

G. Haberkamp / D. Zöbel

Satellitenkompassse
in der Binnenschifffahrt

Untersuchung der Echtzeitfähigkeit

PEARL '07

Universität
Koblenz-Landau

in Kooperation
mit der

FVT der WSV
des Bundes

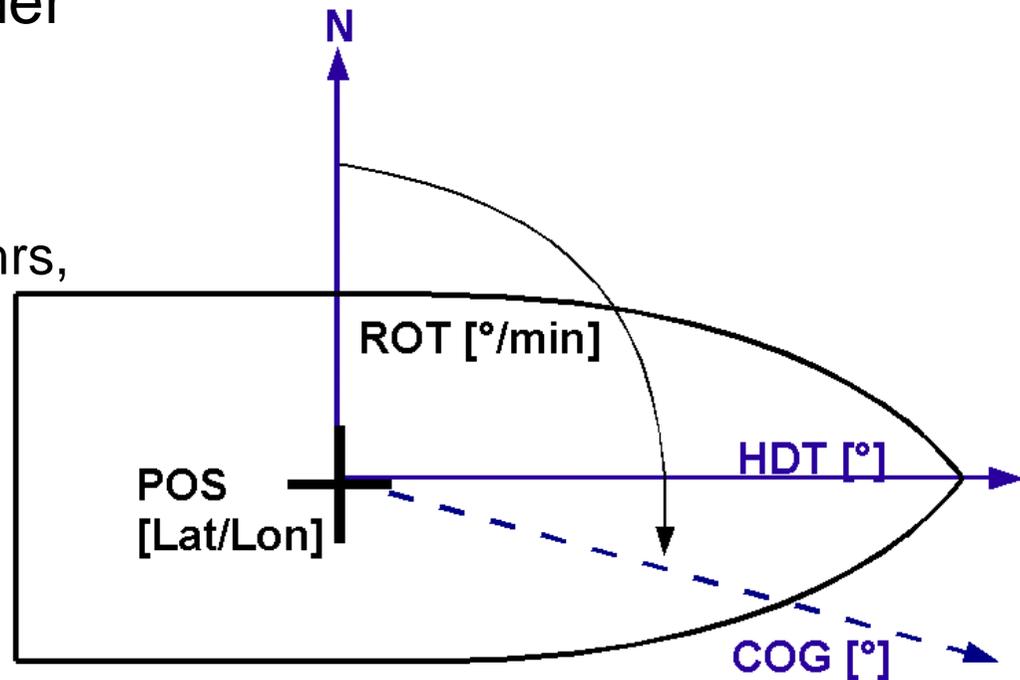
Überblick

1. Einleitung
2. Funktionsprinzipien von Satellitenkompassen
3. Testkonzept und durchgeführte Untersuchungen
4. Review der Ergebnisse
5. Untersuchung der Echtzeitfähigkeit
6. Messungen und Ergebnisse
7. Fazit und Ausblick

1. Einleitung

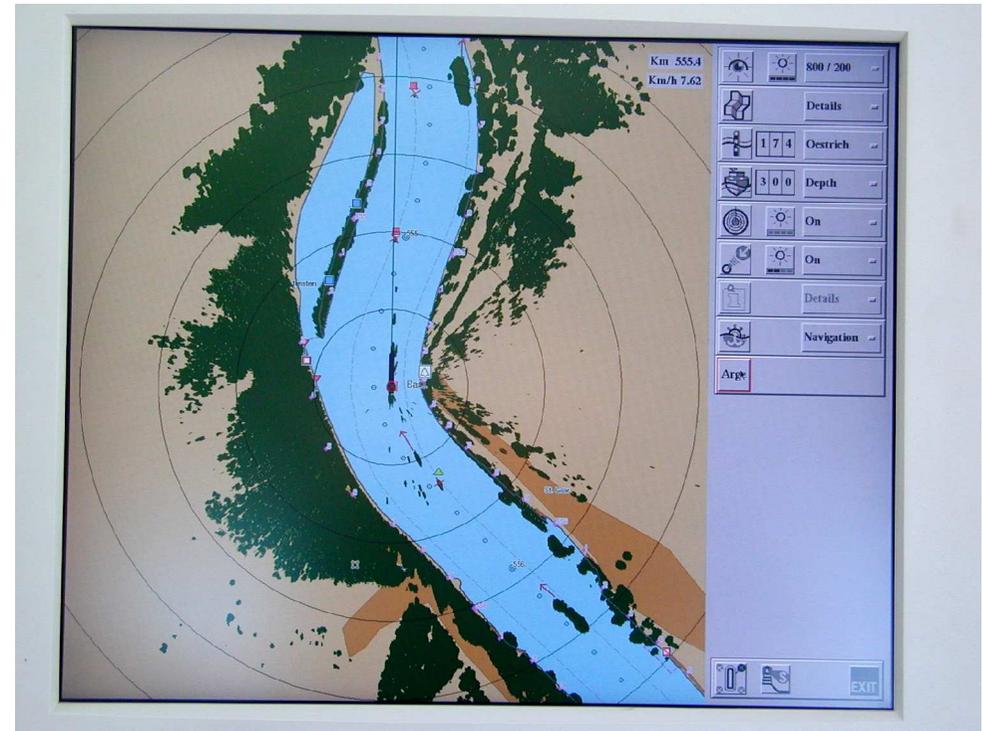
- Telematikanwendungen in der
- Binnenschifffahrt

- Sicherheit, Wirtschaftlichkeit, Leichtigkeit des Schiffsverkehrs,
 - AIS, Inland ECDIS
- zuverlässige Sensoren für Navigationsparameter
- **HDT, ROT, POS**



- Grenzen der Leistungsfähigkeit ?
 - „Echtzeitfähigkeit“

Inland ECDIS

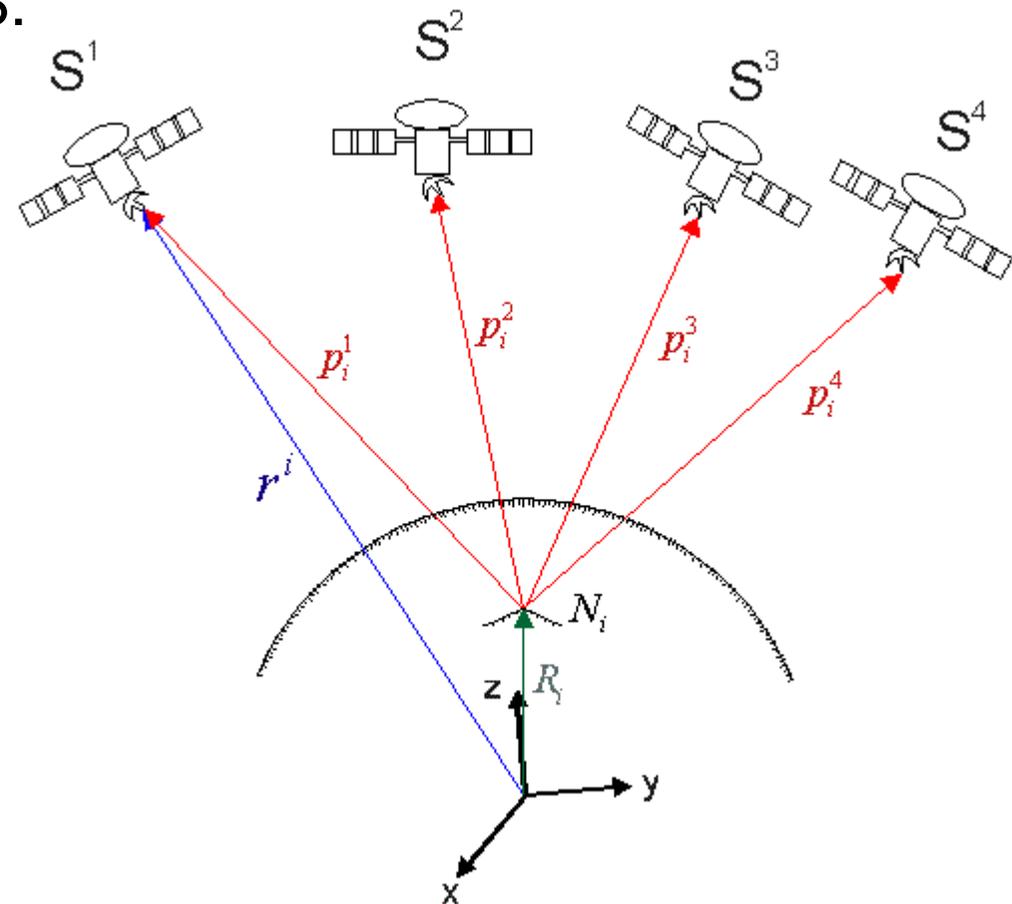


- HDT aus Radar-Map-Matching-Prozess nicht immer korrekt

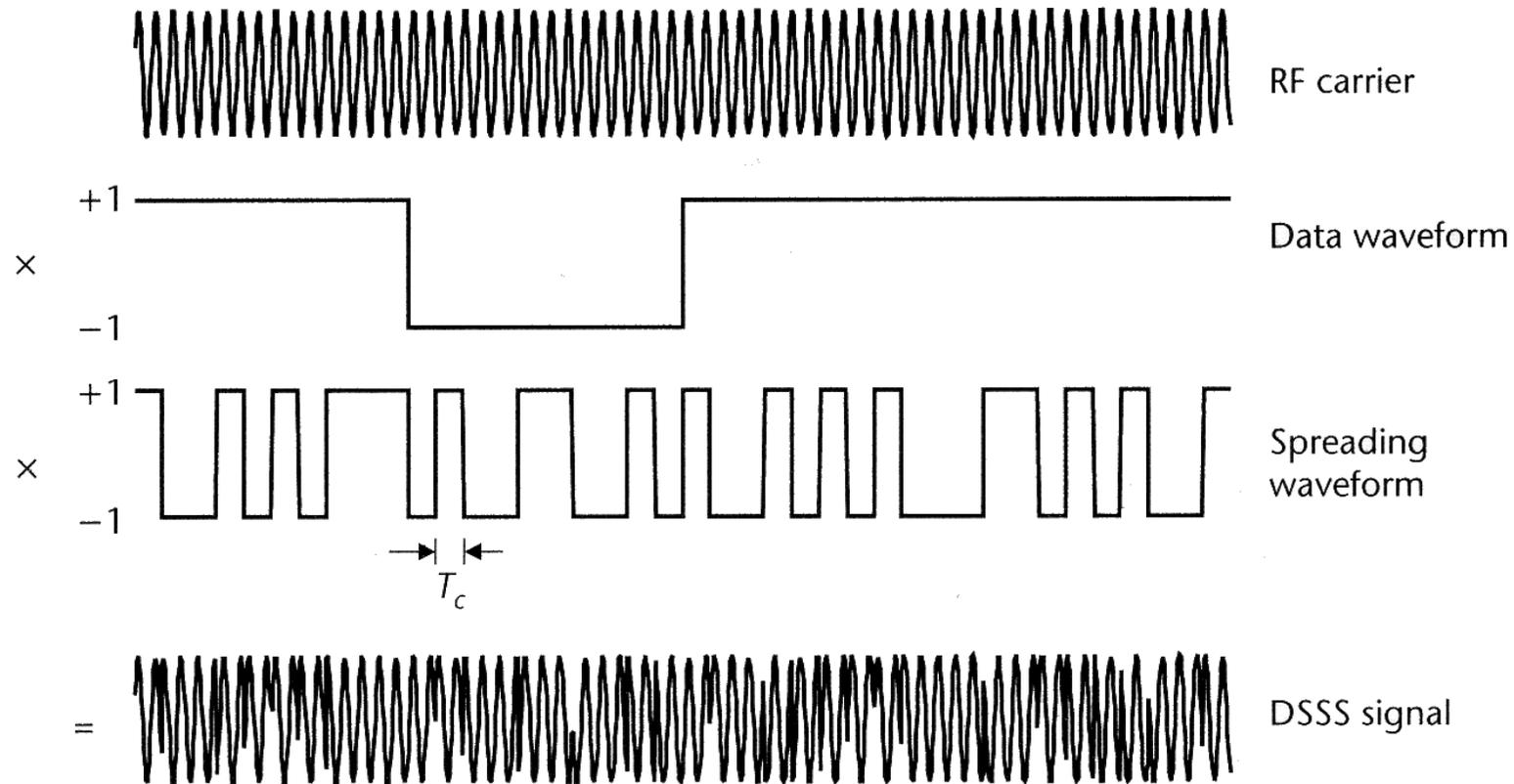
2. Funktionsprinzipien und Einflussfaktoren

- Positionsbestimmung mit GPS:

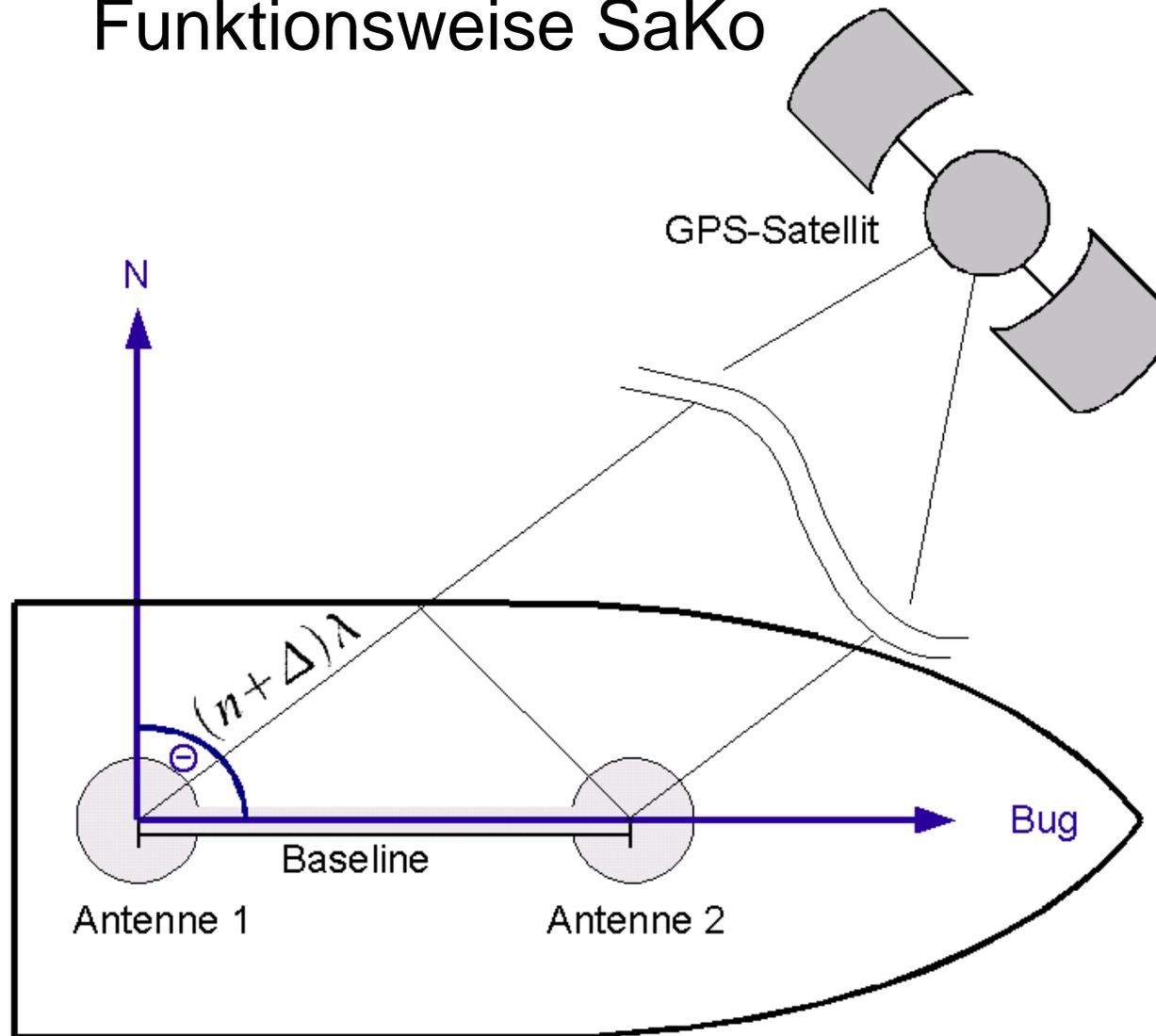
- Messung der Signallaufzeiten
Satellit \leftrightarrow Empfänger
- Umrechnung in Entfernung
- Eigene Position durch
Trilateration mit 4 Messungen



