

KoPa33 SAILDRONE

Einzelprojekt "SAILDRONE – Bestimmung regionaler Ozean- Atmosphäre Gasaustauschflüsse im tropischen Atlantik“

Schlussbericht

Teil I – Kurzbericht

Dr. Björn Fiedler

GEOMAR
Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
Chemische Ozeanographie
Düsternbrooker Weg 20
24105 Kiel

Telefon: 0431-600-4203
E-Mail: bfiedler@geomar.de

Laufzeit: 01.03.2021 – 31.12.2021

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

I. Kurze Darstellung

1. Aufgabenstellung

Ziel dieses Vorhabens war es, die Beobachtungskapazitäten für marinen Kohlenstoff im tropischen Atlantik auszuweiten, um Ozean-Atmosphäre Flüsse von CO₂ präziser bestimmen zu können. Im Rahmen des EU H2020 Projektes EuroSea (Teilprojekt 7.3) war daher eine Zusammenarbeit mit der Firma SAILDRONE INC. vorgesehen, welche hochentwickelte autonome Segel-Drohnen betreibt, die hochpräzise Messungen für CO₂ in schwer zugänglichen Ozeanregionen durchführen können. Bisher wurde diese Technologie in erster Linie für Prozessstudien verwendet. Das BMBF-finanzierte Vorhaben SAILDRONE sowie EuroSea haben gemeinsam mit der Firma Saildrone getestet, ob eine solche Plattform auch als privatwirtschaftliche Dienstleistung in globale Beobachtungsstrategien integriert werden kann. Hierfür wurde zwischen Juli 2021 und Juli 2022 eine insgesamt einjährige Demo-Mission mit einer solchen Drohne von der Firma SAILDRONE INC. im (sub)tropischen Nordatlantik durchgeführt. Die gewonnenen Daten werden in operationelle Datenströme integriert und somit Endnutzern zwecks Verwertung zur Verfügung gestellt.

Im Wesentlichen werden im Rahmen von EuroSea folgende drei Arbeitsziele mit dem Einsatz der Segeldrohne adressiert, wobei der Schwerpunkt des SAILDRONE Vorhabens sich ausschließlich auf die technische Durchführung der Segeldrohnen Mission fokussierte:

- 1) Demonstration der Optimierung des „Tropical Atlantic Observing System“ (TAOS) nach einem integrativen Multi-Plattform-Ansatz
- 2) Entwicklung eines Konzeptes zur Validierung von biogeochemischen Argo Tiefendriftern (BGC-Argo)
- 3) Ausweitung der Kohlenstoffflüsse über den gesamten tropischen Atlantik basierend auf den gewonnenen CO₂ Daten sowie der Anwendung neuronaler Netzwerke

2. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

EuroSea Teilprojekt 7.3 entwickelt Indikatoren für den Kohlenstofffluss an der Luft-Meer-Grenzfläche und für die Versauerung der Ozeane auf der Grundlage eines verbesserten Beobachtungssystems für den Atlantik. Im tropischen Atlantik befindet sich das „Tropical Atlantic Observing System“ (TAOS), welches in erster Linie aus PIRATA (Prediction and Research Moored Array in the Tropical Atlantic) Verankerungen besteht, die physikalische sowie meteorologische Messungen durchführen. Langzeitmessungen für CO₂ (Ozean/Atmosphäre) finden im TAOS praktisch nicht statt. Lediglich an 2 Stationen entlang 10°W nahe des Äquators gibt es zwei Verankerungen, an welchen CO₂ im Ozean mit mittlerer Genauigkeit gemessen wird.

Im Rahmen von EuroSea sollten daher die Beobachtungsmöglichkeiten für Kohlenstoff im TAOS wie folgt verbessert werden:

- Ausstattung einer brasilianische PIRATAT Boje (bei 8°N, 38°E) mit einem CO₂ Sensor
- Auslegung von 5 BGC-Argo Floats ausgestattet mit pH Sensorik
- Durchführung von Messkampagnen mit autonomen Oberflächendrohnen ausgestattet mit hochpräziser CO₂ Messtechnik

Der Nachweis einer verbesserten Qualität von Kohlenstoffmessungen auf regionaler Ebene ist wichtig u.a. für die Bestimmung des „Sustainable Development Goals“ (SDG) 14.3.1 Indikators (Ozeanversauerung). Ein verbessertes Netzwerkdesign wäre für die Stakeholder (z.B. zwischenstaatliche Institutionen) von Vorteil, da es Zugang zu Umweltdaten in nahezu Echtzeit bietet.

