

# Bestimmung der Meereisdicke mit akustischen Sensoren im Nahbereich

DHyG Student Excellence Award

Ellen Werner

HafenCity Universität Hamburg

Geodäsie und Geoinformatik, Spezialisierung Hydrographie

In Kooperation mit der Meereis Forschungsgruppe der Universität Hamburg

Berlin, 20. Juni 2023

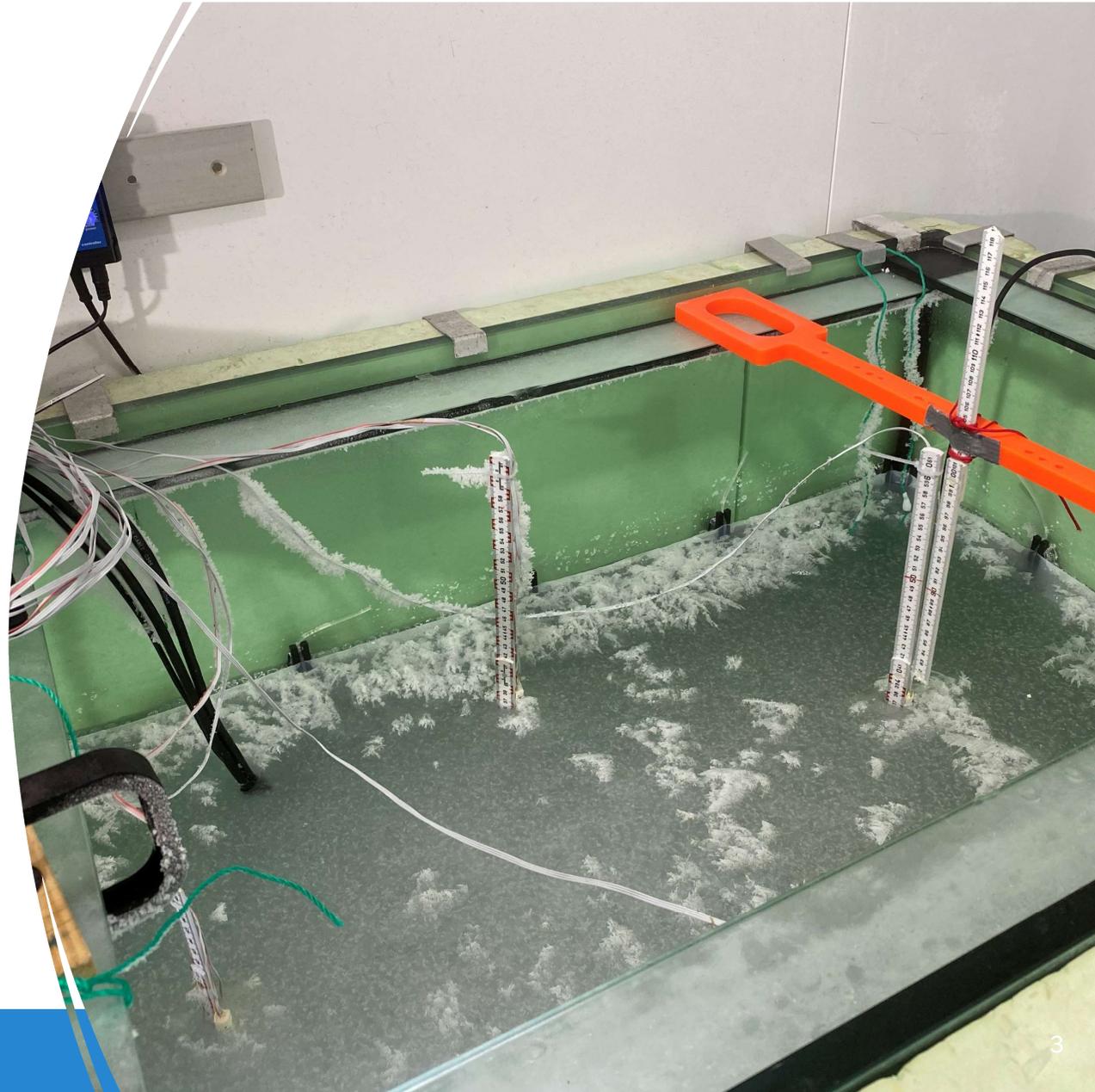
# Messung von Meereisdicken



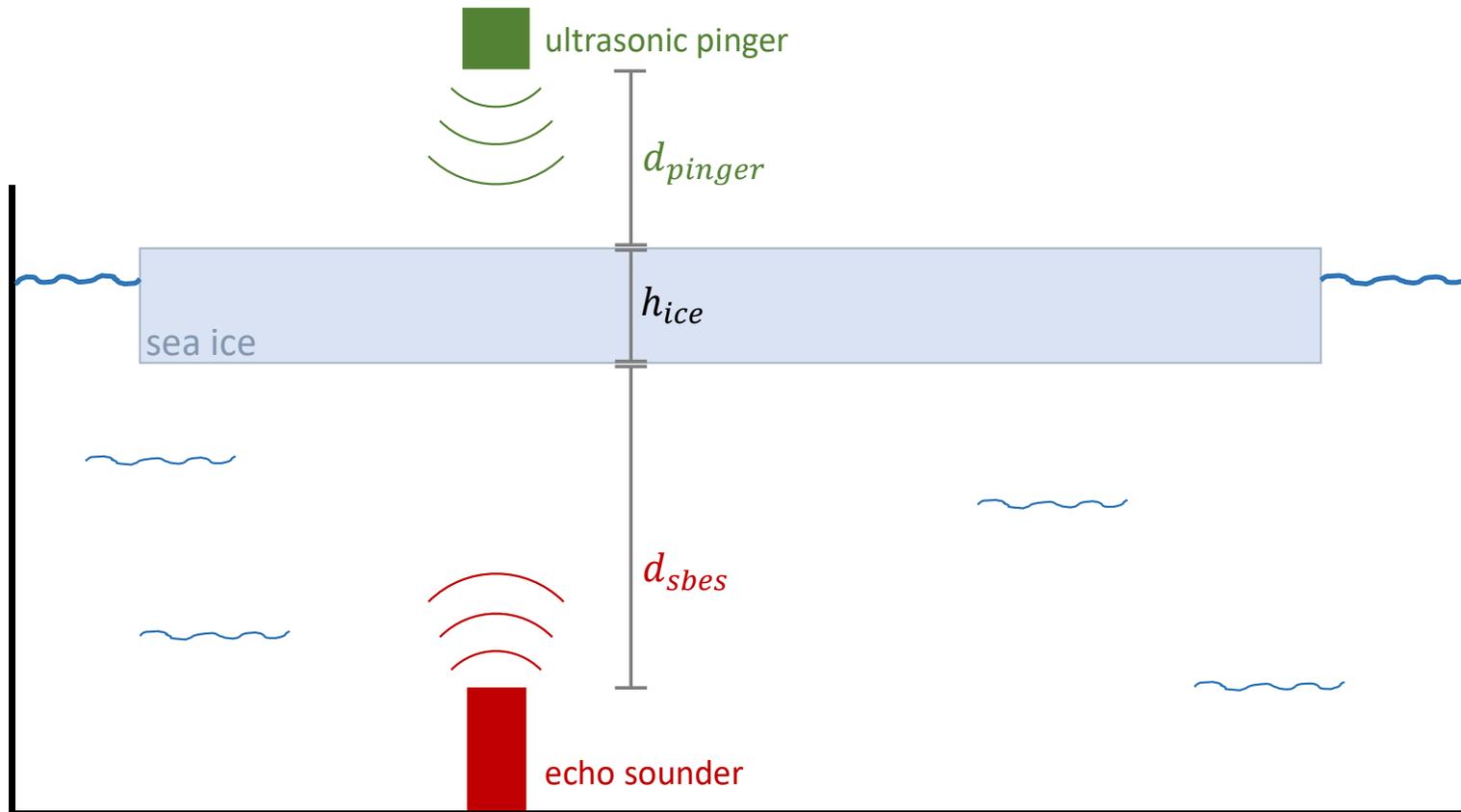
# Messung von Meereisdicken

---

Geht das auch ohne Frostbeulen,  
aus der Ferne und sensorbasiert?



# Idee



# Forschungsfragen

- Welche akustische Frequenz ist für die gegebene Anwendung optimal?