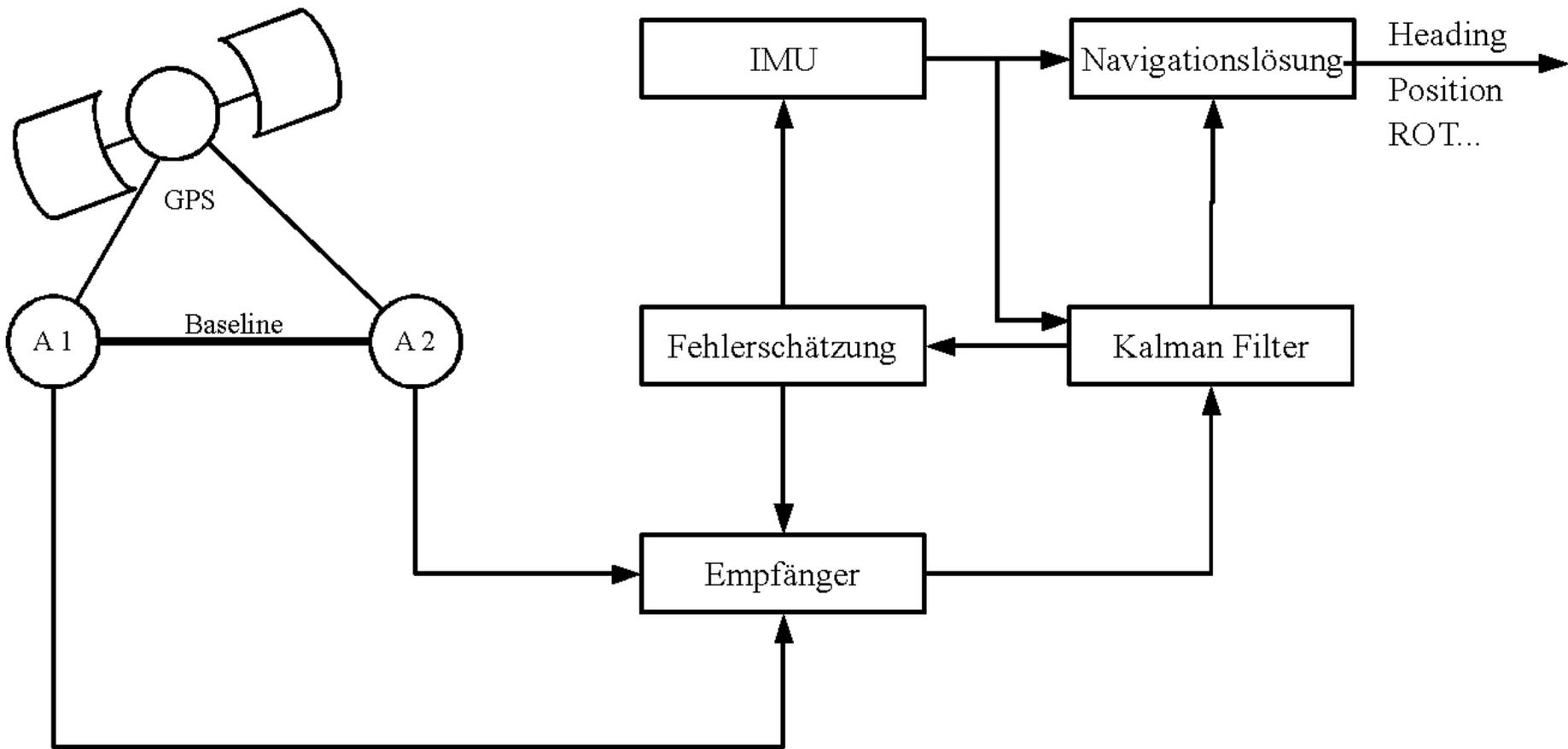
Funktionsweise GPS



Funktionsweise SaKo



Schematischer Aufbau Satellitenkompass

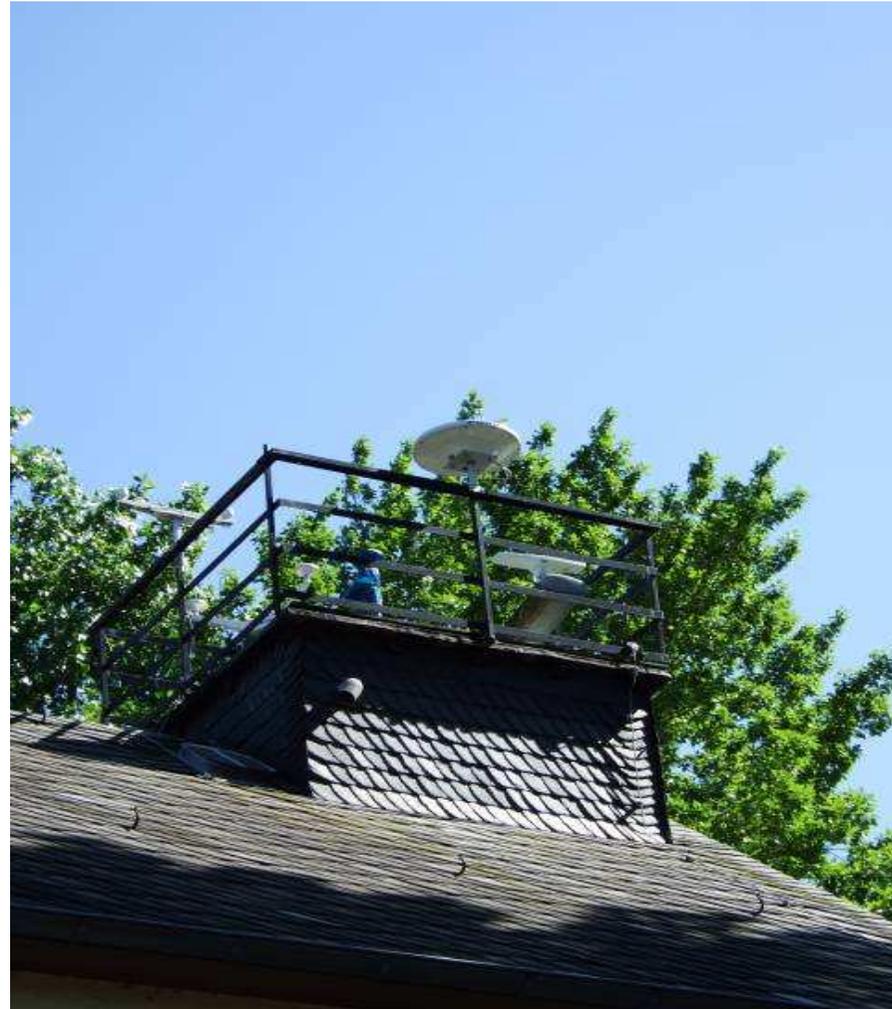


3. Testkonzept und durchgeführte Untersuchungen

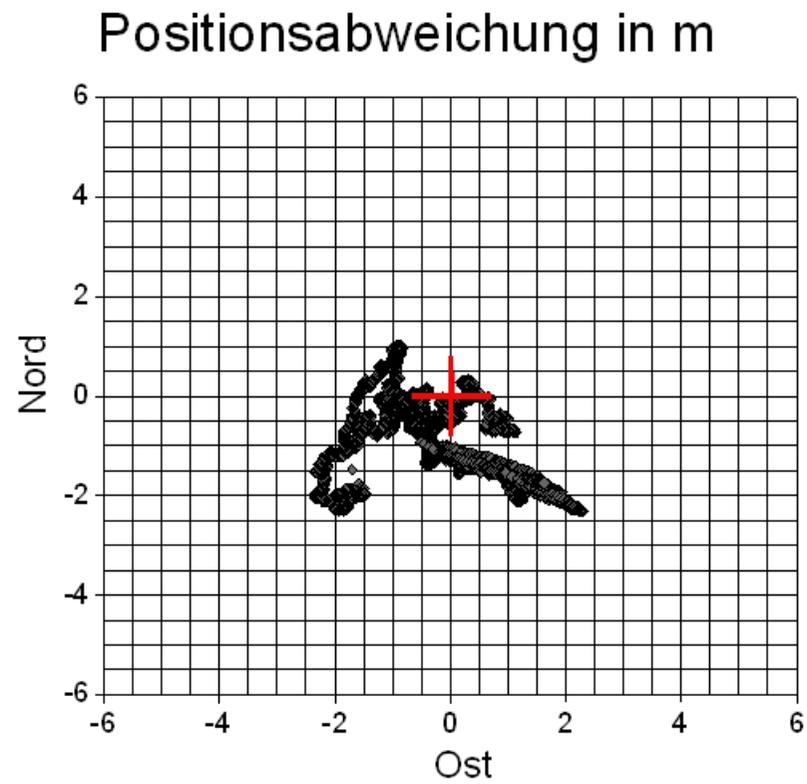
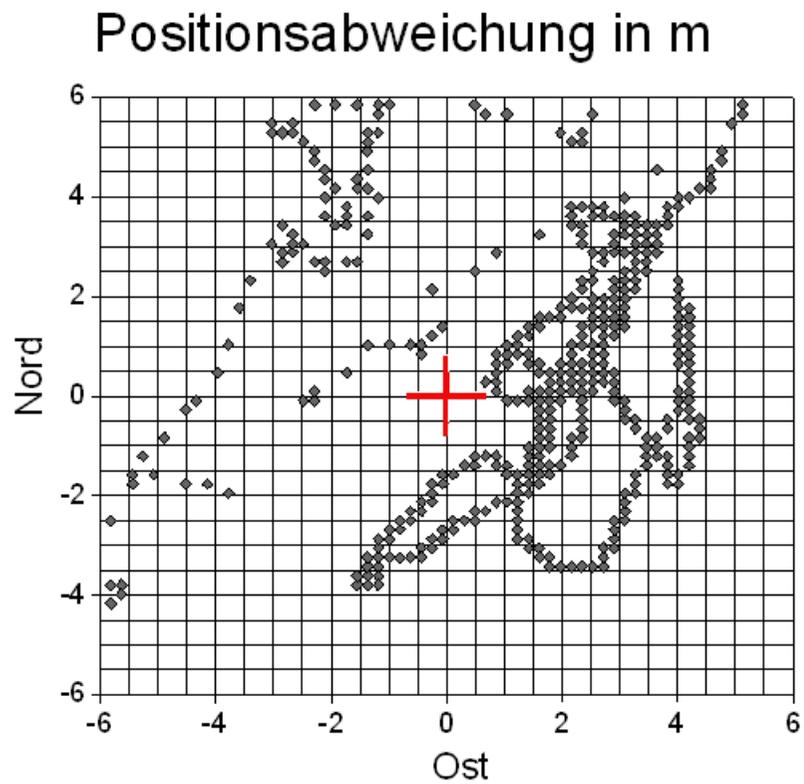
- Ziel: Untersuchung der Geräte und der wichtigen Navigationsparameter hinsichtlich Ihrer Eigenschaften
 - Präzision
 - Zeitbezug
 - Integrität
 - Zuverlässigkeit
 - Handhabbarkeit
- Lösung: Verschiedene Messaufbauten
 - statischer Aufbau: (z.B. Jitter, Nullpunktstabilität)
 - dynamischer Aufbau (Schiff, KFZ): (z.B. Latenz / Nachführfähigkeit)

Versuchsaufbau (statisch)

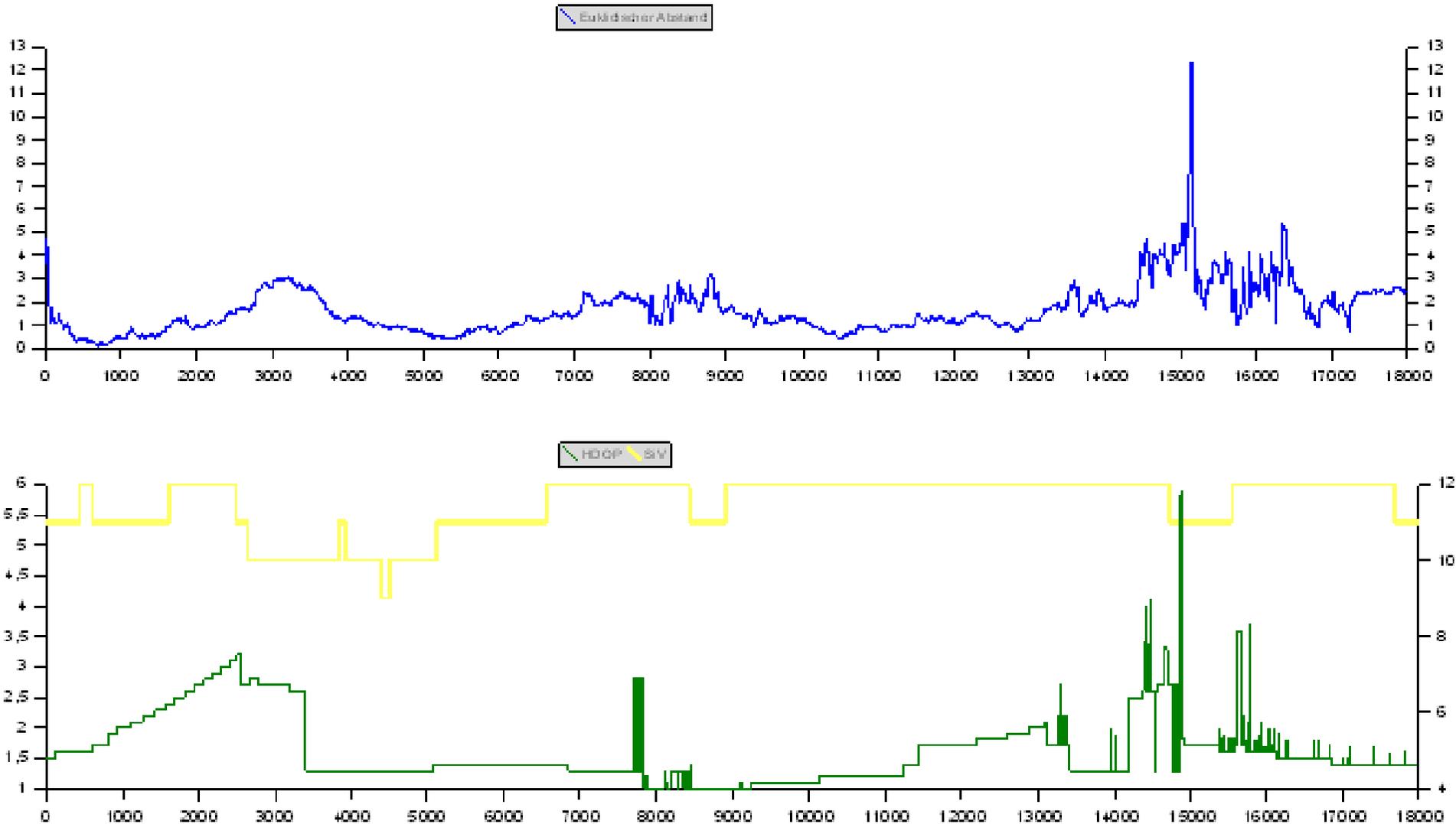
- Feste Montage
- Referenz:
Geodätische Vermessung
(< 1 cm)
- Lang- und
Kurzzeitmessungen



