



Schiffe als Pegel

Messung und Kombination

Ole Roggenbuck, Jörg Reinking

Hydrographentag 2016, Oldenburg, 02.06.2016, Jade Hochschule

- Einführung
- Schiffe als Pegel
- Kombination
- Experimente

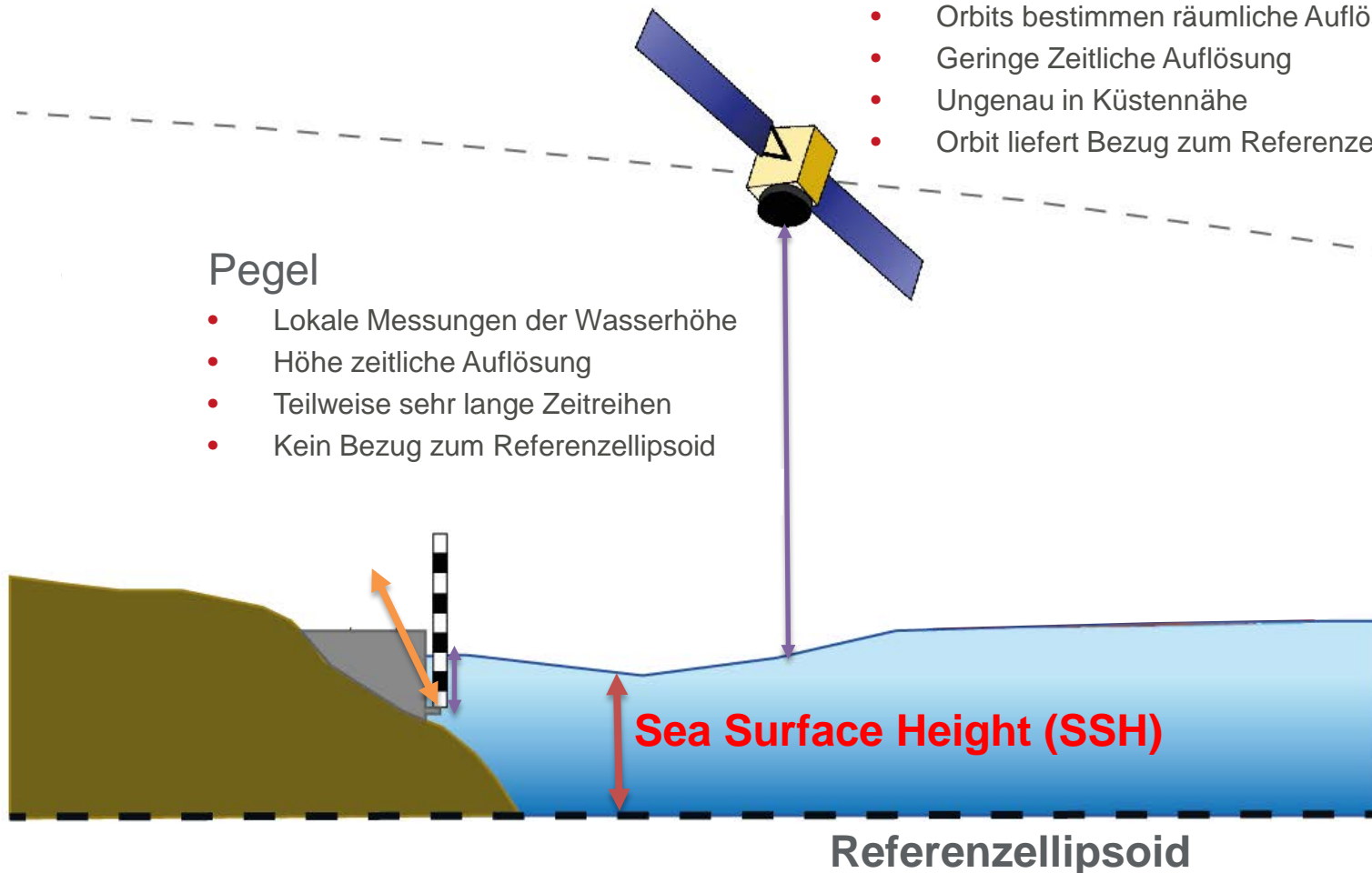


Satellitenaltimetrie

- Fernerkundungsverfahren
- Globale Messungen in kurzer Zeit
- Orbits bestimmen räumliche Auflösung
- Geringe Zeitliche Auflösung
- Ungenau in Küstennähe
- Orbit liefert Bezug zum Referenzellipsoid

Pegel

- Lokale Messungen der Wasserhöhe
- Hohe zeitliche Auflösung
- Teilweise sehr lange Zeitreihen
- Kein Bezug zum Referenzellipsoid



GNSS-Pegeldaten (BfG)

