

Tsunamis

2. Teil: Welche Physik steckt dahinter,
wie funktionieren Frühwarnsysteme ?



Hans Burchard und Jan Harff

Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde

hans.burchard@io-warnemuende.de

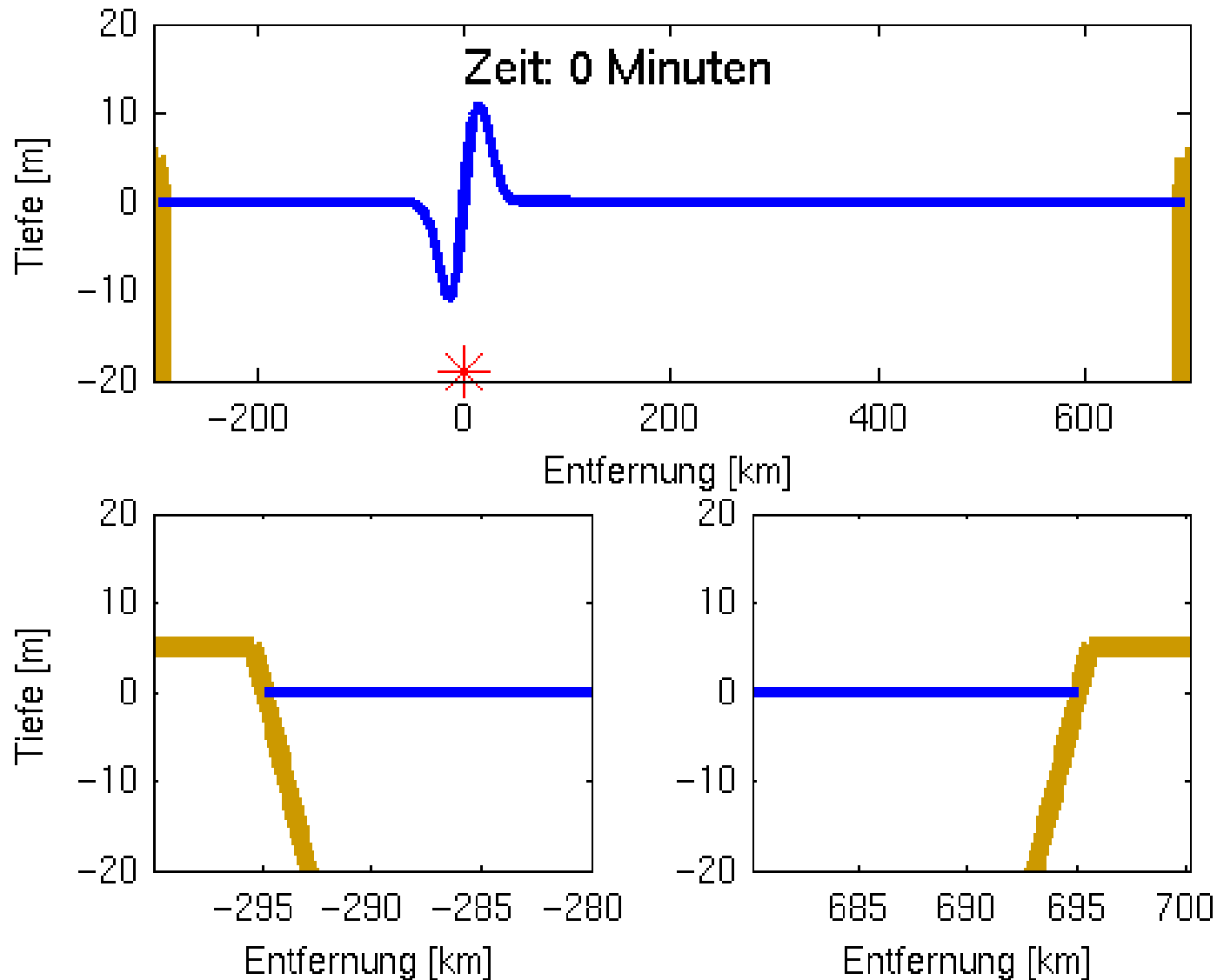
Programm

- Physikalische Beobachtungen der Tsunami-Welle
- Physikalischer Mechanismus der Wellenausbreitung
- Warum sind Tsunami-Wellen so schwer vorherzusagen ?
- Das Tsunami-Warnsystem im Pazifik

Tsunami: Grosse Welle im Hafen

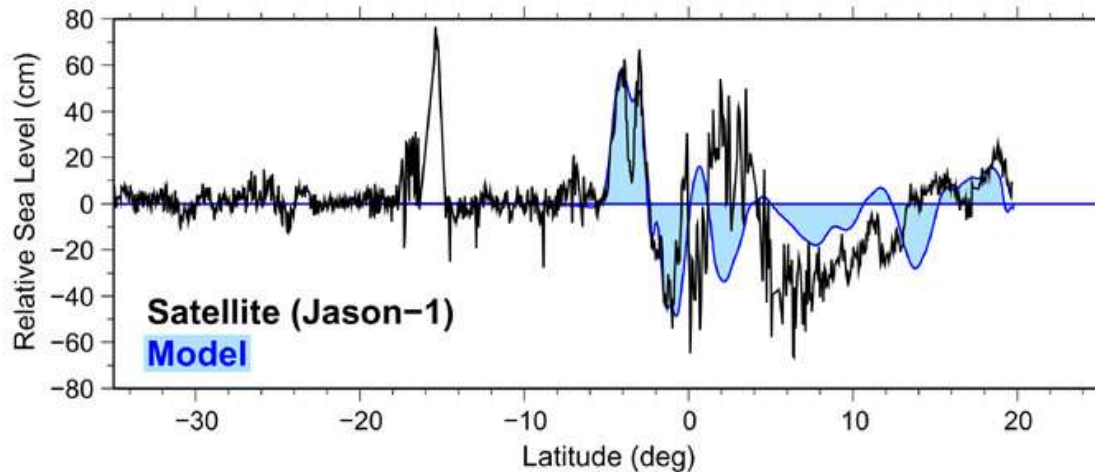
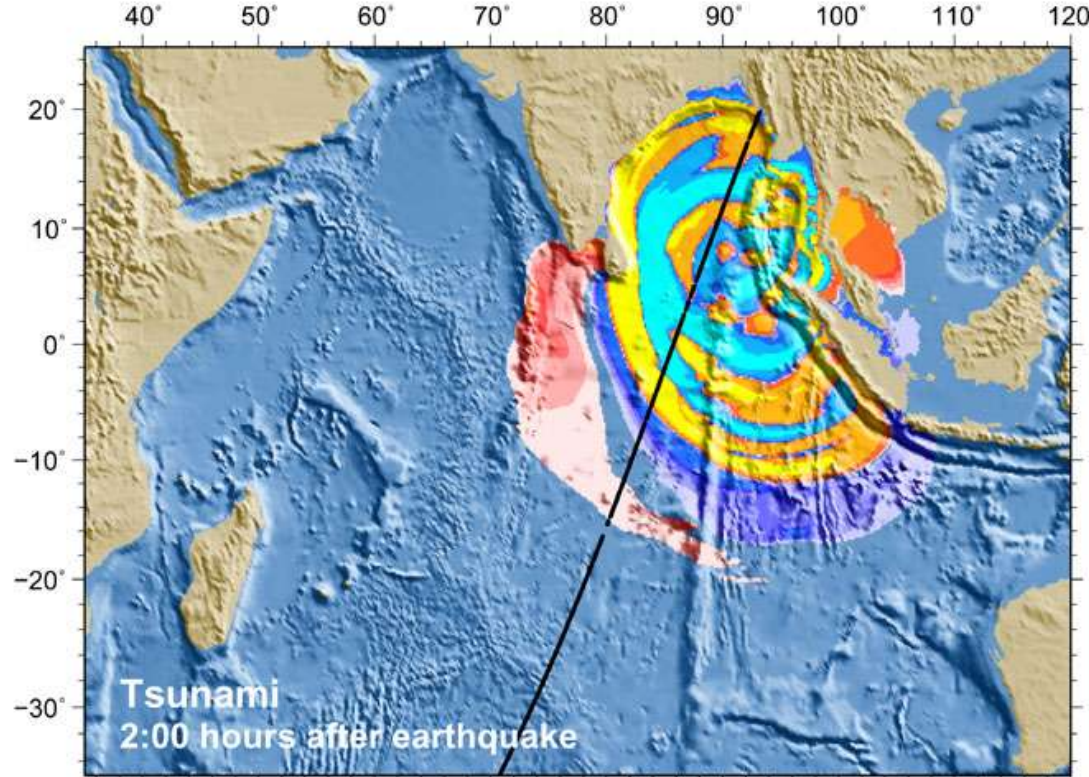


Idealisierte Tsunami-Studie am IOW



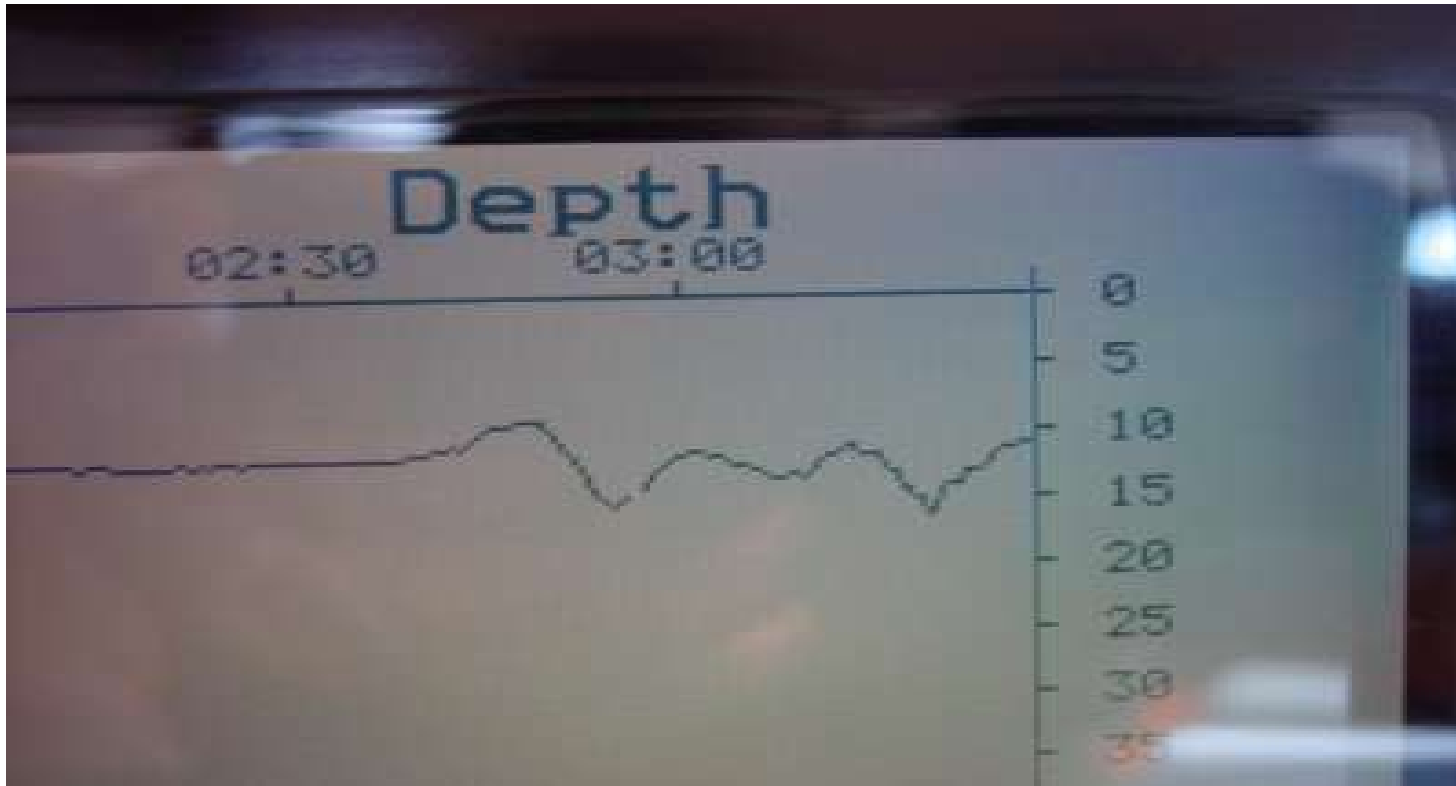
Animation: Frank Janssen, IOW

Tsunami-Höhe vom Satelliten



Animation

Tsunami im Fisch-Lot



- gemessen am 26.12.04 von Thomas Siffer (Belgien) auf Yacht *Mercator* 1 Seemeile vor Phuket, Thailand

<http://www.thomassiffer.be>

Tsunami-Ankunftszeiten



Tsunami Research Program
NOAA OAR Pacific Marine Environmental Laboratory
Seattle, Washington (Credit NOAA)

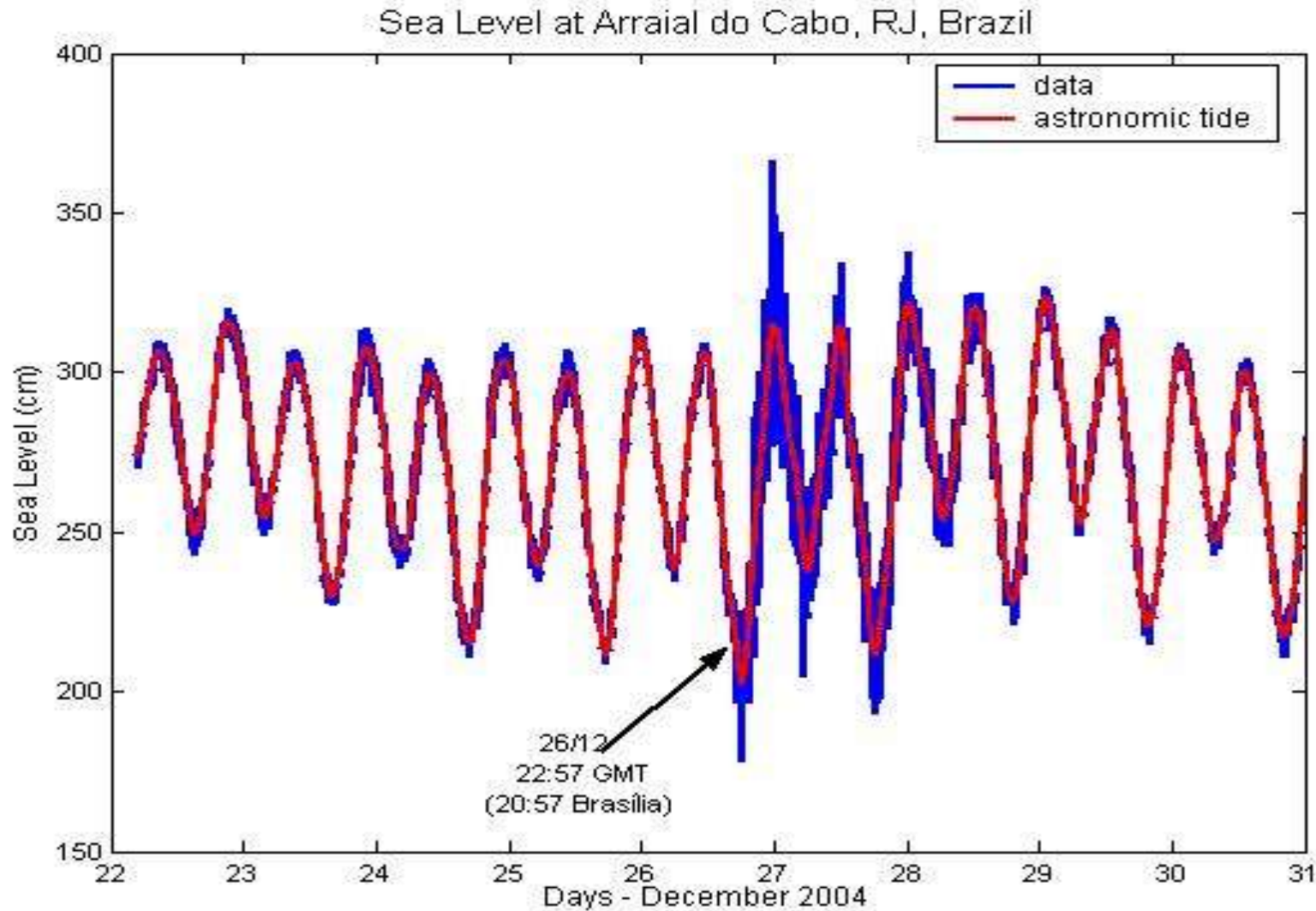
Legend

- ▲ Deep Ocean Buoys - Tsunameters
- Observed Arrival Times (UTC)

Tsunami-Ankunft in Brasilien

(nach etwa 22 Stunden)

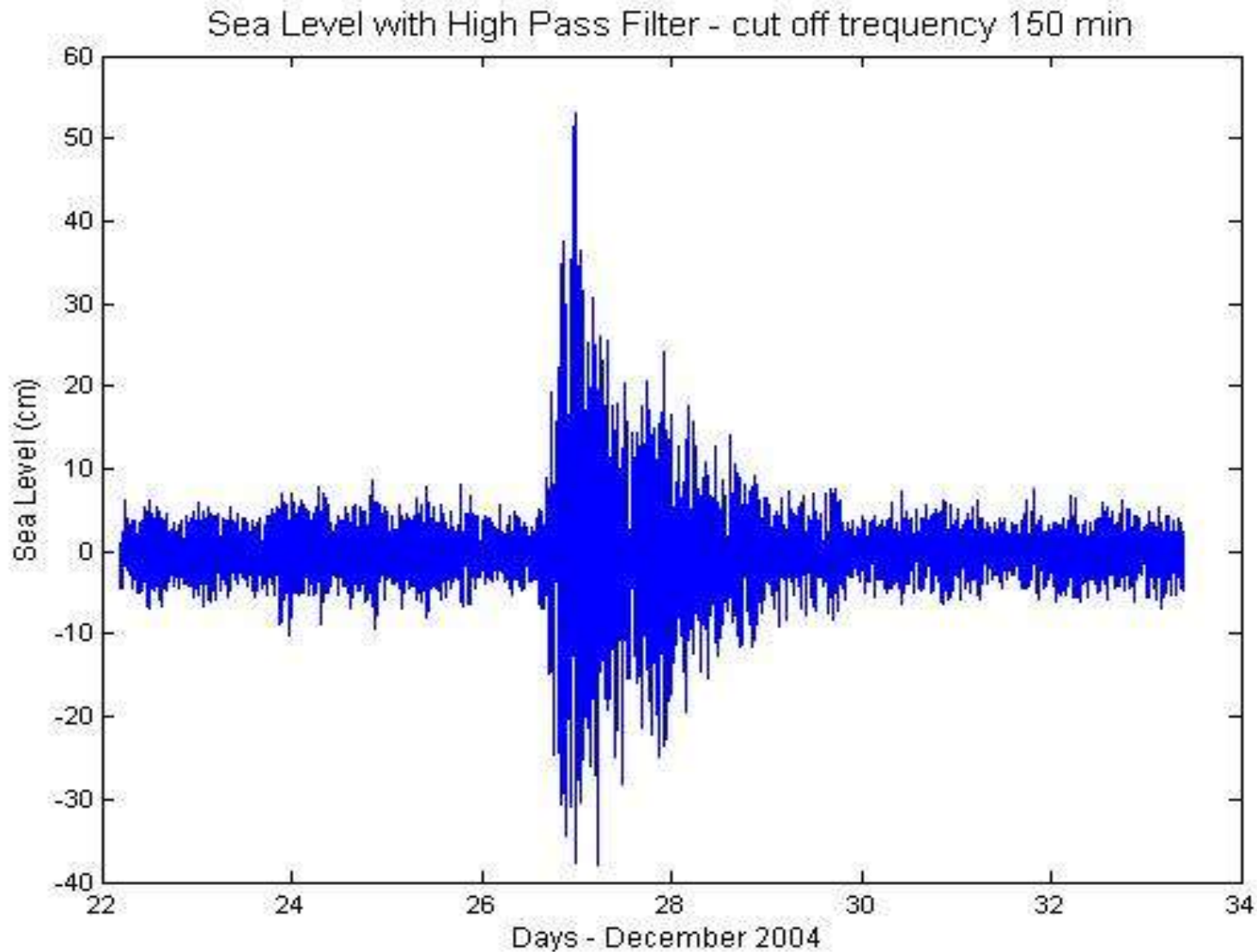
Ungefilterte Daten



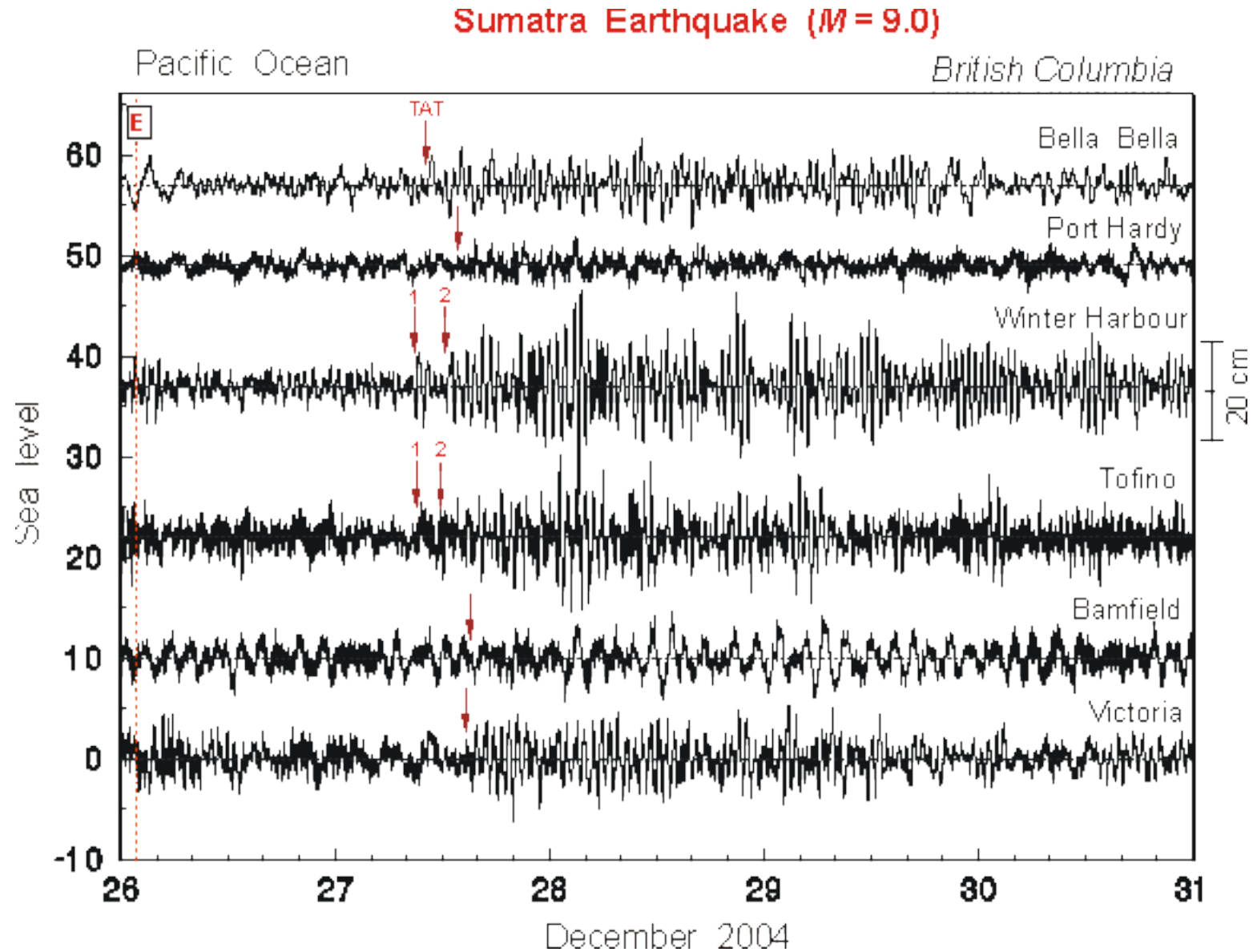
Tsunami-Ankunft in Brasilien

(nach etwa 22 Stunden)

Gefilterte Daten



Tsunami-Ankunft in British Columbia (nach etwa 36 Stunden)



Tsunami-Registrierung in Europa

Nach Aussage von englischen Ozeanographen konnte der Tsunami von 26. Dezember in Europa bisher nicht aus Pegel­daten analysiert werden.

Lineare Wellentheorie

Erklärung, warum Tsunamis so schnell
und so weit wandern

Lineare Wellen sind (durch Druckfluktuationen) nur
bis zu einer Tiefe zu spüren, die ihrer Wellenlänge
entspricht.

Lineare Wellentheorie

Phasengeschwindigkeit kurzer Wellen

Kurze Wellen sind kurz im Vergleich zur Wassertiefe,
(z. B. 60 m Länge bei 4000 m Wassertiefe)

c : Phasengeschwindigkeit

g : Erdbeschleunigung (9.81 m/s²)

λ : Wellenlänge (60 m)

π : Kreiszahl (3.1415...)

$$c = \sqrt{\frac{g \lambda}{2 \pi}} \approx 10 \text{ m/s} = 36 \text{ km/h}$$

Lineare Wellentheorie

Phasengeschwindigkeit langer Wellen

Lange Wellen sind lang im Vergleich zur Wassertiefe,
(z. B. 100 km Länge bei 4 km Wassertiefe)

c: Phasengeschwindigkeit

g: Erdbeschleunigung (9.81 m/s²)

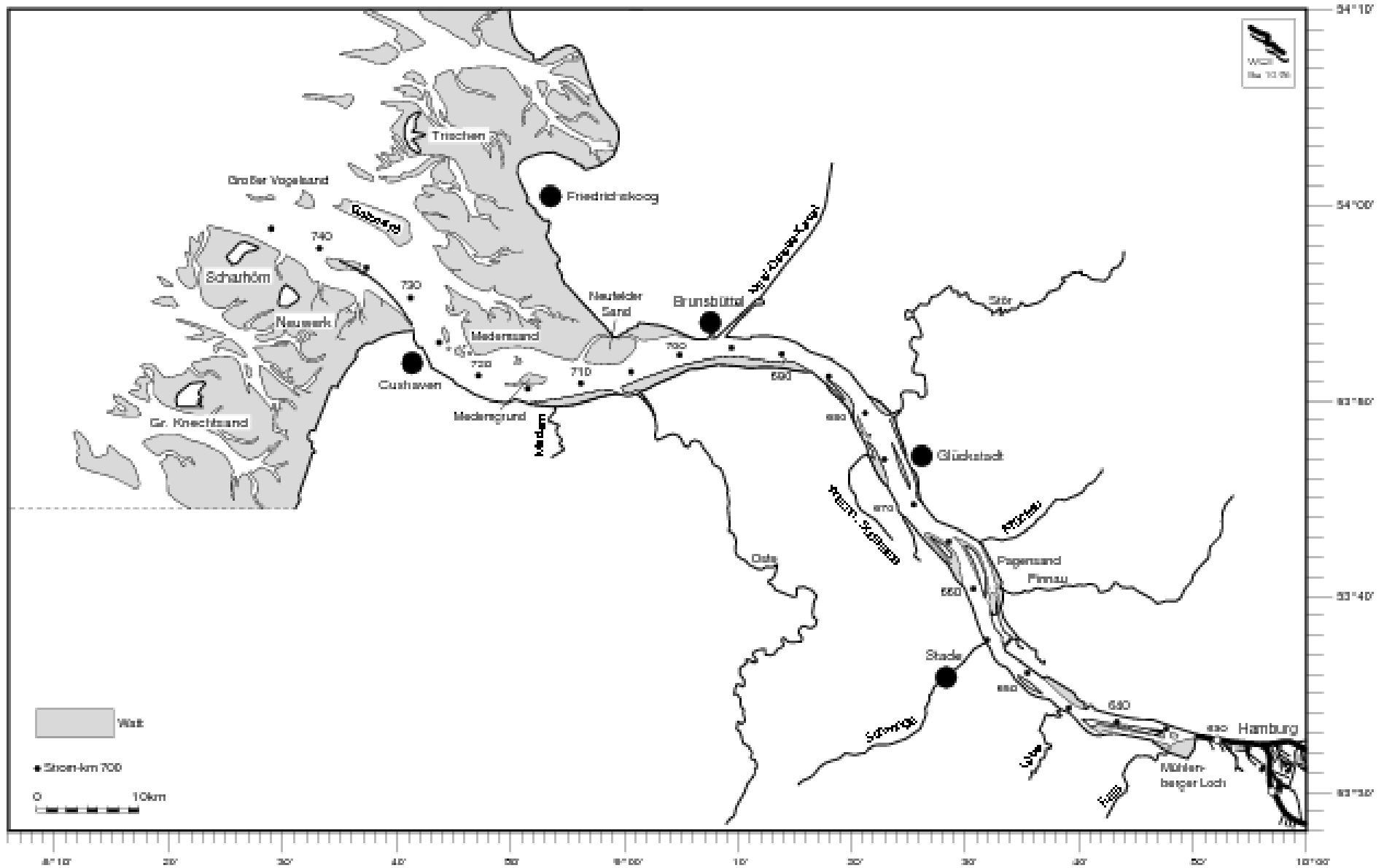
H: Wassertiefe (4000 m)

$$c = \sqrt{gH} \approx 200 \text{ m/s} = 720 \text{ km/h}$$

Phasengeschwindigkeiten anderer Druckwellen

Schall in Luft:	330 m/s	=	1188 km/h
Schall in Wasser:	1500 m/s	=	5400 km/h
Seismische P-Wellen:	7 km/s	=	25200 km/h

Beispiel: Gezeiten in der Unterelbe



Phasengeschwindigkeit der Tide

	Hochwasser	Flusskilometer
Cuxhaven	14:03 h	725 km
St. Pauli	17:38 h	625 km
Differenz	3:35 h	100 km

Also: Phasengeschwindigkeit der Tide: $c = 28 \text{ km/h}$

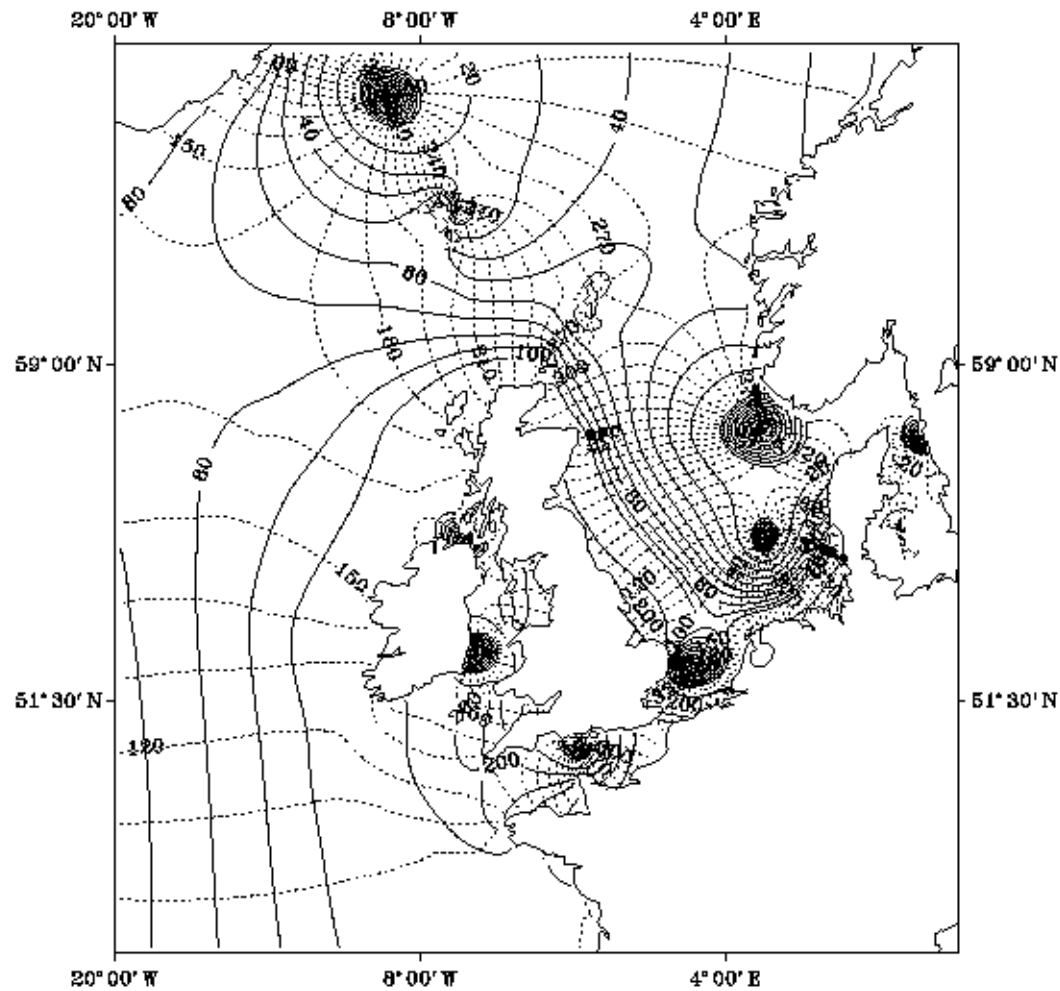
Mittlere Wassertiefe der Elbe: $H = 6 \text{ m}$

$$\sqrt{gH} \approx \sqrt{10 \cdot 6} \approx 7.7 \text{ m/s} \approx 28 \text{ km/h}$$

Stimmt !!!

Gezeitenwellen in Europa

gestrichelt: Phase, durchgezogen: Amplitude



<http://www.met.ed.ac.uk/ganes/finalr/report7.html>

Extreme Gezeiten: Bay of Fundy



<http://www.scottwalking.com/quickfacts.html>

Der Unterschied zwischen Hoch- und Niedrigwasser beträgt bis zu 16 m

Tsunami-Frühwarn-Systeme

Pacific Tsunami Warning Centre (PTWC), Hawaii, U.S.A.



<http://www.prh.noaa.gov/ptwc/>

- Erfassung von Erdbeben
- Messung von Tsunami-Wellen
- Abschätzung der Gefährdung von Küsten
- Versendung eines Tsunami-Bulletins

Tsunami-Bulletin vom 26.12.04

TSUNAMI BULLETIN NUMBER 001
PACIFIC TSUNAMI WARNING CENTER/NOAA/NWS
ISSUED AT 0114Z 26 DEC 2004

THIS BULLETIN IS FOR ALL AREAS OF THE PACIFIC BASIN EXCEPT
ALASKA - BRITISH COLUMBIA - WASHINGTON - OREGON - CALIFORNIA.

..... TSUNAMI INFORMATION BULLETIN

THIS MESSAGE IS FOR INFORMATION ONLY. THERE IS NO TSUNAMI WARNING
OR WATCH IN EFFECT.

AN EARTHQUAKE HAS OCCURRED WITH THESE PRELIMINARY PARAMETERS

ORIGIN TIME - 0059Z 26 DEC 2004
COORDINATES - 3.4 NORTH 95.7 EAST
LOCATION - OFF W COAST OF NORTHERN SUMATERA
MAGNITUDE - 8.0

EVALUATION

THIS EARTHQUAKE IS LOCATED OUTSIDE THE PACIFIC. NO DESTRUCTIVE
TSUNAMI THREAT EXISTS BASED ON HISTORICAL EARTHQUAKE AND TSUNAMI
DATA.

Tsunami-Frühwarn-System

Seit 1995 wird durch NOAA (USA) ein Tsunami-Frühwarn-System im Pazifik aufgebaut.

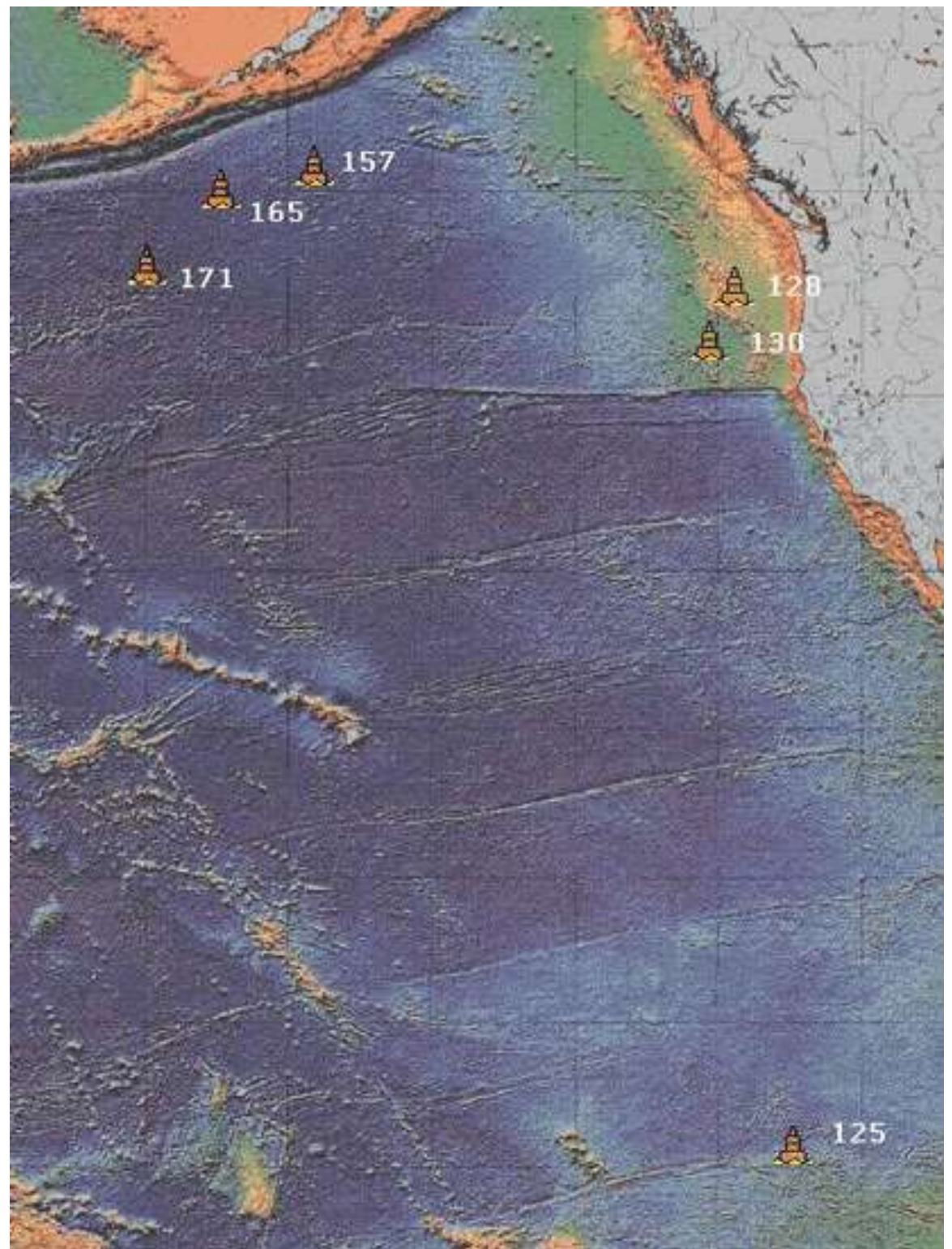
Grundbestandteile sind Tsunameter (Bojen), geostationäre Satelliten und Computer-Simulationen.



<http://www.pmel.noaa.gov/tsunami/Dart/>

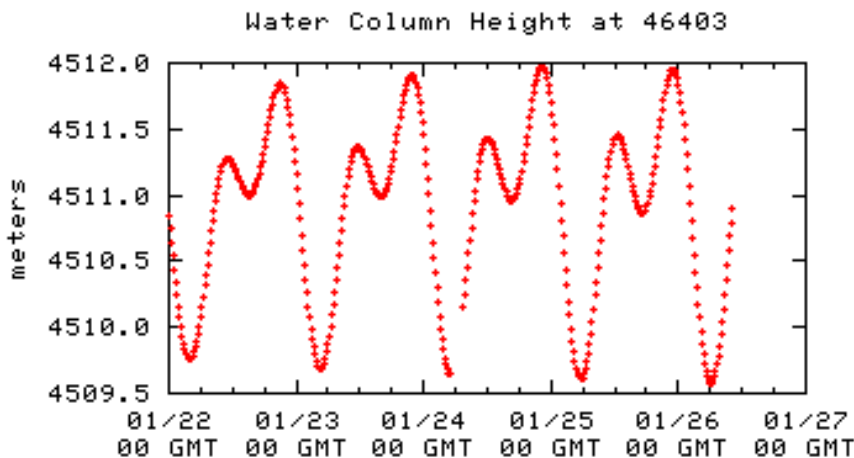
Im Pazifik verteilte
Tsunameter.

[http://www.pmel.noaa.gov/
tsunami/Dart/dart_pb1.html](http://www.pmel.noaa.gov/tsunami/Dart/dart_pb1.html)

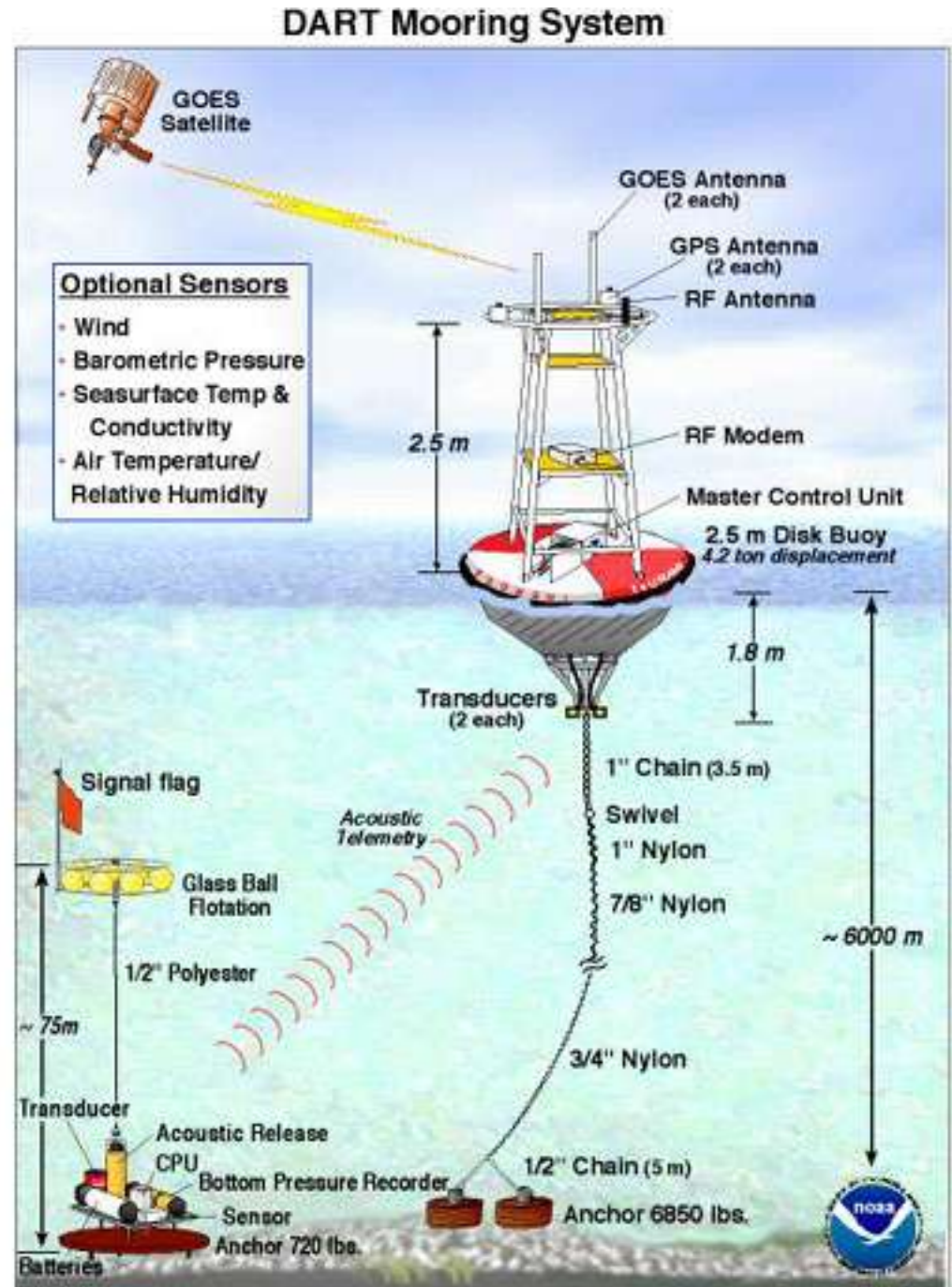


Funktionsweise des Tsunameters.

Echtzeitdaten:



<http://www.ndbc.noaa.gov/dart.shtml>



http://www.pmel.noaa.gov/tsunami/Dart/dart_ms1.html