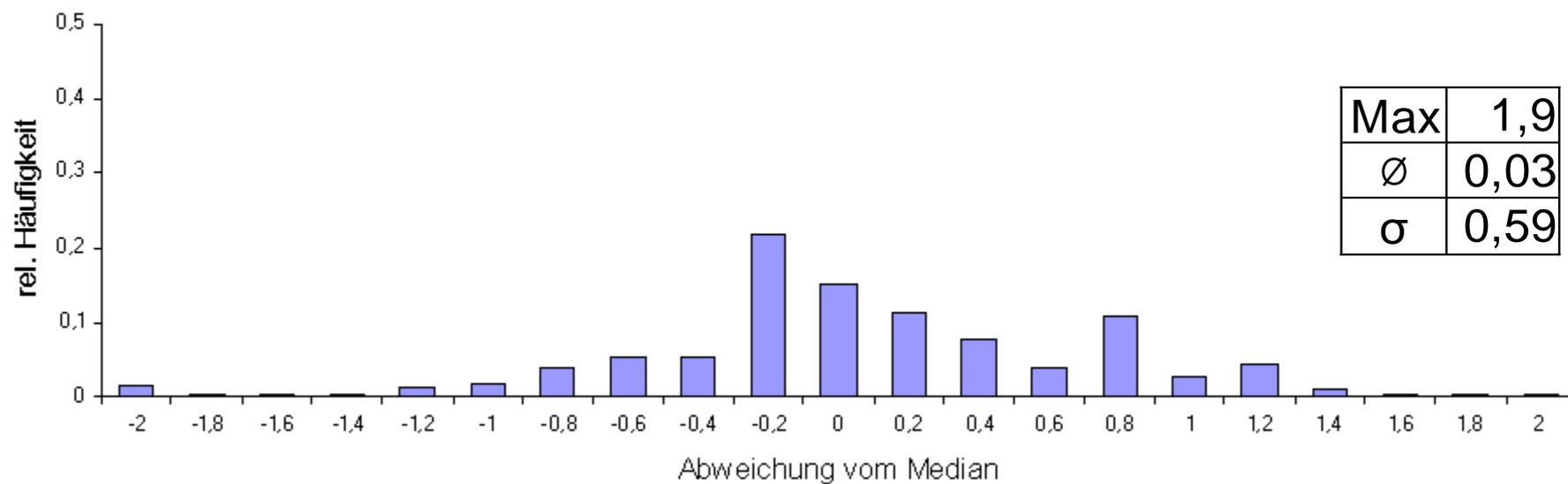
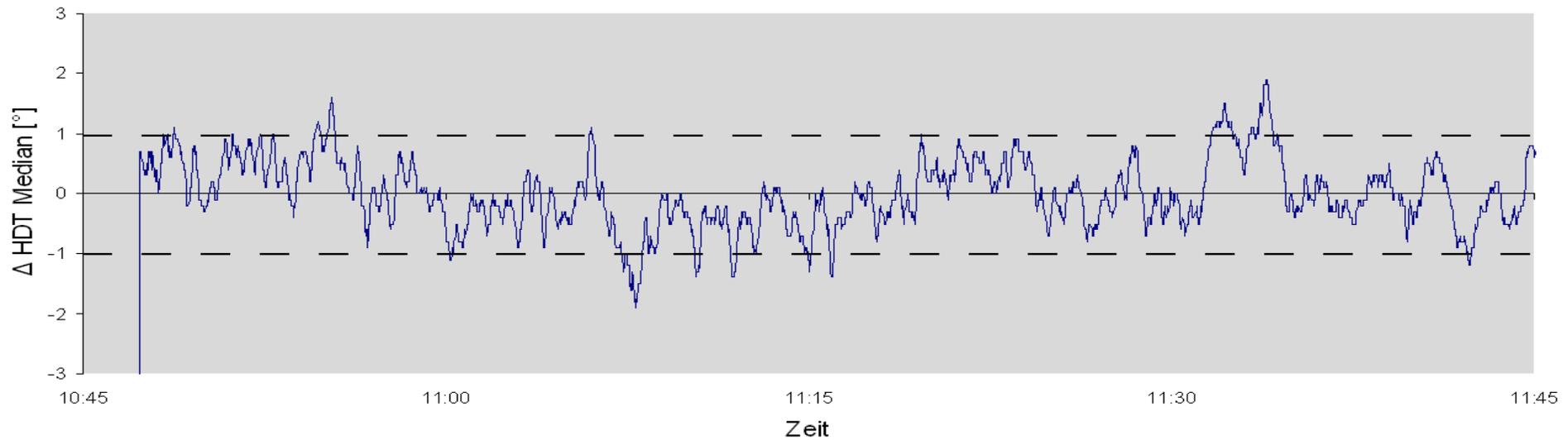
Scatterplots



Δ POS [m] im Zeitverlauf

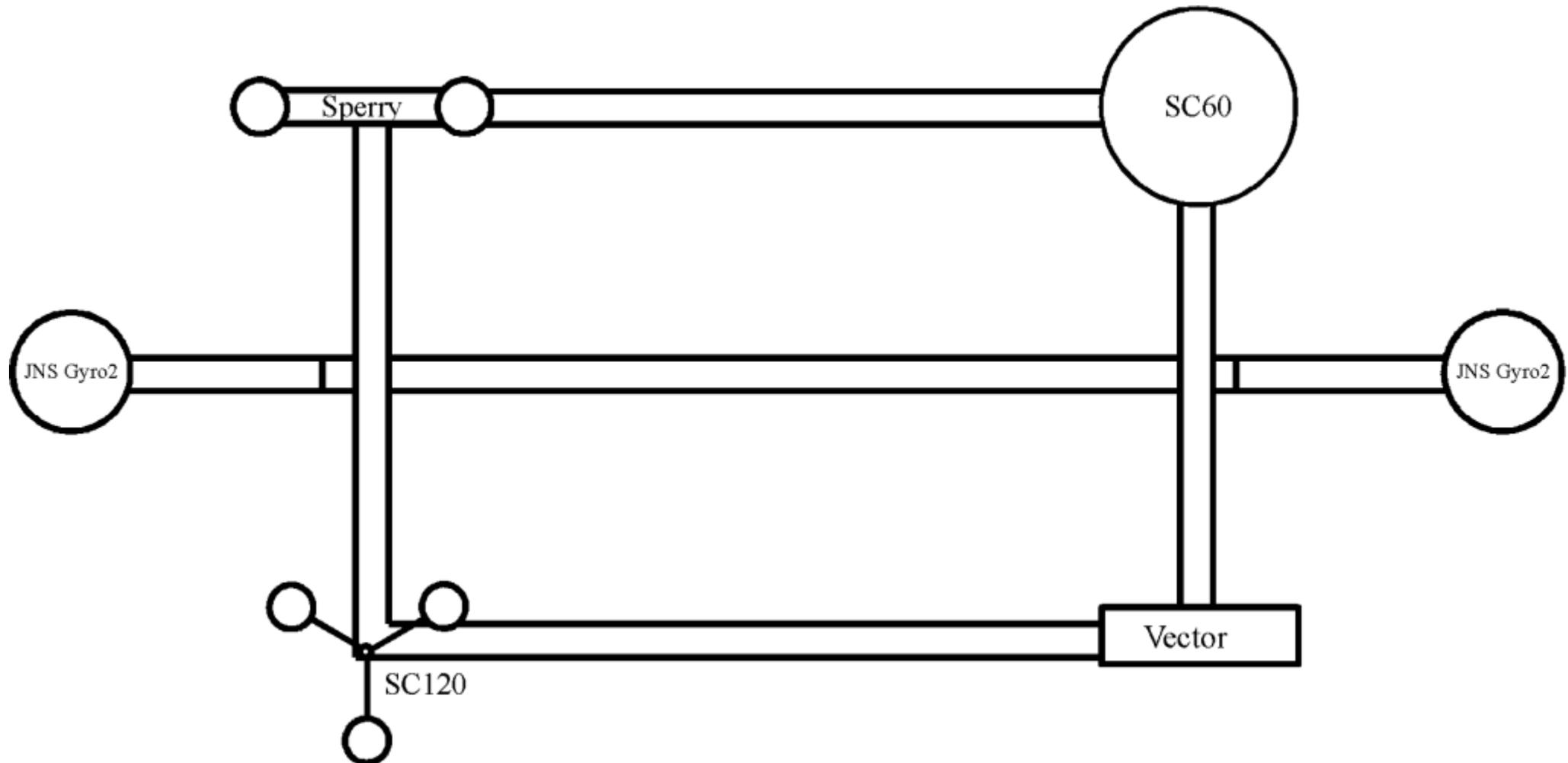


Δ HDT [°] im Zeitverlauf



Dynamische Messungen (Schiff) - Messaufbau -

- mobiler Messrahmen



Dynamische Messungen (Schiff) - Messaufbau -

- mobiler Messrahmen
- Prozessoreinheiten in Transportschrank
- abgesetzte Datenaufzeichnung

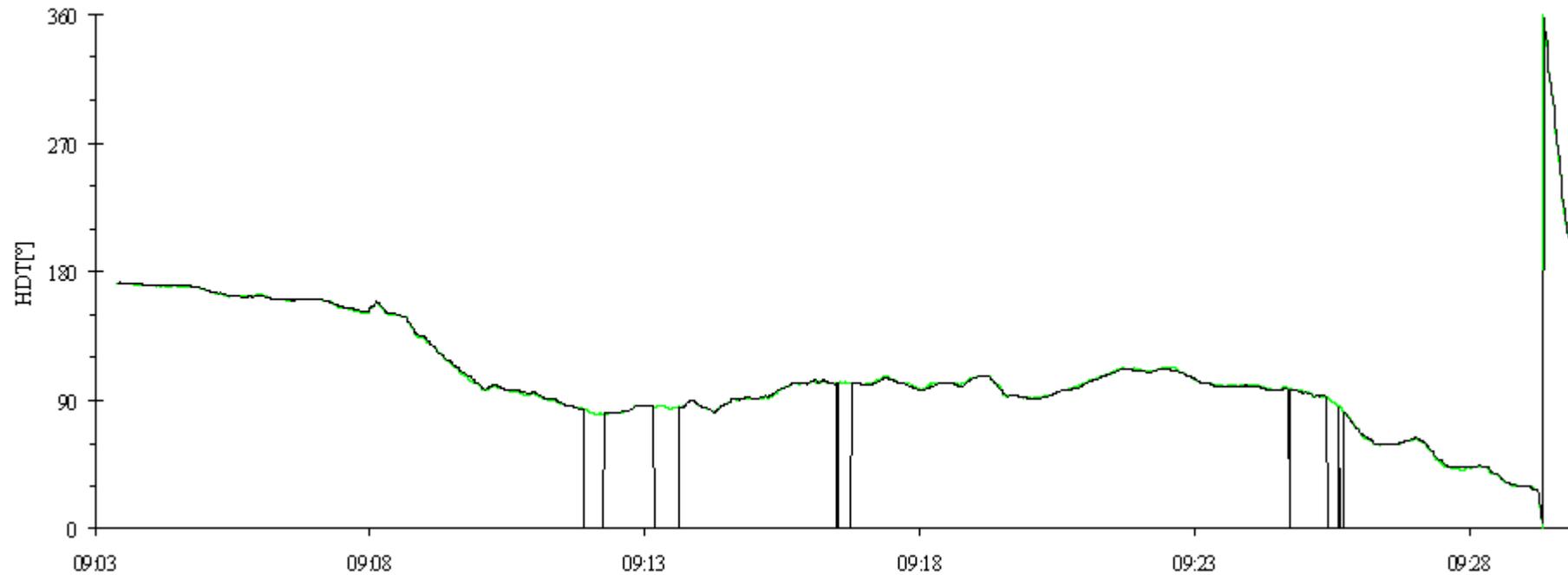


Dynamische Messungen (Schiff) - Messaufbau -

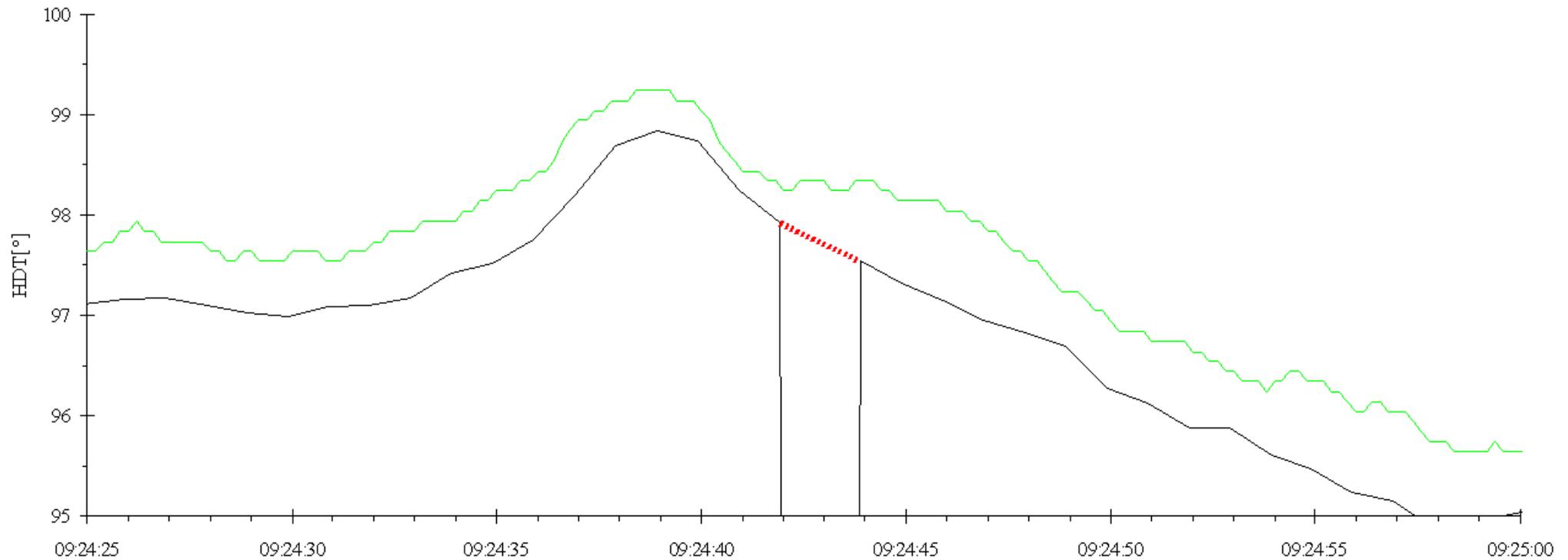
- mobiler Messrahmen
- Prozessoreinheiten in Transportschrank
- abgesetzte Datenaufzeichnung