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Planung des SAILDRONE Vorhabens sah zunächst die vergaberechtlich korrekte Beauftragung der Firma Saildrone zur Durchführung der Mission vor, welche im zweiten Quartal 2021 abgeschlossen werden konnte.

Die ursprünglich Planung mit Cabo Verde als Start- und Endziel der Mission musste allerdings pandemiebedingt verworfen werden, da zu dem Zeitpunkt die internationalen Handelsrouten einen verlässlichen und termingerechten Versand der Drohne nach Cabo Verde nicht zuließ. Außerdem konnten aufgrund internationaler Reisebestimmungen Techniker der Firma Saildrone nicht nach Cabo Verde reisen, um die Drohne vor- bzw nachzubereiten.

Somit wurde der Plan geändert und die Drohne wurde im Juli 2021 Nordosten der USA ausgelegt und segelte selbstständig nach Cabo Verde, um ab dort im Arbeitsgebiet des tropischen Atlantiks die CO₂ Messungen zu absolvieren. Im Anschluss wurde die Drohne zurück nahe der Südküste der USA navigiert, um dort im Juli 2022 geborgen zu werden.

Die im Rahmen des SAILDRONE Vorhabens zur Verfügung gestellten Mittel konnten alle planmäßig und fristgerecht verwendet werden, beigestellte Mittel aus EuroSea wurden im dritten Quartal 2022 ebenfalls planmäßig verwendet.

Mittlerweile liegen die hochaufgelösten Daten der Mission (nur nach der Bergung verfügbar) vor und werden aktuelle von EuroSea Projektwissenschaftlern wissenschaftlich ausgewertet.

4. Wesentliche Ergebnisse

Die Segeldrohne war aufgrund der Änderung der Missionslogistik (s.o.) insgesamt 370 Tage autonom auf See und hat dabei mehr als 11.900 Seemeilen Distanz zurückgelegt. Dies stellt die bisher zeitlich längste Mission der Fa. Saildrone dar. Entlang der Route hat die Segeldrohne insgesamt 2746 Messungen für CO₂ sowohl im Ozean als auch in der darüber liegenden Atmosphäre durchgeführt. Für jede dieser Messungen wurde auch zertifiziertes Referenzgas mitgemessen, welches die Güte der Messungen sicherstellt und somit eine präzise Bestimmung der CO₂ Austauschflüsse zwischen Ozean und Atmosphäre ermöglicht.

Neben diesen Messungen wurde auch eine Vielzahl weitere Parameter mitgemessen, u.a. meteorologische Daten sowie die Verteilung von Biomasse (Fisch und Zooplankton) in den oberen 800 m der Wassersäule.

Die wissenschaftliche Auswertung der Daten konnte erst nach der Bergung der Drohne vor der Ostküste der USA im Juli 2022 beginnen und befindet sich momentan durch die EuroSea Projektwissenschaftler in der Durchführung. Eine wissenschaftliche Publikation sowie ein Konferenzbeitrag sind daher erst für 2023 vorgesehen.

Ein Student aus dem BMBF-finanzierten WASCAL Programm in Cabo Verde hat ebenfalls bereits begonnen, hydroakustische Daten zur Biomasseverteilung der Segeldrohne für seine Masterarbeit zu verwenden.

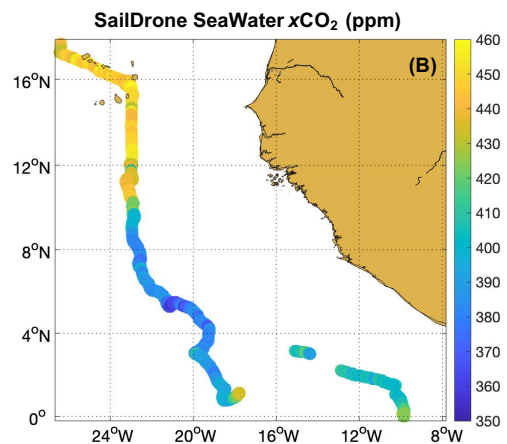
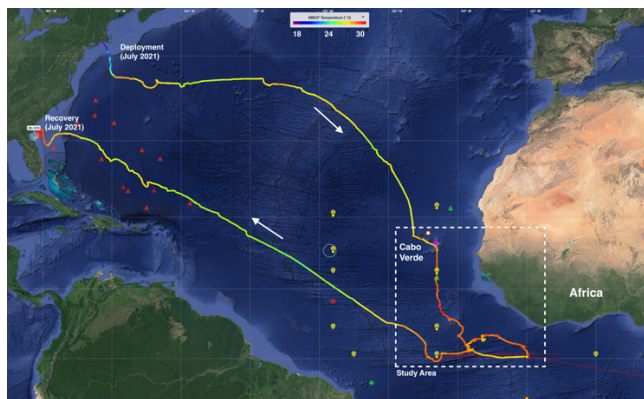


Abbildung 1 – Links: Gesamt Fahrtroute der einjährigen Saildrone Mission im Nordatlantik (gemessene Oberflächentemperatur farblich hervorgehoben). Rechts: CO₂ Gehalt im Oberflächenozean im Missionsgebiet gemessen durch die Saildrone.