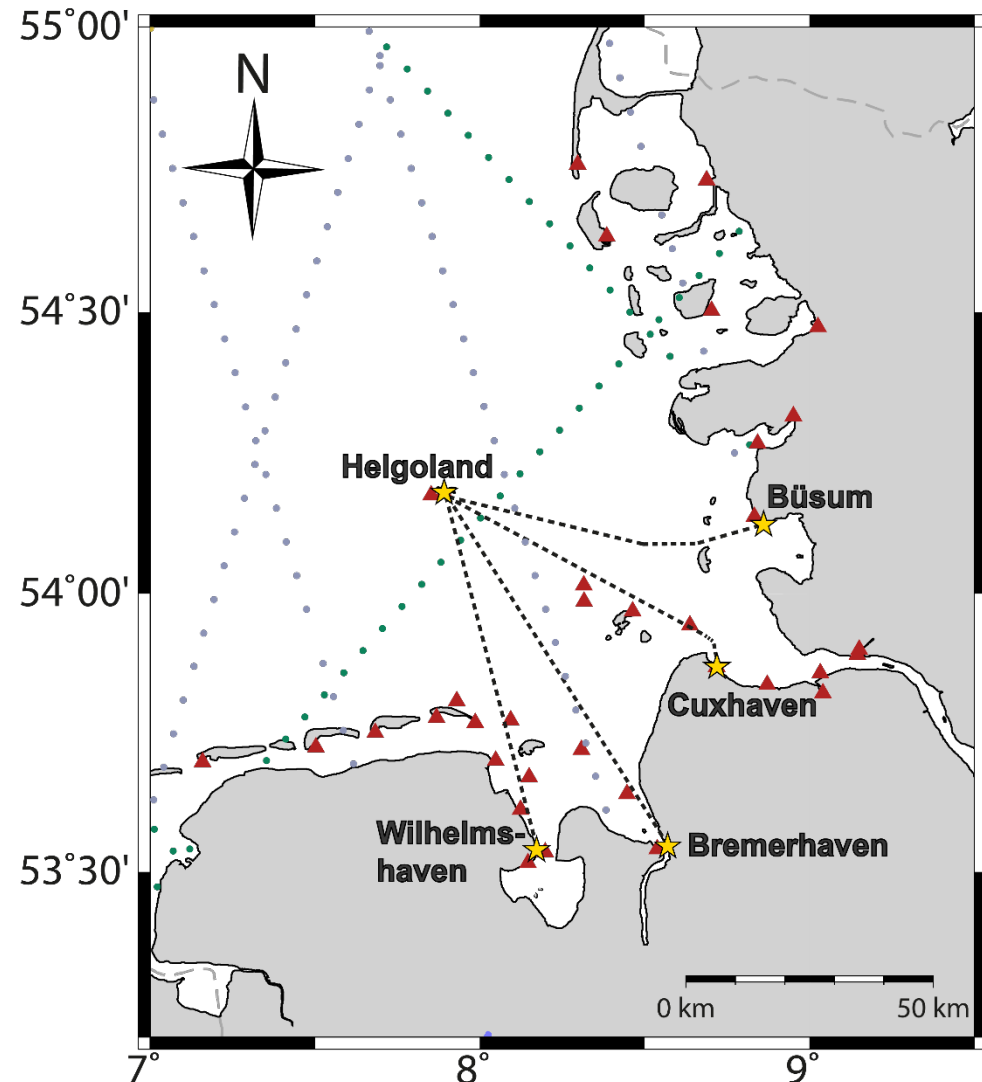
- GNSS-Beobachtungen + Offsets
- Pegeldaten

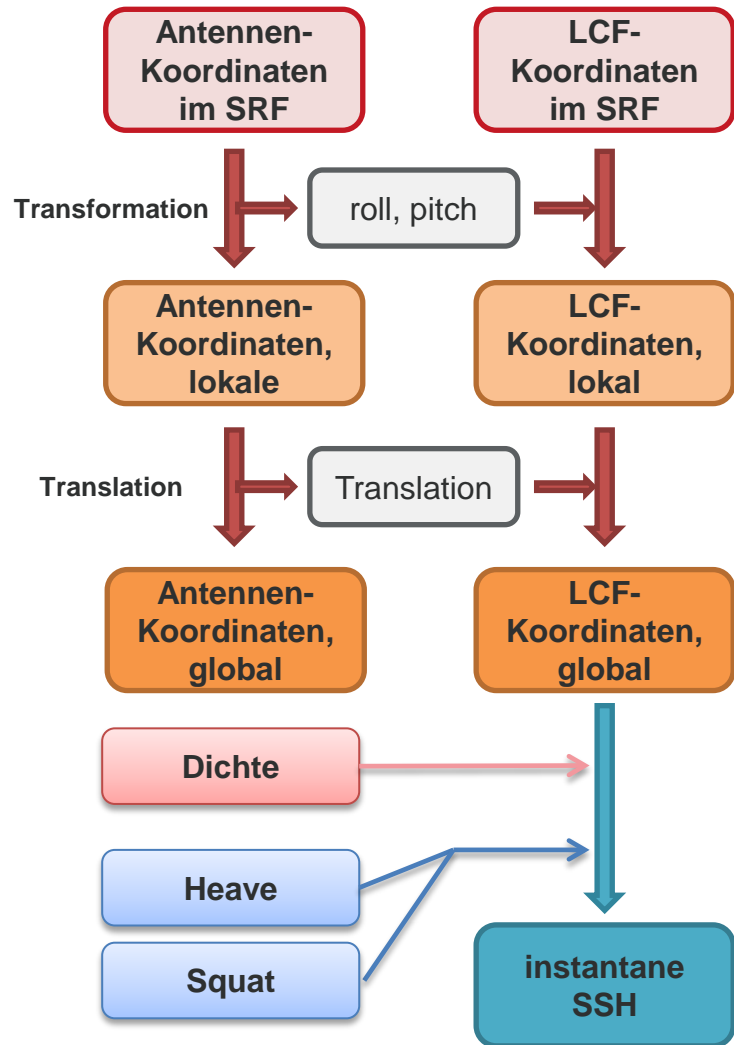
Satellitenaltimetrie (RADS / OpenADB)

- 1Hz Ranges
- Orbits usw.
- JASON 3, SARAL, CryoSat,

Schiffsmessungen

- Messungen auf Schiffen des BSH
- Messungen auf Helgolandfähren





- Geometrie aus Tiefgangsablesung, GNSS-Messungen u. a.
- Tiefgangsablesung, GNSS-Messungen u. a.
- hydrostatische Korrekturen
- hydrodynamische Korrekturen

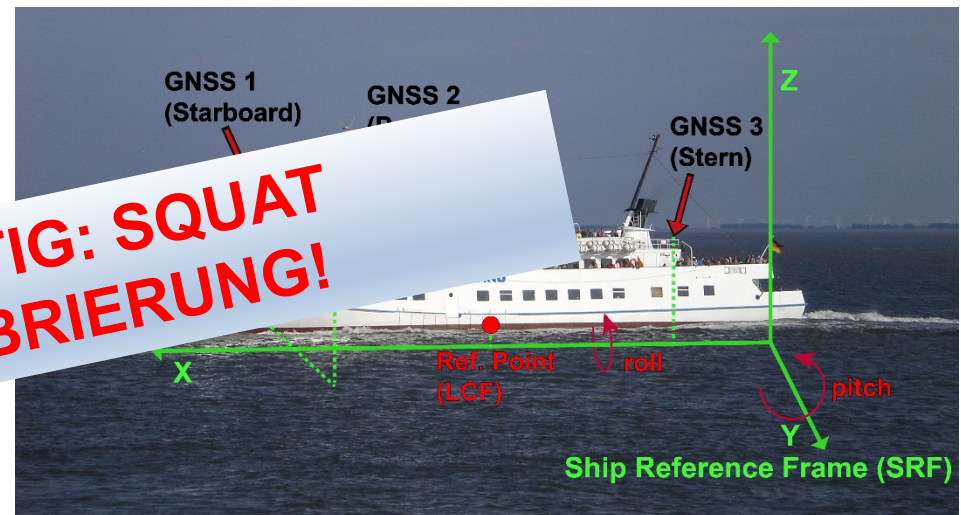


Forschungsschiff WEGA

- Das „Versuchskaninchen“
- Diverse Zusatzdaten
- Besatzung für die Vermessung kein Fremdwort ist
- Erste Messungen und Tests