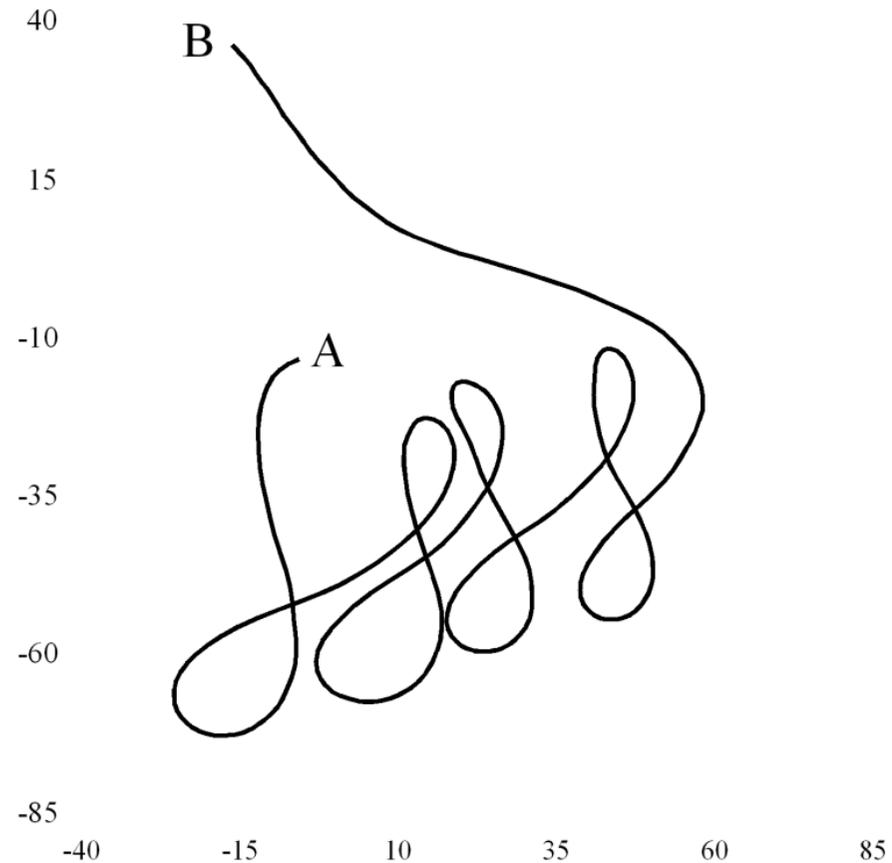
Ergebnisse (dynamisch Schiff)



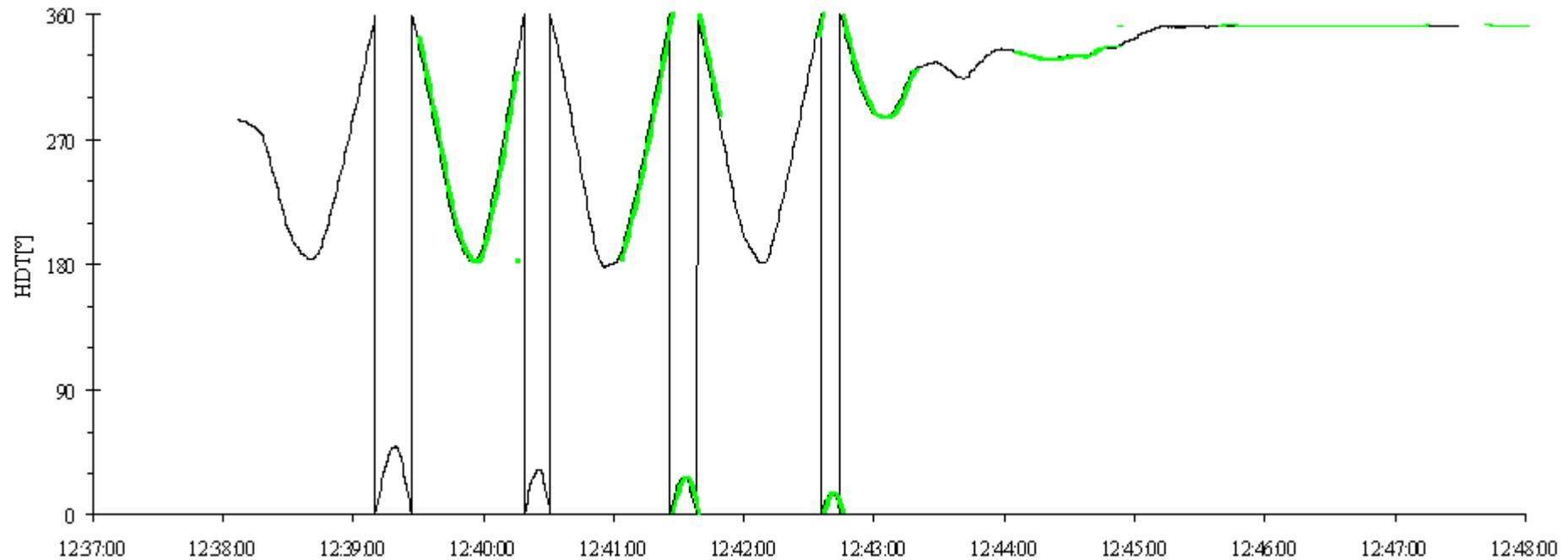
Ergebnisse (dynamisch Schiff)



Ergebnisse (dynamisch Schiff)



Ergebnisse (dynamisch Schiff)



Dynamische Messungen (KFZ)



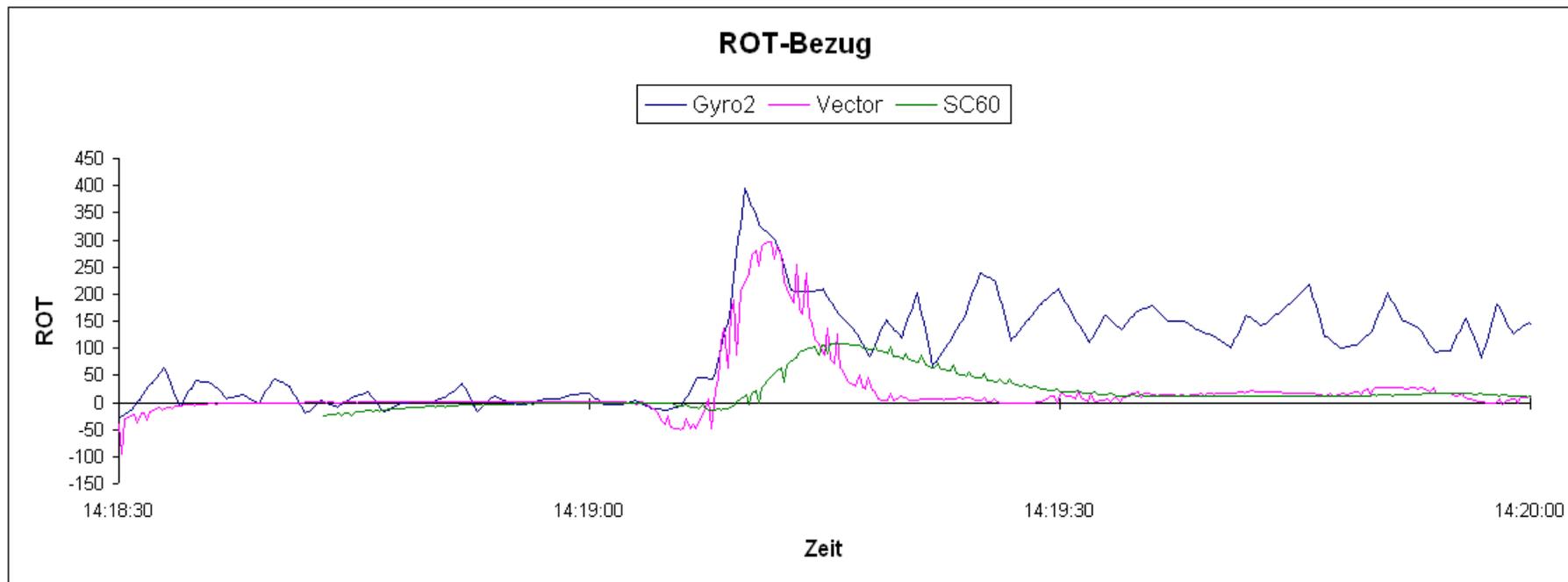
Dynamische Messungen (KFZ)



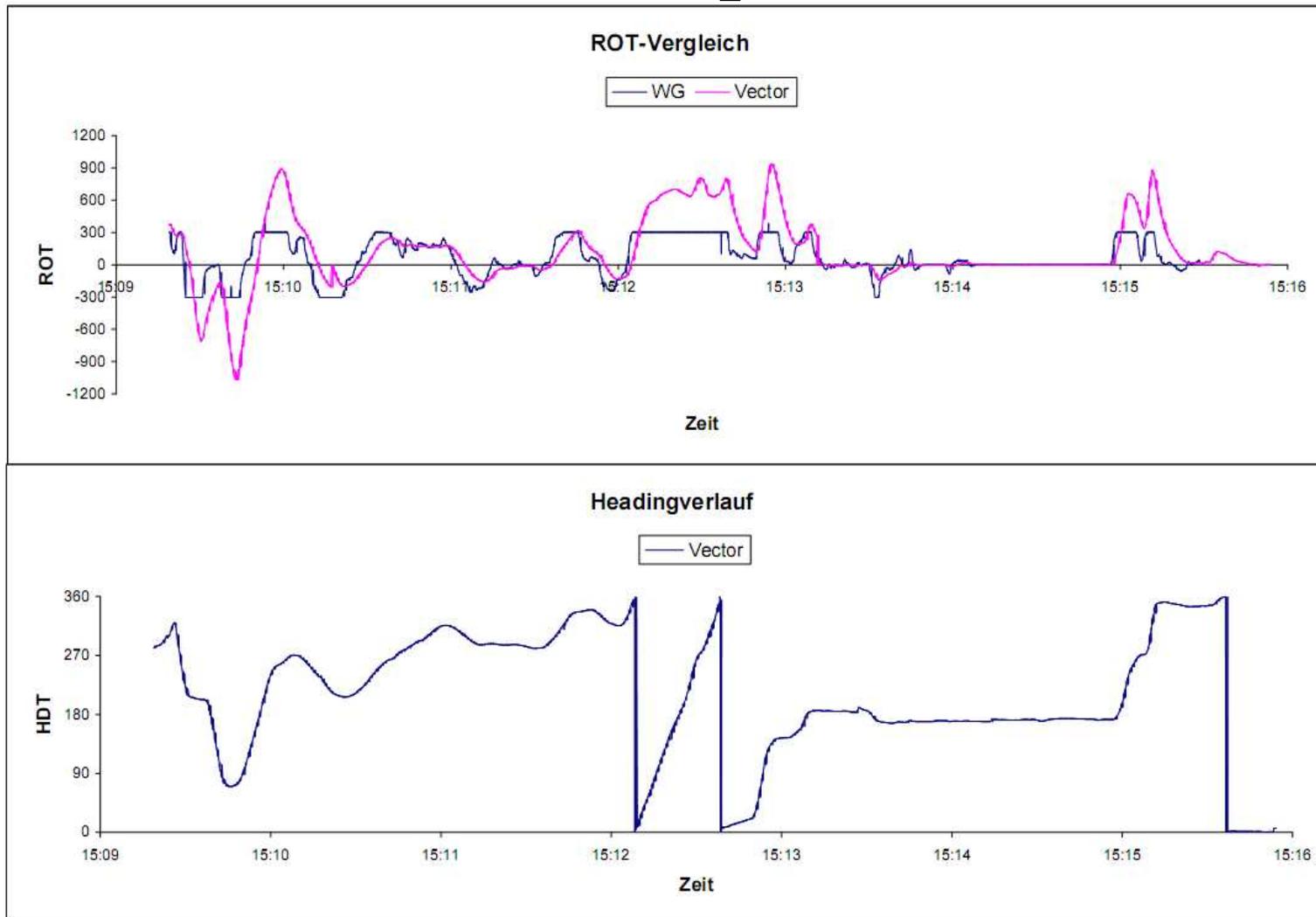
Dynamische Messungen (KFZ)



ROT Vergleich



ROT Vergleich



4. Zwischenstand und Review

- Erfahrungen mit den bisher eingesetzten Referenzen:
 - zu wenig praxisnah (Fixe Position)
 - häufige Ausfälle (JNS Gyro2)
 - zu kleiner Messwertbereich, Dämpfung nicht anpassbar (WG-Anzeiger)
- Alternative Lösungen:
 - Aufrüstung des Schiffs / KFZ mit Lasermesssystem (zu aufwändig)
 - Entwicklung einer völlig anderen Testplattform zur Untersuchung der Echtzeitfähigkeit

5. Untersuchung der Echtzeitfähigkeit

- Was heißt „echtzeitfähig“ ?
- Eine Echtzeit-Anwendung stellt Anforderungen, die alle Komponenten erfüllen müssen.
- harte Anforderungen
 - Fehlerfall bei Überschreitung der Antwortzeit
 - Im Nichtfehlerfall wird das korrekte Ergebnis garantiert
- weiche Anforderungen
 - alle Anfragen werden (z.B. im Mittel) schnell genug abgearbeitet
 - Abweichungen sind selten, müssen aber berücksichtigt werden

Echtzeitfähigkeit

- Echtzeitfähigkeit einer Komponente
 - hängt neben den Eigenschaften der Komponente selbst, von den Anforderungen ab, die eine Anwendung an sie stellt.
 - Definition von Normal- und Fehlerfällen
 - Festlegung von geeigneten Reaktionen
 - Rückfallebenen

