

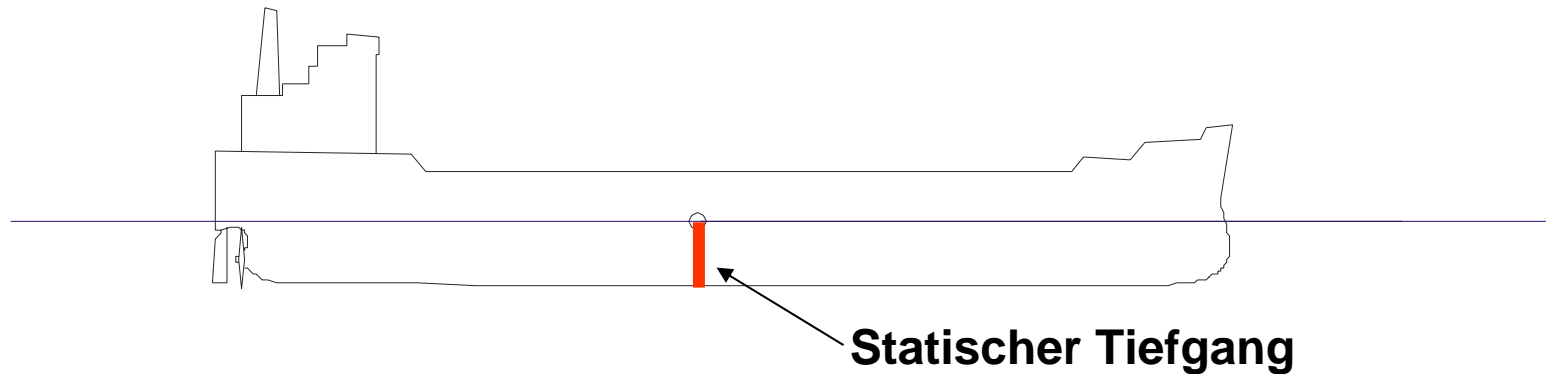
Squatmessung für Handelsschiffe und Vermessungsfahrzeuge mittels der SHIPS Method

SQUAT

hydrodynamisch bedingte Absenkung und Vertrimmung eines in Fahrt befindlichen Schiffes

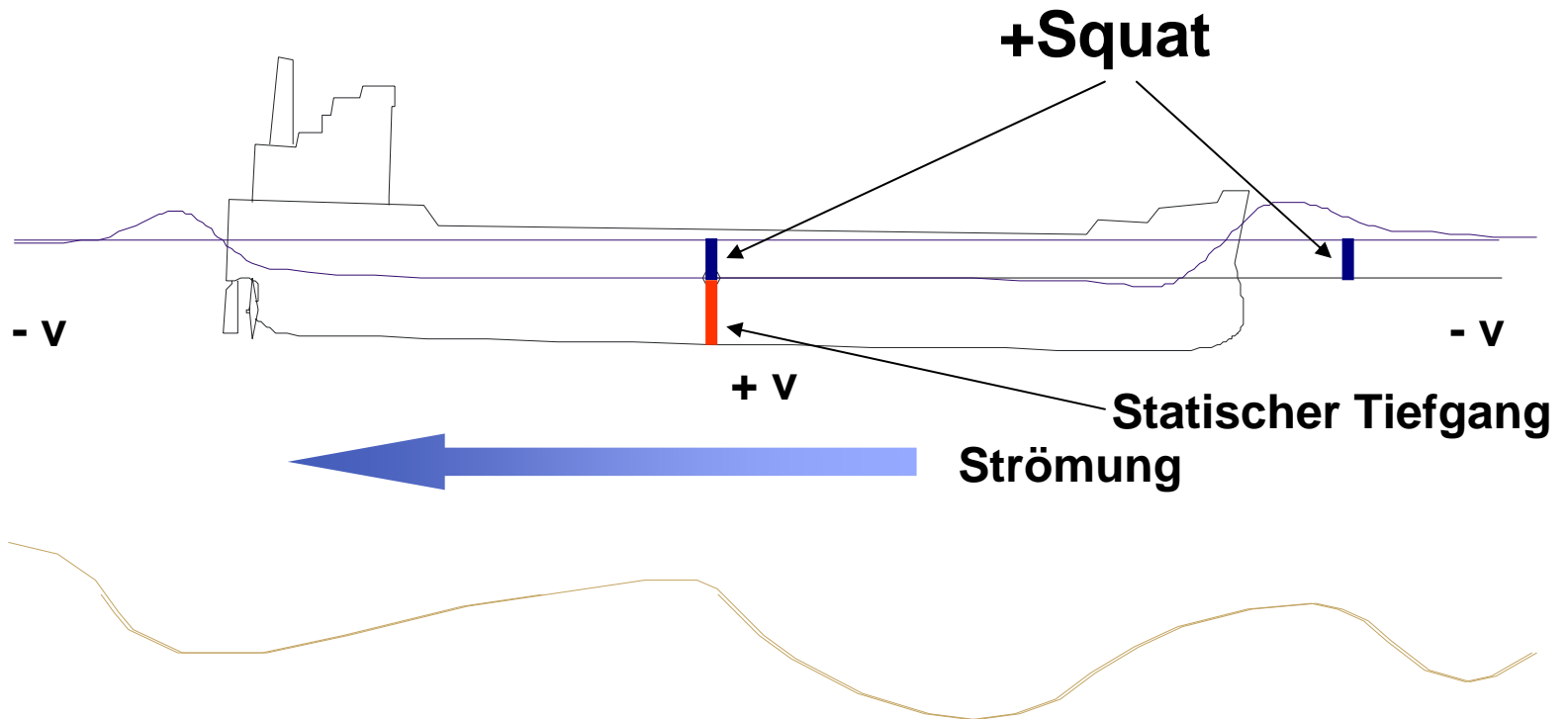
Squat: Grundlagen

Schiff in Ruhelage: Archimedesches Prinzip
Tiefgang ist abhängig von der Verdrängung



Squat: Grundlagen

Schiff in Fahrt: Bernoulli-Gleichung



Squat: Grundlagen

- **Squat**

- wächst quadratisch mit Geschwindigkeitserhöhung
- wächst linear mit Verminderung der Wassertiefe
- hängt ab von Größe und Form des Schiffsrumpfes

Squat als Einflussfaktor für Handelsschiffe

- **Sicherheit**

- Vermeidung von Grundberührungen
- Beschränkungen durch Tidefahrpläne
- zusätzliche Tiefgangsbeschränkung

- **Wirtschaftlichkeit**

- Kapazität der Wasserstraßen
- Leistungsfähigkeit der Häfen



Squat als Einflussfaktor für Vermessungsfahrzeuge

- **Qualität**

- Lotung werden auf Wasseroberfläche bezogen
- Hydrographische Messungen müssen um den Tiefgang des Fahrzeugs korrigiert werden
- Squat ist ein systematischer Einfluss

- **Sicherheit**

- Kleine Vermessungsboote fahren mit z.T. hohen Geschwindigkeiten in flachem Wasser
- Grundberührungen sollen vermieden werden

Squat-Berechnung

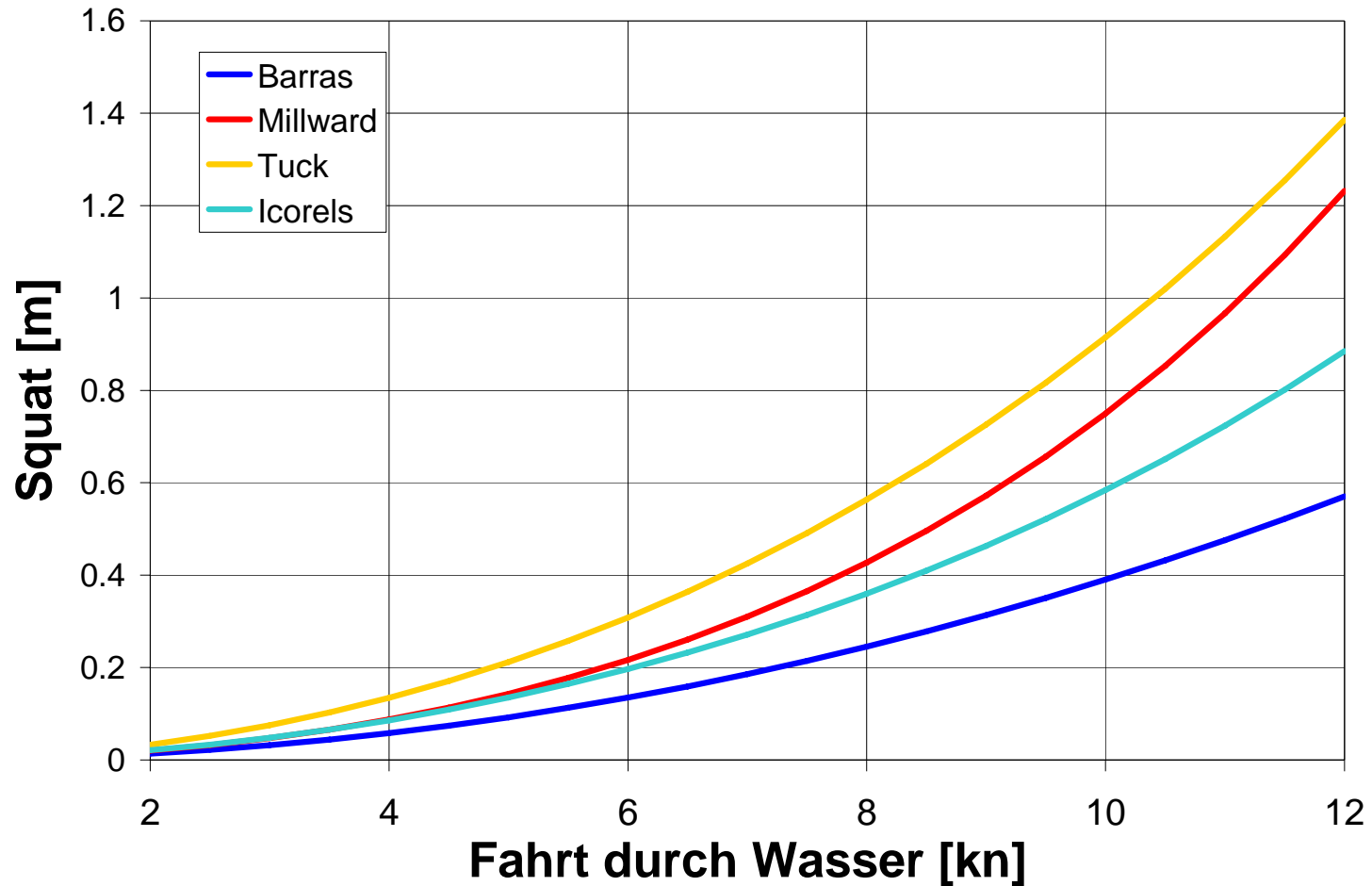
- **Computer Fluid Dynamics:**

- extrem hoher Rechenaufwand
- liefern Ergebnisse für jeweils nur eine spezielle Situation

- **Näherungsformeln:**

- extreme Unterschiede der Ergebnisse durch unterschiedlichste Anpassungen

Squat-Berechnung



Ziele der Squatmessungen

- **Generell:**

- Verbesserung von Näherungsformeln
- Individuelle Anpassung von Näherungsformeln

- **Nutzen für Handelsschiffe:**

- Effizientere Nutzung begrenzter Wasserwege
- Objektivierung von Sicherheitsbeschränkungen

