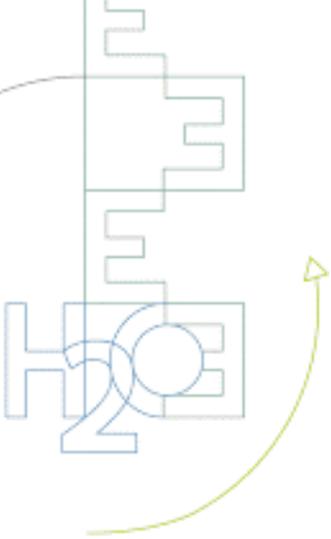


Herzlich Willkommen

RDir Dr. habil. Ulrich Barjenbruch
Abteilung M
Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

Seegangsmessung mit Radar
Bremerhaven, 29.10.03



Entwicklung eines operationell einsetzbaren Radarsensors zur gleichzeitigen Messung von Wasserstand und Seegang

kurz: „Seegangsmessung mit Radar“

Inhalt:

- **Ziele des Forschungsvorhabens**
- **Der Messaufbau und das Datenhandling**
- **Die Messgeräte und registrierten Messgrößen**
- **Grundsätzliche Anforderungen an die Datenaufbereitung**
- **Ergebnisse der Messungen am Pegel „Borkum Südstrand“**
- **Messungen bei eisbedeckter Wasseroberfläche**

Messaufbau und Datenhandling

Pegel Borkum
Südstrand



Schutzraum
Borkum (Insel)



BfG Koblenz



- Messgeräte
- Messumformer

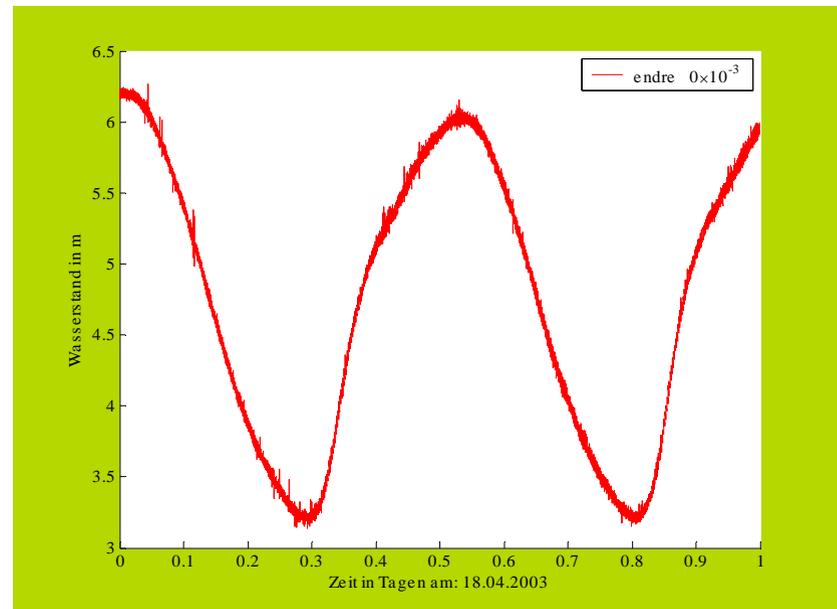
- Echtzeit-Messcomputer unter LabView®-Datenabfrage
- Standard-PC zur Fernkommunikation Fernüberwachung
- Speicherung der Messwerte
- Parametrierung der Sensoren
- Selbstüberwachung und Archivierung aller Messprogramme
- Datenanalyse mit MatLab®

Datenaufkommen > 12 MB pro Tag

Die eingesetzten Radarsensoren im Einzelnen:

Endress+Hauser Micropilot FMR 130

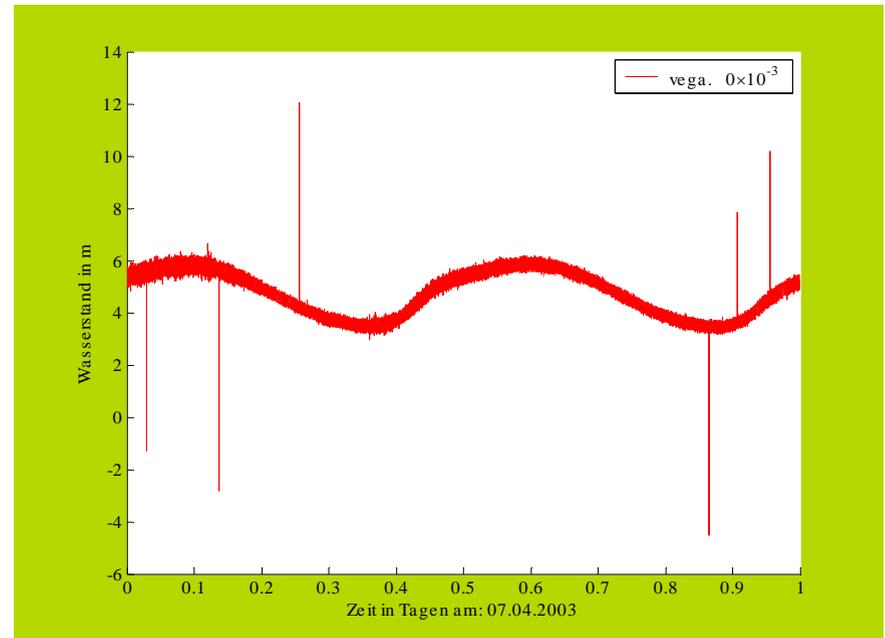
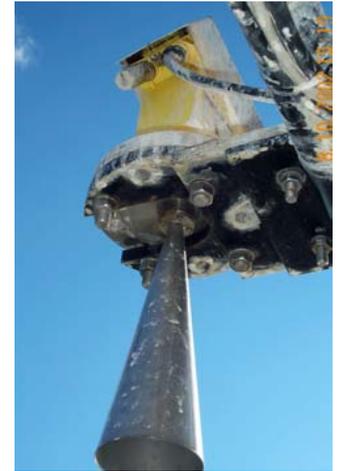
- Pulsradar, 5,8 GHz
- größte Dämpfung unter den eingesetzten Sensoren
- 2 Messwerte / Sekunde
- störungsfreier Betrieb über 4..20 mA und HART®
- 10/2002 Austausch der Elektronik durch E+H, seitdem: geringere Dämpfung



Die eingesetzten Radarsensoren im Einzelnen:

VEGA Vegapuls 42

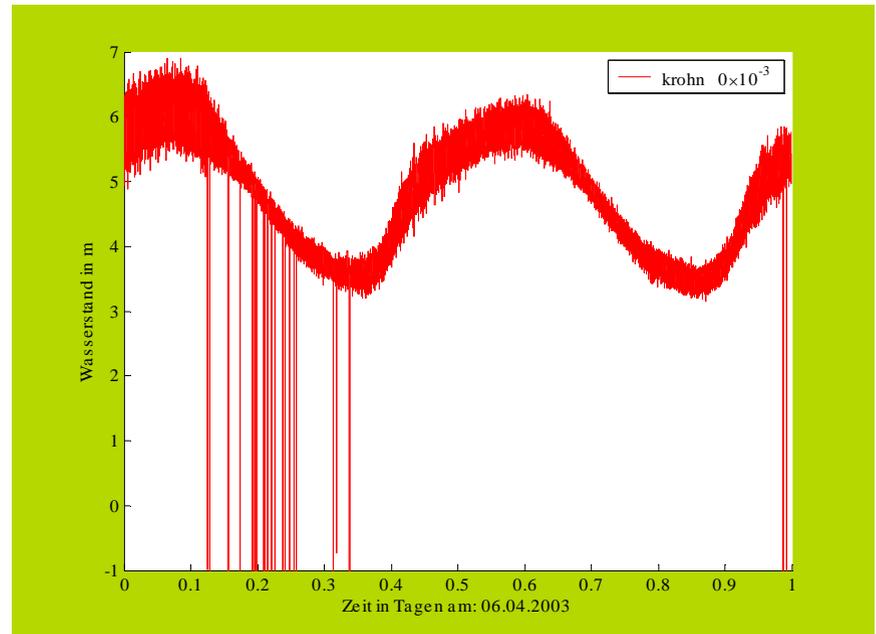
- Pulsradar, 5,8 GHz
- schnellster Sensor im Vergleich
- geringste Dämpfung, erhöhtes Rauschen
- 4 Messwerte / Sekunde
- störungsfreier Betrieb über 4..20 mA und HART[®]



Die eingesetzten Radarsensoren im Einzelnen:

Krohne BM 70 P

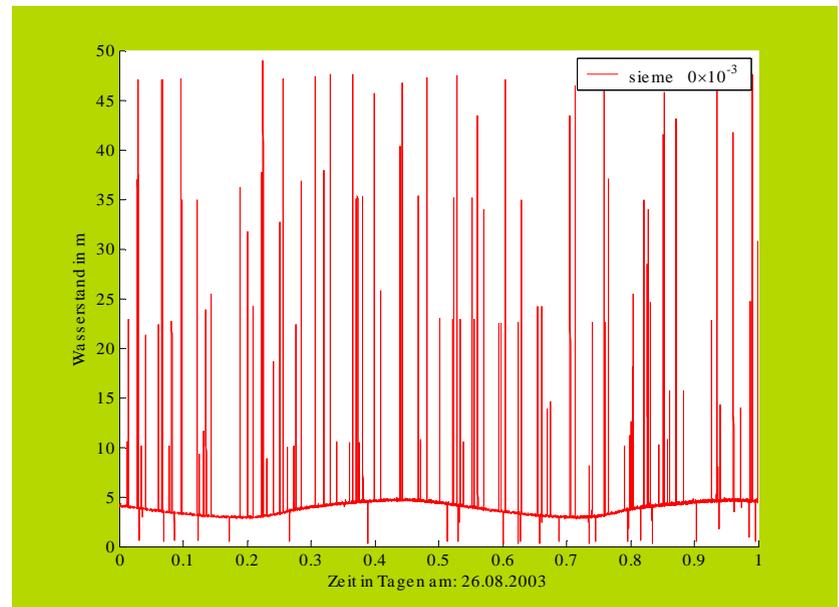
- FMCW- Radar, 24 GHz
- 2 Messwerte / Sekunde
- Betrieb über RS 485
- Störungsfreier Betrieb seit Messbeginn
- schwerstes und teuerstes Gerät im Vergleich
- Lücken in der Datenaufzeichnung durch Softwarefehler (seitens Bfg) seit 01/03: lücken-lose Aufzeichnung



Die eingesetzten Radarsensoren im Einzelnen:

Siemens/Milltronics Sitrans LR 300

- Montage 08/2002
- Preisgabe des Kommunikationsprotokolls 11/2002
- erste Kontaktaufnahme 12/2002
- Totalausfall nach Parametrierung 01/2003
- Fehlersuche mit Siemens
- Betrieb seit dem 07.08.03



Die im Forschungsantrag geplante Referenz:

Drahtwellenpegel des GWKs

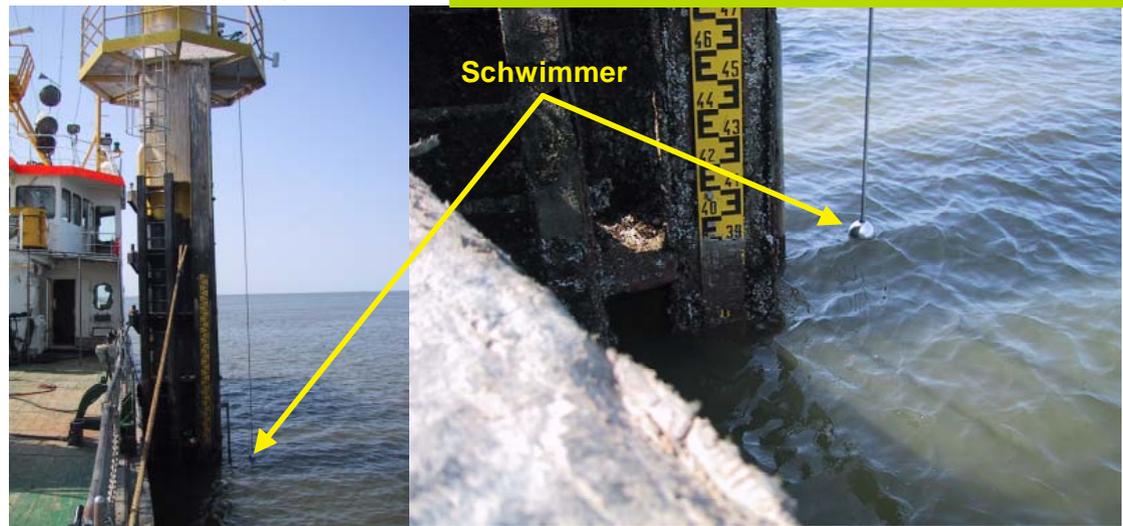
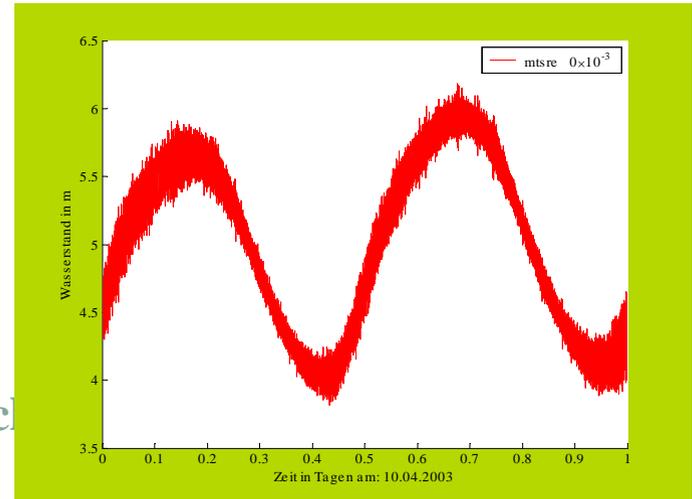
- störungsfreie Aufzeichnung seit Messbeginn
- starke Abweichungen vom amtlichen Pegel
- Neukalibrierung/Überprüfung der Elektronik 10/2002
- erneut starke Abweichungen
- erster Riss des Messdrahtes bei Eisgang 12/2002
- danach Außerbetriebnahme



Die tatsächlich eingesetzte Referenz:

MTS Level Plus

- hohe Messgenauigkeit (eichfähig)
- hohe Messfrequenz bis zu 4 Messwerte pro Sekunde
- der Wasserstand wird durch einen massearmen Schwimmer ermittelt
- seit dem 22.08.03 Ausfall (vermutlich Zerstörung durch ein Schiff)



Weitere registrierte Messgrößen:

- Windrichtung und -stärke
- Lufttemperatur
- Wassertemperatur
- Salzgehalt des Wassers
 - häufige Totalausfälle durch Korrosion



Farbbildaufnahmen der Wasseroberfläche

Farbildkamera der Fa. Convision

- seit dem 10.02.02 in Betrieb zur optischen Charakterisierung der Wasseroberfläche im Hinblick auf die Messgenauigkeit der Radarsensoren
- freundliche Leihgabe des Franzius-Instituts

ruhige
Wasseroberfläche



Wind-
kräuselung



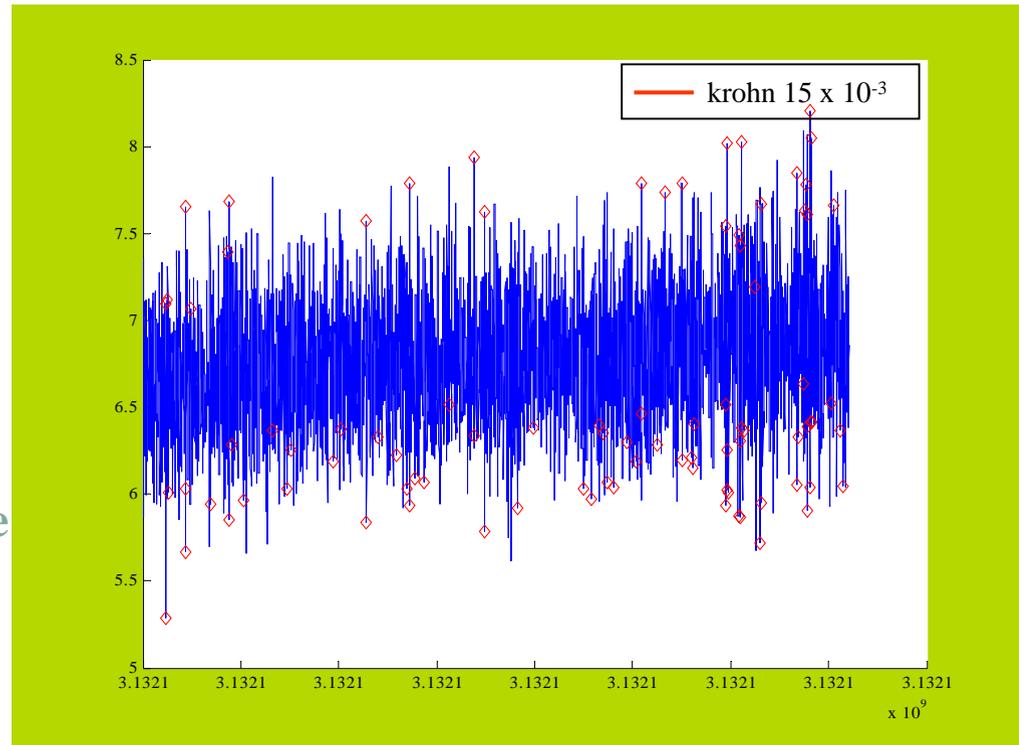
Wellen-
gang



Grundsätzliche Anforderungen an die Datenaufbereitung und -verarbeitung

■ Effiziente mathematische Auswertungssoftware

- da effiziente automatische Plausibilisierung der Daten für eine weitere Verwendung benötigt wird (Ausreißertest)
- da die Messwerte zeitdiskret sind und für eine Messfehlerbestimmung zeitlich äquidistante Messwerte benötigt werden



