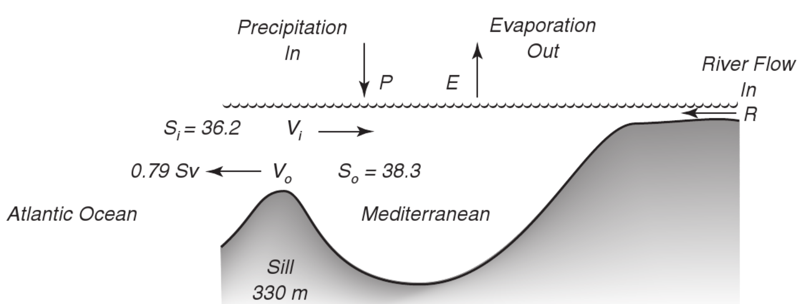
# Übungen zur Vorlesung "Ozeandynamik"

Ausgabe: 10. November 2009, Abgabe: 17. November 2009

## 1. Masse und Saltgehalt

Erhaltung von Masse und Salz im Mittelmeer kann dazu verwendet werden, um sehr nützliche Informationen über Flüsse im Ozean zu erhalten. Wir möchten gerne den Nettoverlust von Süßwasser, das ist Verdunstung minus Niederschlag, des Mittelmeers berechnen. Wir könnten sorgfältig den latenten Wärmetransport über die Oberfläche berechnen, jedoch gibt es wahrscheinlich keine ausreichende Anzahl an Messungen von Schiffen, um die Bulk-Formel mit ausreichender Genauigkeit anzuwenden. Oder wir könnten sorgfältig die Masse des Wassers messen, welches durch die Straße von Gibraltar ein- und ausströmt, aber die resultierende Differenz ist gering, und sie genau zu messen ist vielleicht unmöglich. Wir können jedoch die Netto-Verdunstung berechnen wenn wir den Salzgehalt des einfliessenden ($S_i$) und ausfliessenden ($S_o$) Wassers kennen, sowie eine grobe Annahme über das Volumen des ausströmenden Wassers $V_o$ machen, wobei $V_o$ ein Volumenstrom in Einheiten von $\mathrm{m^3/s}$ ist.




Der Massenfluss des ausströmenden Wassers ist per Definition $\rho_o V_o$. Falls das Volumen des Meeres konstant ist, fordert Massenerhaltung:

$$\rho_i V_i = \rho_o V_o$$

wobei $\rho_i$, $\rho_o$ die Dichten des ein- und ausfliessenden Wassers, $V_i$, $V_o$ die Volumina des ein- und ausfliessenden Wassers sind. Gewöhnlich kann mit sehr geringem Fehler angenommen werden, dass gilt $\rho_i = \rho_o$.

Falls Niederschlag $P$ und Verdunstung $E$ an der Oberfläche des Meeres sowie Einstrom von Flusswasser $R$ in das Meeresbecken vorhanden sind, lässt sich die Massenerhaltung wie folgt formulieren:

$$V_i + R + P = V_o + E$$

Da Salz (auf kurzen Zeitskalen) im Meer nicht abgelagert oder aus ihm entfernt wird, fordert die Massenerhaltung des Salzes:

$$\rho_i V_i S_i = \rho_o V_o S_o$$

wobei $S_i$, $S_o$ die Salzgehalte des ein- und ausströmenden Wassers sind.

1. Schreibe den Nettostrom in das Mittelmeer als Funktion von Verdunstung, Niederschlag und Flusseintrag.

2. Benutze die Werte von Bryden und Kinder (1991) für die Straße von Gibraltar in der Abbildung, um $V_i$ zu berechnen! Nehme $\rho_i = \rho_o$ an. Gebe die Werte in Sv = Sverdrup = $10^6\,{}^{\mathrm{m}^3}\!/\!_{\mathrm{s}}$ an, welches die Einheit des Volumentransportes in der Ozeanographie ist.

3. Benutze die Lösung in 1. um $R + P - E$ zu berechnen!

4. Berechne die mittlere Umwältzzeit im Mittelmeer! Das Mittelmeer hat ein Volumen von $4 \cdot 10^6\,\mathrm{km}^3$.

**2. Divergenz der Windströmung**

Die folgenden Daten wurden jeweils von 50 km östlich, nördlich, westlich und südlich einer Station erhalten: 90 Grad, 10 m/s; 120 Grad, 4 m/s; 90 Grad, 8 m/s; 60 Grad, 4 m/s. Gegeben sind der Winkel und der absolute Wert der Windgeschwindigkeit. Berechne die ungefähre horizontale Divergenz an der Station.

**3. Temperaturgleichung:**

Die Temperatur an einem Punkt 50 km nördlich von einer Station ist 3 °C kälter als an der Station. Wenn der Wind von Nordosten her mit 20 m/s weht und die Luft durch Strahlung um 1 °C/h erwärmt wird, wie ist die örtliche Temperaturänderung an der Station?

**4. Rossby und reine Schwerewellen:**
Beginne mit den sogenannten Flachwassergleichungen

$$\frac{\partial u}{\partial t} - fv = -g\frac{\partial \eta}{\partial x} \tag{1}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + fu = -g\frac{\partial \eta}{\partial y} \tag{2}$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + H\left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}\right) = 0 \tag{3}$$

mit $H$ = const. mittlerer Tiefe (im Ozean ca. 4 km) und $\eta$ als Meeresspiegelauslenkung.
a) mit der Annahme

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} = 0$$

entwickle die Dispersionsbeziehung $\omega(k,l)$ (Name: divergenz-freie Rossby Welle)!
Ansatz: Benutze die Stromfunktion statt $u$,$v$:

$$\Psi \sim \exp(ikx + ily - i\omega t)$$

b) Schwerewelle: Unter der Annahme $f = f_0 = 0$ entwickle die Dispersionsbeziehung $\omega(k,l)$!
Ansatz: Benutze die Gleichungen (1,2,3) und

$$\eta \sim \exp(ikx + ily - i\omega t)$$