- **Nutzen für Vermessungsfahrzeuge:**

- Reduktion systematischer Fehler

Naturmessungen des Squat

aktuelle Messungen in der Natur

- GPS mit landfesten Referenzstationen
- Pegelmessungen des Wasserstandes
- nur nutzbar in Küstennähe



Genauigkeitsbeschränkung 6 – 10 cm

SHIPS Methode

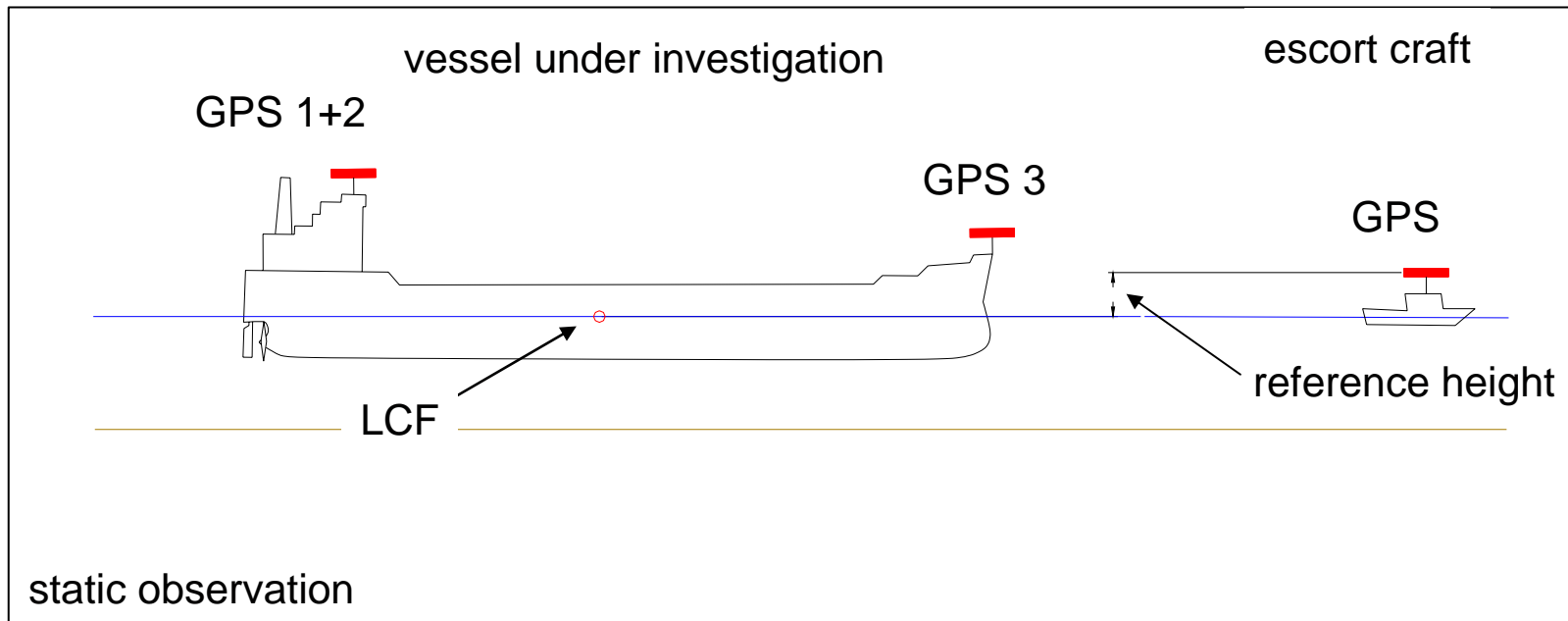
- Grundidee:

- ungestörte Wasseroberfläche wird durch ein kleines Begleitboot repräsentiert
- GPS-Messungen zur Bestimmung der Höhenunterschiede zum Schiff

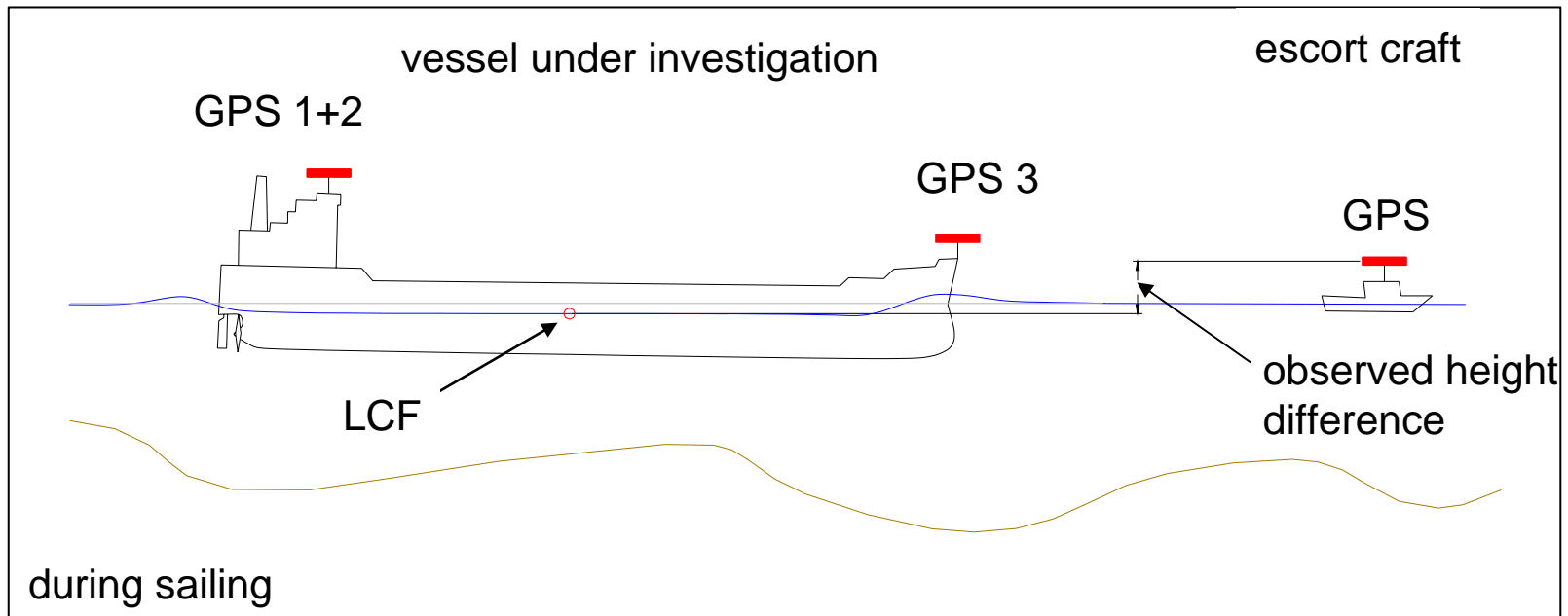
- Vorteile

- keine Pegelmessungen notwendig
- keine landfesten GPS-Referenzstationen nötig
- höhere Genauigkeit durch kürzere Basislinie

SHIPS: Shore Independent Precise Squat

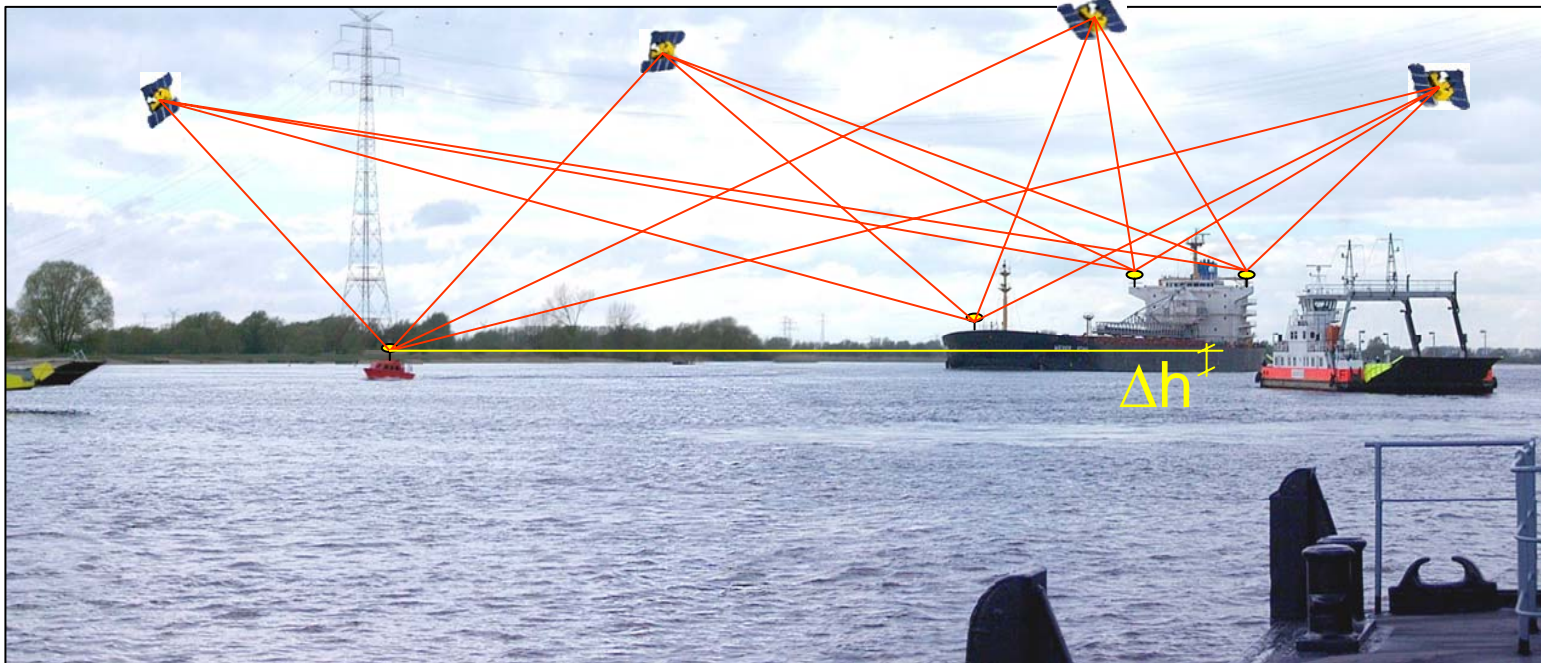


SHIPS: Shore Independent Precise Squat



SHIPS Method

In Fahrt



Analyse kinematischer GPS-Beobachtungen

Lösungsstrategie:

Kinematisch Lösung: Receiver auf Begleitboot wird als bewegte Referenzstation genutzt

- Vorteile:

- geringe troposphärische Effekte
- unabhängig von landfesten Referenzstationen

- Nachteile :

- wenige kommerzielle Software verfügbar
- eigene Software-Entwicklung notwendig

Analyse kinematischer GPS-Beobachtungen

Ergebnisse:

- Höhendifferenzen zwischen Antennenpositionen mit cm-Genauigkeit

Transformation der Antennenpositionen im Schiffs-Koordinatensystem in die GPS-Lösung:

- Höhendifferenzen zwischen LCF (Longitudinal Centre of Floatation) und Begleitboot
- 3D-Lage des Schiffes

Korrekturen

- Wasserdichte:
 - Wasserproben für Salzgehalt, Temperatur
- Wasserflächenneigung:
 - mittlere Tidewelle und Pegeldata
- Fahrt-durch-Wasser:
 - Fahrt-über-Grund + Strom aus Lotsenhandbuch oder ADCP-Messungen

