

Vergleich der aus geodätischen Weltraumverfahren abgeleiteten, zeitvariablen Meerestopographie mit in-situ Beobachtungssystemen der Ozeanographie

Felix Müller, Wolfgang Bosch, Denise Dettmering

Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut der
Technischen Universität München (DGFI-TUM)

felix-lucian.mueller@tum.de



Motivation

- Validierung von Ozeanströmungen aus geodätischen Weltraumverfahren (Satelliten-Altimetrie)
- Vergleich zwischen geodätischen und ozeanographischen Geschwindigkeitsfeldern
- Bestimmung von geostrophischen Strömungskomponenten
 - aus Neigung der Meerestopographie
 - aus in-situ Geschwindigkeitsmessungen von Meeresströmungen
- Nutzung von in-situ Beobachtungssystemen für die Validierung einer zeitvariablen dynamischen Ozeantopographie (DOT), abgeleitet aus geodätischen Weltraumverfahren

Instantane dynamische Ozeantopographie (iDOT)

- Die DOT ist definiert als Höhe des Meeresspiegels über dem Geoid
- Die DOT berechnet sich geodätisch über die Subtraktion von Geoidhöhen von Meereshöhen $\rightarrow DOT = h_{SSH} - N$
 - Bestimmung DOT aus aktuellen Meereshöhen (h_{SSH}) der Altimetrie und einem hochpräzisen Geoidmodell N (GOCO05S)
 - Problem ist unterschiedliche spektrale Auflösungen der beiden Größen
- Verwendung eines Profilansatzes (Bosch et al, 2013)
 - Filterung mit Filterlänge 70km
- Schätzung der DOT direkt auf den Altimeterprofilen (iDOT)
- Wiedergabe von zeitvariablen Erscheinungen (Eddies) möglich
- Datenbereitstellung durch Altimeterdatenbank des DGFI-TUM (<http://openadb.dgfi.tum.de>)
- Berechnung geostrophischer Strömungskomponenten über Gradientenbildung in meridionaler bzw. zonaler Richtung möglich

iDOT-Profil

- Verwendung iDOT Multimission Datensatz
 - Jason-1 inkl. Jason1-EM
 - Envisat inkl. Envisat – EM
 - Jason2
- Zeitraum 2007 - 2010

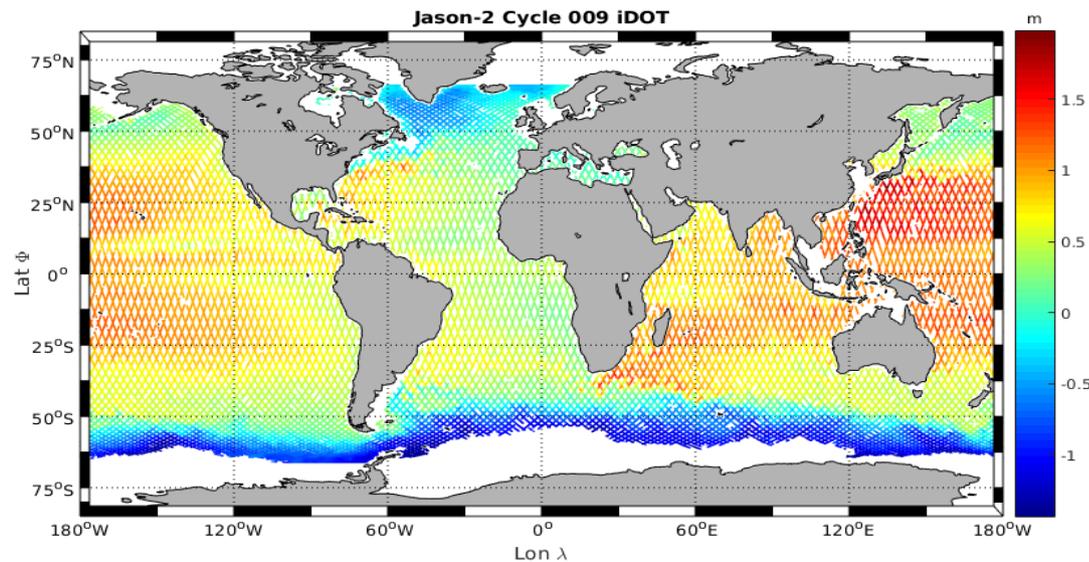


Von links nach rechts:

http://www.esa.int/About_Us/ESRIN/Envisat_in_its_new_home

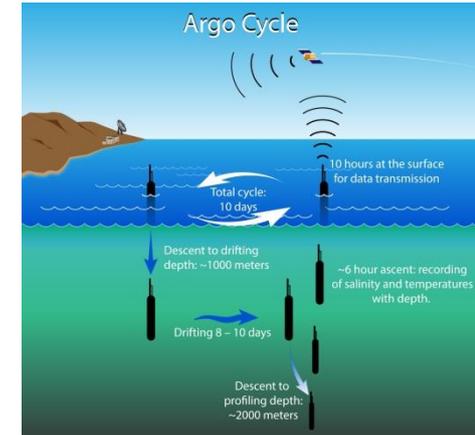
<http://openadb.dgfi.badw.de/index.php?id=123>