Helgolandfähren

- Die „Arbeitstiere“
- Dauerbetrieb
- Das System muss ausgereift sein

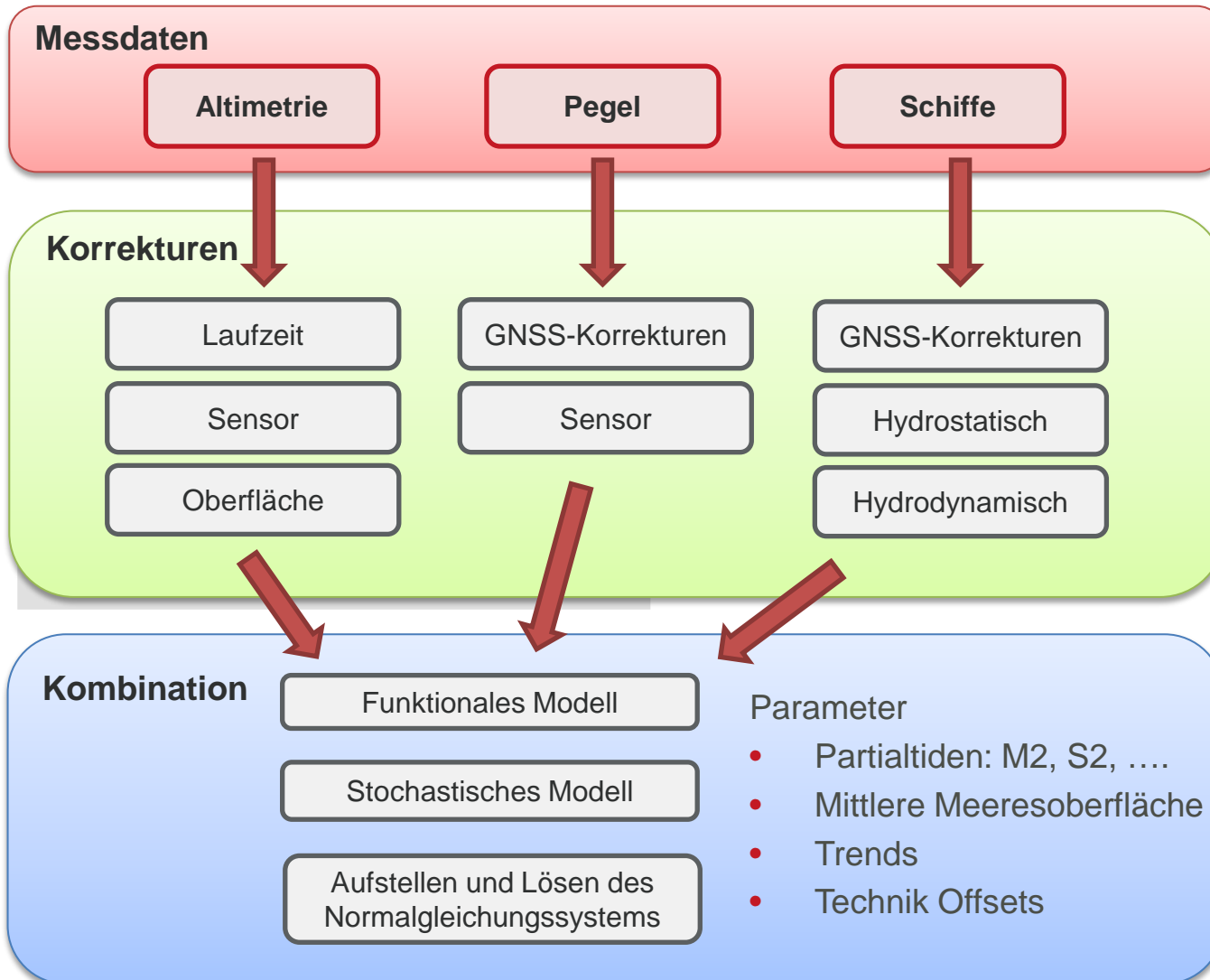


- Low-cost Lösung
- Hemisphere Eclipse P307 Boards
 - GPS- und GLONASS-Beobachtungen
 - Zweifrequenz Beobachtungen
- Hemisphere A52-Antennen
 - Multi-GNSS Antenne
 - Stabiles Phasenzentrum
 - Gute Multipath-Eigenschaften
- Mindestens zweimal pro Schiff
- (+ Einfrequenz Antennen und Boards)

Steuerung und Logging

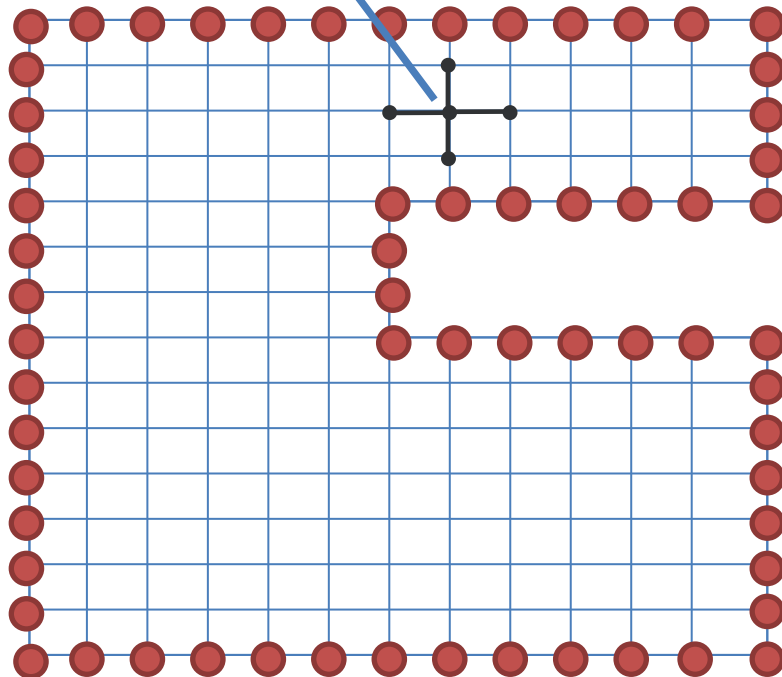
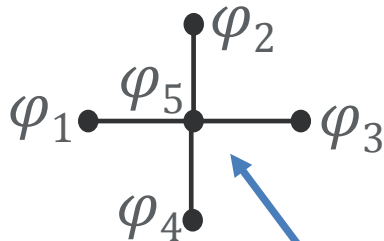
- Einplatinencomputer (Raspberry Pi)
- Serielle Kommunikation
- Selbstenwickelte Logging Skripts





