

# 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

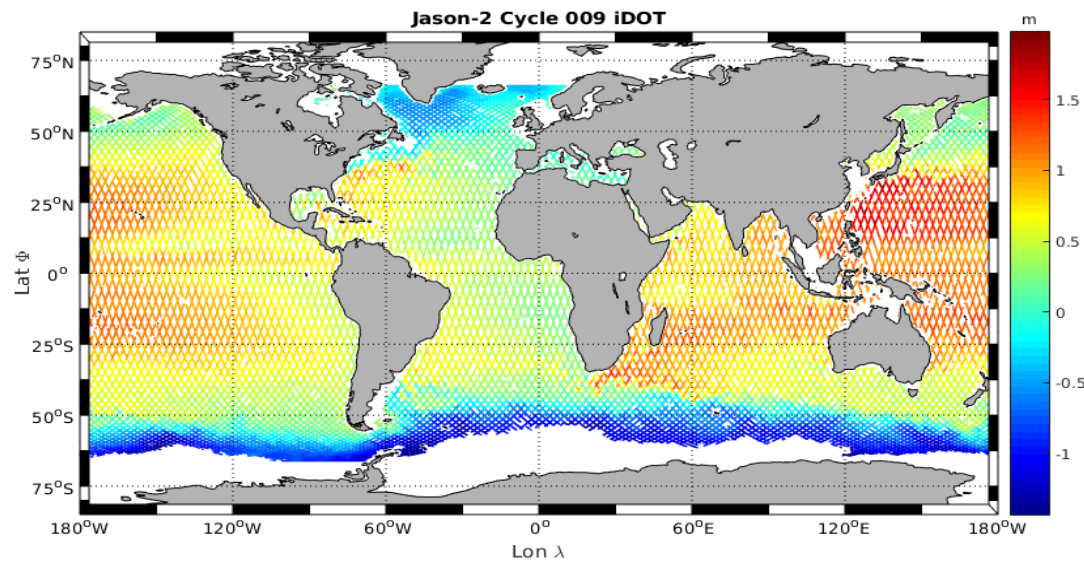


Von links nach rechts:

[http://www.esa.int/About\\_Us/ESRIN/Envisat\\_in\\_its\\_new\\_home](http://www.esa.int/About_Us/ESRIN/Envisat_in_its_new_home)

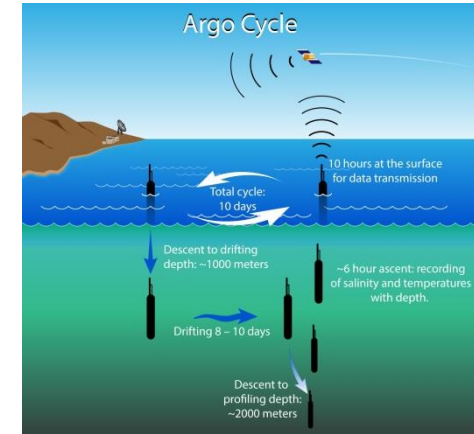
<http://openadb.dgfi.badw.de/index.php?id=123>

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

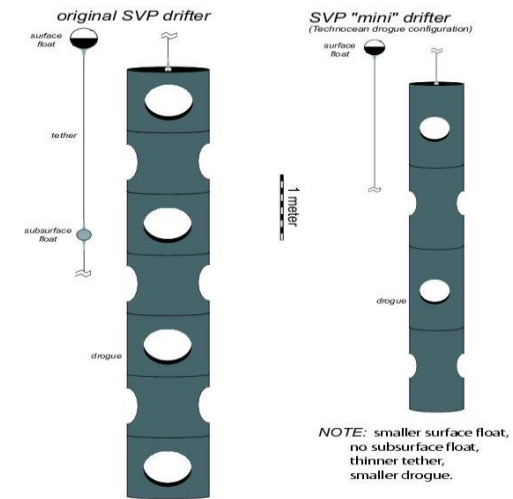


# In-situ Messsysteme

- 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>]



