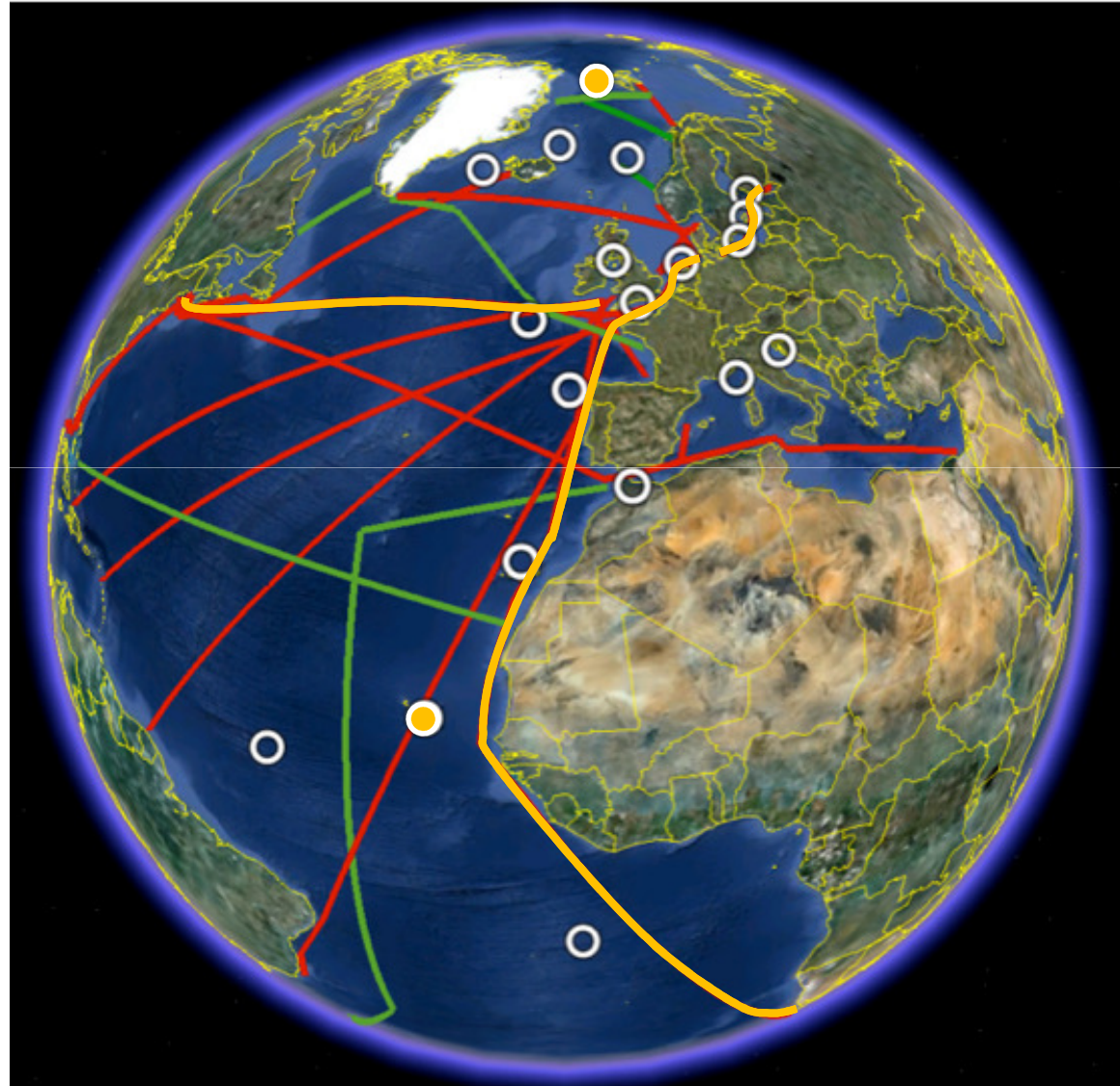


„Voluntary Observing Ships“:

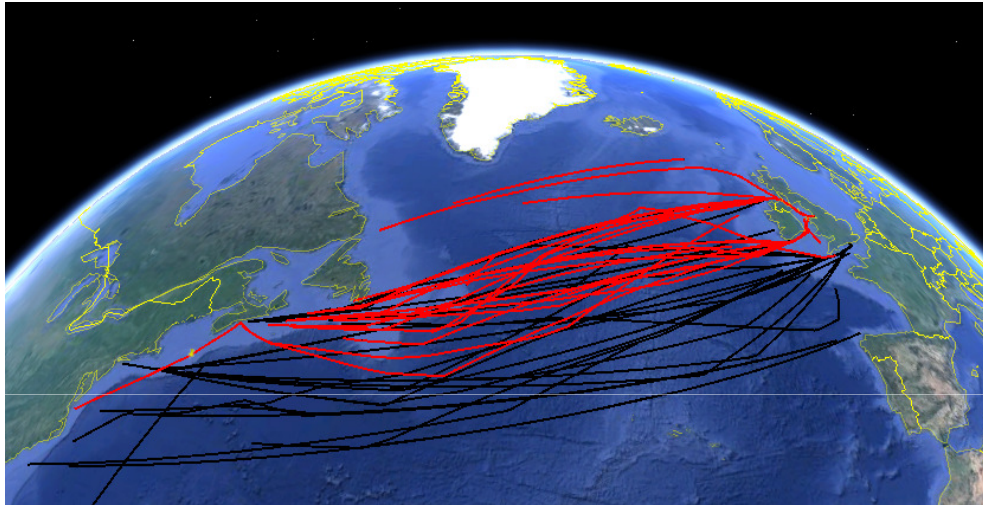
- North Atlantic VOS (GEOMAR)
- Polarstern VOS (AWI)
- Baltic Sea VOS (IOW)

Time-Series:

- Cape Verde Ocean Observatory (GEOMAR)
- Hausgarten, Fram Strait (AWI)

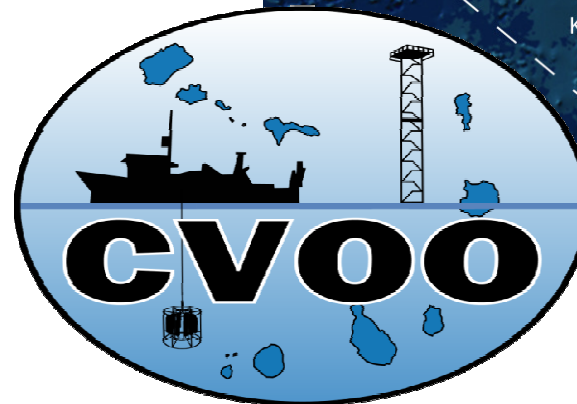
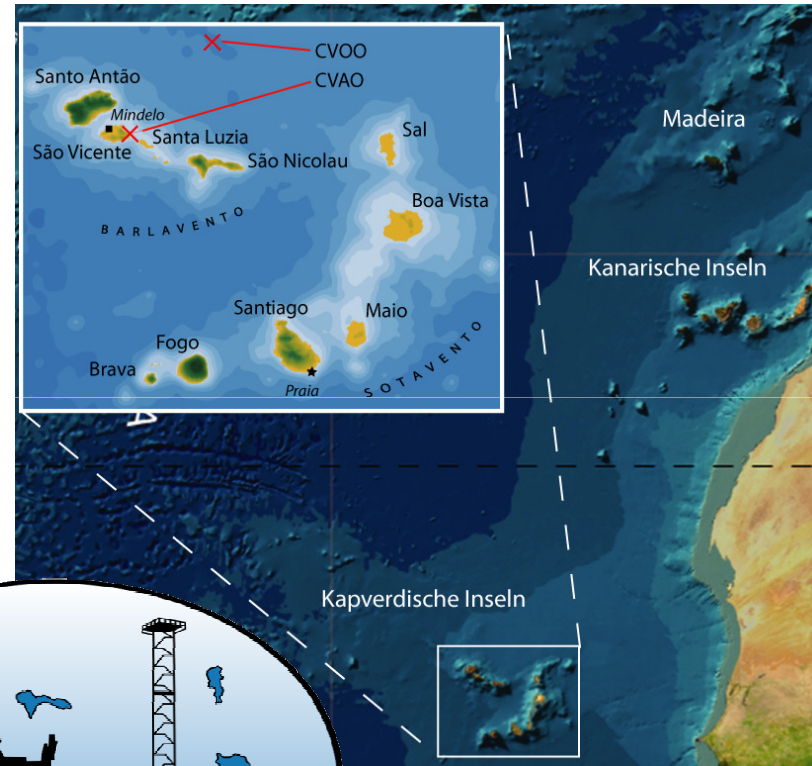


North Atlantic VOS line (NA-VOS)



*Arne Körtzinger, Tobias Steinhoff,
Björn Fiedler, Meike Becker*

Cape Verde Ocean Observatory (CVOO)



- Seit 05/2012: CO₂-Messung mit CRDS-System und NDIR-System;
- Seit 05/2012: δ¹³C-CO₂-Messung mit CRDS-System (Picarro G2131-i), dazugehörige Dissertation von Frau Meike Becker abgeschlossen*;
- Seit 2012: **36** Transatlantikfahrten mit hochwertigen autonomen Messungen, davon **22** mit diskreter Probennahme;
- Abgabe der prozessierten und qualitätskontrollierten Daten bei SOCAT bis einschließlich April 2015;
- Mai 2015: Abbau der Geräte von MS *Atlantic Companion* (→ Verschrottung);
- Sommer/Herbst 2015: Installation neuer Geräte auf ACL-Schiff MS *Atlantic Cartier*, danach etliche Startschwierigkeiten mit verschiedenen Problemen; System seit April 2016 wieder operationell;
- Mai 2016: Beginn des Promotionsvorhabens von Frau Katharina Seelmann zur autonomen Messung der Alkalinität von Meerwasser als 2. Kohlenstoffparameter (Installation auf VOS Anfang 2017);
- Ende 2016/Anfang 2017: Wechsel auf ACL-Neubau MS *Atlantic Star*.

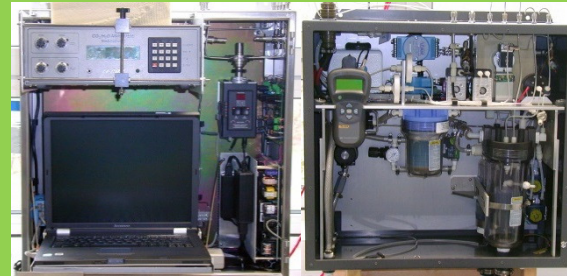
* Meike Becker: „Autonomous ¹³C measurements in the North Atlantic – a novel approach for identifying patterns and driving factors of the upper ocean carbon cycle“. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität Kiel, März 2016.

NA-VOS Schiffswechsel

(Größere Diskontinuitäten im Routinebetrieb)



2006



05/2015

06/2015



2016

2016/
2017

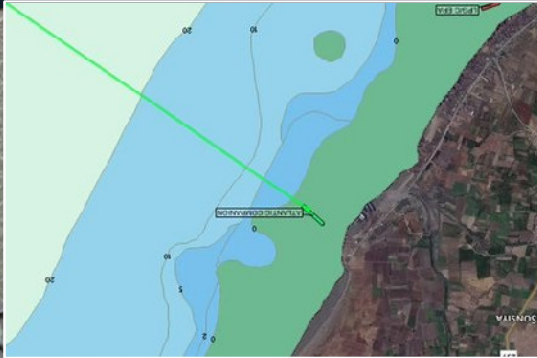


Atlantic Star/Sail/Sea?