- Wie genau ist die Bestimmung des Meereistiefe mit Echoloten im Vergleich zu bisherigen Techniken?
- Welchen Einfluss hat die Meereisbeschaffenheit (schwankende Temperatur und Salzgehalt) auf die Entfernungsmessungen?

# Überblick über die heutige Präsentation



Einführung und  
Hintergrund



Methodik



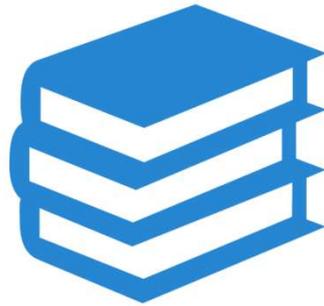
Ergebnisse der  
Experimente



Genauigkeits-  
betrachtung



Schlussfolgerung  
und Ausblick

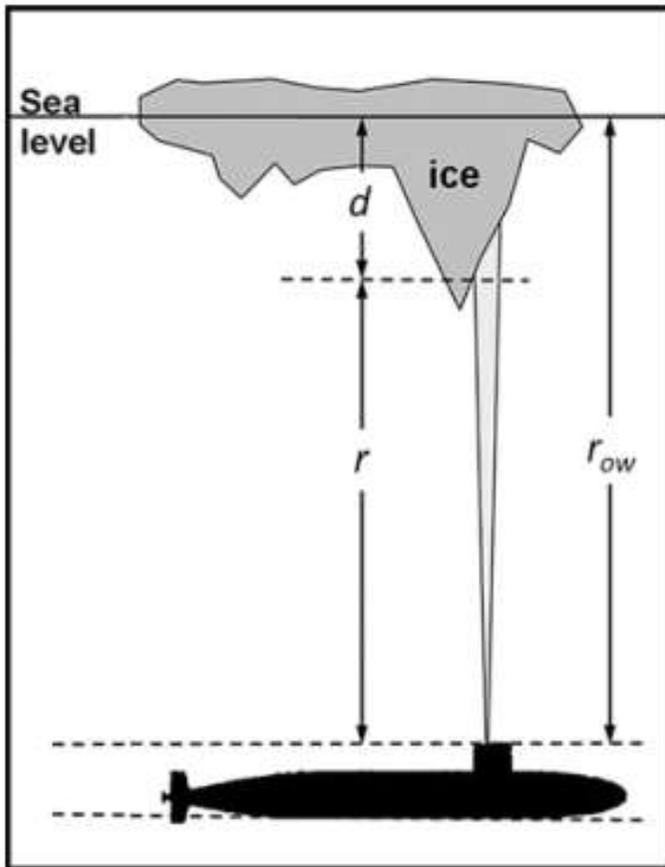


# Einführung und Hintergrund

# Upward looking sonars (ULS)

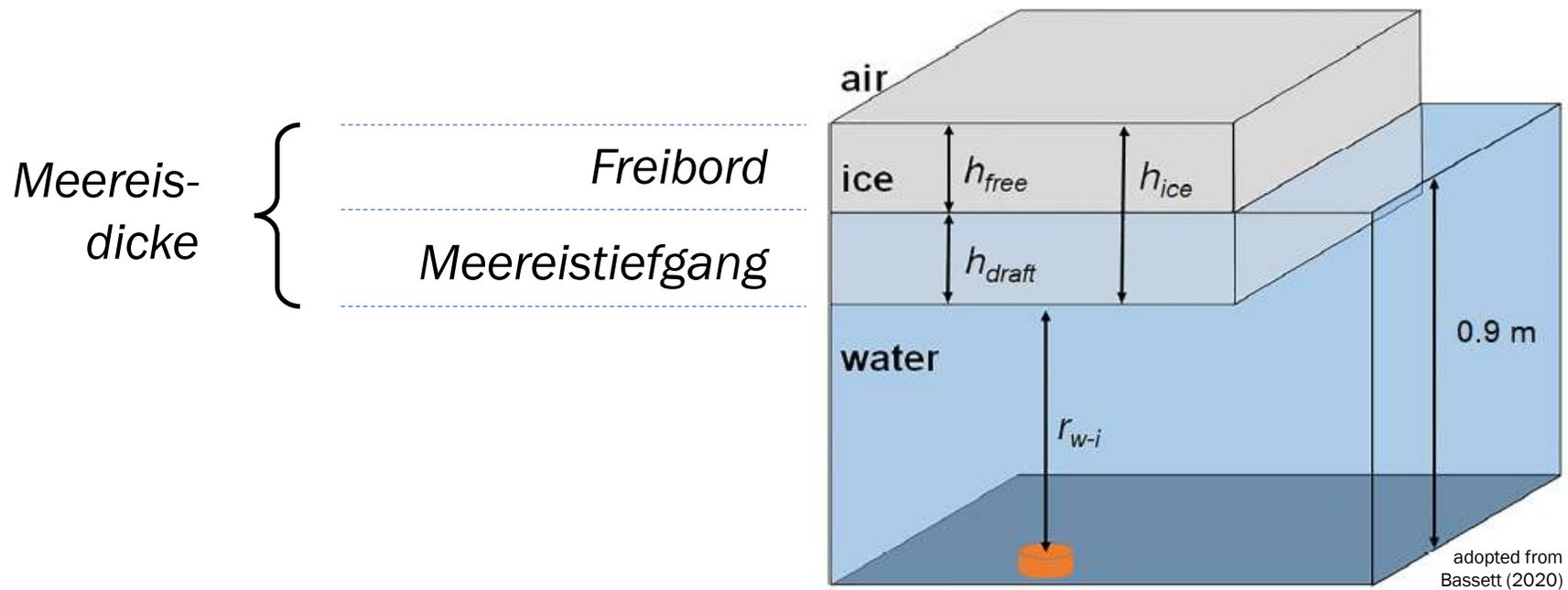
... basieren auf der Entfernungsbestimmung durch Echolote, die nach oben gerichtet bis zur Eisunterseite messen.