**Konsistente
Modelle!**

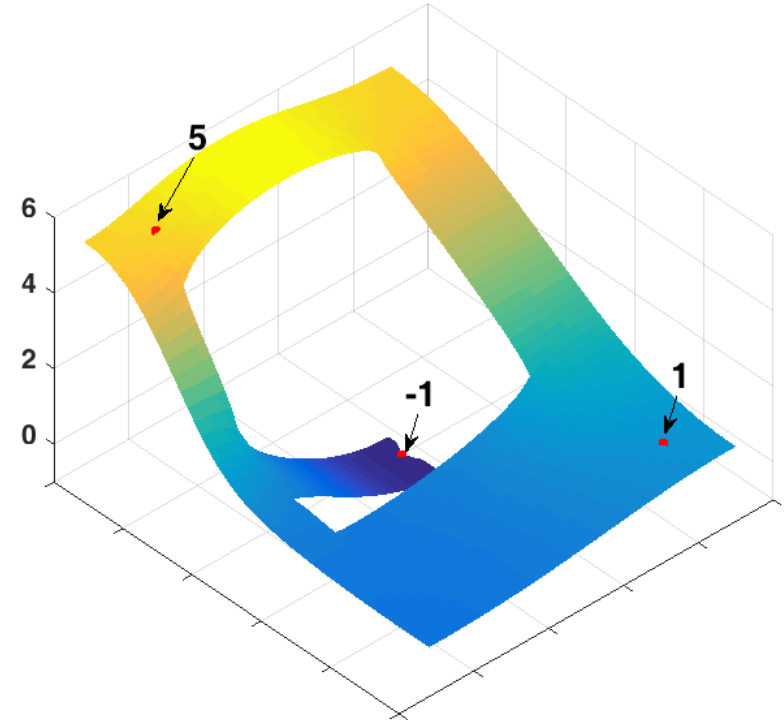
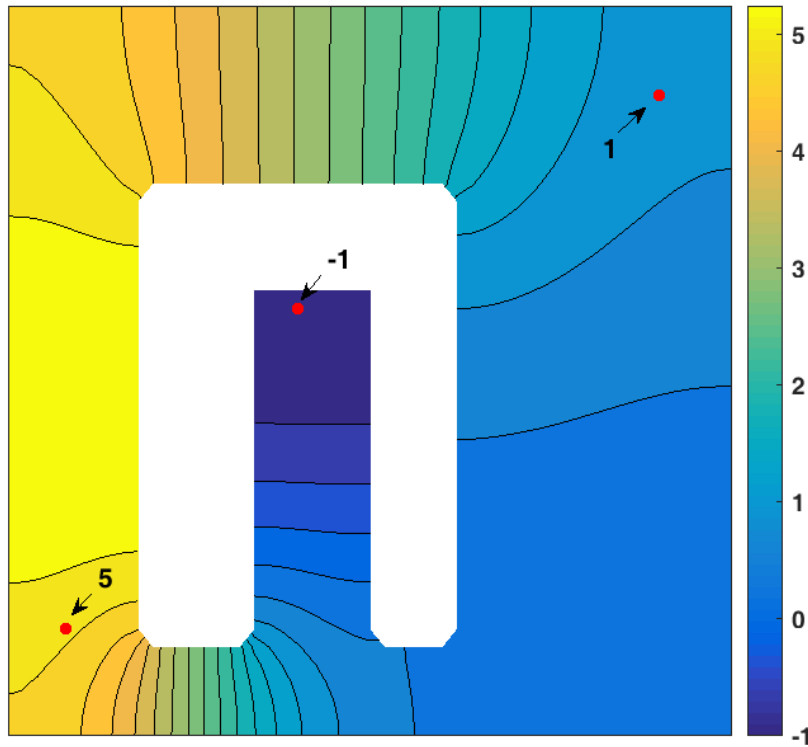
$$0 = \frac{\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_4 - 4\varphi_5}{\Delta x^2}$$



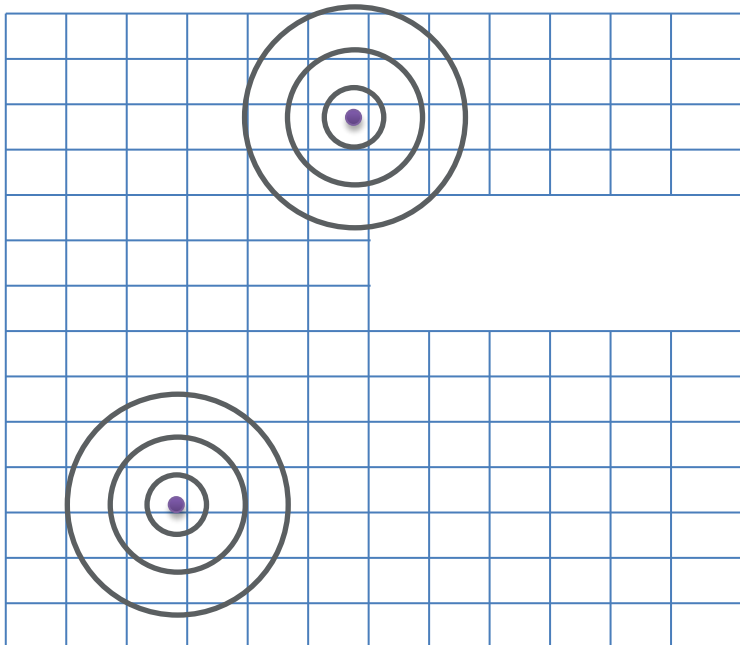
$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} = 0$$

- Glattheits-“Bedingung“
- Lösung mittels Finite Differenzen Methode (FDM)
- Randbedingungen notwendig
 - Dirichlet-Randbedingung
 - Neumann-Randbedingung ●
- Wenn nur Neumann-Bedingungen angesetzt werden kann das System nicht gelöst werden!