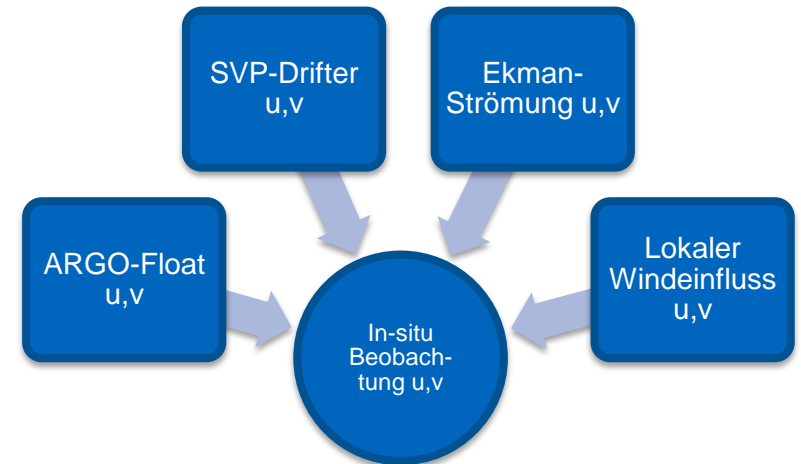
[Lumpkin&Pazos, 2005]

# Vorprozessierung in-situ Messsysteme

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

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

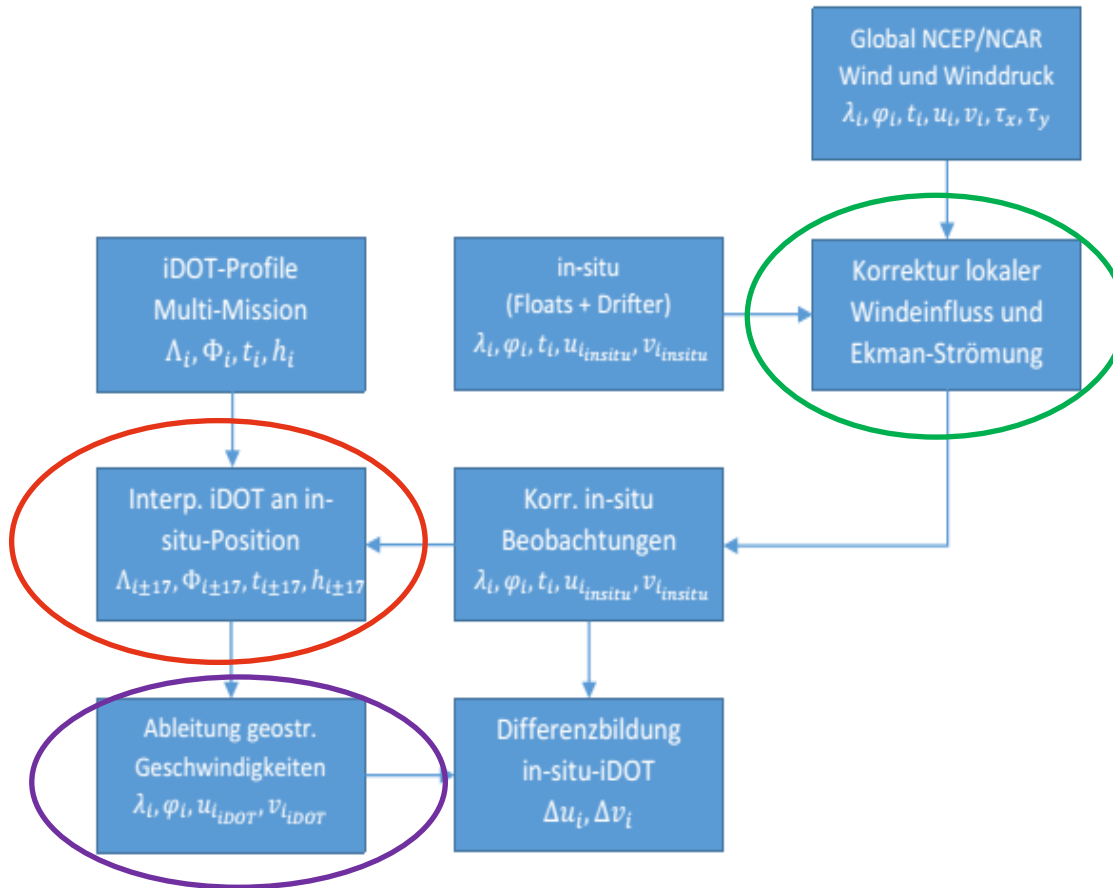
- Berechnung Ekman-Strömung  $U_e$  nach Lagerloef et al., 1999
  - Drifteffekt eines Objekts bezüglich Windrichtung, Corioliskraft und Reibung
- Verwendung Windgeschwindigkeit  $W_{u,v}$  aus NCEP/NCAR Windfeldern
- Windkoeffizient  $c$  für SVP Drifter und ARGO-Float pro 10m/s



