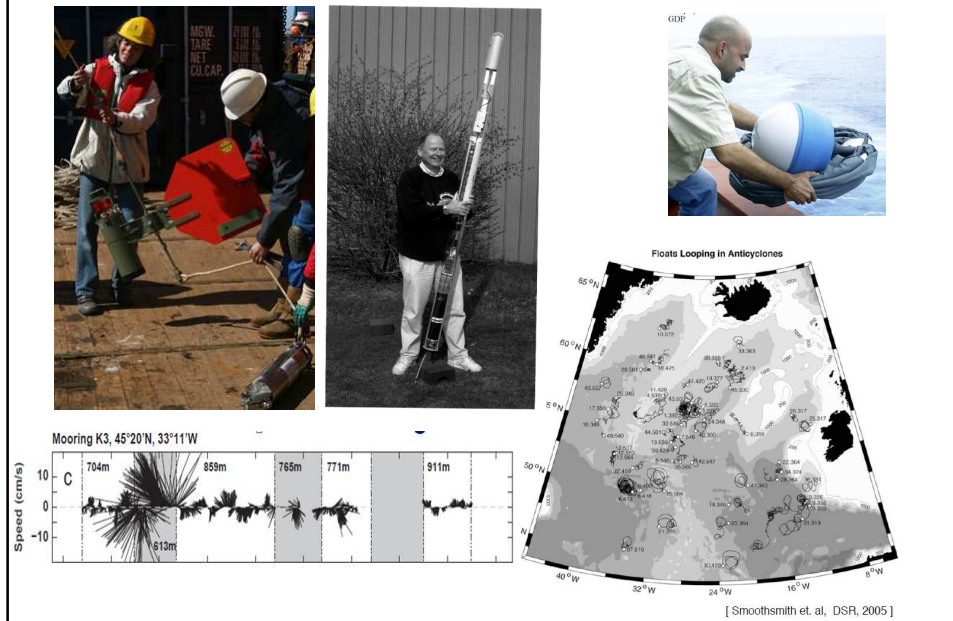


06 – Strömungs-Messungen



Messung von Meeresströmungen

Strömung Vektor [Betrag und Richtung]

Eulersche Strömungsmessung: $v(x, y, z, t)$

Messung von fester (z.B. Verankerung) oder sich definiert bewegender Plattform (z.B. Schiff)

Lagrangesche Strömungsmessung $v(x(t), y(t), z(t), t)$

Messung mit Driftkörpern (Floats, Drifter, Schiff)

Volumentransporte, Advektion, Diffusion und Vermischung

Messung von Meeresströmungen

Strömung Vektor [Betrag und Richtung]

Eulersche Strömungsmessung: $v(x, y, z, t)$

Messung von fester (z.B. Verankerung) oder sich definiert bewegender Plattform (z.B. Schiff)

Lagrangesche Strömungsmessung $v(x(t), y(t), z(t), t)$

Messung mit Driftkörpern (Floats, Drifter, Schiff)

Volumentransporte, Advektion, Diffusion und Vermischung

Methoden Eulerscher Strömungsmessungen

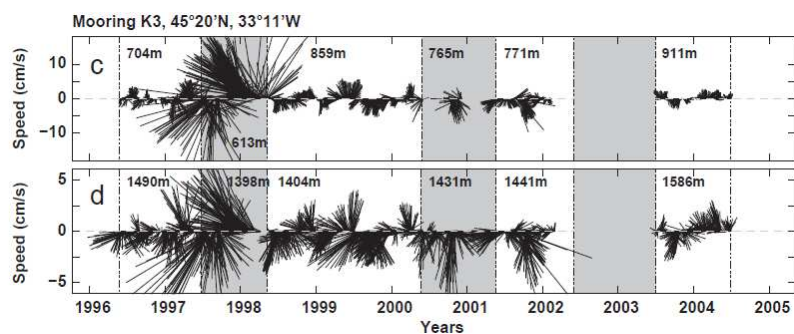
Mechanisch

Elektromagnetisch

Strömungsmesser messen
Strömungsgeschwindigkeit
und Richtung

Akustisch

Integrale Messungen über ein Volumen



Kieke et al. (2009)

Ekman Strommesser

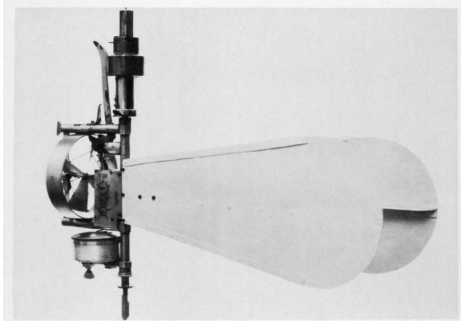


Figure 31. - Mesureur de courant de V.W. EKMAN (n° 99 0613)

(photo Y. Berard)



Gerät am Draht in bestimmter Tiefe.

Fahne zur Stabilisierung des Gerätes

Strömungs-Geschwindigkeit proportional zur Propeller-Drehung

Richtung durch Auszählen von Metallkugeln, die in den „Torten-Segmenten“ eines Kompass liegen.

Start und Stopp durch Fallgewichte

Ekman, 1903

Schaufelrad-Strommesser



1950er Jahre in Kiel entwickelt

Bergen Strommesser

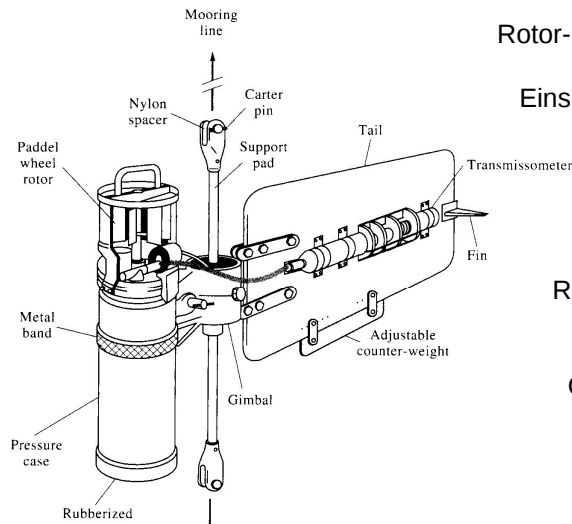


Figure 1.7.1. Caption overleaf.

Rotor-Current-Meter (RCM)
Fa. Aanderaa
Einsatz in Verankerungen

Ausrichtung des
Gerätes in mittlere
Strömungsrichtung

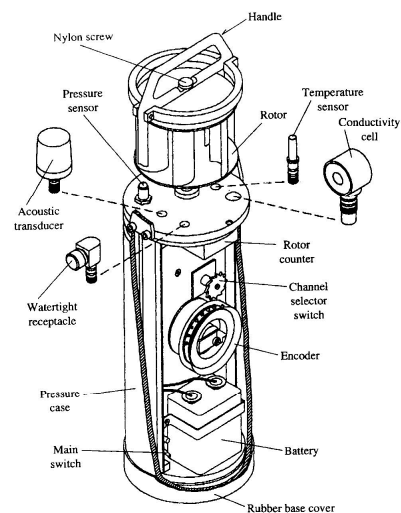
Richtungsmessung mit
Magnetkompass

Geschwindigkeit über
Savonius Rotor

Zusatzsensoren

Emery & Thomson, 2001

Bergen Strommesser



Datenaufzeichnung auf
Magnetband.

In spätere Versionen
Datenaufzeichnung auf
Festspeicher.

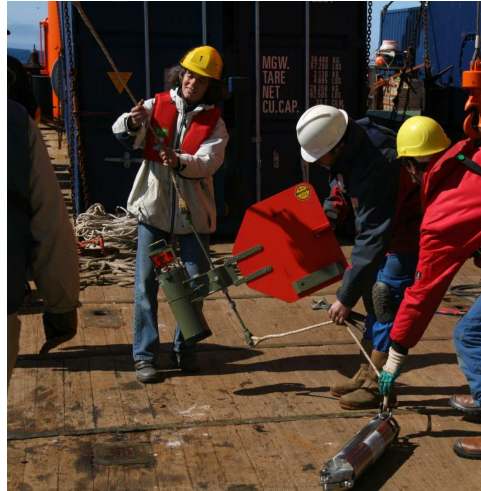
Emery & Thomson, 2001

Figure 1.7.1. Exploded view of the encoder side of the Aanderaa RCM4 current meter. The reverse side contains a reel-to-reel 1/4-in tape system for recording the data from the different channels. The recorder unit is attached to a directional vane. (Courtesy G. Gabel, G. S. Gabel Corp.)

Rotor Current Meter (RCM)

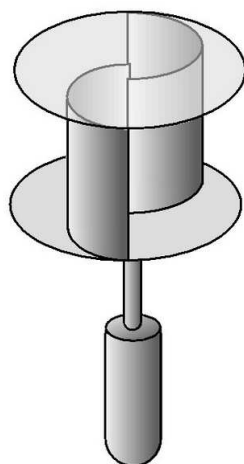


Registriereinheit

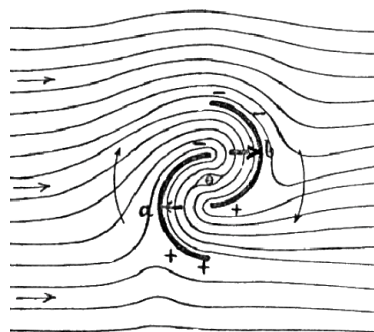


Einsatz in einer Verankerung

Savonius Rotor



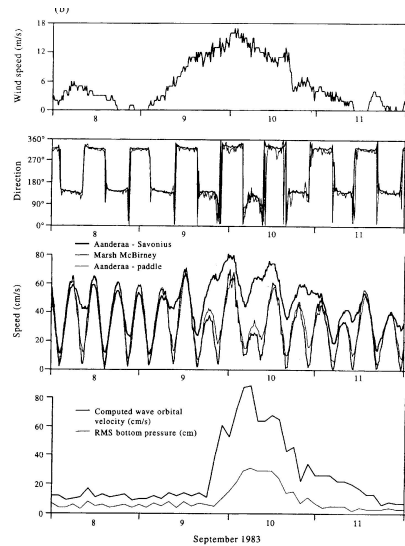
Savonius-Rotor



Drehrichtung unabhängig von der Anströmungsrichtung
Wie der Propeller, ist der SR empfindlich gegen Vertikalbewegungen

Savonius, 1924

Probleme mit Savonius Rotoren



Woodward et al., 1990

Figure 1.7.2. (b) Mooring configuration, including bottom-mounted Aanderaa and Applied Microsystems pressure gauges. Winds were measured using a J-Tec vortex-shedding anemometer. In moderate wind-wave conditions, a surface or near-surface moored RCM4 with Savonius rotor can have its speeds increased by a factor of 2 through wave pumping. The paddle wheel RCM7 behaves somewhat better.

Probleme mit Savonius Rotoren

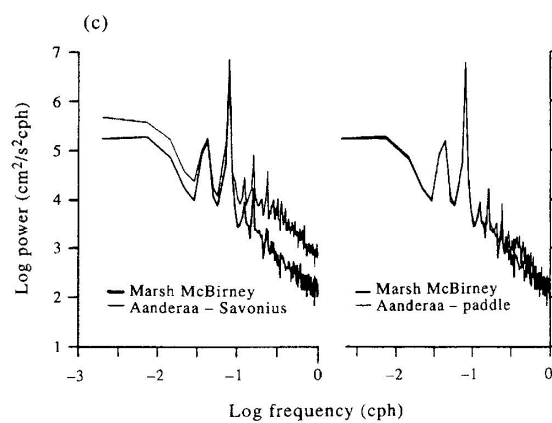
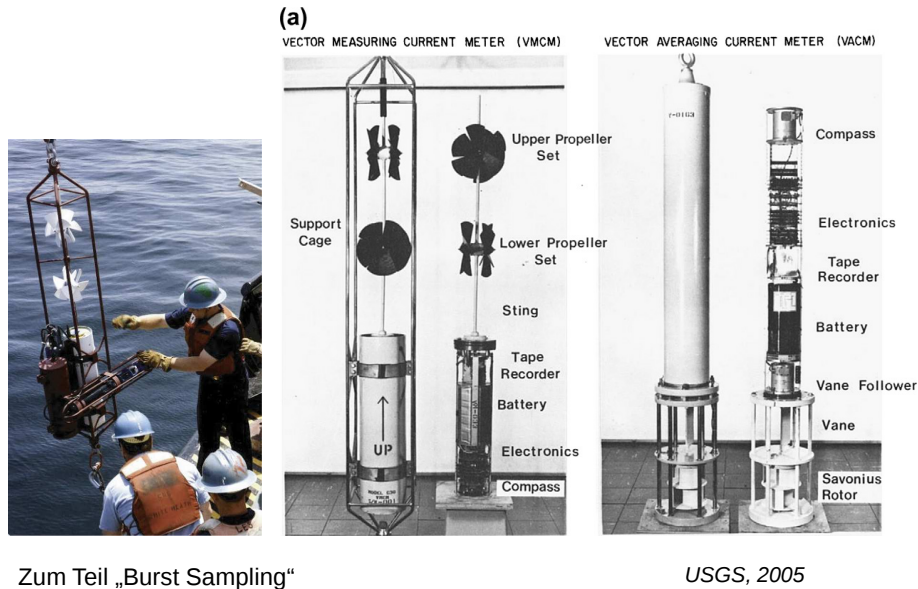


Figure 1.7.2. (c) Power spectra for current measurements in (a). (Adapted from Woodward et al., 1990.)

Woodward et al., 1990

Vektor-mittelnde Strömungsmesser



Elektromagnetische Strommesser

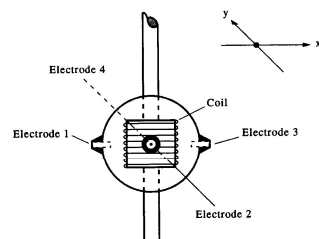


Figure 1.7.4. Principle of the electromagnetic current meter. Instrument measures the electromotive force (EMF) on an electric charge (the oceanic flow) moving through the magnetic field generated by the coil. This produces a voltage potential at right angles to both the magnetic induction field and the direction of flow.

Keine mechanischen Teile (Rotoren, Propeller, ..)

Das Instrument misst die induzierte Spannung, die durch die Bewegung eines elektrischen Leiters (See-Wasser) durch ein Magnetfeld erzeugt wird. Das Magnetfeld erzeugt das Gerät.

$$E = B L v$$

E – Spannung, B – Magnetfeld, L – Sensorabstand, v – Strömung

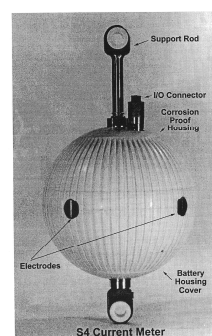
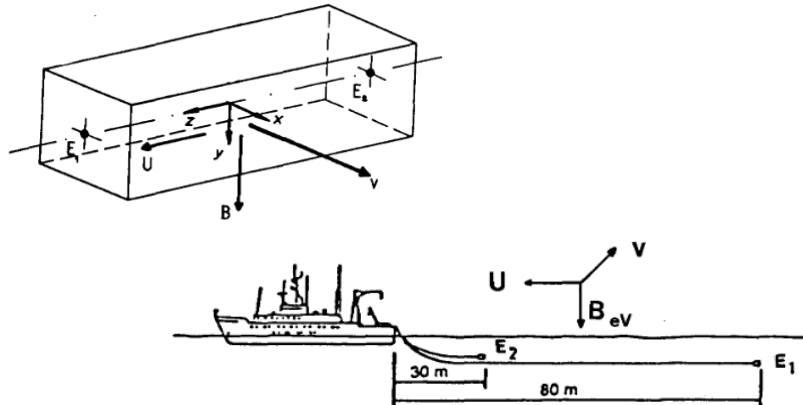


Figure 1.7.5. Near-Ocean S4 electromagnetic current meter. (a) View of the instrument showing electrodes. (Courtesy, Mark Gerson, Near-Ocean.)

Emery & Thomson, 2001

Geomagnetischer Elektrokinetograph GEK



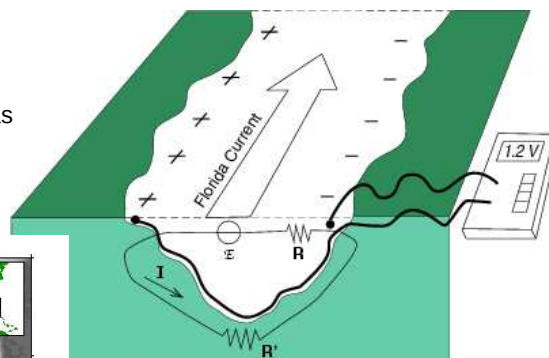
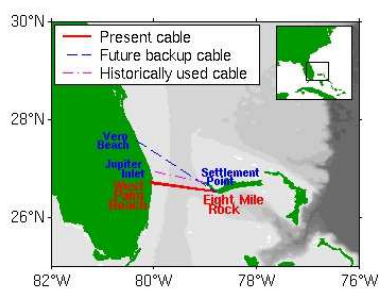
B – Vertikalkomponente des Erdmagnetfelds
 U – Schleppgeschwindigkeit
 v – mittlere Quergeschwindigkeit
 $E_1 - E_2$ – Potentialdifferenz

Knutz et al., 1992

Elektromagnetische Messungen an Kabeln

Kabelmessungen in der Floridastraße

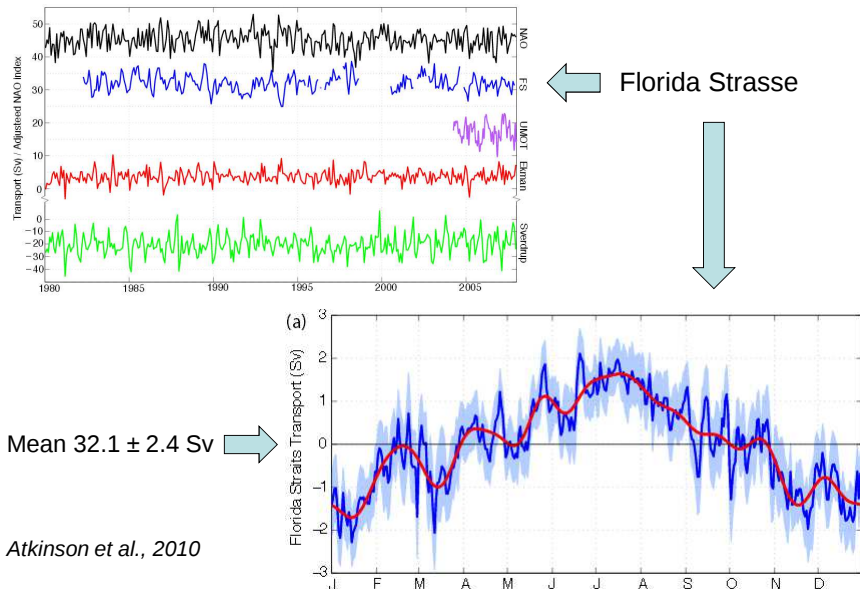
Die Meeresströmung erzeugt unterschiedliche Spannungen im Kabel an den Landstationen.
 Hier ist das Magnetfeld das Erdmagnetfeld



Störungen der Messungen durch Fluktuationen im Magnetfeld der Erde, die korrigiert werden müssen!

<http://www.aoml.noaa.gov>

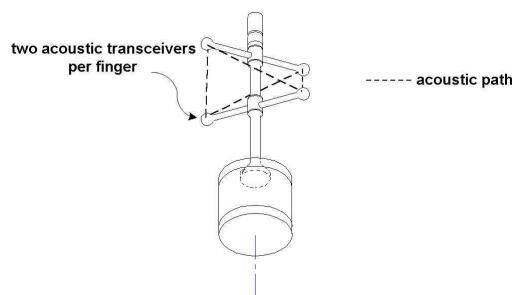
Transporte in der Floridastrasse



Akustische Strömungsmesser

Laufzeitmessungen t
zwischen den Schwingern 1 und 2 (und 3).

$$V = L(t_2 - t_1)/(2 t_1 t_2) \quad t = L/(c + v)$$



Probleme mit Langzeitstabilität, Biofouling

Doppler Effekt

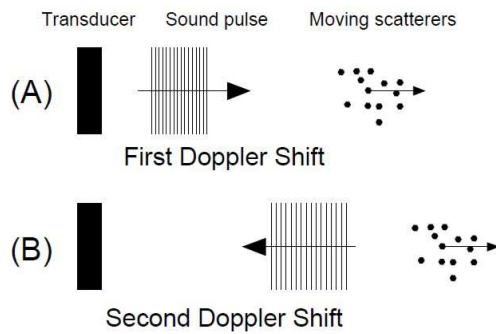
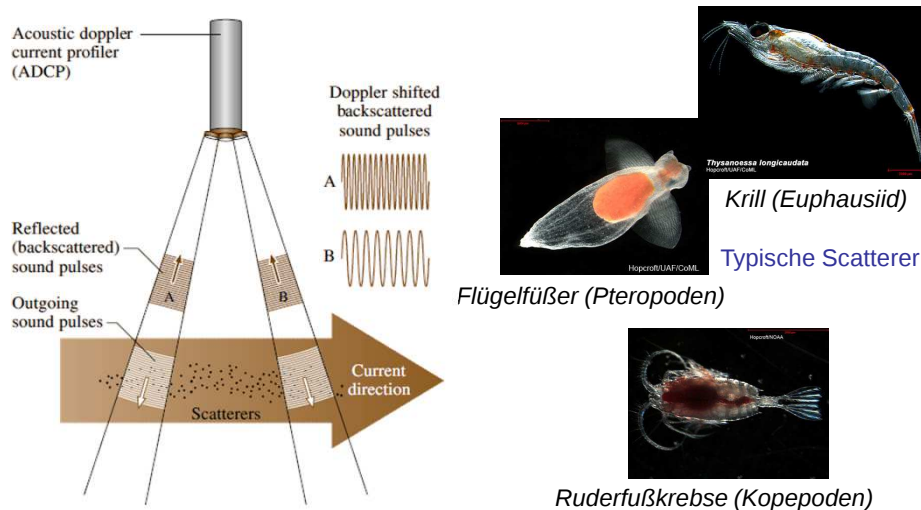


Figure 6. Backscattered sound involves two Doppler shifts, (A) one enroute to the scatterers, and (B) a second on the way back after reflection.

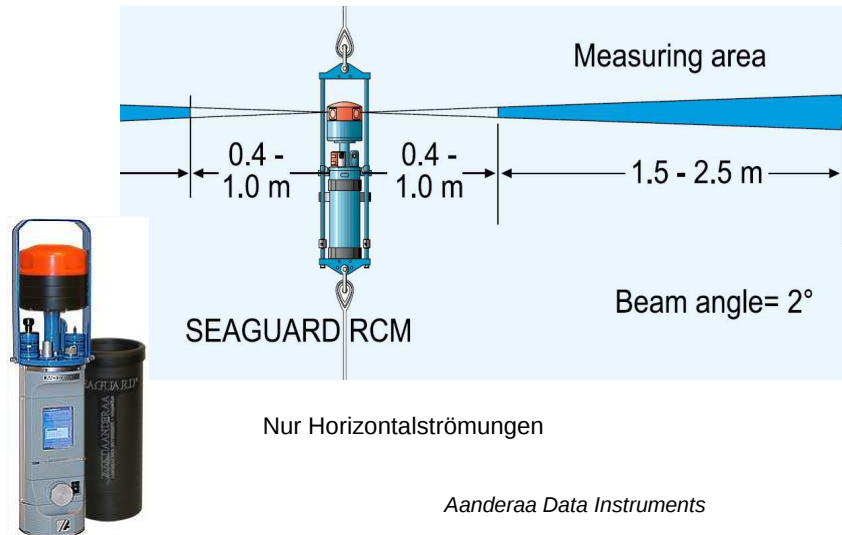
Einfache Doppler-Versch. $\Delta f = f_s (1 - (c + v)/c)$

bei doppelter Verschiebung $v = 0.5 c \Delta f / f_s$

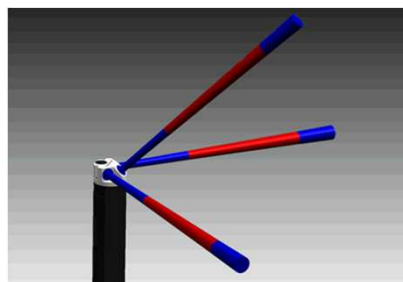
Akustische Doppler Strömungsmesser



Recording current meter



3 – D Strömungsmesser Aquadopp

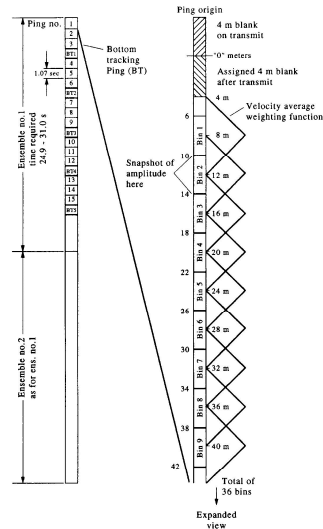


Bestimmt alle drei
Strömungskomponenten

Durch hochfrequentes Messen
auch Abschätzungen der Turbulenz
möglich.



Akustische Doppler Profilstrommesser (ADCP)



Frequenzen: 37 – 1200 kHz

Reichweiten: 1400 – 20 m

Teledyne / RD Instruments

Emery & Thomson, 2001

Figure 1.7.8. Allocation of depth bins and machine overhead for a narrow band (standard) 150 kHz ADCP having a bin length of 4 m, a blanking range of 4 m and a depth range of 36 bins. The instrument obtained 15.1 s pings for each 20-s ensemble and used the remaining time for internal processing and data transmission up an electrical cable. The information on the right is an expansion of the bin allocation for the first ping. A triangular weighting is used to determine the velocity for each bin. Similar results apply to the remaining pings for each ensemble. A 4-m blanking is applied to the beginning of the beam to eliminate nonlinear effects near the transducer. (Courtesy, George Chase.)

Akustische Doppler Profilstrommesser (ADCP)

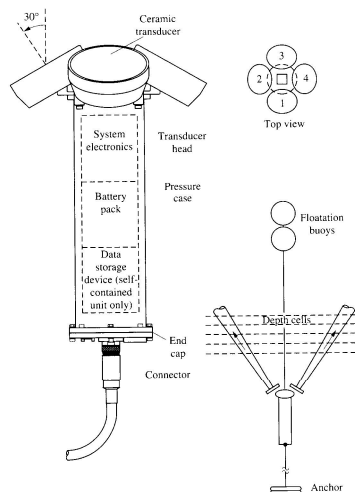
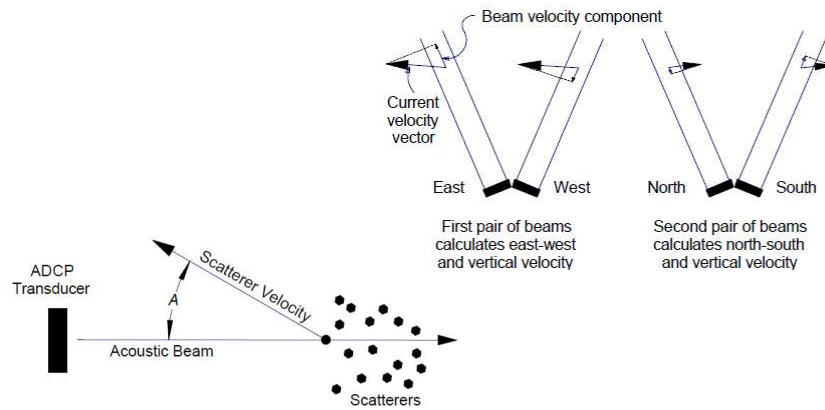


Figure 1.7.6. A direct reading 150 kHz acoustic Doppler current meter with external RS-232 link manufactured by RD Instruments. Side view shows three of the four ceramic transducers. Each transducer is oriented at 30° to the axis of the instrument. The pressure case holds the system electronics and echo sounder power boards.

Emery & Thomson, 2001

Akustische Doppler Profilstrommesser (ADCP)



„Acoustic Doppler Current Profiler - Principles of Operation“, RD Instruments

Akustische Doppler Profilstrommesser (ADCP)

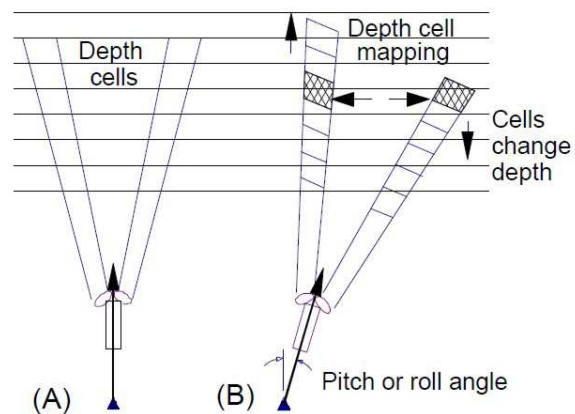
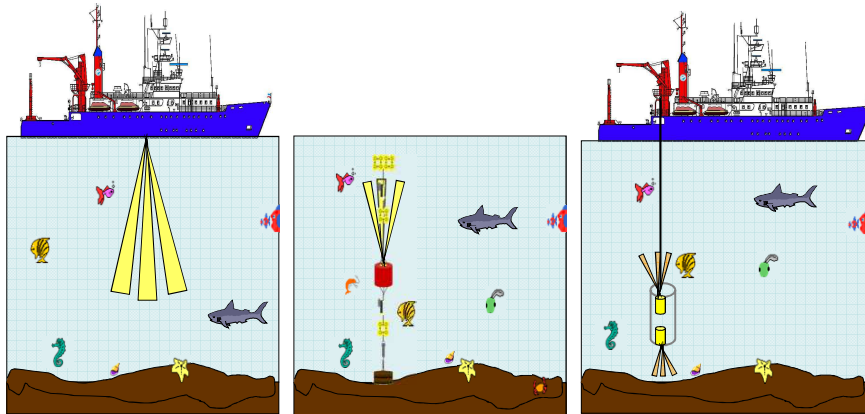


Figure 21. ADCP tilt and depth cell mapping

„Acoustic Doppler Current Profiler - Principles of Operation“, RD Instruments

ADCP - Anwendungen



Hull-mounted

moored

lowered

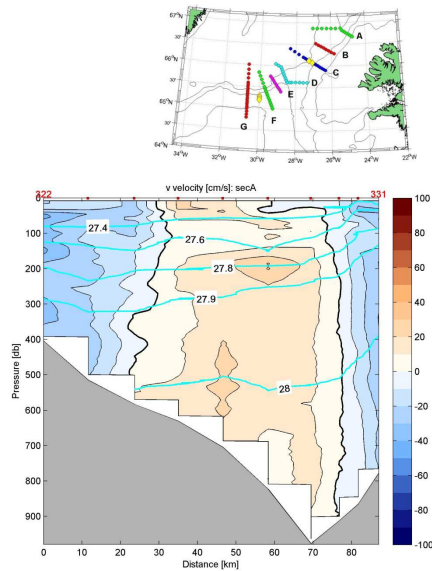
Moored ADCP



Einsatz in Verankerungen

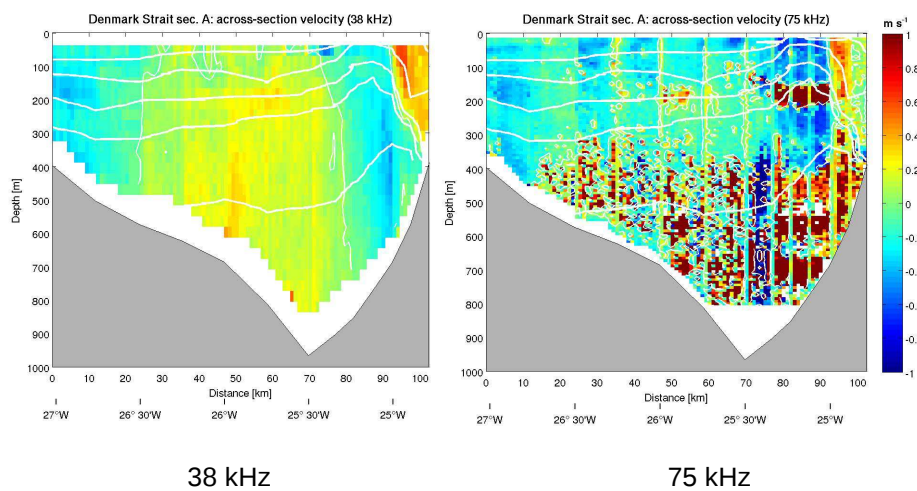


Lowered ADCP



Zwei ADCPs in einer CTD-Rosette

Shipboard ADCP



38 kHz

75 kHz

Moored ADCP