Korrekturen

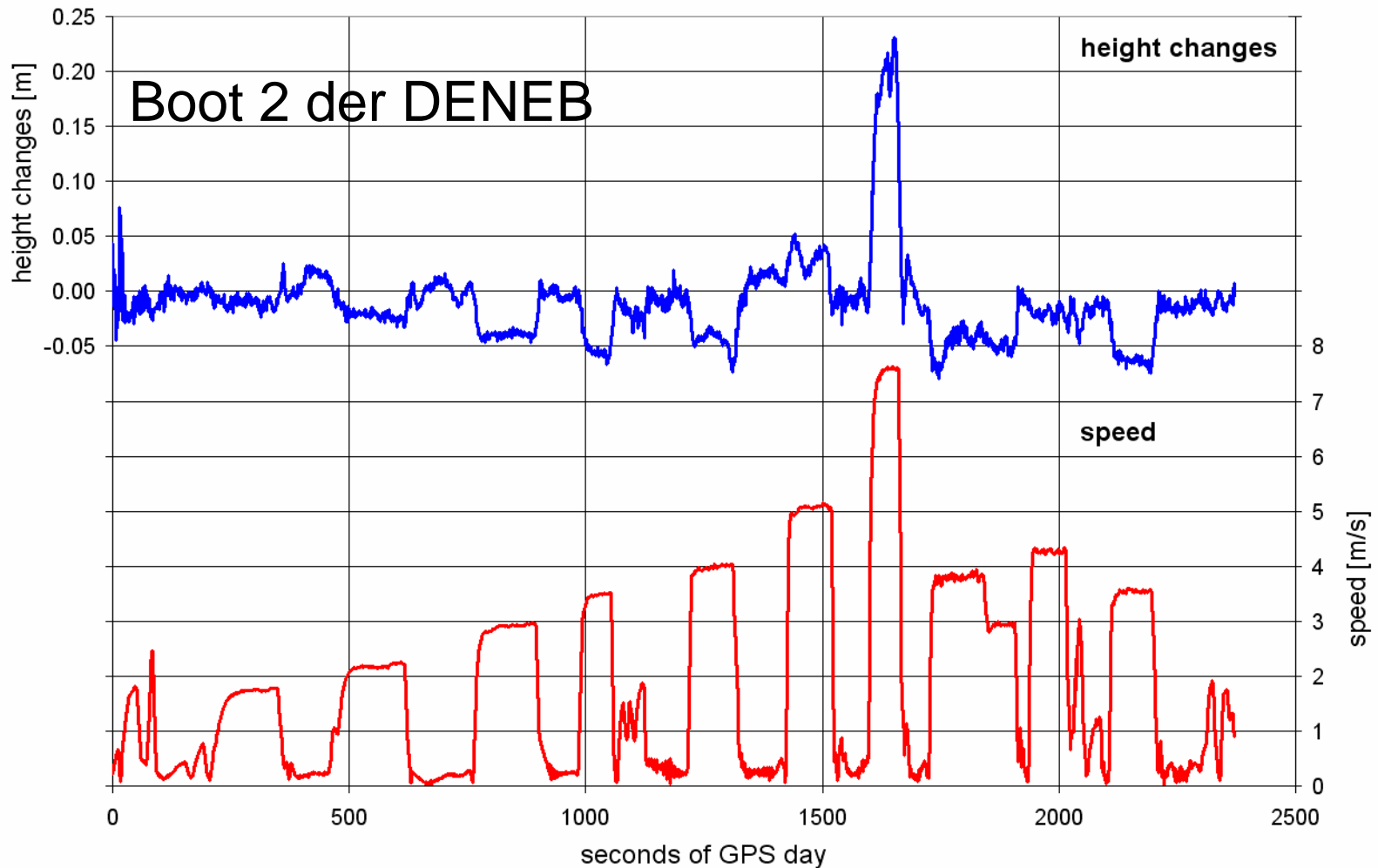
- Fahrverhalten des Begleitbootes:
 - Squat des Begleitbootes: Höhenänderung in Abhängigkeit von Geschwindigkeit
 - Heave: Höhenänderung durch Seegang

Korrekturen: “Squat” des Begleitbootes

- **Kalibration: “invertierte” SHIPS-Methode**

- Nutzung eines Schwimmkörpers (z.B. Schiff) für Höhenreferenz
- Schwimmkörper soll nur von Wasserstandsänderungen beeinflusst sein
- Durchführung z. B. im Hafen
- Fahrt mit verschiedenen Geschwindigkeiten mit Stopps und Wenden zwischen den Stufen

Korrekturen: "Squat" des Begleitbootes



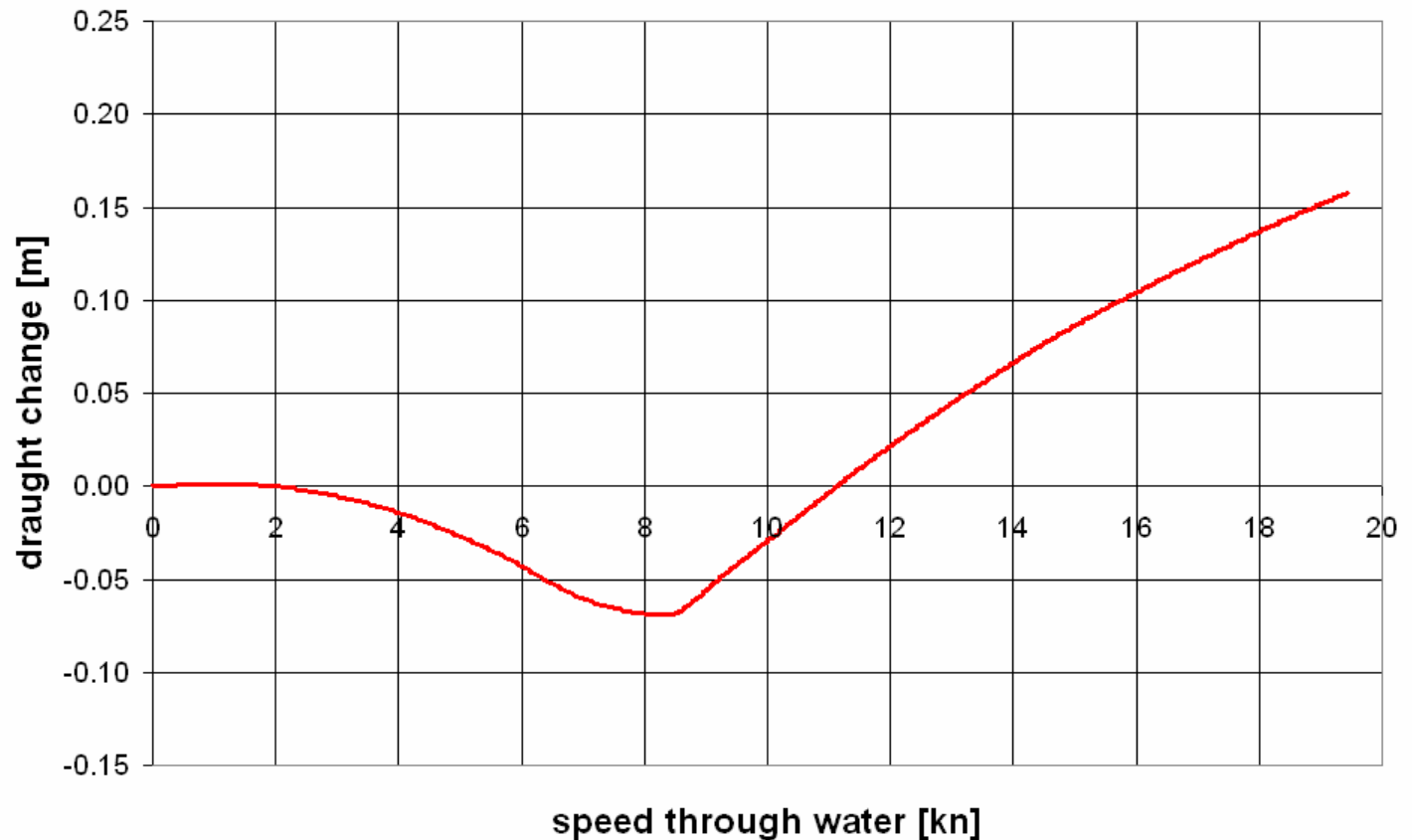
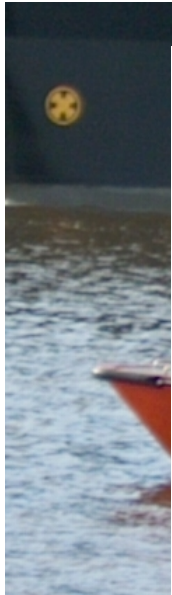
Korrekturen: “Squat” des Begleitbootes

Begleitboot MARVIN



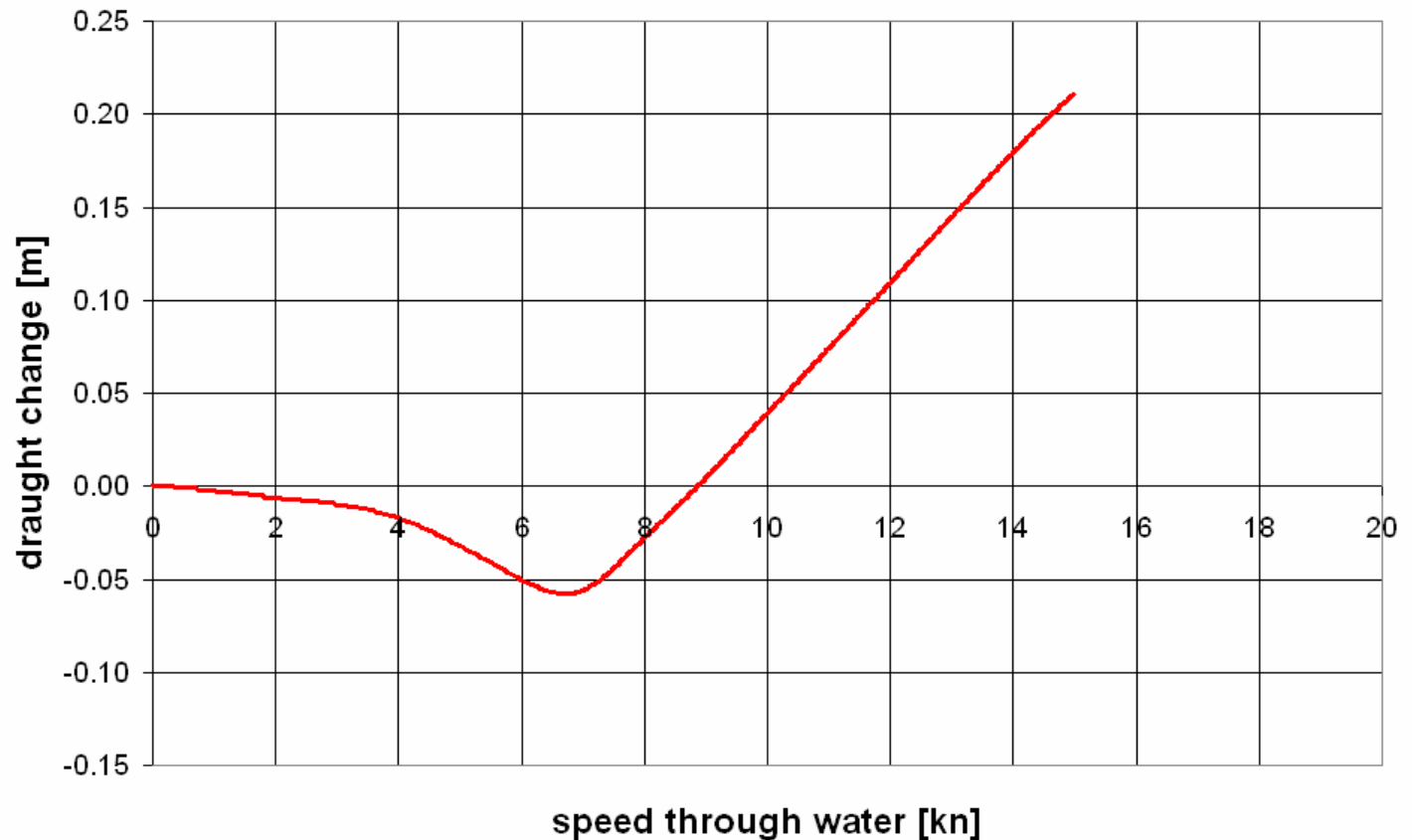
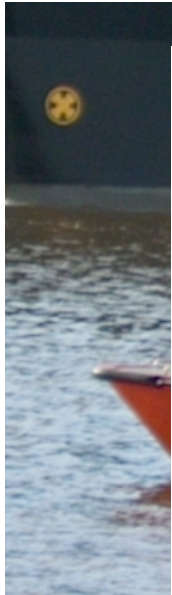
Korrekturen: "Squat" des Begleitbootes