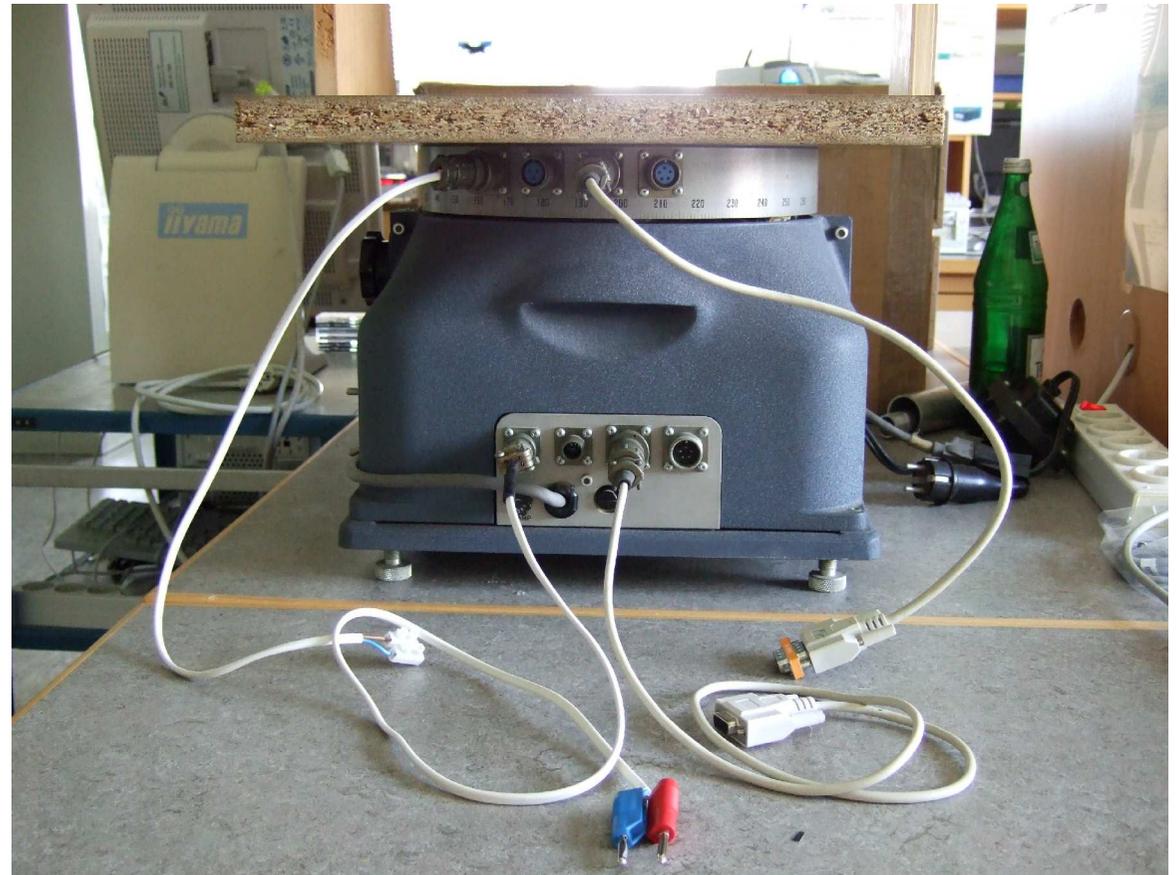
Anforderungen an den Versuchsaufbau

- Praxisnahe Bewegungsmuster
- Reproduzierbarkeit
- hochpräzise zeitliche und örtliche Referenz

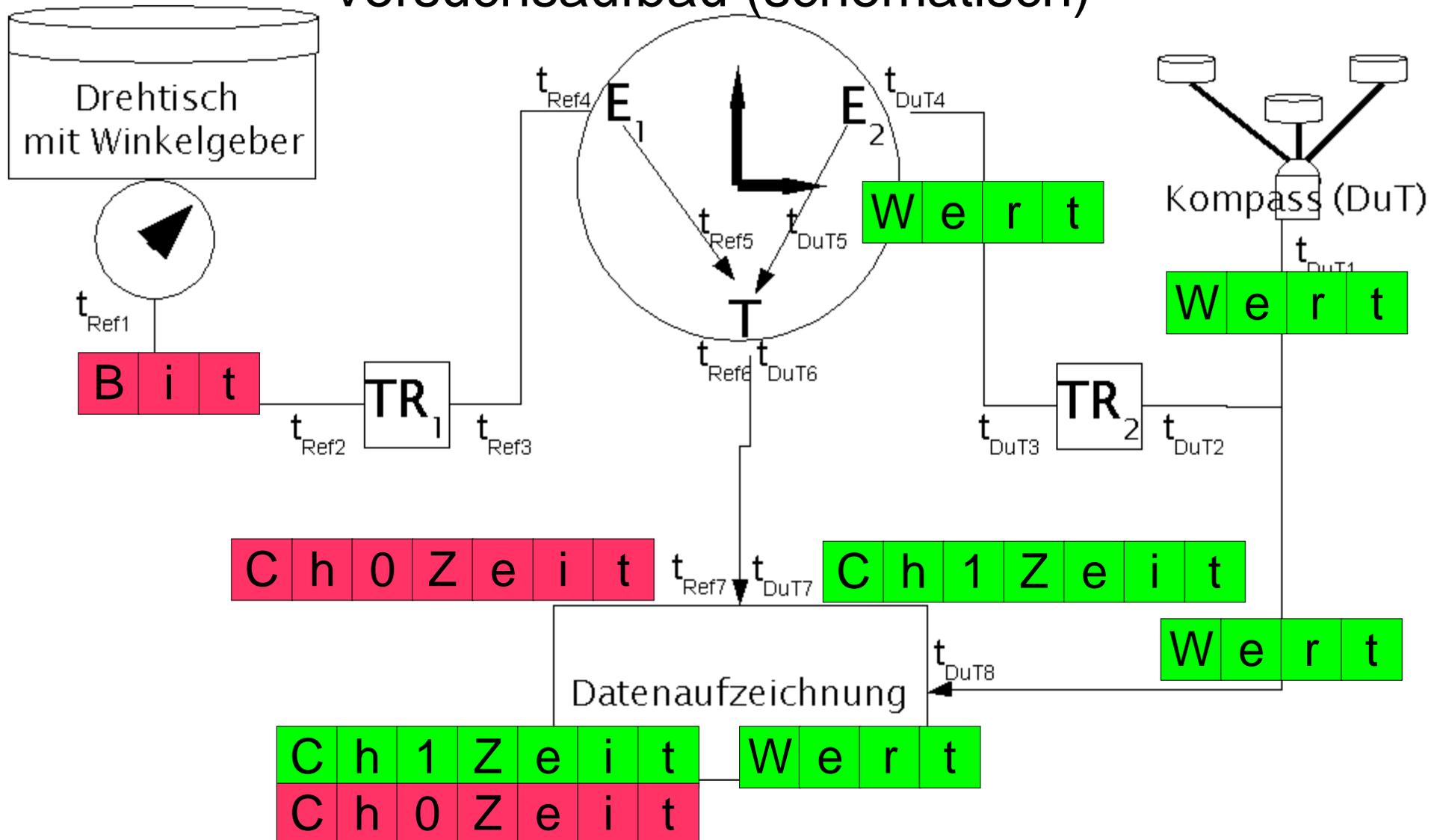
- Einschränkung:
 - Fehlende Ressourcen
(Geld, Zeit, Manpower)

Vorhandener Drehtisch

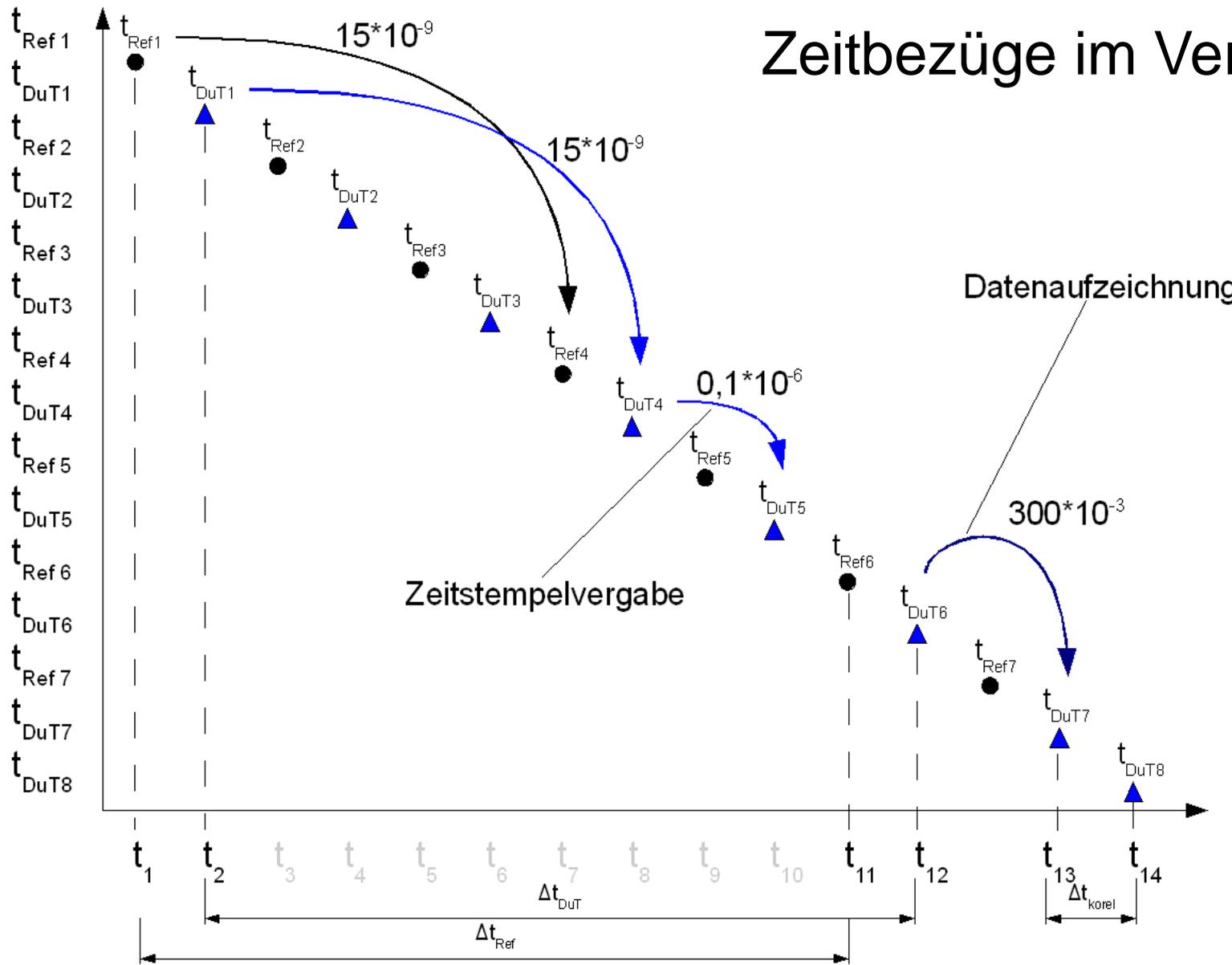
- Eigenschaften
 - R-/L-Drehung mit verschiedenen Drehgeschwindigkeiten
- notwendige Ergänzungen
 - Winkelausgabe
 - Zeitbasis



Versuchsaufbau (schematisch)



Zeitbezüge im Versuchsaufbau



Leistungsfähigkeit des Versuchsaufbaus

- Die Messwertsignale werden symmetrisch und nur minimal verzögert
 - Laufzeit in elektr. Leitungen, Verarbeitungs- / Schaltzeiten der beteiligten Elektronikkomponente(n) ca. 15 ns
 - Zuordnung der Zeitstempel max. 100 ns
- Die weiteren Laufzeiten beeinflussen das Messergebnis nicht mehr
- Zeitmessung findet in Hardware, unabhängig von der Datenaufzeichnung statt

Technische Daten

- Drehgeber: Kübler Absolut Single Turn Typ 5870
 - Winkelauflösung (max. ca. $0,04^\circ$, hier $0,08^\circ$)
 - Aktualisierung der Position mit 15.000 Hz
- SSI-Parallel Wandler: MKS IP 251
- Uhr: Meinberg GPS 170
 - Kurzzeitstabilität (besser als 1×10^{-9} s)
 - Auflösung $0,1 \times 10^{-6}$ s
- Triggerelektronik mit Inhibit-Baustein
- Drehtisch: ROT wählbar mit 12, 36, 90, 180, 300 %m in
 - Beschleunigungsphase < 250 ms

Universität Koblenz-Landau in Kooperation mit der FVT der WSV Satellitenkompass in der Binnenschifffahrt – Untersuchung der Echtzeitfähigkeit

On/Off; Drehrichtung

Wählrad ROT

Ausgabe Winkelgeber:
Display (grün)
Winkelbit (rot)

Schnittstelle Uhr:
Zeitstempelausgänge (grün)
Eventeingänge (rot)

Präzisionsuhr



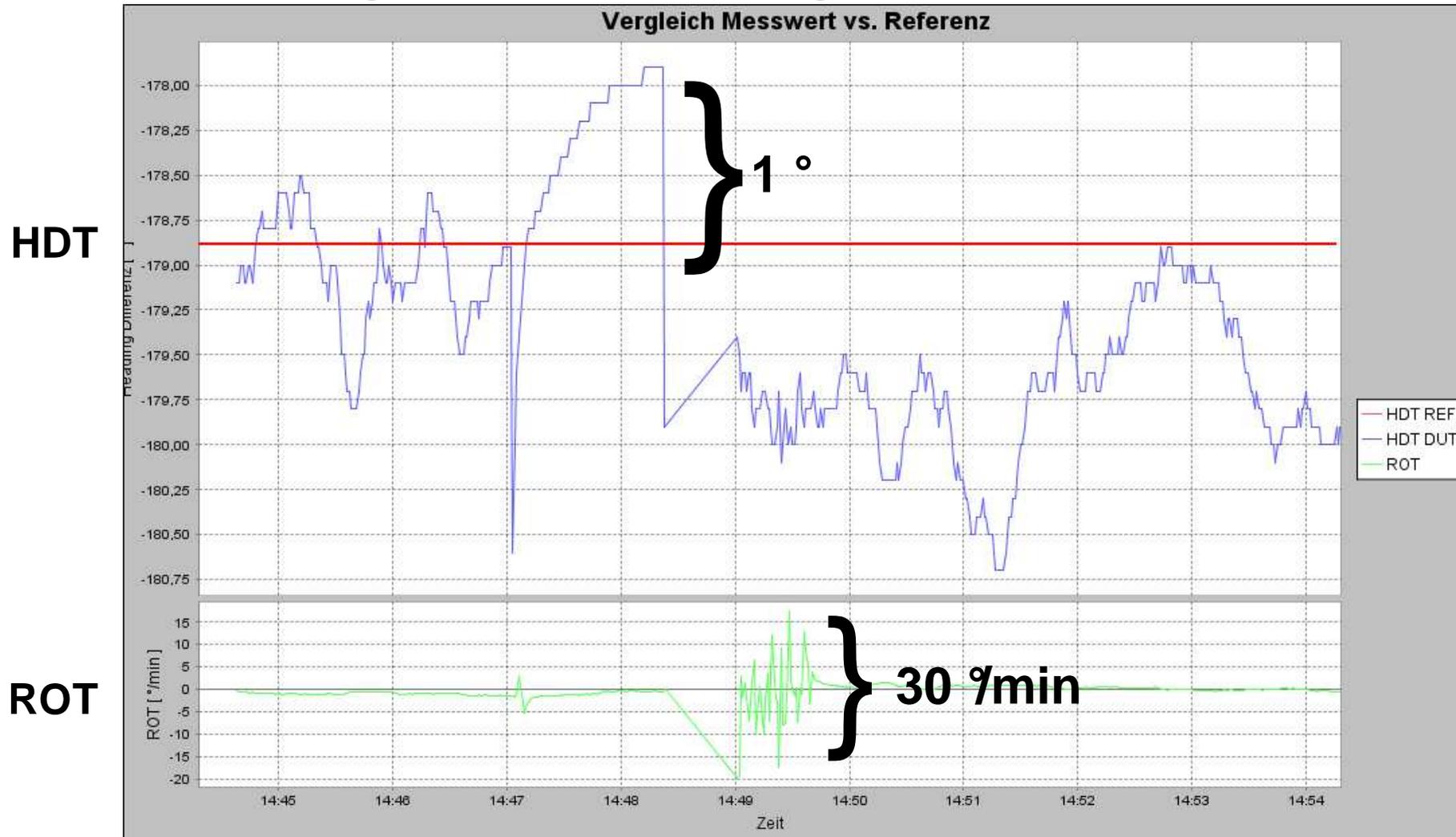
Untersuchungen mit dem Drehtisch

- Auswirkung von Abschattungen bei unterschiedlichen Bedingungen
- Verhalten bei konstanter Drehgeschwindigkeit
- Verhalten bei kontinuierlich abnehmender Drehgeschwindigkeit
- Reaktion auf atypische Bewegungsmuster