ICOS System

NA-VOS Schiffswechsel

(Ende einer Beobachtungsplattform nach 9 Jahren Nutzung)



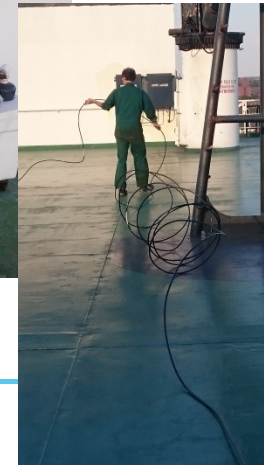
Alang, Westindien

Image © 2016 CNES / Airbus



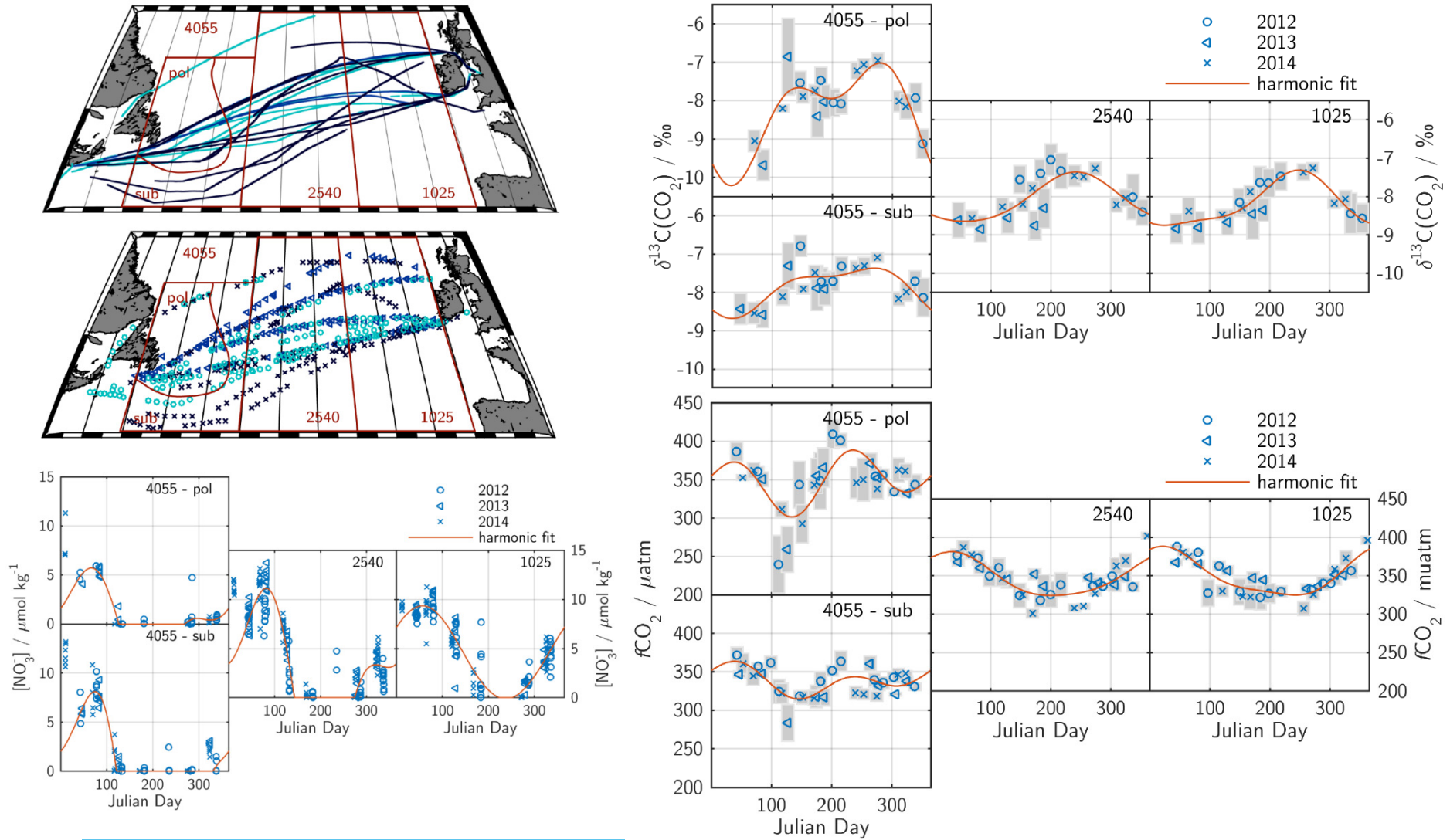
NA-VOS Schiffswechsel

(VOS-Installationen – immer wie eine neue Herausforderung)



NA-VOS: $\delta^{13}\text{C-DIC}$ Variabilität

(Abgeschlossenes Promotionsvorhaben)



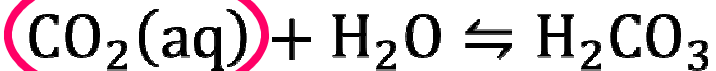
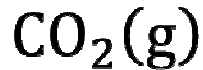
NA-VOS: Autonome Alkalinitätsmessung

(Neues Promotionsvorhaben)



Atmosphäre

Ozean



CO₂-Partialdruck

Messung auf VOS

SOCAT

CO₂-Fluss

(Atmosphäre → Ozean)

DIC

pH-Wert

Alkalinität (TA)

→ CO₂-Aufnahmekapazität, Primärproduktion, Kalzifizierung, Ozeanversauerung etc.

→ bisher keine autonome Messung auf VOS

NA-VOS: Autonome Alkalinitätsmessung

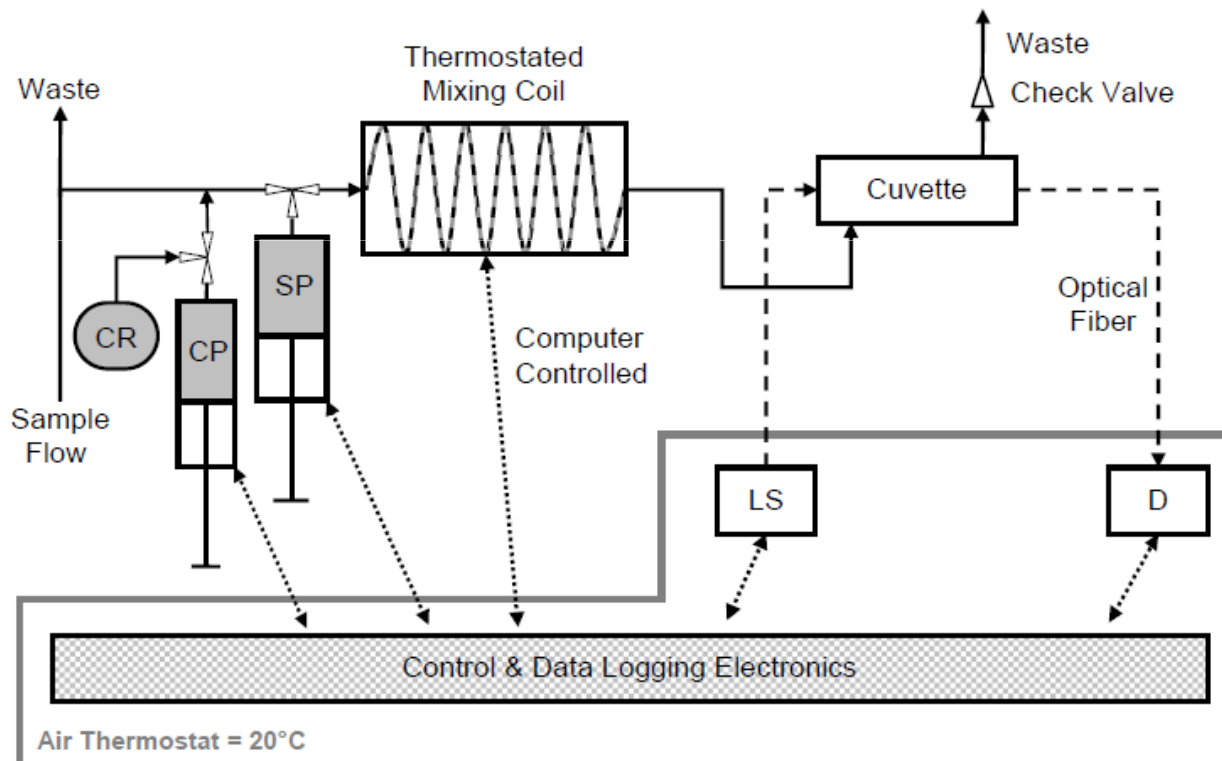
(Neuentwicklung geht in Routinebetrieb)



→ HydroFIA TA System (KM Contros GmbH) zur autonomen Durchflussmessung der Alkalinität in Meerwasser (basierend auf Aßmann, 2012)



KONGSBERG



Advantages

- Fast measurement cycles (5 min)
- Robust pH determination using absorption spectrometry
- Low sample consumption (50 mL)
- Low reagent consumption (<100 µL)
- User-friendly cartridges
- Minimized bio-fouling effects due to acidification of the sample
- Autonomous long-term installations

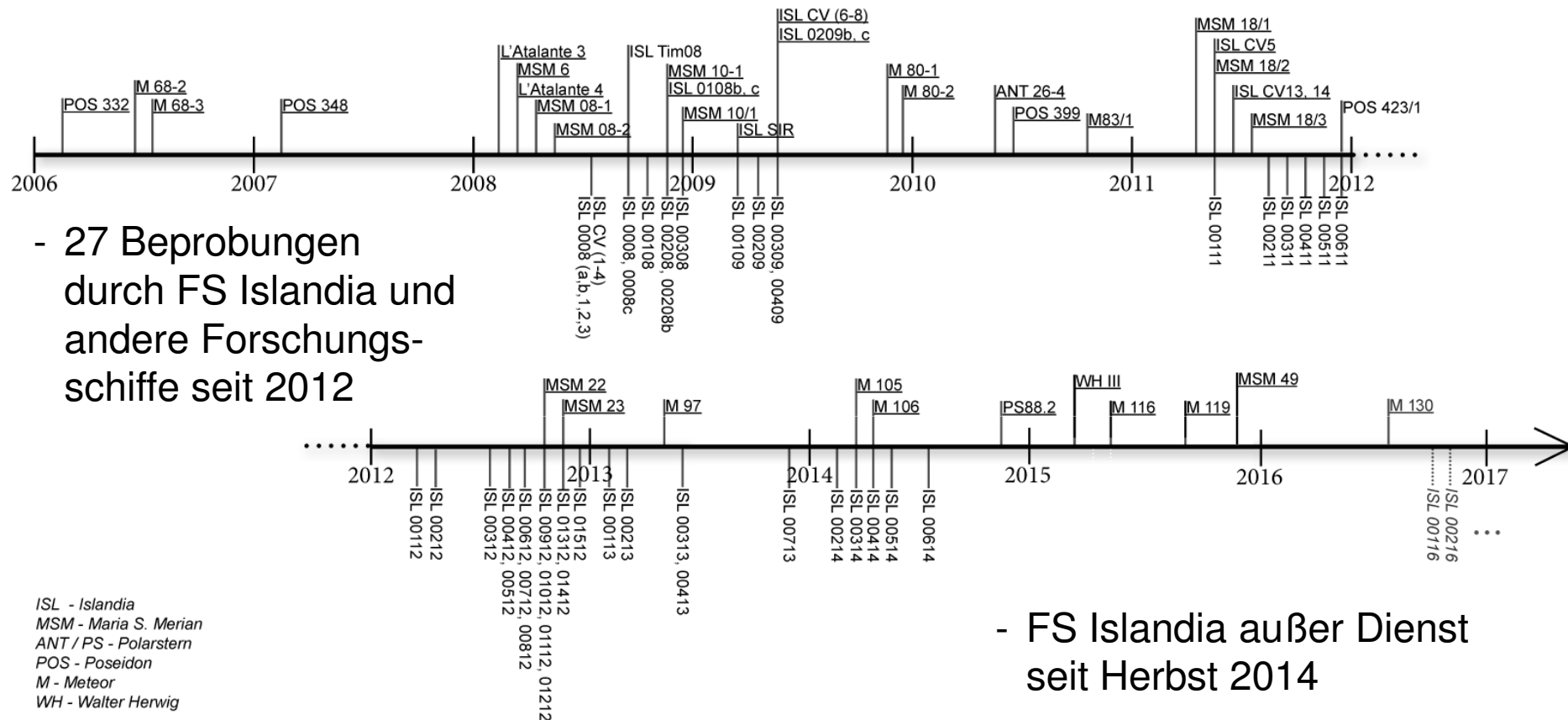
Aßmann (2012). Dissertation, Universität Kiel

→ Promotionsprojekt von Frau Katharina Seelmann (finanziert von H2020/AtlantOS): Autonome Messung der Alkalinität von Meerwasser mit CONTROS HydroFIA-System (finanziert von BMBF/ICOS-D)



CVOO-Aktivitäten

(Durchgeführte Arbeiten & aktueller Stand)