Begleitboot MARVIN



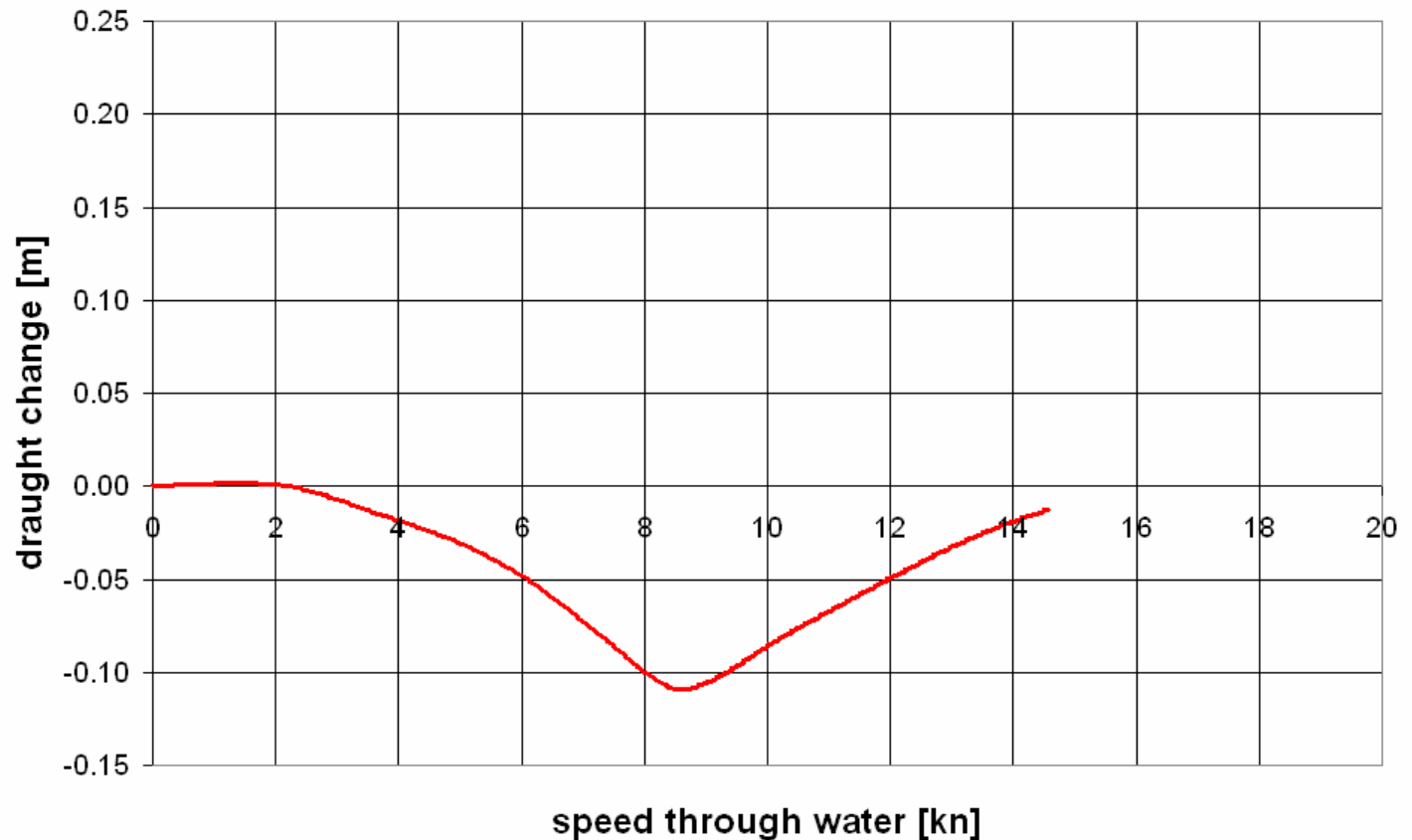
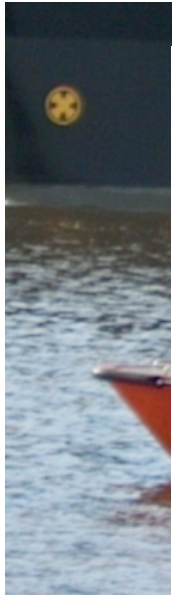
Korrekturen: "Squat" des Begleitbootes

Boot 2 der DENEK



Korrekturen: "Squat" des Begleitbootes

Boot POLLUX der CAPELLA



Korrekturen: des Begleitbootes aus stand-alone GPS-Messungen

- Einzelne Epoche zum Zeitpunkt t

$$\Phi(t) + \varepsilon = \rho(t) / \lambda + \text{clock}_{\text{Rec}}(t) - \text{clock}^{\text{Sat}}(t) + \text{Ion}(t) + \text{Tropo}(t) + N$$

- Doppeldifferenz zwischen zwei Satelliten und zwei Epochen:

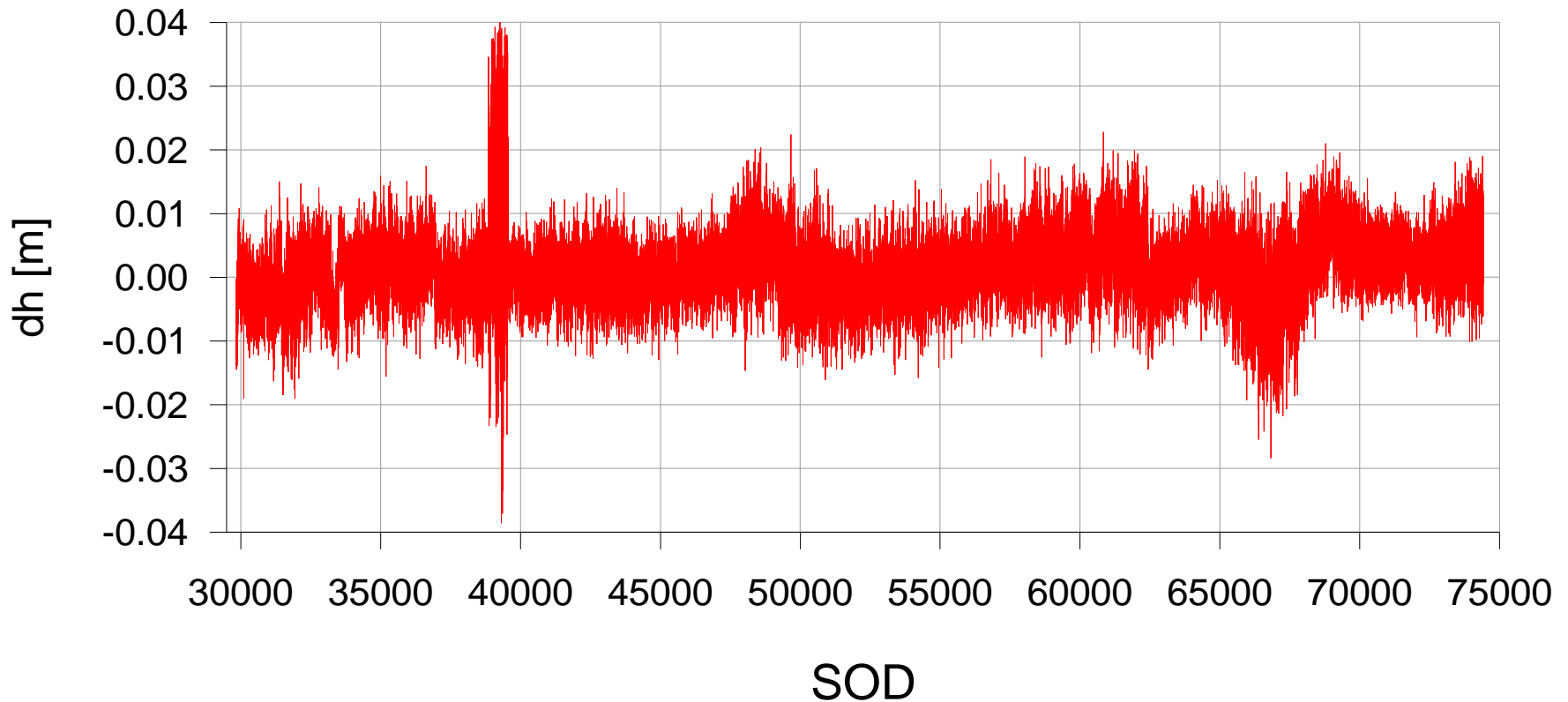
$$\begin{aligned} \Phi^1(t_2) - \Phi^2(t_1) - \Phi^1(t_2) + \Phi^2(t_1) + \varepsilon_{DD} \\ \cong (\rho^1(t_2) - \rho^2(t_1) - \rho^1(t_2) + \rho^2(t_1)) / \lambda \end{aligned}$$