<http://www.jpl.nasa.gov/missions/web/ostm.jpg>

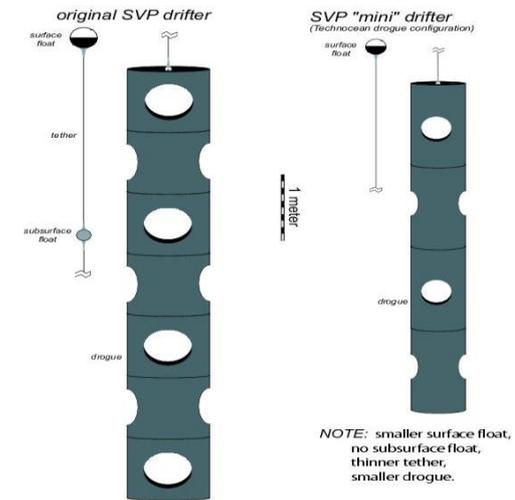


In-situ Messsysteme

- ARGO-Floats
 - Ableitung Geschwindigkeiten aus Trajektorie, während das Float an der Oberfläche ist (~ 6-12 h)
 - 10 Tage Zyklus für Oberflächendaten
 - YoMaHa'07 Asia-Pacific Data-Research Center
- Surface Velocity Program Drifter
 - Ableitung Geschwindigkeiten aus Drifter-Trajektorie
 - **Ausschließliche** Verwendung von Daten mit angehängtem Treibsack
 - Defekte Sensoren zur Treibsackdetektion 2007 – 2008
 - NOAA AOML Physical Oceanography Division



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



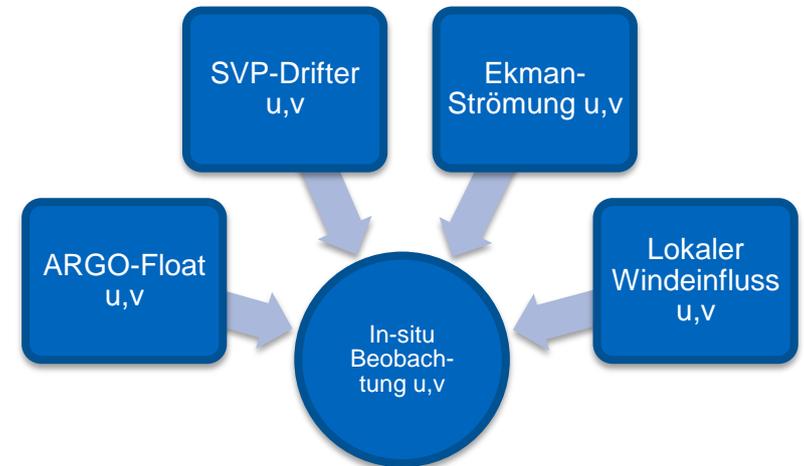
[Lumpkin&Pazos, 2005]

Vorprozessierung in-situ Messsysteme

- Drifter: Rauschminimierung durch gleitendes Mittel (5 Beob. ~ ca. 1 Tag)
- Korrektur um a-geostrophische Anteile

$$U_{\text{in-situ}} = \check{U}_{\text{in-situ}} - \left(U_e + \frac{cW_{u,v}}{10} \right)$$