# Punktweiser Vergleich

- Direkter Vergleich an in-situ Positionen
- Interpolation der iDOTs an in-situ Positionen
  - Interpolationsradius 150 km
  - Zeitspanne  $\pm 17.5$  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 punktwaiser Vergleich



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

- Funktionalmodell:  

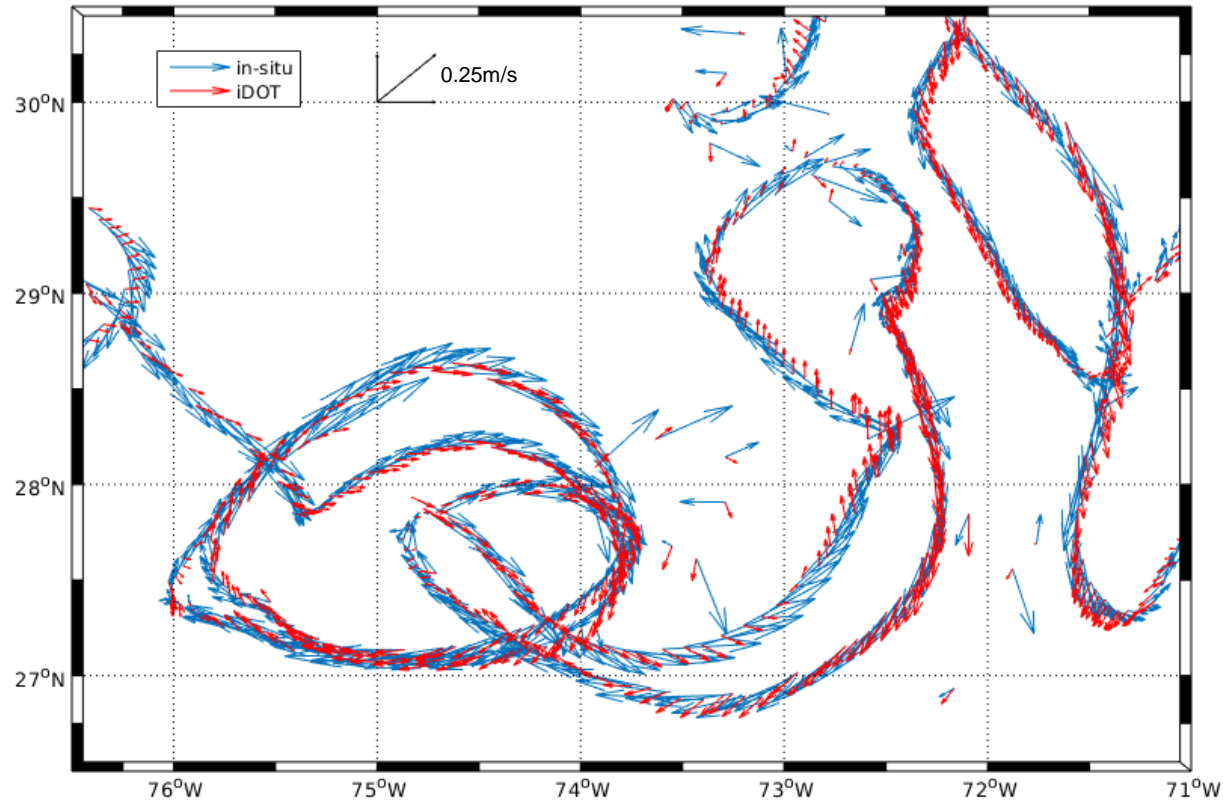
$$h(x, y) = c_0 + c_1x + c_2y$$
- Schätzung Neigungskoeffizienten  $c_1$  und  $c_2$
- 2D-Gaußgewichtung
- Enormer Rechenaufwand!