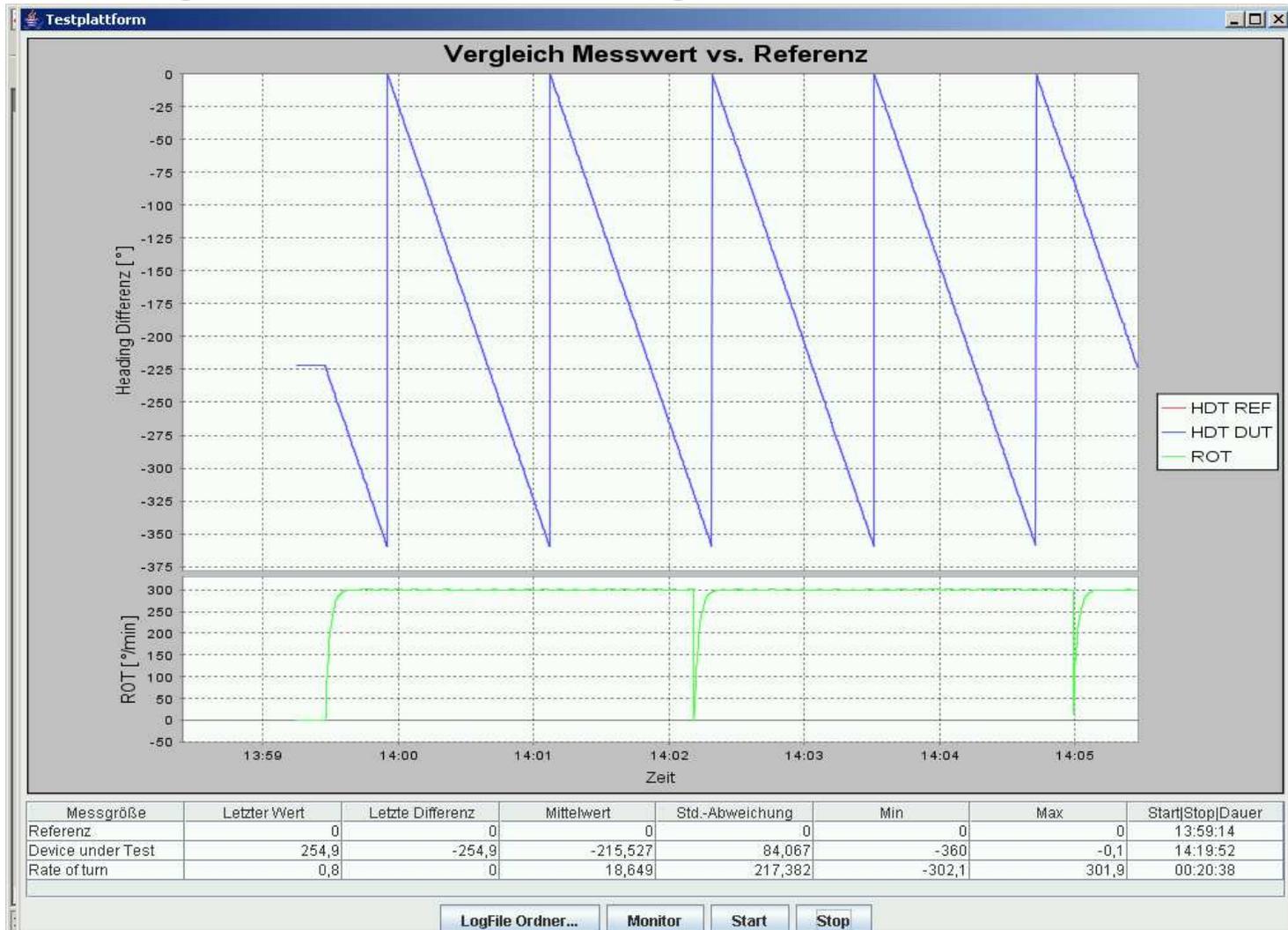
Durchführungsort



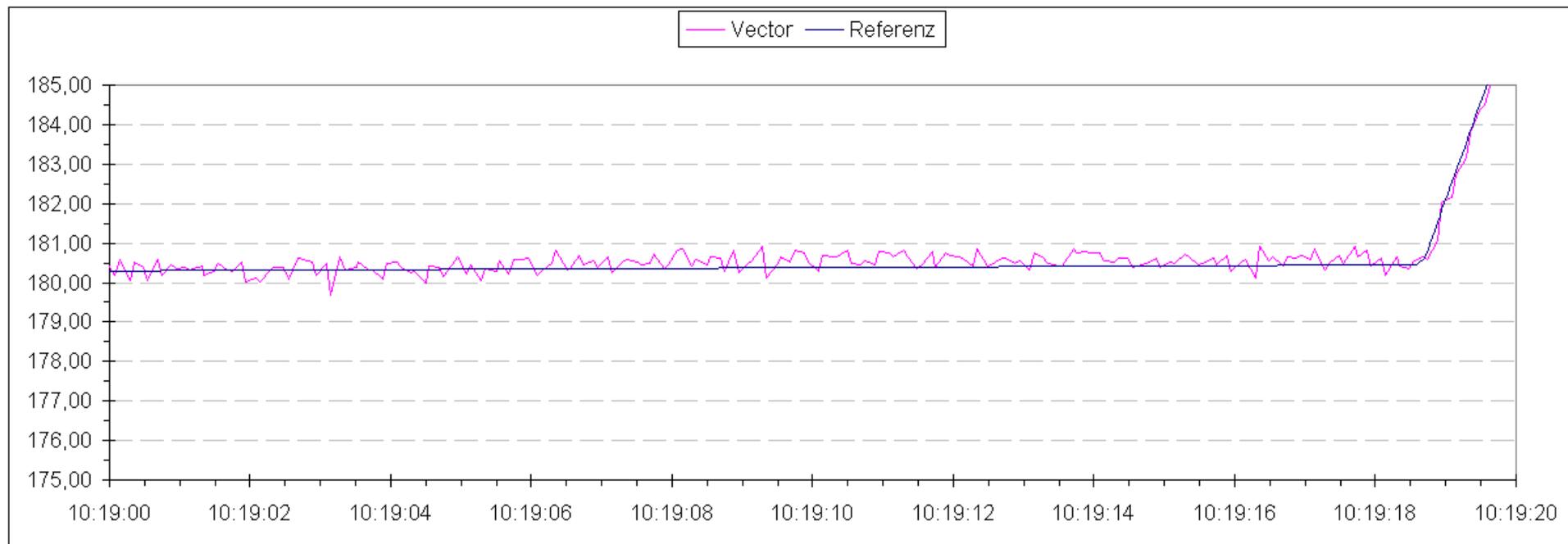
Auswirkung der Abschattung bei stehendem Kompass



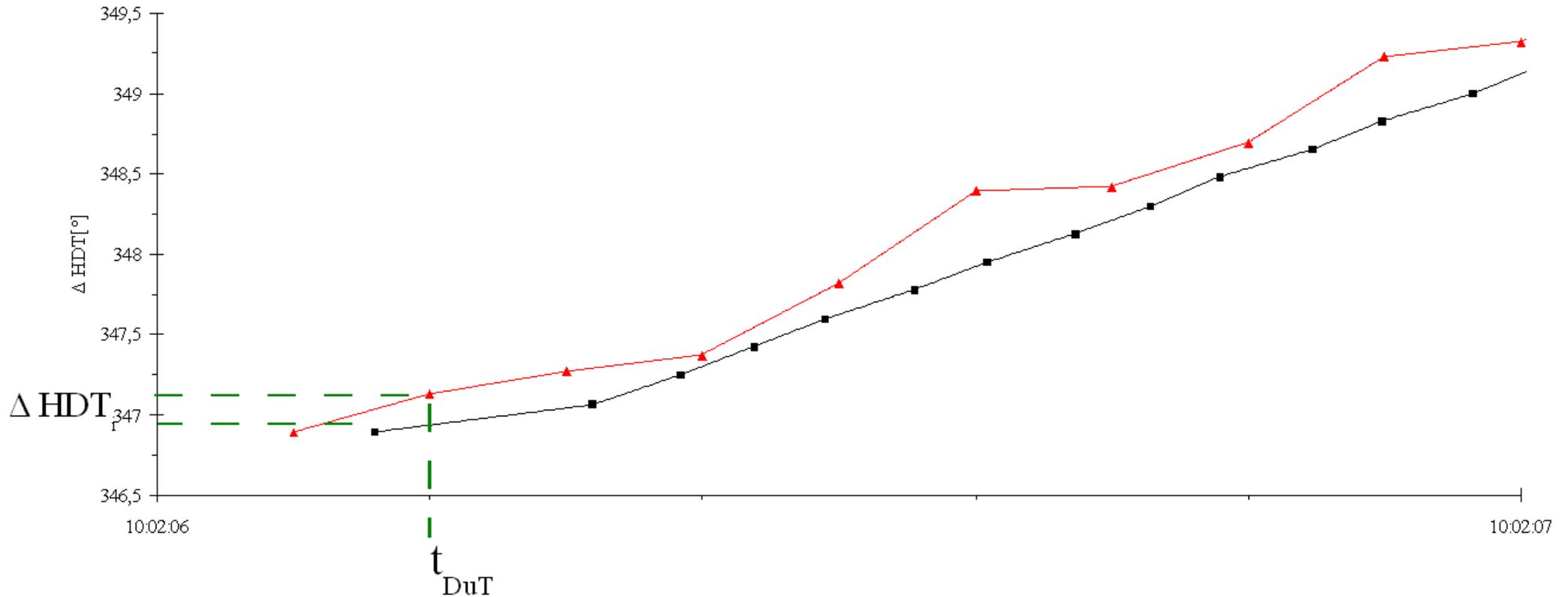
Auswirkung der Abschattung bei drehendem Kompass



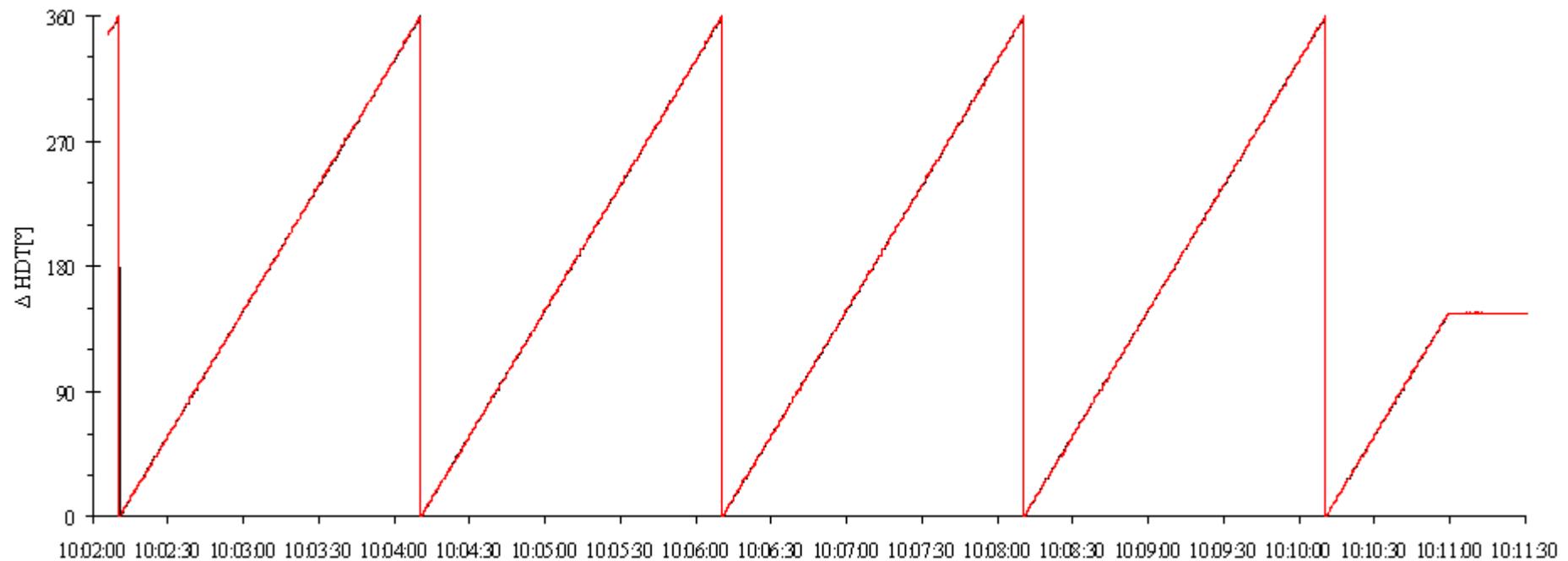
Auswirkungen konstanter ROT



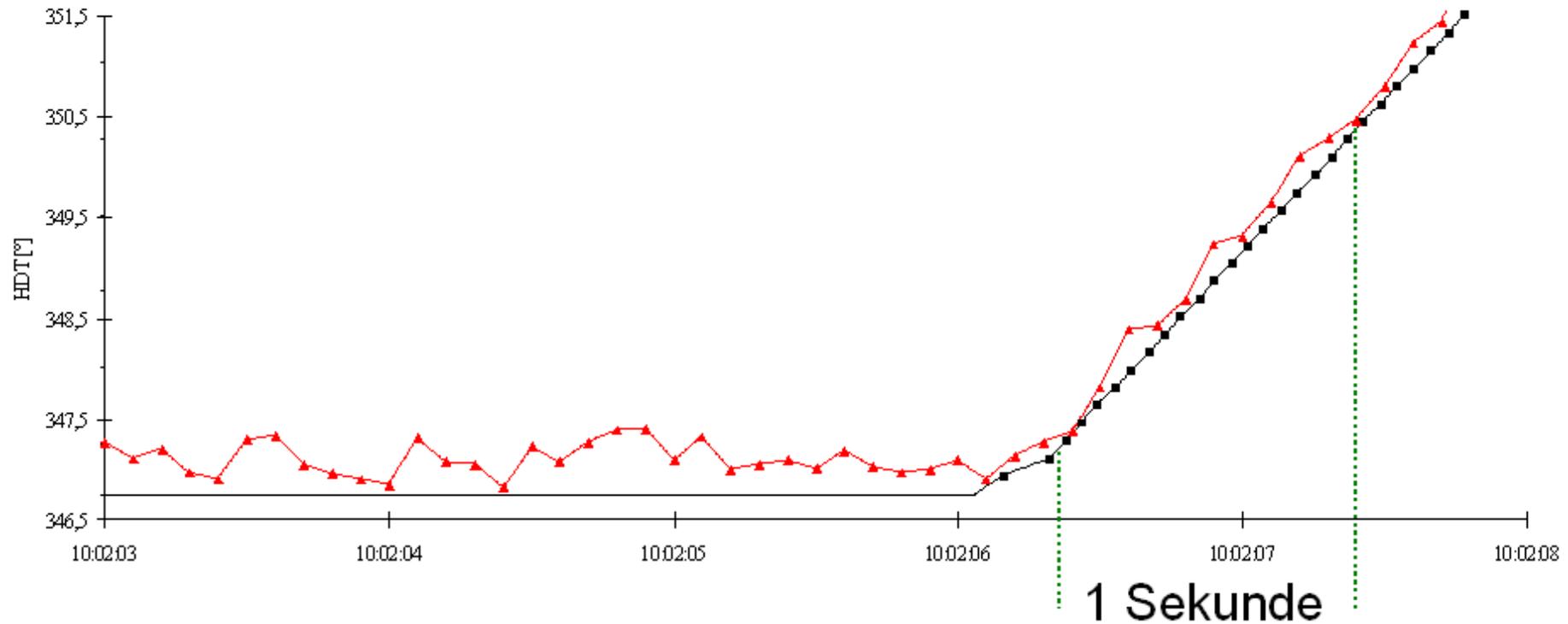
Zeit- und Amplitudendifferenz zur Referenz