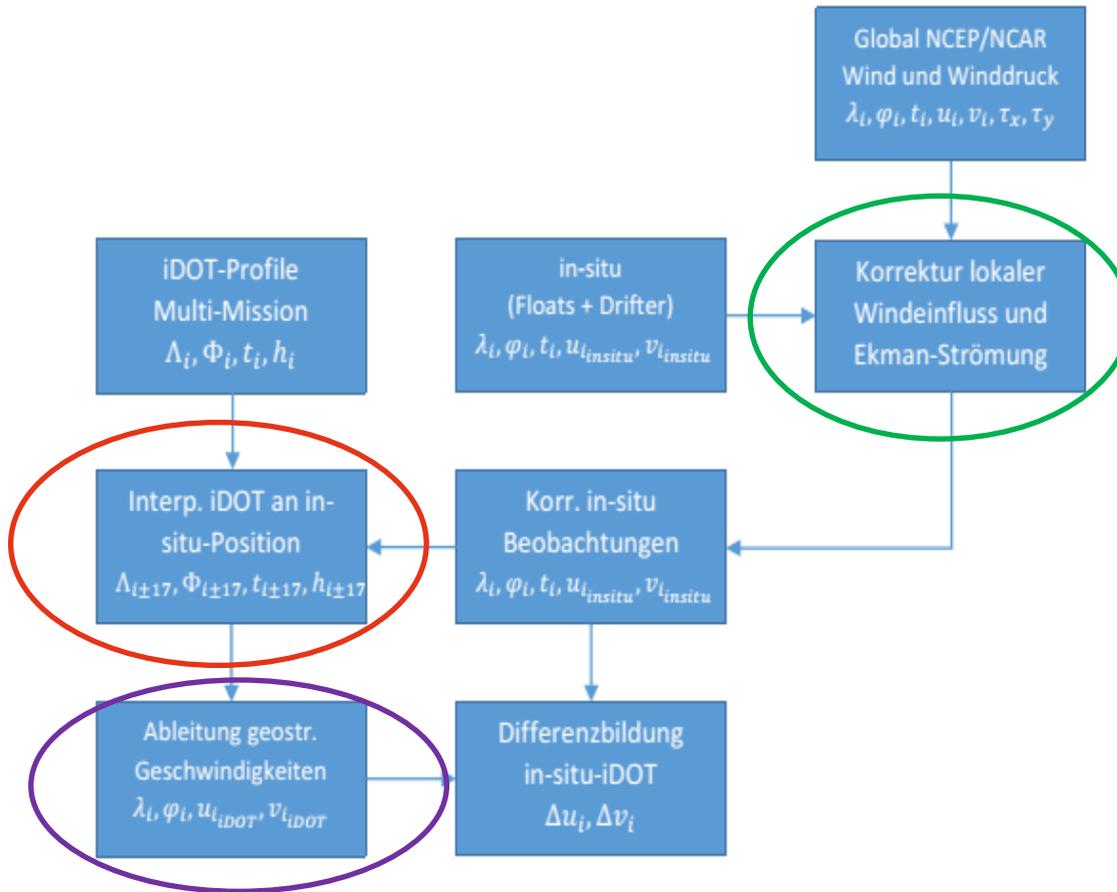
- Berechnung Ekman-Strömung U_e nach Lagerloef et al., 1999
 - Drifteffekt eines Objekts bezüglich Windrichtung, Corioliskraft und Reibung
- Verwendung Windgeschwindigkeit $W_{u,v}$ aus NCEP/NCAR Windfeldern
- Windkoeffizient c für SVP Drifter und ARGO-Float pro 10m/s



Punktweiser Vergleich

- Direkter Vergleich an in-situ Positionen
 - Interpolation der iDOTs an in-situ Positionen
 - Interpolationsradius 150 km
 - Zeitspanne ± 17.5 Tage
 - Umrechnung DOT in Geschwindigkeiten durch Schätzung einer Ebene (Neigung \rightarrow Geschwindigkeit in u/v) pro in-situ Beobachtung
 - Dämpfung der iDOT-Informationen durch Interpolation
- Schätzung und Vergleich von geostrophischen Geschwindigkeiten an in-situ Position

Ablauf punktweiser Vergleich



- Berechnung Ekman-Strömung
- Interpolation lokaler Windeinfluss und Ekman-Strömung an in-situ Position

- Funktionalmodell:

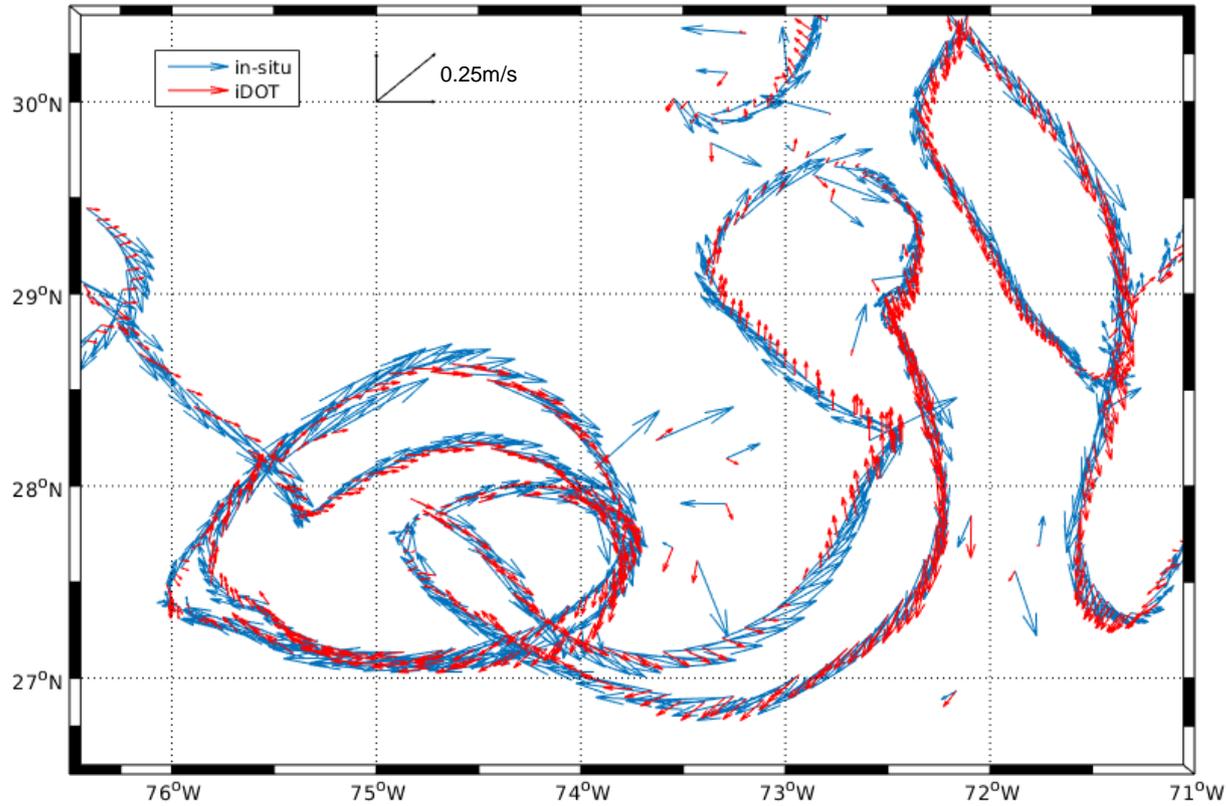
$$h(x, y) = c_0 + c_1x + c_2y$$
- Schätzung Neigungskoeffizienten c_1 und c_2
- 2D-Gaußgewichtung
- Enormer Rechenaufwand!

- Ableitung geostrophischer Strömungen:

$$u_{iDOT} = -\left(\frac{g}{f}\right) c_2 \quad v_{iDOT} = \left(\frac{g}{f}\right) c_1$$