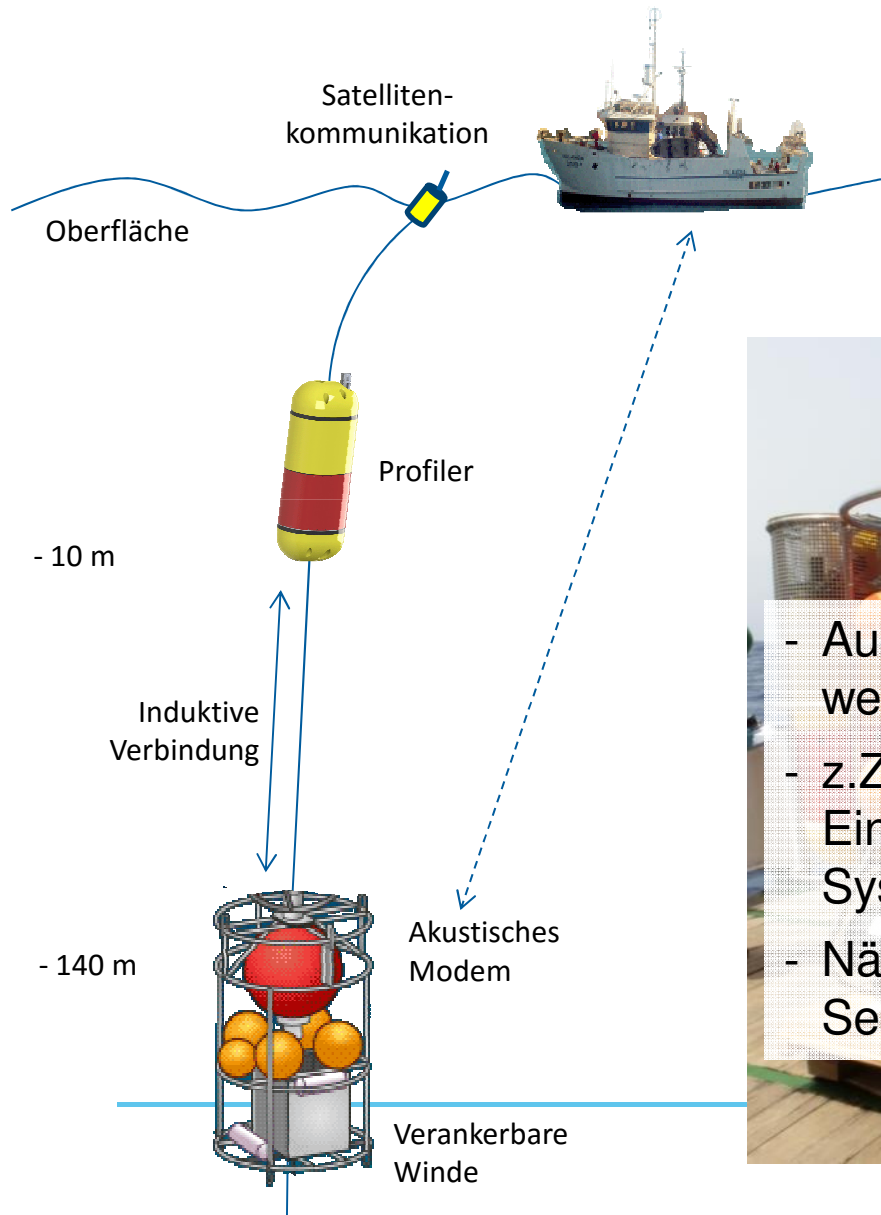


- 27 Beprobungen durch FS Islandia und andere Forschungsschiffe seit 2012

- Verankerungsauslegungen in 2012, 2013, 2014, 2015 (Winde mit Profiler)
- Verankerte Sensoren: SAMI v2-CO₂, AADI + KM Contros O₂-Optoden
- Nächste Verankerungsauslegungen im Sept. 2016 und Frühjahr 2018

CVOO: Neue Beobachtungsansätze

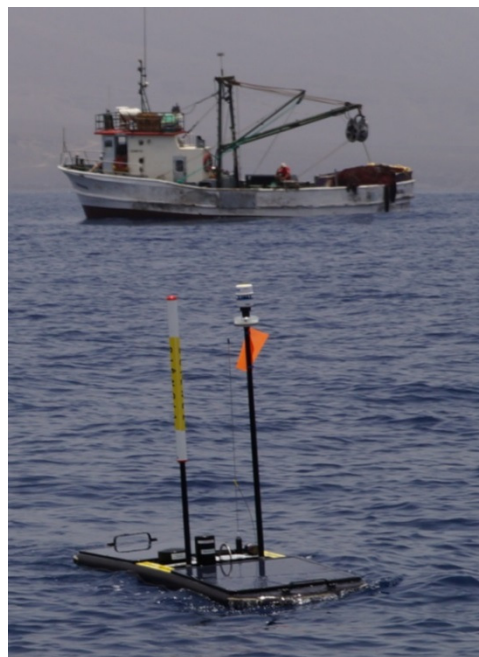
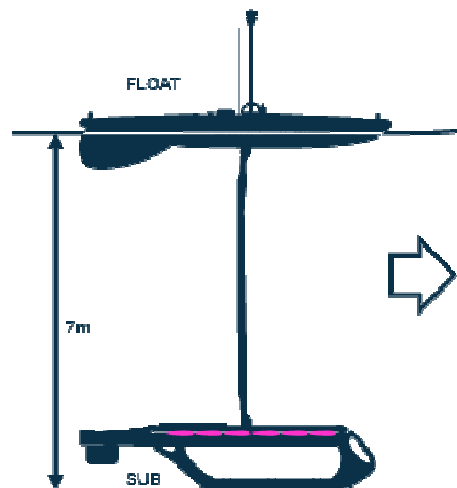
(Unterwasserwinde mit profilierendem Sensorträger)



- Auslegung im Sept. 2015 (Meteor-Reise M119) wegen mechanischer Probleme abgebrochen
- z.Zt. mechanische Überarbeitung des Einrastmechanismus und anderer Systemkomponenten
- Nächste Auslegung auf kapverdischem Seamount für Januar 2017 geplant

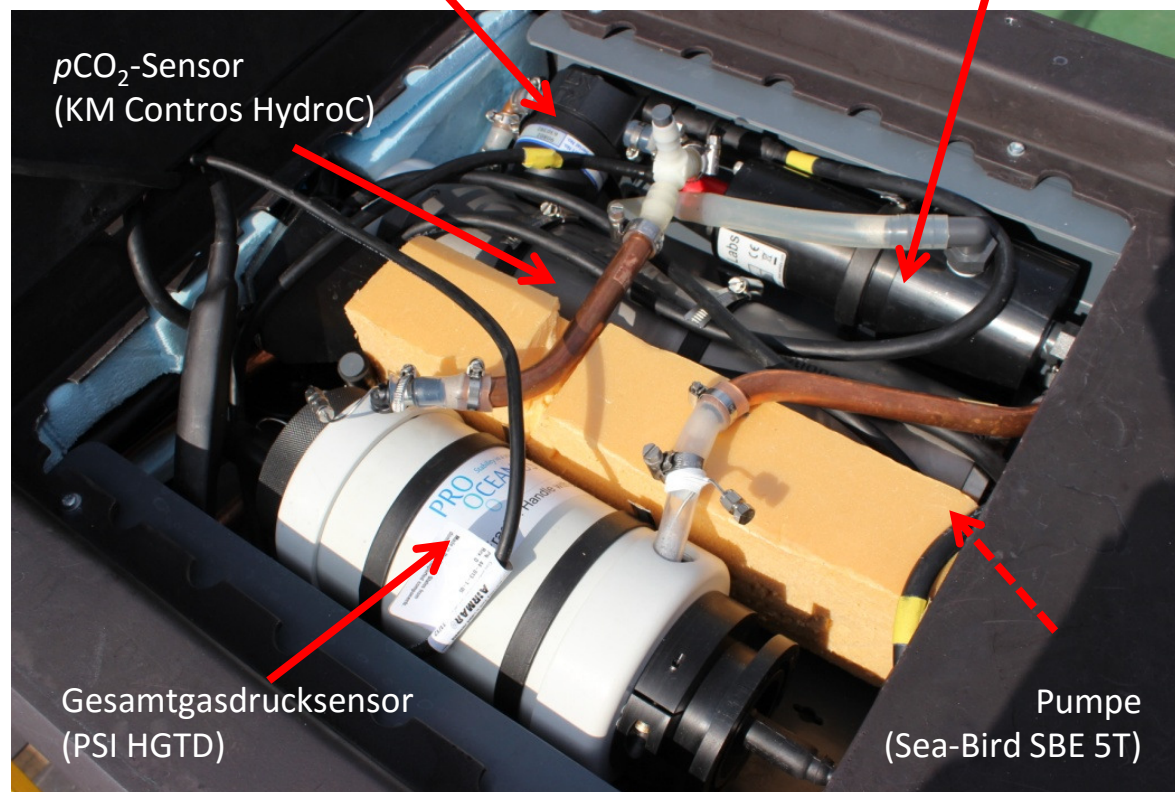
CV00: Neue Beobachtungsansätze

(Wave Glider als Mini-Forschungsschiff)



O₂-Optode
(Sea-Bird SBE 63)

Chlorophyll/Trübungssensor
(Wetlabs FLNTURT)



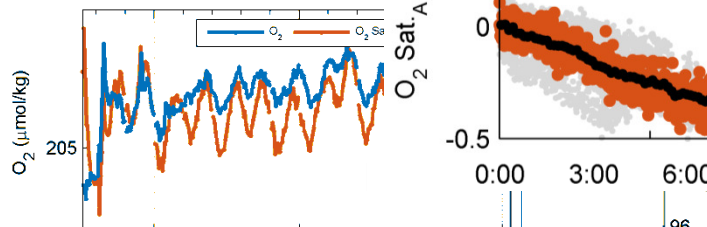
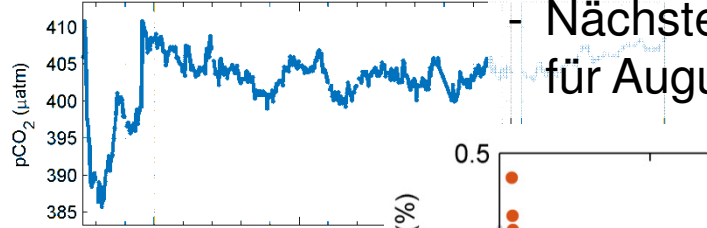
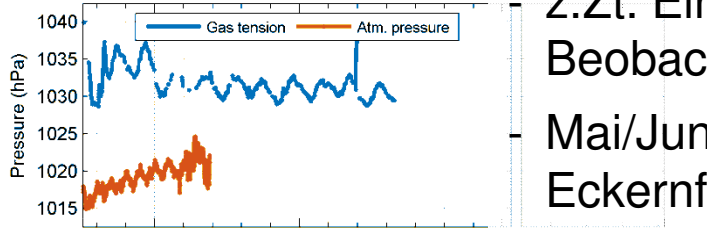
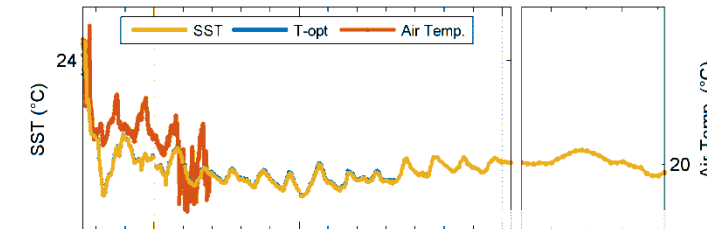
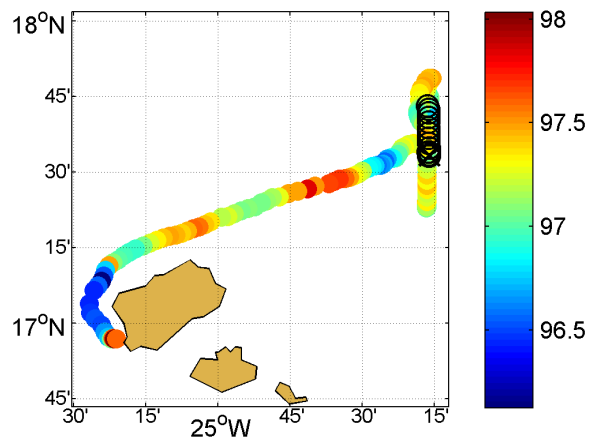
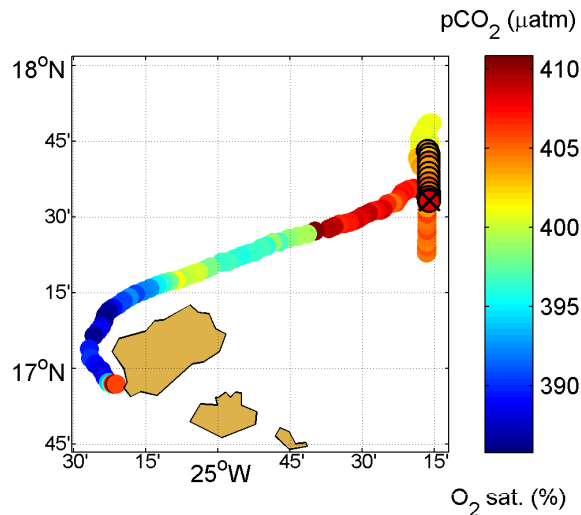
pCO₂-Sensor
(KM Contros HydroC)

Gesamtgasdrucksensor
(PSI HGTD)

Pumpe
(Sea-Bird SBE 5T)

CV00: Neue Beobachtungsansätze

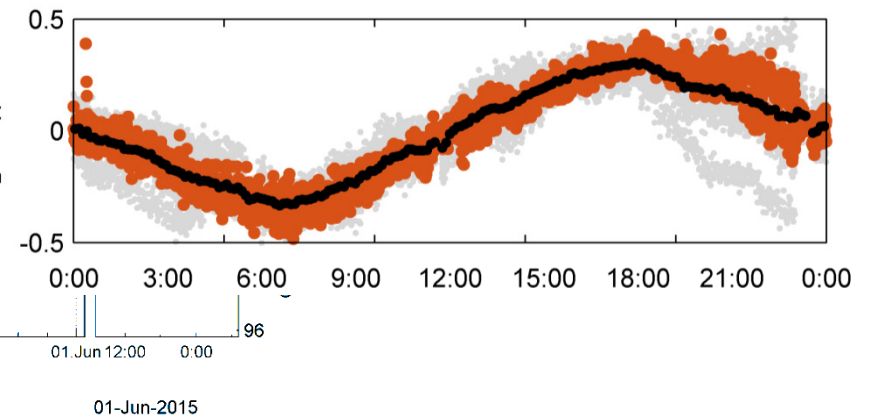
(Wave Glider als Mini-Forschungsschiff)