1. LAPLACE - INTERPOLATION



$$\varphi(t) = a_0 + a_1 t + \dots + \sum_{i=1}^n B_i \cos(\omega_i t) + C_i \sin(\omega_i t)$$



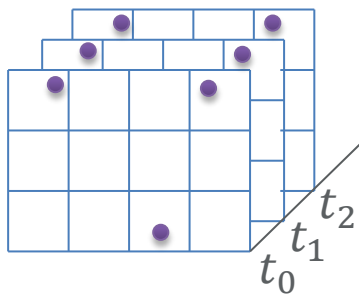
$$\text{Amplitude} = \sqrt{B^2 + C^2}$$
$$\varphi = \tan^{-1} \frac{B}{C}$$

- Funktionaler Zusammenhang zwischen Beobachtungen und Gitterpunkten

$$l_j = \sum_i^n \frac{\omega_i \varphi_i}{\sum \omega_i}$$

- Zur Zeit Inverse Distanz Gewichtung
- Gewichte könnten z.B. auch mittels Kriging bestimmt werden

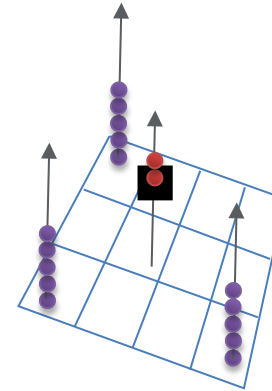
Interpolation der Beobachtungen



*Glattheitsbedingungen
für die Beobachtungen*

- Lineares Gleichungssystem
- Phasensprünge kein Problem
- Jede Epoche muss interpoliert werden
- Nur Epochen mit mehreren Beobachtungen sinnvoll auswertbar

Interpolation der Parameter

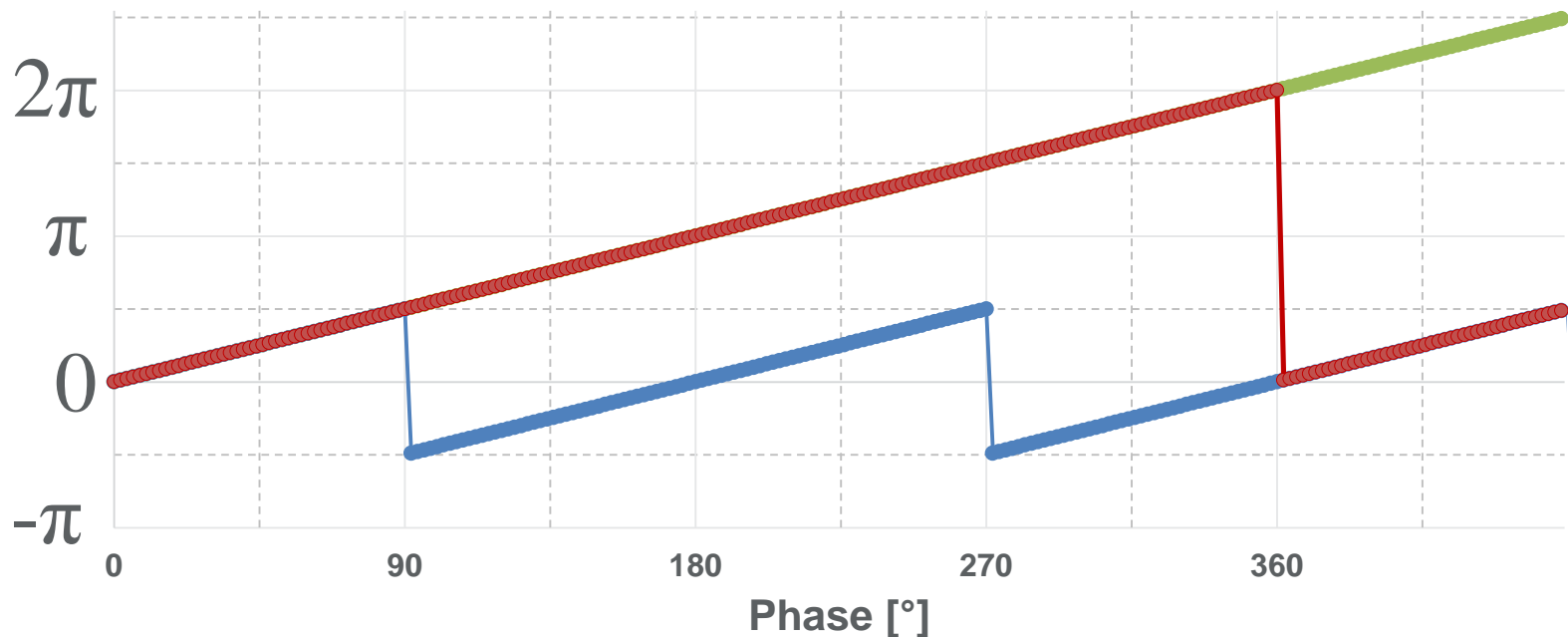


*Glattheitsbedingungen
für die Parameter*

- Nicht-Lineares Gleichungssystem
- Phasensprünge problematisch
- Keine epochenweise Interpolation notwendig
- Alle Epochen auswertbar