Beispiel: Krohne Sensor: **6464 Messwerte /h**

62 Werte haben eine zu große positive Beschleunigung

29 eine zu große negative Beschleunigung

Entwicklung einer umfangreichen Auswertesoftware (MatLab®)

Daten-Pfad: ?		Auswertung:		Auswert. für:		Auswert.-Pfad: ?			
D:\Borku\		<input checked="" type="radio"/> Ganglinie darstellen <input checked="" type="radio"/> Messfehler darst. <input type="radio"/> Fourier Analyse <input type="radio"/> Spekt. Energiedichte <input type="radio"/> Wasserspiegel ausl. <input checked="" type="radio"/> Wellenperiode <input type="radio"/> Fehler Histogramm <input checked="" type="radio"/> Offset Korrektur <input checked="" type="radio"/> Zeitkorrektur		<input type="radio"/> GWK <input type="radio"/> Krohne <input type="radio"/> Endress <input checked="" type="radio"/> Vega <input checked="" type="radio"/> MTS <input type="radio"/> aml.		Ref. Exp. <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>		c:\Borkum	
Tag	Monat	Jahr				Ergebn. speichern			
01 02	01 02	2003 2004							
Ausr.-P.	Fakt._Exp.	Schrittweite				Konfig.-Datei:			
4.5 5	0.1	1 2				sensoren.txt			
<input type="radio"/> Tiefp.	<input type="radio"/> G-Mittel.	<input type="radio"/> Exp.-Gl.				<input type="radio"/> Winddaten			
0.25 0.5	Zeit	zurück		weiter					

■ Folgende Operationen können durchgeführt werden:

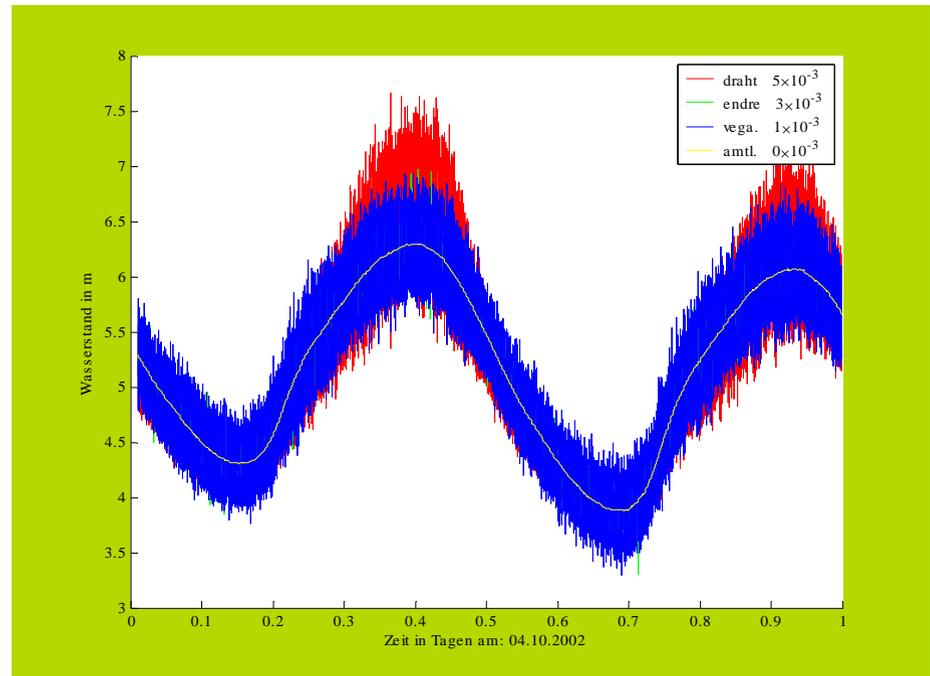
- Plausibilisierung (Ausreißertest), Tiefpassfilterung, gleitende Mittelwertbildung (1 min.), Exponentialdämpfung
- automatische Offsetkorrektur und Zeitfehlerkorrektur (Kreuzkorrelation)
- Darstellung der Ganglinie, Berechnung der Messfehler bezüglich einer Referenz, Messfehlerhistogramm
- Histogramm der Wasserspiegellagensauslenkung und der Wellenperiode
- Fourier-Analyse, Abschätzung der spektralen Energiedichte

Die Qualität der Referenz ist für die Bestimmung der Messgenauigkeit der Sensoren von großer Bedeutung!

■ **Def.:** Messfehler = richtiger Wert - gemessener Wert

■ **Der Wellenpegel aus dem GWK**

- zeigt im GWK eine hohe Messgenauigkeit
- in der Natur keine befriedigenden Ergebnisse



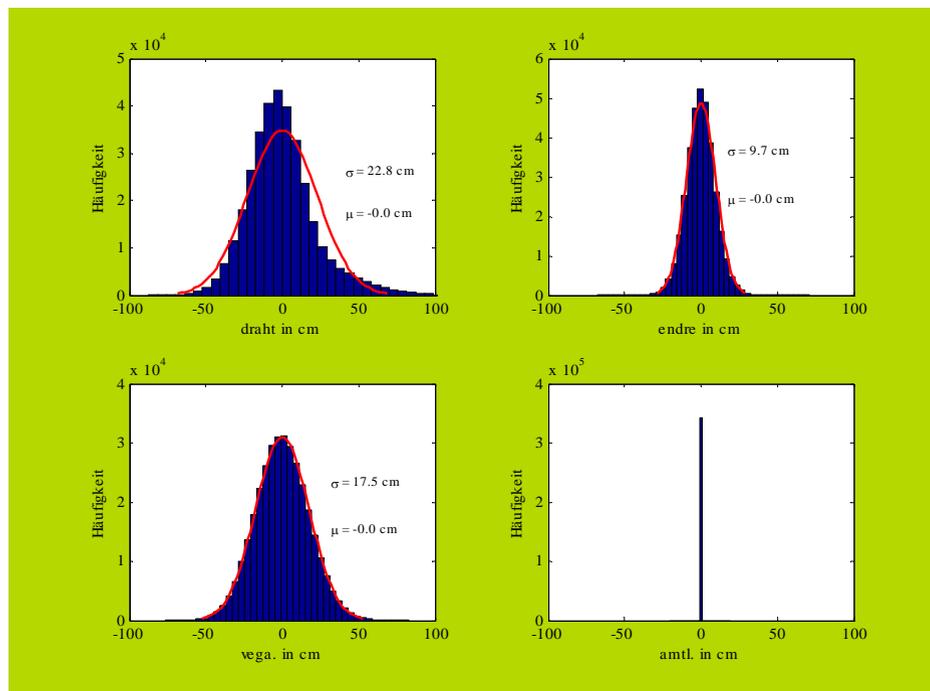
■ **Ganglinien:**

- **GWK-Wellenpegel, E+H-Radar, Vega-Radar und aml. Pegel am 4. 2.2002**

Die Qualität der Referenz ist für die Bestimmung der Messgenauigkeit der Sensoren von großer Bedeutung!