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Im Rahmen des SAILDRONE Vorhabens sowie von EuroSea Aufgabe 7.3 besteht eine Zusammenarbeit mit dem Euro-Argo-ERIC (Frankreich), dem Laboratoire d'Océanographie de Villefranche (LOV, Frankreich), dem Institut de Recherche pour le Développement (IRD, Frankreich) sowie der Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ, Brasilien). Die Mission wurde in enger Abstimmung mit diesen Institutionen geplant, durchgeführt und wird noch weiterhin ausgewertet.

In Cabo Verde besteht im Rahmen des gemeinsamen Betriebes des OSCM eine enge Zusammenarbeit mit dem Instituto do Mar (IMAR, Cabo Verde), sowie eine enge Zusammenarbeit mit der Universidade Tecnica do Atlantico (UTA, Cabo Verde) vor dem Hintergrund des BMBF-finanzierten WASCAL Programms. Relevante Daten zur Biomasse Verteilung vor Westafrika wurde mit den Kollegen geteilt und ein Masterstudent arbeitet bereits mit diesen Daten.

KoPa33 SAILDRONE

Einzelprojekt "SAILDRONE – Bestimmung regionaler Ozean-Atmosphäre
Gasaustauschflüsse im tropischen Atlantik“

Schlussbericht

Teil II – Eingehende Darstellung

Dr. Björn Fiedler

GEOMAR
Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
Chemische Ozeanographie
Düsternbrooker Weg 20
24105 Kiel

Telefon: 0431-600-4203
E-Mail: bfiedler@geomar.de

Laufzeit: 01.03.2021 – 31.12.2021

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

II. Eingehende Darstellung

1. Verwendung der Zuwendungen und erzielte Ergebnisse

Die Zuwendungen wurden wie im Projektantrag beschrieben planmäßig und innerhalb der Projektlaufzeit fristgerecht verwendet. Insgesamt 210.000 € wurden aufgewendet für die Charterkosten der Segeldrohne. Die Kosten umfassten sämtliche Komponenten zur Durchführung der Mission, inkl. Logistikkosten, Datenprozessierung sowie Bereitstellung von Echtzeitdaten. Insgesamt wurden vom EU Projekt EuroSea zusätzlich 55.000 € beigestellt, welche im dritten Quartal 2022 nach Vollendung der Mission sowie der Bereitstellung der hochauflösten Daten durch die Fa. Saildrone gezahlt wurden.

Bei der Segeldrohne handelt es sich um autonome, unbemannte Oberflächenfahrzeuge, die mit einem starren Segel ausgestattet sind und durch den Wind angetrieben werden. Das Fahrzeug segelt vollkommen autonom, jedoch können Wegpunkte über das Iridium Satellitennetzwerk an die Drohne übertragen sowie Messdaten empfangen werden. Die auf der Segeldrohne installierten Sensoren werden durch Sonneneinstrahlung und Wellenenergie angetrieben. Die in diesem Vorhaben verwendete Drohne (SD 1079, Abb. 1, rechts) war mit einem hochpräzisen ASVCO₂-Messsystem der US-amerikanischen „National Oceanic and Atmospheric Administration“ (NOAA) Behörde ausgestattet und wurde im Juli 2021 von Newport, RI (USA) aus eingesetzt. Nachdem sie in 75 Tagen 3.235 Seemeilen zurückgelegt hatte, um das Einsatzgebiet der EuroSea-Mission zu erreichen (Abb. 1, links), begann die SD 1079 am 18. September 2021 mit der Datenerfassung. Die Mission im EuroSea-Gebiet dauerte 138 Tage und endete am 3. Februar 2022. Insgesamt war die Saildrone 370 Tage im Einsatz, was ca. 11 934 Seemeilen entspricht. SD 1079 wurde am 11. Juli 2022 sicher in Jacksonville, FL (USA), geborgen. Außerdem blieb SD 1079 am 3. Februar 2022 24 Stunden lang in der Nähe der französischen PIRATA-Verankerung (0°N-10°W) (Abbildung 2), bevor sie in die Vereinigten Staaten zurückkehrte. Der Zweck dieser Operation war es, einen Feldvergleich zwischen den Instrumenten zu ermöglichen. Außerdem hatte die Drohne Vergleichsmessungen in der Nähe von biogeochemischen Argo Tiefendriftern (BGC-Argo) durchgeführt, welche ebenfalls mit Kohlenstoff-Sensorik (pH) ausgestattet sind.

