

Der blaue Planet im Wandel

Das Klima mittels modernster Messstrategien deuten

Ein Beitrag von STEFAN MARX

Achtzig Tage lang hat Boris Herrmann mit seiner Rennjacht während der Vendée Globe Ozeandaten aufgezeichnet. Er ist nicht der Einzige, der im Rahmen der Initiative »Sailing meets Science« wichtige Daten für die Meeresforschung sammelt. Aufgezeichnet werden die Daten mit einem kompakten und robusten Ozeanlabor.

Ozeanüberwachung | Temperatur | Salzgehalt | CO₂ | OceanPack RACE | Open-Access-Daten
ocean monitoring | temperature | salinity | CO₂ | OceanPack RACE | open access data

For eighty days, Boris Herrmann recorded ocean data with his racing yacht during the Vendée Globe. He is not the only one collecting important data for marine research as part of the »Sailing meets Science« initiative. The data is recorded with a compact and robust ocean laboratory.

Autor

Stefan Marx ist
Geschäftsführer der
SubCtech GmbH in Kiel.

marx@subctech.com

Einleitung

Wissenschaftliche Daten der Weltozeane sind für die Deutung des Klimawandels unerlässlich, denn die Ozeane machen fast 70 % der Erdoberfläche aus. Es gibt jedoch weite Regionen in den Weltmeeren, für die bisher kaum, teilweise sogar keine Messungen vorliegen. Mit fehlenden Werten und Randbedingungen können Modellrechnungen jedoch oft unterschiedliche Auswirkungen zeigen. Das Fehlen der Daten ist auf zwei Gründe zurückzuführen: der Schiffsverkehr in diesen fernen Regionen, z. B. im Südpolarmeer, ist relativ gering; die wenigen Schiffe, die dort verkehren, sind häufig nicht mit wissenschaftlichem Mess-equipment ausgestattet. Dabei gibt es solches Equipment, das wissenschaftliche Daten in höchster Qualität aufzeichnen kann. Seit 2010 setzt die Firma SubCtech entsprechende Systeme auf, die einfach zu handhaben und zudem wartungsarm sind und auf Schiffen jeglicher Größe installiert werden können.

Besonders robuste und autonome Überwachungs- und Probenentnahmesysteme können dort eingesetzt werden, wo Menschen kaum eingreifen können oder überhaupt nicht anwesend sein können – dies betrifft insbesondere arktische und antarktische Regionen wie das gesamte Südpolarmeer. Das Programm »Sailing meets Science« hat bewiesen, dass eine Überwachung des Ozeans mit entsprechender Technologie unter extremen Bedingungen mit wissenschaftlich verwertbaren Daten möglich ist.

Jüngst hat Boris Herrmann seine Rennjacht *Sea-explorer* (Abb. 1) beim Vendée Globe Ocean Race alleine, ohne Zwischenstopp um die Welt gefahren und gleichzeitig einen sehr wichtigen und außergewöhnlichen Beitrag für die wissenschaftliche Gemeinschaft geliefert. Während des kompletten

Rennens über 80 Tage wurden erstmals Messdaten lückenlos und qualifiziert über das an Bord installierte OceanPack RACE-System (Abb. 1) erfasst und in Echtzeit zur Auswertung übermittelt.

IOC-UNESCO – Ozeanforschung für nachhaltige Entwicklung

Mit dem Jahr 2021 beginnt die Dekade der Ozeanforschung für nachhaltige Entwicklung, welche unter der Schirmherrschaft der IOC-UNESCO steht. Die wissenschaftliche Bedeutung für die Entwicklung des Klimas der Erde, aber auch die Einbeziehung der Weltbevölkerung stehen dabei im Fokus.

Die Ozeane sind alleine durch ihre Größe wichtigste Senke oder auch Quelle für anthropogenes Kohlendioxid (CO₂). Die Ozeane haben seit Beginn der industriellen Revolution fast 50 % des gesamten vom Menschen verursachten CO₂ als Senke aufgenommen.

Darüber hinaus gelangen jährlich schätzungsweise 8 Millionen Tonnen Kunststoff in die Ozeane, und nur bei ca. 1 % dieser Menge kann der Transport überhaupt nachvollzogen werden. Nur ca. 1 % dieses Kunststoffs befindet sich wahrscheinlich auf der Oberfläche des Ozeans. Diese Zahlen sind nur Schätzungen, die aus verfügbaren (aber unvollständigen) Daten abgeleitet wurden. Modelle und Vorhersagen hängen stark von präzisen und häufigen Messungen repräsentativer Gebiete der Ozeane ab. Dies gilt insbesondere für das abgelegene Südpolarmeer, das in wissenschaftlichen Beobachtungsversuchen unterrepräsentiert ist.

Jacht-Rennen wie die Vendée Globe, das Barcelona Ocean Race oder The Ocean Race (ehemals Volvo Ocean Race) finden fast jedes Jahr mit Routenführungen durch das Südpolarmeer statt. Im Rahmen der Initiative »Sailing meets Science« sind

vermehrt Teilnehmer im Auftrag der Wissenschaft dabei und verfolgen neben dem eigentlichen Rennen auch das Ziel, wichtige wissenschaftliche Daten zu sammeln. SubCtech hat ein kompaktes, robustes und leichtes Ocean Data Acquisition System (ODAS) entwickelt, das speziell für die extrem rauen Bedingungen an Bord von Rennjachten unter Beibehaltung der Datenqualität designt wurde. Mit nur minimaler Wartung, wenig Platzbedarf, geringem Gewicht und Energiebedarf können diese Messgeräte 24/7 betrieben werden. Mit dem Start des Programms im Jahr 2009 steht inzwischen die hochoptimierte sechste Generation des OceanPack RACE zur Verfügung.

Je nach Aufgabenstellung kann eine große Anzahl von Sensoren gewählt werden, wie z.B. für Leitfähigkeit, Temperatur, Salzgehalt, Greenhouse-Gase wie CO₂ oder Methan, pH, Sauerstoffkonzentration, Algen und Nährstoffgehalt. Das System kann auch mit externen Geräten wie einer genormten Wetterstation oder einem Probenehmer für Mikroplastik oder Plankton erweitert werden. Mit diesem innovativen Messsystem ist die Überwachung und Erkennung von Ereignissen nicht nur auf kleinen Booten möglich, sondern auch in abgelegenen Gebieten und unter extremen Bedingungen mit einem hohen Maß an Autonomie und Präzision.

Die gesammelten ozeanografischen oder meteorologischen Daten fließen nach Qualifizierung der beteiligten Institutionen in wissenschaftliche Datenbanken wie SOCAT, GOSUD oder CORIOLIS ein.

Die RACE-Technologie basiert auf den OceanPack-Systemen für Forschungsschiffe (auch als

FerryBox bekannt). Das mobile Ozeanlabor wurde dazu hochoptimiert:

- Für die Mechanik wird Kohlefaser verwendet und an die spezielle Umgebung einer Rennjacht angepasst.
- Zur Datenerfassung werden extrem robuste Control-Boards aus der Unterwasserfahrzeug-Produktion verwendet, die auf Schock und Vibration getestet sind.
- Die Stromversorgung wird stabilisiert, damit auch größere Störungen z. B. der 24-V-Hydraulik nicht die Messungen beeinflussen.
- Alle Bauteile, Stecker und Kabel sind bei geringem Gewicht und kleiner Baugröße für den Einsatz geprüft.
- Zur automatischen Kalibrierung und Qualifizierung der CO₂-Messungen wird wie bei den Forschungsschiffen eine Gasflasche mit einem Referenzgas mitgeführt, aber reduziert auf die absolut notwendige Größe.
- Zusätzliche Schnittstellen sowohl der Wasserversorgung, der Datenschnittstellen als auch der Stromversorgung gestatten eine exakt passende Konfiguration und Ausstattung der Messgeräte für das jeweilige Projekt.

Infolgedessen sind die Daten auch unter ungünstigsten Bedingungen von höchster Qualität. So konnte z. B. der Zusammenstoß von Boris Herrmanns Jacht mit einem Fischtrawler nicht in den Daten nachgewiesen werden.

Die OceanPack RACE-Systeme zeichnen sich durch Benutzerfreundlichkeit und Robustheit, Modularität sowie Portabilität aus. In Kombination mit einer automatischen Reinigungseinheit für größe-



© Boris Herrmann / Seaexplorer - YC de Monaco #VG2020

Abb. 1: Die Seaexplorer und das OceanPack RACE

re Fahrzeuge können die Systeme für Langzeitaufzeichnungen autonom betrieben werden.

Zur Ausrüstung von wissenschaftlichen Missionen gehört auch eine professionelle Betreuung, angefangen von der Planung, über die Produktion und die Installation an Bord, bis hin zur Betreuung während der Mission und danach. Ein erfahrenes Team von Wissenschaftler:innen, Ingenieur:innen und Techniker:innen ermöglicht solche Missionen auch in den herausfordernden Zeiten einer Covid-19-Pandemie.

»A race we must win«

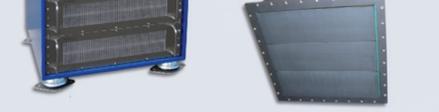
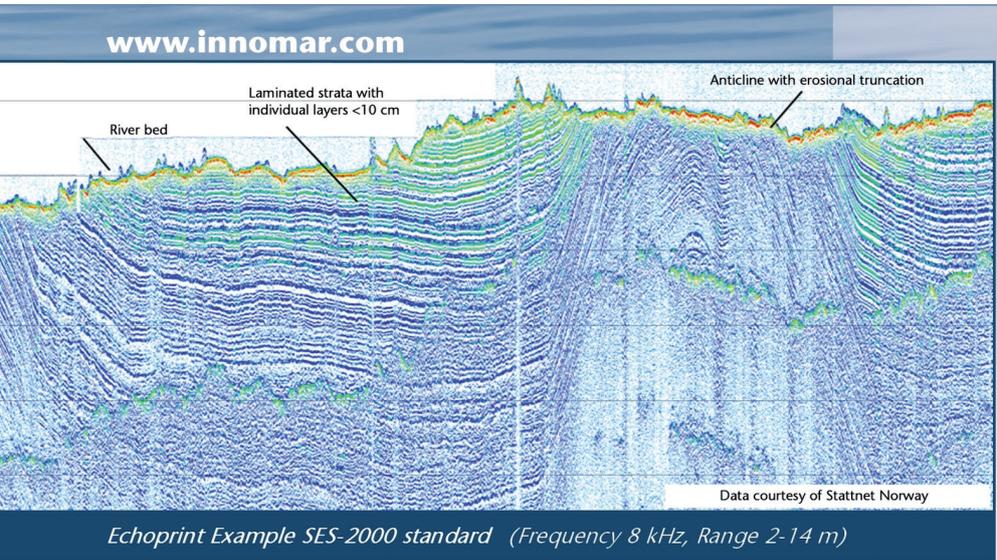
Der deutsche Skipper Boris Herrmann ist beim Vendée Globe Ocean Race in 80 Tagen auf seiner Yacht *Seaexplorer* solo um die Welt gefahren – mit an Bord: das OceanPack RACE-System.

Das installierte, autonome Ozeanlabor pumpt Meerwasser durch den Kiel und misst kontinuierlich die drei Hauptparameter der Meeresoberfläche: CO₂, Temperatur und Salzgehalt. Trotz teils meterhoher Wellen, Temperaturunterschieden von bis zu 25 °C und einer Kollision mit einem Fischerboot ist eine lückenlose Datenaufzeichnung rund um die Welt gelungen.

Dr. Stefan Raimund, wissenschaftlicher Koordinator bei SubCtech und wissenschaftlicher Berater des Teams um Boris Herrmann, kommentierte: »Es ist immer wieder spannend, zu sehen, wenn wissenschaftliche Daten von einem Rennboot eingehen. Boris' OceanPack lief wie ein Schweizer Uhrwerk; 24/7 – während des gesamten Rennens. Selbst die heikle Rettungsaktion im Südpolarmeer oder die Kollision mit dem spanischen Trawler: das Instrument lieferte ohne Unterbrechung.«

»Es ist ein unglaublicher Datensatz, insbesondere die Daten aus dem abgelegenen Südatlantik sind sehr wertvoll für uns. Dieser Bereich war bis jetzt eine weiße Fläche auf der Karte der CO₂-Beobachtungen und ist deshalb für die wissenschaftliche Gemeinschaft so wichtig.«

Die betreuenden Wissenschaftler des Teams, Dr. Peter Landschützer vom Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg und Dr. Toste Tanhua vom Geomar in Kiel, bereiten derzeit die bisher erhaltenen Daten für die vollständige Übermittlung an die SOCAT-Datenbank vor. Diese Datenbank bestätigt die Qualität der Daten und stellt sie allen Wissenschaftlern weltweit zur Verfügung. Forscher können diese Open-Access-Daten verwenden.



SES-2000 Parametric Sub-Bottom Profilers

Discover sub-seafloor structures and embedded objects with excellent resolution and determine exact water depth

- ▶ Different systems for shallow and deep water operation available
- ▶ Menu selectable frequency and pulse width
- ▶ Two-channel receiver for primary and secondary frequencies
- ▶ Narrow sound beam for all frequencies
- ▶ Sediment penetration up to 200 m (SES-2000 deep)
- ▶ User-friendly data acquisition and post-processing software
- ▶ Portable system components allow fast and easy mob/demob
- ▶ Optional sidescan extension for shallow-water systems

den, um den globalen Kohlenstoffkreislauf besser zu verstehen oder komplexe Computermodelle für Vorhersagen des Klimawandels zu verwenden.

Toste Tanhua gab zu den verschiedenen gesammelten Daten folgende Statements ab:

Salzgehalt

»Der Atlantik hat den höchsten Salzgehalt – im Pazifik hingegen ist dieser niedrig. Nahe des Äquators ist der Salzgehalt auch im Atlantik wieder niedrig, was typisch für die innertropische Konvergenzzone ist, in der viel Regen das Oberflächenwasser verdünnt. In Südafrika sehen wir die schnelle Variabilität des Salzgehalts aufgrund des Agulhas-Stroms mit hohem Salzgehalt, der vom Indischen Ozean herabkommt.«

Temperatur

»Keine großen Überraschungen, dass die Tropen wärmer sind als der Südliche Ozean. Wieder sehen wir den Einfluss des warmen Agulhas-Stroms im Süden Afrikas, wo es auf demselben Breitengrad viel wärmer ist als im Rest des Südlichen Ozeans. Daten zu Salzgehalt und Temperatur sind erforderlich und von entscheidender Bedeutung, um die Löslichkeit von CO₂ (und allen anderen Gasen) in Wasser zu bestimmen.«

CO₂ (siehe Abb. 2)

»Eine beispiellose Weltumrundung mit hochwertigen CO₂-Daten in 80 Tagen. Ich denke, dass das bisher noch nie gemacht wurde. Zudem ist es ein großartiges Resultat für das Messinstrument, welches diese sehr holprige Fahrt ohne Probleme überstanden hat.

Die atmosphärische CO₂-Konzentration beträgt etwa 410 ppm, sodass immer dann, wenn die Meerwasser-CO₂-Konzentration niedriger ist, das CO₂ in den Ozean gelangt und umgekehrt.

Wir sehen den hohen CO₂-Wert um den Äquator im Atlantik, wo CO₂-reiches Wasser von unten an die Oberfläche kommt.

An den meisten Stellen im Südpolarmeer sehen wir einen niedrigen CO₂-Gehalt, hier segelt Boris während des meteorologischen Sommers, der Jahreszeit für Algenblüte (die CO₂ aus dem Wasser zieht, um zu wachsen).

Besonders niedrig ist der Wert auf dem Falkland-Plateau, einem der produktivsten Gebiete. Im Nordatlantik sehen wir niedrige CO₂-Werte auf der Strecke nach Norden, was wahrscheinlich mit der Abkühlung des Wassers im Winter zusammenhängt.

Der höhere CO₂-Gehalt im gleichen Gebiet in Richtung Süden hängt möglicherweise mit dem tropischen Sturm zusammen, der Wasser mit hohem CO₂-Gehalt von unten hervorgebracht hat.



Abb. 2: »Rund um die Welt« CO₂-Daten der *Seaexplorer*

In der Gegend westlich von Kap Hoorn ist der CO₂-Wert hoch, obwohl zum Messzeitpunkt Sommerwachstumszeit ist. Dies hängt wahrscheinlich mit einem Mangel an Mikronährstoffen (Eisen) zusammen, welcher intensives Algenblüten verhindert.«

Dr. Landschützer fügte hinzu: »Für große Teile des Rennens war der Ozean eine Kohlendioxid-Senke. Ausnahmen bilden der Äquatoriale Atlantik und der Südliche Ozean südlich von Neuseeland, die lokale CO₂-Quellen für die Atmosphäre darstellen. Wir stellen einige regionale Unterschiede im CO₂-Gehalt des Südlichen Ozeans fest, insbesondere im pazifischen Sektor des Südlichen Ozeans. Starke CO₂-Rückgänge in Verbindung mit starken Temperatur- und Salzgehaltsabfällen zeigen, dass Boris während des Rennens unterschiedliche Wassermassen durchquerte. Im Südpolarmeer und insbesondere im pazifischen Sektor des Südlichen Ozeans sind generell nur sehr wenige CO₂-Messungen des Meers verfügbar, daher handelt es sich um einen wirklich neuartigen Datensatz.«

Schluss

Boris Herrmann hat die wissenschaftliche Mission immer im Zusammenhang mit dem Rennsport gesehen und vorangetrieben. Daher war es eine klare Entscheidung für ihn, die wissenschaftliche Gemeinschaft bestmöglich zu unterstützen, wenn er in den entlegensten und unwirtschaftlichsten Gebieten der Welt Rennen fährt. Das zusätzliche Gewicht und der Aufwand war nie ein Problem, da das übergeordnete Ziel im Sinne der Wissenschaft zum Wohl unserer Ozeane und damit der Erde alternativlos ist: »A race we must win!« //