Test auf Feststation

Epochenweise Höhenänderungen

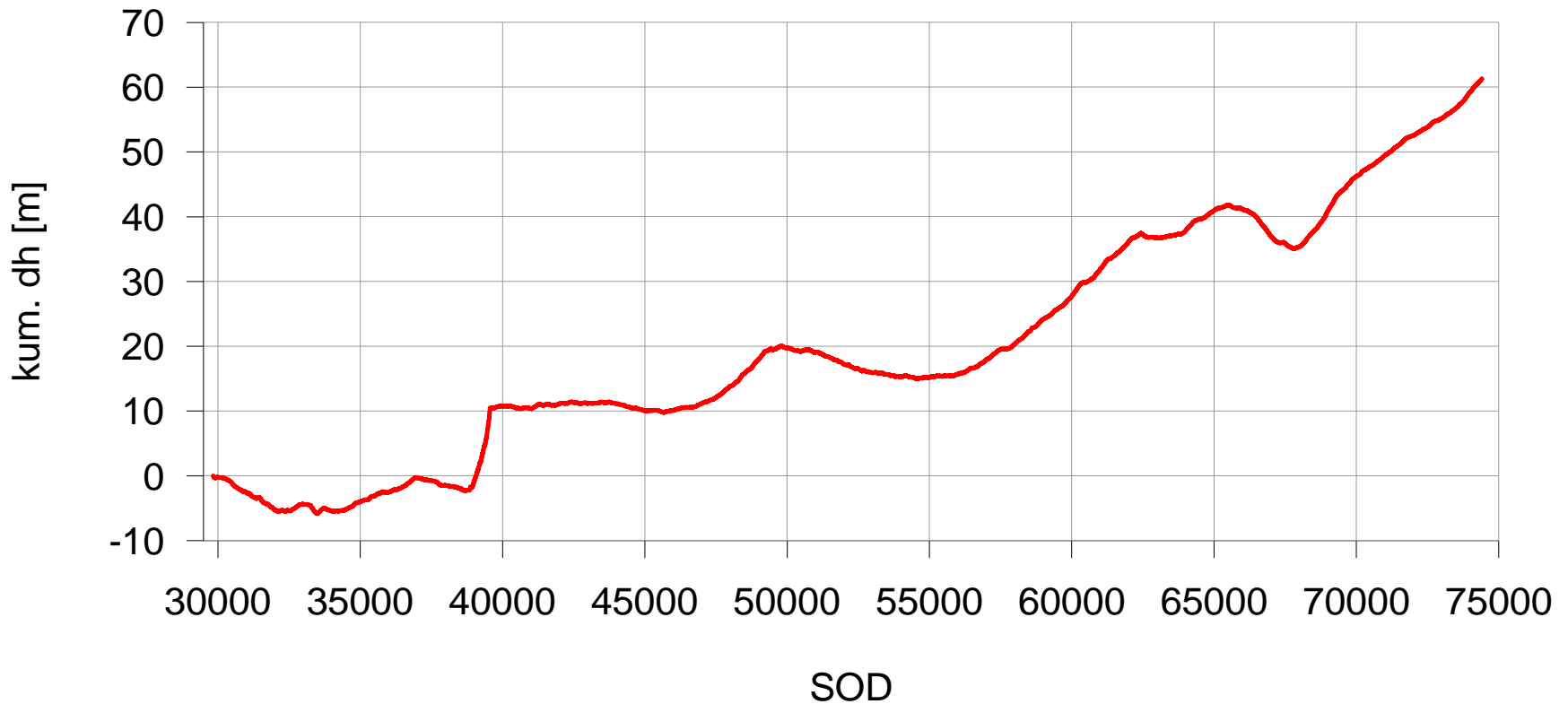
$$\hat{x} = 1.4 \text{ mm}$$

$$s = 6.1 \text{ mm}$$



Test auf Feststation

kumulierte Höhenänderungen

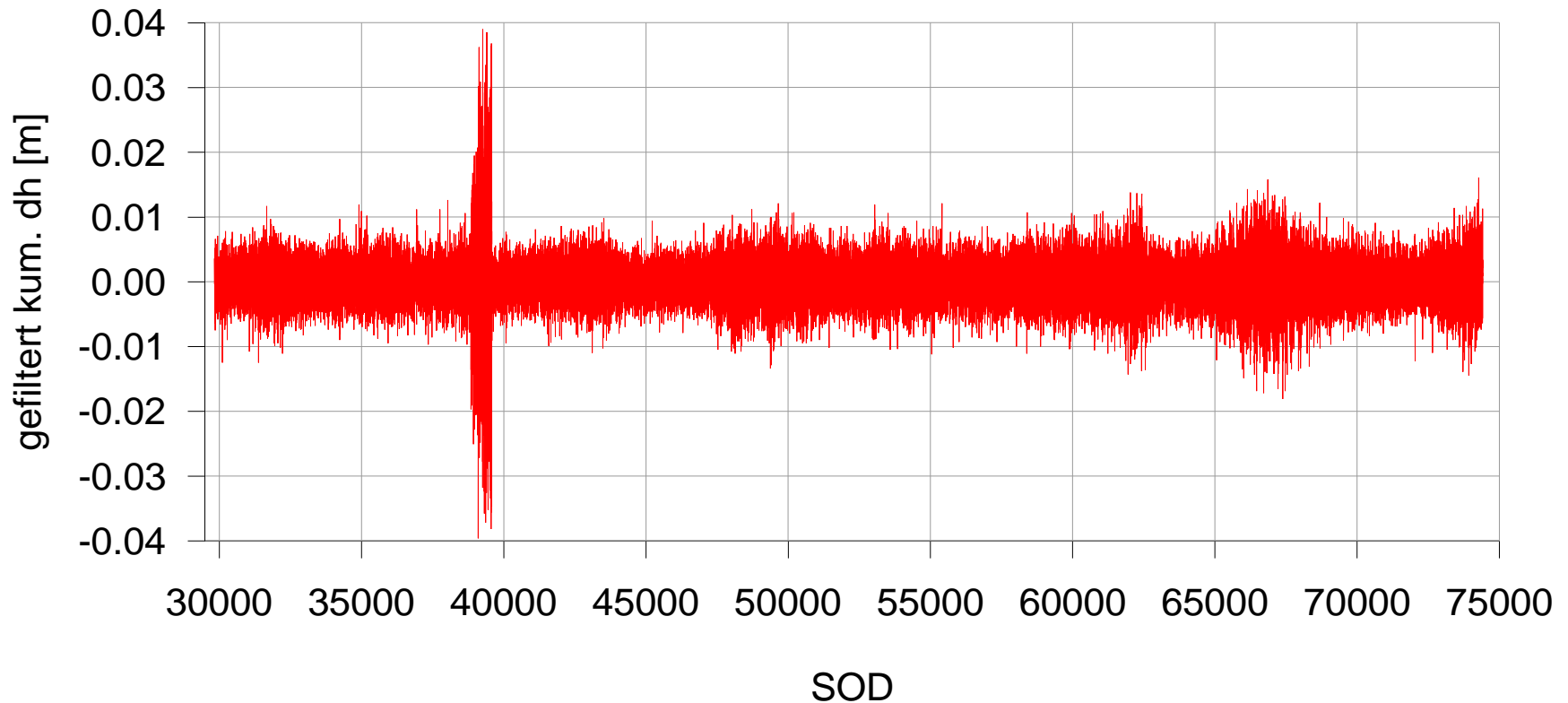


Test auf Feststation

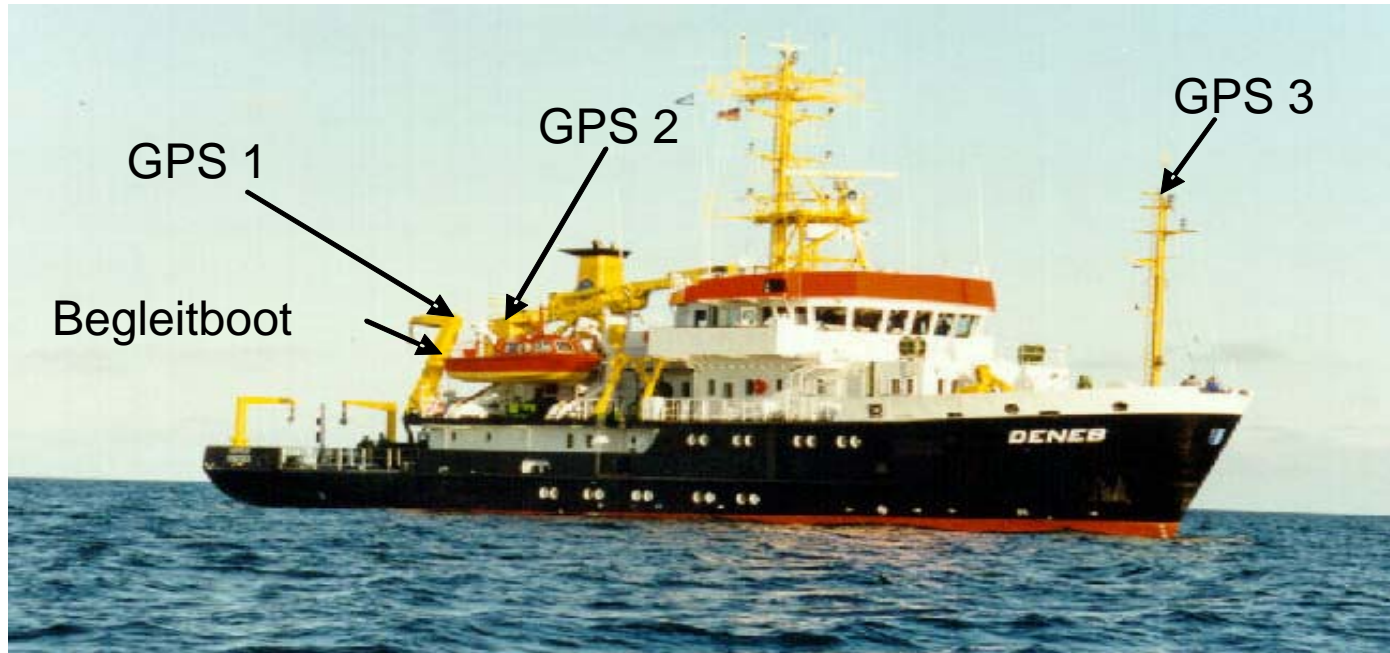
Hochpassgefilterte kum. Höhenänderungen

$\hat{x} = 0.0 \text{ mm}$