Dreiwöchiger Feldtest
bei Kapverden/CV00
im Mai 2015

z.Zt. Einbau neuer
Beobachtungskomponenten
Mai/Juni 2016: Felderprobung in
Eckernförder Bucht

Nächster Einsatz bei Kapverden
für August 2016 geplant



Die Ozeankomponente von ICOS-D

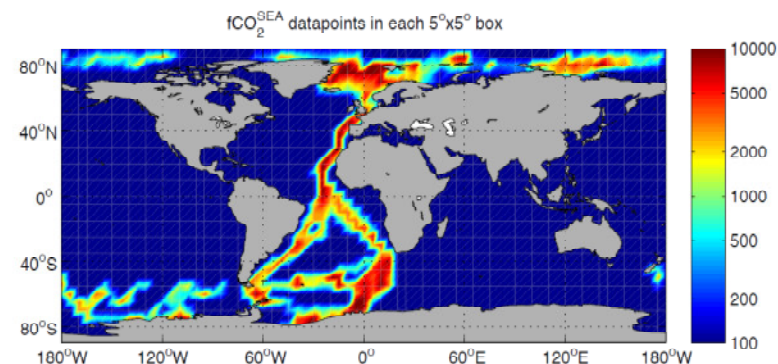
Beiträge des Alfred-Wegener-Instituts
Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung

Mario Hoppema, Eduard Bauerfeind, Normen Lochthofen,
Thomas Soltwedel, Thorben Wulff

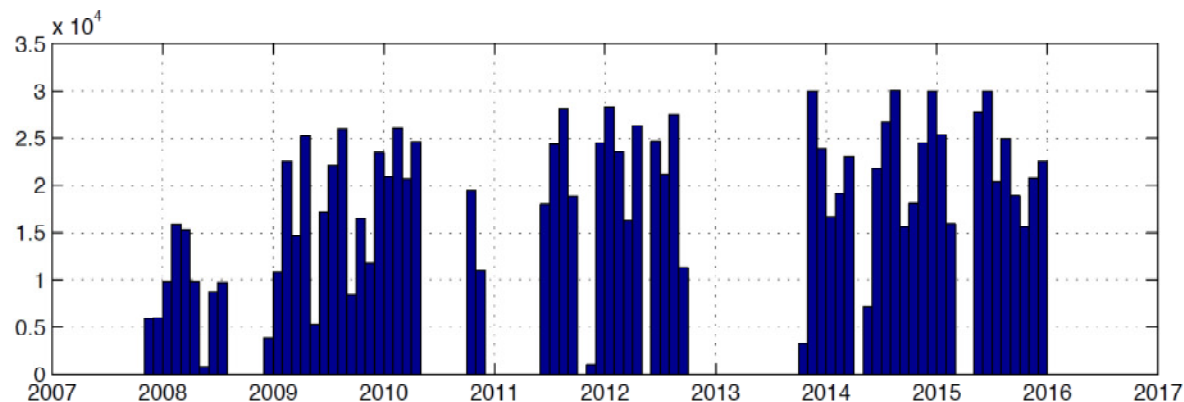
ICOS-D Jahrestreffen Kiel, 18.-20.05.2016

$p\text{CO}_2$ measurements on board the Voluntary Observing Ship (VOS) RV „Polarstern“

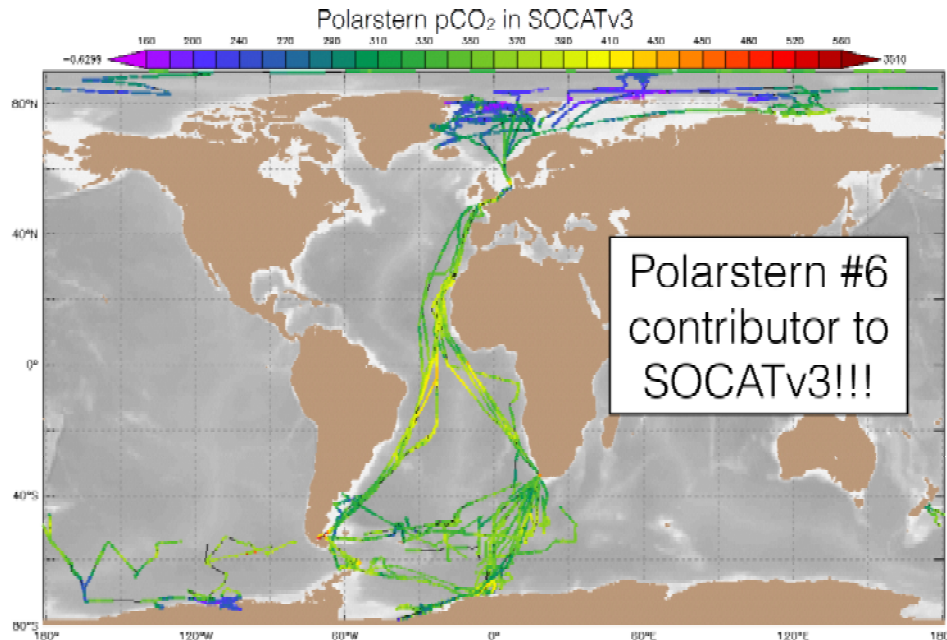
PI's: Mario Hoppema & Steven van Heuven
system: General Oceanics GO8050
data: $f\text{CO}_2^{\text{SEA}}$, $x\text{CO}_2^{\text{atm}}$, Ferrybox, Meteo
region: Arctic - transit - Antarctic vv
uptime: ~67%
 ~422 weeks on board (from Nov '07)
 ~365 weeks at sea
 ~246 weeks of successful data
 (~1.2 million two-minute $f\text{CO}_2^{\text{sea}}$ samples)



total of 14 cruise legs submitted to SOCATv2
 total of 28 cruise legs (re-)submitted to SOCATv3
 total of 39 cruise legs (re-)submitted to SOCATv4



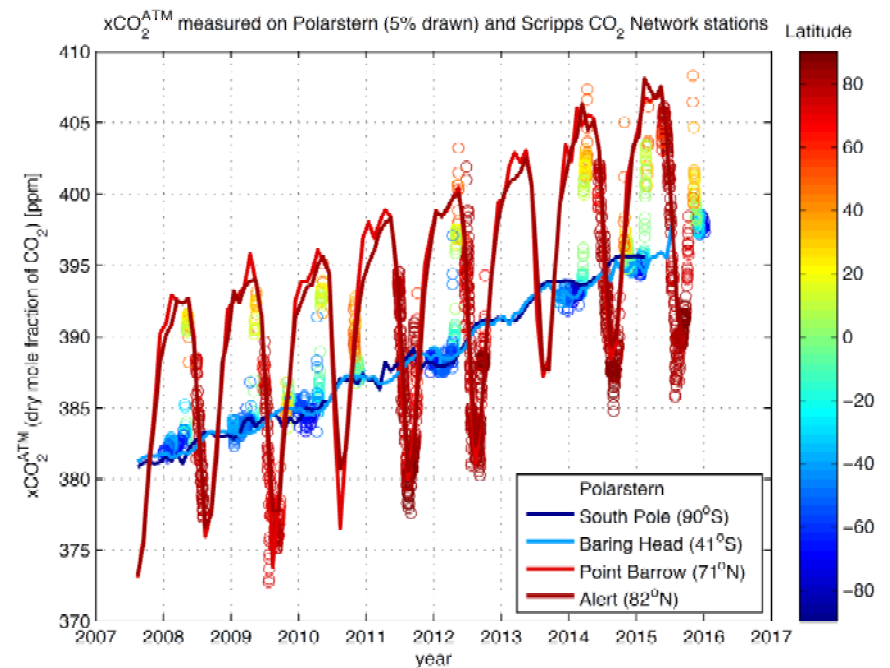
pCO₂ measurements on board the Voluntary Observing Ship (VOS) RV „Polarstern“



Polarstern pCO₂ is major contributor to the international and highly influential SOCAT data collection effort

ICOS will be using the SOCAT protocols for future data collection and processing

Atmospheric xCO₂ data collected with GO system:
 Very good comparison with atmospheric network data



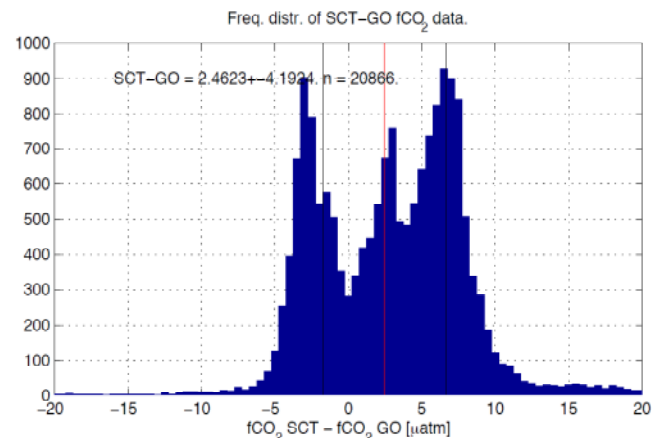
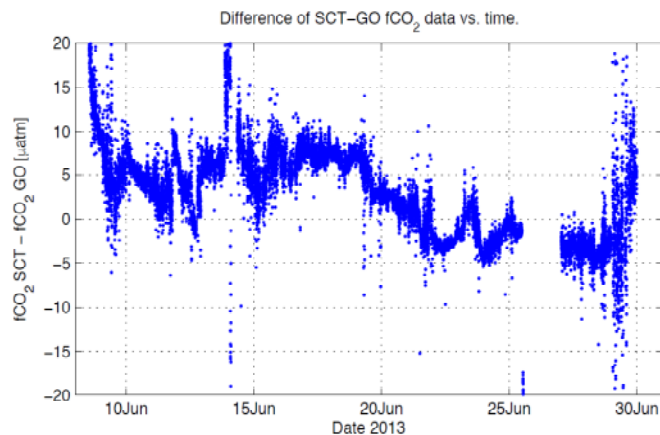
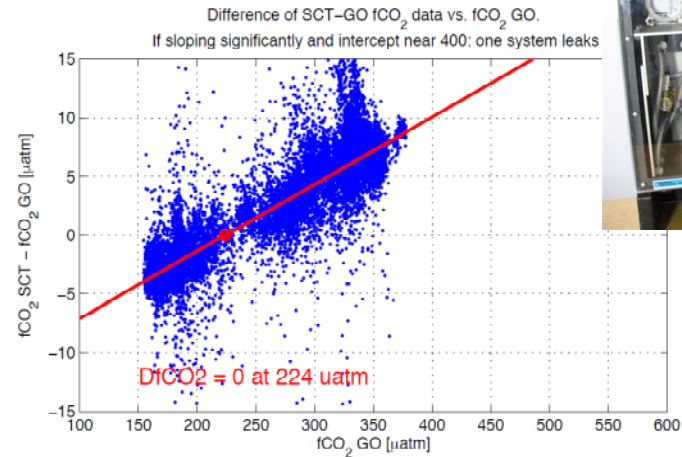
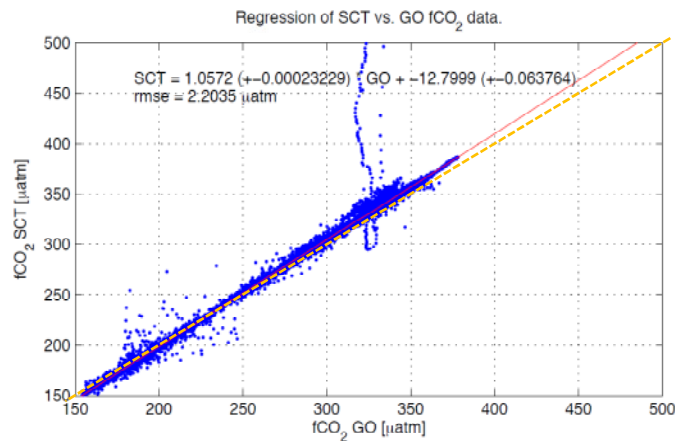
pCO₂ measurements on board the Voluntary Observing Ship (VOS) RV „Polarstern“

Comparison GO system and Oceanpack system:
 Mostly in good agreement, but some unexplained differences;
 needs more comparisons

General Oceanics pCO₂ System



SubCtech pCO₂ System OceanPack



$p\text{CO}_2$ measurements on board the Voluntary Observing Ship (VOS) RV „Polarstern“

Outlook

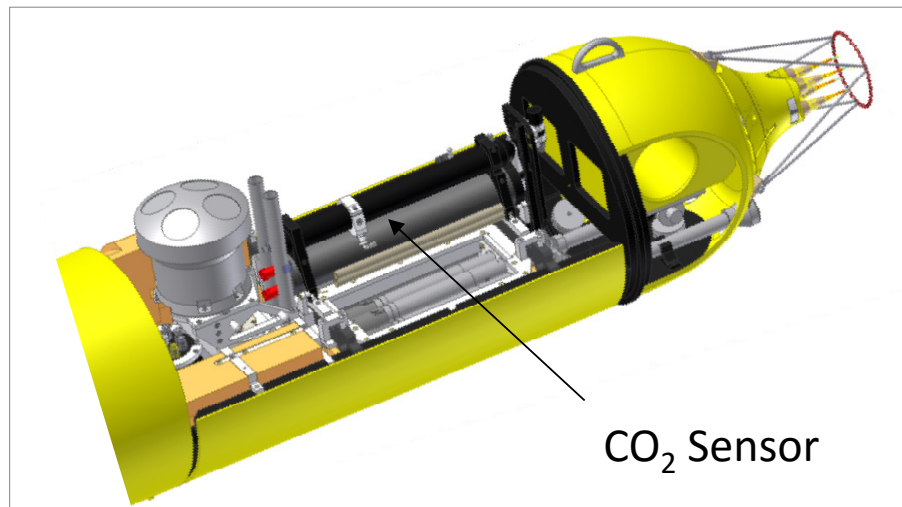
- Installation of a HydroFIA TA (for underway Total Alkalinity measurement); this enables to determine the complete CO_2 system
- Further comparisons of the GO and Oceanpack $p\text{CO}_2$ systems
- Contributions to SOCAT and quality controlling of SOCAT data
- ICOS station labelling
- ICOS: MSA Oceans (MH representative)



Integration eines CO₂ Sensors in das autonome Unterwasserfahrzeug (AUV)

Zusammenfassung der Arbeiten

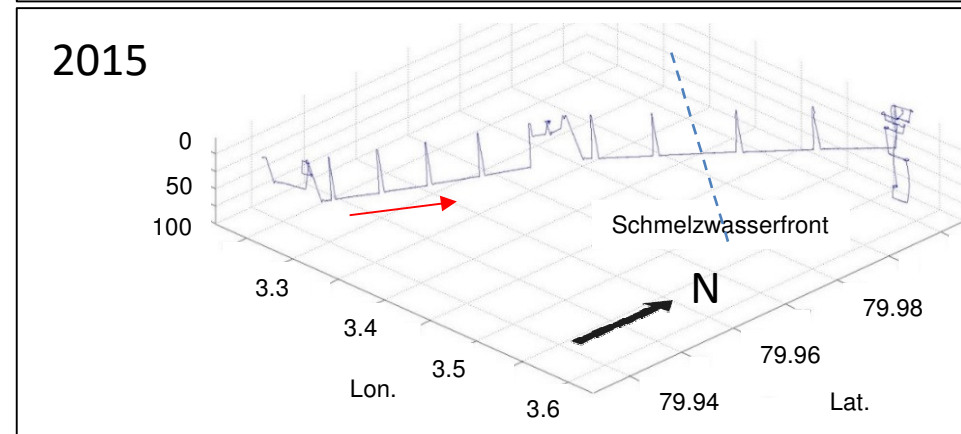
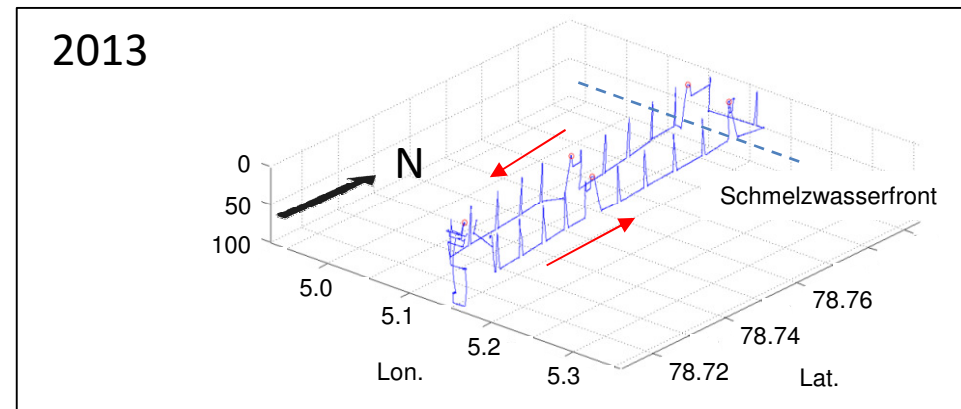
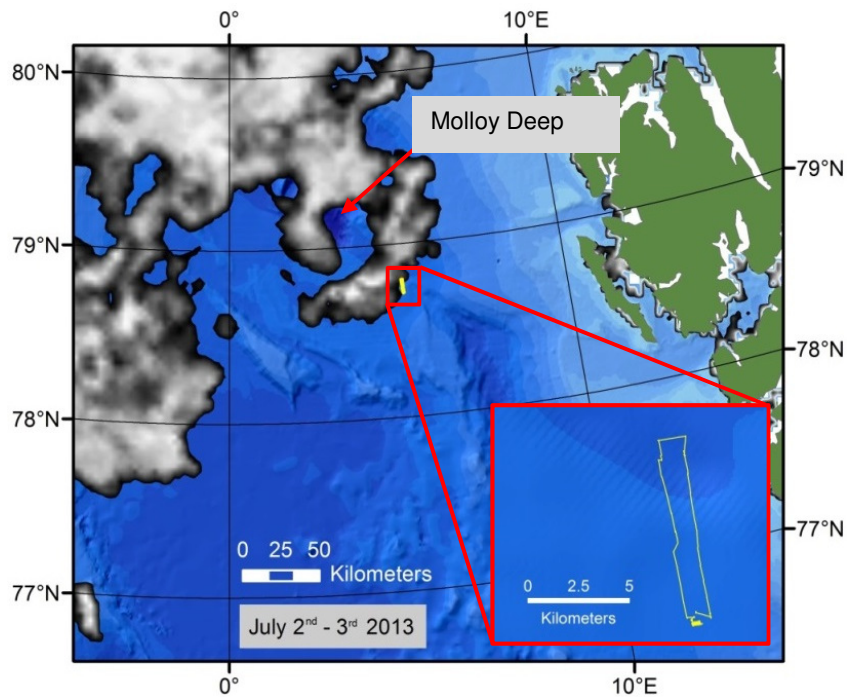
- Gewählter Sensor: HydroC pCO₂ des Herstellers KM Contros (Kiel)
- Strukturelle Integration
- Einbau unterstützender Geräte: Pumpe, Elektronik für einen langsamen Anlauf der Pumpen
- Anpassung der Stromversorgung der Nutzlast aufgrund des hohen Strombedarfs des Sensors
- Neuauslegung der Auftriebsverteilung des Fahrzeugs aufgrund des relativ hohen Sensorgewichts



Integration eines CO₂ Sensors in das autonome Unterwasserfahrzeug (AUV)

Einsätze an Schmelzwasserfronten während MSM 29 (FS Maria S. Merian, 2013) und ARK-29/2 (FS Polarstern, 2015)

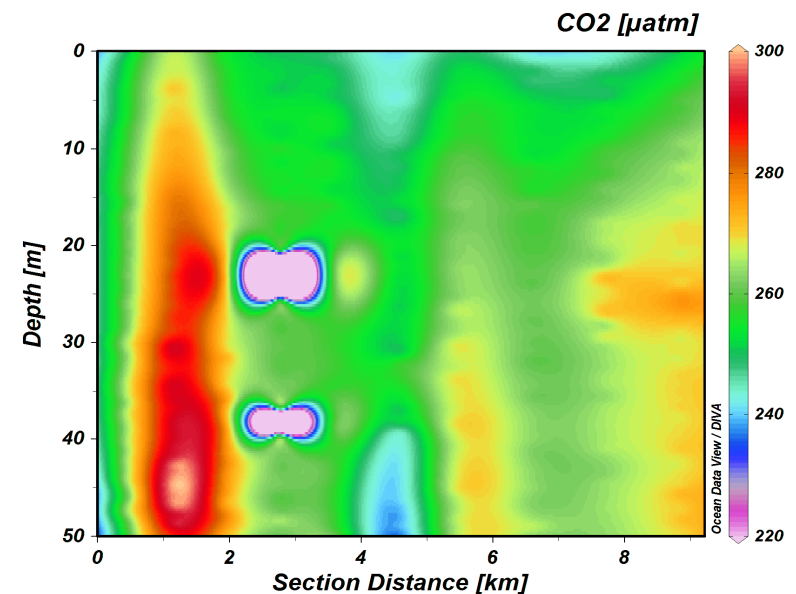
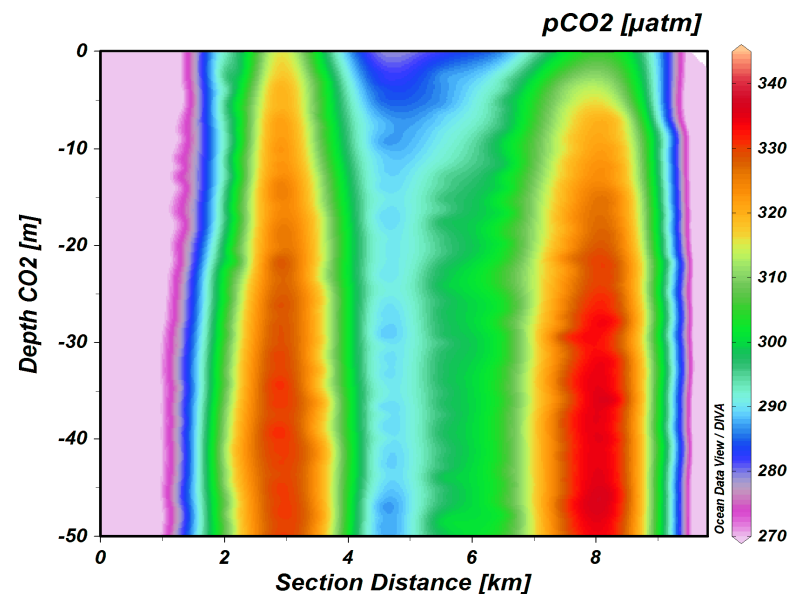
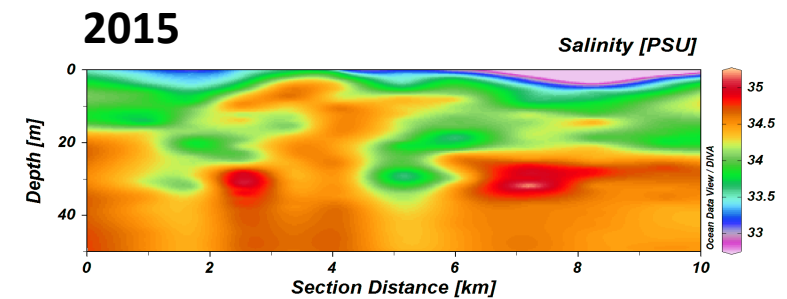
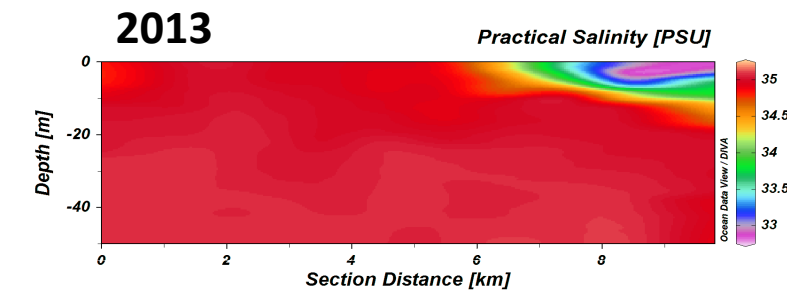
- Ondulierende Fahrweise des AUVs um vertikale Schichtung aufzulösen
- Antriebsloser, senkrechter Aufstieg des AUVs aus 50 m Tiefe bis zur Oberfläche
- Mehrere Wiederholungen des Manövers zur Untersuchung der Schichtung des Wasserkörpers in Eisnähe



Integration eines CO₂ Sensors in das autonome Unterwasserfahrzeug (AUV)

Einsätze an Schmelzwasserfronten während MSM 29 (FS Maria S. Merian, 2013) und ARK-29/2 (FS Polarstern, 2015)

- Steile Gradienten in Eisrandnähe erkennbar. Präzise Auflösung aufgrund der langsamen Ansprechgeschwindigkeit des Sensors jedoch nicht möglich.