Beispiel Golfstromgebiet

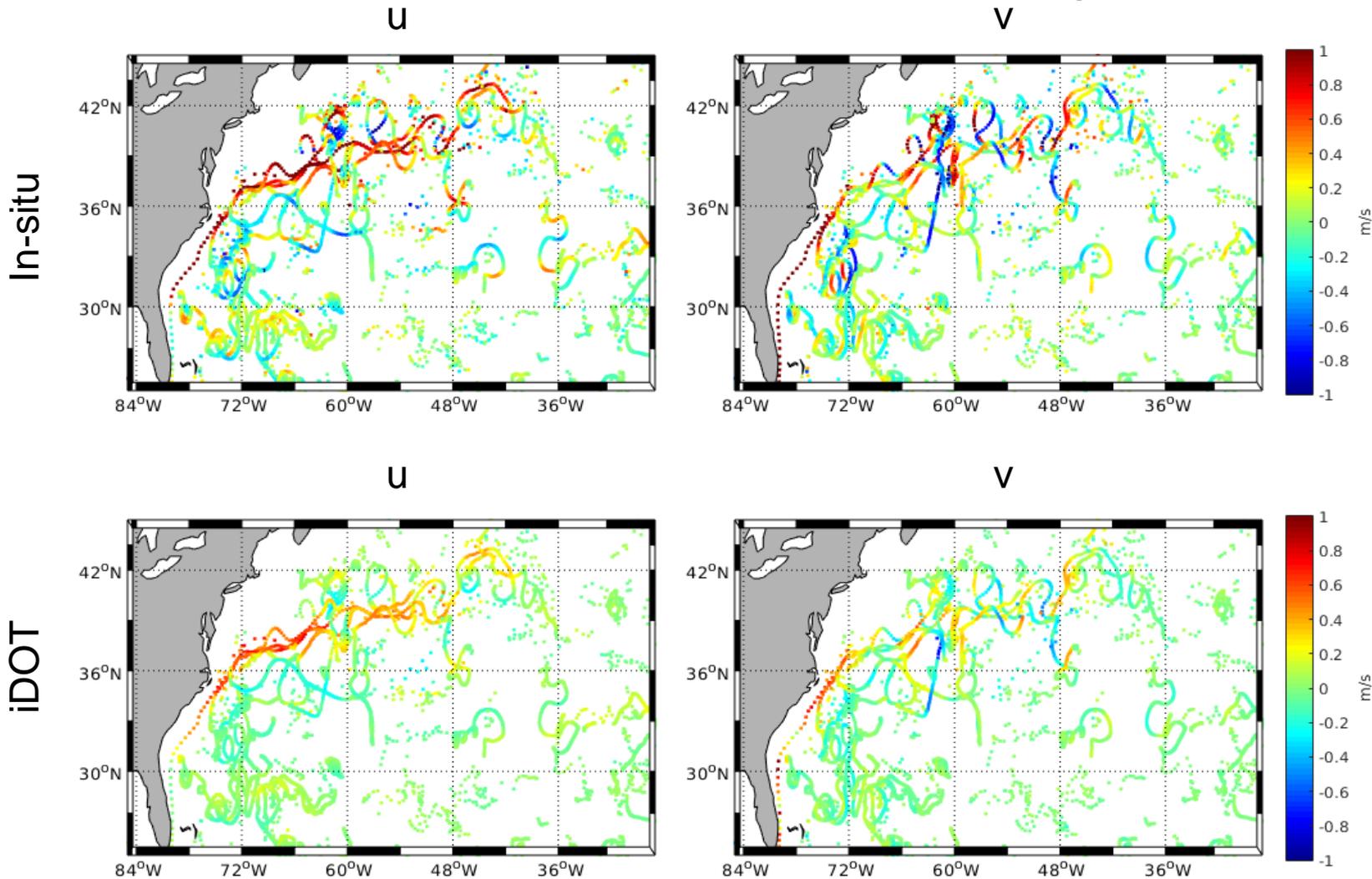


In-situ →
iDOT →

Beispiel Golfstromgebiet

3. Quartal 2009

Geschwindigkeiten bis ca. 1.3 m/s



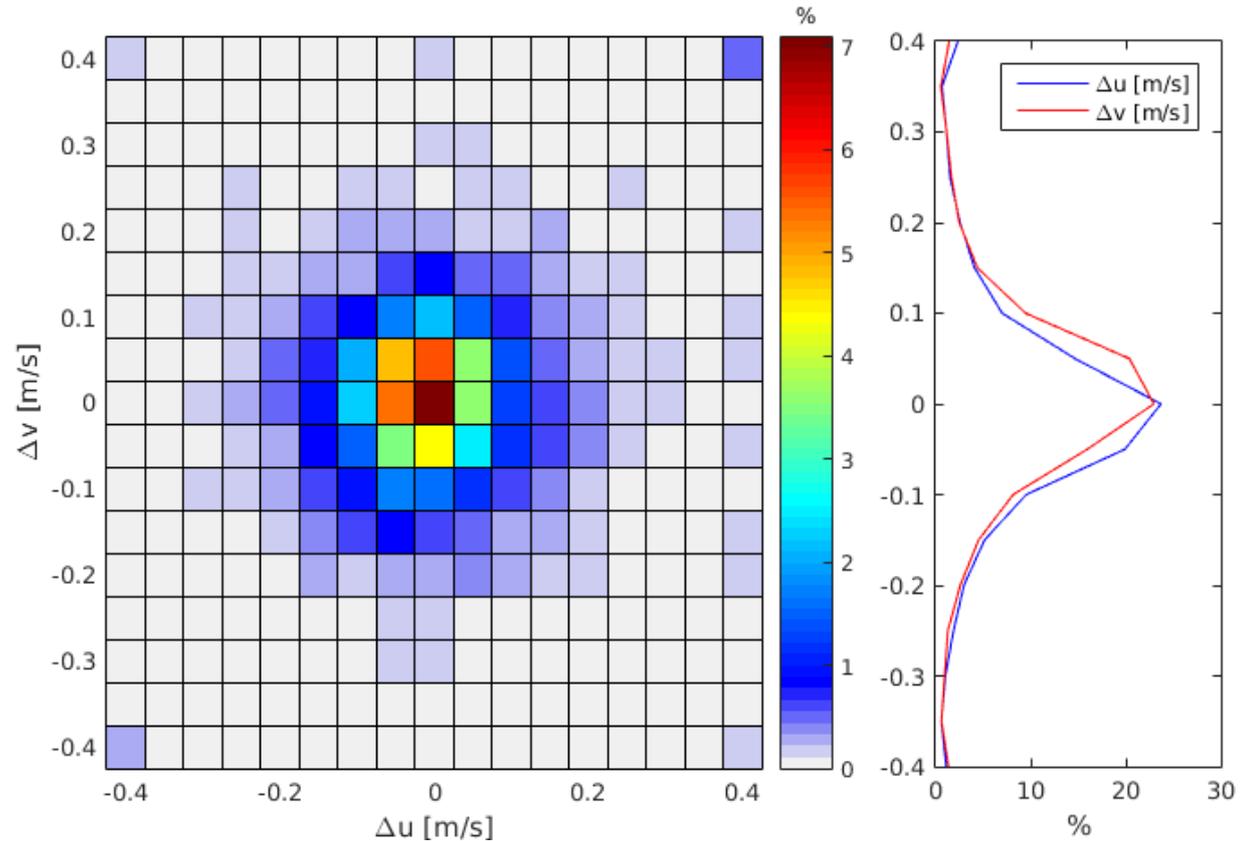
Beispiel Golfstromgebiet

3. Quartal 2009

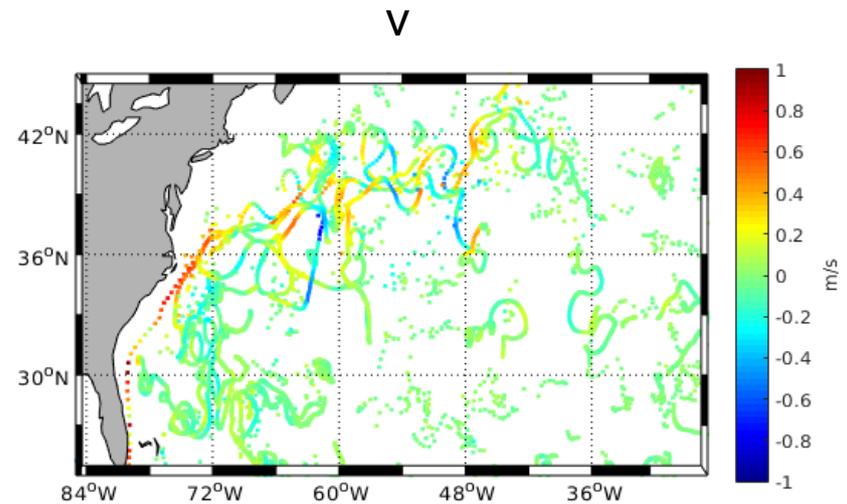