$s = 3.7 \text{ mm}$

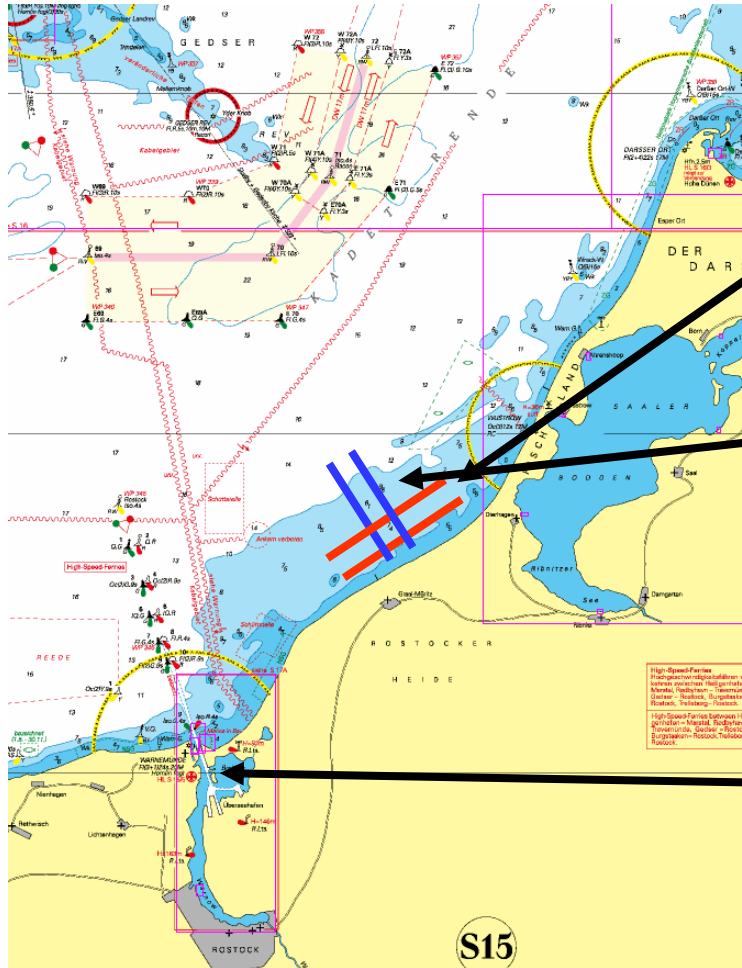


Beispiel: Squatmessung für VWS DENE B



Länge	52,05 m
Breite	11,40 m
Tiefgang	3,45 m

Beispiel: Squatmessung für VWS DENEK

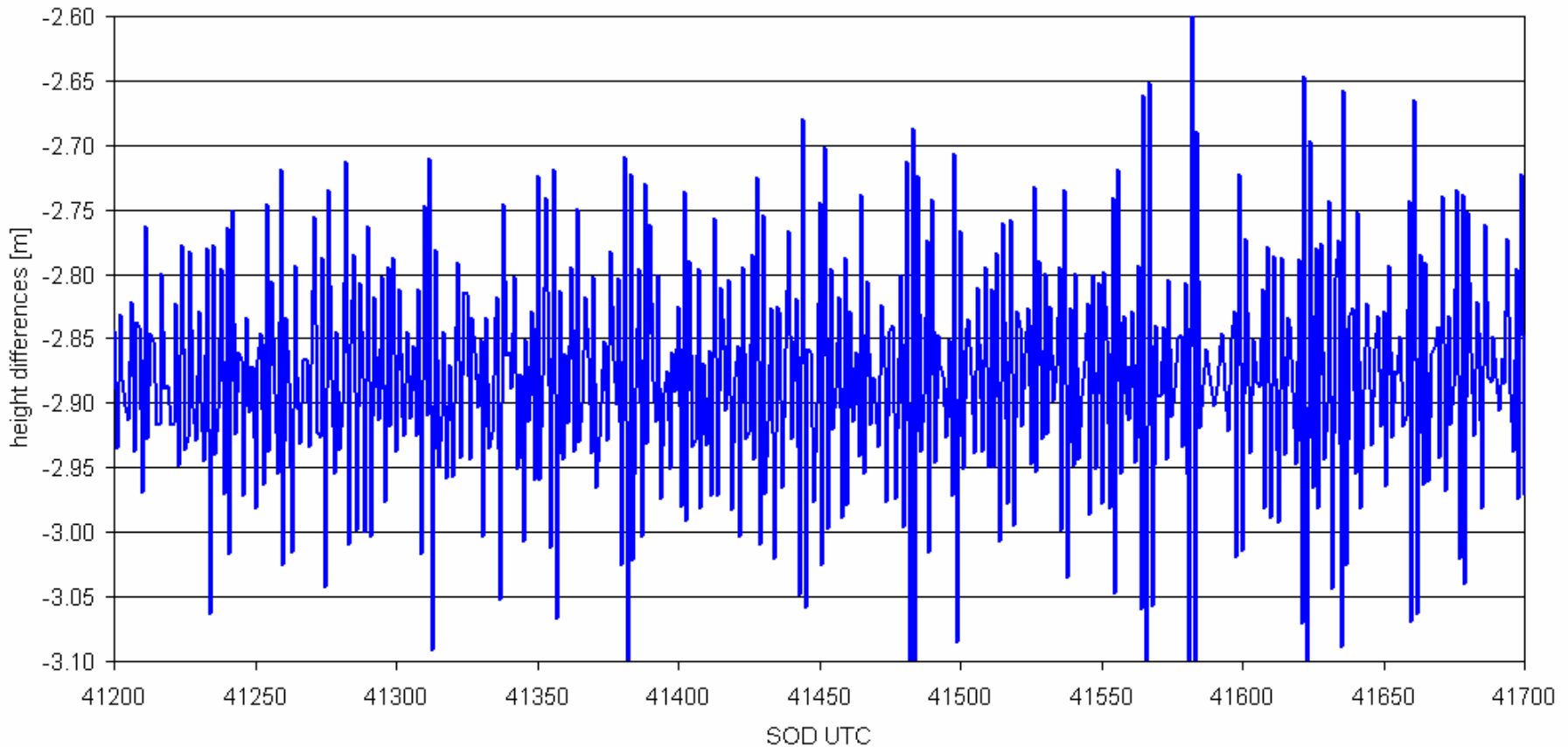


gewählte Spuren:
parallel zu Tiefenlinien,
variable Geschwindigkeit
orthogonal zu Tiefenlinien,
konstante Geschwindigkeit