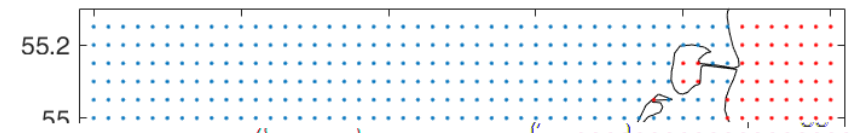
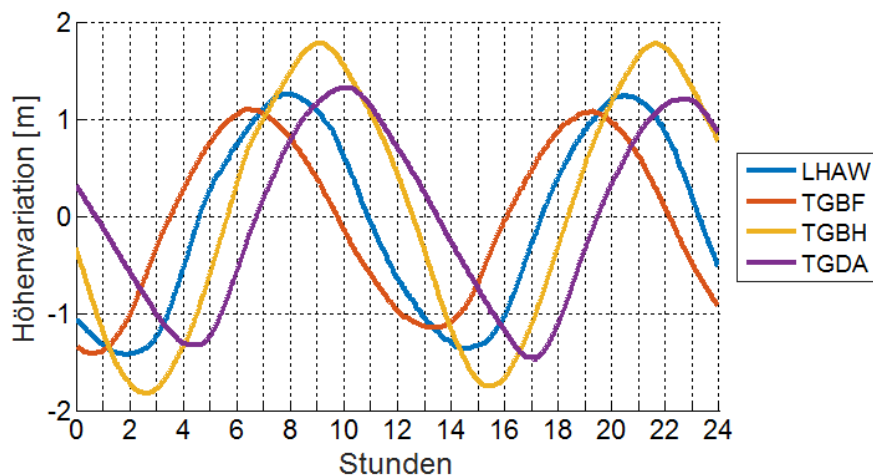
INTERPOLATION DER BEOBACHTUNGEN VS. INTERPOLATION DER PARAMETER

- **Quadrantenabfrage** und **Phase-Unwrapping** notwendig um einen glatten Verlauf der Phase zu erhalten
- Alternative zur Quadrantenabfrage: $\varphi = 2 \tan^{-1}\left(\frac{\Delta Y}{\Delta X - S}\right) + \pi$

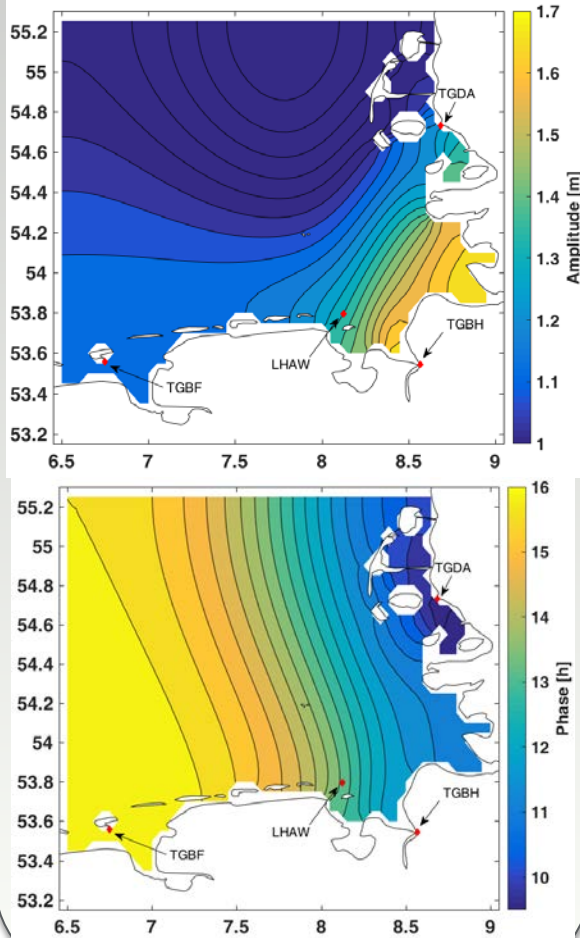


- Pegeldaten vom Bundesanstalt für Gewässerkunde
- 01. Januar 2011
- Minuten Werte
- Geschätzte Periode: 0.5d

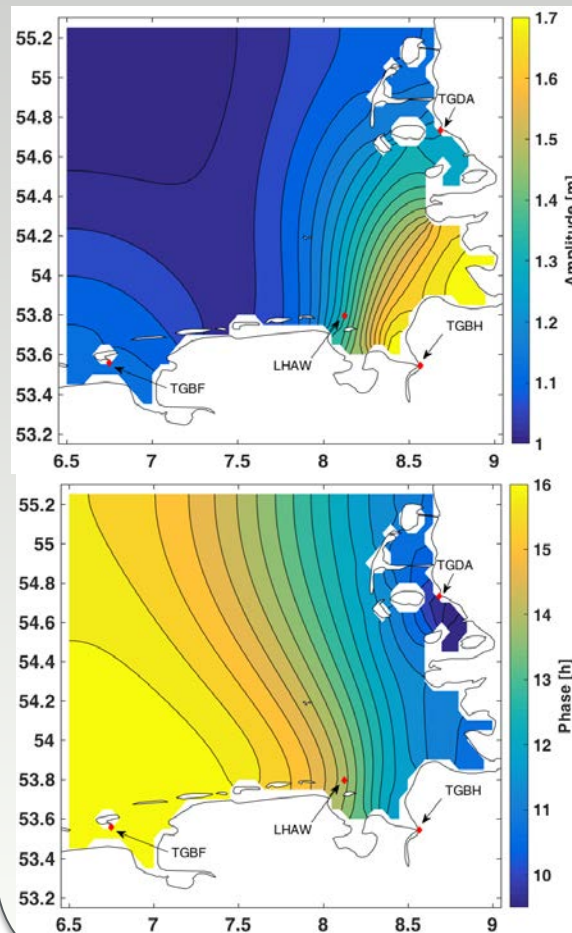
	Lon [°]	Lat [°]	Amplitude [m]	Phase [h]
LHAW	8.127	53.797	1.33	13.78
TGBF	6.747	53.557	1.13	16.15
TGBH	8.568	53.545	1.73	11.65
TGDA	8.687	54.730	1.25	9.54