... wurden auf mehreren Plattformen bereits eingesetzt: U-Boote, ROVs und AUVs, ozeanographische Verankerungen, Treibbojen.



adopted from Shalina (2020)

# Meereis Terminologie



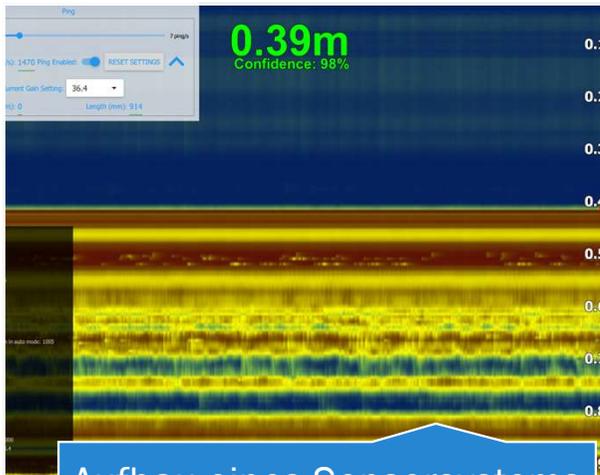
# Meereis Eigenschaften



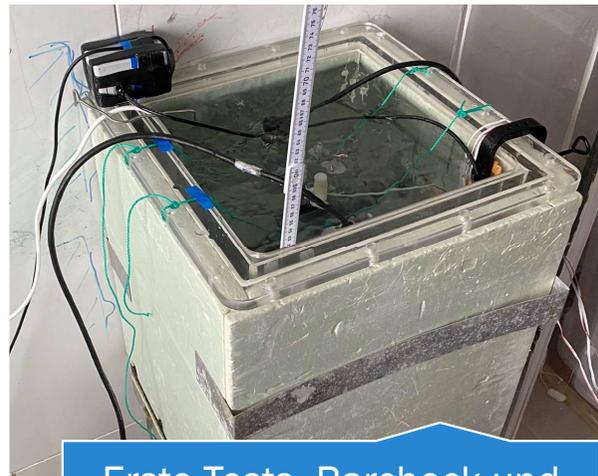


# Methodik

# Vorgehen



Aufbau eines Sensorsystems und Programmierung von Datenerfassungsroutinen



Erste Tests, Barcheck und zwei Experimente im kleinen Tank



Vier Hauptexperimente im großen Tank, der sich in einer Kältekammer befindet

➔ Python-Code zur Datenerfassung für die drei Echolote auf Github öffentlich verfügbar:  
<https://github.com/elwerner/SealceSonar>

# Verwendete Instrumente

3 SBES & Zusatzsensoren (2 CTDs, T-sticks, Salzharfe, Kameras)

Sensor	Frequenz	Öffnungswinkel	Min. Reichweite	Auflösung
Tritech PA500	500 kHz	6°	0.1 m	1 mm
BlueRobotics Ping	125 kHz	30°	0.5 m	4 mm
Airmar EchoRange	200 kHz	9°	0.4 m	18,75 mm



Tritech PA500



BlueRobotics Ping



Airmar EchoRange

# Bestimmung des Eistiefgangs

Von Echolotmessungen:

$$d_{corr} = r_0 \cdot \frac{c_{ctd}}{c_0}$$

Schallgeschwindigkeitskorrektur

$$h_{draft} = d_{water,corr} - d_{ice,corr}$$

Abgeleiteter Eistiefgang je Echolot

Von Zollstockreferenzmessungen:

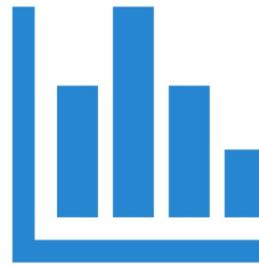
$$h_{draft,ref} = d_{initial,ref} - d_{ice,ref}$$

Abgeleiteter Eistiefgang je Zollstock

Vergleich:

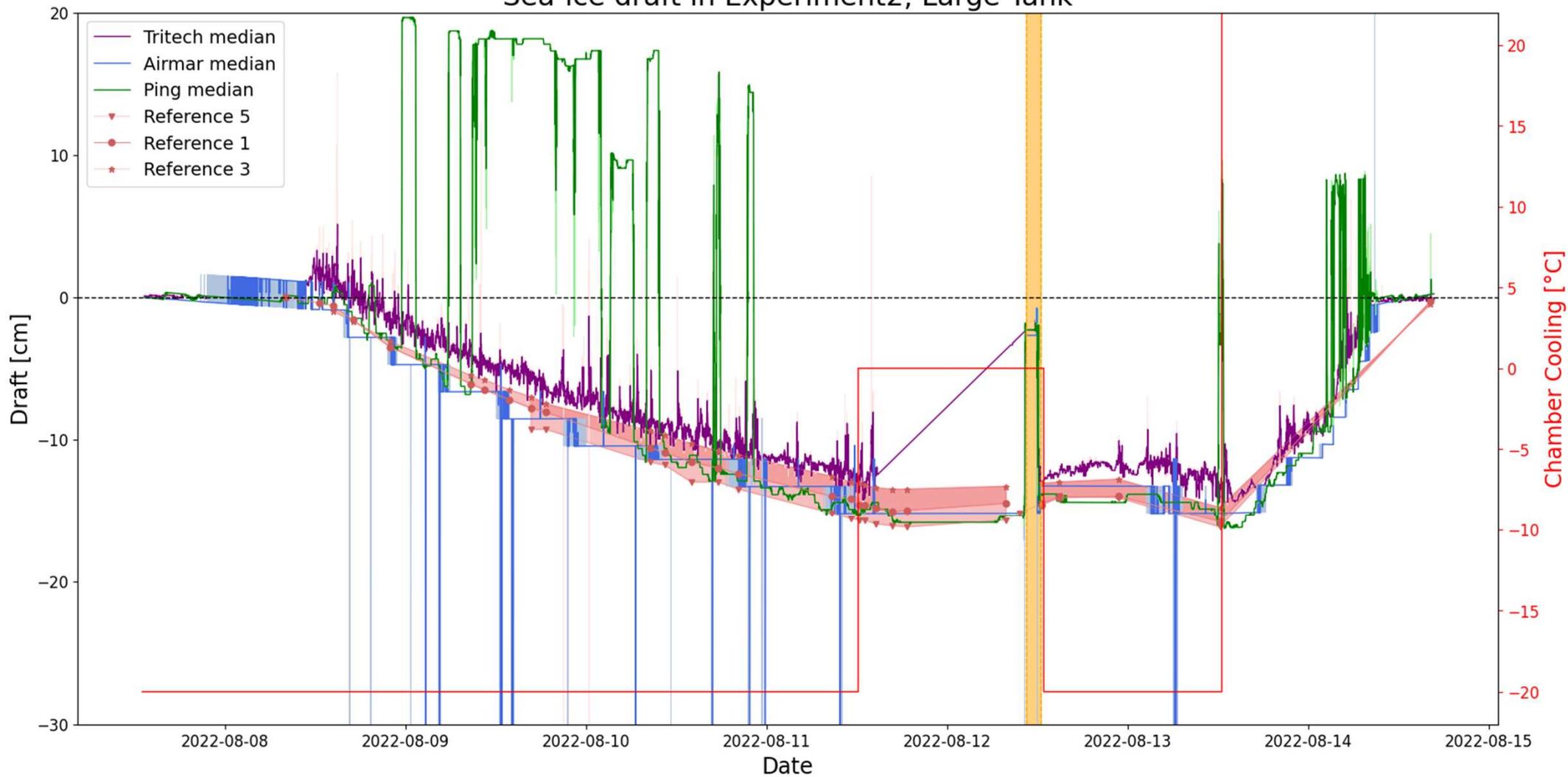
$$h_{res} = h_{draft} - h_{draft,ref}$$

Eistiefgangs Residuen



# Ergebnisse der Experimente

# Sea-ice draft in Experiment2, Large Tank

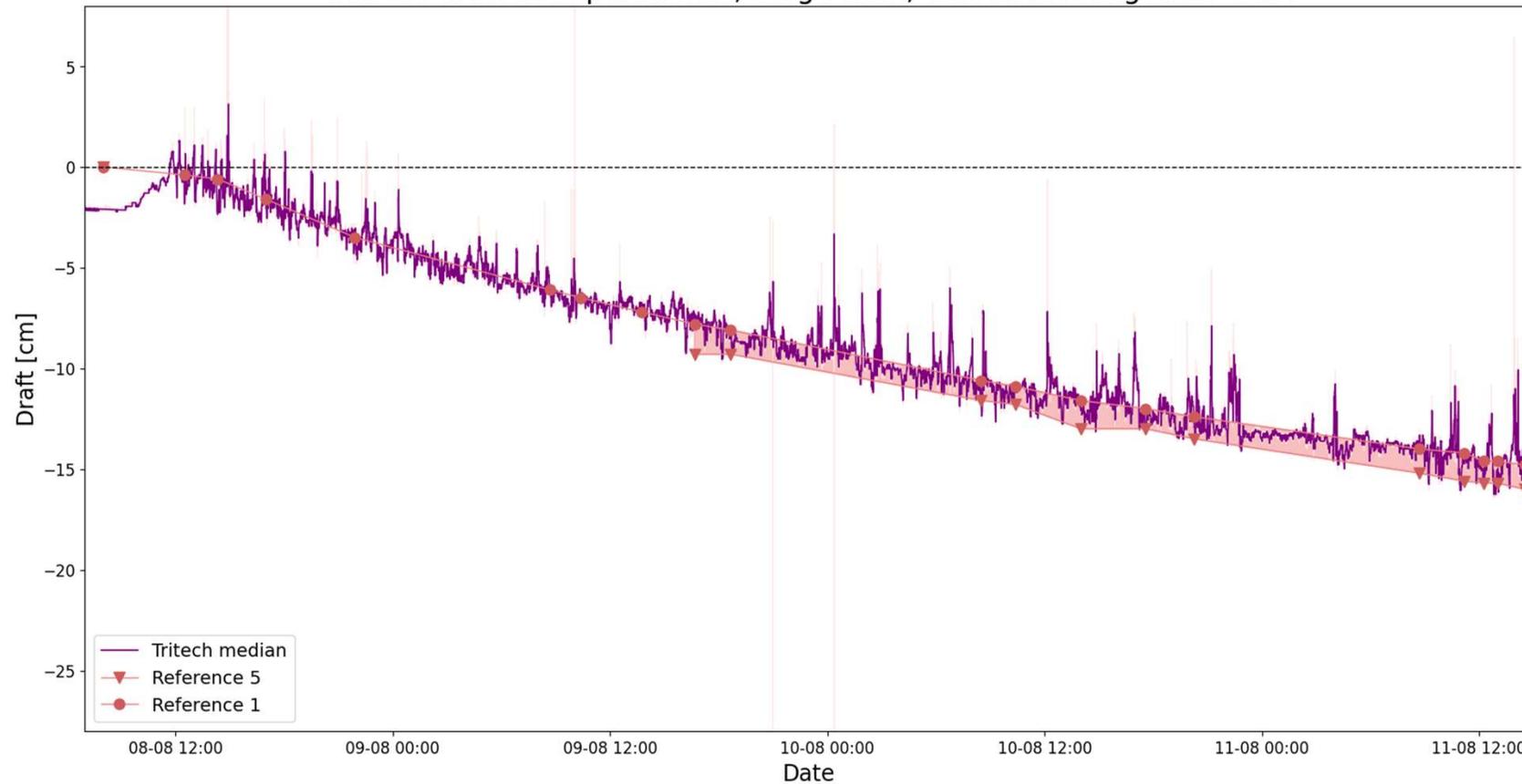


# Hauptkenntnisse

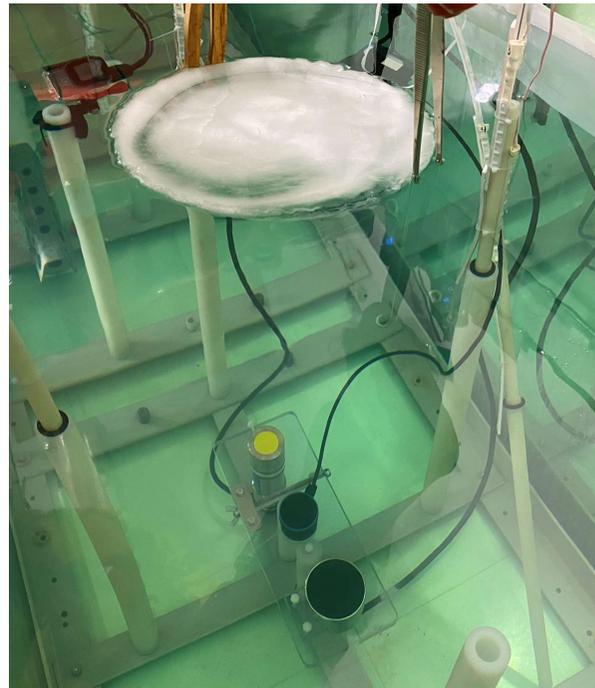
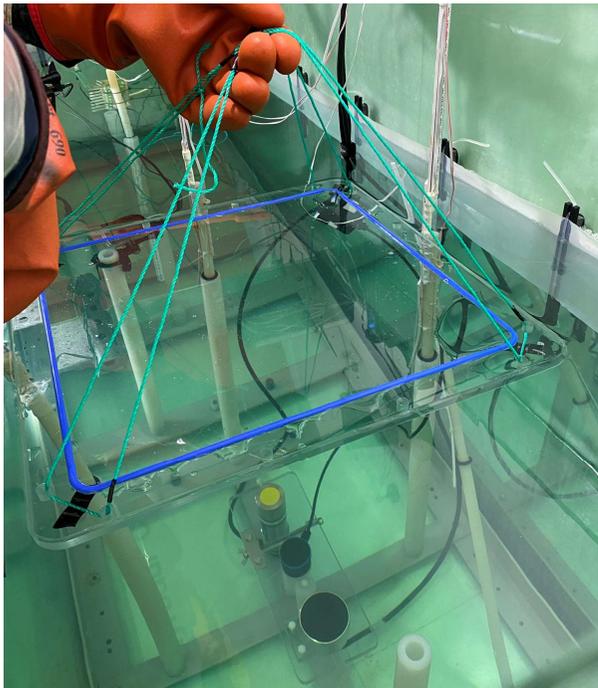
- Alle Echolote erkennen Wachstum und Rückgang des Meereises
- Alle Echolote produzieren Ausreißer und fehlerhafte Entfernungsmessungen
- Kritischste Punkte:
  - Referenzmessungen unterschätzen die tatsächliche Dicke des Tiefgangs
  - Kohärentere Eisdetektion während der Tauzeit
  - Fehlerhafte Erfassungen insbesondere während des Eiswachstums
  - Tritech-Diskrepanz während der anfänglichen Eisbildung und verbleibender Versatz bei Messungen auf Meereis

# Tritech Sonar Untersuchung

Sea-ice draft in Experiment2, Large Tank, Trittech investigation -2cm



# Tritech Sonar Untersuchung



Tritech-Diskrepanzen treten nur bei Messungen auf salzhaltiges Meereis auf!



# Genauigkeits- betrachtung

# Gefrier- vs. Tauperioden

RMSE Werte der Instrumente während verschiedener Versuchsperioden:

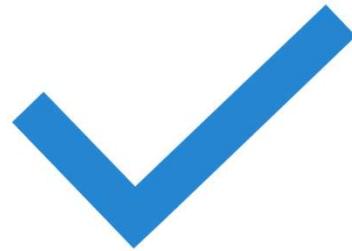
Sensor	Gefrierperiode	Tauperiode
Aimar EchoRange	$\pm 2.5$ cm bis $\pm 5.7$ cm	$\pm 0.2$ cm bis $\pm 0.3$ cm
Tritech PA500	$\pm 1.1$ cm bis $\pm 7.7$ cm	$\pm 0.3$ cm bis $\pm 0.8$ cm
Ping Sonar	$\pm 2.4$ cm bis $\pm 11.2$ cm	$\pm 0.3$ cm bis $\pm 0.4$ cm

- ➔ Der physikalische Zustand des Meereises hat einen entscheidenden Einfluss auf die akustische Reflexion und die Genauigkeit der Instrumente
- ➔ Kohärentere Eisdetektion während der Warmzeit!

# Residuen als Genauigkeitsmaß

Sensor	Residuen während Barcheck	Residuen während Eismessung	Sensor Auflösung
Aimar EchoRange	-0.2 cm bis +0.3 cm	-0.5 cm bis +1.9 cm	1.9 cm
Tritech PA500	-0.3 cm bis -0.2 cm	-1.6 cm bis +1.9 cm	0.1 cm
Ping Sonar	+0.1 cm bis +0.6 cm	-0.3 cm bis +1.0 cm	0.4 cm

- Echolote arbeiten nahe an ihrer jeweiligen Auflösung, außer Tritech bei Messungen auf Eis
- Echolotmessungen unterschätzen in der Regel den durch Referenzmessungen ermittelten Tiefgang
- Akustische Wellen durchdringen das Eis im Bereich der Skelettschichtdicke