- Ableitung geostrophischer Strömungen:  

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



# Beispiel Golfstromgebiet

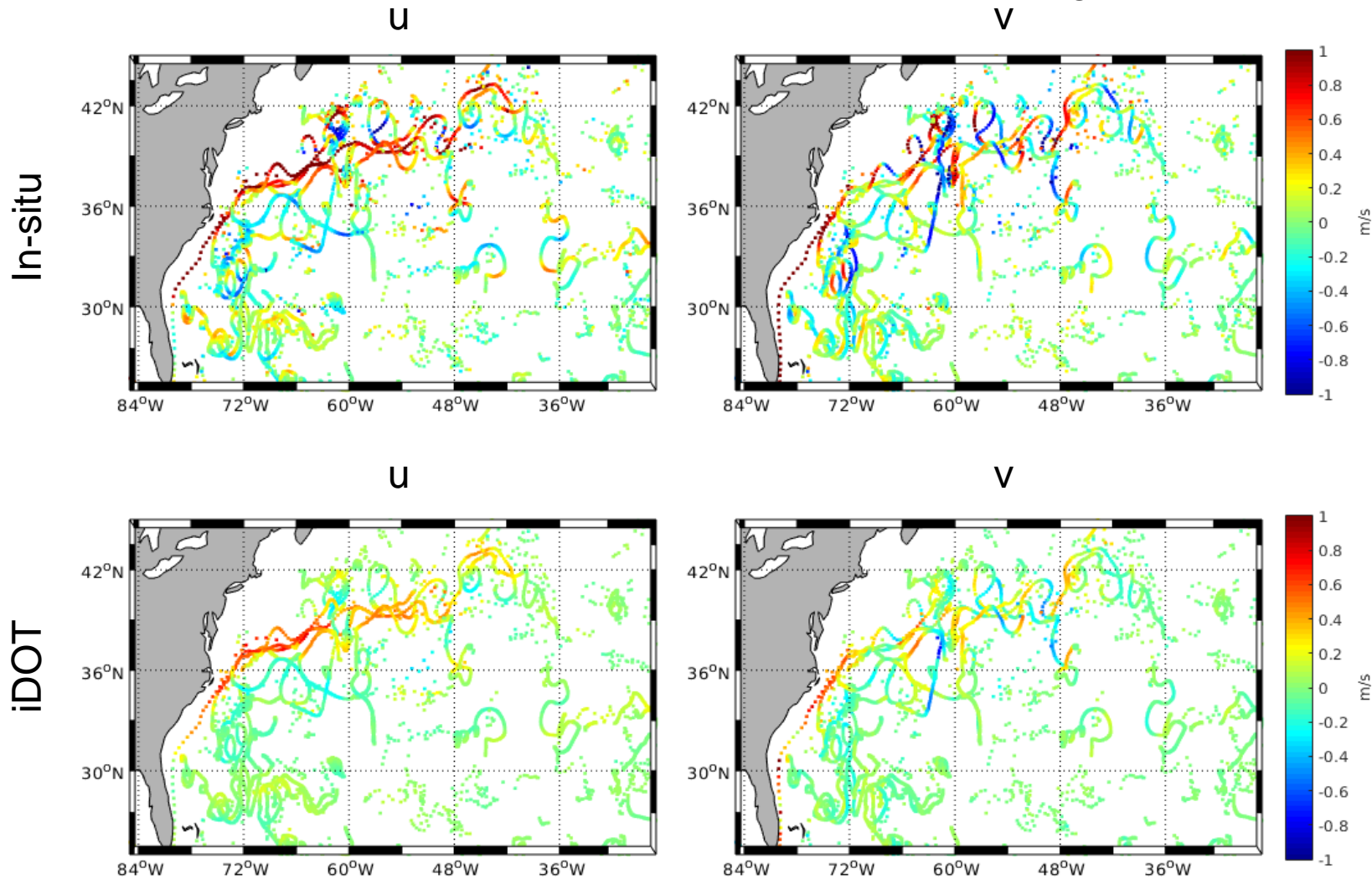


In-situ →  
iDOT →