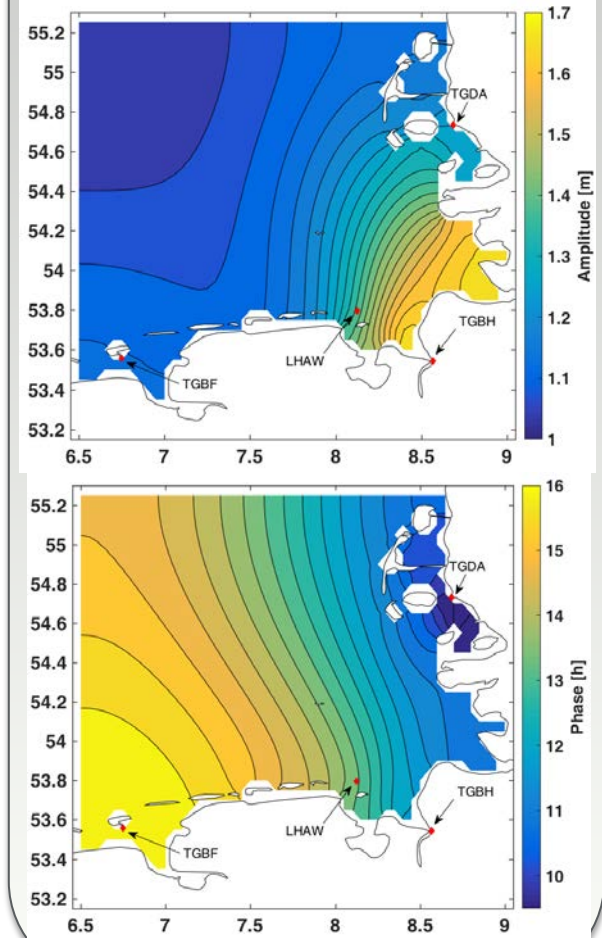
Interpolation der
Beobachtungen ($P = 1.0E-5$)



Interpolation der
Parameter ($P = 1.0E-3$)

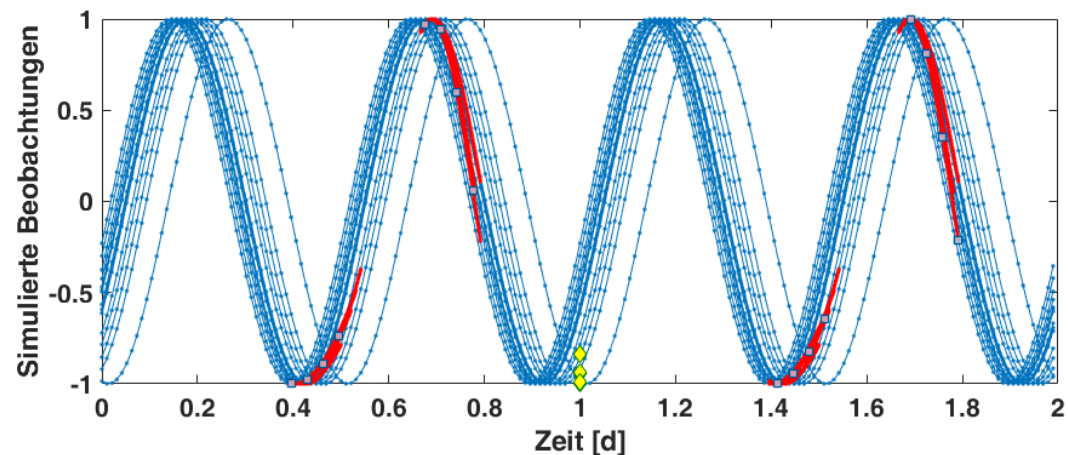
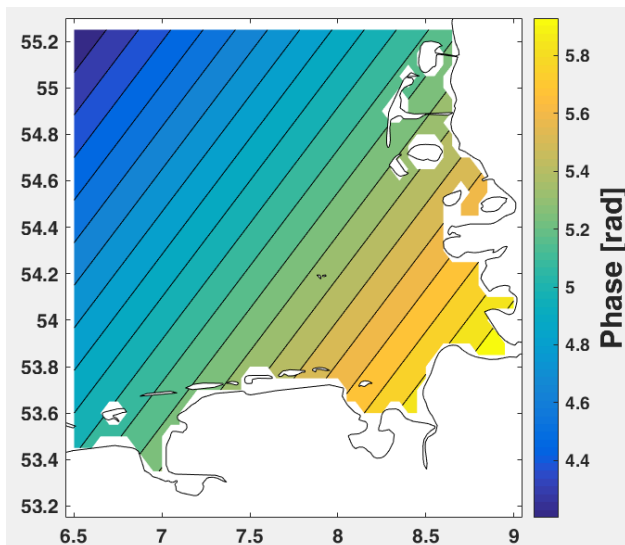
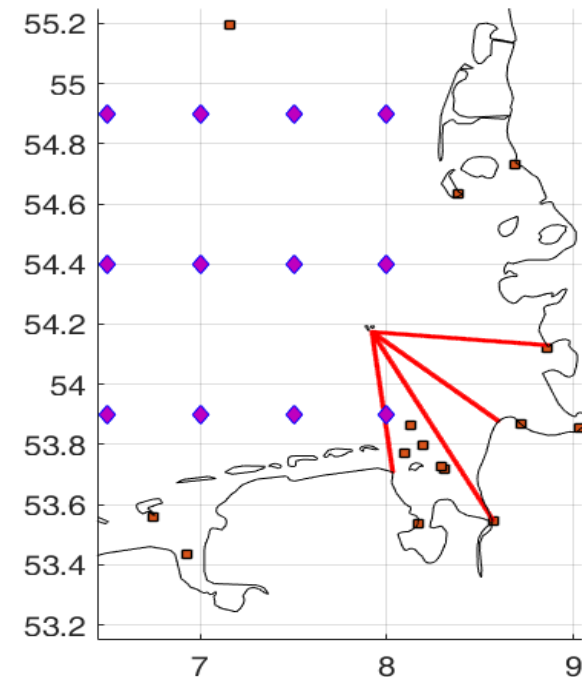


Interpolation bereits
geschätzter Parameter
($P = 1.0E-3$)



