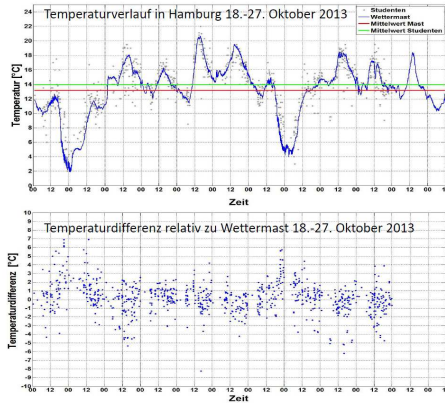


03 – Sensoren – Genauigkeiten



Emery, W.J. and R.E. Thomson
(2001) *Data Analysis Methods in
Physical Oceanography. Chapter 1:
Data Acquisition and Recording.*
ELSEVIER, Amsterdam.

Bergmann, Schaefer (1998)
*Lehrbuch der Experimentalphysik:
Mechanik, Relativität, Wärme.* De
Gruyter, Berlin. Kap. 2.1

Siedler, G. (1998) *SI-Einheiten in
der Ozeanographie- Berichte aus
dem Institut für Meereskunde Kiel,*
Nr. 101.

Aufbau eines Messgerätes

Sensor

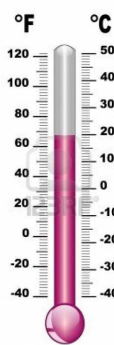


Wandler

Übertragung

Wandler

Registrierung



Sensoren, Wandler, Übertragung, Registrierung

Sensoren (Messfühler) ändern ihre Eigenschaften in Abhängigkeit von der zu messenden Größe

Ausdehnung von Quecksilber	– Temperatur
Änderung des elektrischen Widerstands	- Temperatur

Wandler setzt Veränderung in eine Form um, die übertragen, registriert oder angezeigt werden kann

Kapillarrohr	- Längenmessung
Elektrischer Schwingkreis	- Frequenzmessung

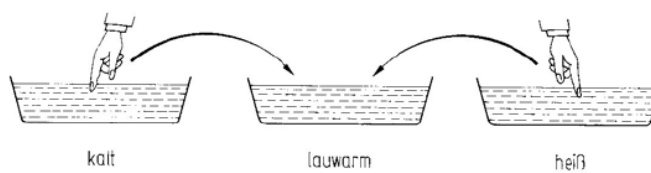
Übertragung zum zweiten Wandler oder Registriereinheit

Optisch	- ins Gehirn
Kabel	- zur Deckeinheit

Registrierung und Datenspeicherung

Protokoll auf Bleistift und Papier
Protokoll auf Rechner

Qualitative vs. quantitative Beobachtungen



Sinnesorgane lassen sich leicht täuschen

Physikalische Messungen müssen quantitativ sein.

Nicht **lang**, sondern **3.56 m**

Nicht **warm**, sondern **284.5 K**

Nicht **schnell**, sondern **4.67 m/s**

Zahlenwert und Maßeinheit

SI-Einheiten in der Ozeanographie

SI-System: Système International d'Unit s

SI – Grundeinheiten:

Länge	Meter	[m]
Masse	Kilogramm	[kg]
Zeit	Sekunde	[s]
Elektrischer Strom	Ampere	[A]
Thermodynamische Temperatur	Kelvin	[K]
Stoffmenge	Mol	[mol]
Lichtstärke	Candela	[cd]
Ebener Winkel	Radian	[rad]
Raumwinkel	steradian	[sr]

SI-abgeleitete Größen

Fläche	Quadratmeter			[m ²]
Dichte	Kilogramm pro Kubikmeter			[kg/m ³]
Wellenzahl	1 pro Meter			[m ⁻¹]
Kraft	Newton	N		m kg s ⁻²
Druck	Pascal	Pa	N/m ²	m ⁻¹ kg s ⁻²
Wärmeenergie	Joule	J	Nm	m ² kg s ⁻²
Celsius-Temperatur	Grad Celsius	�C		K
Dyn. Viskosität	Pascalsekunde	Pa s		m ⁻¹ kg s ⁻¹

Auch gebräuchlich aber kein SI

Seemeile oder nautische Meile [nm] 1853 m

Knoten [kn] 1 nm/Stunde = 0.514 m/s

Sensoren: Eigenschaften und Begriffserklärungen

Messbereich (range): Bereich, in dem man mit dem Gerät messen kann.

Überlastbarkeit (overload capability): Bereich, in dem das Gerät nicht beschädigt wird.

Absolute Genauigkeit (accuracy): Angabe der maximalen Abweichung vom absoluten Wert.

