

Ekman:

Ekman Layer:

- Die Ekman-Schicht beschreibt die oberste & unterste Schicht im Ozean.
An der Oberfläche wird durch den Windstress Strömung erzeugt, welche dann durch die herrschende Corioliskraft auf der NH nach rechts abgelenkt wird.
Dies geschieht spiralförmig (Ekman-Spirale) bis sich die Strömung um 180° gegenüber dem Wind gedreht hat.
Die Ekman-Tiefe ist so definiert, dass die Reibung des Windes keinen dominanten Einfluss mehr auf die Strömung hat. Eine typische Tiefe (Ekman-Tiefe) ist etwa 20-50m.
Die Strömung geht an der Oberfläche 45° zum Wind, während die Nettoströmung 90° zum Wind ist.

Windstress: $\tau(z=0) = \tau_a$ in $\left[\frac{N}{m^2}\right]$

$\hookrightarrow \tau_a = \rho_{air} c_D |u_{air} - u_s| (u_{air} - u_s)$ mit c_D = Druckkoeffizient $\approx 1,2 \cdot 10^{-3}$ und $|u_s| \ll |u_{air}|$

Ekman Zahl: $E_k = \frac{\text{Reibung}}{\rho v} \rightarrow$ normalerweise klein, außer in der Ekman-Schicht

Ekman-Tiefe: $D_E = \sqrt{\frac{2A_v}{|f|}}$ mit A_v = turbulente vertikale Viskosität

- Ekman Layer wird durch kleine Skalen von Turbulenzen beeinflusst

\hookrightarrow Reynolds-gemittelte Impuls-Gleichung für $Ro \ll 1$:

$$-f_v = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial \tau_x}{\partial z}$$

$$f_u = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial \tau_y}{\partial z}$$

τ_x & τ_y = Reynolds-Spannungskomponenten

mit $\tau_x = -\rho_0 \overline{u'u'}$ & $\tau_y = -\rho_0 \overline{u'v'}$

\rightarrow Down-Gradient-Parametrisierung für den Stressvektor:

$$\frac{1}{\rho_0} \tau_x = A_v \frac{\partial u}{\partial z} \quad \text{und} \quad \frac{1}{\rho_0} \tau_y = A_v \frac{\partial v}{\partial z}$$

Ekman Spirale:

- Beschreibt die Strömungsmuster in der Nähe der Meeresoberfläche, insbesondere im Ekman Layer.

Allgemeine Formel für die Oberflächen Ekman-Spirale:

$$u = \frac{D}{2A_v} e^{\frac{z}{D}} \left((\tau_a - k \times \tau_a) \cos\left(\frac{z}{D}\right) + (\tau_a + k \times \tau_a) \sin\left(\frac{z}{D}\right) \right)$$

mit D = Ekman-Schichttiefe ; z = vertikale Tiefe

Elementarstromsystem:

- nun auch den Druckgradienten: $\nabla_h p$ für $Ro \ll 1$
 \Rightarrow Impulsgleichung: $f_k \times u = -\frac{1}{\rho_0} \nabla_h p + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial \tau}{\partial z}$
mit $k \times u = (-v, u, 0)$ und $\tau = (\tau_x, \tau_y)$
- Der Strom wird aufgeteilt in eine geostrophische (u_G) und reibungsbedingte (Ekman, u_E) Komponente.
 $\Rightarrow u = u_G + u_E$ und $w = w_G + w_E$
 \Rightarrow separate Kontinuitätsgleichung & Impulsgleichung:
für Ekman: $f_k \times u_E = \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial \tau}{\partial z}$, $\nabla \cdot u_E + \frac{\partial w_E}{\partial z} = 0$

Ekman Transport:

- Konzept der horizontalen Bewegung des Meerwassers in der Nähe der Oberfläche

$$\Rightarrow u_E = u_E^{\text{top}} + u_E^{\text{bot}}$$

u_E^{top} = orthogonal zur Windstresrichtung und hängt nicht von der Windstressparametrisierung im Inneren ab.

$$\rightarrow u_E^{\text{top}} = -\frac{1}{f\rho_0} k \times \tau_a$$

τ_a = Windstress (Oberfläche)

- u_E^{top} kann äquatorial & polwärts gerichtet sein

↳ Äquatorial in Westwindregion; polwärts in Passatwindregion

↳ Konvergenz zwischen Westwinden & Passatwindregion; Divergenz in hohen Breitengraden & am Äquator

u_E^{bot} = hängt von der Parametrisierung des Windstresses ab.

$$\rightarrow u_E^{\text{bot}} = \frac{1}{f\rho_0} k \times \tau_b$$

τ_b = Bodenstress

Ekman Pumping:

- vertikale Bewegung des Meeresswassers, die durch die Divergenz der Ekman-Transporter in der oberflächennahen Ekman-Schicht verursacht werden.

W_E = Ekman-Pumping (in m pro Jahr)

$$\Rightarrow W_E|_{z=0} \approx \nabla \cdot U_E^{\text{top}} = K \times \nabla \frac{\tau_a}{\rho_0 f}$$

- wenn $W_E > 0$: Auftrieb (Upwelling):

- Subpolare Wirbel
- An östlichen Grenzen
- Am Äquator

- wenn $W_E < 0$: Abtrieb (Downwelling):

- subpolare Wirbel

Einflussfaktoren:

- Die Richtung und Intensität von W_E werden durch die Divergenz der Ekman-Transporter beeinflusst.
- Ekman-Pumping und Transport hängen nicht von der turbulenten Viskosität A_v ab.