

Aufgabe: Schätzen Sie ab, um wieviel Kilometer sich die Null-Grad-Grenze infolge der globalen Erderwärmung nach Norden verschiebt.

Lösung: Ein Temperaturunterschied ΔT_1 zwischen Sommer und Winter trägt abwechselnd auf der Nord- und Südhalbkugel dazu bei, daß die mit der strömenden Luft zugeführte Wärmemenge zum Schmelzen des Eises in den Randbereichen der Polargebiete führt. Sei

$$\Delta Q = c_v \cdot \rho \cdot \Delta A_1 \cdot \Delta h \cdot \Delta T_1 \quad (1)$$

die einer Eismasse konstanter Dicke Δh und Oberfläche ΔA_1 zugeführte Wärmemenge. Dabei ist c_v die spezifische Wärmekapazität der Eises bei konstantem Volumen und ρ die Dichte des Eises. Die durch Konvektion herbeigeführte Wärme reicht langfristig aus, um alles unter dem Wärmereservoir der Atmosphäre lagernde Eis im Sommer aufzutauen, sofern es sich im Winter nicht mit gleicher Rate wiederaufbaut. Bei einer etwas höheren Temperatur $\Delta T_2 > \Delta T_1$ infolge der globalen Erwärmung reicht die gleiche Wärmemenge

$$\Delta Q = c_v \cdot \rho \cdot \Delta A_2 \cdot \Delta h \cdot \Delta T_2 \quad (2)$$

schon aus, um eine kleinere Fläche $\Delta A_2 < \Delta A_1$ abzuschmelzen. Mit den sphärischen Oberflächenintegralen

$$\Delta A_1 = -R^2 \int_{\theta}^{\theta_1} \sin \theta d\theta \int_{-\pi/2}^{\pi/2} d\varphi = \pi R^2 (\cos \theta - \cos \theta_1) \quad \text{und} \quad \Delta A_2 = \pi R^2 (\cos \theta - \cos \theta_2)$$

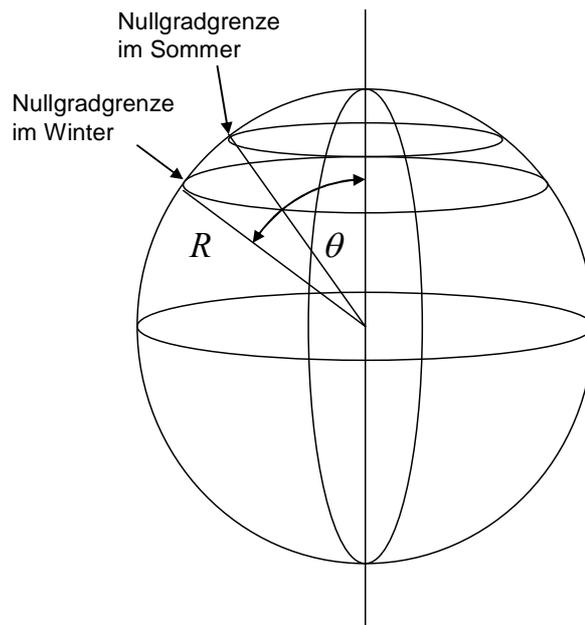


Abbildung 1. Verschiebung der Null-Grad-Grenze zwischen Sommer und Winter

folgt nach Kürzung der konstanten Größen aus der Gleichsetzung der Gln. (1) und (2) die Relation

$$\Delta A_2 \Delta T_2 = \Delta A_1 \Delta T_1$$

und daraus die Beziehung

$$(\cos \theta - \cos \theta_2) \Delta T_2 = (\cos \theta - \cos \theta_1) \Delta T_1,$$

die umgeformt wegen $\Delta T_2 = \Delta T_1 + \Delta T$ auf die Gleichung

$$\cos \theta_2 = \frac{\cos \theta \Delta T + \cos \theta_1 \Delta T_1}{\Delta T_1 + \Delta T}$$