Entwicklung einer Unterwasser-Winde mit profilierendem Sensor-Träger

Zusammenfassung der Arbeiten

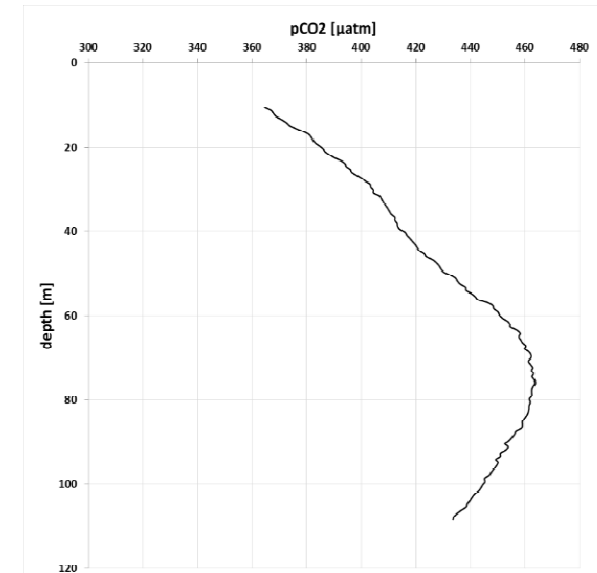
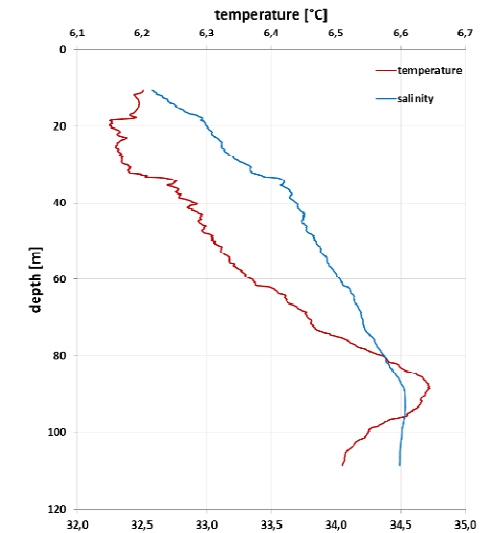
- Optimierung und Erweiterung der mechanischen Komponenten des Unterwasserwindensystems (Windeneinheit und profilierender Sensorträger)
- Abbruch der Überarbeitung der Steuerungssoftware seitens der beauftragten Firma (→ Fortführung dieser Arbeiten bzw. teilweise Neuprogrammierung in Eigenregie)
- Diverse Labor- und Trockenlauftests des System
- Feldtests im Kosterfjord (Tjärnö/Schweden)
- Vorbereitungen für den Einsatz des Systems im Arktischen Ozean im Sommer 2016



Entwicklung einer Unterwasser-Winde mit profilierendem Sensor-Träger

Feldtests im Kosterfjord, Tjärnö, Schweden, 25.-28.04.2016

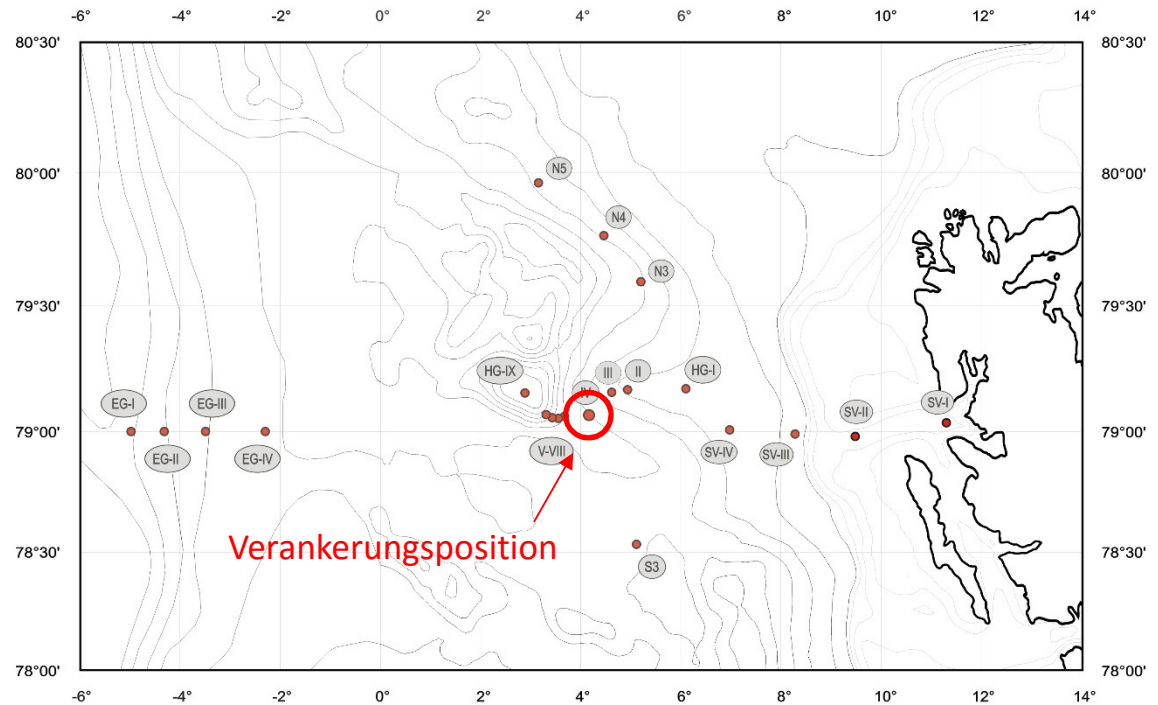
- Mehrere Tests in verschiedenen Wassertiefen (ca. 60 m und ca. 125 m)
- Mechanische Komponenten des System ohne Probleme
- Steuerungssoftware arbeitete nach kleineren Anpassungen vor Ort zuverlässig



Entwicklung einer Unterwasser-Winde mit profilierendem Sensor-Träger

Planung für 2016

- Ausbringung des Systems an der zentralen Station des arktischen Tiefsee-Observatorium HAUSGARTEN während der Polarstern-Expedition PS99 (13.06. – 16.07.2016)
- Kurzzeitig für zwei bis drei Wochen – wenn voll funktionstüchtig Verankerung für ein Jahr



Trace Gas measurements on board VOS Finnmaid

- **Current status of instrumentation**
 - $p\text{CO}_2$, $p\text{O}_2$, and CH_4
- **Some results of the last year(s)**
 - Statistics
 - Overview
- **Status of ICOS amendments**
 - “heavily under construction”



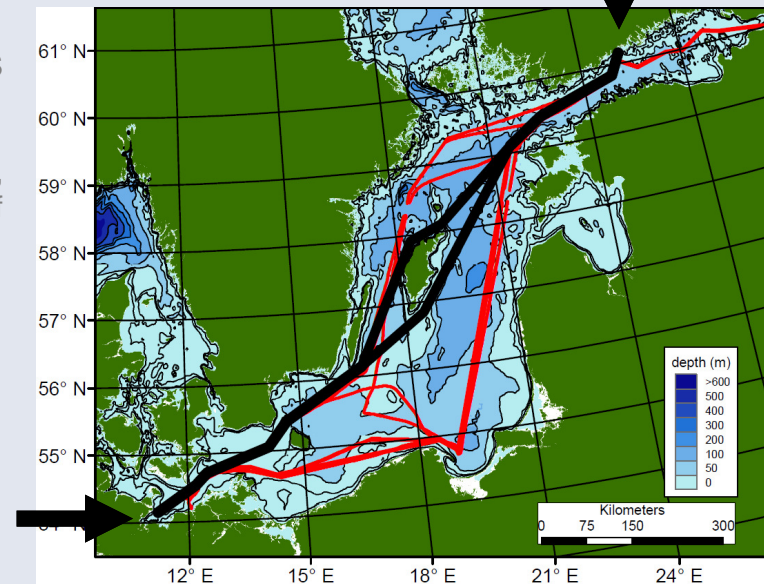
Helsinki (Finland)



Top: The “BALTIC VOS” Voluntary observing ship M/S Finnmaid, run by Finnlines,

Right: possible cruise tracks, main tracks east and west of Gotland highlighted

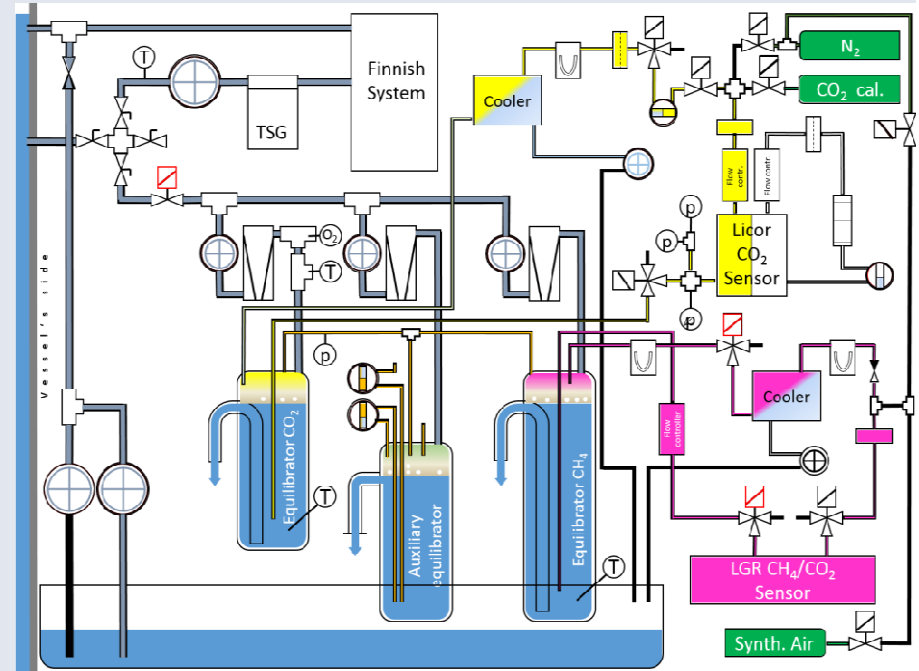
Lübeck (Germany)



Current Installation on “BALTIC VOS”

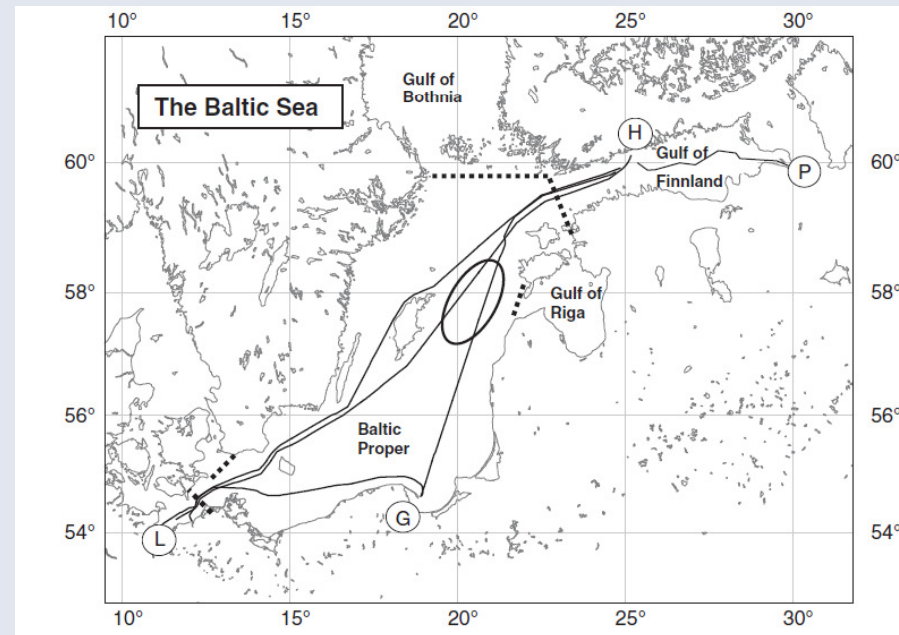


- Greenhouse gas measurements: $p\text{CO}_2$ and CH_4
- Installed alongside preexisting Finnish Alg@line system (Real time algal monitoring in the Baltic Sea)



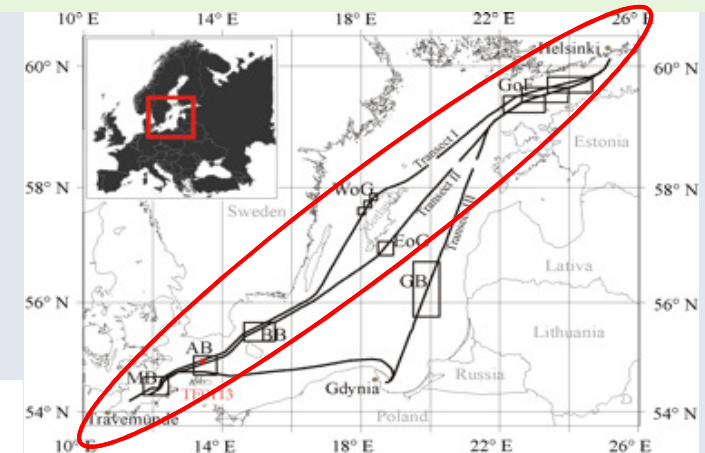
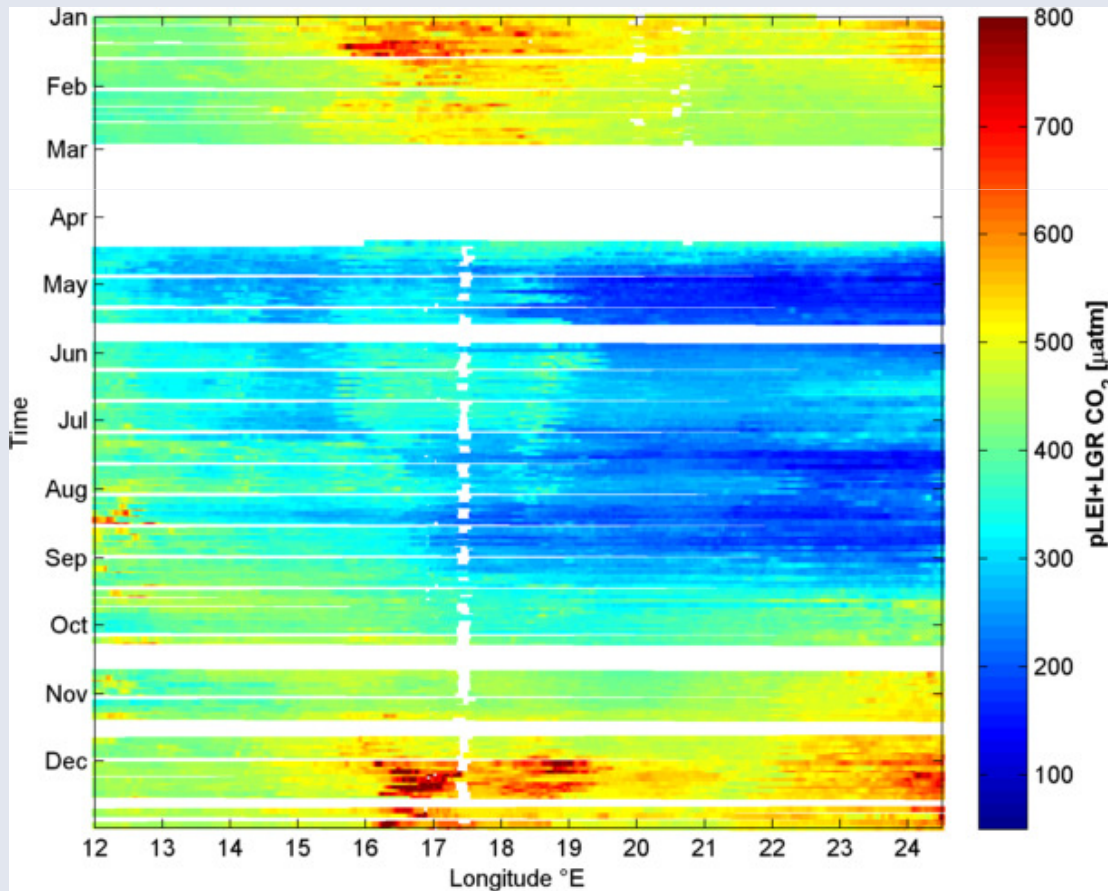
Some performance statistics (2015)

- 173 ship transects with validated data (out of 188)
- 283.282 valid $p\text{CO}_2$ data, 269.393 valid CH_4 data (note redundant set up for $p\text{CO}_2$ based on LICOR and LOS GATOS oa-ICOS instrument)
- Ship not running to Gdynia any more, but heading approx. once per month to St. Petersburg for bunkering
- Data gaps and failure
 - Extended shipyard stay for scrubber installation
 - Air flow (LGR air pump)
 - Single component failure
 - Discrepancy between the two independent $p\text{CO}_2$ systems
- Route alterations
 - east vs. west transect is partly related to captain's cell phone preferences



Overview ($p\text{CO}_2$)

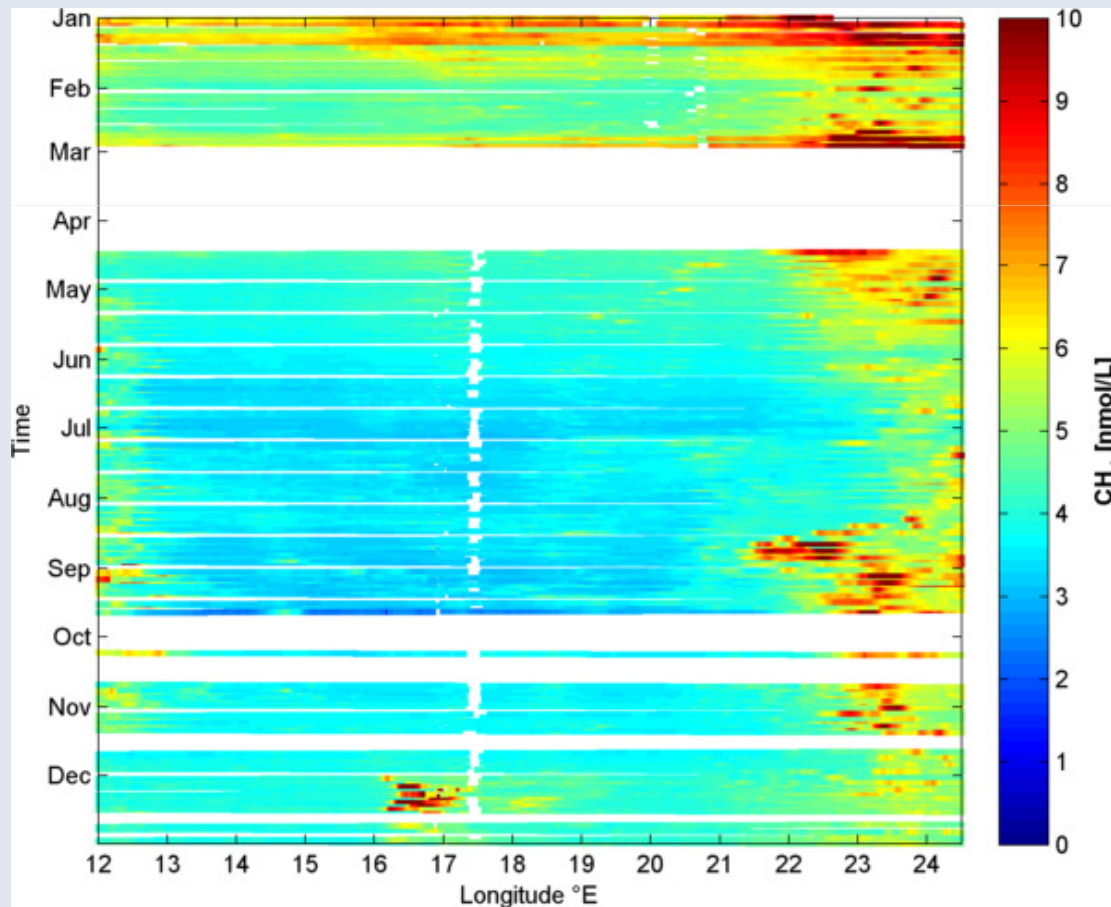
- Quantification of productivity and interannual drivers
- Seasonal switch of strong atmospheric source-sink behaviour



Surface $p\text{CO}_2$ based on all data for 2015 on cruise tracks passing close to Gotland (Strong seasonal fluctuations between CO_2 oversaturation and undersaturation, most pronounced in the Gulf of Finland, 22°E – 26°E).

Overview (CH₄)

- Strong modulation in the Gulf of Finland due to entrainment of enriched waters in winter and partial ice coverage
- Baltic Proper following T-dependent solubility, with some upwelling induced events
- Apparently large scale oversaturation after 2014/2015 major inflow ??



Surface CH₄ based on all data from 2015 on cruise tracks passing close to Gotland (Mechanistic understanding in Gülzow et al., 2013, Schneider et al., 2014, and talk tomorrow morning)

Sonstiges

- Kostenneutrale Projektverlängerung bis Ende 2016 bewilligt
- $p\text{CO}_2$ -Daten an SOCAT abgegeben
- Daten bis 2014 sind in das Global Carbon Budget 2015 (Le Quéré et al.) eingeflossen
- Erweiterung zur Messung von N_2O (ICOS-funded) und $\delta^{13}\text{C}\text{-CO}_2$ (inhouse) in Vorbereitung, Vorbereitung Hardwareupdate nahezu fertig
- Gruppe zur „best practice“ für die Nicht- CO_2 Gase (CH_4 , N_2O) in Entstehung (eingebettet in SCOR Working Group 143), Interkalibrationsfahrt für Okt. 2016 geplant
- Erster Test eines Prototyps zur kontinuierlichen Messung von pH auf Finnmaid (morgen)
- 4 Wochen Personal an Bord für eine Vorstudie zur Klärung der Kontrollmechanismen der Post-Spring Bloom (morgen)

Probleme

- Angestrebte Zusatzförderung für Softwareentwicklung durch das Land in letzter Sekunde gescheitert, Entwicklung läuft zwar (mit Celisca, Uni Rostock), aber Finanzierung ist Kraftakt

Referenzen

- Schneider, B., W. Gülzow, B. Sadkowiak, and G. Rehder (2014). Detecting sinks and sources of CO₂ and CH₄ by ferrybox-based measurements in the Baltic Sea: Three case studies. *J. Mar. Sys.*, doi:10.1016/j.jmarsys.2014.03.014.
- Le Quéré, C., Moriarty, R., Andrew, R. M., Canadell, J. G., Sitch, S., Korsbakken, J. I., . . . Zeng, N. (2015). Global Carbon Budget 2015. *Earth System Science Data* **7**, 349-396, doi: 10.5194/essd-7-349-2015
- Schneider, B., S. Buecker, S. Kaitala, P. Maunula and N. Wasmund (2015). Characteristics of the spring/summer production in the Mecklenburg Bight (Baltic Sea) as revealed by long-term pCO₂ data. *Oceanologia* **57**: 375-385, doi: 10.1016/j.oceano.2015.07.001

Folgeantäge

- Qualitativ hochwertige Messung CO₂/CH₄ in der Atmosphäre (EU-Antrag Ringo, morgen)
- GHG und Carbon System Monitoring in the BALTIC (INTEGRAL, morgen)

Earth Syst. Sci. Data, 5, 125–143, 2013
www.earth-syst-sci-data.net/5/125/2013/
doi:10.5194/essd-5-125-2013
© Author(s) 2013. CC Attribution 3.0 License.



Open Access
Earth System
Science
Data

SOCAT v1

A uniform, quality controlled Surface Ocean CO₂ Atlas (SOCAT)

B. Pfeil^{1,2,3}, A. Olsen^{1,2,4,5}, D. C. E. Bakker⁶, S. Hankin⁷, H. Koyuk⁸, A. Kozyr⁹, J. Malczyk¹⁰, A. Manke⁷, N. Metzl¹¹, C. L. Sabine⁷, J. Akl^{12,13}, S. R. Alin⁷, N. Bates¹⁴, R. G. J. Bellerby^{15,16,2}, A. Borges¹⁷, J. Boutin¹¹, P. J. Brown^{1,18}, W.-J. Cai¹⁹, F. P. Chavez²⁰, A. Chen²¹, C. Cosca⁷, A. J. Fassbender²², R. A. Feely⁷, M. González-Dávila²³, C. Goyet²⁴, B. Hales²⁵, N. Hardman-Mountford^{26,9}, C. Heinze^{12,5,16}, M. Hood²⁷, M. Hoppema², C. W. Hunt²⁹, D. Hydes³⁰, M. Ishii³¹, T. Johannessen^{1,2}, S. D. Jones³², R. M. Key³³, A. Körtzinger², P. Landschützer⁶, S. K. Lauvset^{1,2}, N. Lefèvre¹¹, A. Lenton¹², A. Lourantou¹¹, L. Merlivat¹¹, T. Midorikawa³⁵, L. Mintrop³⁶, C. Miyazaki³⁷, A. Murata³⁸, A. Nakadate³⁹, Y. Nakano³⁸, S. Nakaoka⁴⁰, Y. Nojiri⁴⁰, A. M. Omar^{5,16}, X. A. Padin⁴¹, G.-H. Park⁴², K. Paterson^{12,13}, F. F. Perez⁴¹, D. Pierrot⁴², A. Poisson²⁴, A. F. Ríos⁴¹, J. M. Santana-Casiano²¹, J. Salisbury²⁹, V. V. S. S. Sarma⁴³, R. Schlitzer²⁸, B. Schneider²⁴, U. Schuster⁶, R. Sieger²⁸, I. Skjelvan^{12,16}, T. Steinhoff², T. Suzuki⁴⁵, T. Takahashi⁴⁶, K. Tedesco^{47,38}, M. Telszewski^{48,38}, H. Thomas⁴⁹, B. Tilbrook^{12,13,50}, J. Tjiputra^{1,2}, D. Vandemark²⁹, T. Veness^{12,13}, R. Wanninkhof⁵¹, A. J. Watson⁶, R. Weiss³², C. S. Wong⁵³, and H. Yoshikawa-Inoue³⁸

Earth Syst. Sci. Data, 6, 69–90, 2014
www.earth-syst-sci-data.net/6/69/2014/
doi:10.5194/essd-6-69-2014
© Author(s) 2014. CC Attribution 3.0 License.