Reproduzierbarkeit (precision): Abweichung bei Mehrfachmessungen eines festen Wertes, wenn zwischendurch andere Werte gemessen werden.

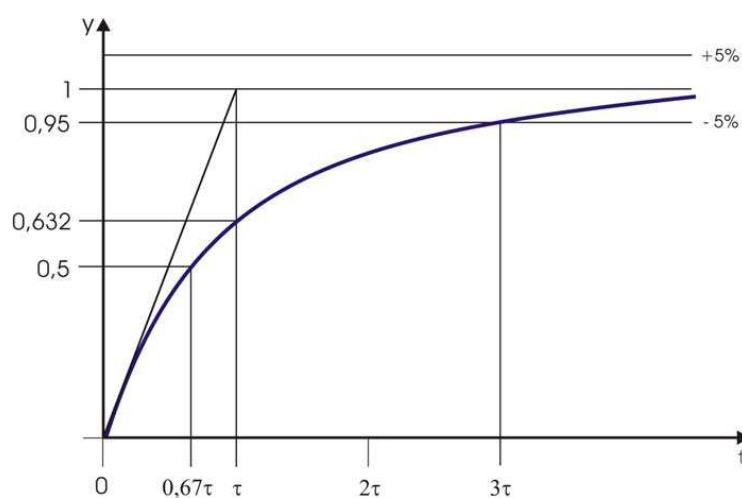
Auflösung (resolution): Kleinstes Intervall zwischen Messwerten, die noch getrennt erkannt werden können.

Empfindlichkeit (sensitivity): Verhältnis von Anzeige zu gemessenem Wert.

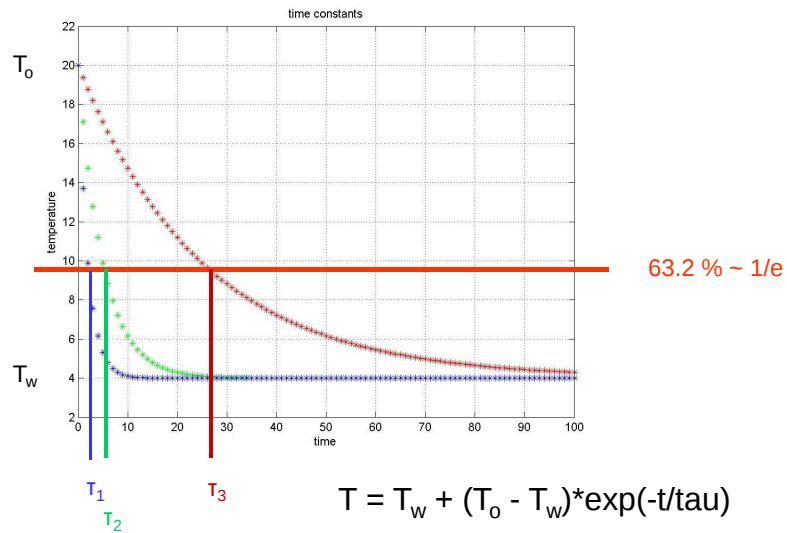
Stabilität (stability): Änderung der Anzeige eines festen Wertes mit der Zeit.

Einstellzeit (response time): Die E. gibt an, in welcher Zeit bei schlagartiger Änderung des Messwertes die Anzeige einen bestimmten Bruchteil des Endwertes erreicht hat (z.B. $1/e$, 90%)

Einstellzeit - Zeitkonstante



Einstellzeit - Zeitkonstante



Beispiele Einstellzeiten

Umkippthermometer Quecksilber	200 - 300 s
Pt-100 Temperaturfühler (CTD)	0.200 s
Thermistoren (Halbleiter)	0.030 s
El. Leitfähigkeit	0.040 s

Probleme bei gleichzeitiger Verwendung zweier Messfühler zur Bestimmung einer dritten Variablen:

z.B. Salzgehalt = S (Temperatur, Leitfähigkeit, Druck)

Empfindlichkeit und Auflösung

... haben Rückwirkungen auf die Genauigkeit der Messgrößen und abgeleiteter Größen.

