

Messung von Meeresströmungen

Strömung Vektor [Betrag und Richtung]

Eulersche Strömungsmessung: $v(x, y, z, t)$

Messung von fester (z.B. Verankerung) oder sich definiert bewegender Plattform (z.B. Schiff)

Lagrangesche Strömungsmessung $v(x(t), y(t), z(t), t)$

Messung mit Driftkörpern (Floats, Drifter, Schiff)

Ein Teil der Folien stammen von Mark Prater (2007), damals University of Rhode Island

Turnschuhe



Approximately 80,000 Nike brand shoes were lost overboard on May 27, 1990, in the north Pacific Ocean (48°N; 161°W). Six months to a year later, thousands of shoes washed ashore in North America from southern Oregon to the Queen Charlotte Islands.

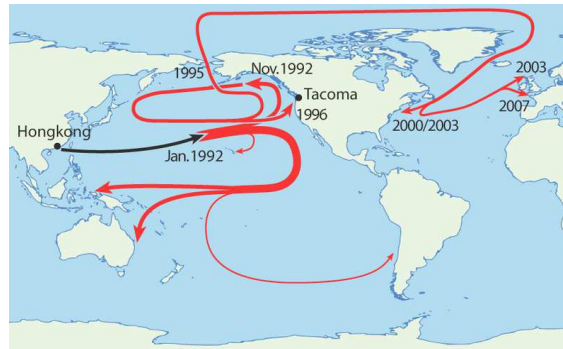


Ebbesmeyer & Ingraham, Jr. (1992)

Turnschuhe und Plastikenten

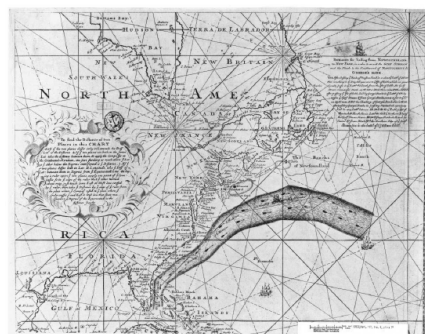
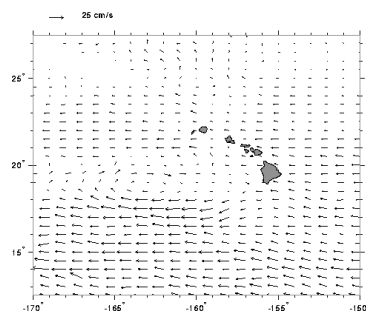
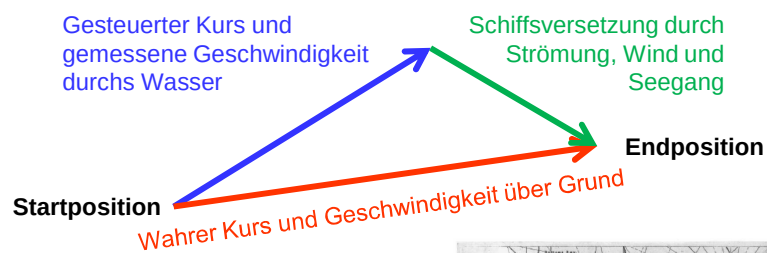


Im zentralen Nordpazifik fiel im Januar 1992 ein Container mit 28.000 Plastik-Enten von einem Containerschiff ins Wasser. Ein Teil der Enten sind inzwischen – 10 Jahre später – im Atlantik aufgetaucht.



Ebbesmeyer: <http://www.beachcombersalert.org/RubberDuckies.html>

Schiffsversetzung

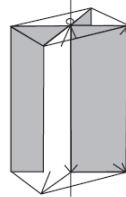


Oberflächendrifter



Oberflächenboje gibt Auftrieb und dient der optischen Ortung (Positionsbestimmung)

Problem: Einfluss von Wind und Seegang auf die Drift



Tiefensegel gibt großen Wasserwiderstand

Drifter, der während der *Challenger Expedition* 1872-76 eingesetzt wurde (Niiler et al., 1987)

Treibsegel

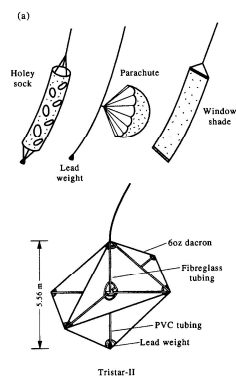
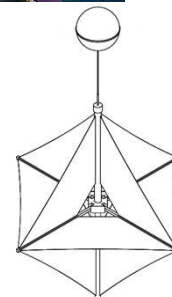
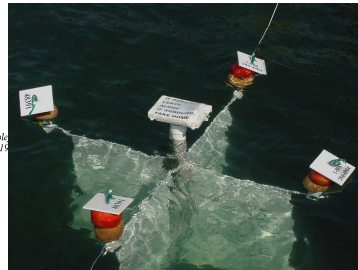


Figure 1.8.1. (a) Examples of the basic drifter designs for satellite-tracked drifters: holley parachute drifter; window-shade drifter; and Tristar drifter (Niiler et al., 1987)

Emery & Thomson, 2001



Oberflächendrifter

Oberflächenboje , Ortung durch
Satellitennavigation (Positionsbestimmung)
Zusätzliche Sensoren: T, S, Luftdruck

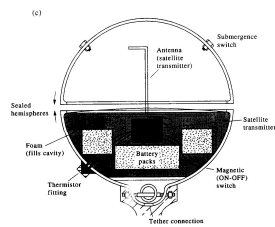
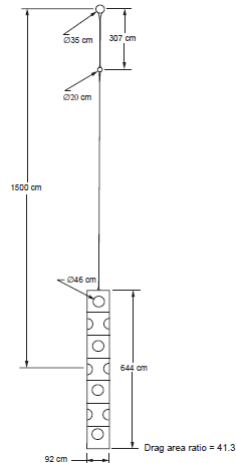


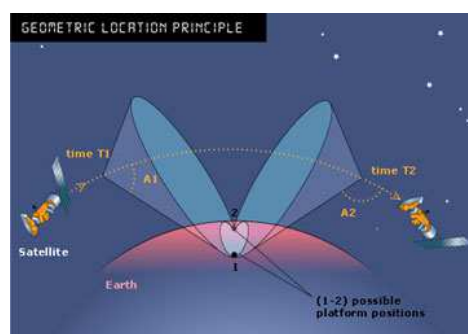
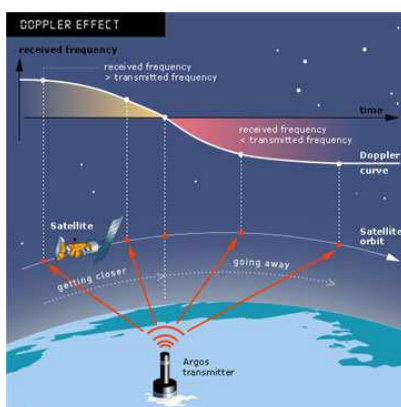
Figure 1.8.1. (c) Cut-away view of foam-filled Plexiglas shell and PPT (satellite transmitter) used for the surface buoy. When complete, the surface buoy has an ocean frequency greater than 7 kg. (from Sybrandy and Niler, 1991)

Tiefensegel (holey sock) gibt
großen Wasserrwiderstand



Drifter, die seit dem *World Ocean Circulation Experiment* eingesetzt werden
(Sybrandy und Niler et al., 1991)

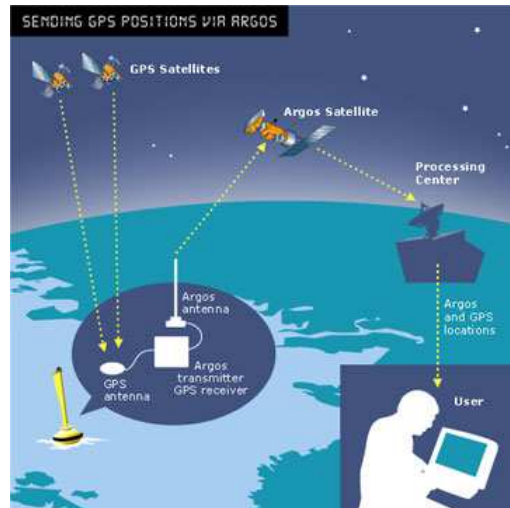
Positionsbestimmung



ARGOS: gemessen wird die Dopplerverschiebung zwischen dem ausgehenden
Signal an der Boje und dem Empfangssignal am Satelliten.

Geringe Genauigkeit: $\pm 500 - 1000$ m

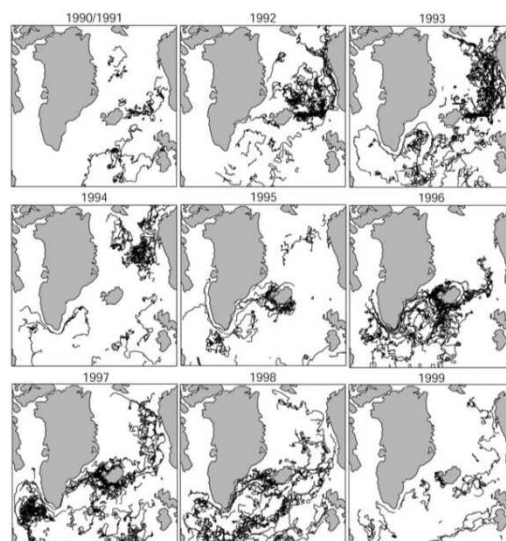
GPS Positionierung



GPS-Positionen werden als
Daten zum Satelliten
übertragen

Hohe Genauigkeit: ± 10 m

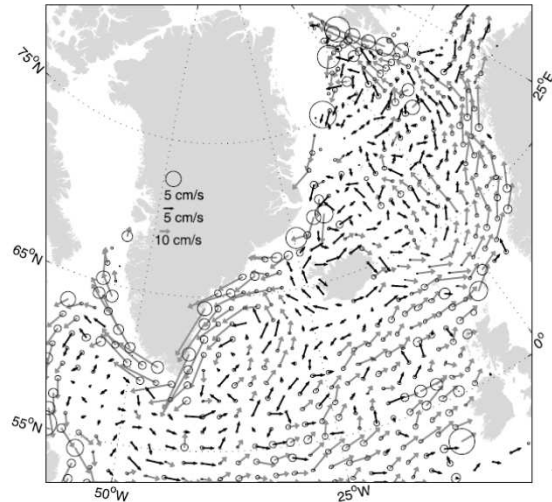
Driftertrajektorien im Nordatlantik



Jakobsen et al., 2003

Figure 2. Trajectories of all drifters during the years indicated. During the first half of the decade, data availability is higher in the Nordic Seas; during the second half it is higher in the North Atlantic.

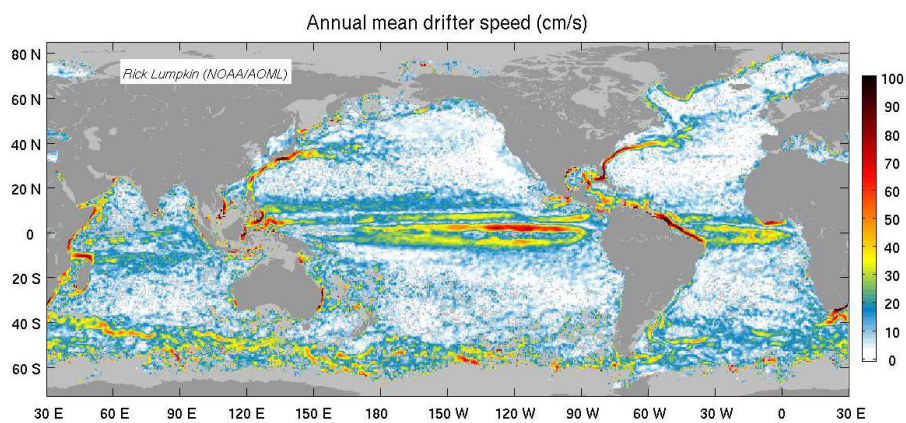
Mittlere Oberflächenströmungen



Jakobsen et al., 2003

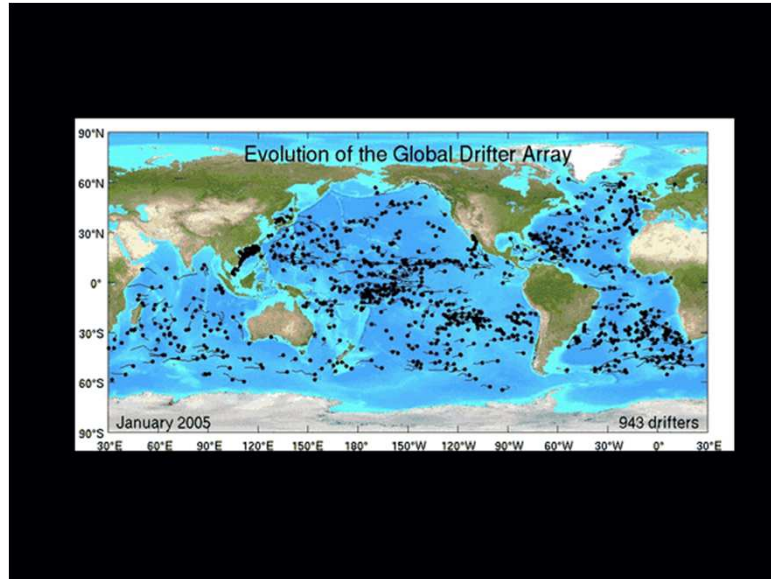
Figure 3. Quasi-Eulerian current vectors derived from 18 day low-passed filtered trajectories with standard error ellipses. See text for details of the data treatment.

Klimatologie der Oberflächenströmungen



Lumpkin und Johnson, 2013

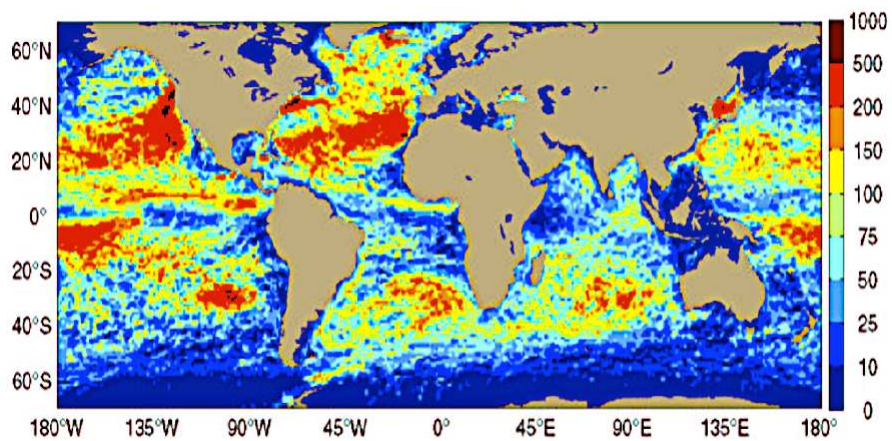
Globales Drifter Array (2005 – 2009)



Rick Lumpkin, NOAA

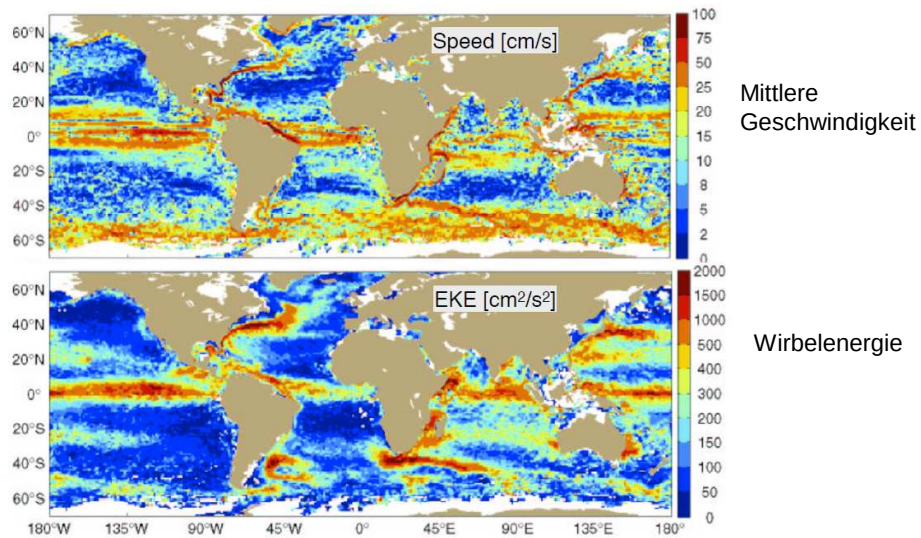
Globale Datendichte

Anzahl der Drifertage pro 1° x 1° Quadrat



Lumpkin und Pazos, 2006

Klimatologien

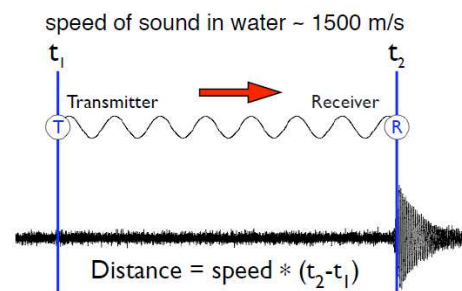
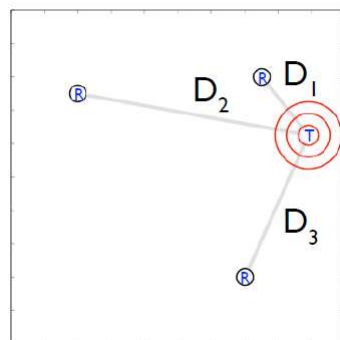


Lumpkin und Pazos, 2006

Tiefendrifter

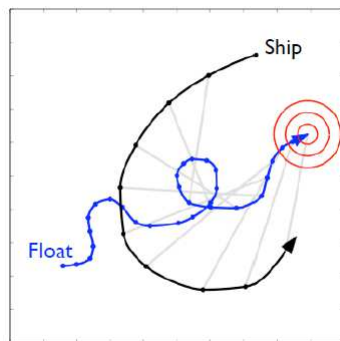
Akustische Ortung durch Messung der Laufzeit zwischen Sender und Empfänger.

Bestimmung des Ortes durch Trilateration.



Swallow-Floats

Float sendet Signale in festen Zeitintervallen
Die Zeitdifferenz zum Empfang auf dem Schiff wird in eine Entfernung umgerechnet.



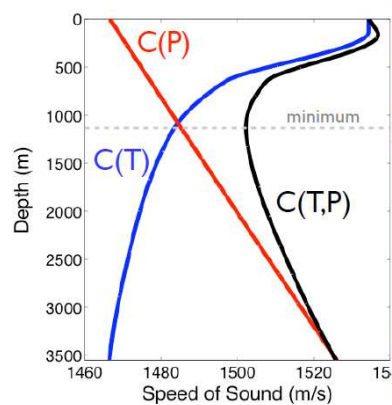
Entwicklung und Einsatz 1950er -1970er Jahre

Zeitaufwändig

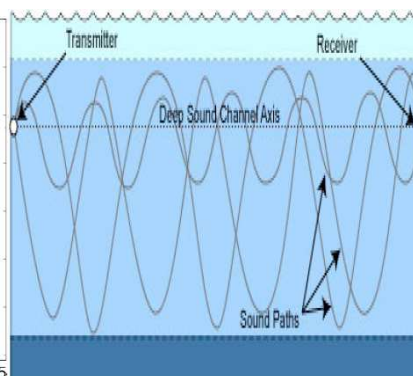
Einsatz nur auf kurzen Distanzen
(< 10 km)

Akustische Ortung

Abhängigkeit der Schallgeschwindigkeit von Temperatur und Druck

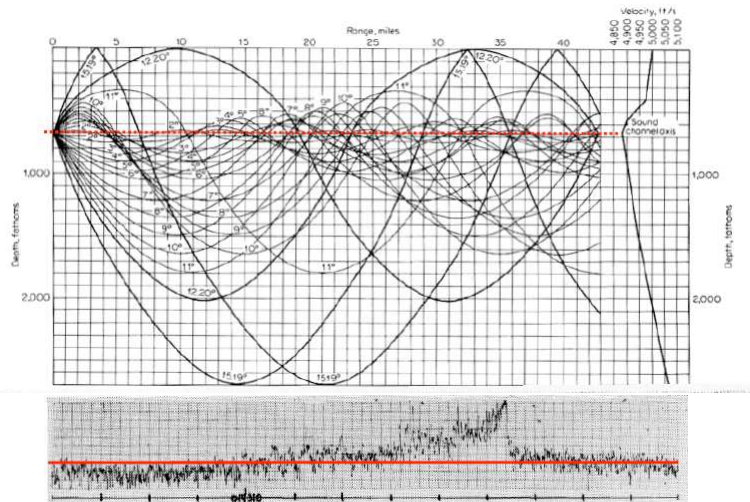


Schallstrahlen werden um das Schallgeschwindigkeitsminimum gebeugt



Bevorzugte Ausbreitung im tiefen Schallkanal in ca. 1000 m Tiefe

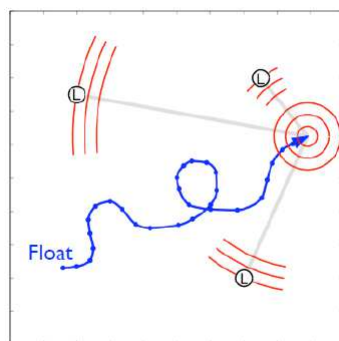
Schallkanal



Die Schallausbreitung im Kanal ist am langsamsten und hat den geringsten Energieverlust

SOFAR (SOund Fixing And Ranging)

Driftende Schallquelle, feste
Lauschpositionen, Frequenz 260 Hz
Große Reichweite und langer Einsatz
(> 1000 km und > 1 Jahr)



Huge
and
costly

Tom Rossby and
Doug Webb,
mid-1970s



SOFAR Trajektorien floats

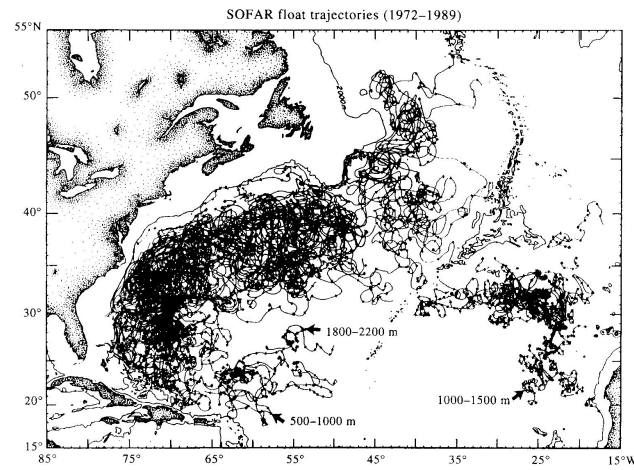
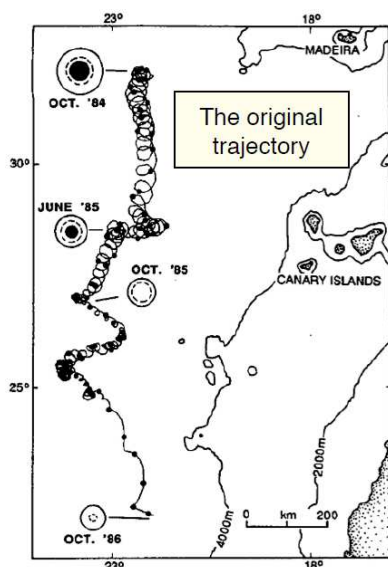
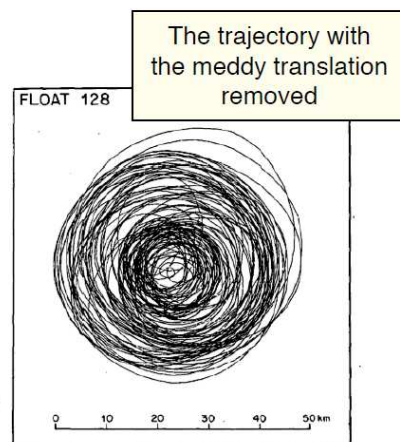


Figure 1.8.6. "Spaghetti-diagram" of all SOFAR float tracks from 1972 to 1989, excluding data from the POLYMODE Local Dynamics Experiment. Ticks on tracks denote daily fixes. Short gaps have been filled by linear interpolation. Plots are characteristic of the type of eddy-like variability measured by SOFAR floats deployed in the upper ocean sound channel. (Courtesy, Phillip Richardson, 1994.)

MEDDY



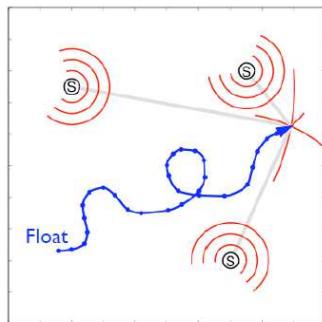
Ein SOFAR Float, der über 2 Jahre in einem „Mediterranean Eddy“ gefangen war



Armi et al., 1989

RAFOS (SOFAR rückwärts)

Verankerte Schallquellen, Floats empfangen die Schallsignale.
Messung von T und p entlang der Trajektorien
Am Ende der Mission werfen die Floats ein Gewicht ab, kommen an die Meeresoberfläche und senden die Daten via Satellit an Land.



Preiswert
Einsatz in großer Anzahl
Können Isopyknen folgen.



RAFOS Trajektorien

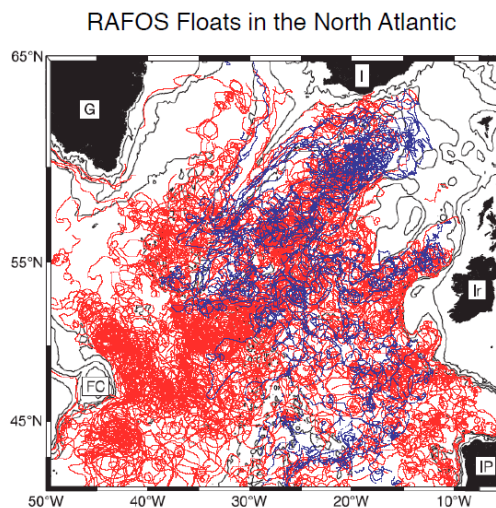
223 Floats from
1993–2001

328 “float years”

Trajectories:

red — isopycnal
27.5 σ (0–1000 m)

blue — isobaric
1500–1750 m

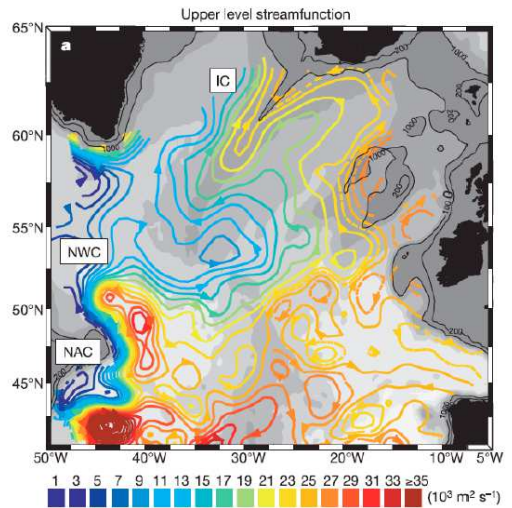


“spaghetti” plot

[Bower et al., Nature, 2002]

Zirkulation im Nordatlantik

Die Float Daten wurden in $1^\circ \times 1^\circ$ Gebieten gemittelt und dann die Stromfunktion berechnet.



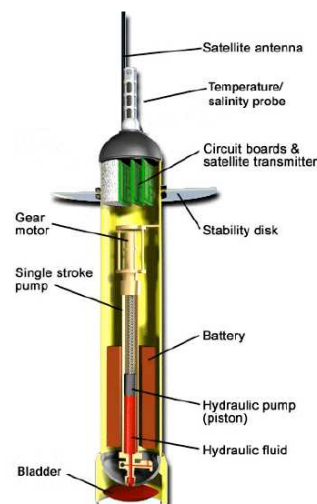
Bower et al., 2002

“Semi-Langrangesche” Floats

ALACE/PALACE/APEX/SOLO/... sind Tiefendrifter, die auf eine bestimmte Tiefe oder Isopykne abtauchen, dort für eine gewisse Zeit (z.B. 10 Tage) treiben und dann zurück an die Oberfläche kommen, um die Position via Satellit zu verschicken.

Auf dem Weg zur Oberfläche werden Temperatur und Salzgehalt (und z.T. noch andere Parameter gemessen).

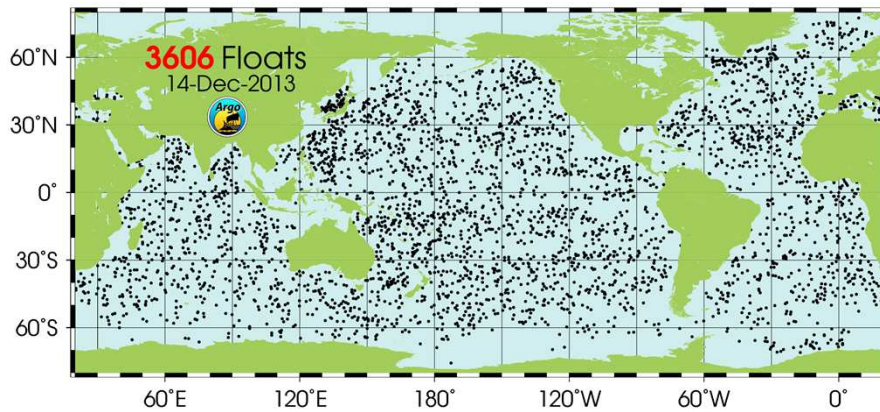
Nach dem Datentransfer geht der Float wieder auf Tiefe. Die Lebenszeiten sind bis zu 5 Jahren.



[<http://www-argo.ucsd.edu/>]

ARGO Float Programm

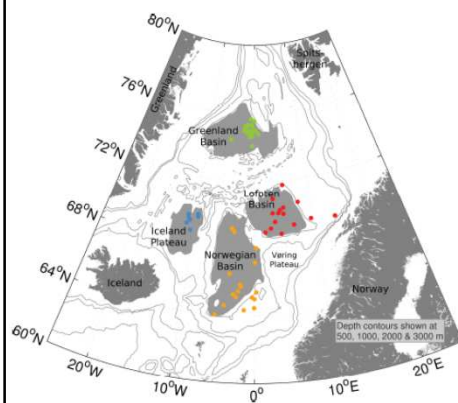
Verteilung aller Float-Positionen
zwischen dem 15. November und 14. Dezember 2013



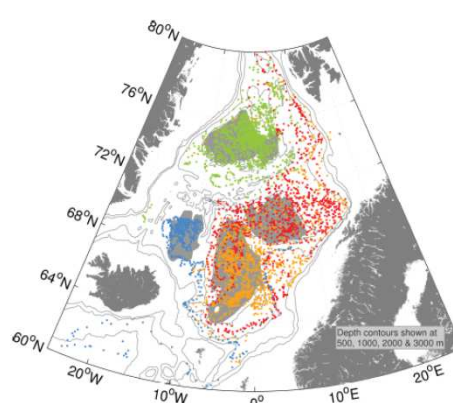
<http://www.argo.ucsd.edu/>

ARGO floats im Europäischen Nordmeer

Aussetzpositionen

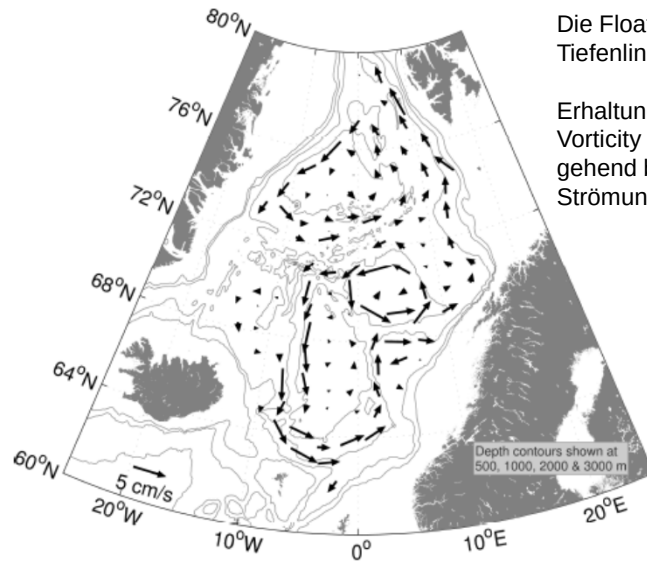


Profilpositionen



Voet et al., 2010

ARGO - Tiefenzirkulation



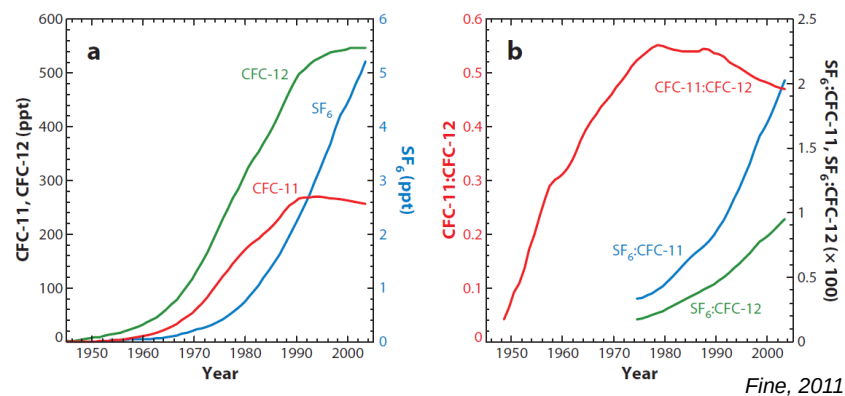
Die Floats folgen den Tiefenlinien bzw. f/H -Linien.

Erhaltung der Potentiellen Vorticity in einem weitestgehend barotropen Strömungsfeld.

Voet et al., 2010

Geochemische Tracer - Wassermassen

Die Ausbreitung transienter Spurenstoffe kann zur Abschätzung der Zirkulation genutzt werden



- Natürliche Quellen von CFCs und SF₆ sind insignifikant
- lange Residenzzeiten in der Atmosphäre
- CFC Zunahme nach dem Montreal Protokoll quasi gestoppt

Tiefer westlicher Randstrom im Nordatlantik

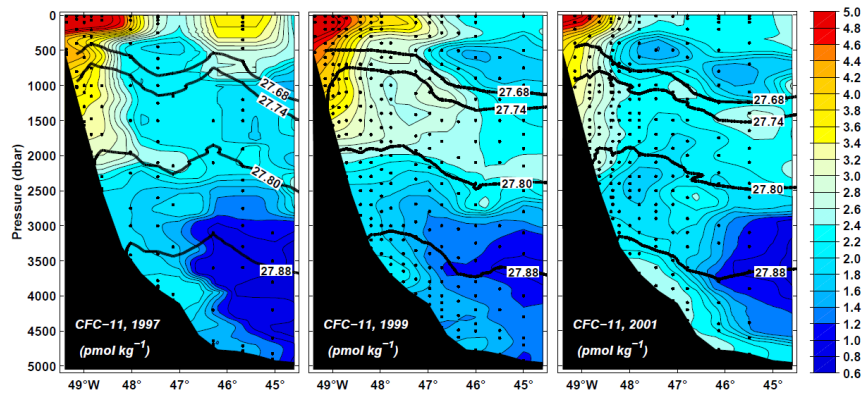
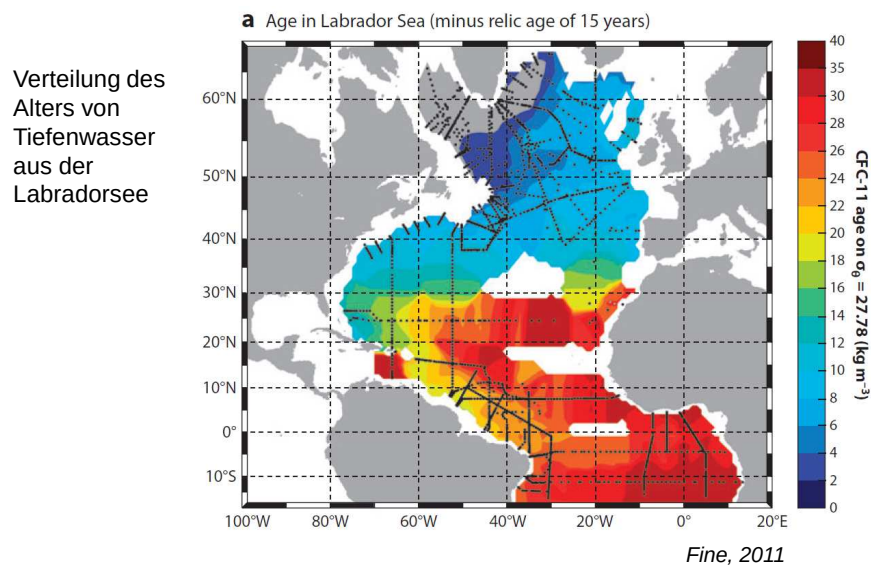


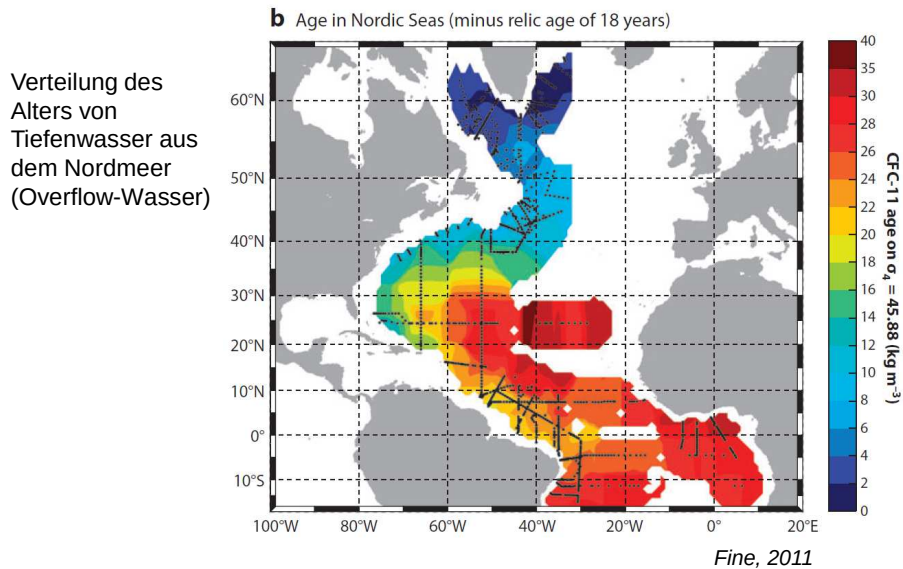
Fig. 3.6.: CFC-11 (pmol/kg) distribution during 1997, 1999, and 2001 along the western part of WOCE-A2 section at about 43°N . Bold lines indicate the isopycnals $\sigma_\theta = [27.68, 27.74, 27.80, 27.88] \text{ kg/m}^3$.

Kieke, 2004

Wassermassen als Tracer für die Zirkulation



Wassermassen als Tracer für die Zirkulation

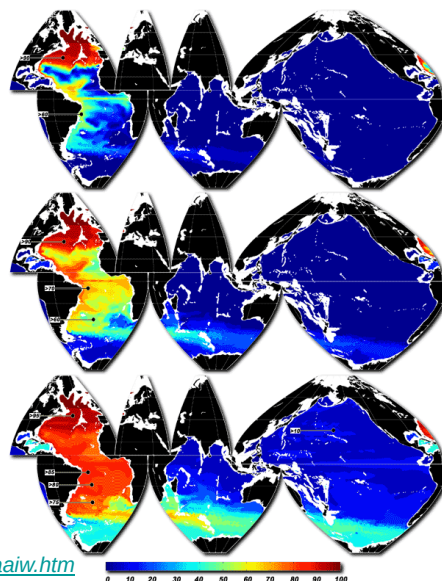


Tracerausbreitung in einem Zirkulationsmodell

Concentration of NADW release experiment passive tracer at the depth of greatest NADW outflow, model level 15 (2200 - 2750 m):

- (a) After 100 years integration;
- (b) at 300 years integration; and
- (c) at 1000 years integration.

Gupta und England, 2003



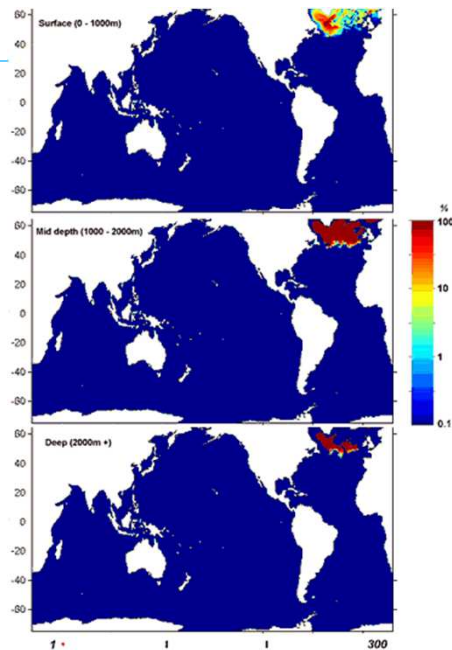
Tiefenzirkulation

Globale Ausbreitung eines Tracers im Nordatlantischen Tiefenwasser

Modellsimulation

Gupta und England, 2003

http://web.maths.unsw.edu.au/~alexq/images/nadw_300.gif



Zurück zu den Skalen ozeanischer Prozesse

Alle Messungen registrieren Strömungen (und auch hydrographische Parameter), die verschiedenen Prozessen und damit verschiedenen Skalen zugeordnet sind.

Trennung von Diffusion und Advektion ist nicht einfach.

z.B. tragen Interne Wellen zur Vermischung in mesoskaligen Wirbeln bei, die Wirbel aber zur Vermischung in der großskaligen Zirkulation.