# Beispiel Golfstromgebiet

3. Quartal 2009

Geschwindigkeiten bis ca. 1.3 m/s



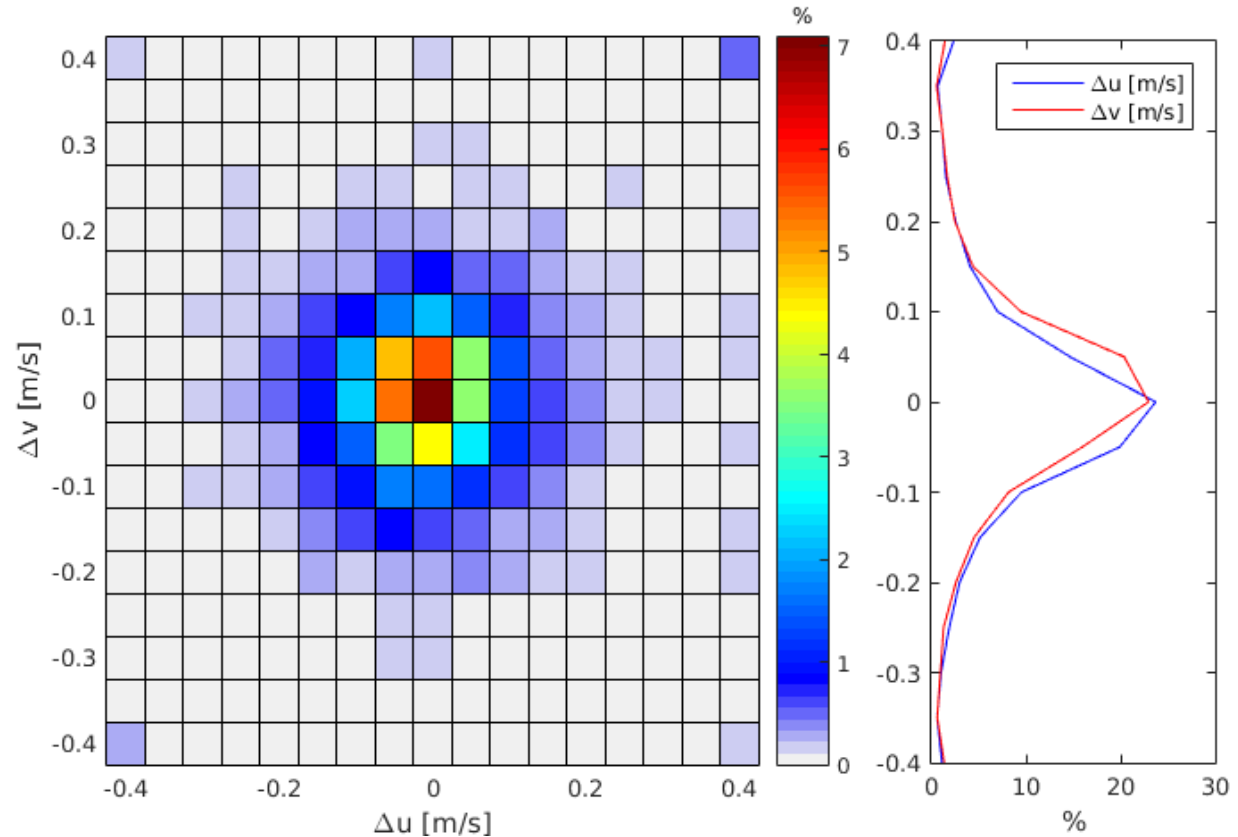
# Beispiel Golfstromgebiet

3. Quartal 2009