Kalibrationsexperiment
im Hafen von Warnemünde

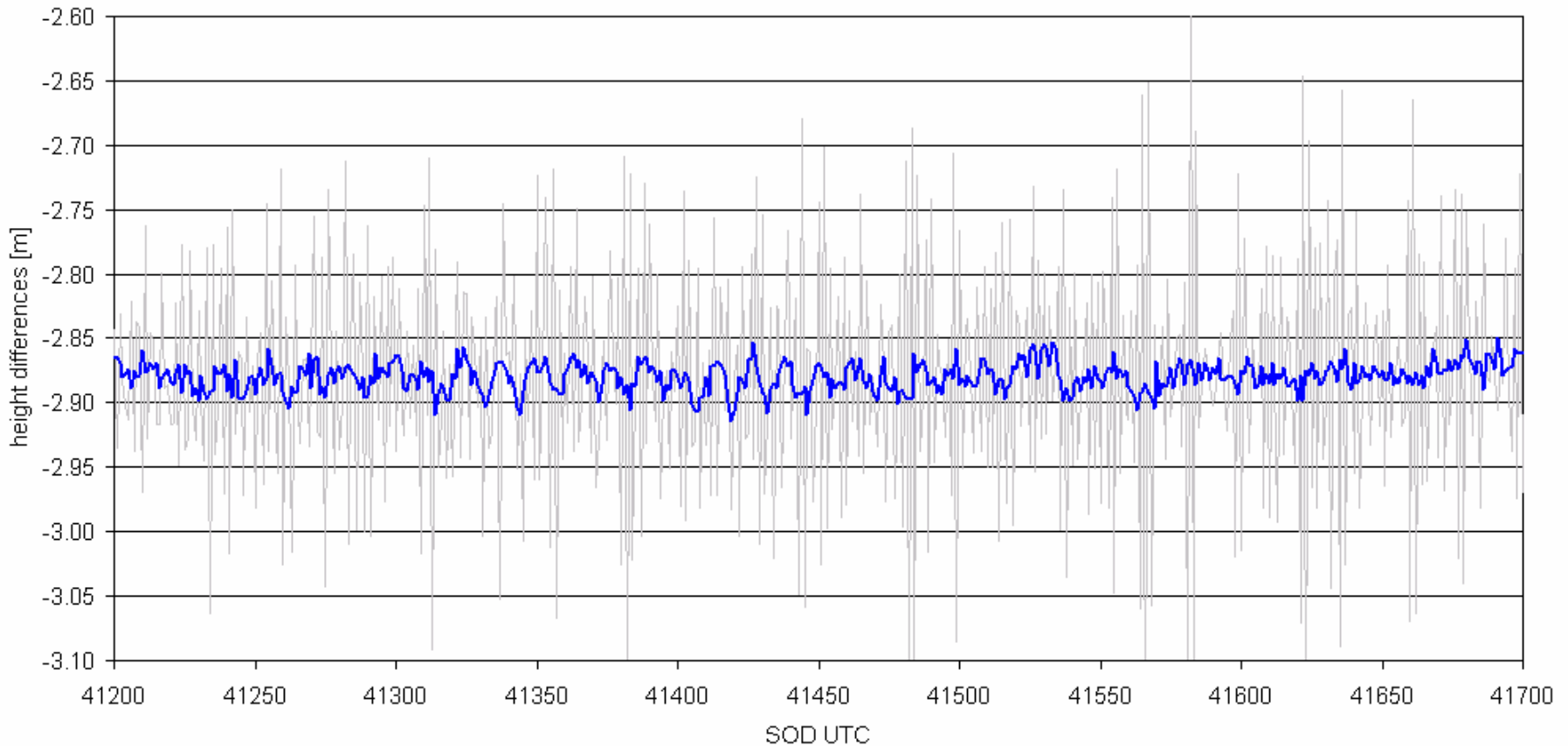
Beispiel: Squatmessung für VWS DENEK

original height differences



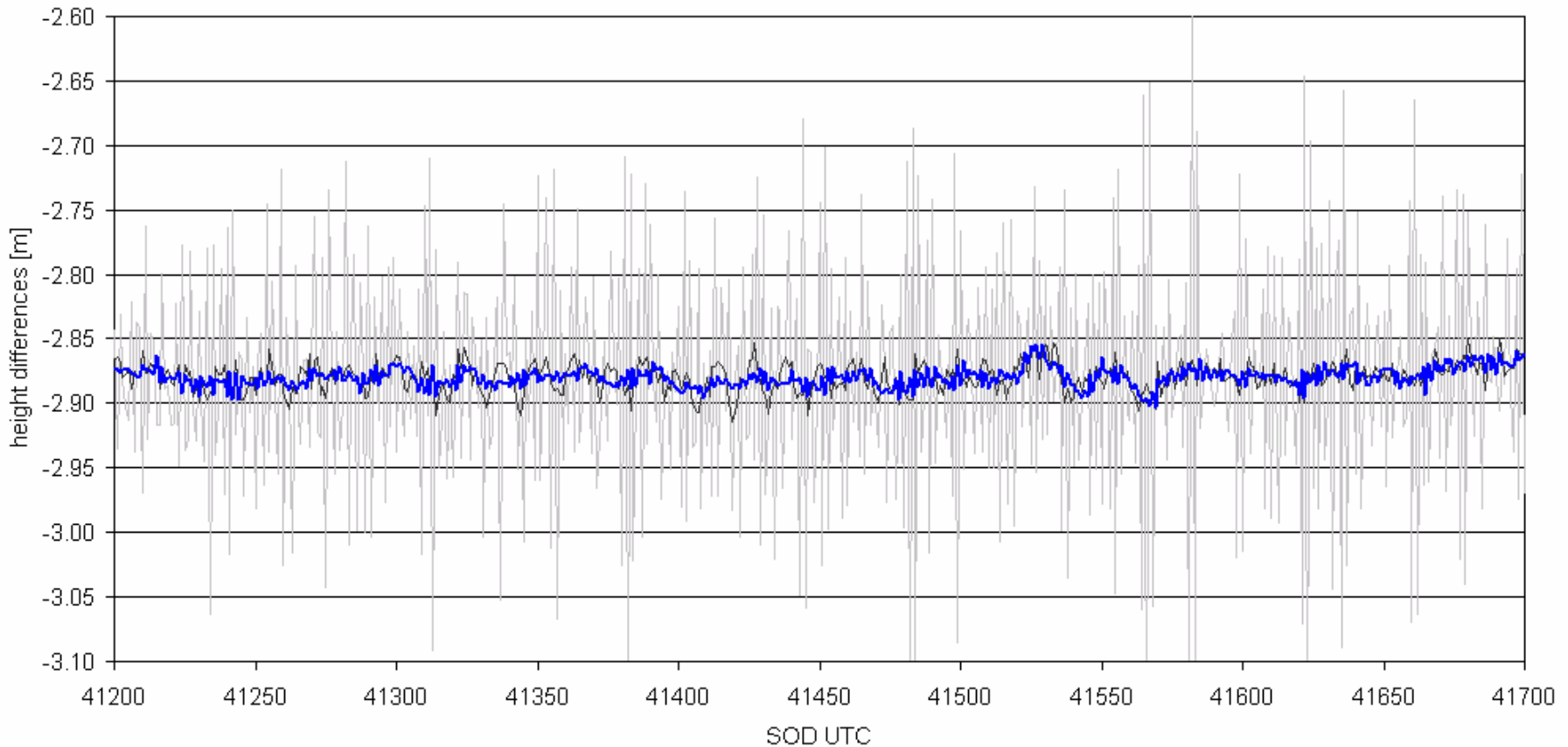
Beispiel: Squatmessung für VWS DENEK

height differences corrected for vertical movements of escort craft



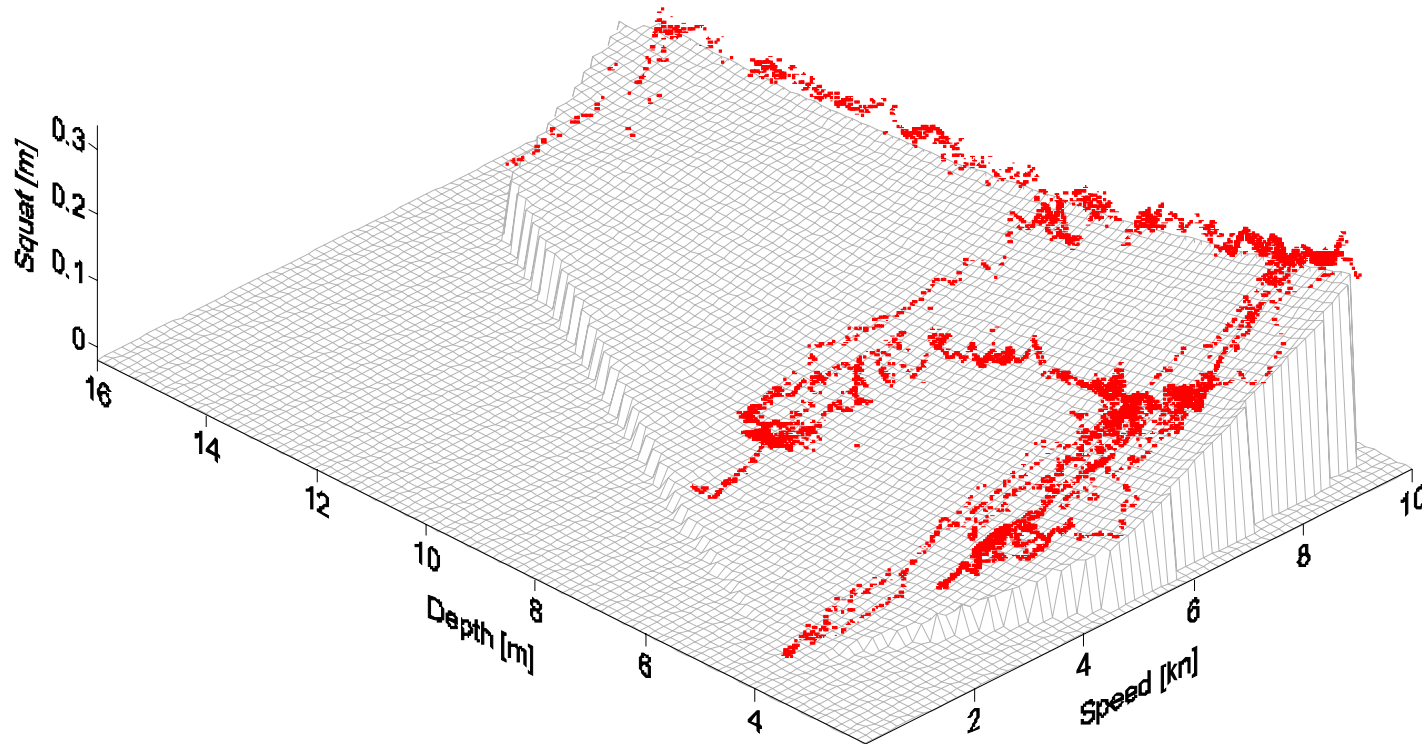
Beispiel: Squatmessung für VWS DENEb

height differences corrected for vertical movements of escort craft and DENEb



Beispiel: Squatmessung für VWS DENEK

Ergebnis: bi-quadratisch Korrekturfunktion



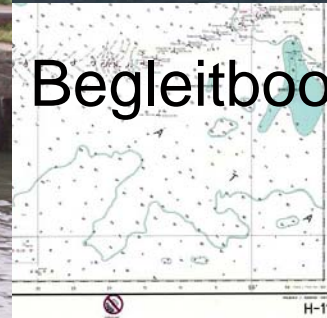
Beispiel: Squatmessung auf dem Rio de la Plata

Seeschiff: CAP FINISTERRE

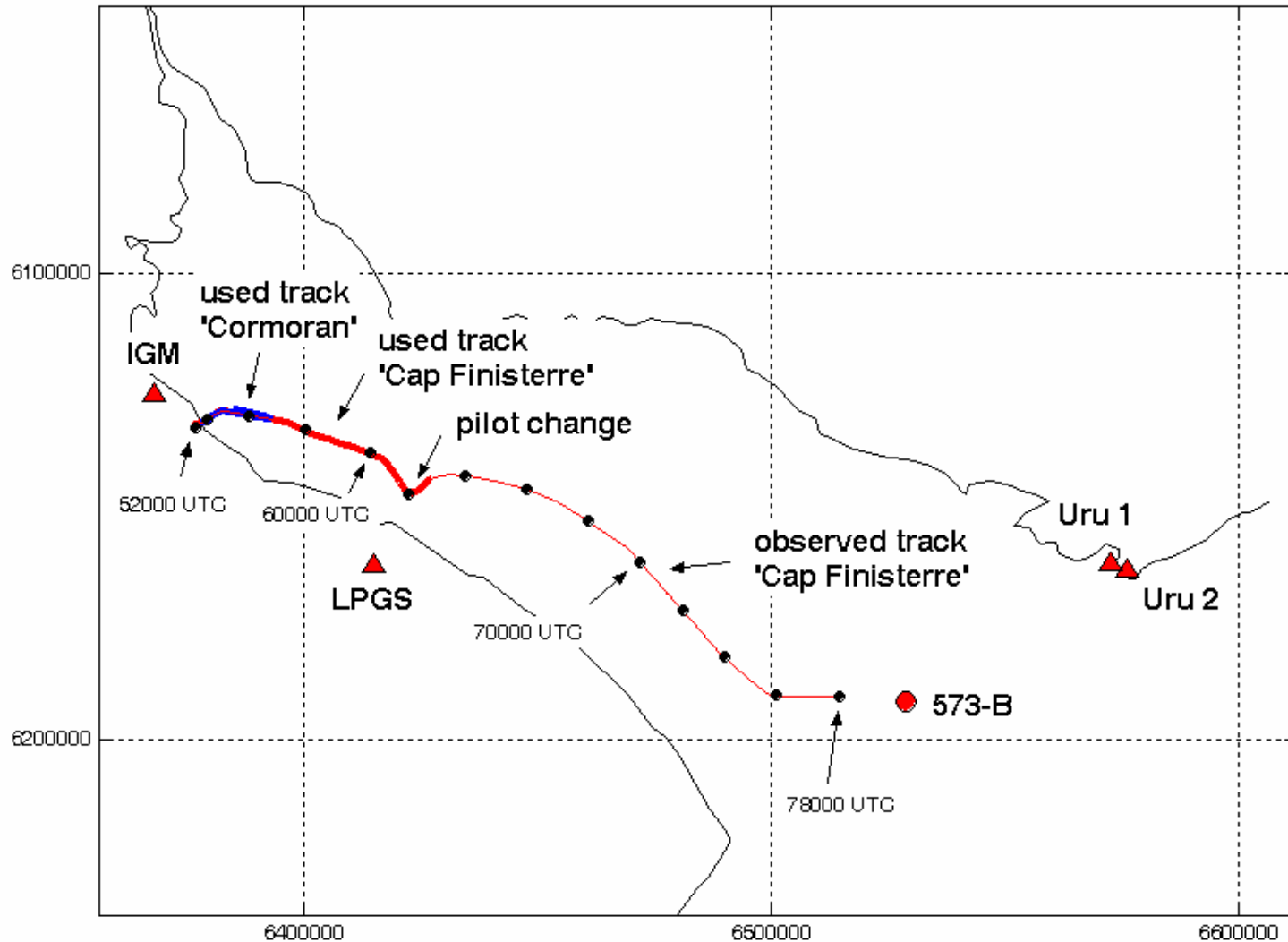
Länge 200,20 m
Breite 32,20 m
Tiefgang 10,00 m