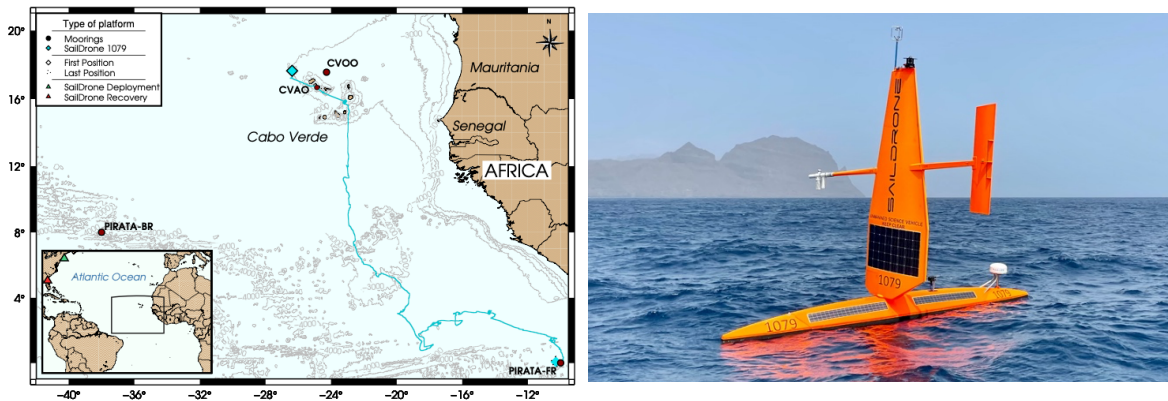


Abbildung 1 – Links: Das Gebiet des östlichen tropischen Atlantik mit den Standorten der französischen (0°N, 10°W) und brasilianischen (8°N, 38°W) PIRATA-Verankerungen, der Station des Kapverdischen Atmosphärenobservatoriums (CVAO - 16°51'49 "N, 24°52'02 "W) und der Station des Kapverdischen Ozeanobservatoriums (CVOO - 17,6°N, 24,3°W). Die blaue Linie stellt die Route der Saildrone von September 2021 bis Februar 2022 dar. Rechts: SD1079 während einer Wartung am 21.09.2021 südlich der Insel Sao Vicente in Cabo Verde.

Neben der Segeldrohne befanden sich im Missionszeitraum auch noch anderweitige experimentelle Messplattformen im Einsatz. So wurde u.a. ein autonomer Wellengleiter mit deutlich geringerer Reichweite sowie eine verankerte Messboje mit einem CO₂ Messsystem eines südafrikanischen Herstellers (VeGas CO₂) ebenfalls während des Missionszeitraumes eingesetzt. Außerdem werden am Cabo Verdischen Atmosphären-Observatoriums (CVAO) kontinuierliche Messungen von klimarelevanten Spurengasen durchgeführt, darunter auch CO₂. Daten dieser Plattformen werden zu Vergleichszwecken

mit SD 1079 herangezogen um die Güte der Messungen auf SD 1079 besser einschätzen zu können (siehe Tab. 1).

Tabelle 1 - Zusammenfassung der Datenausbeute von SD1079 sowie weiterer eingesetzter Plattformen für die wichtigsten Messparameter der Mission im Oberflächenozean (T = Temperature, S = Salzgehalt, $x\text{CO}_2^{\text{SW}}$ = Molenbruch für CO_2)

				Anzahl Messungen		
Plattform	$p\text{CO}_2$ Sensortyp	Mess-Zeitraum	Missionsdauer (Tage)	T, S	O_2	$x\text{CO}_2^{\text{SW}}$
Saildrone (SD 1079)	ASVCO2 System	Sept. 18 th , 2021 - Feb. 3 rd , 2022	138	3810929	3810929	2746
Wave Glider 2021	VeGAS $p\text{CO}_2$ sensor	Nov. 13 th , 2021 - Jan. 26 th , 2022	74	96485	0	5936
Wave Glider 2022	VeGAS $p\text{CO}_2$ sensor	Feb. 26 th , 2022 - Mar. 3 rd , 2022	6	56734	0	3293
GEOMAR buoy	VeGAS $p\text{CO}_2$ sensor	Feb. 27 th , 2022 - May 19 th , 2022	81	-	-	7442