■ Der Wellenpegel aus dem GWK

- zeigt im GWK eine hohe Messgenauigkeit
- in der Natur keine befriedigende Ergebnisse



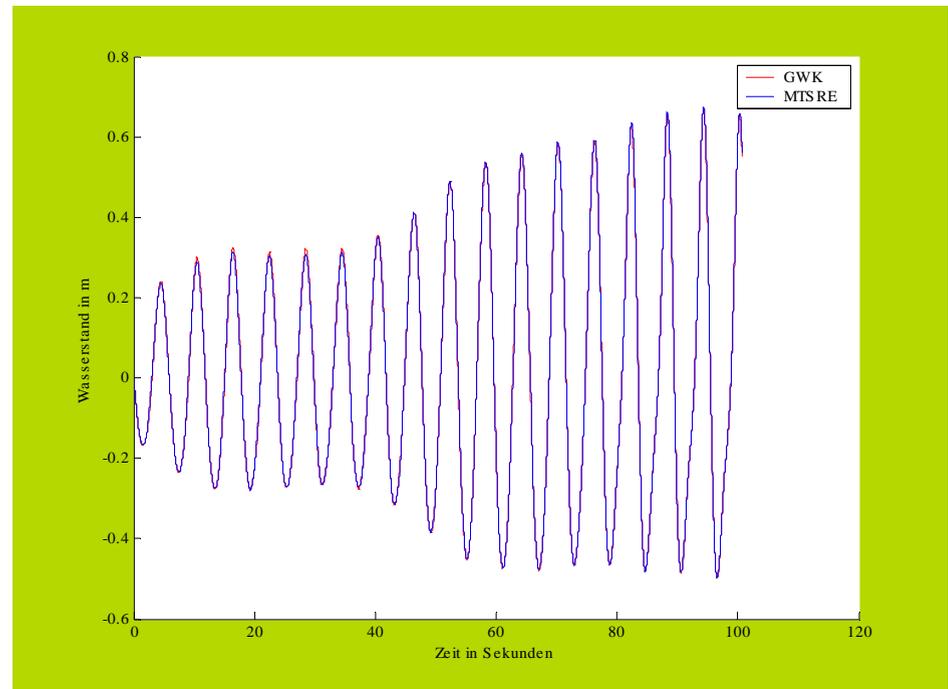
■ Messfehlerhistogramm

- GWK-Wellenpegel, E+H-Radar, Vega-Radar und amtl. Pegel am 04.02.02

Die Qualität der Referenz ist für die Bestimmung der Messgenauigkeit der Sensoren von großer Bedeutung!

■ Magnetostriktiver Sensor (MTS)

- zeigt im GWK eine hohe Messgenauigkeit
- und in der Natur eine hohe Messgenauigkeit



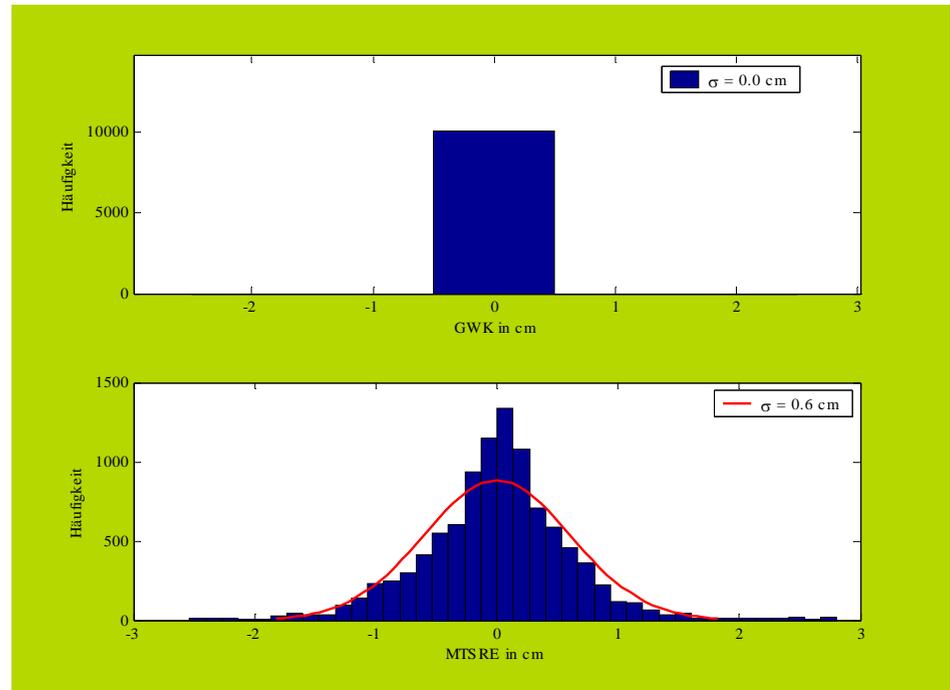
■ Ganglinie im großen Wellenkanal

- GWK-Wellenpegel und MTS

Die Qualität der Referenz ist für die Bestimmung der Messgenauigkeit der Sensoren von großer Bedeutung!

■ Magnetostriktiver Sensor (MTS)

- zeigt im GWK eine hohe Messgenauigkeit
- und in der Natur eine hohe Messgenauigkeit

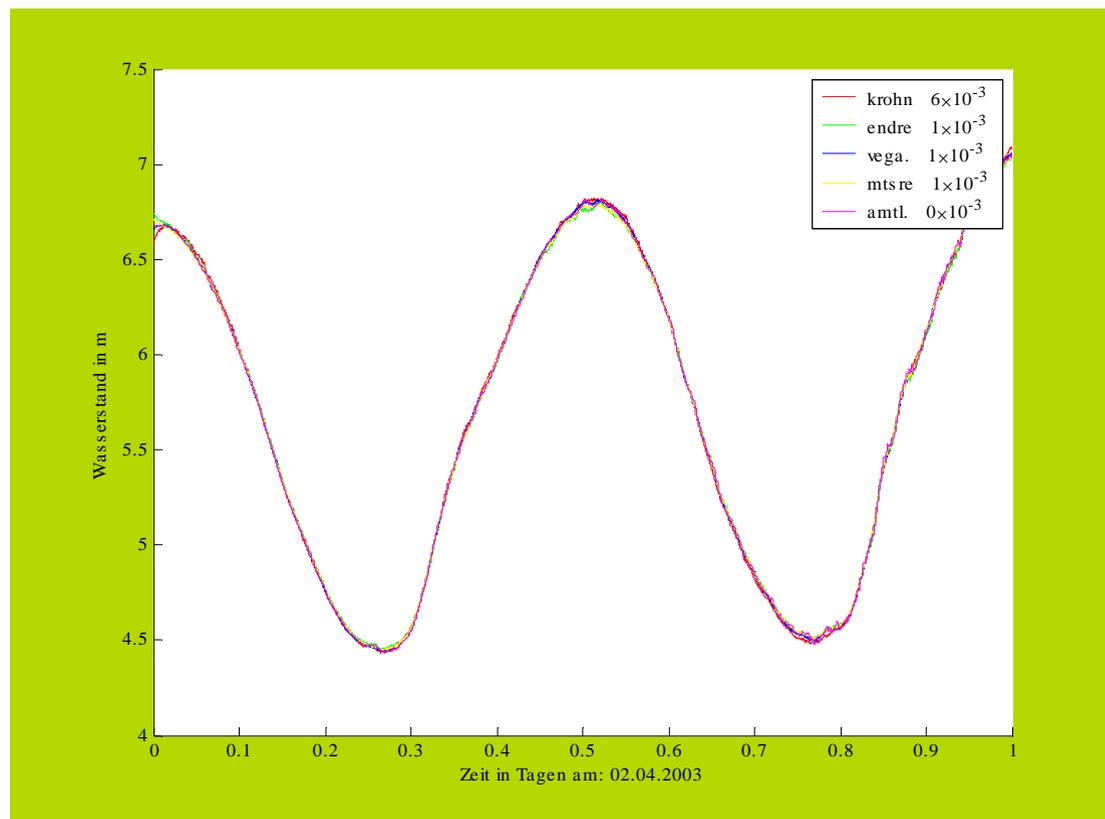


■ Messfehlerhistogramm

- GWK-Wellenpegel und MTS

Die hydrologische Messung des Wasserstandes:

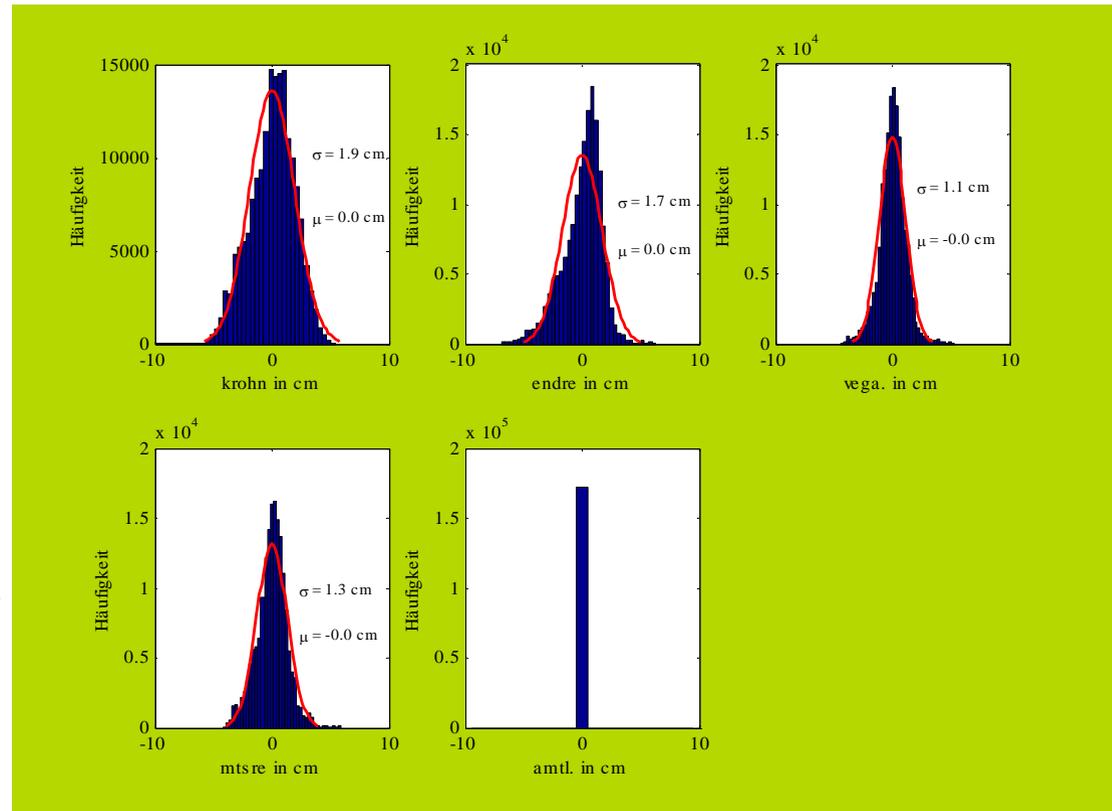
- Die Messgenauigkeit der in diesem Rahmen untersuchten Radarsensoren ist ausreichend für eine hydrologische Messung des Wasserstandes.



- Exponentiell gedämpfte Ganglinien aller Sensoren am 02.04.03

Die hydrometrische Messung des Wasserstandes:

- Die Messgenauigkeit der in diesem Rahmen untersuchten Radarsensoren ist ausreichend für eine hydrologische Messung des Wasserstandes.



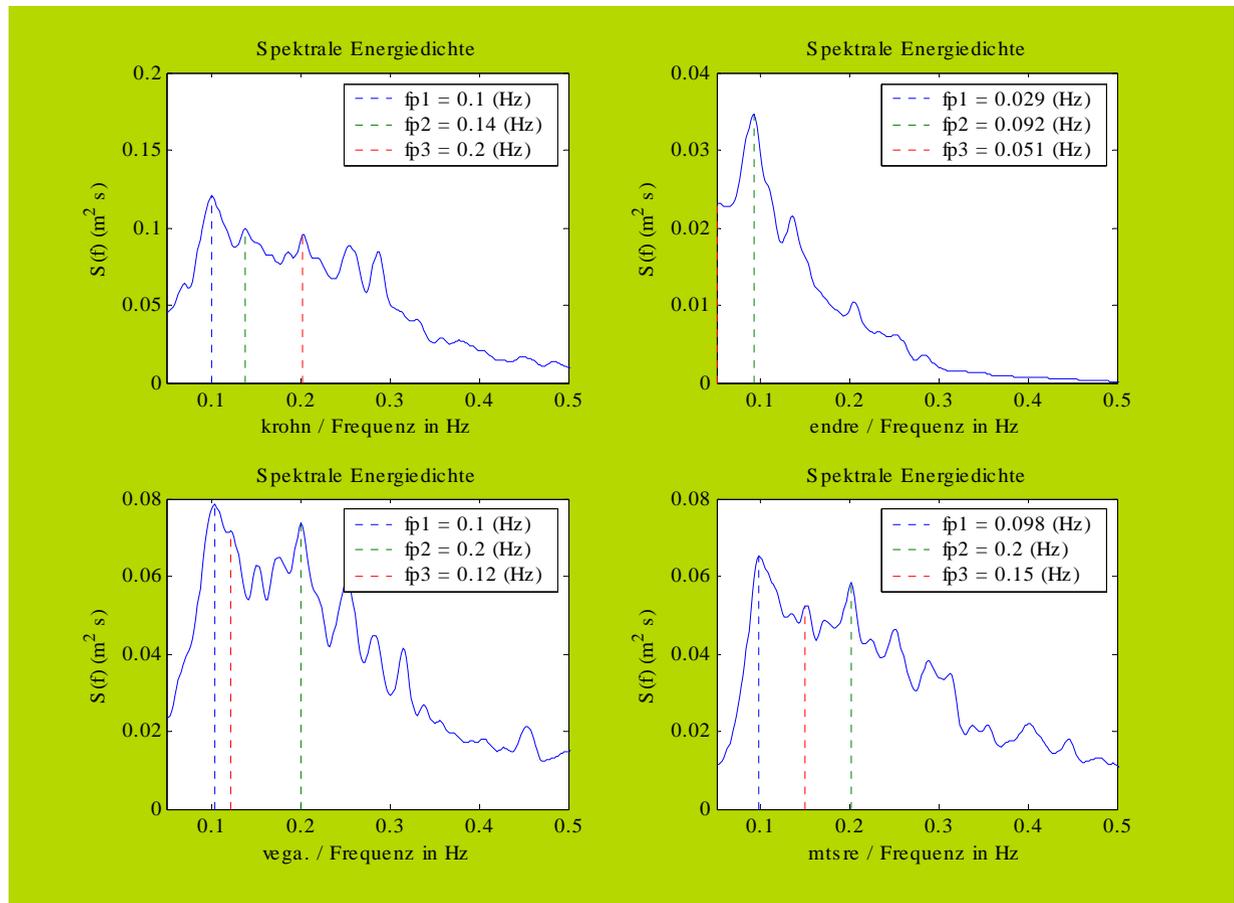
- Messfehlerhistogramm aller Sensoren am 02.04.03

Referenz:

amtl. Wasserstand

Die hydrometrische Messung des Seegangs:

- Die Radarsensoren zeigen ein charakteristisches Rauschen im niederfrequenten Bereich