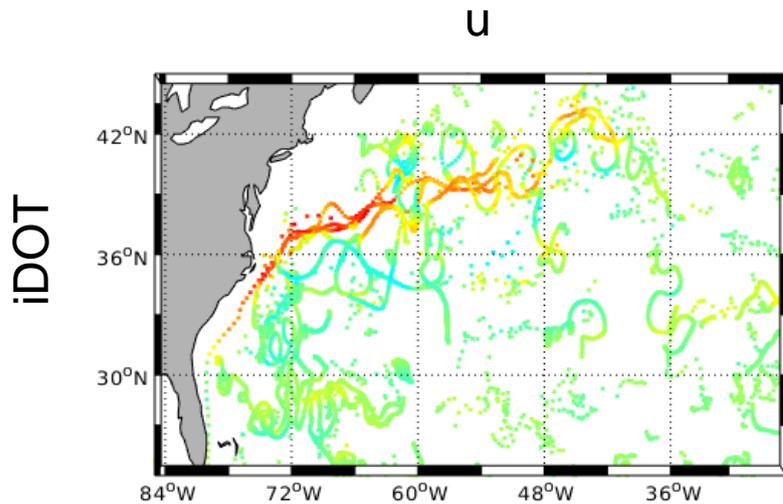
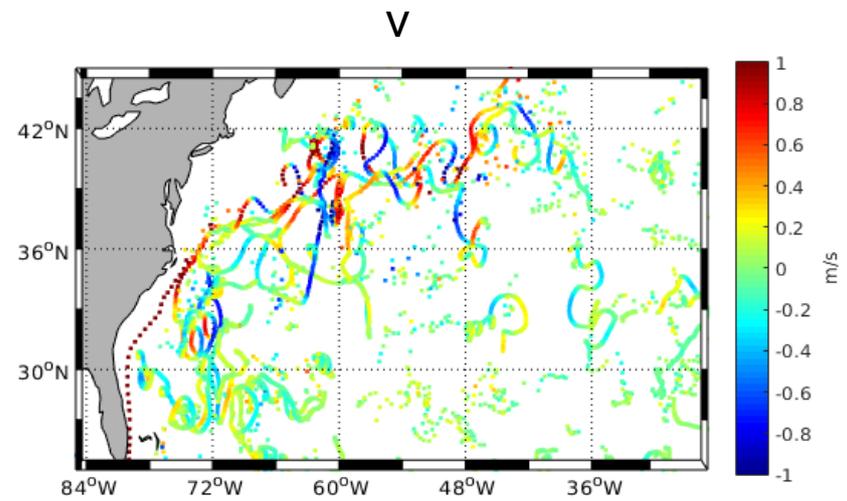
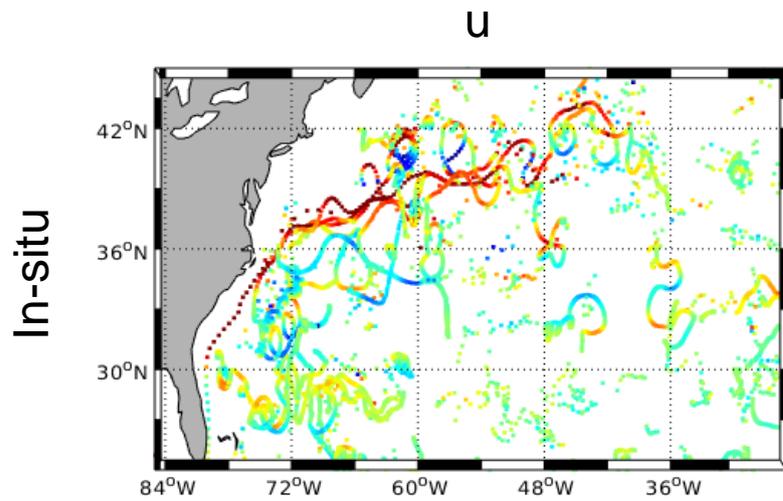
$$\Delta u, v = U_{in-situ} - U_{iDOT}$$