Aufgrund der pandemiebedingten Änderung der Missionslogistik (Start- und Endpunkt in den USA anstatt in Cabo Verde) hat sich der Endzeitpunkt der Mission aufgrund der langen Transits um 6 Monate verzögert. Die hieraus verspätete Verfügbarkeit der hochaufgelösten Messdaten führte somit auch zu einer Verzögerung in der eigentlichen Auswertung der Missionsdaten.

Erste Auswertungen deuten aber eine gute Stabilität und Qualität der CO_2 Messdaten auf SD 1079 hin, u.a. zu erkennen an den stabilen Messungen der zertifizierten Referenzgase, welche sich an Bord der Segeldrohne befunden haben und bei jeder Messung mitgemessen wurden.

Erste Vergleiche der CO_2 Messdaten von den verschiedenen Plattformen untereinander weisen ebenfalls bereits auf eine hohe Konsistenz der Daten hin (siehe Abb. 2).

Die nächsten Schritte der Datenprozessierung beinhalten die finale Nachkalibrierung der CO_2 Daten von SD 1079 sowie die Berechnung der CO_2 Austauschflüsse zwischen Ozean und Atmosphäre. Die Daten sollen u.a. verwendet werden, um ein neuronales Netzwerk für den tropischen Atlantik zu trainieren. Hieraus werden Abschätzungen für die Gasaustauschflüsse für den gesamten tropischen Nordatlantik erfolgen. Diese Arbeiten finden innerhalb des EuroSea Projektes (Teilprojekt 7.3) in Zusammenarbeit mit den internationalen Partnern statt.