Längenmessung: ± 0.05 m
 Zeitmessung ± 0.05 s

Geschwindigkeit $1 \text{ m} / 3 \text{ s} = 0.3333 \text{ m/s}$

	0.95 m	1.00 m	1.05 m
3.05 s	0.311m/s	0.328m/s	0.344m/s
3.00 s	0.317m/s	0.333m/s	0.350m/s
2.95 s	0.322m/s	0.339m/s	0.356m/s

Fehler

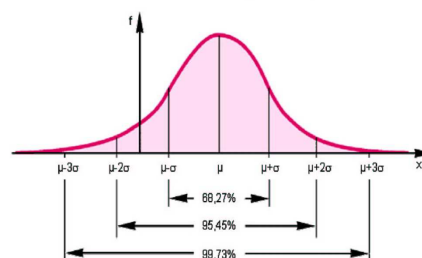
Zufällige oder statistische Fehler (Gaußverteilung)

Mittelwert und Standardabweichung

$$\bar{x} = \sum_i x_i / n$$

$$\Delta \bar{x} = \pm \sqrt{\frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

Gauß Verteilung - Integral



Fehlerfortpflanzungsgesetz

$$\Delta \bar{R} = \sqrt{\left(\frac{\partial R}{\partial x}\right)^2 (\Delta \bar{x})^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial y}\right)^2 (\Delta \bar{y})^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial z}\right)^2 (\Delta \bar{z})^2 + \dots}$$

Fehler

Systematische Fehler

Falsche Skala
Falsche Eichung
Fehlkonstruktion des Gerätes

Lässt sich korrigieren, wenn man ihn versteht

Systematische Fehler



GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 33, L18604, doi:10.1029/2006GL027033, 2006

Recent cooling of the upper ocean

John M. Lyman,^{1,2} Josh K. Willis,³ and Gregory C. Johnson¹

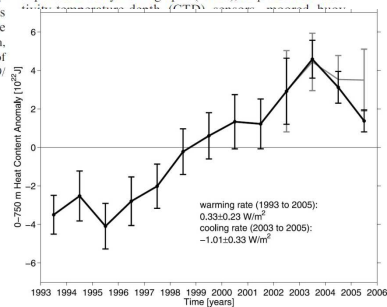
Received 26 May 2006; revised 29 June 2006; accepted 11 August 2006; published 20 September 2006.

[1] We observe a net loss of $3.2 (\pm 1.1) \times 10^{22}$ J of heat from the upper ocean between 2003 and 2005. Using a broad array of in situ ocean measurements, we present annual estimates of global upper-ocean heat content anomaly from 1993 through 2005. Including the recent downturn, the average warming rate for the entire 13-year period is 0.33 ± 0.23 W/m² (of the Earth's total surface area). A new estimate of sampling error in the heat content record suggests that both the recent and previous global cooling events are significant and unlikely to be artifacts of inadequate ocean sampling. **Citation:** Lyman, J. M., J. K. Willis, and G. C. Johnson (2006), Recent cooling of the upper ocean, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L18604, doi:10.1029/2006GL027033.

Using high-resolution satellite data to estimate sampling error, we find that both the recent event and the cooling of the early 1980s are significant with respect to these errors.

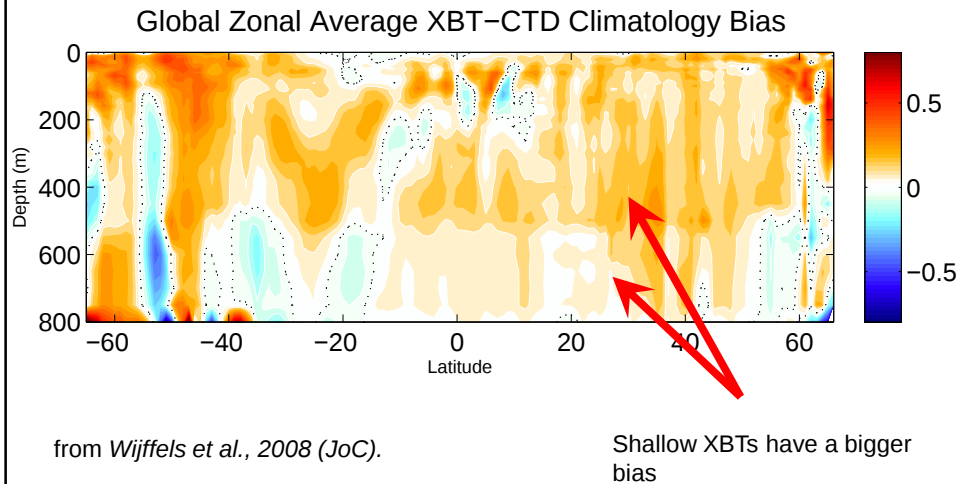
2. Heat Content Anomaly

[4] Using a broad array of in situ temperature data from expendable bathythermographs (XBTs), ship board conduc-



Systematische Fehler

XBT data is biased warm



Systematische Fehler



GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 34, L16601, doi:10.1029/2007GL030323, 2007

Correction to “Recent cooling of the upper ocean”

Josh K. Willis, John M. Lyman, Gregory C. Johnson, and John Gilson

Received 9 April 2007; accepted 17 July 2007; published 18 August 2007.