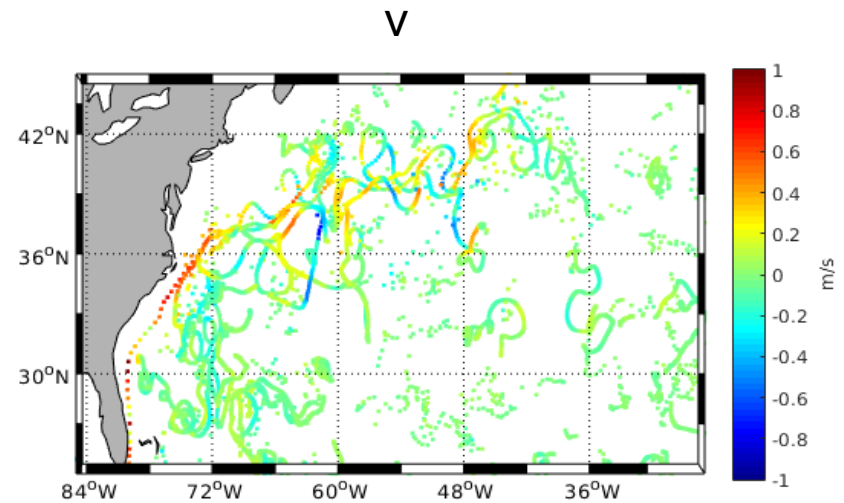
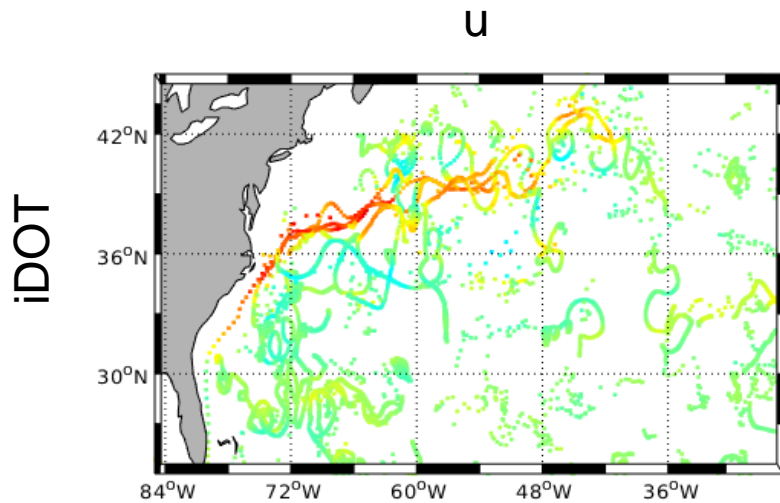
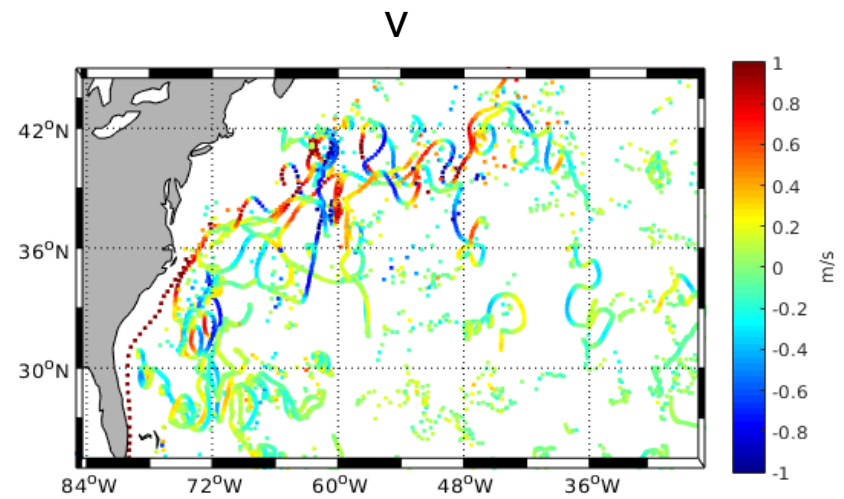
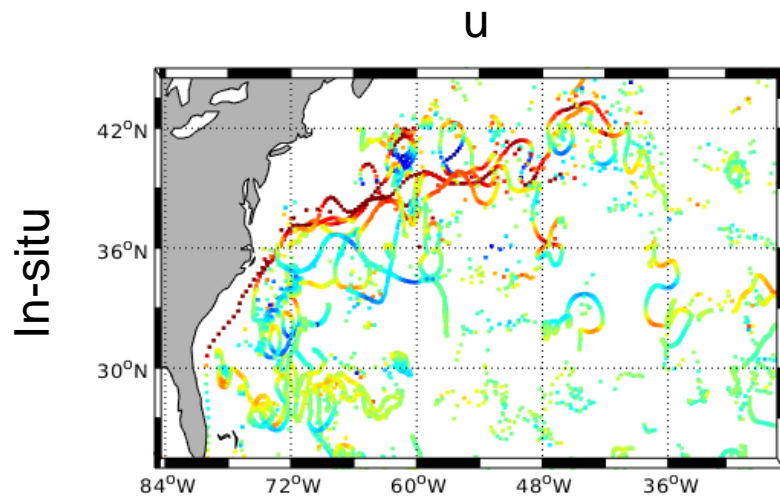
$$\Delta u, v = U_{in-situ} - U_{iDOT}$$