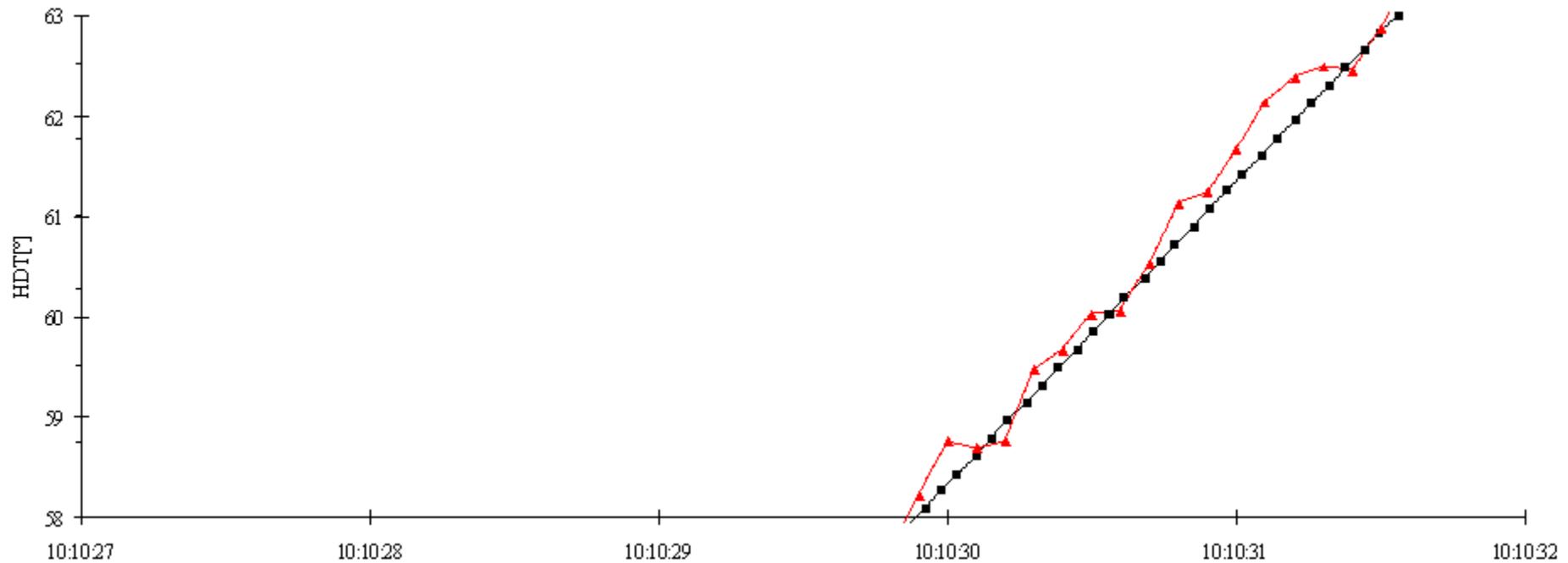
Messung (Überblick)



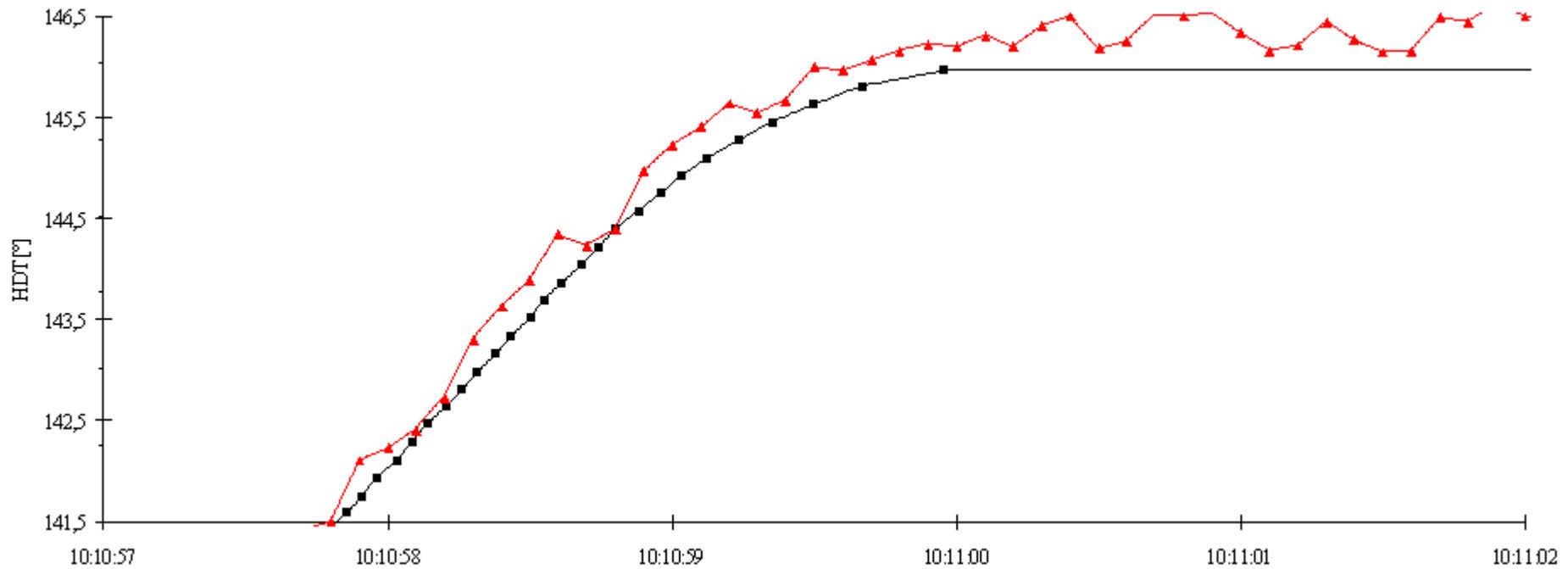
Startphase



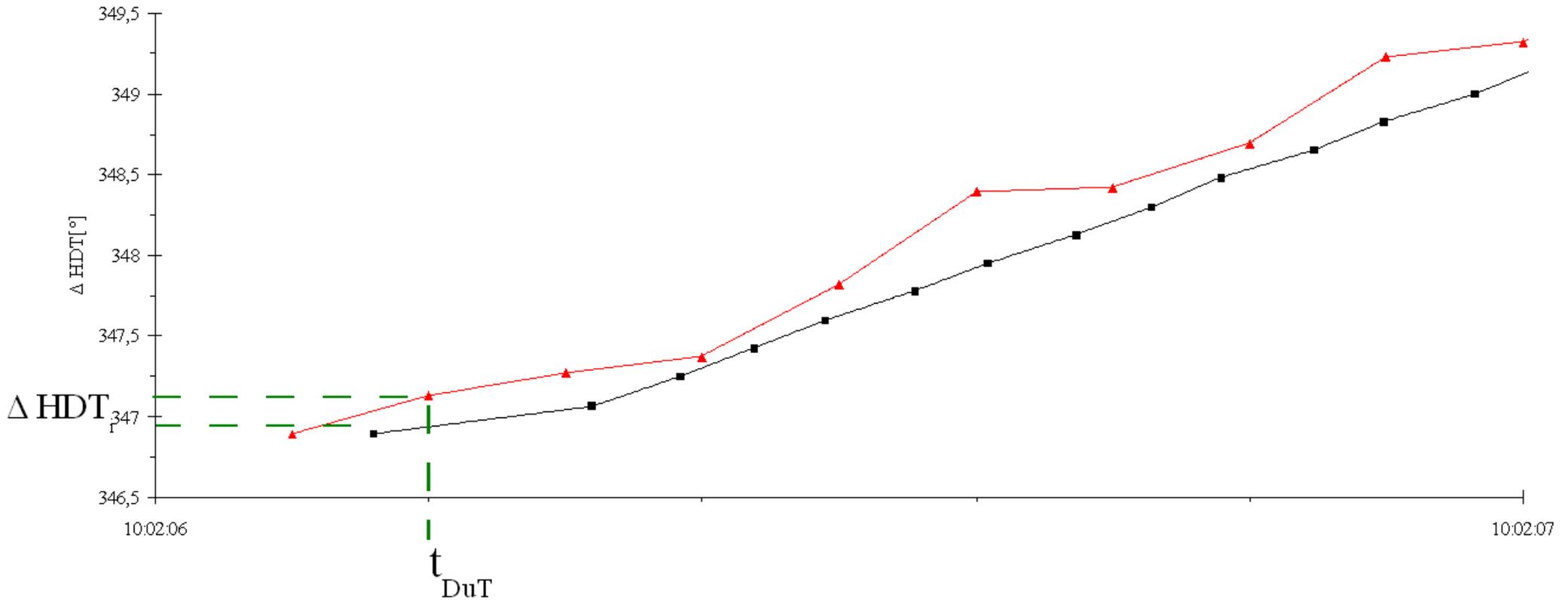
Phase konstanter Bewegung



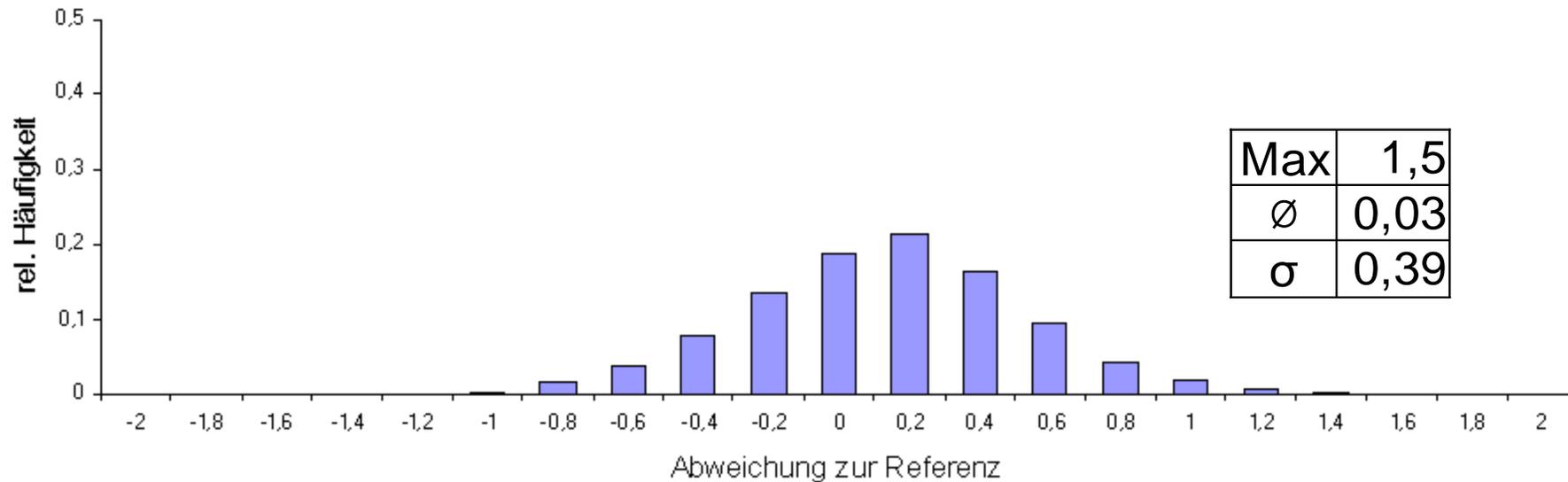
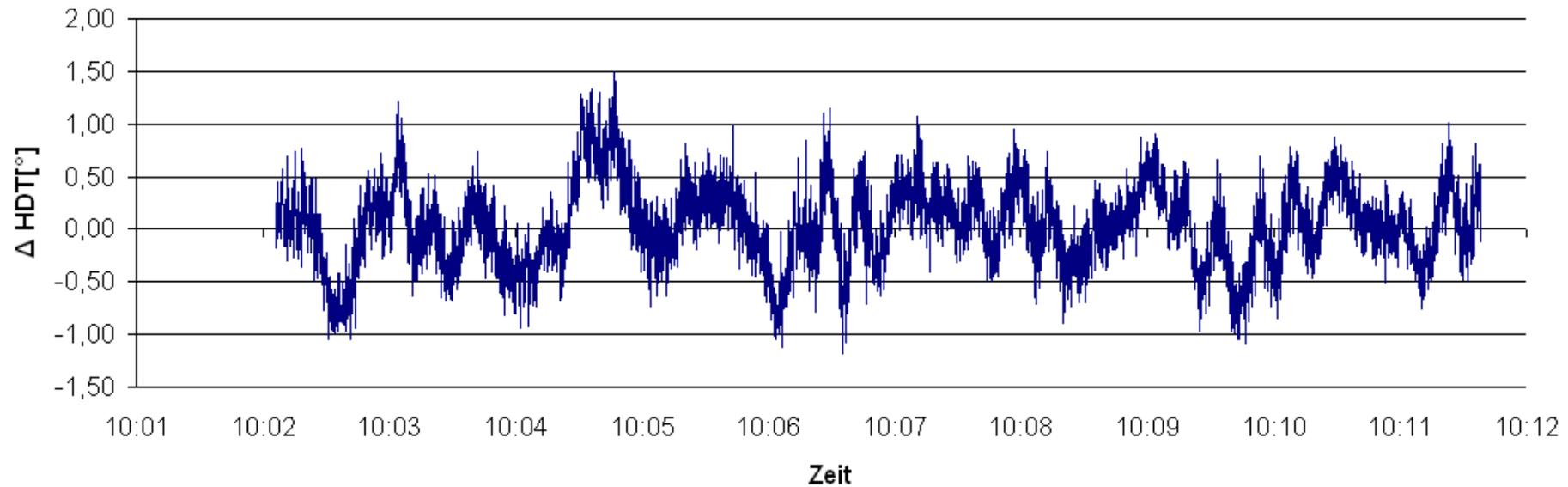
Abbremsphase