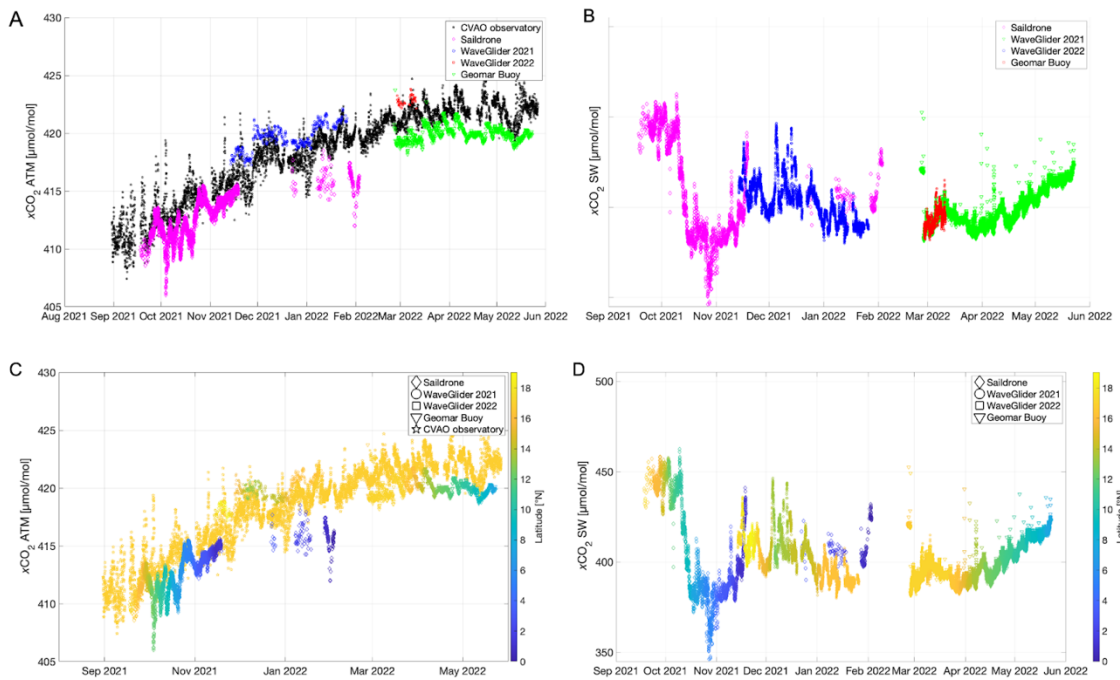


Abbildung 2 – Panel A und C: Zeitliche Entwicklung der atmosphärischen $x\text{CO}_2$ -Werte ($\mu\text{mol mol}^{-1}$) im östlichen tropischen Nordatlantik, die von der SAILDRONE, dem WaveGlider, der 2021 und 2022 eingesetzt wurde, der GEOMAR-Boje und dem CVAO-Observatorium erfasst wurden. Panel B und D: Zeitliche Entwicklung der ozeanischen $x\text{CO}_2$ -Werte ($\mu\text{mol mol}^{-1}$) im Bereich des östlichen tropischen Nordatlantiks. Die zur Unterscheidung der einzelnen Plattformen verwendeten Punkte sind dieselben wie in den Abbildungen A und C. In den Abbildungen C und D entspricht der Farbbalken dem Breitengrad (in °N).

2. Darstellung der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Im Rahmen des SAILDRONE Vorhabens wurden neben Verwaltungskosten ausschließlich Kosten für die Charter der Segeldrohne als „Sonstige Unmittelbare Vorhabenkosten“ bewilligt. Diese Gelder sind wie geplant nach vergaberechtlichen Standards für den Einsatz der Segeldrohne ausgegeben worden.

3. Notwendigkeit der durchgeführten Arbeiten

Aus wissenschaftlicher Sicht gibt es eine ausgeprägte Diskrepanz zwischen der Bedeutung der tropischen Regionen für das globale Klimasystem und der Beobachtungsdichte im marinen Bereich, zB. hinsichtlich des marinen Kohlenstoffkreislaufes und dessen Interaktion mit der Atmosphäre. Schätzungen von Austauschflüssen von CO_2 zwischen Ozean und Atmosphäre in diesen Regionen basieren auf einer äußerst dünnen Datenlage. Messungen zu CO_2 finden nur sporadisch während Forschungsexpeditionen und anderer „Ships of Opportunity“ (SOOP) statt. Langzeitmessungen in der Region werden an nur zwei Orten nahe des Äquators durchgeführt.

Um die Rolle des tropischen Atlantiks für das globale Kohlenstoffbudget genauer bestimmen zu können, müssen enorme räumliche als auch zeitliche Lücken in den vorhandenen Beobachtungsnetzwerken geschlossen werden. Ein solche synoptische Beobachtung und Bestimmung zB der CO_2 Gasaustauschflüsse kann nur gelingen, indem verschiedene Beobachtungsplattformen mit individuellen Stärken aber auch Limitationen konzertiert eingesetzt werden.

Um diese Beobachtungslücken zu schließen, besteht das Ziel des EuroSea Teilprojektes 7.3 darin, die bestehenden Komponenten des Beobachtungssystems für den tropischen Atlantik für autonome Kohlenstoffbeobachtungen in einer Pilotkampagne aufzurüsten (zB durch den Einsatz neuer CO_2 - Sensoren an bestehenden Verankerungen) und gleichzeitig neue Instrumente (BGC-Argo-Floats,

WaveGlider, Saildrone) einzusetzen, die mit Instrumenten für akkurate Kohlenstoffmessungen ausgestattet sind. Hierdurch soll das Potential eines solchen Ansatzes untersucht und demonstriert werden.

Vor diesem Hintergrund war ursprünglich eine Zusammenarbeit mit der Firma SAILDRONE INC. für die 120-tägige Mission im tropischen Atlantik vorgesehen (Gesamtkosten in Höhe von 277.000 €). Hierbei wurde vereinbart, dass sich das GEOMAR mit explizit dafür eingeworbenen Mitteln über das Projekt EuroSea an den Kosten der Mission in Höhe von 55.000 € beteiligen würde. Den restlichen Betrag sollte die Firma SAILDRONE INC. über eigene Sponsoren abdecken. Diese Art der Zusammenarbeit wurde im Rahmen der ATL2MED Mission mit der Firma bereits erfolgreich in 2019 absolviert.

Diese Zusage musste die Firma nach Einsetzen der Corona-Pandemie bedauerlicherweise zurückziehen, da nach eigenen Angaben einige der Investoren der Firma sowie weitere Geldgeber nicht mehr zur Verfügung standen, sondern ihre Finanzströme anderweitig priorisiert haben (siehe auch Projektantrag). Hierdurch ist ein Fehlbedarf in Höhe von letztendlich 210.000 € entstanden, welcher zur Folge hatte, dass die geplante Mission noch nicht einmal in reduzierter Form durchgeführt werden kann und somit vor allem die wissenschaftlich-technischen Ziele nicht mehr erreicht werden konnten. Die Segeldrohne stellt die zentrale Komponente der Mission dar und kann aufgrund der technischen Besonderheiten (hohe Geschwindigkeit, hohe Reichweite, hohe Messgenauigkeit) nicht anderweitig ersetzt werden. Der entstandene Fehlbedarf konnte leider nicht aus dem Budget des laufenden EU Projektes EuroSea bestritten werden, da zum einen für diese Kostenkategorie lediglich 55.000 € beantragt und bewilligt wurden und zum anderen etwaige Umwidmungen in dieser Größenordnung innerhalb des Budget signifikante, negative Auswirkungen auf die Erreichung der allgemeinen Projektziele hätte (u.a. hätten Stellen gestrichen werden müssen).