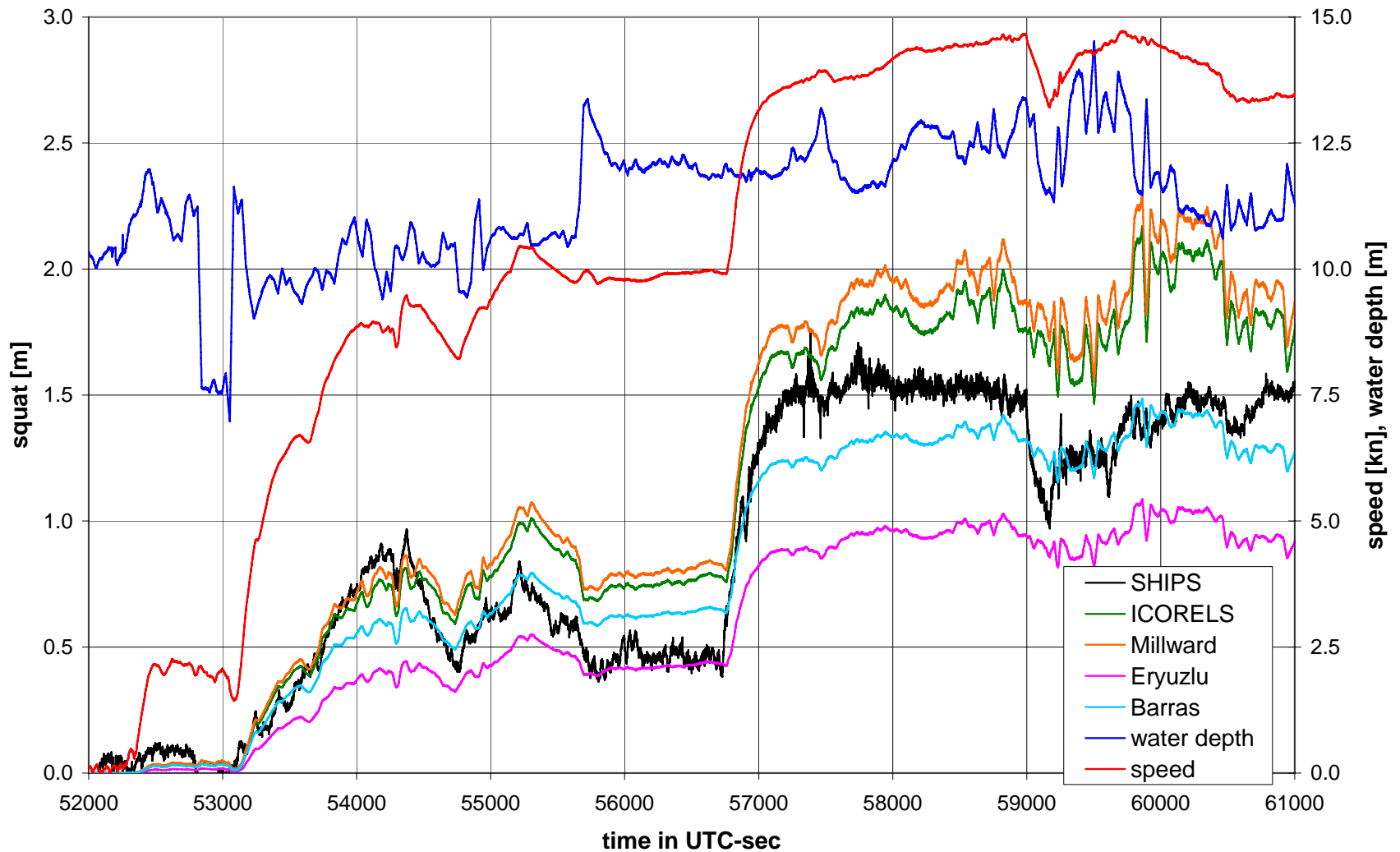
Begleitboot: CORMORAN



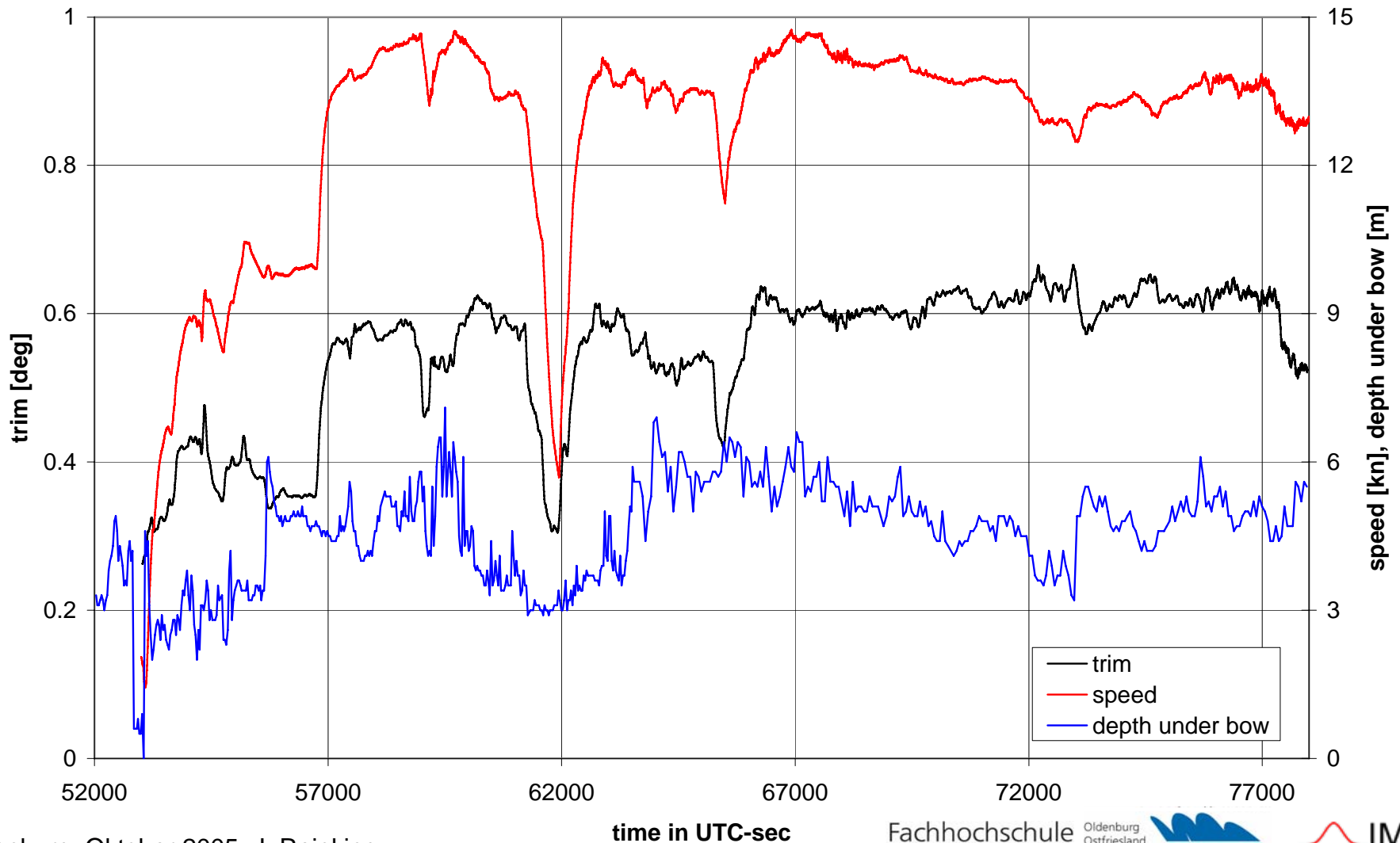
Beispiel: Squatmessung auf dem Rio de la Plata



Beispiel: Squatmessung auf dem Rio de la Plata

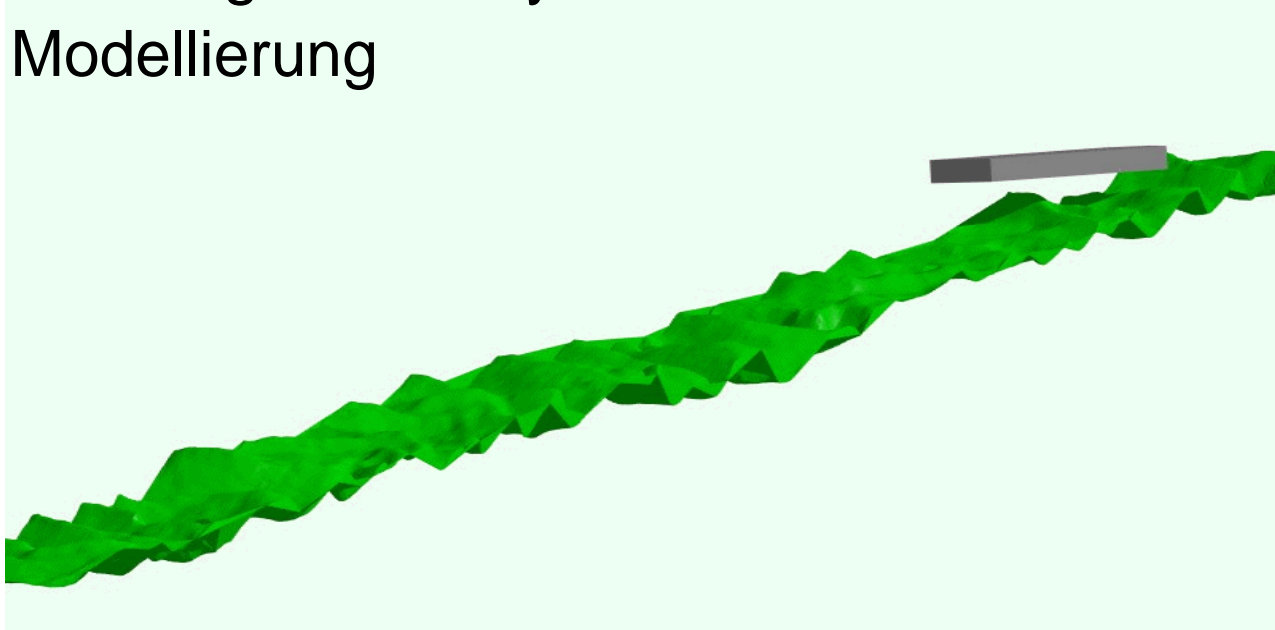


Beispiel: Squatmessung auf dem Rio de la Plata

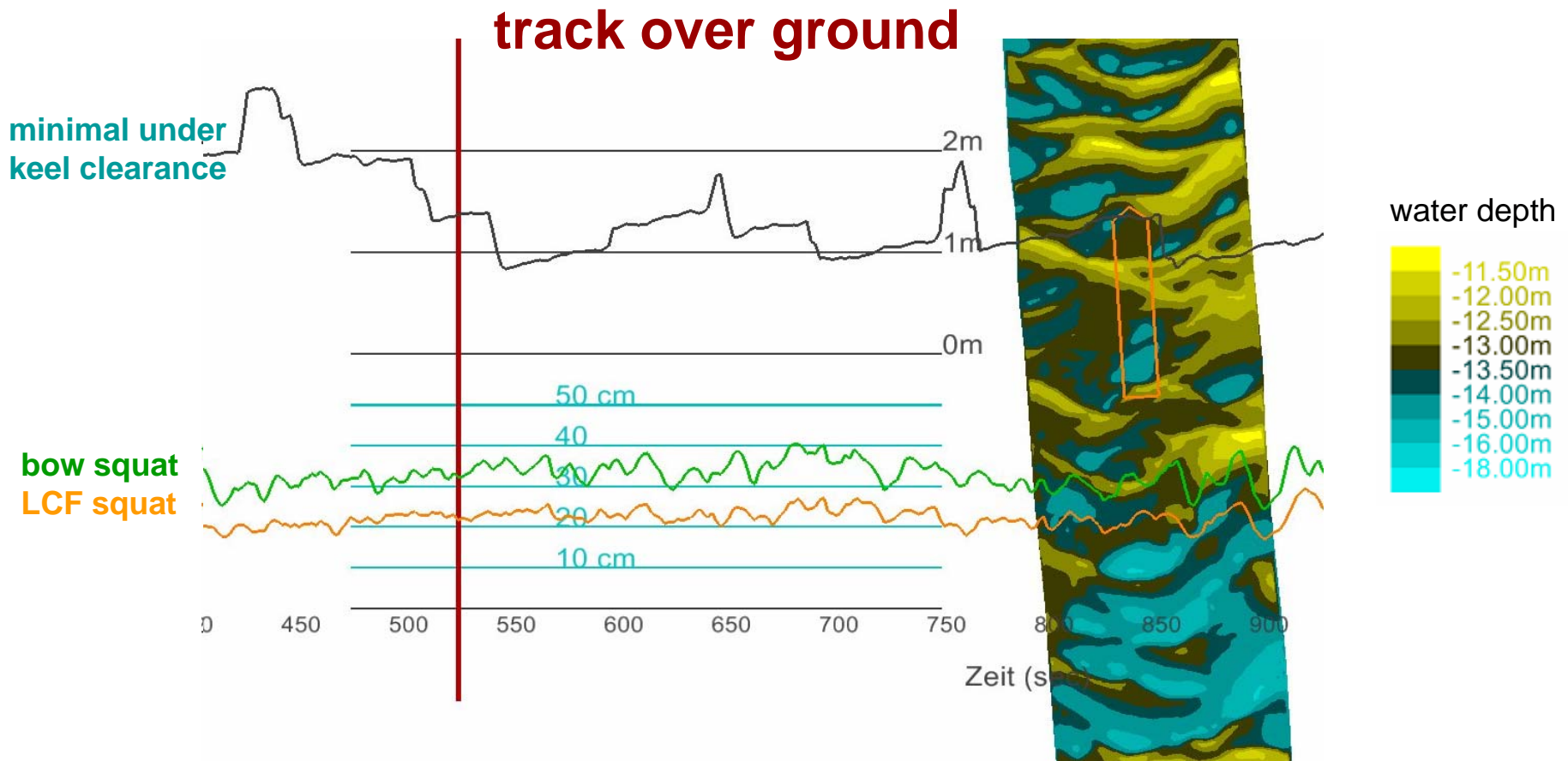


Weitere Untersuchungen

- Verbesserung von Näherungsformeln durch Nutzung des Trimmwinkels als zusätzlichen Parameter?
- Squat-Reduktion durch Optimierung des Vortrimm?
- Entwicklung von Analyse-Tools auf der Basis von 4D Modellierung



Weitere Untersuchungen



...und tschüss!