Citation: Willis, J. K., J. M. Lyman, G. C. Johnson, and J. Gilson (2007), Correction to “Recent cooling of the upper ocean,” *Geophys. Res. Lett.*, 34, L16601, doi:10.1029/2007GL030323.

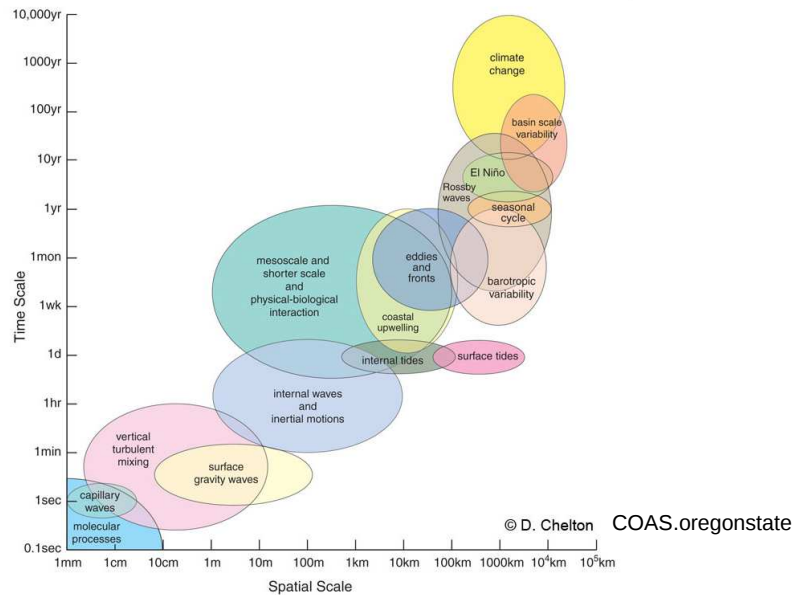
[1] Two systematic biases have been discovered in the ocean temperature data used in “Recent cooling of the upper ocean” by John M. Lyman, Josh K. Willis, and Gregory C. Johnson (*Geophysical Research Letters*, 33, L18604, doi:10.1029/2006GL027033). These biases are both substantially larger than sampling errors estimated by Lyman *et al.* [2006], and appear to be the cause of the rapid cooling reported in that work.

[2] Most of the rapid decrease in globally integrated upper (0–750 m) ocean heat content anomalies (OHCA) between 2003 and 2005 reported by Lyman *et al.* [2006] appears to be an artifact resulting from the combination of

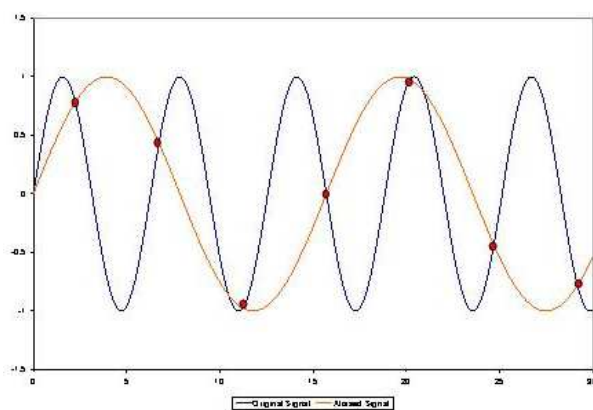
will ultimately be corrected. However, until corrections have been made these data can be easily excluded from OHCA estimates (see <http://www.argo.ucsd.edu/> for more details). Another bias was caused by expendable bathythermograph (XBT) data that are systematically warm compared to other instruments [Gouretski and Koltermann, 2007]. Both biases appear to have contributed equally to the spurious cooling.

[3] **Acknowledgments.** J. M. L. and G. C. J. were supported by the NOAA Climate Program Office and the NOAA Office of Oceanic and Atmospheric Research. The findings and conclusions in this article are those of the authors and do not necessarily represent the views of the National Oceanic and Atmospheric Administration. This research was carried out in part at the Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, under a contract with the National Aeronautics and Space Administration. PMEL contribution 3069, JIMAR contribution 07–364.

Skalen ozeanischer Prozesse



Scheinbarer Energietransfer zwischen Skalen - aliasing



Bei Abtastern $\Delta t > 1/2 \cdot \text{Periode}$

Irreguläres Abtasten

„Burst sampling“ kann als Filter genutzt werden