# Schlussfolgerung und Ausblick

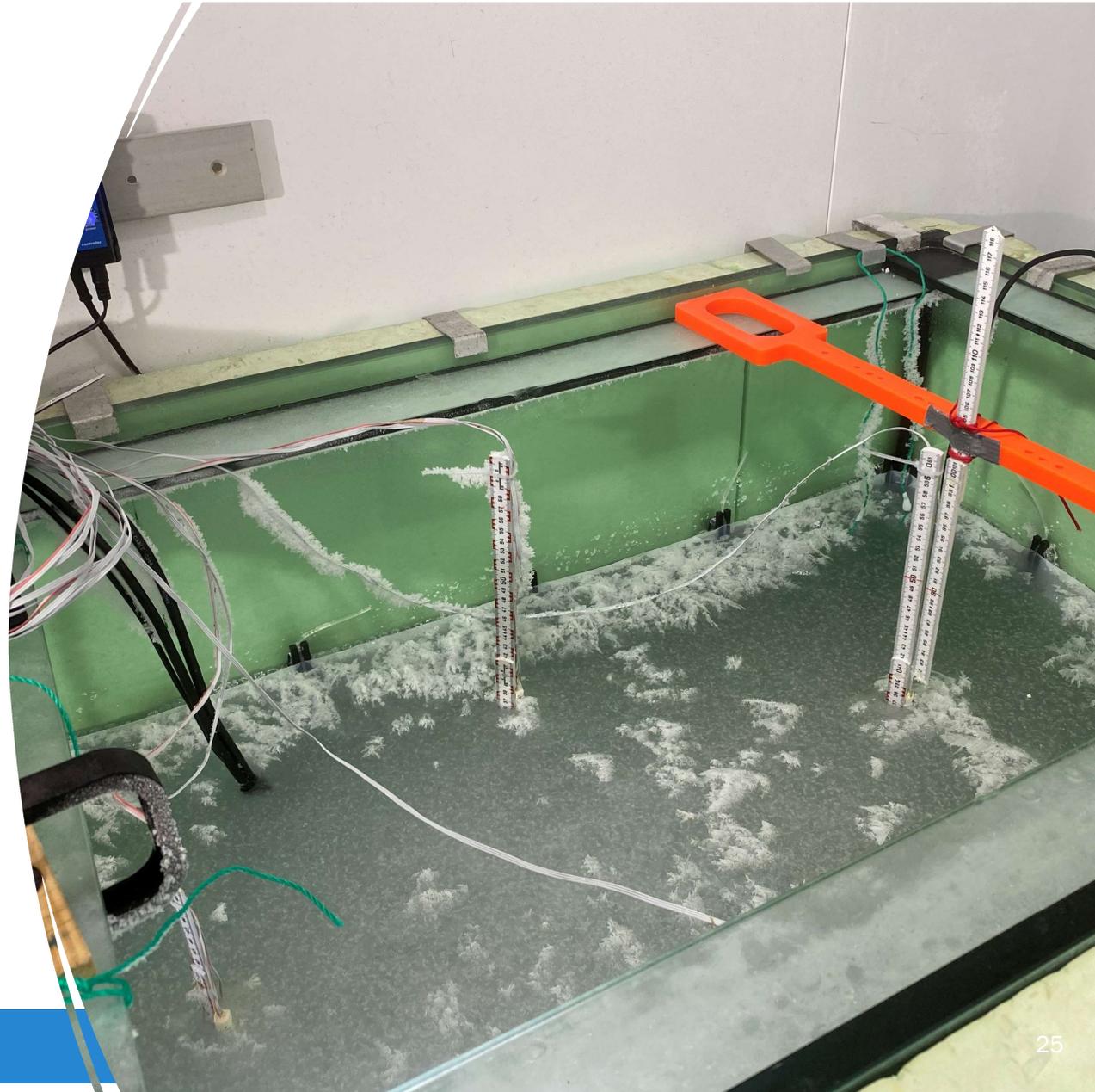
# Erkenntnisse

- (1) Akustische Messungen eignen sich für die Bestimmung der Meereisdicke im Nahbereich.
- (2) Die Genauigkeit der Entfernungsmessung hängt stark von den physikalischen Eigenschaften des Meereises ab. Genauere und kohärentere Ergebnisse werden bei Messungen auf warmem und durchlässigem Eis erzielt.
- (3) Die Genauigkeit des bestimmten Meereistiefgangs ist frequenzabhängig. Akustische Frequenzen von 115 kHz und 200 kHz schneiden in der gegebenen Anwendung am besten ab.
- (4) Akustische Wellen durchdringen das Meereis im Bereich der Dicke der Skelettschicht.

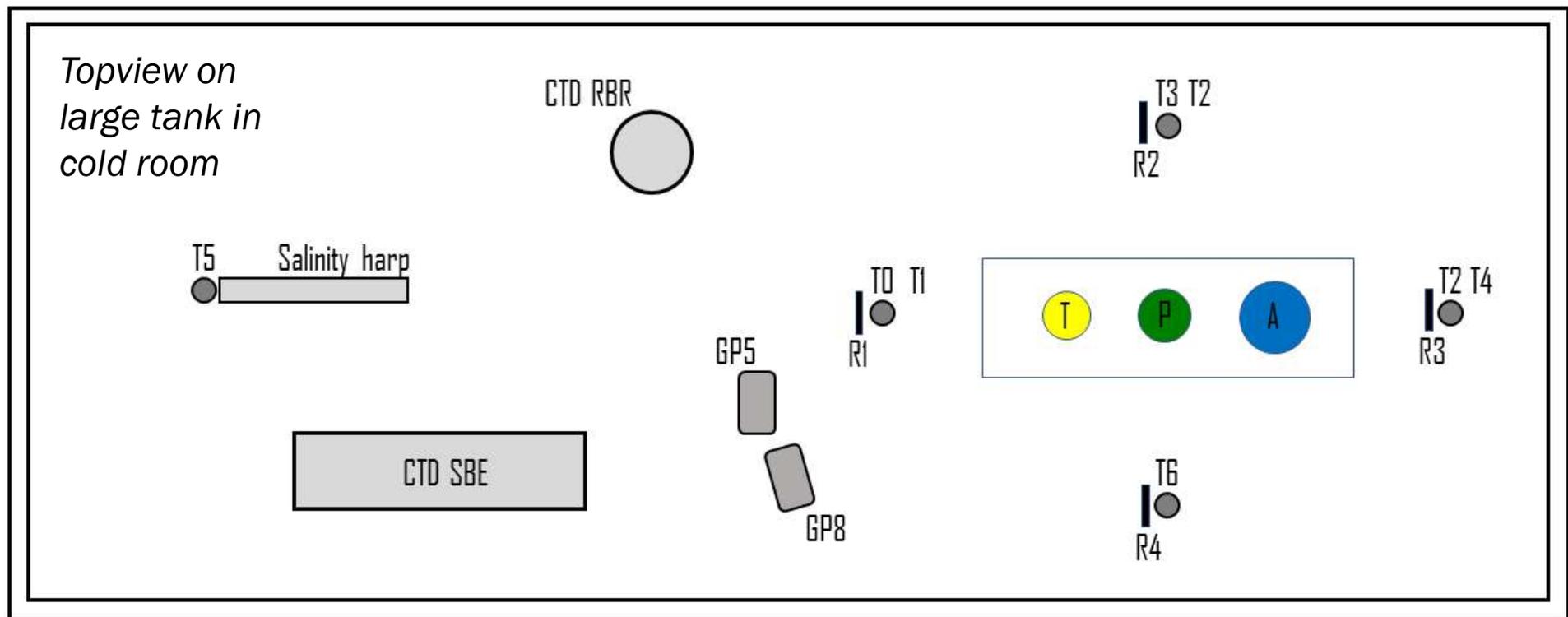
# Sensorbasierte Messung von Meereisdicken

Still challenging, but possible!