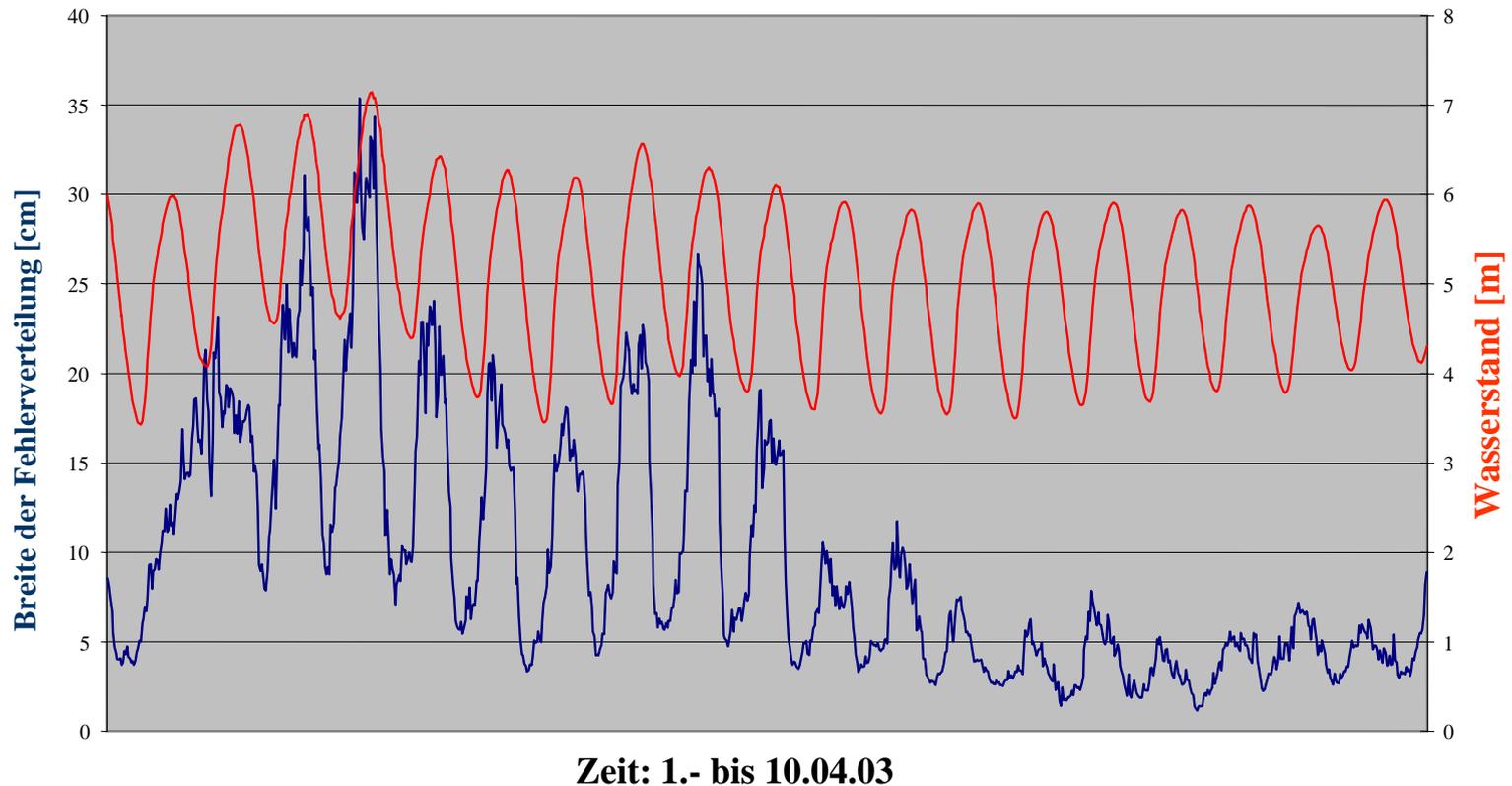


- Spektrale Energiedichte aller Sensoren am 03.04.03 um 7 Uhr

Die hydrometrische Messung des Seegangs:

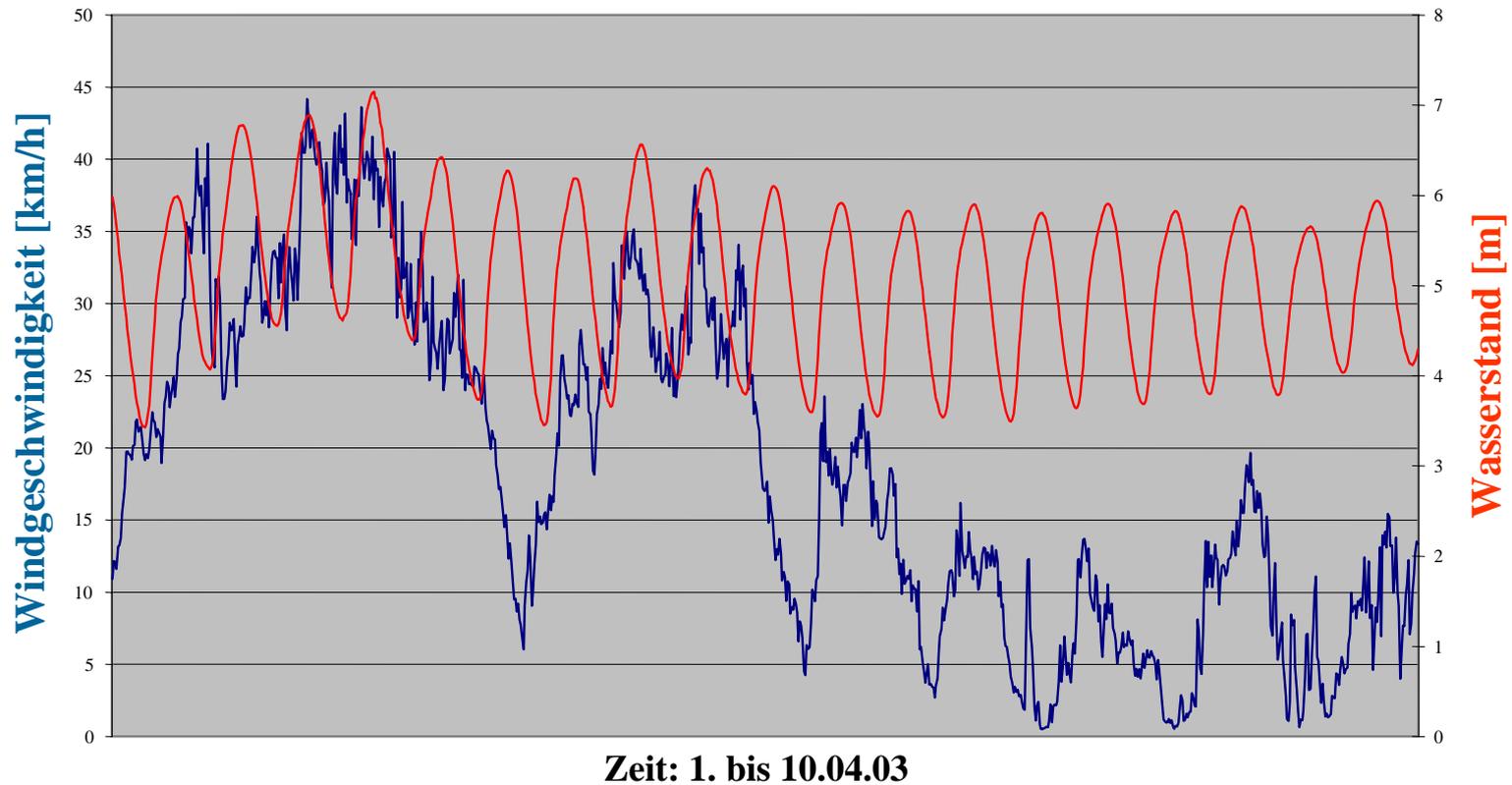
Korrelation:

Breite der Fehlerverteilung σ und Wasserstand



Die hydrologische Messung des Seegangs:

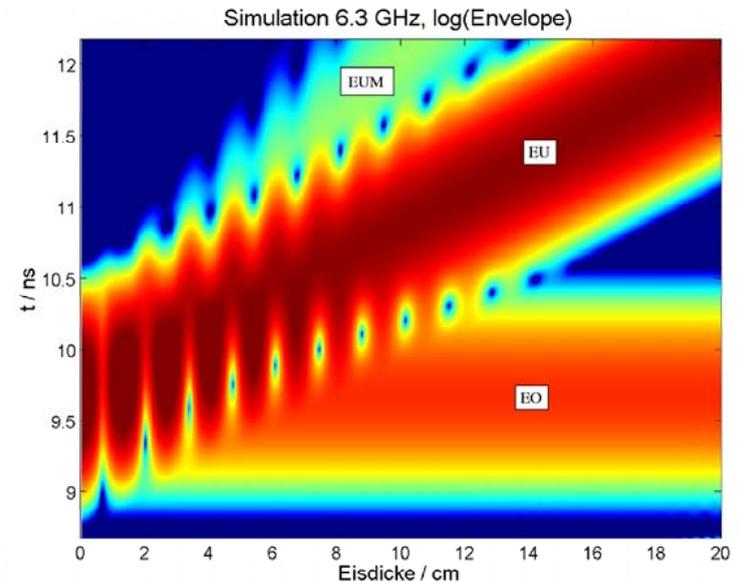
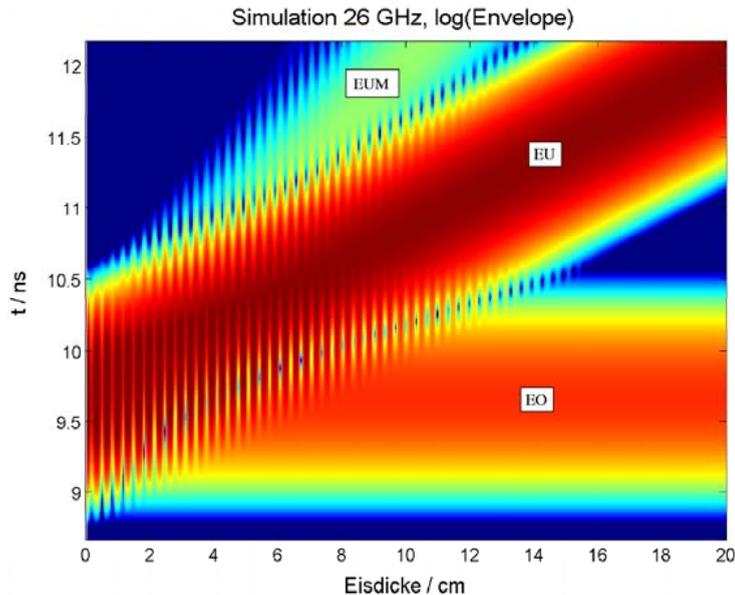
Windgeschwindigkeit und Wasserstand (Borkum Südstrand)