4. Verwertbarkeit der Ergebnisse

Wirtschaftliche Verwertung:

Die Durchführung der EuroSea Mission in Zusammenarbeit mit der Fa. Saildrone hat trotz der pandemiebedingten schwierigen Rahmenbedingungen sehr gut funktioniert. Aus technischer Sicht hat die Segeldrohne eine beachtliche Leistung absolviert, indem diese über ein gesamtes Jahr lang autonom im Ozean unterwegs war. Diese erbrachte Leistung demonstriert die technische Machbarkeit eines solchen Ansatzes und wird mögliche Folgeprojekte oder -initiativen innerhalb des TAOS (Tropical Atlantic Observing System) ermöglichen. Wenn bei dieser Mission die Unterstützung des Ocean Science Centre Mindelo (www.OSCM.cv) pandemiebedingt nur sehr gering ausgefallen ist (Wartung der Drohne), so sind erste Erfahrungen und Kontakte mit der Fa. Saildrone gemacht worden. Die strategische Lage des OSCM ist weiterhin von Interesse für die Firma, um zB ihre Flotte an Drohnen auch von dort aus einzusetzen.

Wissenschaftlich-technische Verwertung:

Noch kann abschließend keine verlässliche Aussage über die Güte der CO₂ Messungen auf der Segeldrohne getroffen werden, da die Auswertung noch im Gange ist. Nach abgeschlossener Qualitätskontrolle werden diese Daten an die internationale SOCAT Datenbank (Surface Ocean CO₂ Atlas, socat.info) weitergeleitet, wo eine weitere, unabhängige Qualitätskontrolle erfolgen wird. Anschließend werden die Daten in das jährlich veröffentlichte „Global Carbon Budget“ Produkt mit aufgenommen, welches auch über IPCC Berichte den Weg in politische Entscheidungsprozesse finden wird.

Nach erfolgter Prozessierung der Daten und der Bestimmung der Gasaustauschflüsse wird eine wissenschaftliche Publikation in einer renommierten Fachzeitschrift erarbeitet. Dies kann erst in 2023 erfolgen, da sich die Mission um 6 Monate verzögert hat. Die Veröffentlichung wird sich auf die Datenqualität der CO₂ Messungen, die Querreferenzierung mit anderen Beobachtungsplattformen in der Region (u.a. BGC Argo) sowie der Hochskalierung der Daten mittels eines neuronalen Netzwerkes

fokussieren. Die Veröffentlichung soll noch vor dem EuroSea Projektende (Dezember 2023) publiziert werden.

Ein Konferenzbeitrag auf einer internationalen Konferenz ist für das Frühjahr 2023 geplant, ein weiterer Beitrag bei dem EuroSea Abschlusstreffen, welches im September 2023 bei der IOC-UNESCO in Paris stattfinden wird.

Wissenstransfer:

Die wissenschaftlichen Daten der Segeldrohne wurde bereits Wissenschaftlern aus Cabo Verde sowie einem Master-Studenten des WASCAL Programms „Climate Change and Marine Sciences“ in Mindelo zur Verfügung gestellt. Das Hauptinteresse der Stakeholder in der Region liegt vor allem auf den Biomasse-Messungen, welche ebenfalls auf der Segeldrohne durchgeführt wurden. Der WASCAL Student verwendet diese Daten aktuell für die Erstellung einer Masterarbeit, welche im Frühjahr kommenden Jahres fertiggestellt werden soll. Die Arbeit steht neben dem BMBF-finanzierten WASCAL Programm auch in Zusammenhang mit dem vom BMZ finanzierten Meerwissen Programm. Die Ergebnisse der Arbeit werden aller Voraussicht nach das Potential für eine Publikation in einem wissenschaftlichen Fachjournal haben. Die Ergebnisse werden weiterhin im Rahmen des Meerwissen Programmes auch mit politischen Entscheidungsträgern in Cabo Verde kommuniziert, um die Bedeutung und Notwendigkeit von regelmäßigen Ökosystembeobachtungen als Grundlage nachhaltigen Managements der marinen Ökosysteme hervorzuheben.