- 2D-Histogramm paarweise Differenzen

- Nahezu normalverteilt
- Keine breite Streuung
- Wenige Ausreißer
- Maximum bei 0 ± 0.025 m/s
- $\sigma_{\Delta u} = 0.16 \frac{m}{s}$
- $\sigma_{\Delta v} = 0.15 \frac{m}{s}$



Beispiel Golfstromgebiet



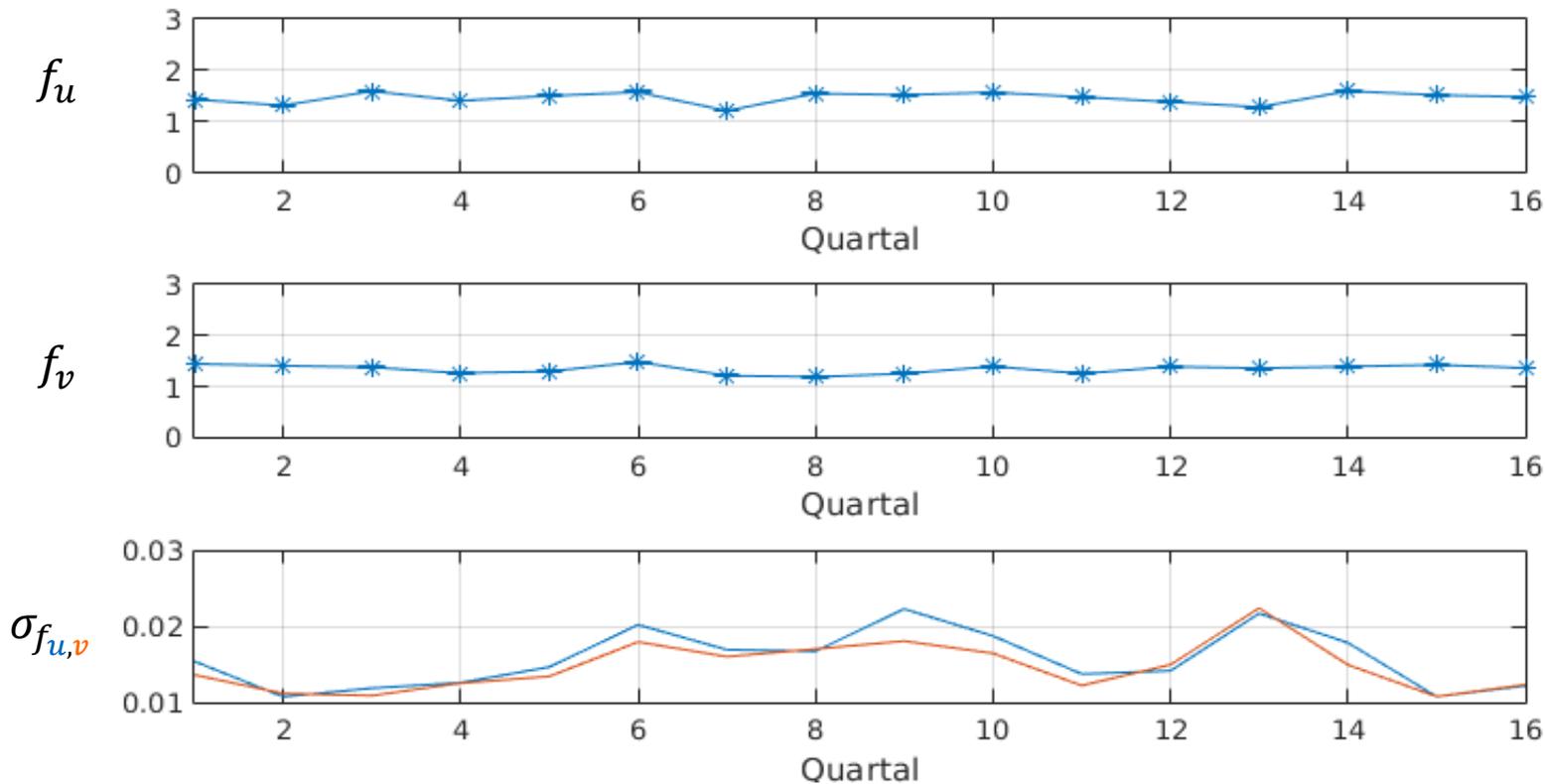
Schätzung von Skalierungsfaktoren

- Überprüfen des Verhältnisses **in-situ zu iDOT** auf einen bestimmten Skalierungsfaktor in Geschwindigkeitskomponenten
- Schätzen eines Faktors nach dem Prinzip der kleinsten Quadrate
- Funktionalmodell:

$$e_u = f_u u_{iDOT} - u_{in-situ}$$

$$e_v = f_v v_{iDOT} - v_{in-situ}$$

Skalierungsfaktor im Golfstromgebiet



- Nahezu zeitkonstanter Skalierungsfaktors in beiden Geschwindigkeitskomponenten
- Gedämpfte Wiedergabe der geostrophischen Geschwindigkeiten durch iDOT-Profile bis ca. 1.5

Ergebnisse

- Detektion meso-skaliger zeitvariabler ozeanischer Erscheinungen in iDOTs ist möglich
 - 2D-Histogramme zeigen normalverteilte Differenzen ohne konstanten Offset
 - 63% der paarweisen Differenzen innerhalb ± 0.10 m/s im Golfstrom (andere westliche Randströmungen ähnlich)
 - Systematischer Faktor zwischen in-situ und iDOT Daten
 - Skalierung vor allem in zonaler Strömungskomponente und in Bereichen westlicher Randströmungen
- **Konsistente Wiedergabe der Geschwindigkeitsfelder im gesamten Analysezeitraum**

Diskussion

- Vergleich sehr heterogener und spektral inkonsistenter Datensätze
 - Unterschiedliche Messgrößen und ~methoden
 - Grundlegend verschiedene Prozessierungsabläufe
 - Einfluss von a-geostrophischen Anteilen auf in-situ Daten
 - Inhomogene räumliche Datenverteilung der in-situ Messwerte
 - Glättung der iDOTs durch Interpolation (Filterung)
- Interpolationsproblematik iDOT-Profile
 - Räumliche und zeitliche Auflösung eingeschränkt (trotz multi-mission Ansatz)
 - Glättung der iDOT-Profile → Dämpfung von Variabilitäten
 - **Mögliche Lösungsansätze**
 - Variation der Interpolationsparameter
 - Einführen von präziserem stochachstischen Modell in iDOT-Prozessierung

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!