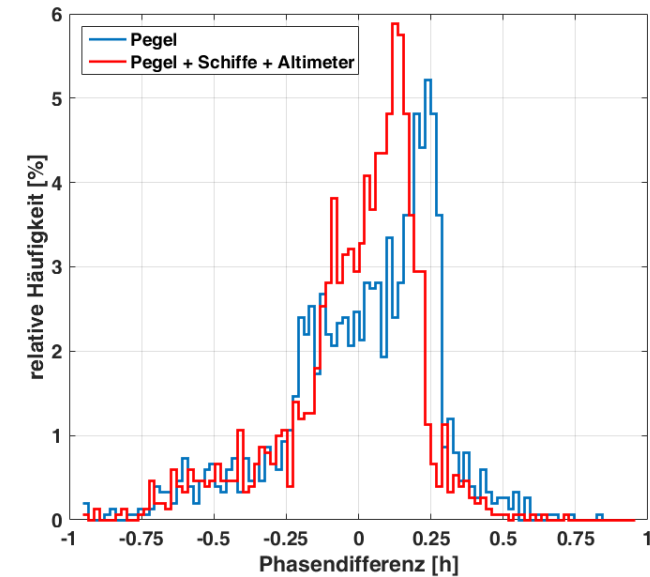
TEST MIT SIMULIERTEN DATEN

- Amplitude: 1 ; Periode: 0.5
- Pegel: 15 min
- Schiffe: 1 min (Fahrzeit 2.5 h – 3 h)
- Altimeter: 1 mal im Simulationszeitraum
- Gitterweite: $0.05^\circ \rightarrow$ ca. 3000 Unbekannte
- Ansatz: Interpolation der Parameter
- Glattheitsgewicht: 0.001
- Gewichte: Beobachtungen 1 / Bedingung =0.001



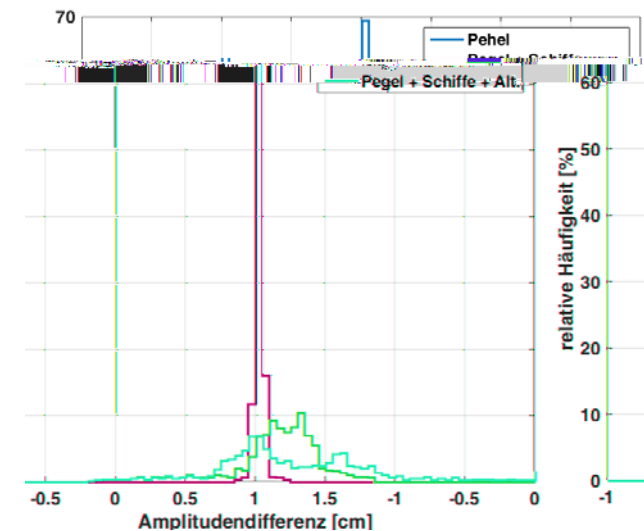
Phase

	Mittelwert [°]	Standardabw [°]	Median [°]	MAX [°]	MIN [°]
Pegel	0.13	3.93	0.79	12.20	-15.57
Pegel + Altimetrie	0.12	3.85	0.80	12.07	-15.22
Pegel + Schiffe	-0.38	3.51	0.41	10.50	-15.34
Pegel + Schiffe + Alt.	-0.35	3.46	0.41	10.47	-15.00
Schiffe	-9.00	11.93	-5.15	15.11	-47.70
Schiffe + Altimetrie	-9.78	12.22	-6.08	14.13	-48.68

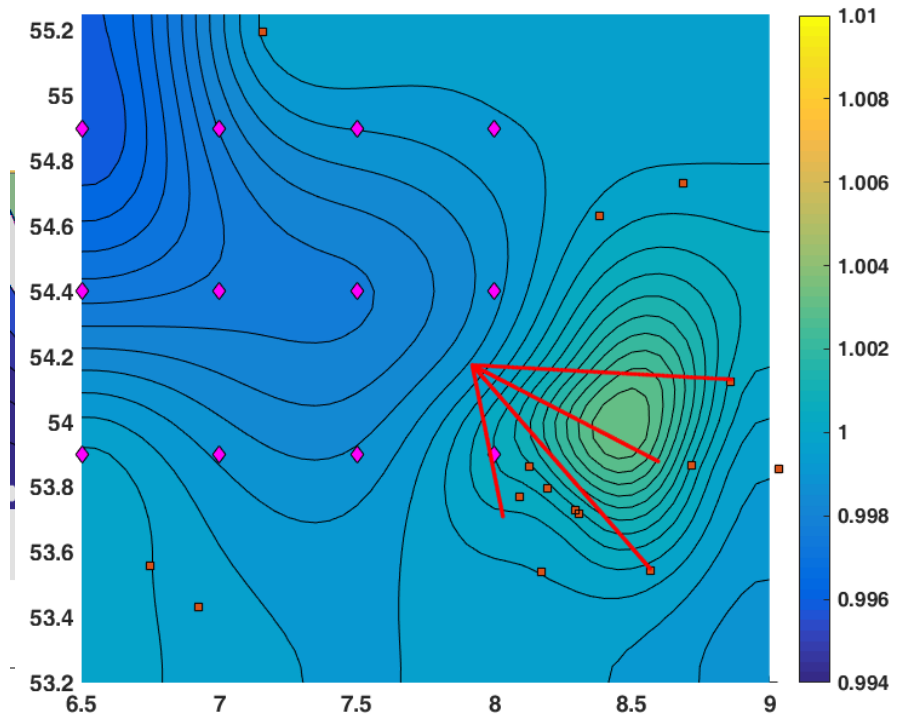


Amplitude

	Mittelwert [mm]	Standardabw [mm]	Median [mm]	MAX [mm]	MIN [mm]
Pegel	0.05	0.33	0.04	2.10	-1.32
Pegel + Altimetrie	2.67	5.02	1.08	23.49	-3.61
Pegel + Schiffe	1.18	3.35	1.64	8.05	-11.88
Pegel + Schiffe + Alt.	2.57	5.89	1.34	23.08	-11.86
Schiffe	9.82	13.35	11.38	30.48	-17.33
Schiffe + Altimetrie	-15.16	11.70	-13.48	8.00	-42.60



- Außenliegende Punkte nicht nutzen
- Feineres Gitter benutzen?
- Glattheitsgewichtung
- Andere Randwertbedingung
- Inverse Distanz Gewichtung ersetzen



Zusammenfassung

- Schiffe können zur Messung der SSH genutzt werden
- Zwei Kombinationsansätze wurde entwickelt und erste Tests durchgeführt
- Erste Tests sehr vielversprechend

Was kommt als nächstes?

- Messungen auf der WEGA
- Weitere Simulationen rechnen
- Ansätze verbessern
- Interpolation von Pegel mit Altimetermessungen vergleichen
 - Bachelorarbeit
- Erste „richtige“ Kombinationen rechnen



Vielen Dank für Ihre/Eure
Aufmerksamkeit