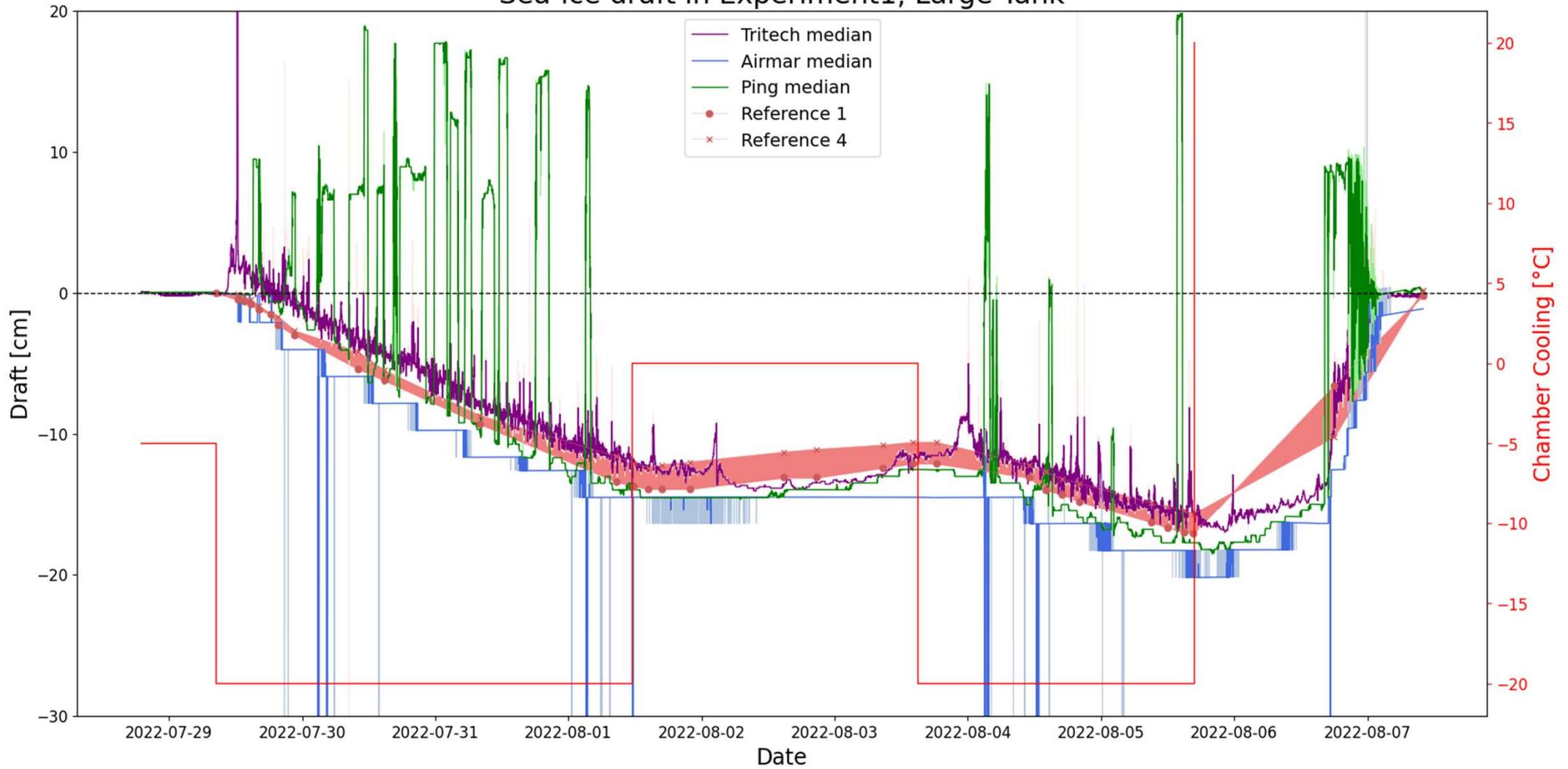
Danke für Ihre Aufmerksamkeit.