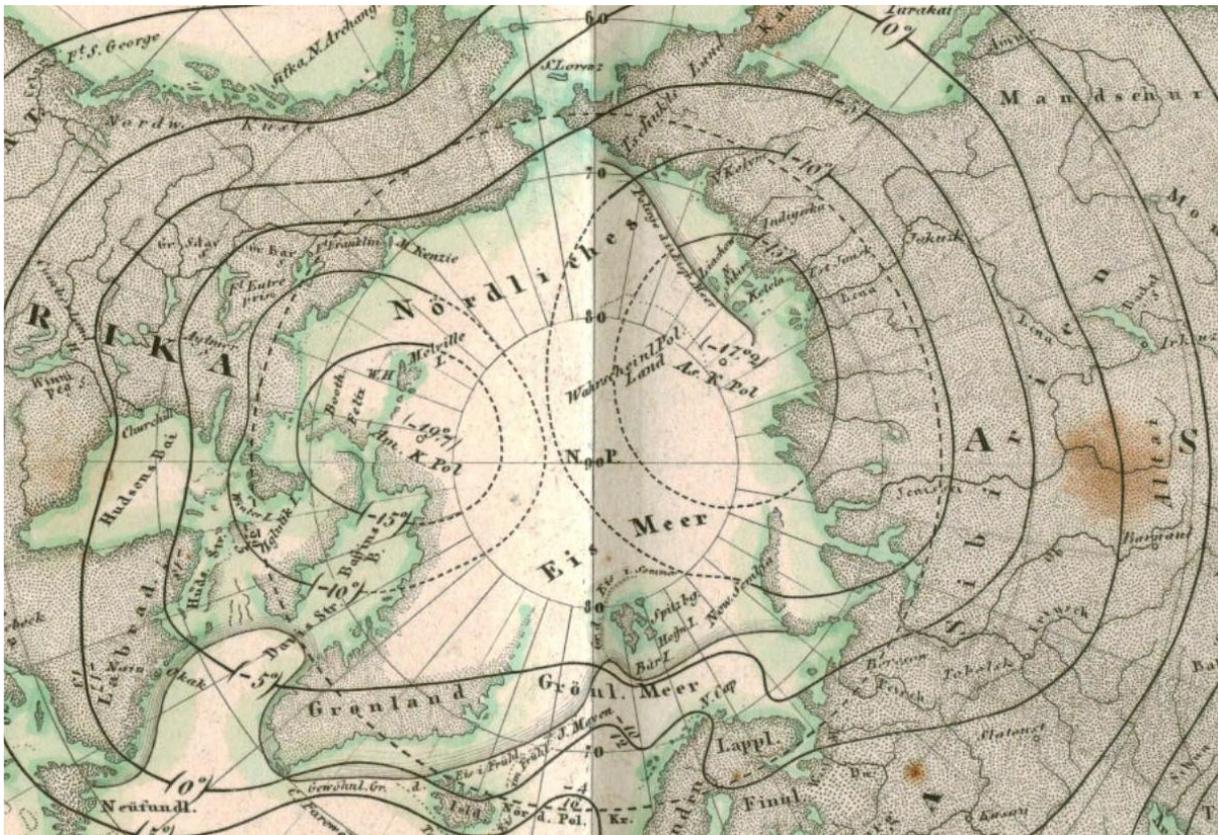


Abbildung 2. Erste Isothermenkarte der Welt von Alexander von Humboldt (1817)

führt. Daraus läßt sich, wenn alle darin vorkommenden Größen bekannt sind, der Winkel

$$\theta_2 = \arccos \frac{\cos \theta_1 + (\Delta T / \Delta T_1) \cos \theta}{1 + (\Delta T / \Delta T_1)} \quad (3)$$

bestimmen. Hieraus können wir die durch die Erderwärmung verursachte Verschiebung

$$\Delta b = b_2 - b_1 = R(\theta_2 - \theta_1)$$

abschätzen, wofür noch die Temperaturänderung ΔT_1 zwischen Januar- und Juliisotherme, welche das Wandern der Null-Grad-Grenze auslöst, und der mittlere Erdradius von 6371 km benötigt werden. Legen wir die Temperaturschwankung in Mitteleuropa zugrunde, die zwi-

schen Sommer und Winter im Mittel $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ beträgt, und nehmen wir die mittlere geographische Breite der Nullgradgrenze im Sommer bei 60° ($\theta_1 = 30^{\circ}$) (siehe Abbildung 2) und im Winter bei 48° ($\theta = 42^{\circ}$) an, so wandert die Null-Grad-Grenze bei einer angenommenen globalen Erderwärmung von 3 K um 254 km nach Norden.

Im Grenzfall $\Delta T = 0$, d.h. ohne globale Erwärmung, bliebe gemäß Gl. (3) alles beim Alten, d.h. $\theta_2 = \theta_1$. Beim doppelten Wert von 6 K sind es bereits 423 km , um die sich die Null-Grad-Grenze nach Norden verschiebt (zum Vergleich: Norwegen hat eine Nord-Süd-Ausdehnung von 1000 km). Nun noch auszurechnen, welchen Einfluß das auf das Ansteigen des Meeresspiegels hat, bleibt gütlichst dem Leser überlassen.