Grundlegende Untersuchung zur Messung des Wasserstandes bei eisbedeckter Wasseroberfläche:

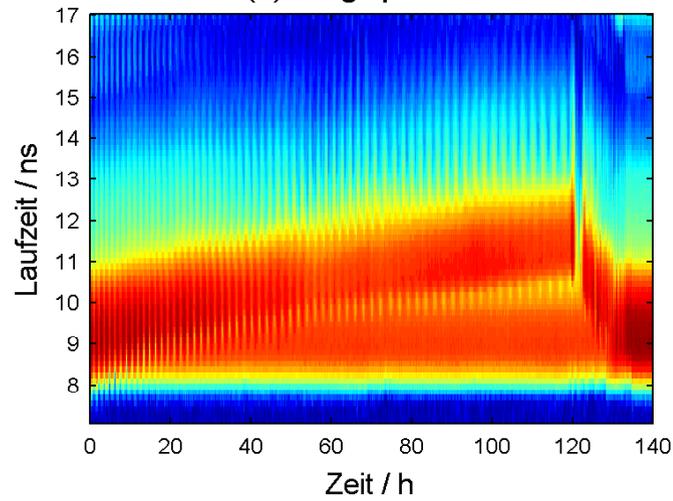
■ Durchführung der Messungen am IGF in Münster

- theoretische Untersuchungen
- Messungen an Süßwassereis
- Messungen an Salzwassereis (1% + 2% Salzgehalt)
- Messungen bei einer Schneeauflage auf dem Eis

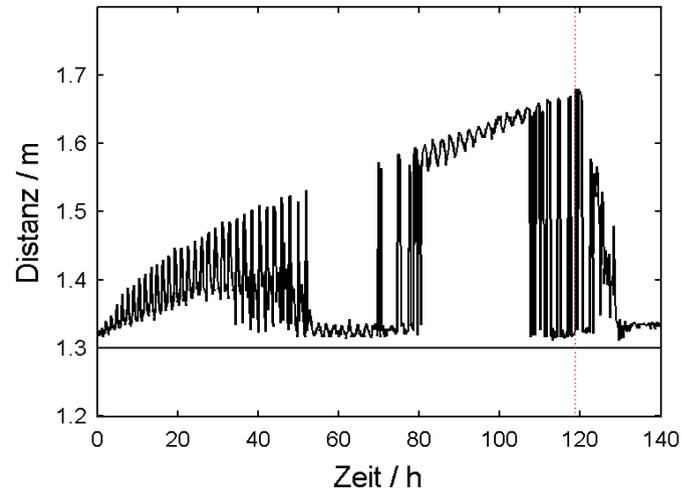


Messungen am Süßwassereis:

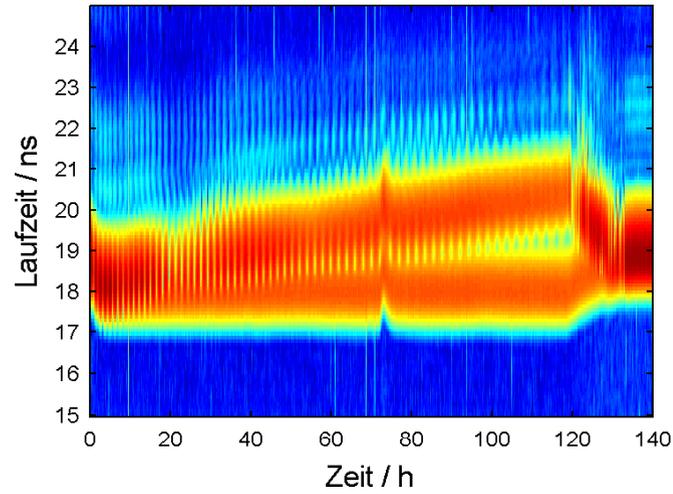
(c) Vegapuls 42



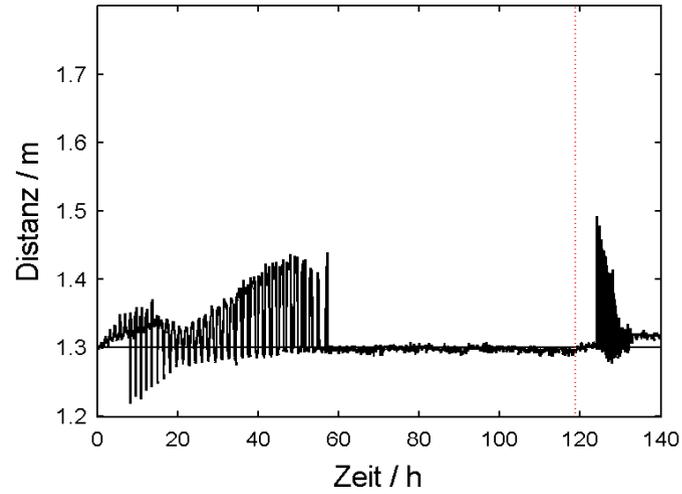
(d) Vegapuls 42 - Distanz



(e) E&H FMR 130 P

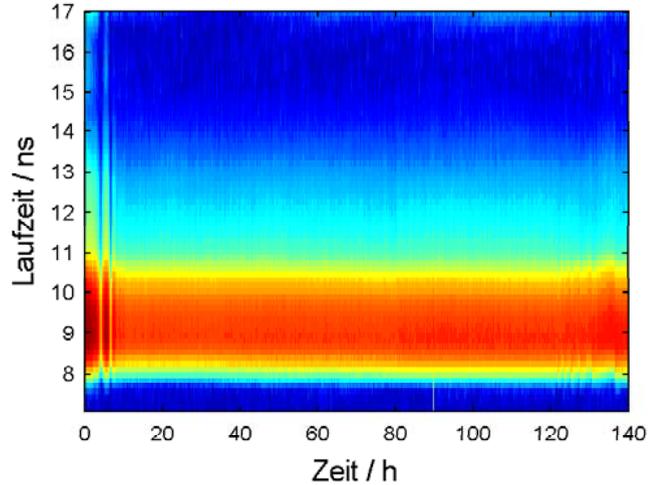


(f) E&H FMR 130 P - Distanz

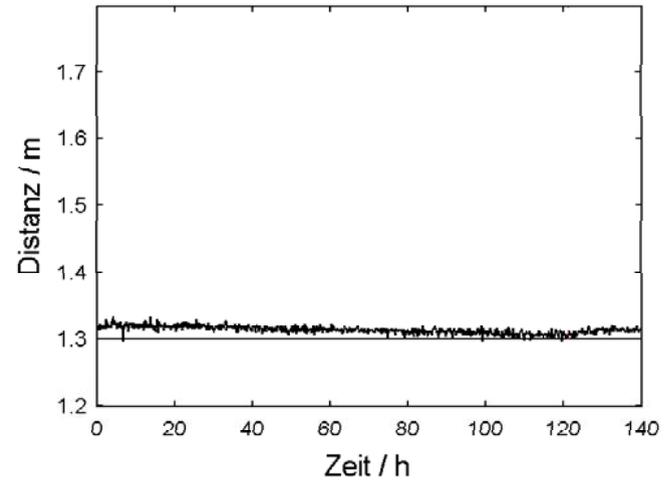


Messungen am Salzwassereis:

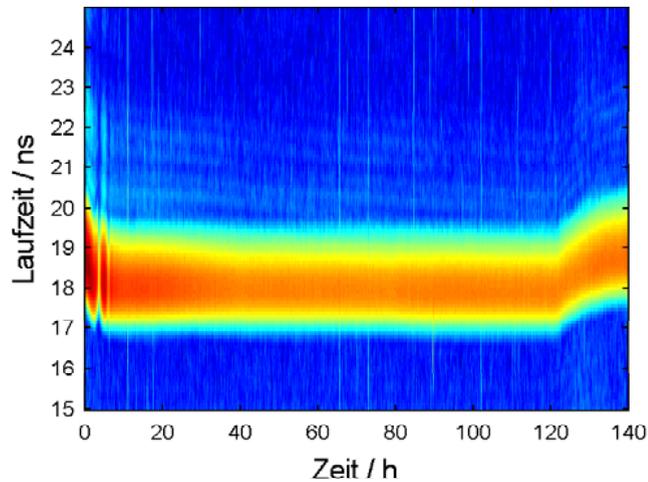
(c) Vegapuls 42



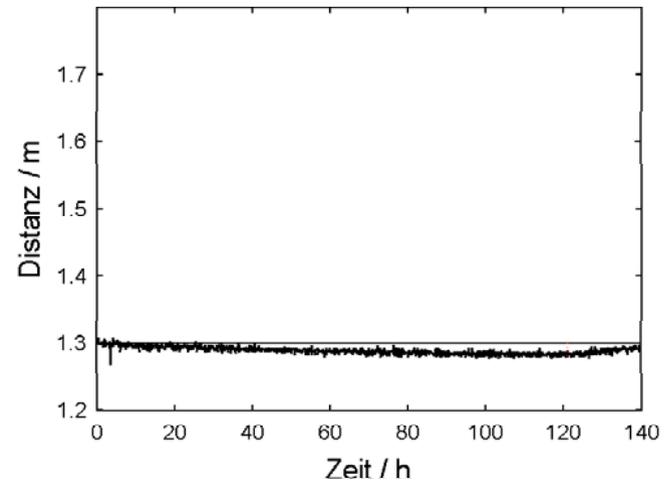
(d) Vegapuls 42 - Distanz



(e) E&H FMR 130 P



(f) E&H FMR 130 P - Distanz



Zusammenfassung der Ergebnisse der Messungen bei eisbedeckter Wasseroberfläche:

	Detektion der Eisbildung	Einfluss der Temperatur	Einfluss der Oberflächenrauigkeit	Bestimmung der Eismächtigkeit
E&H FMR 130P	gut	mittel	mittel	mittel
Vegapuls 42	gut	mittel	mittel	mittel
Vegapuls 42 P	gut	schlecht	mittel	gut
Vegapuls 54 P	gut	schlecht	gut	gut
Enraf	schlecht	?	?	nicht möglich
Krohne BM70 P	schlecht	?	?	schlecht



E+H



Vega 42



Vega 42P



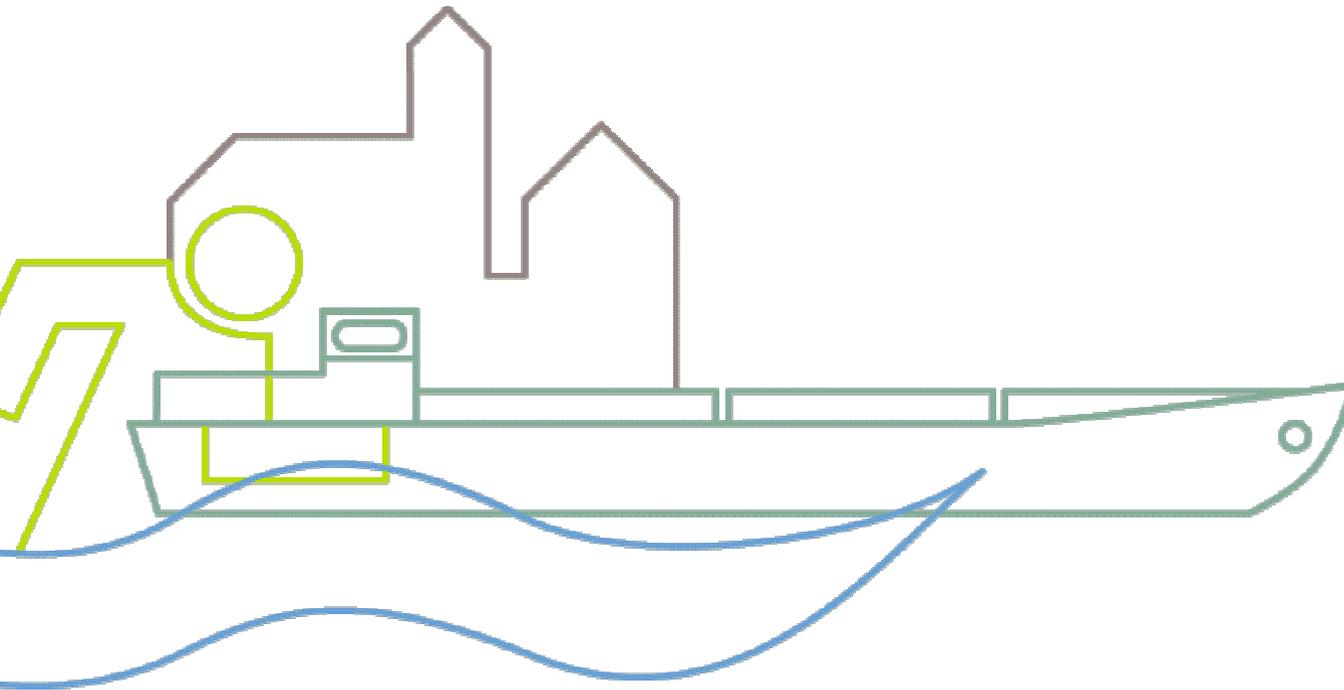
Vega 54P



Enraf

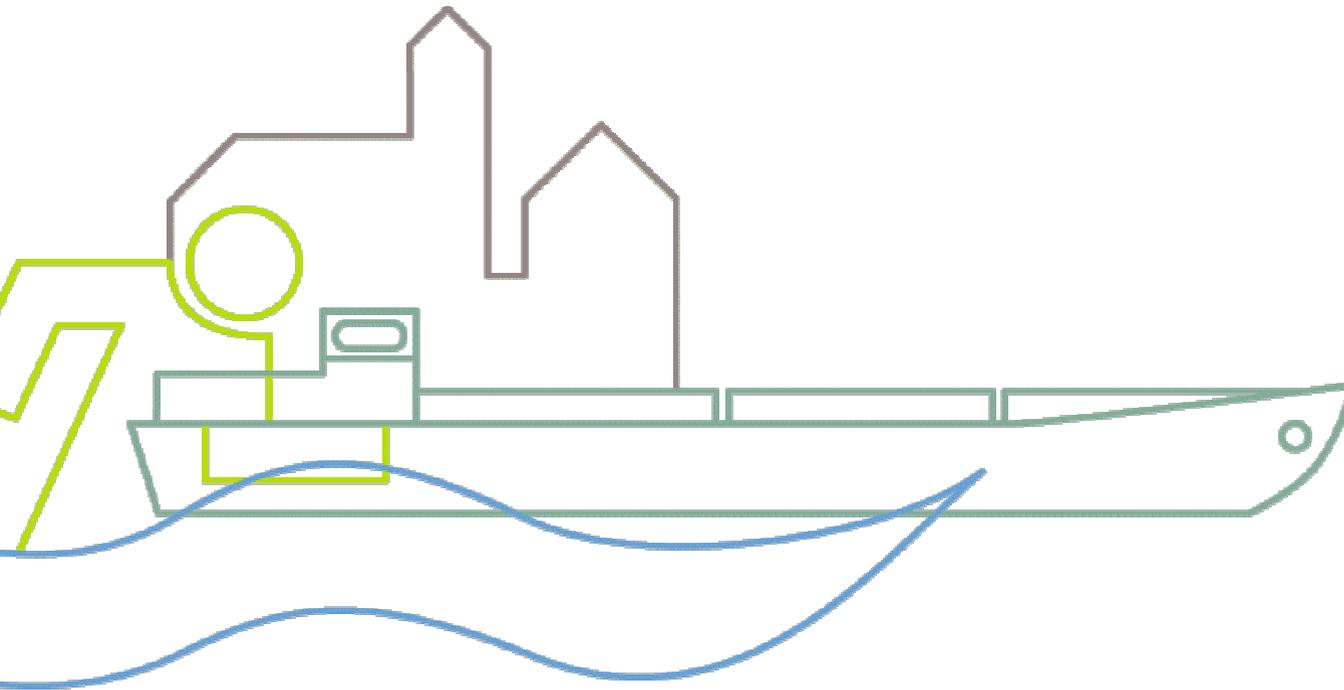


Krohne



Danksagungen:

- dem BMBF (Projekträger Jülich) für die finanzielle Unterstützung
- dem Wasser- und Schifffahrtsamt Emden für die technischen und räumlichen Hilfestellungen, sowie für die gute Zusammenarbeit
- dem Franzius-Institut Hannover für die vertrauensvolle Zusammenarbeit und die Leihgaben (Kamera und Wellenpegel)



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

RDir Dr. habil. Ulrich Barjenbruch
Abteilung M
Bundesanstalt für Gewässerkunde
Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz

Tel.: 0261/1306-5406, Fax: 0261/1306-5619
E-Mail: barjenbruch@bafg.de
www.bafg.de/html/aufgaben/fachbe/m4/html/m4.htm

Seegangsmessung mit Radar: Fehlergröße am 2.4.03

■ Messung: Radar, MTS und aml. Pegel.

- Gleitende Mittelwertbild über 1 Minute

