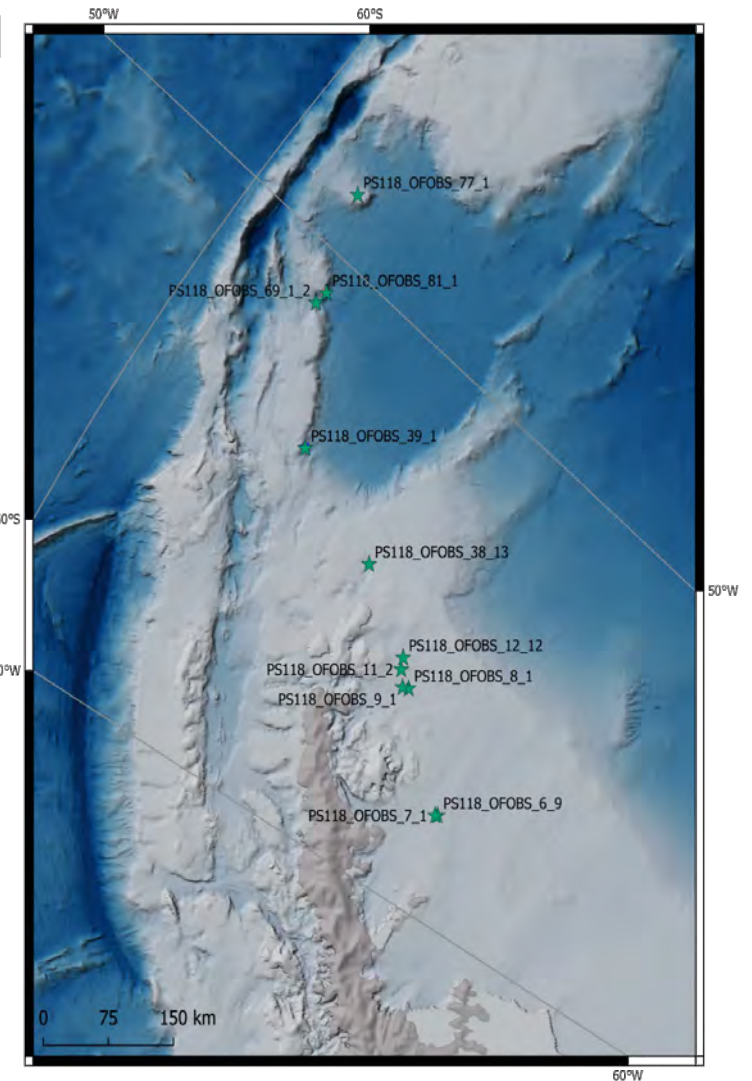
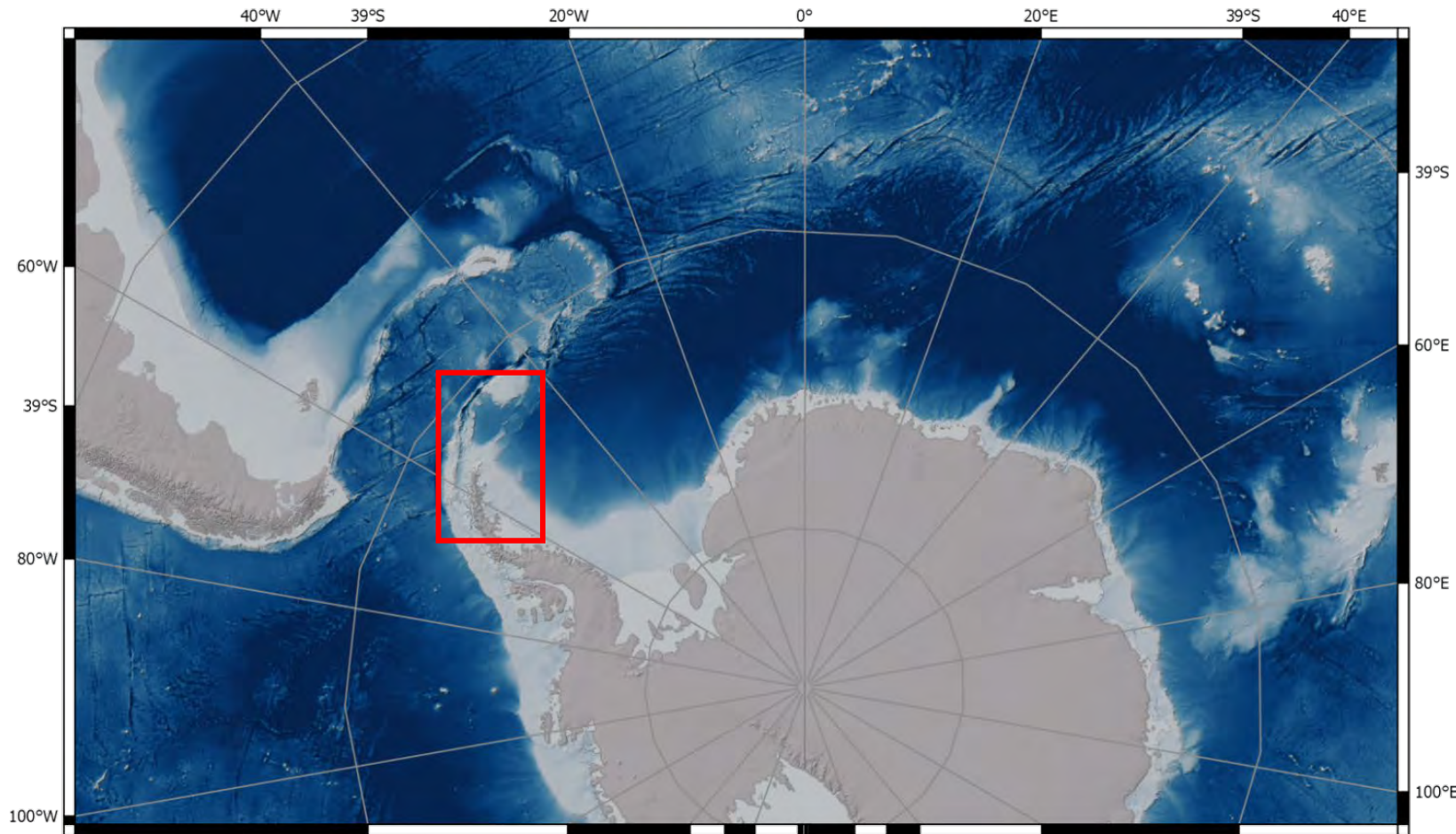
## Ziel

- Schnellere Auswertung von Bilddaten
- Automatische Detektion von Tierarten
- Automatische Erfassung der Tiergröße
- Prognose zur derzeitigen Verteilung im Weddellmeer

©: Mona Lütjens

# Expedition PS118

- Untersuchungsgebiet: Weddellmeer – Antarktische Halbinsel



©: Mona Lütjens



# OFOBS – Ocean Floor Observation Bathymetry System

## Sensoren für Positionierung

- INS (PHINS), USBL, DVL, Drucksensor

## • Optische Sensoren

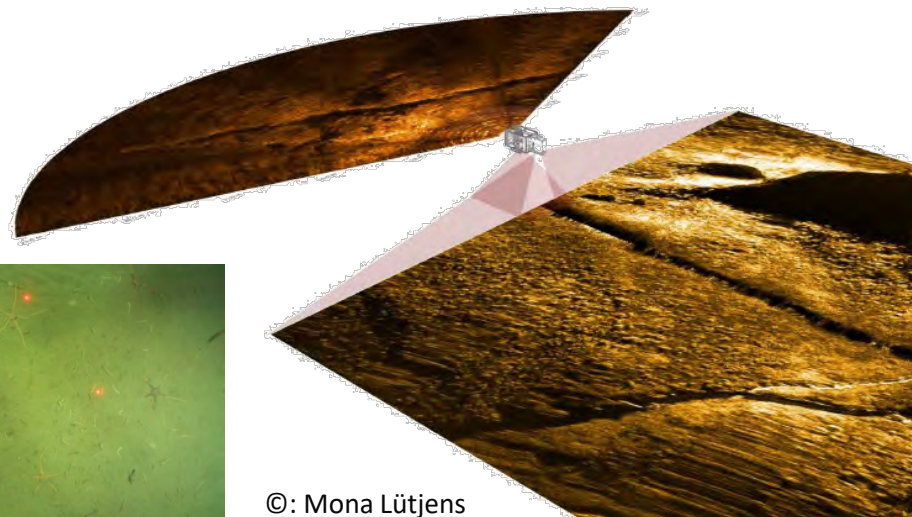
- Photokamera (Bild alle 20 s + Hotkey)
- Videokamera (25 FPS)

## • Akustische Sensoren

- Sidescan Sonar (ca. 40 m range)
- Forward Looking Sonar

## Daten

- 60 h Videodaten
- 15.658 Fotos



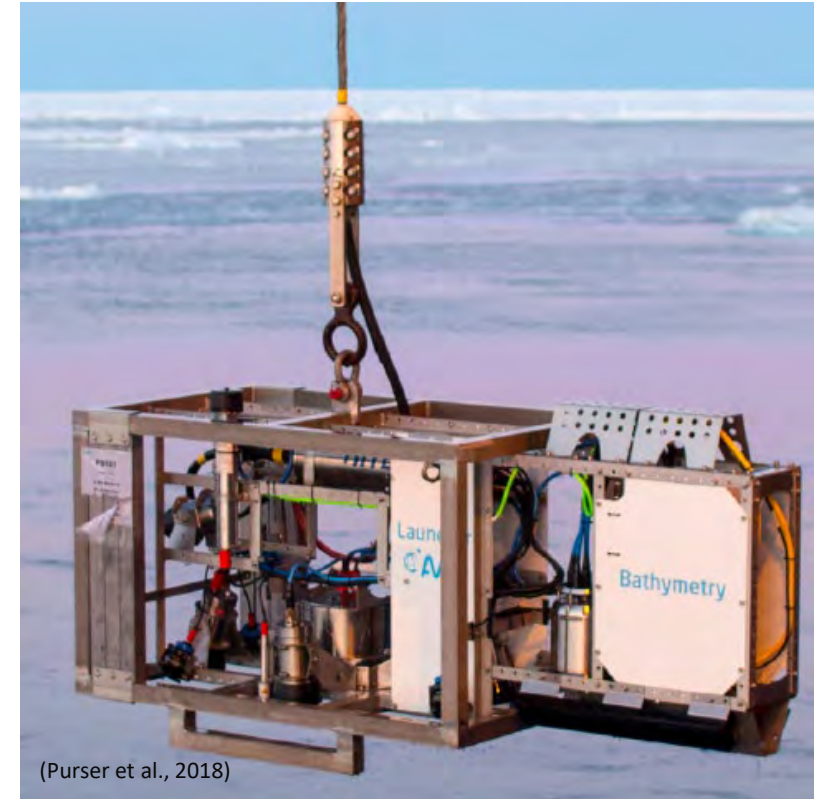
Foto



Video



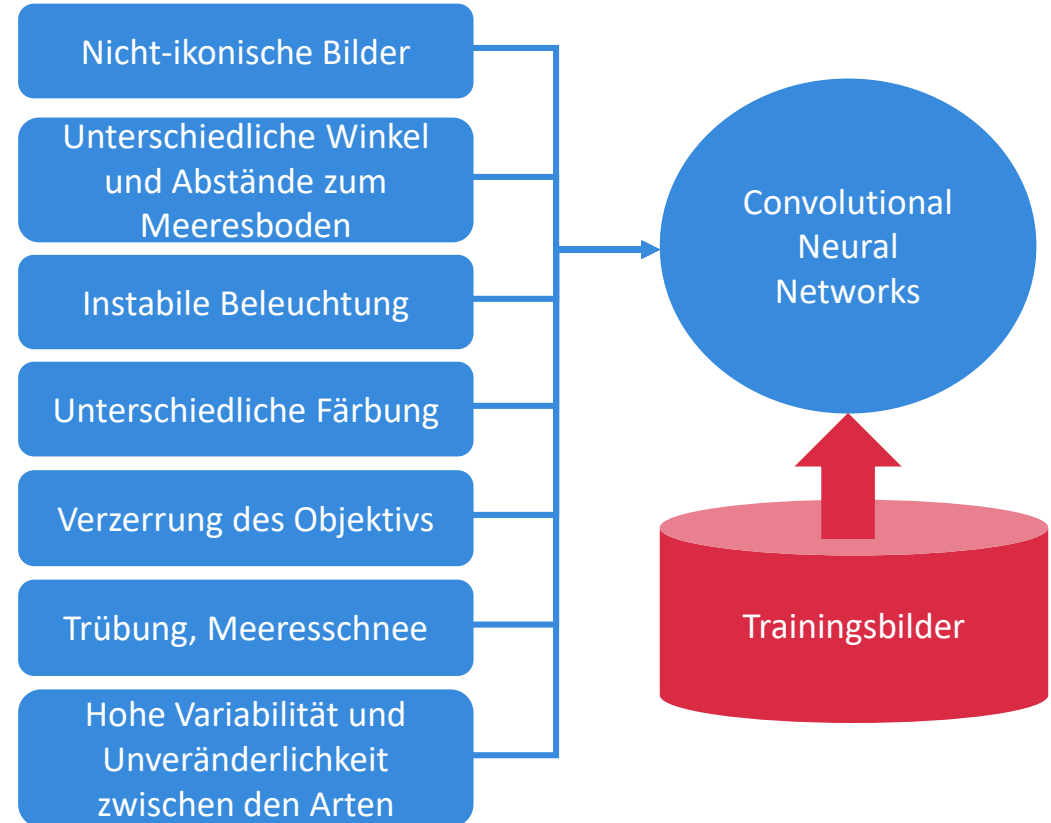
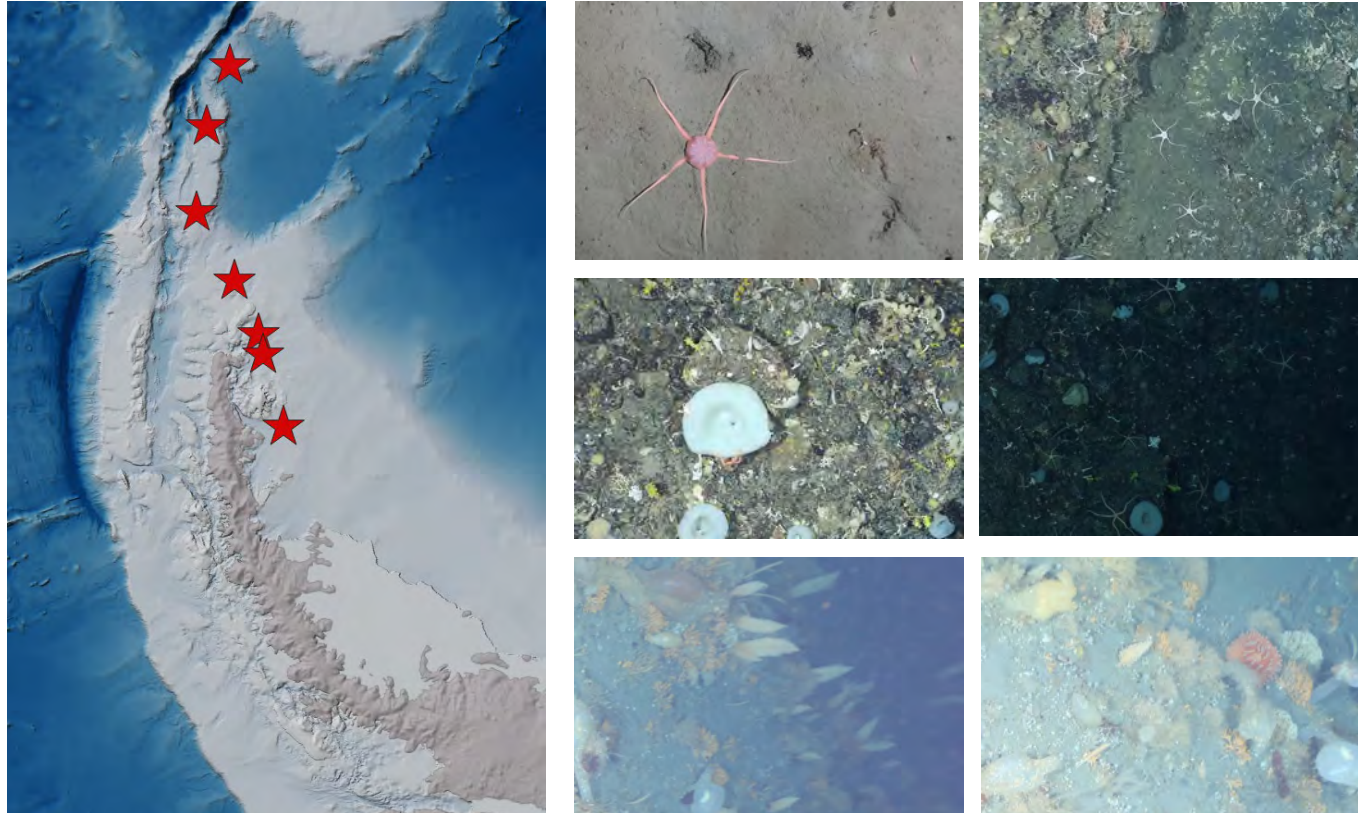
©: Mona Lütjens



(Purser et al., 2018)

# Methodik

## - Probleme von Unterwasserbildern

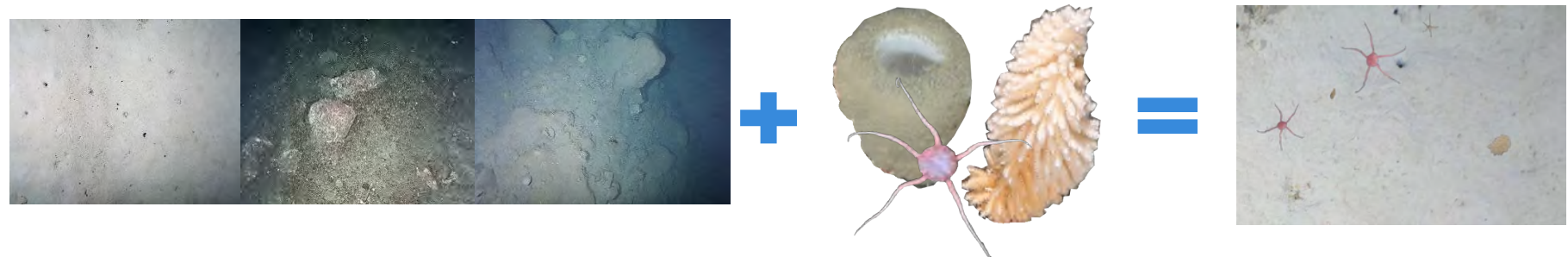
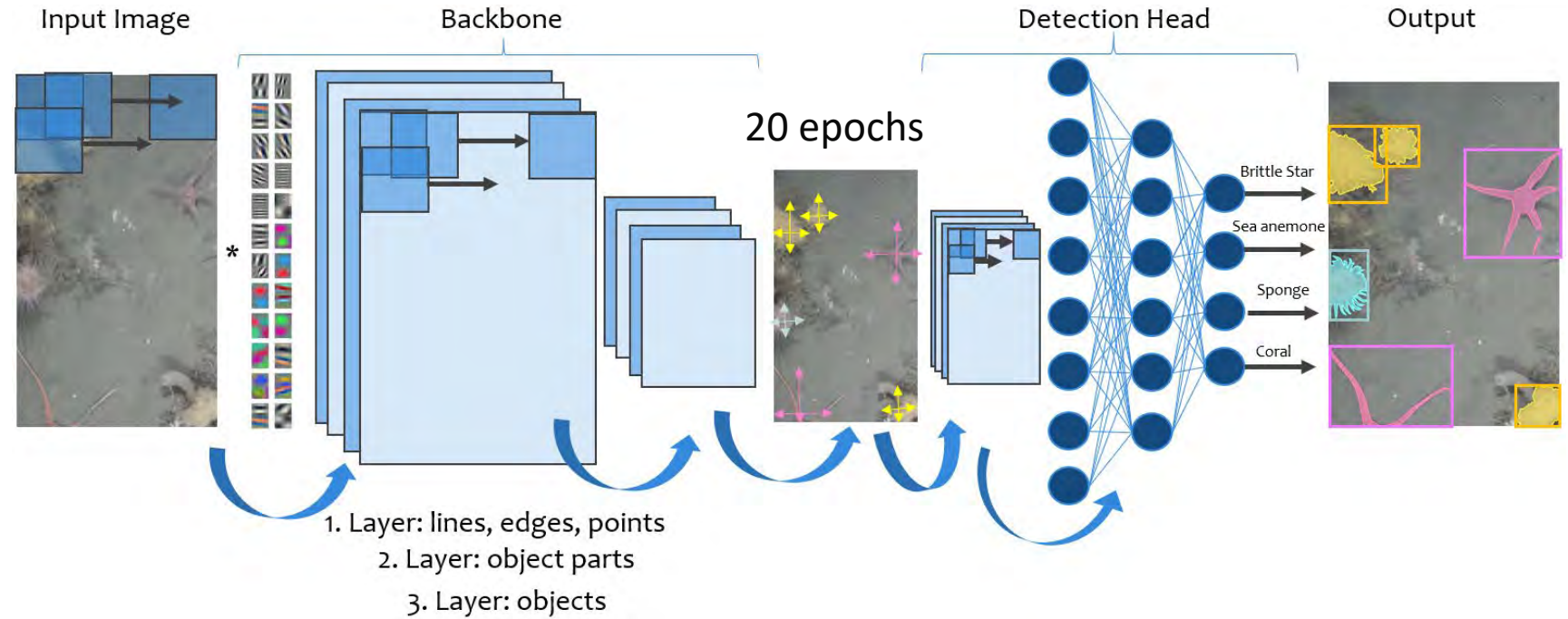
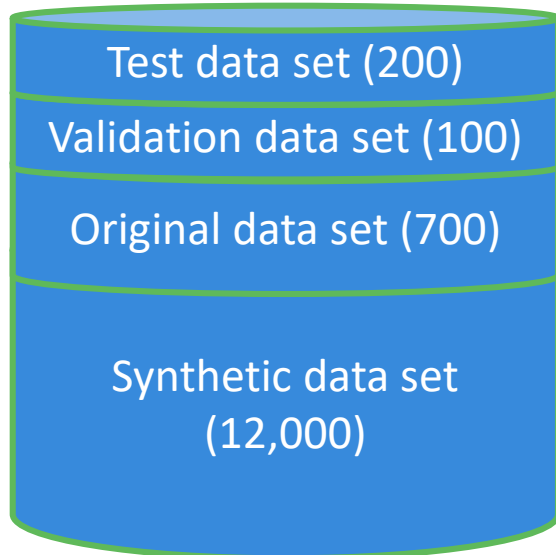


©: Mona Lütjens

# Deep Learning

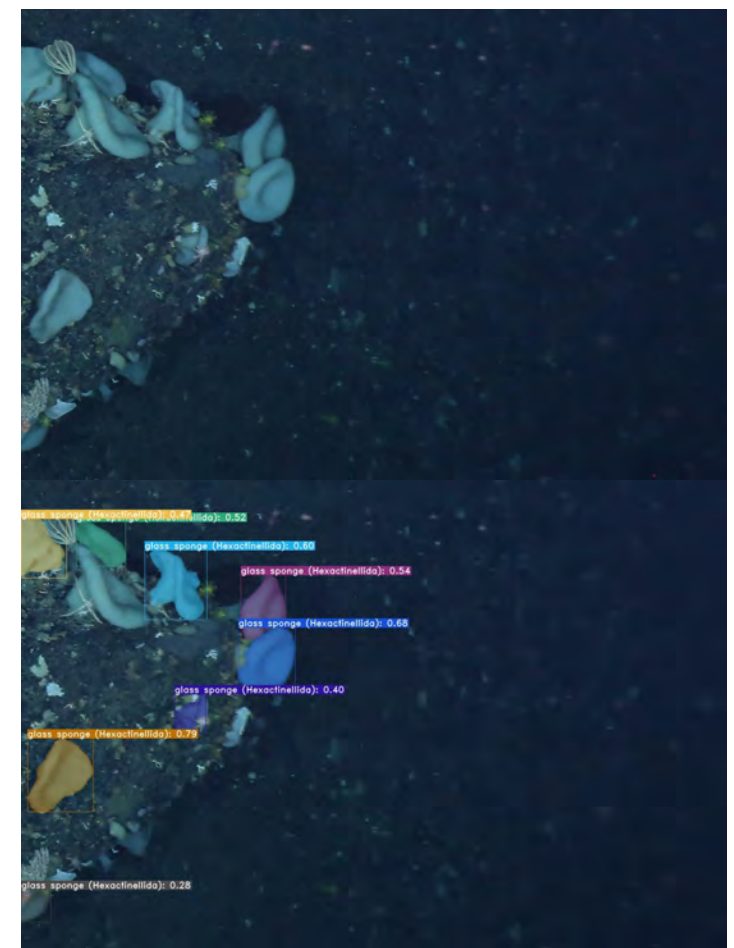
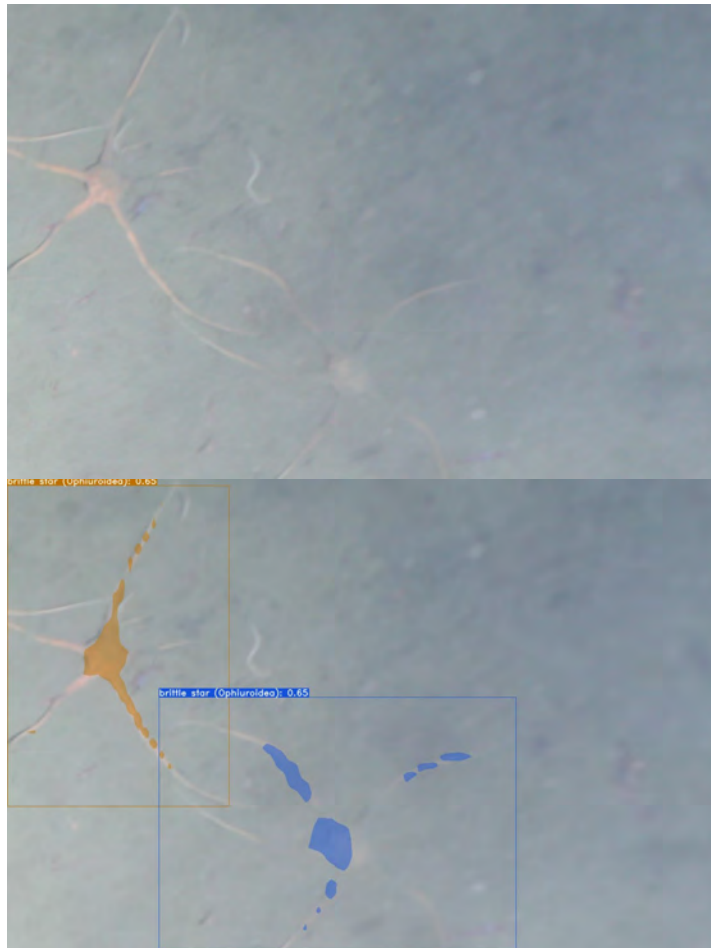
## - Training

CenterMask – ResNeXt-101



# Ergebnisse

## - Qualitativ



©: Mona Lütjens

## - Quantitativ

		Predicted				Recall
		Glass Sponges	Soft Corals	Brittle Stars	Background	
Ground truth	Glass Sponges	58	0	0	24	70.1
	Soft Corals	0	38	0	3	92.7
	Brittle Stars	0	0	591	82	87.8
	Background	18	11	6		
Precision		76.3	77.6	99.0		Accuracy: 73 %

Genauigkeit: Weichkorallen 73 %, Schlangensterne 87 %, Glasschwämme 58 %

Verbesserung durch Datenerweiterung (synthetische Daten) und Beseitigung des Klassenungleichgewichtes.

## Ausblick & zukünftige Arbeiten

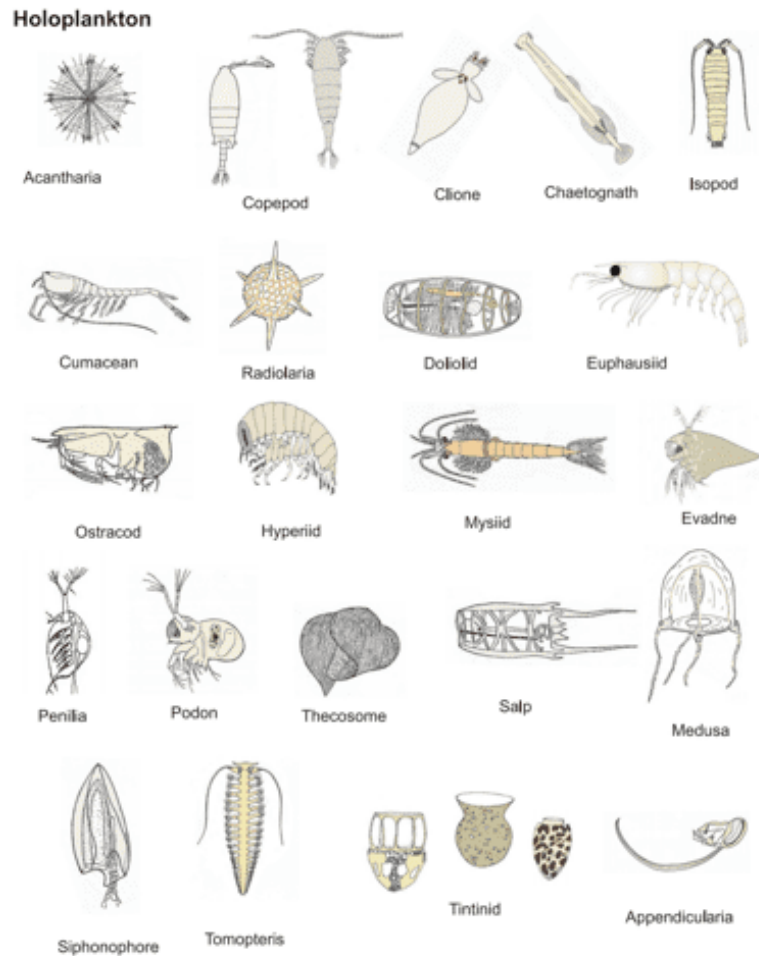
- Doppelzählungen der Tiere analysieren (sind Doppelzählungen relevant?)
- Wie ist die Verteilung benthischen Arten an den einzelnen Probenahmestationen?
- Welche Veränderungen können im Vergleich zu älteren Datensätzen analysiert werden?
- Welche ökologischen oder biologischen Parameter könnten die Verteilung benthischer Arten im nordwestlichen Weddellmeer beeinflussen?

# 3. Atlantik, Pazifik

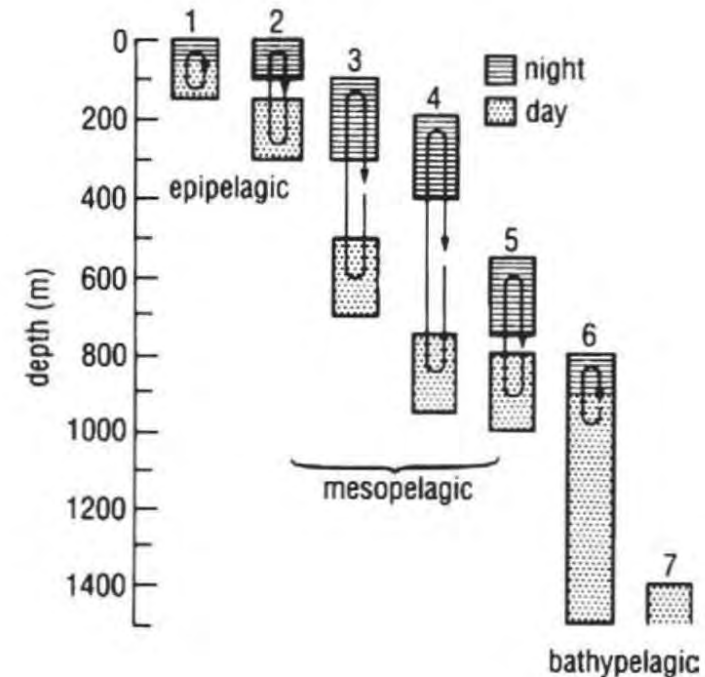
## Bewegungen des Zooplanktons im Meer

Bertrand Lobo, Dilip Adhikari, MSc HCU  
Mit Masterarbeiten HCU Hamburg

## Size classes of zooplankton (Hobday et al., 2006)

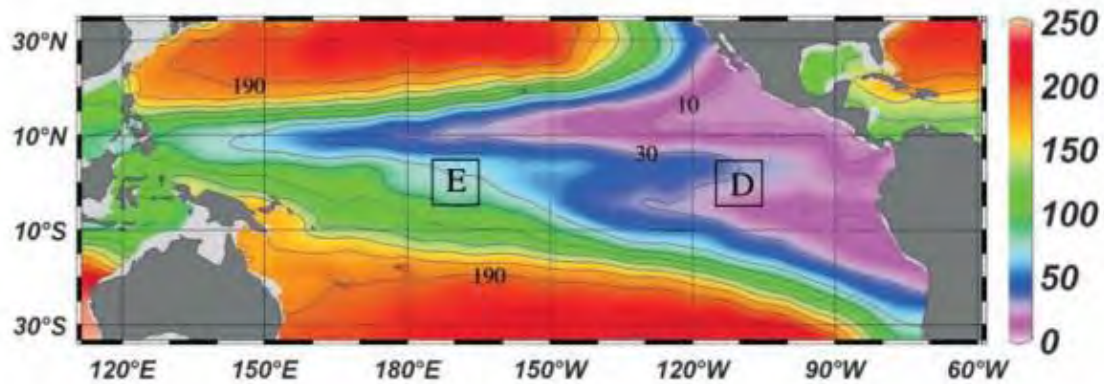
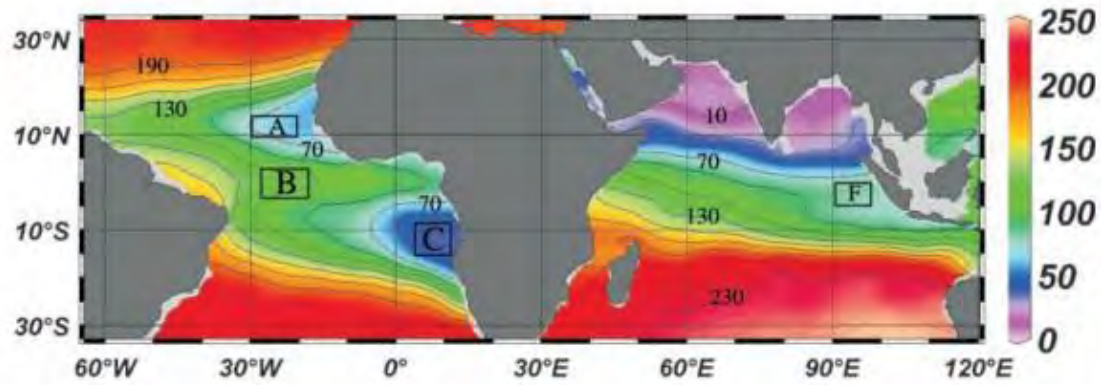


Size class	Size range	Representative organisms
Microzooplankton	20 – 200 $\mu\text{m}$	Small stages of copepods, foraminifera
Mesozooplankton	0.2 – 20 mm	Amphipods, appendicularians, chaetognaths, copepods, thaliaceans (doliolids and salps)
Macrozooplankton	20 – 200 mm	Euphausiids, heteropods, jellyfish, larval fish, mysids, pteropods, solitary salps
Megazooplankton	> 200 mm	Jellyfish, Colonial salps

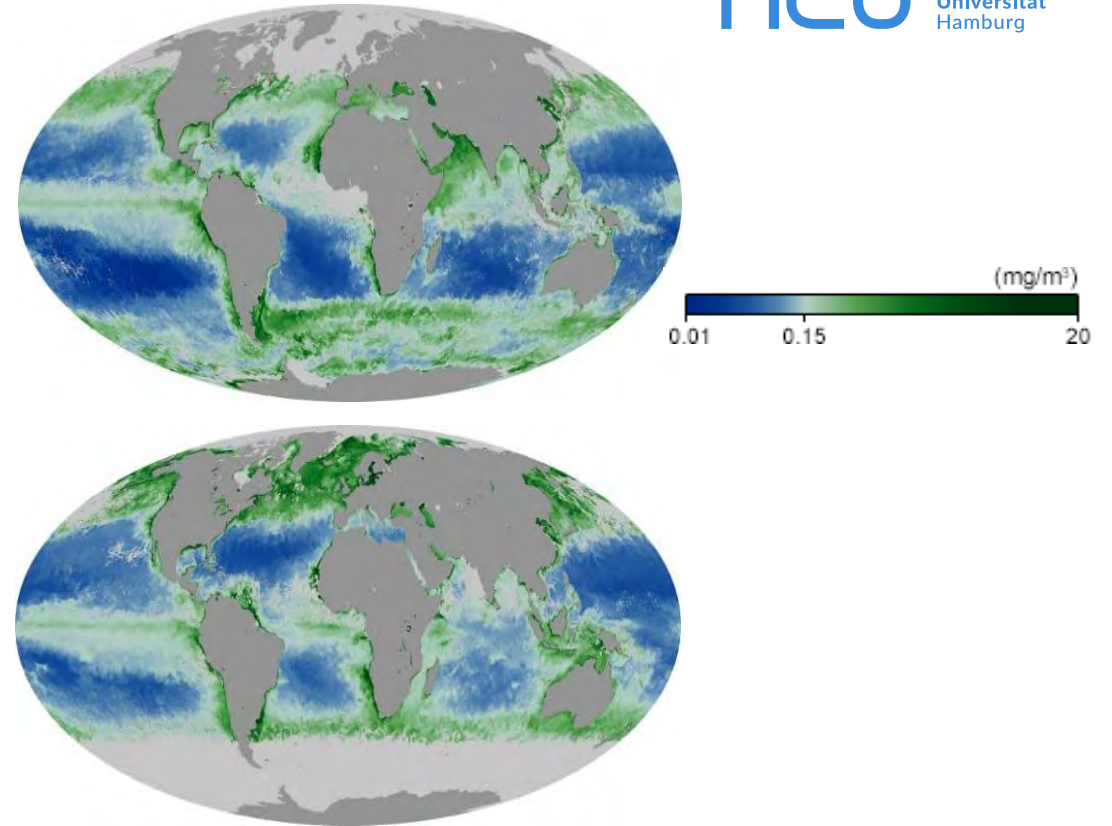


Die tageszeitliche Wanderung von Garnelen, die verschiedene vertikale Zonen bewohnen. Die gestrichelte und die schraffierte Fläche zeigen die Tiefenbereiche der wichtigsten Tages- bzw. Nachtkonzentrationen der verschiedenen Gruppen (Lalli & Parsons, 1997).

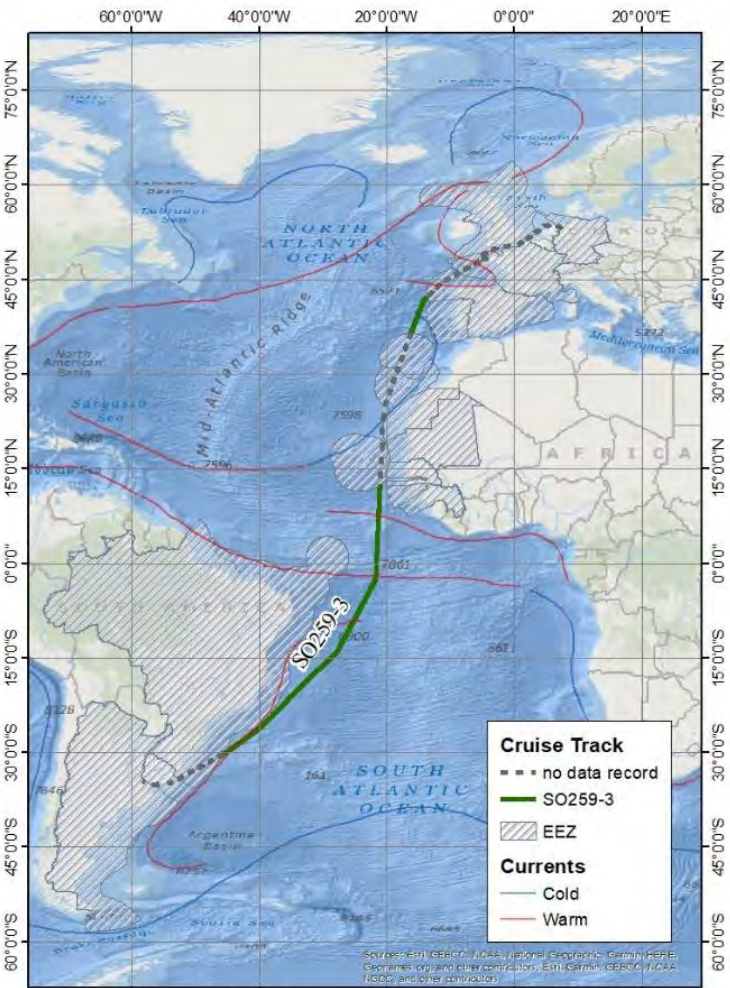
Variety of holoplanktic types of zooplankton (Patil, 2021)



Klimatologische mittlere Konzentration von gelöstem Sauerstoff in 400 m Tiefe im Atlantik, im Indischen Ozean (oben) und im Pazifischen Ozean (unten) (Stramma et al., 2008)

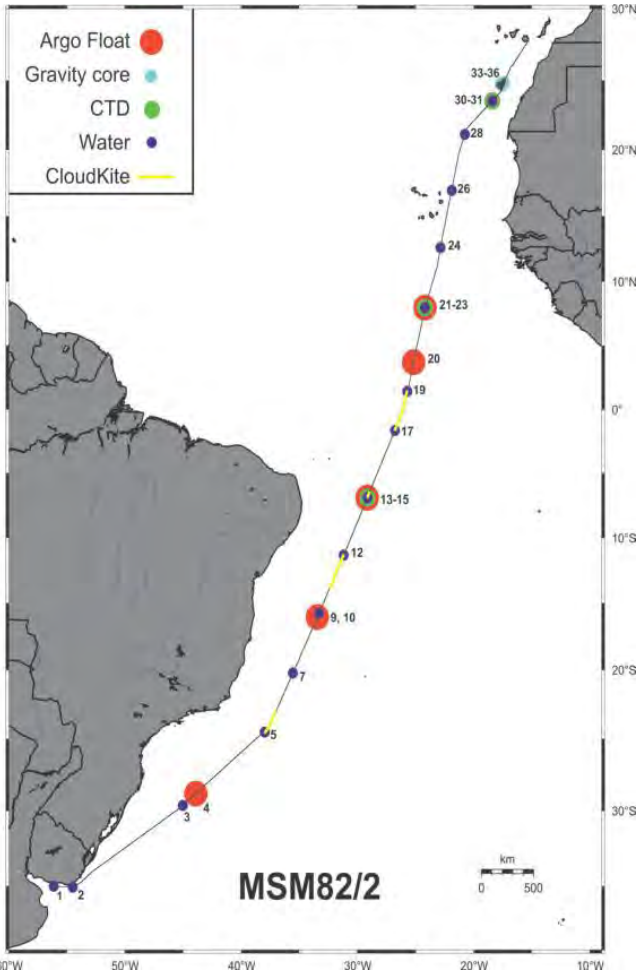


Chlorophyllkonzentration in den Ozeanen im Januar 2018 (oben) und Juni 2019 (unten) (NASA Earth Observatory, n.d)



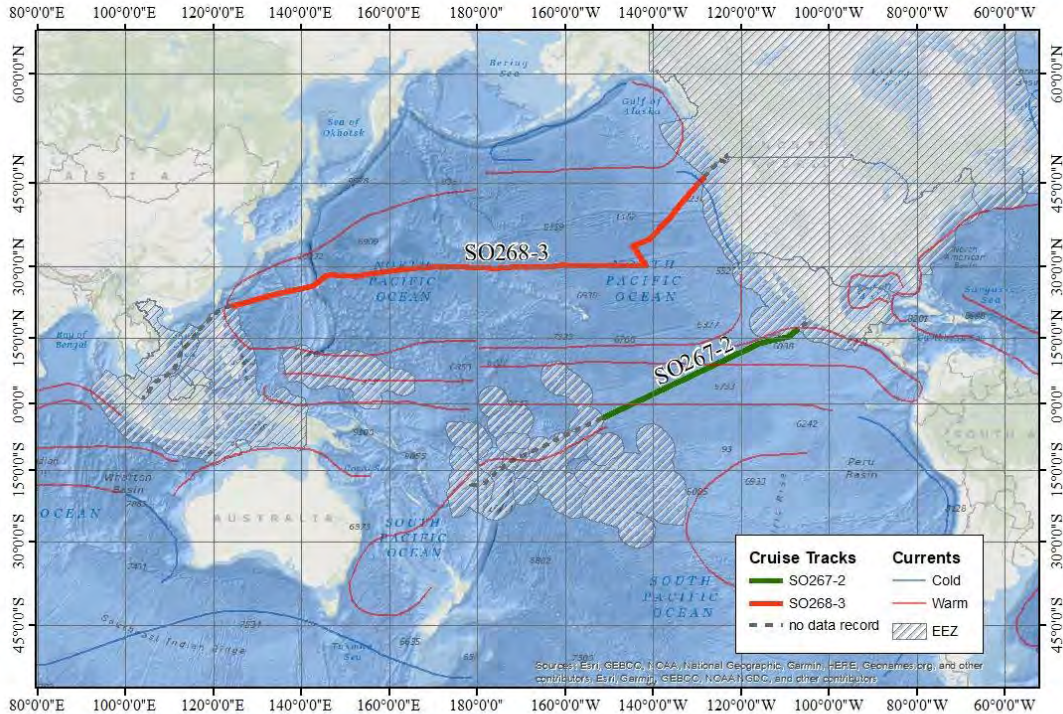
Map reference: Esri, GEBCO, NOAA, National Geographic, Garmin, HERE, Geonames.org, and other contributors  
Coordinate system: WGS 1984

Map of the data record during cruise SO259-3 (Konkova, 2022)



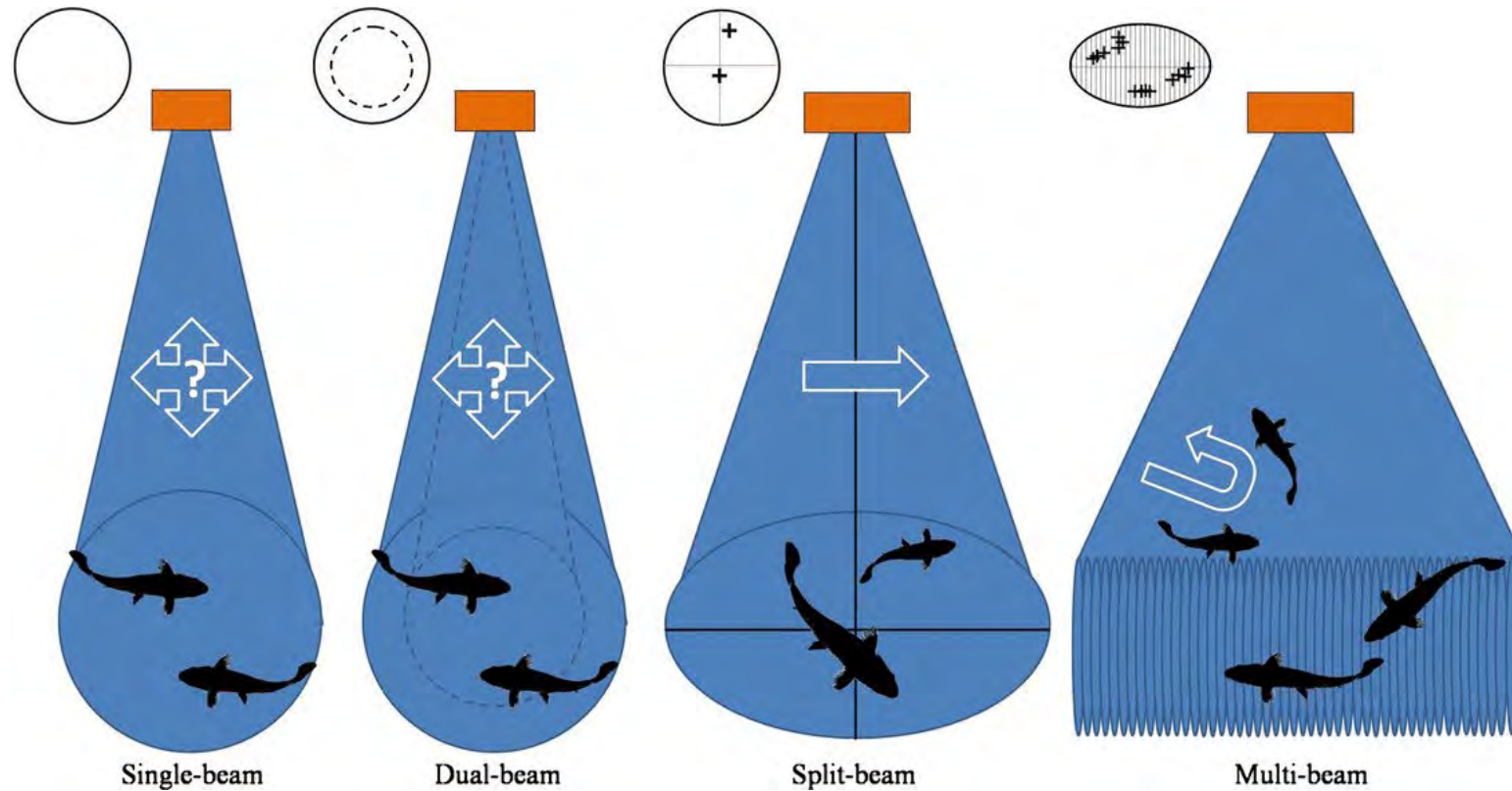
Map of the data record during cruise MSM82-2 (Krastel, n.d)

Map of the data record during cruises SO268-3 and SO267-2 (Konkova, 2022)



Map Reference: Esri, GEBCO, NOAA, National Geographic, Garmin, HERE, Geonames.org, and other contributors  
Coordinate System: WGS\_1984\_PDC\_Mercator

# Hydrographische Messverfahren

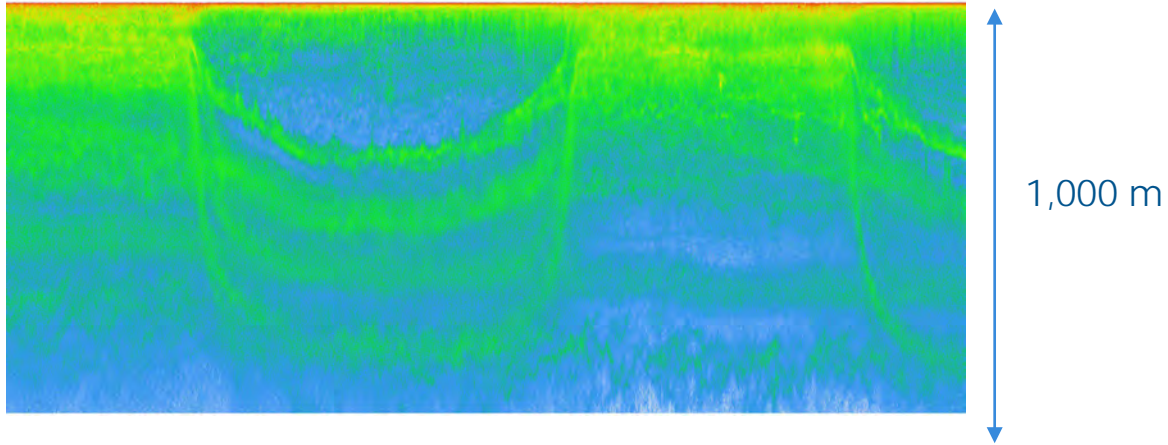


Einzel-, Doppel-, Split- und Mehrstrahl-Schwinger-Muster  
(transducer = Schallkopf) (Martignac et al., 2015)

# Water column (Zoo-plankton)

2017.12.31, 23:50 Zeitachse →

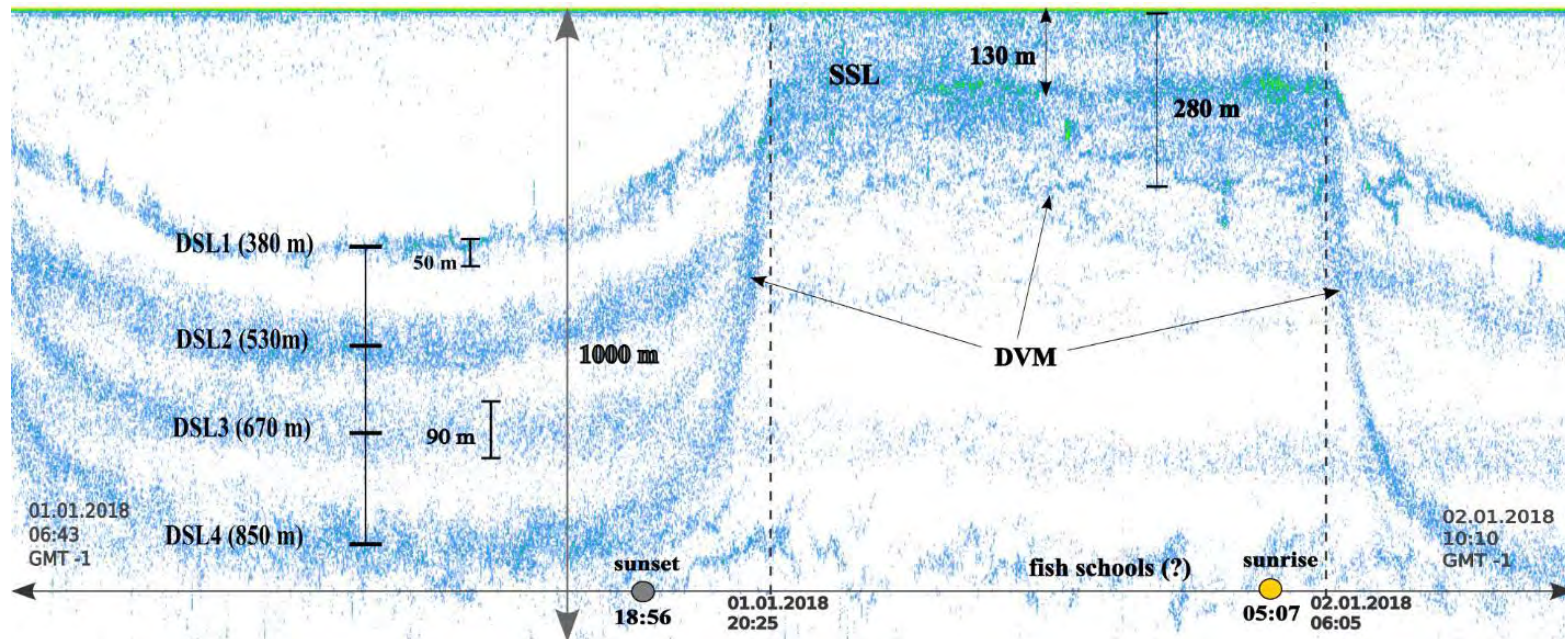
2018.01.02, 11:05



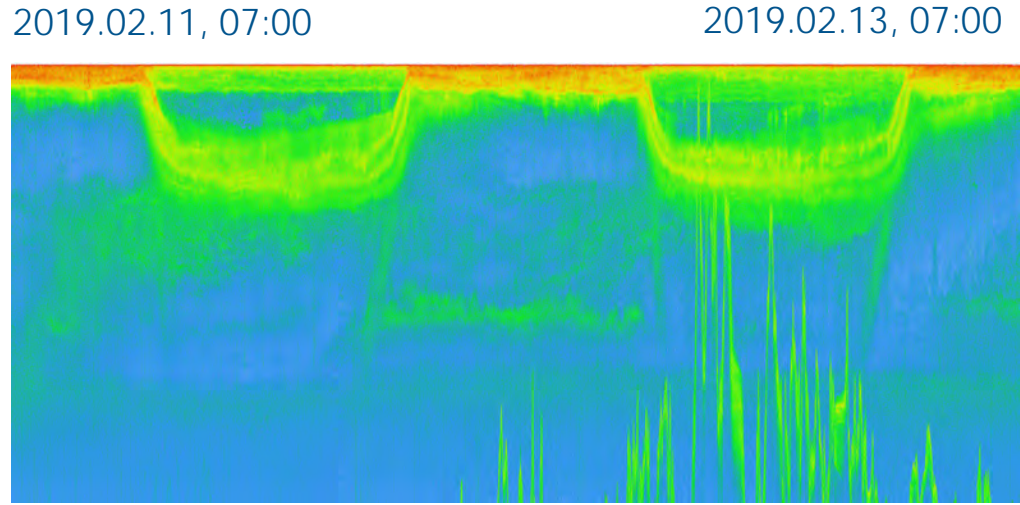
Hauptelemente der Zooplanktonverteilung in einer Wassersäule, dargestellt im Wassersäulenbild: durchschnittliche Tiefe und Breite der Streuschichten, Zeit der vertikalen Wanderung. Die WCI-Zeit entspricht dem lokalen Zeitzonensystem. SO259-3

RV Sonne transit cruise SO259-3 (Emden-BuenosAires in Atlantic Ocean)  
Kongsberg EK60 Single beam (raw data)

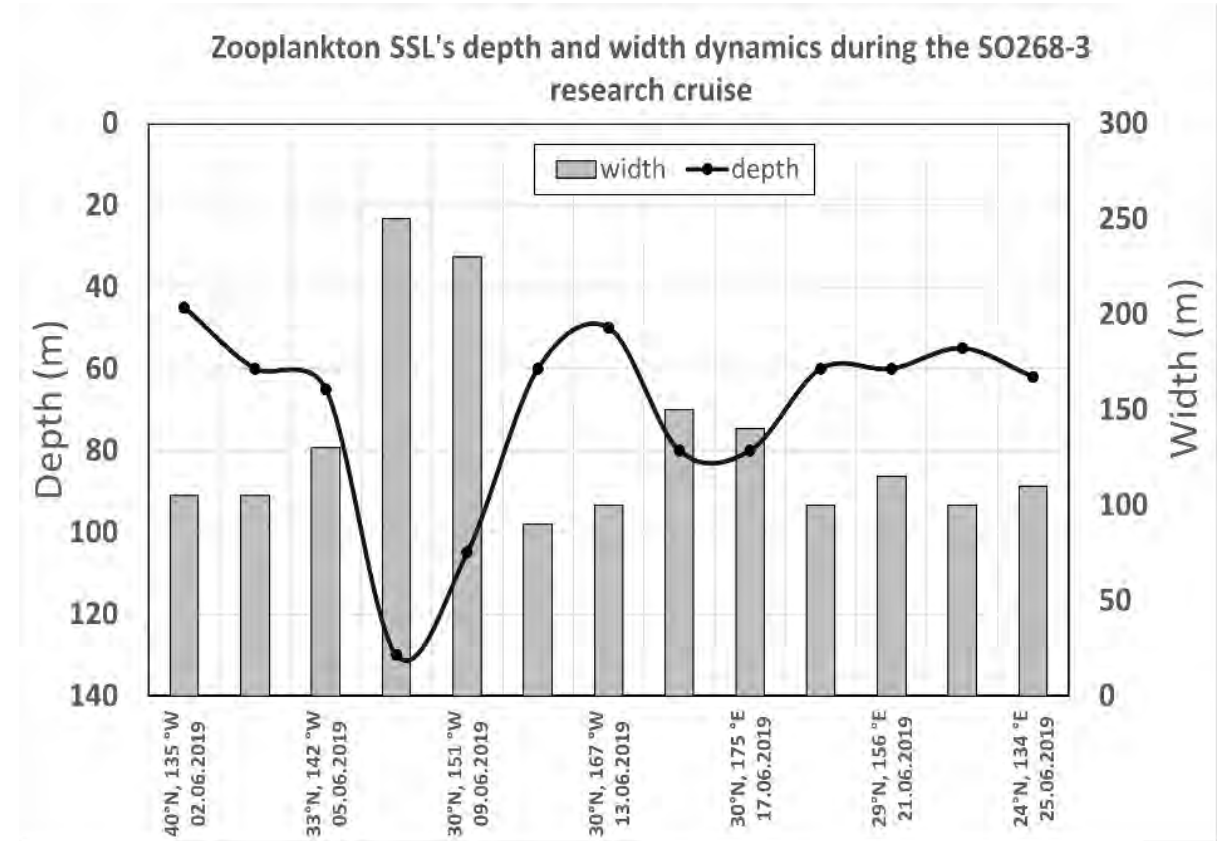
©: Olga Konkova



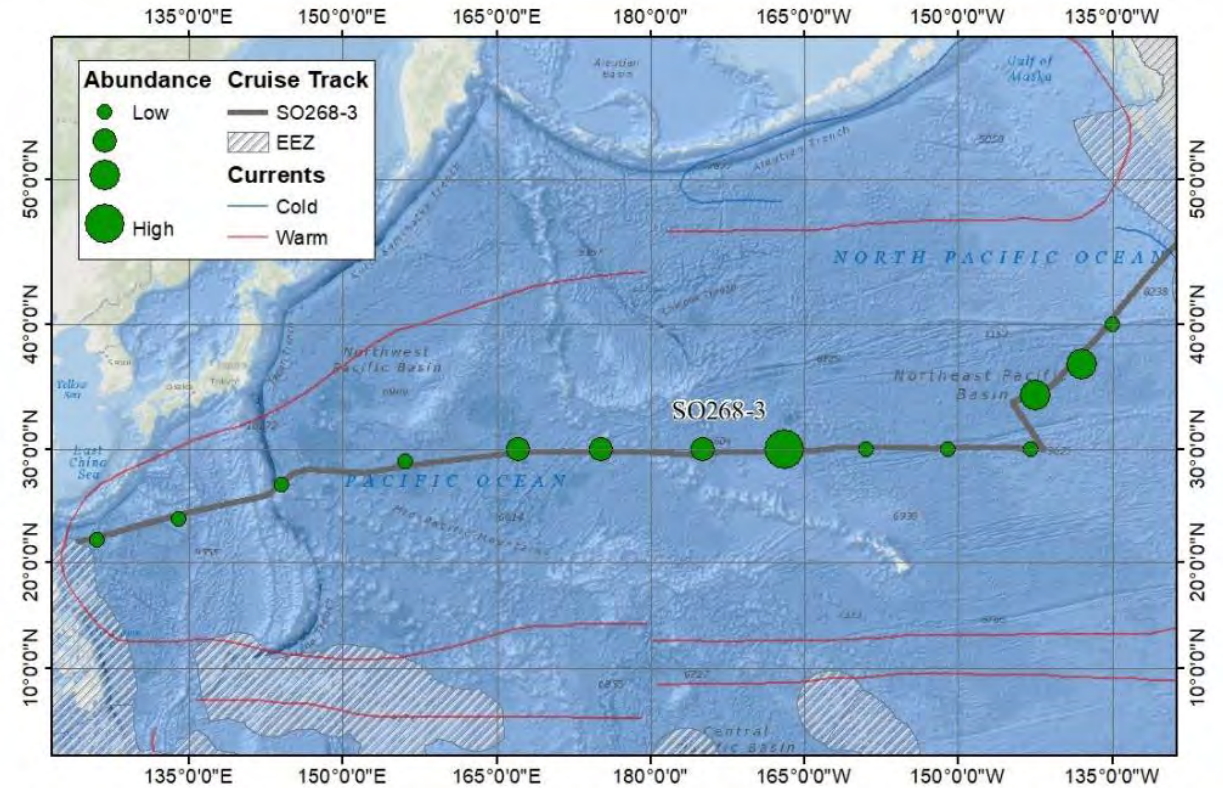
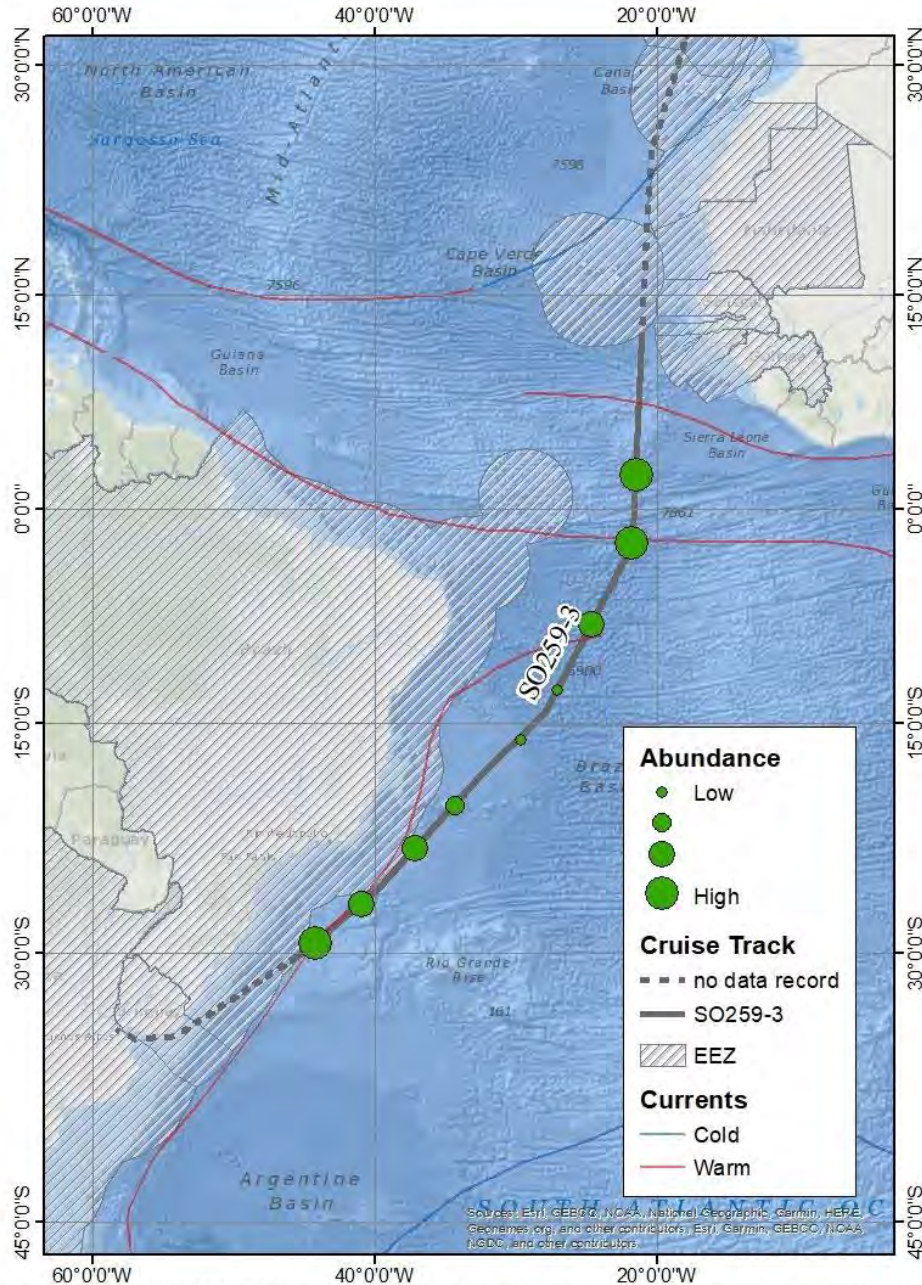
# Water column (Zoo-plankton)



RV Sonne transit cruise SO267-2 (Suva-Manzanillo in Pacific Ocean)  
Kongsberg EK60 Single beam (raw data)



Die Dynamik der durchschnittlichen Tiefe (Linie) und Breite (Balken) einer flachen Streuschicht (SSL - shallow scattering layer) während SO268-3 (Konkova, 2022)



Verteilung der relativen Zooplanktonhäufigkeit während SO259-3 (links) und SO268-3 (oben) (Konkova, 2022)

# 4. Deutschland

## Gewässerzustand??

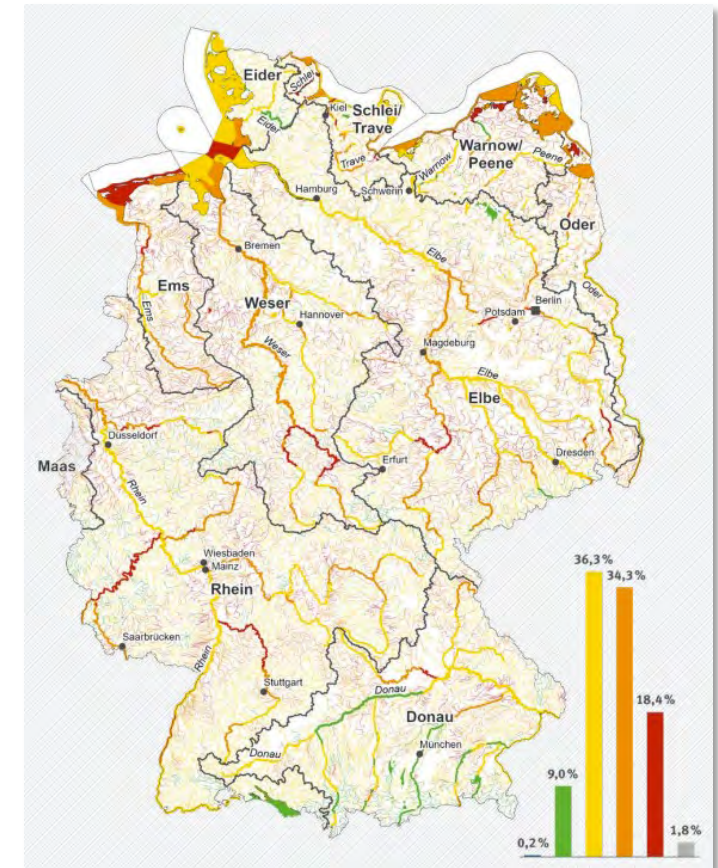
Lukas Klatt, MSc an der HCU  
In Kooperation mit RiverDynamics

# Problem: Gewässerzustand

- Flüsse und Seen in schlechtem Zustand
- in Deutschland und weltweit
  
- EG-WRRL fordert 2021 einen guten Zustand bis 2015 (aktuell 2027)
  
- Strukturelle Defizite
  
- Chemische und biologische Belastungen

➔ Zielerreichung scheitert u. A. an vielseitiger Nutzungsanforderung an die Gewässer

Gewässerzustand, 2021



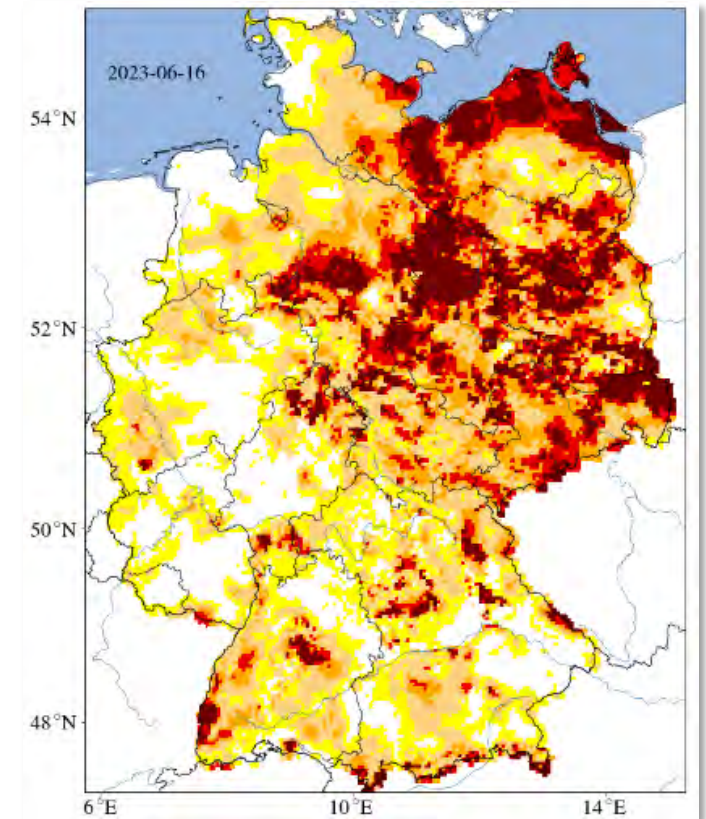
Quelle: Umweltbundesamt, 2021

# Herausforderung: Klimawandel

- Klimawandelinduzierte Probleme erzeugen Herausforderungen
- Dürren und Trinkwasserknappheit
- Hochwassergefahr
- Artensterben

➔ Klimafolgenanpassung erfordert umfassende Daten und Informationen als Entscheidungsgrundlage

Dürremonitor, 26.06.2023



Quelle: Helmholtzinstitut, 2023

# Gewässerdaten

## Renaturiertes Gewässer „Inde“ bei Aachen

DGM-W:

Morphologie und -dynamik:

Vegetation:

Biozönosen:

Hydrologie und Hydraulik:

Quelle: RiverDynamics, 2020



Gewässerform

Sedimentbewegung

Bewuchs in und am Gewässer

Lebensgemeinschaften

Hochwasser, Trockenheiten

# Was kann die Hydrographie leisten?

- Analyse der Gewässerverschmutzung und –  
überhitzung
- Wasserverfügbarkeit von Stauseen, Flüssen  
und Seen
- Frühwarnsysteme für Überschwemmungen



Die Drohne wird nahe des Segelclubs Hansa zu Wasser gelassen. (Foto: Michael Bührke)

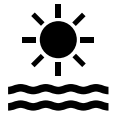
## Den Aasee besser verstehen lernen

Mit einer schwimmenden Drohne sollen Daten über den Aasee gesammelt werden, um die Ursachen für das Fischsterben vom Sommer besser zu verstehen

18. JANUAR 2019 • 16:38 UHR • MICHAEL BÜHRKE • REPORTAGEN

➔ Dokumentation des Klimawandels und Datengrundlage für Klimafolgenanpassungen

# Wie arbeiten wir morgen?



Gewässer



Entscheidungsträger



Politiker







Bürger

Nutzer

# Wie arbeiten wir morgen?

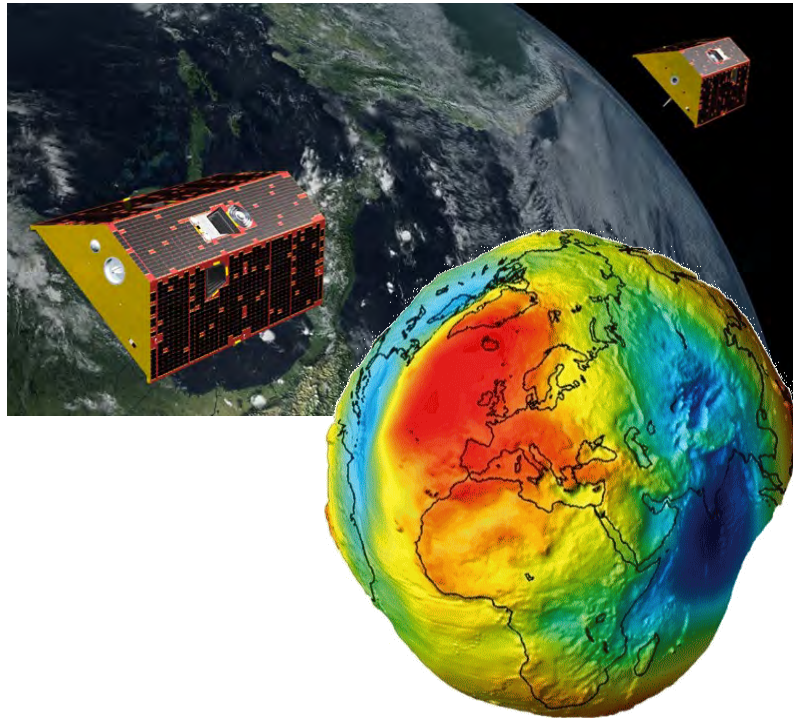
## Datenerfassung-Technologien

	Vorteile	Nachteile
 IoT/Internetfähige Sensorik	<ul style="list-style-type: none"><li>• Zeitlich hochaufgelöst</li><li>• Echtzeitfähig</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Nur Punktmessung</li></ul>
 Satelliten	<ul style="list-style-type: none"><li>• Großflächig und zeitlich hochaufgelöst</li><li>• Kostengünstig</li><li>• Vielfältige Auswertungen</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Geringe Präzision</li></ul>
 Fremddaten (z. B. Wetterdaten)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kostengünstig</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Abhängigkeit von Drittanbietern</li></ul>
 Drohnen/Robotik	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hochpräzise</li><li>• Lokal günstig</li><li>• Räumlich hochaufgelöst</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Großräumig teuer</li><li>• Zeitlich gering aufgelöst</li><li>• Personaleinsatz vor Ort</li></ul>

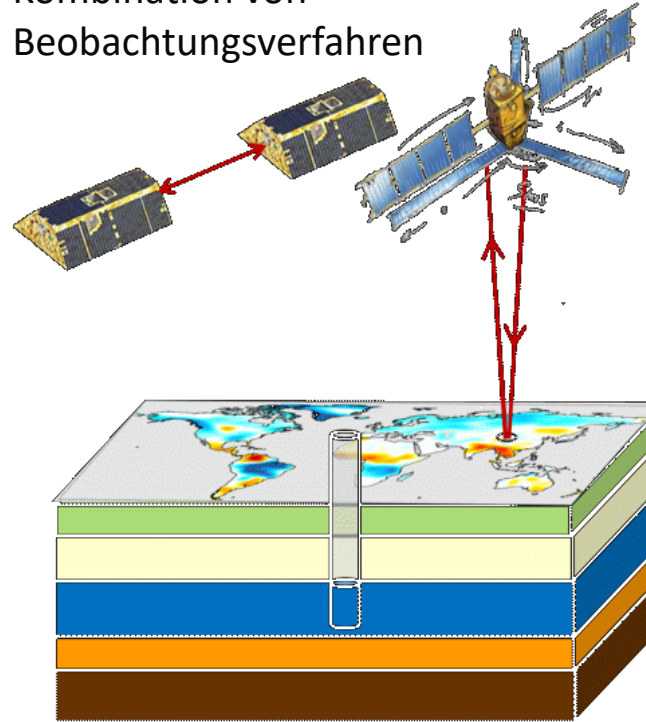
©: Lukas Klatt

# 5. Ausblick vom All

# Satellitengravimetrie

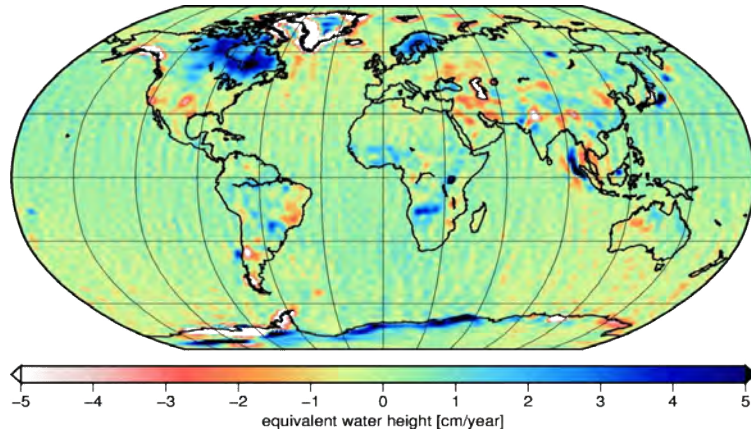


# Kombination von Beobachtungsverfahren

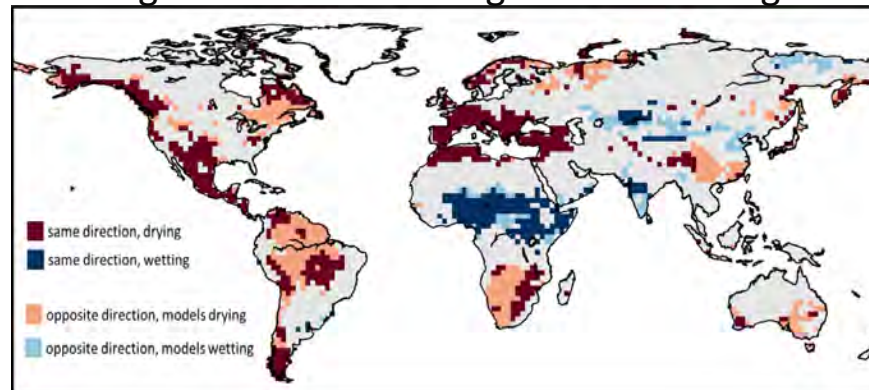


Physikalische Geodäsie von Prof. Annette Eicker

# Langfristige Veränderung der Wasserspeicherung



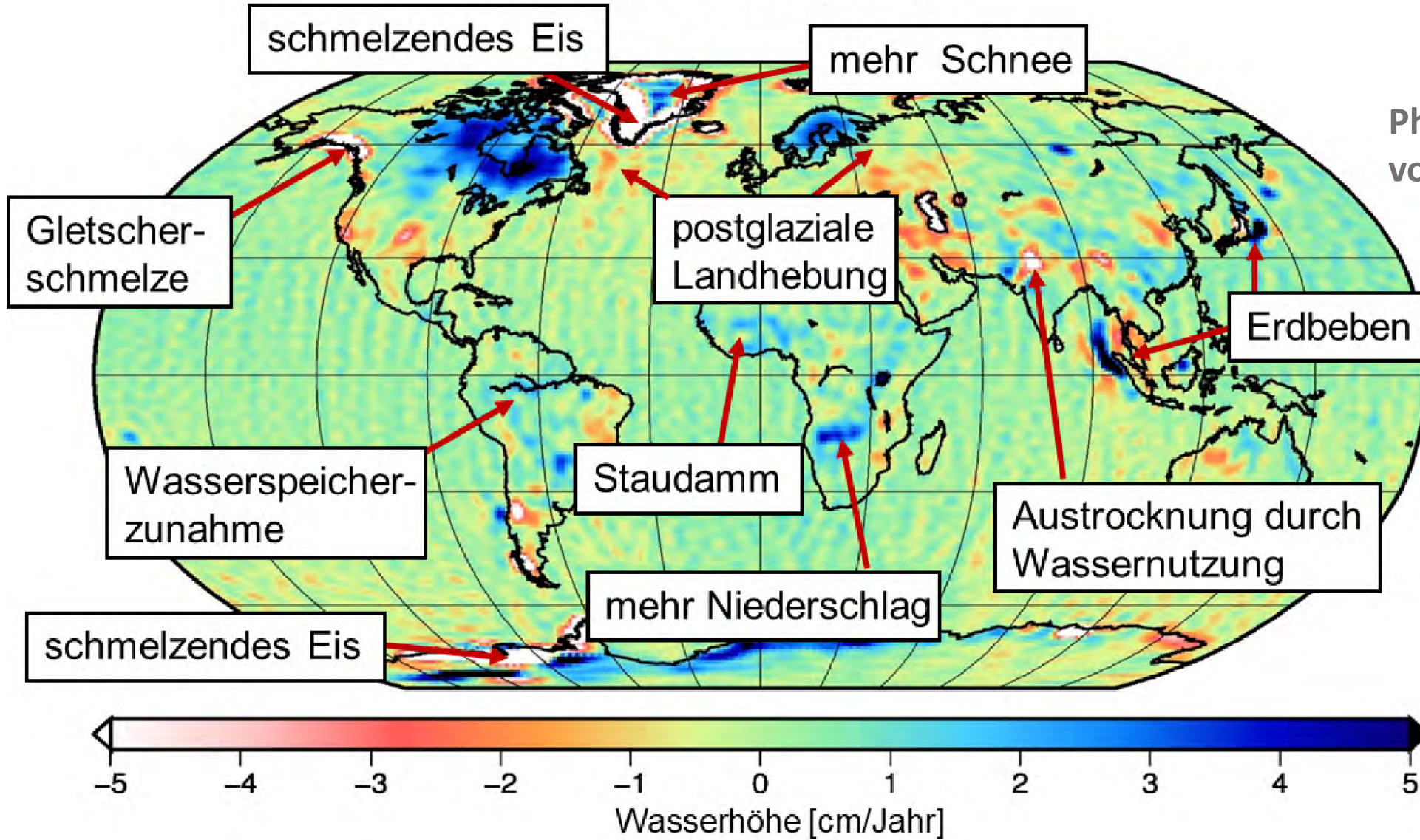
# Vergleich von Satellitengravimetrie mit globalen Klimamodellen



©: A. Eicker

# Trends im Wasserspeicher

Physikalische Geodäsie von Prof. Annette Eicker



©: A. Eicker

**Vielen Dank**  
für Ihre Aufmerksamkeit

**KONTAKTINFORMATIONEN**

Prof. Dr.-Ing. Harald Sternberg  
HafenCity Universität Hamburg  
Henning-Voscherau-Platz 1  
20457 Hamburg

Telefon +49 (0)40 42827-5300  
E-mail: [harald.sternberg@hcu-hamburg.de](mailto:harald.sternberg@hcu-hamburg.de)  
Web: [www.hcu-hamburg.de/](http://www.hcu-hamburg.de/)

# Referenzen

## Zu 1)

- Werner, E. (2022). Feasibility of acoustic sensors for close-range determination of sea-ice thickness. Master Thesis, HCU-Hamburg

## Zu2)

- Purser A., Marcon Y., Dreutter S., Hoge U., Sablotny B., Hehemann L., Lemburg J., Dorschel B., Biebow H., Boetius A. (2018). OFOBS – Ocean Floor Observation and Bathymetry System: A new towed camera / sonar system for deep sea exploration and survey. IEEE Journal of Oceanic Engineering, doi: 10.1109/JOE.2018.2794095.
- Lütjens, M. & Sternberg, H. (2021). Deep learning-based classification of marine images and the effect of data-driven influences. Hydrographische Nachrichten, Vol. HN 119 06/2021, pp. 18 – 23, DOI: 10.23784/HN119-02.
- Lütjens, M. & Sternberg, H. (2021). Deep Learning based Detection, Segmentation and Counting of Benthic Megafauna in Unconstrained Underwater Environments. 13th IFAC Conference on Control Applications in Marine Systems, Robotics and Vehicles, open-access IFAC-PapersOnLine series hosted on ScienceDirect.

## Zu 3)

- Konkova, O. (2022). Comparison of Hydroacoustic Methods for Zooplankton Analysis in Cruise Research, Master Thesis, HCU-Hamburg