Open Access
Earth System
Science
Data

SOCAT v2

An update to the Surface Ocean CO₂ Atlas (SOCAT version 2)

D. C. E. Bakker¹, B. Pfeil^{2,3}, K. M. Smith^{4,5}, S. Hankin⁴, A. Olsen^{2,3,6}, S. R. Alin⁴, C. Cosca⁴, S. Harasawa⁷, A. Kozyr⁸, Y. Nojiri⁷, K. M. O'Brien^{4,5}, U. Schuster^{9,9}, M. Telszewski¹⁰, B. Tilbrook^{11,12}, C. Wada⁷, J. Akl¹¹, L. Barbero¹³, N. R. Bates¹⁴, J. Boutin¹⁵, Y. Bozec^{16,17}, W.-J. Cai¹⁸, R. D. Castle¹⁹, F. P. Chavez²⁰, L. Chen^{21,22}, M. Chierici^{23,24}, K. Currie²⁵, H. J. W. de Baar²⁶, W. Evans^{4,27}, R. A. Feely⁴, A. Fransson²⁸, Z. Gao²¹, B. Hales²⁹, N. J. Hardman-Mountford³⁰, M. Hoppema², W.-J. Huang¹⁸, C. W. Hunt³², B. Huss¹⁹, T. Ichikawa³³, T. Johannessen^{2,3,6}, E. M. Jones³¹, S. D. Jones³⁴, S. Jutterström³⁵, V. Kitidis³⁶, A. Körtzinger², P. Landschützer¹, S. K. Lauvset^{2,3}, N. Lefèvre^{38,39}, A. B. Manke⁴, J. T. Mathis⁴, L. Merlivat¹⁵, N. Metzl¹⁵, A. Murata⁴⁰, T. Newberger⁴¹, A. M. Omar^{6,3,2}, T. Ono³³, G.-H. Park⁴², K. Paterson¹¹, D. Pierrot¹³, A. F. Ríos⁴³, C. L. Sabine⁴, S. Saito⁴⁴, J. Salisbury³², V. V. S. S. Sarma⁴⁵, R. Schlitzer³¹, R. Sieger³¹, I. Skjelvan^{6,2}, T. Steinhoff², K. F. Sullivan¹³, H. Sun²¹, A. J. Sutton^{1,5}, T. Suzuki⁴⁶, C. Sweeney⁴¹, T. Takahashi⁴⁷, J. Tjiputra^{9,3}, N. Tsurushima⁴⁸, S. M. A. C. van Heuven⁴⁹, D. Vandemark³², P. Vlahos⁵⁰, D. W. R. Wallace⁵¹, R. Wanninkhof¹⁹, and A. J. Watson⁹

Earth Syst. Sci. Data, 5, 145–153, 2013
www.earth-syst-sci-data.net/5/145/2013/
doi:10.5194/essd-5-145-2013
© Author(s) 2013. CC Attribution 3.0 License.



Open Access
Earth System
Science
Data

SOCAT v1
gridded

Surface Ocean CO₂ Atlas (SOCAT) gridded data product

C. L. Sabine¹, S. Hankin¹, H. Koyuk^{1,2}, D. C. E. Bakker³, B. Pfeil^{4,5,6}, A. Olsen^{7,8}, N. Metzl⁹, A. Kozyr¹⁰, A. Fassbender^{1,20}, A. Manke^{1,2}, J. Malczyk¹¹, J. Akl^{12,13}, S. R. Alin¹, R. G. J. Bellerby^{14,4,9}, A. Borges¹⁵, J. Boutin⁹, P. J. Brown^{3,16}, W.-J. Cai¹⁷, F. P. Chavez¹⁸, A. Chen¹⁹, C. Cosca¹, R. A. Feely¹, M. González-Dávila²¹, C. Goyet²², N. Hardman-Mountford^{23,38}, C. Heinze^{4,5,8,14}, M. Hoppema², C. W. Hunt²⁵, D. Hydes²⁶, M. Ishii²⁷, T. Johannessen^{4,5}, R. M. Key²⁸, A. Körtzinger², P. Landschützer³, S. K. Lauvset^{4,5}, N. Lefèvre⁹, A. Lenton¹³, A. Lourantou⁹, L. Merlivat⁹, T. Midorikawa³⁰, L. Mintrop³¹, C. Miyazaki³², A. Murata³³, A. Nakadate³⁴, Y. Nakano³³, S. Nakaoka³⁵, Y. Nojiri³⁵, A. M. Omar^{8,14}, X. A. Padin³⁶, G.-H. Park³⁷, K. Paterson^{12,13}, F. F. Perez³⁶, D. Pierrot³⁷, A. Poisson²², A. F. Ríos³⁶, J. Salisbury²⁵, J. M. Santana-Casiano²¹, V. V. S. S. Sarma³⁸, R. Schlitzer²⁴, B. Schneider²⁹, U. Schuster³, R. Sieger²⁴, I. Skjelvan^{5,14,4}, T. Steinhoff², T. Suzuki⁴⁰, T. Takahashi⁴¹, K. Tedesco^{42,38}, M. Telszewski^{43,38}, H. Thomas⁴⁴, B. Tilbrook^{12,13,45}, D. Vandemark²⁵, T. Veness¹⁵, A. J. Watson³, R. Weiss⁴⁶, C. S. Wong⁴⁷, and H. Yoshikawa-Inoue³³

Earth Syst. Sci. Data Disc., 2016
doi:10.5194/essd-2016-15
in submission

SOCAT v3

A multi-decade record of high-quality fCO₂ data in version 3 of the Surface Ocean CO₂ Atlas (SOCAT)

D. C. E. Bakker, B. Pfeil, C. S. Landa, N. Metzl, K. M. O'Brien, A. Olsen, K. Smith, C. Cosca, S. Harasawa, S. D. Jones, S.-I. Nakaoka, Y. Nojiri, U. Schuster, T. Steinhoff, C. Sweeney, T. Takahashi, B. Tilbrook, C. Wada, R. Wanninkhof, S. R. Alin, C. F. Balestrini, L. Barbero, N. R. Bates, A. A. Bianchi, F. Bonou, J. Boutin, Y. Bozec, E. F. Burger, W.-J. Cai, R. D. Castle, L. Chen, M. Chierici, K. Currie, W. Evans, C. Featherstone, R. A. Feely, A. Fransson, C. Goyet, N. Greenwood, L. Gregor, S. Hankin, N. J. Hardman-Mountford, J. Harlay, J. Hauck, M. Hoppema, M. P. Humphreys, C. W. Hunt, B. Huss, J. S. P. Ibáñez, T. Johannessen, R. Keeling, V. Kitidis, A. Körtzinger, A. Kozyr, E. Krasakopoulou, A. Kuwata, P. Landschützer, S. K. Lauvset, N. Lefèvre, C. Lo Monaco, A. Manke, J. T. Mathis, L. Merlivat, F. J. Millero, P. M. S. Monteiro, D. R. Munro, A. Murata, T. Newberger, A. M. Omar, T. Ono, K. Paterson, D. Pearce, D. Pierrot, L. L. Robbins, S. Saito, J. Salisbury, R. Schlitzer, B. Schneider, R. Schweitzer, R. Sieger, I. Skjelvan, K. F. Sullivan, S. C. Sutherland, A. J. Sutton, K. Tadokoro, M. Telszewski, M. Tuma, S. M. A. C. Van Heuven, D. Vandemark, B. Ward, A. J. Watson, and S. Xu

Earth Syst. Sci. Data, 6, 235–263, 2014
www.earth-syst-sci-data.net/6/235/2014/
doi:10.5194/essd-6-235-2014
© Author(s) 2014. CC Attribution 3.0 License.



Open Access Earth System
Science
Data Earth Syst. Sci. Data, 7, 47–85, 2015
www.earth-syst-sci-data.net/7/47/2015/
doi:10.5194/essd-7-47-2015
© Author(s) 2015. CC Attribution 3.0 License.



Open Access Earth System
Science
Data

GCB 2013

GCB 2014

Global carbon budget 2013

C. Le Quéré¹, G. P. Peters², R. J. Andres³, R. M. Andrew², T. A. Boden³, P. Ciais⁴, P. Friedlingstein⁵, R. A. Houghton⁶, G. Marland⁷, R. Moriarty¹, S. Sitch⁸, P. Tans⁹, A. Arneeth¹⁰, A. Arvanitis¹⁰, D. C. E. Bakker¹¹, L. Bopp⁴, J. G. Canadell¹², L. P. Chini¹³, S. C. Doney¹⁴, A. Harper¹⁵, I. Harris¹⁶, J. I. House¹⁷, A. K. Jain¹⁸, S. D. Jones¹, E. Kato¹⁹, R. F. Keeling²⁰, K. Klein Goldewijk²¹, A. Körtzinger²², C. Koven²³, N. Lefèvre²⁴, F. Maignan⁴, A. Omar^{25,26}, T. Ono²⁷, G.-H. Park²⁸, B. Pfeil^{26,29}, B. Poulter³⁰, M. R. Raupach^{12,*}, P. Regnier³¹, C. Rödenbeck³², S. Saito³³, J. Schwinger^{26,29}, J. Segsneider³⁴, B. D. Stocker³⁵, T. Takahashi³⁶, B. Tilbrook³⁷, S. van Heuven³⁸, N. Viovy⁴, R. Wanninkhof⁴⁰, A. Wiltshire³⁹, and S. Zaehle³²

Global carbon budget 2014

C. Le Quéré¹, R. Moriarty¹, R. M. Andrew², G. P. Peters², P. Ciais³, P. Friedlingstein⁴, S. D. Jones¹, S. Sitch⁵, P. Tans⁶, A. Arneeth⁷, T. A. Boden⁸, L. Bopp⁵, Y. Bozec^{9,10}, J. G. Canadell¹¹, L. P. Chini¹², F. Chevallier³, C. E. Cosca¹³, I. Harris¹⁴, M. Hoppema⁵, R. A. Houghton¹⁶, J. I. House¹⁷, A. K. Jain¹⁸, T. Johannessen^{19,20}, E. Kato^{21,22}, R. F. Keeling²³, V. Kitidis²⁴, K. Klein Goldewijk²⁵, C. Koven²⁶, C. S. Landa^{19,20}, P. Landschützer²⁷, A. Lenton²⁸, I. D. Lima²⁹, G. Marland³⁰, J. T. Mathis¹³, N. Metz³¹, Y. Nojiri²¹, A. Olsen^{19,20}, T. Ono³², S. Peng³, W. Peters³³, B. Pfeil^{19,20}, B. Poulter³⁴, M. R. Raupach^{35,†}, P. Regnier³⁶, C. Rödenbeck³⁷, S. Saito³⁸, J. E. Salisbury³⁹, U. Schuster⁵, J. Schwinger^{19,20}, R. Séférian⁴⁰, J. Segsneider⁴¹, T. Steinhoff⁴², B. D. Stocker^{43,44}, A. J. Sutton^{45,13}, T. Takahashi⁴⁶, B. Tilbrook⁴⁷, G. R. van der Werf⁴⁸, N. Viovy³, Y.-P. Wang⁴⁹, R. Wanninkhof⁵⁰, A. Wiltshire⁵¹, and N. Zeng⁵²



Earth Syst. Sci. Data, 7, 349–396, 2015
www.earth-syst-sci-data.net/7/349/2015/
doi:10.5194/essd-7-349-2015
© Author(s) 2015. CC Attribution 3.0 License.



Open Access Earth System
Science
Data

GCB 2015

Global Carbon Budget 2015

C. Le Quéré¹, R. Moriarty¹, R. M. Andrew², J. G. Canadell³, S. Sitch⁴, J. I. Korsbakken², P. Friedlingstein⁵, G. P. Peters², R. J. Andres⁶, T. A. Boden⁶, R. A. Houghton⁷, J. I. House⁸, R. F. Keeling⁹, P. Tans¹⁰, A. Arneeth¹¹, D. C. E. Bakker¹², L. Barbero^{13,14}, L. Bopp¹⁵, J. Chang¹⁵, F. Chevallier¹⁵, L. P. Chini¹⁶, P. Ciais¹⁵, M. Fader¹⁷, R. A. Feely¹⁸, T. Gkritzalis¹⁹, I. Harris²⁰, J. Hauck²¹, T. Ilyina²², A. K. Jain²³, E. Kato²⁴, V. Kitidis²⁵, K. Klein Goldewijk²⁶, C. Koven²⁷, P. Landschützer²⁸, S. K. Lausvet²⁹, N. Lefèvre³⁰, A. Lenton³¹, I. D. Lima³², N. Metz³⁰, F. Millero³³, D. R. Munro³⁴, A. Murata³⁵, J. E. M. S. Nabel²², S. Nakaoka³⁶, Y. Nojiri³⁶, K. O'Brien³⁷, A. Olsen^{38,39}, T. Ono⁴⁰, F. F. Pérez⁴¹, B. Pfeil^{38,39}, D. Pierrot^{13,14}, B. Poulter⁴², G. Rehder⁴³, C. Rödenbeck⁴⁴, S. Saito⁴⁵, U. Schuster⁴, J. Schwinger²⁹, R. Séférian⁴⁶, T. Steinhoff⁴⁷, B. D. Stocker^{48,49}, A. J. Sutton^{37,18}, T. Takahashi⁵⁰, B. Tilbrook⁵¹, I. T. van der Laan-Luijkx^{52,53}, G. R. van der Werf⁵⁴, S. van Heuven⁵⁵, D. Vandemark⁵⁶, N. Viovy¹⁵, A. Wiltshire⁵⁷, S. Zaehle⁴⁴, and N. Zeng⁵⁸

Voluntary Observing Ship Network (carbon-VOS)

→ Continuous surface $p\text{CO}_2$ measurements



→ Autonome Alkalinitäts-/pH-Messungen

Biogeochemistry-Argo (BGC-Argo)

→ Profiling measurements of pH, O_2 , NO_3^- , chl a, biooptische Parameter

→ 1000 Floats weltweit