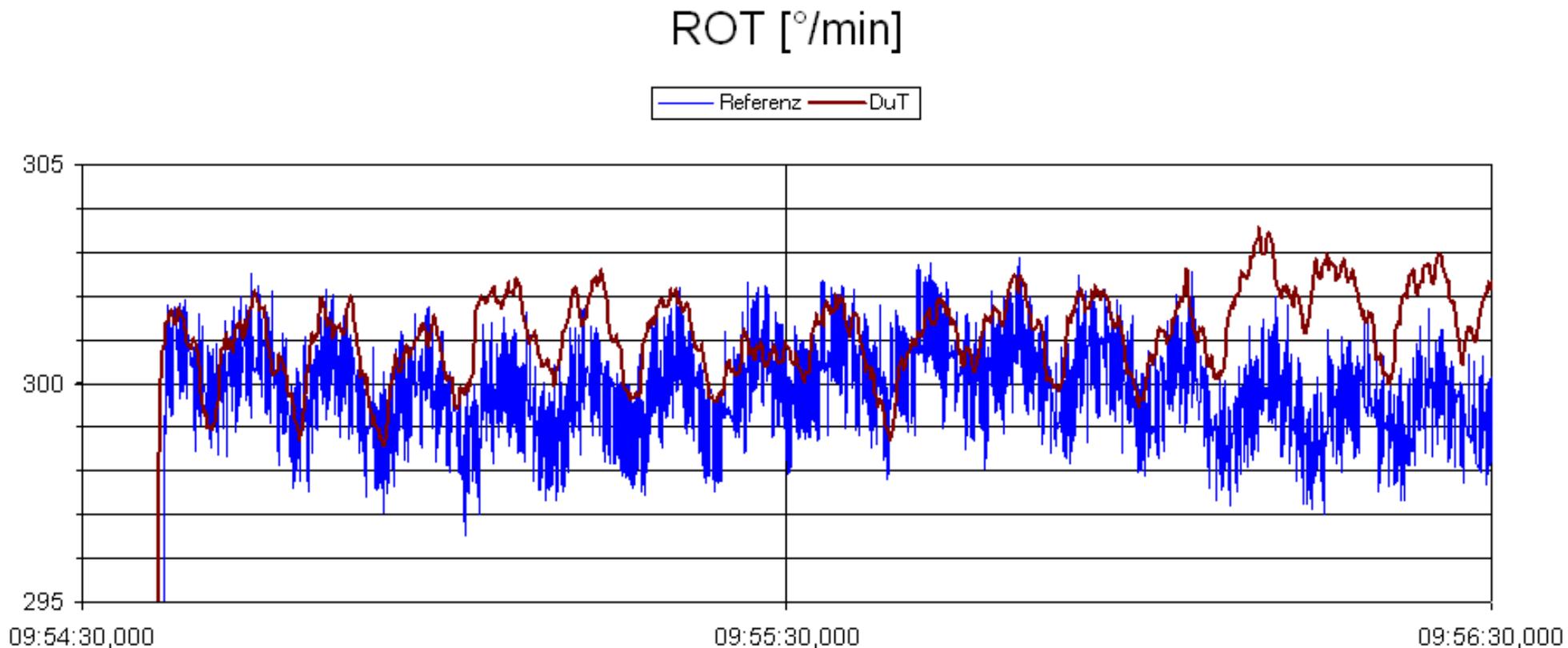
Zeit- und Amplitudendifferenz zur Referenz



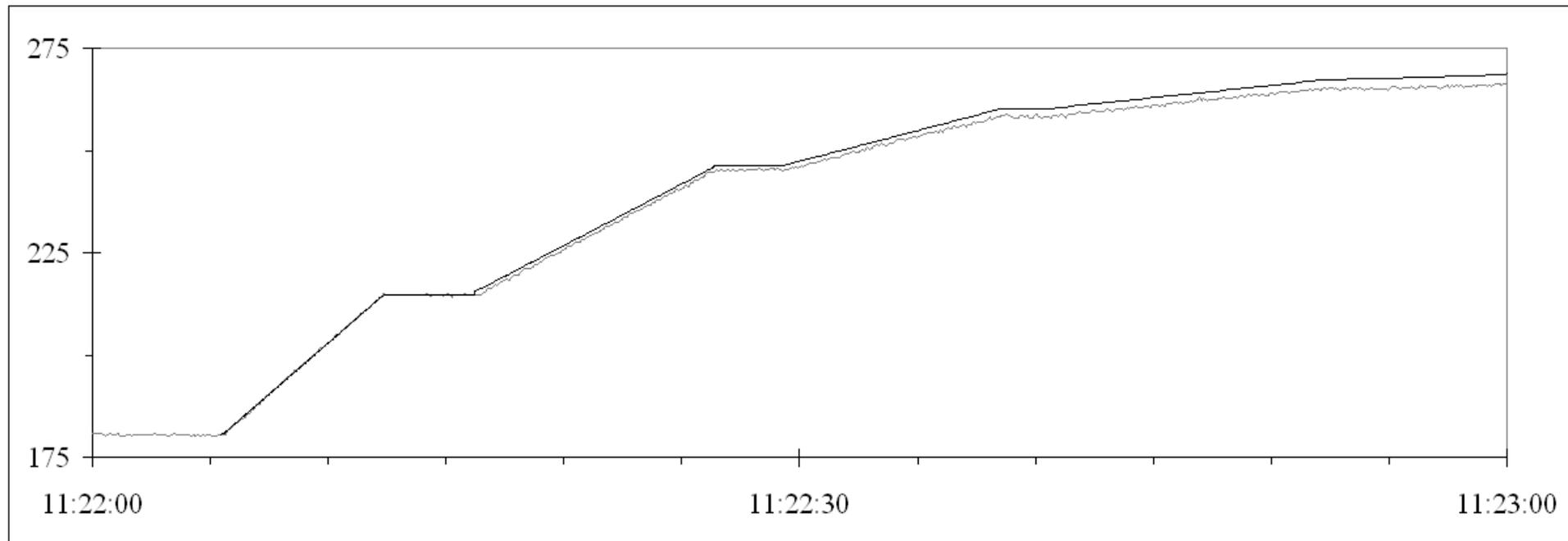
Zeitverlauf und statistische Auswertung von Δ HDT



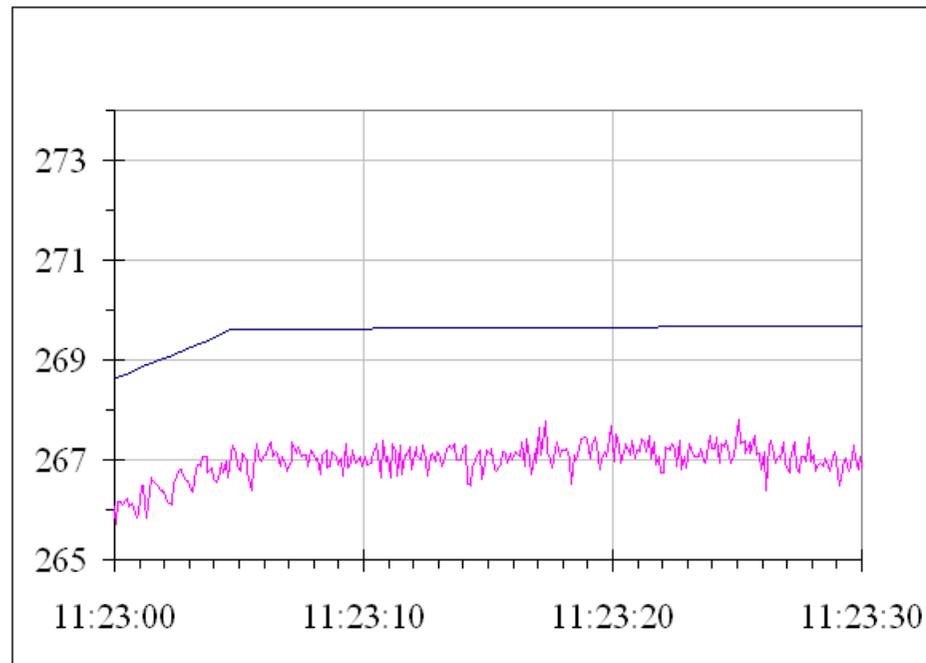
Drehtisch als ROT-Referenz



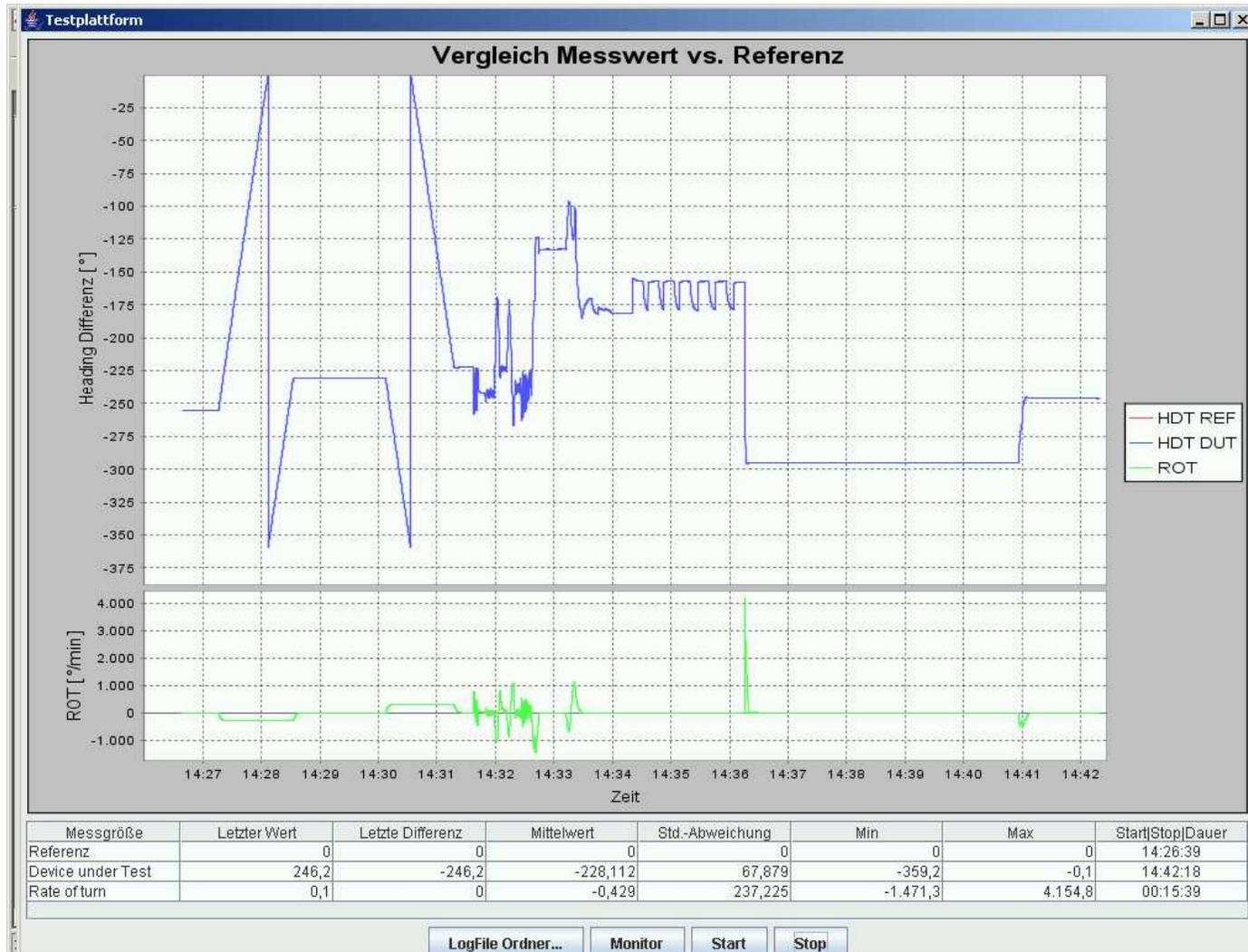
Verhalten bei stetiger Reduktion der ROT



Verhalten bei stetiger Reduktion der ROT



Reaktion auf atypische Bewegungsmuster



Beobachtungen

- bei gleichförmiger Bewegung + guten Umgebungsbedingungen:
 - Messwerte folgen der Bewegung praktisch ideal
 - Übereinstimmung von Bewegungsvorhersage (Kalman-Filter) und tatsächlicher Bewegung
 - Abschattungen haben dann minimale Auswirkungen
- Drift der Messwerte wenn Bewegungsänderungen bestimmte Schwelle unterschreiten
- unvorhersehbare Ergebnisse bei atypischen / unzulässigen Bewegungen

Beobachtungen (Echtzeit)

- Im Normalfall wird immer in zum eingestellten Zeitpunkt ein Messwert ausgegeben.
- Keine garantierte Genauigkeit eines einzelnen Messwerts
- Ein Prozentsatz der Werte liegt innerhalb eines Bereichs
 - z.B. 95% der Werte innerhalb $\pm 0,76^\circ$
- Es gibt Fälle, in denen kein Signal ausgegeben wird
 - nach dem Einschalten (Kalt- / Warmstart)
 - bei schnellen Manövern
- Bei guten Empfangsbedingungen vollzieht der Satellitenkompass Bewegungen sehr gut und zeitnah nach.

7. Fazit und Ausblick

- Der umgebaute Drehtisch schafft eine gute Basis, um Prüfungen zu entwickeln, die verschiedene Aspekte des Echtzeitverhaltens beleuchten, sowie reproduzierbar und präzise bewertbar sind.
- Aufgrund der Zeitstempelvergabe ist eine genaue Bewertung der zeitlichen Zuordnung der Kompass-Signale zu den Winkelschritten möglich.
- Durch einige, teilweise mit geringem Aufwand umsetzbare, Maßnahmen lässt sich der Nutzen des Versuchsaufbaus noch erhöhen

Mögliche Verbesserungsmaßnahmen am Drehtisch

- höhere Drehgeschwindigkeiten
- absoluter Winkel
 - verbessert Robustheit der Daten
 - ermöglicht Änderung der Drehrichtung (praxisnähere Bewegungsmuster)
- Verknüpfung der Zeit/Wertepaare in Elektronik außerhalb der Datenaufzeichnung
- Komplexere Bewegungsmuster durch Montage des Drehtischs auf kontrolliert bewegter Plattform

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit