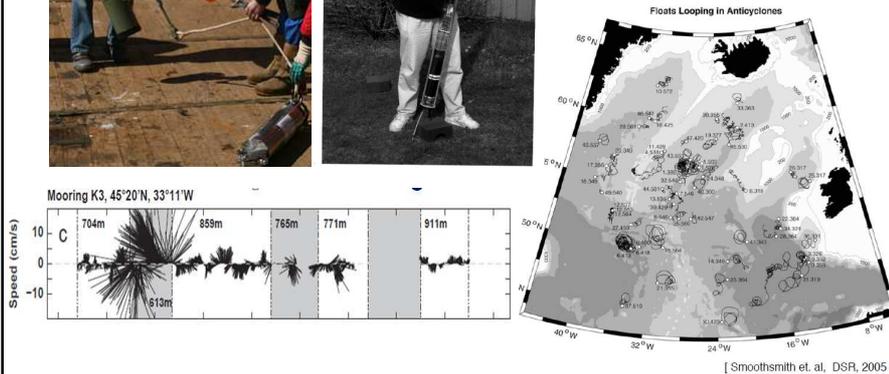


## 06 – Strömungs-Messungen



## 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

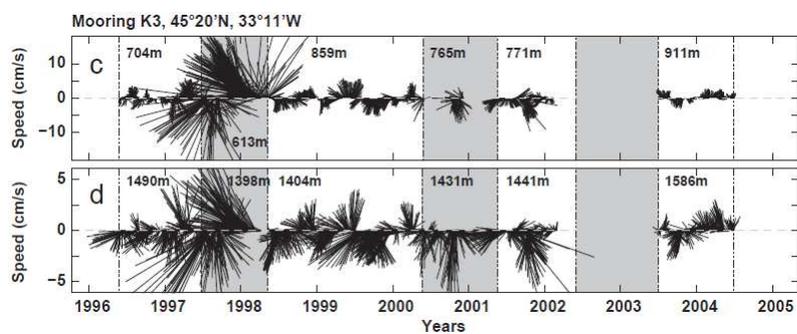
Mechanisch

Elektromagnetisch

Akustisch

Strömungsmesser messen  
Strömungsgeschwindigkeit  
und Richtung

Integrale Messungen über ein Volumen



Kieke et al. (2009)

## Ekman Strommesser

---

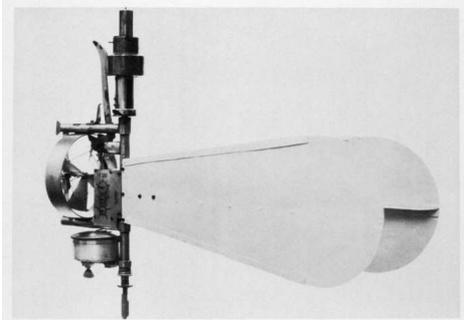


Figure 31. - Mesureur de courant de V.W. EKMAN (n° 99 0613) (photo Y. Bertrand)



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

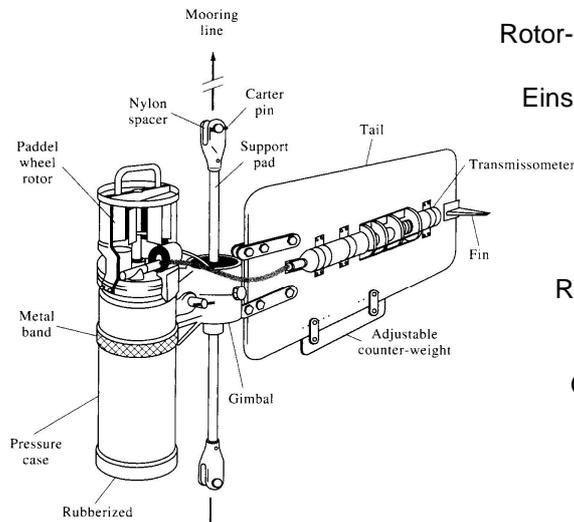


Figure 1.7.1. Caption overleaf.

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

Ausrichtung des  
Gerätes in mittlere  
Strömungsrichtung

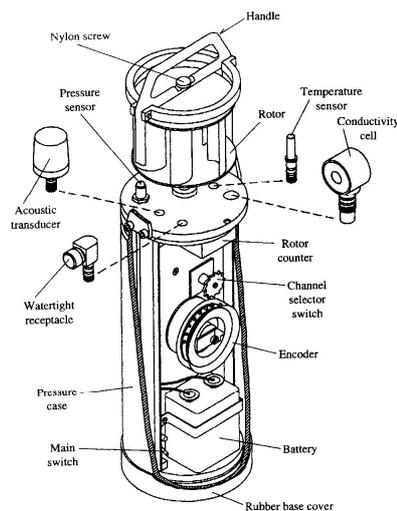
Richtungsmessung mit  
Magnetkompass

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)

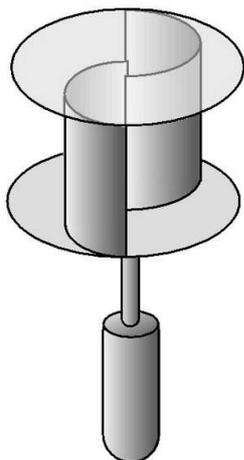


Registriereinheit

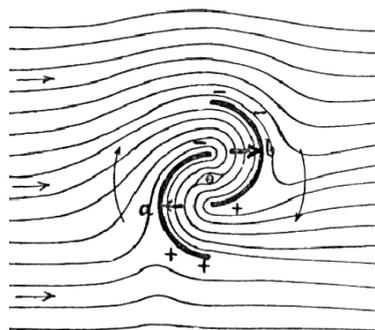


Einsatz in einer Verankerung

## Savonius Rotor



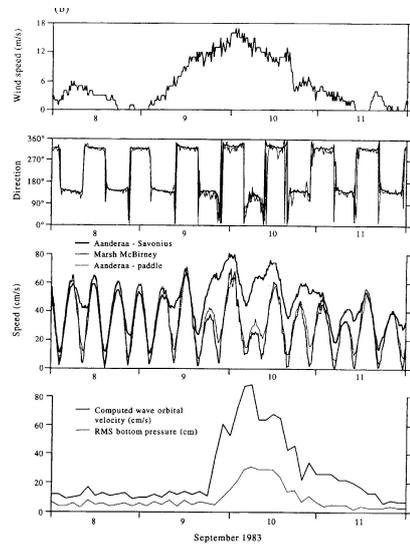
Savonius-Rotor



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 sensors. Winds were measured using a J-Tec vortex-shedding anemometer. In moderate wind-wave conditions, a surface or near-surface moored RCM7 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

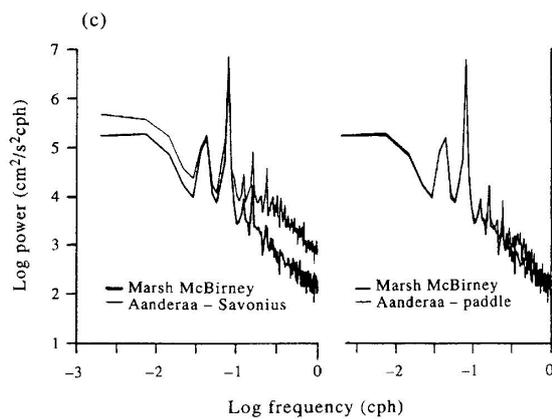
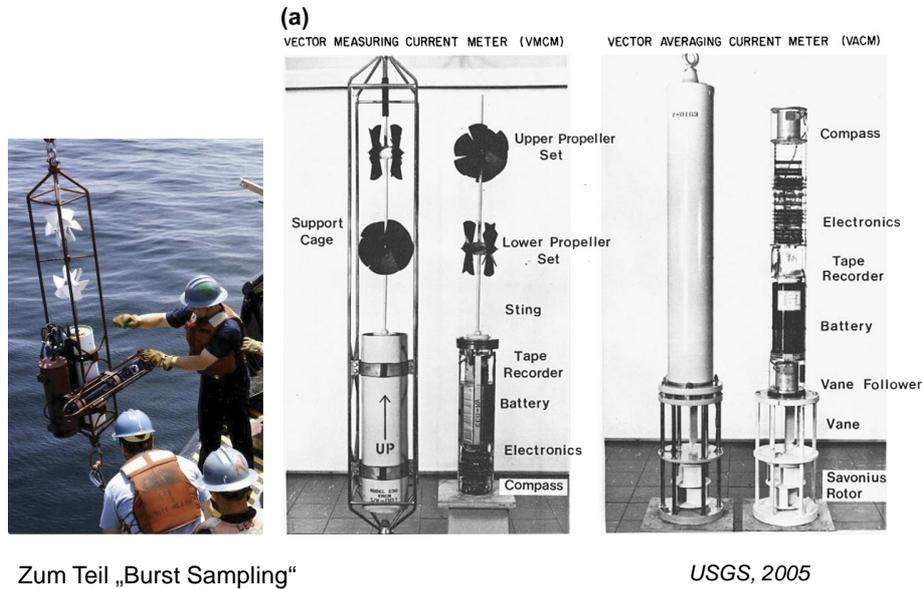


Figure 1.7.2. (c) Power spectra for current measurements in (a). (Adapted from Woodward et al., 1990.)

Woodward et al., 1990

## Vektor-mittelnde Strömungsmesser



## Elektromagnetische Strommesser

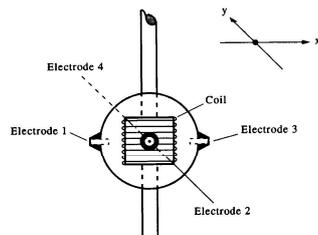


Figure 1.7.4. Principle of the electromagnetic current meter. Instrument measures the electromotive force (EMF) on an electric charge (the oceanic flow) moving through the magnetic field generated by the coil. This produces a voltage potential at right angles to both the magnetic induction field and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

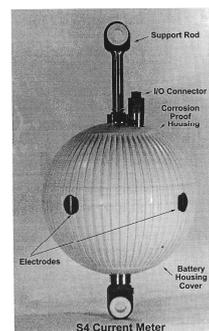
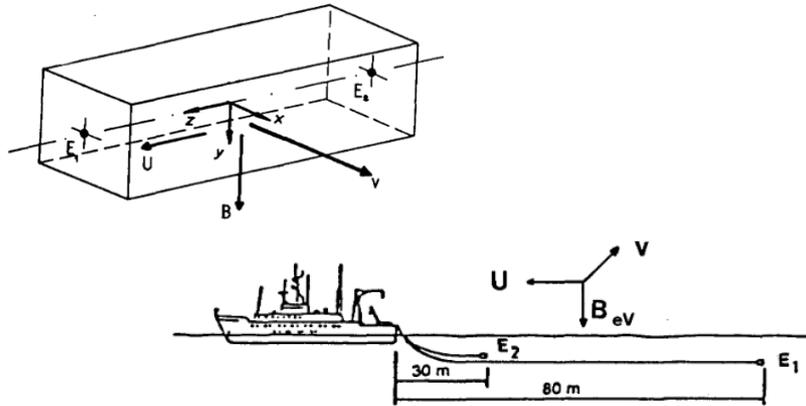


Figure 1.7.5. Non-rotor, spherical electromagnetic current meter. (a) View of the instrument showing electrodes. (Courtesy, Mark Gerson, Non-Rotor.)

Emery & Thomson, 2001

## Geomagnetischer Elektrokinetograph GEK



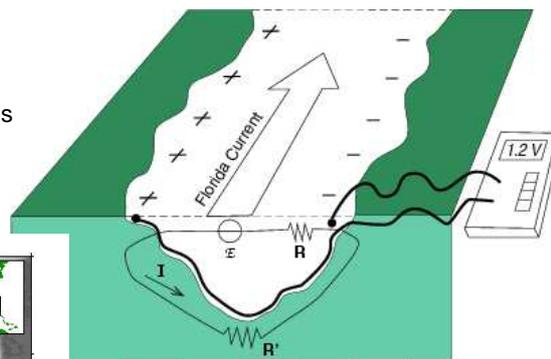
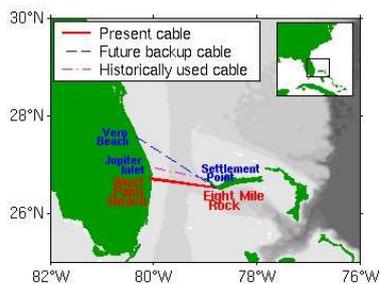
B – Vertikalkomponente des Erdmagnetfelds  
 U – Schleppgeschwindigkeit  
 v – mittlere Quergeschwindigkeit  
 $E_1 - E_2$  – Potentialdifferenz

*Knutz et al., 1992*

## Elektromagnetische Messungen an Kabeln

### Kabelmessungen in der Floridastraße

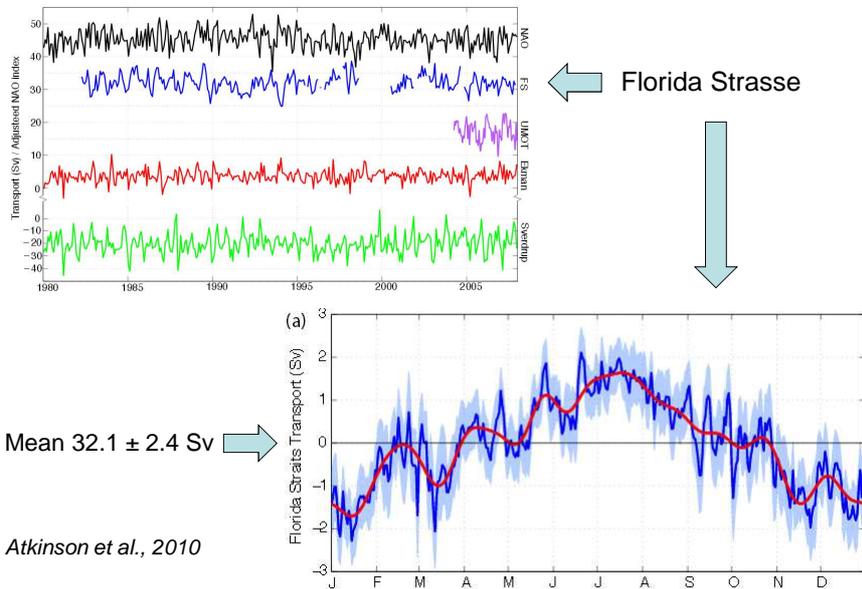
Die Meeresströmung erzeugt unterschiedliche Spannungen im Kabel an den Landstationen.  
 Hier ist das Magnetfeld das Erdmagnetfeld



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

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

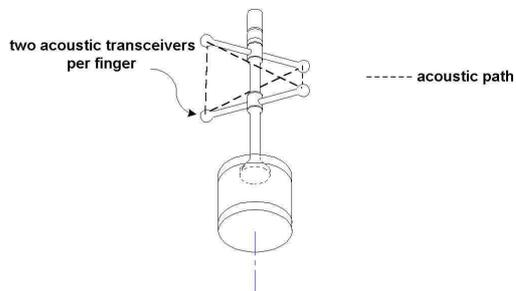
## Transporte in der Floridastrasse



## 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

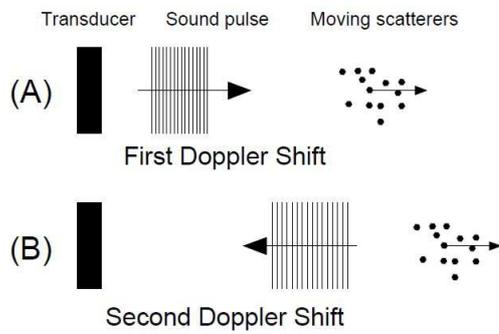
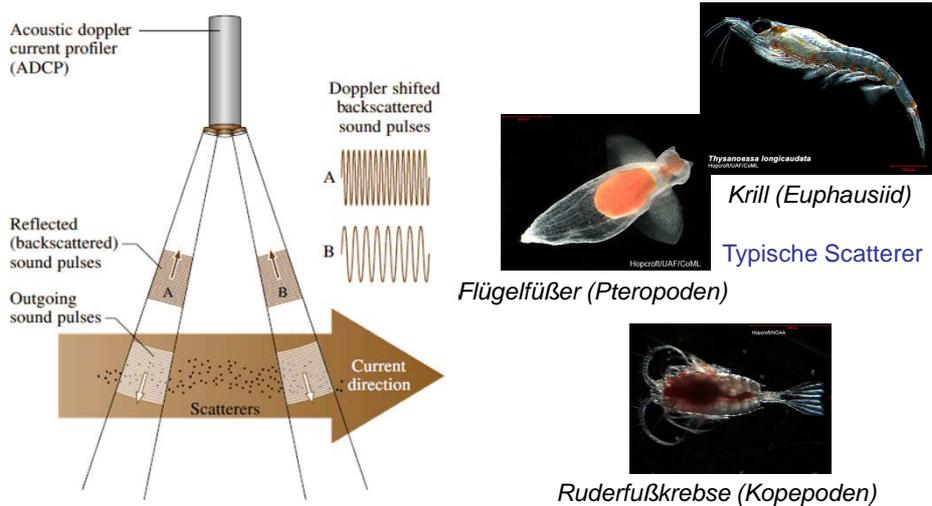


Figure 6. Backscattered sound involves two Doppler shifts, (A) one enroute to the scatterers, and (B) a second on the way back after reflection.

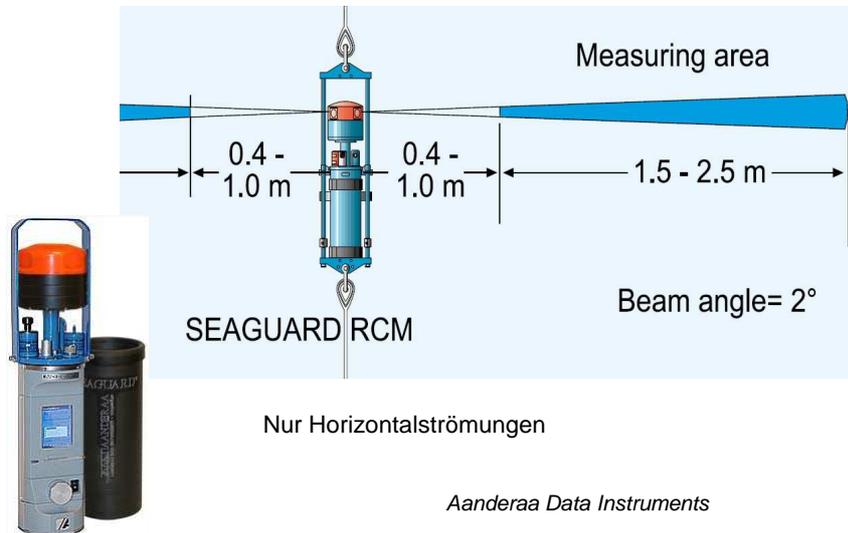
Einfache Doppler-Versch.  $\Delta f = f_s (1 - (c + v)/c)$

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

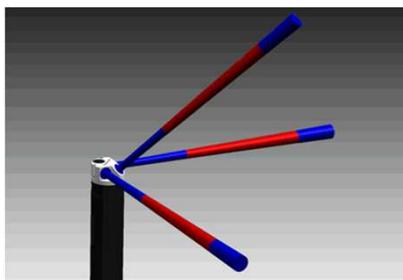
## Akustische Doppler Strömungsmesser



## Recording current meter



## 3 - D Strömungsmesser Aquadopp

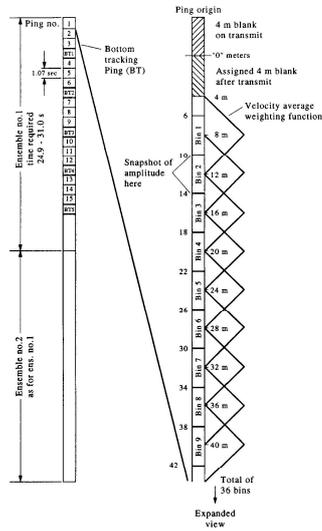


Bestimmt alle drei  
Strömungskomponenten

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 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)

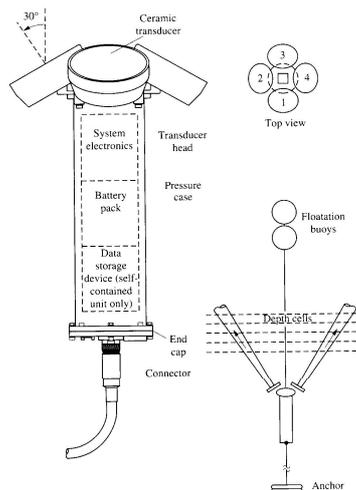
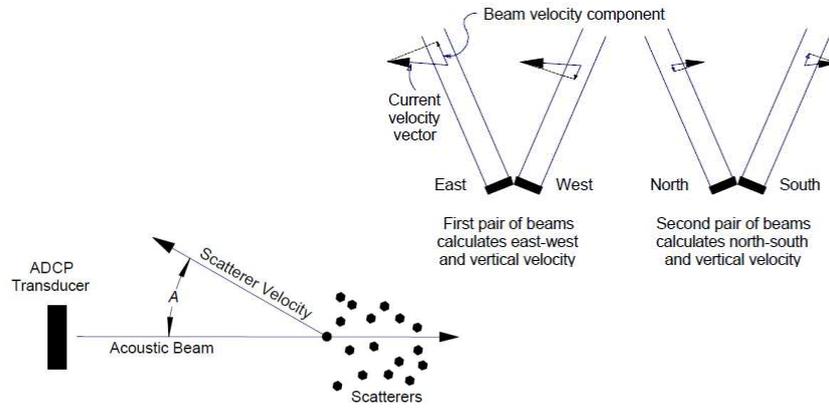


Figure 1.7.6. A direct reading 150 kHz acoustic Doppler current meter with external RS-232 link manufactured by RD Instruments. Side view shows three of the four ceramic transducers. Each transducer is oriented at 30° to the axis of the instrument. The pressure case holds the system electronics and echo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

Emery & Thomson, 2001

## Akustische Doppler Profilstrommesser (ADCP)



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

## Akustische Doppler Profilstrommesser (ADCP)

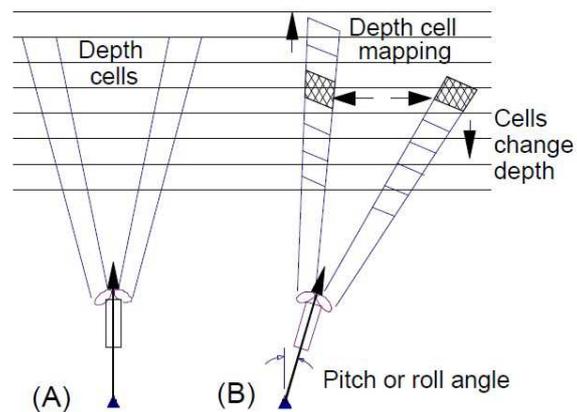
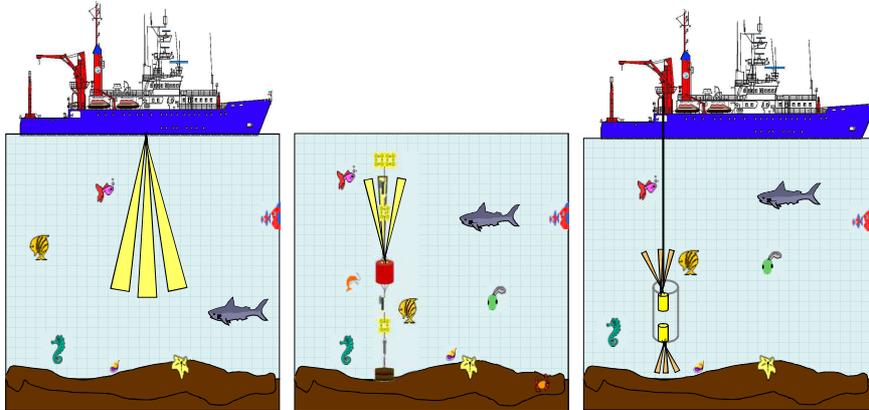


Figure 21. ADCP tilt and depth cell mapping

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

## ADCP - Anwendungen



Hull-mounted

moored

lowered

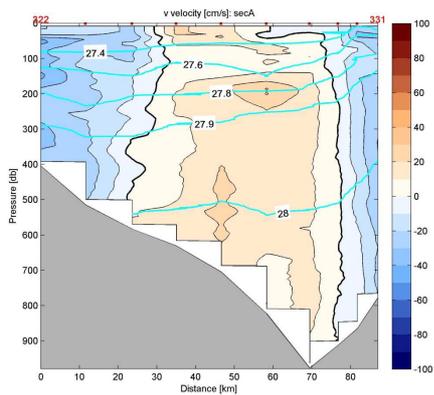
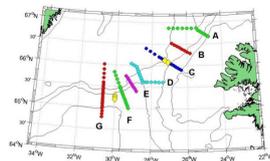
## Moored ADCP



Einsatz in Verankerungen

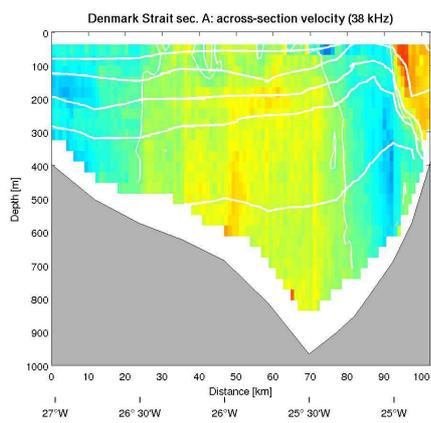


## Lowered ADCP

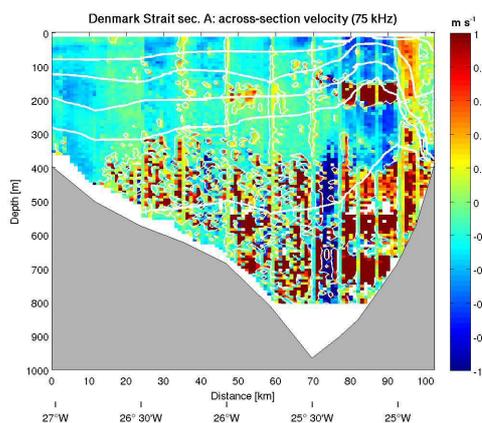


Zwei ADCPs in einer CTD-Rosette

## Shipboard ADCP



38 kHz



75 kHz

## Moored ADCP