- 2D-Histogramm paarweise Differenzen

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



# Beispiel Golfstromgebiet



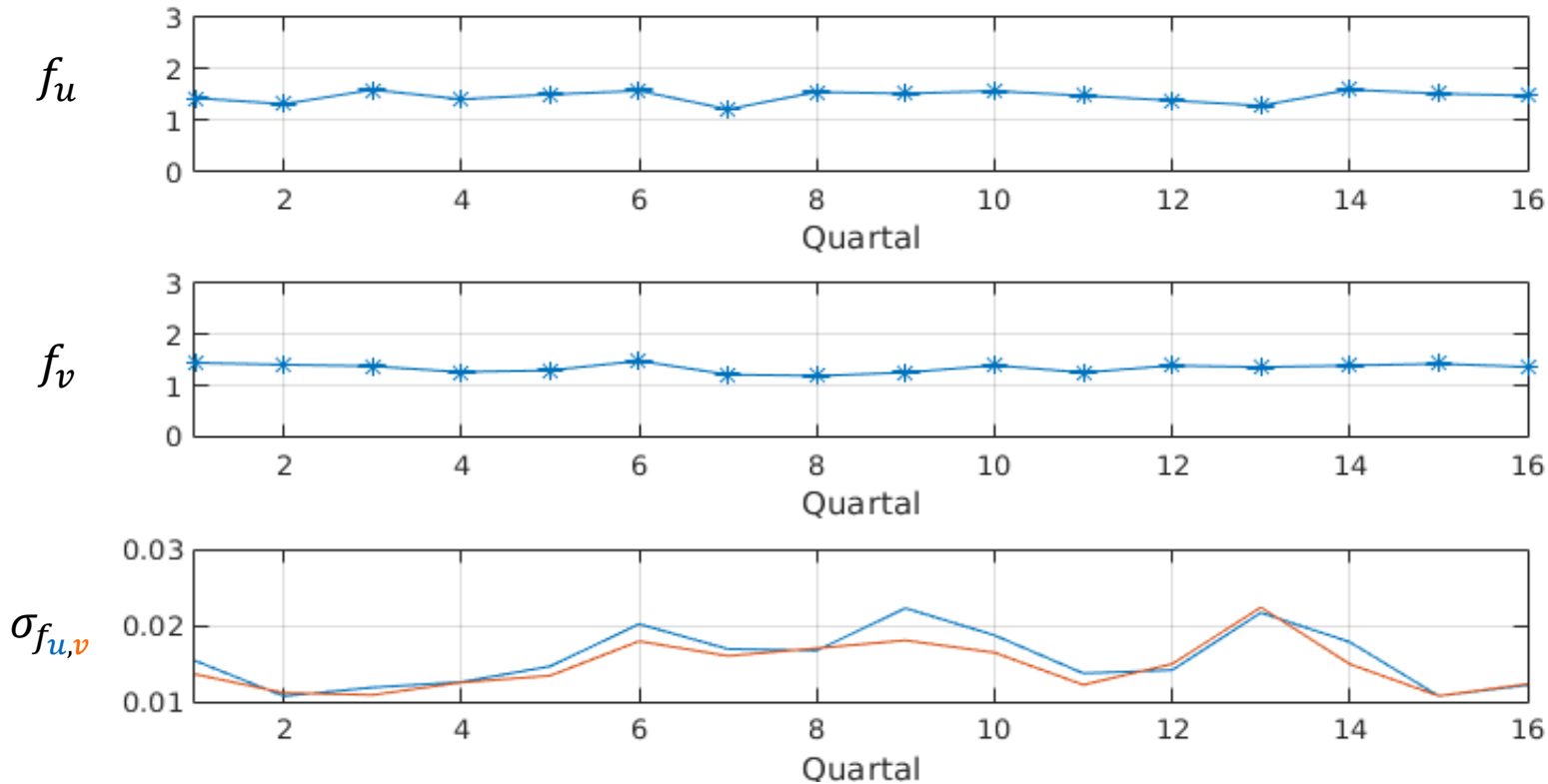
# Schätzung von Skalierungsfaktoren

- 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



Mittel
1.46 ± 0.11
1.33 ± 0.08
0.016 ± 0.004
0.015 ± 0.003

- 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  $\pm 0.10$  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**

- 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!