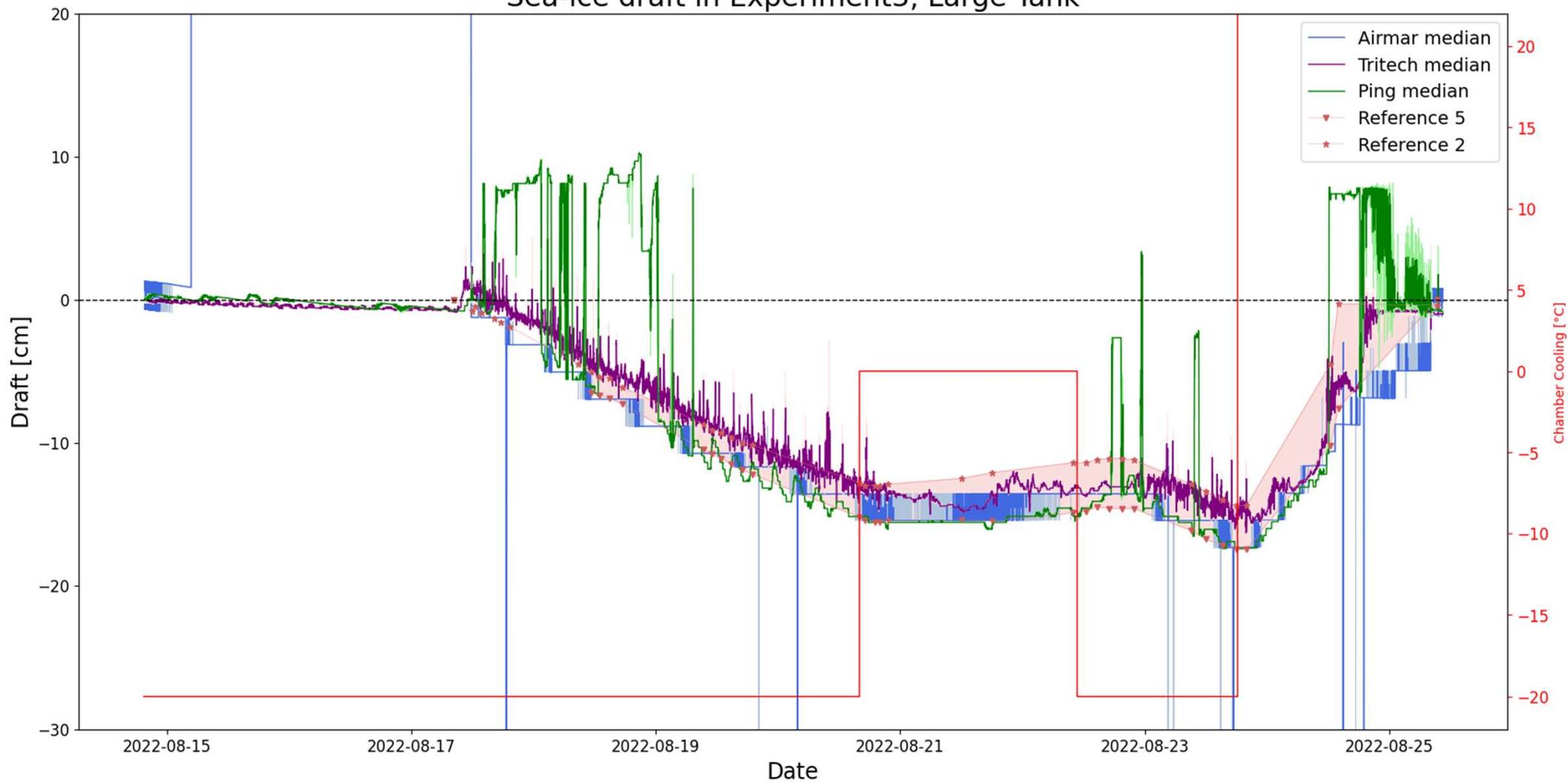
# Experimental setup



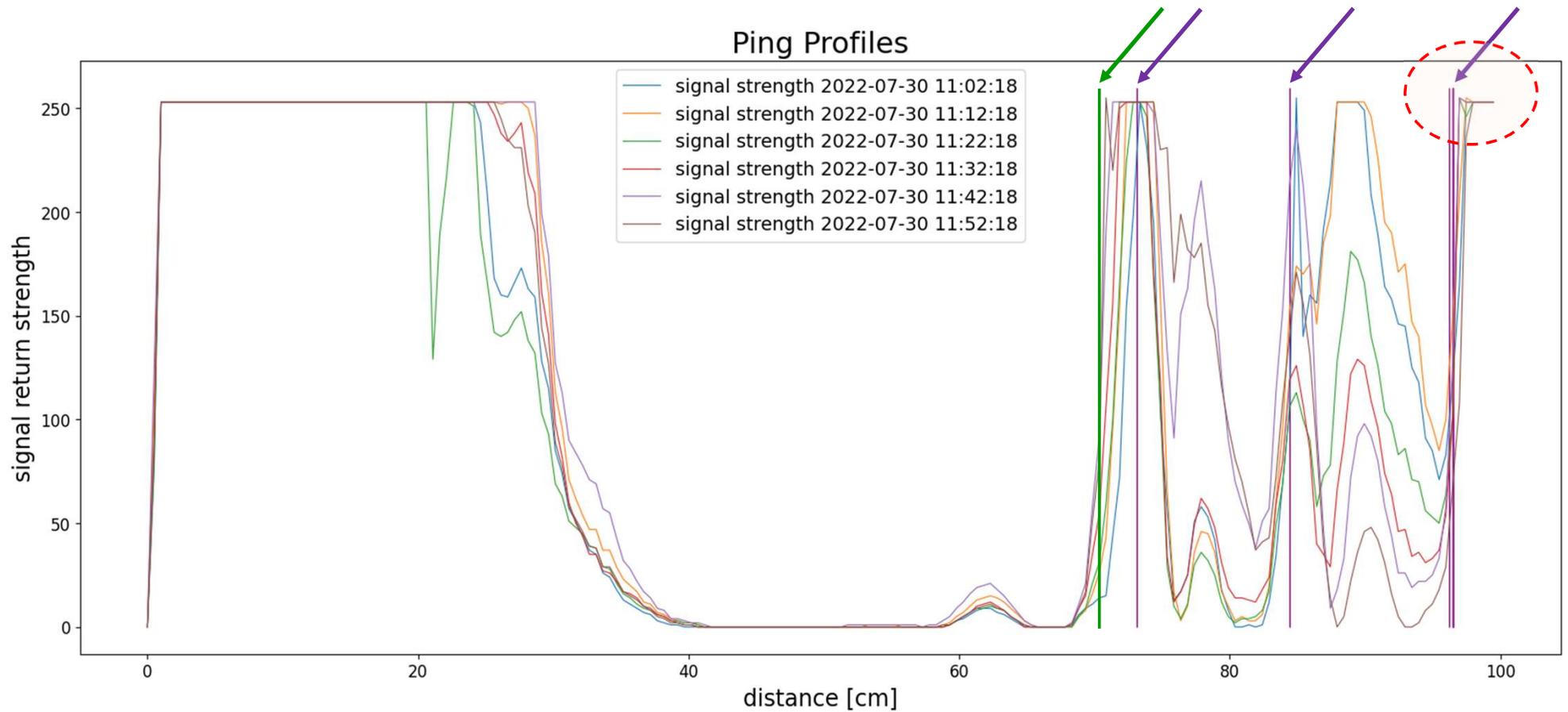
# Sea-ice draft in Experiment1, Large Tank



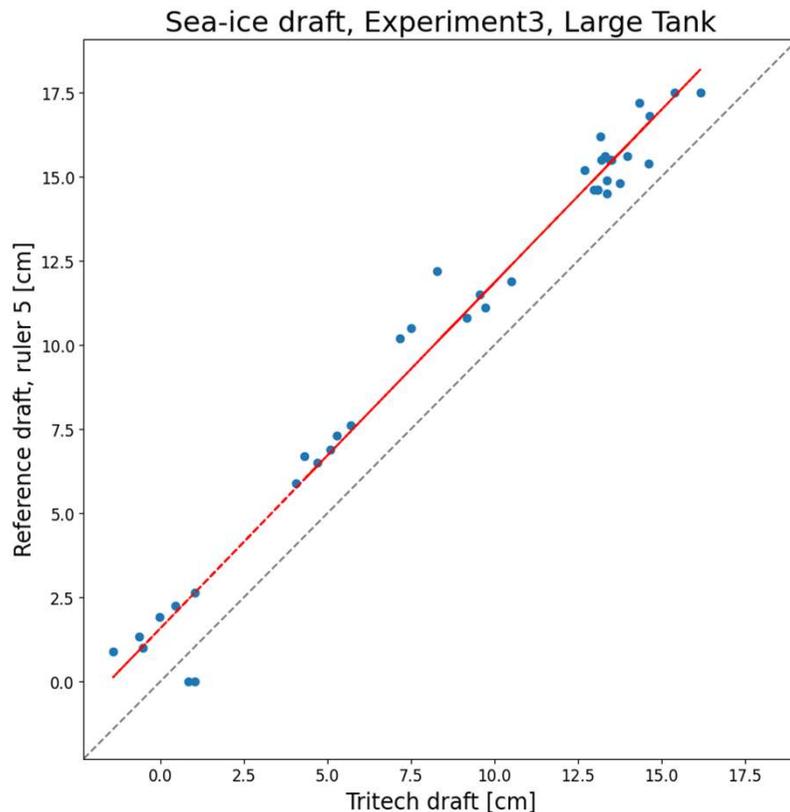
# Sea-ice draft in Experiment3, Large Tank



# Ping sonar behavior



# Draft comparison to reference readings



- ➔ Tritech PA500 shows 2 cm offset as long as measuring on ice
- ➔ Calculated residuals confirm offset
- ➔ Ping and Airmar sonars show no distinct offset

# Ausblick

... further analysis required!

Outlier detection

Signal strength  
analysis

Appropriate  
filter methods

- Developing own detection algorithms ?
- Combining sensors for total sea ice thickness determination ?

# Ping Sonar Untersuchung

Ping profile data: signal return strength