Zusätzlich wurde die Mission mit der Segeldrone auch einer breiteren Öffentlichkeit in Form von Pressemitteilungen, eines Zeitungsartikels, eines Videos sowie Social Media Posts vorgestellt (s.u.). Die Mission konnte u.a. live über beluga.geomar.de verfolgt werden.

5. Fortschritt bei anderen Stellen

In 2021 hat das europäische Integrated Carbon Observing System (ICOS) Konsortium einen internationalen Vergleichstest zu CO₂ Messsensorik durchgeführt, um die Vergleichbarkeit von CO₂ Messungen basierend auf unterschiedlichen Sensortechnologien zu untersuchen. Die in der EuroSea Mission verwendeten CO₂ Messsysteme von NOAA als auch aus Südafrika (VeGas) haben im Labor hervorragende Ergebnisse geliefert (eine Publikation ist in Vorbereitung). Die Mission mit der Segeldrohne und dem GEOMAR Wave Glider vervollständigen diese Ergebnisse um Erkenntnisse aus einem realen Feldeinsatz. Es zeichnet sich ab, dass die Verwendung von Referenzgasen sowie kompakter, equilibrator-gestützter System hinsichtlich der Messgenauigkeit deutlich im Vorteil gegenüber membranbasierten Systemen sind. Diese Ergebnisse werden mit hoher Wahrscheinlichkeit auch Einfluss auf das Design einer möglichen zukünftigen Erweiterung des TAOS um eine Kohlenstoffkomponente haben.

Als Teil der GEOMAR 2030 Strategie hat das GEOMAR einen integrativen Forschungsschwerpunkt zu Auftriebsgebieten im Atlantik entwickelt. Als eine zentrale Feldkomponente dieses Schwerpunktes soll die Entwicklung, Koordination und Durchführung einer internationalen, einjährigen Forschungskampagne im Küstenauftriebsgebiet vor Westafrika sein (in Analogie zur MOSAIC Kampagne in der Arktis). Momentan bringt das GEOMAR Deutsche Wissenschaftler zusammen, um eine solche Kampagne (FUTURO – Future of Tropical Upwelling Regions in the Atlantic Ocean) zu konzeptionieren, Strategien zur Einbindung von internationalen Forschern zu entwickeln und ein Konzept zur Finanzierung einer solchen Kampagne zu erstellen. Die in dem aktuellen Vorhaben SAILDRONE geleisteten Vorarbeiten und gesammelten technisch-methodischen Erkenntnisse mit den autonomen Oberflächenfahrzeugen in dieser Region werden sich auch auf die Ausgestaltung des Beobachtungskonzeptes auswirken.

6. Veröffentlichung der Ergebnisse

Die erhobenen Daten werden nach erfolgter Prozessierung und Qualitätskontrolle bei der öffentlich zugänglichen SOCAT Datenbank eingereicht (bis Januar 2023) und dort einer weiteren, unabhängigen Qualitätskontrolle unterzogen. Darüber hinaus werden die Daten im PANGAEA Repository archiviert und zugänglich gemacht und gleichzeitig mit dem European Marine Observation and Data Network (EMODnet) verknüpft.

Da die Auswertung aufgrund der Verzögerung des Feldmission ebenfalls nur verzögert beginnen konnte, ist eine wissenschaftliche Publikation zu den CO₂ Gasaustauschflüssen für Mitte 2023 vorgesehen. Teilergebnisse der Mission sollen im Rahmen einer WASCAL Masterarbeit Anfang 2023 veröffentlicht werden.

Bisherige Veröffentlichungen haben sich hauptsächlich auf die Öffentlichkeitsarbeit fokussiert. Diese sind in Tabelle 2 genauer aufgeführt.

Tabelle 2 – Übersicht der Publikationen hinsichtlich Öffentlichkeitsarbeit

Veröffentlichung	Medium	Referenz
Pressemitteilung	Online (GEOMAR sowie SaildroneWebseiten)	https://www.geomar.de/news/article/jungfernfahrt-auf-der-spur-des-kohlendioxids-im-ozean https://www.saildrone.com/news/one-year-at-sea-advancing-ocean-data-collection-in-the-atlantic
Zeitungsartikel	Printmedien	Frankfurter Rundschau, 23.10.2021
Video	Online (Youtube and Social Media)	u.a. https://twitter.com/OSCM_/status/1541923245678628864