

Planungsblatt Physik für die 8D

Woche 10 (von 03.11 bis 07.11)

Aufgaben & Aufträge ¹

Bis Mittwoch 12.11:

Der Rauch aus einem Kamin einer Fabrik steigt auf, weil es relativ warm ist. Auf der Höhe der Mündung des Kamins ist es ein wenig kälter als direkt auf Bodenhöhe. Jetzt beantworte folgende Fragen: (i) Warum ist die Mündung eines Kamins nicht auf Bodenhöhe gemacht worden? (ii) Der Rauch steigt oft etwas auf, und bleibt dann auf konstanter Höhe, was bedeutet das für die potentielle Temperatur auf dieser Höhe? (iii) Wie erkennt man eine Inversionswetterlage anhand des Rauchs eines Fabrikkamins? (iv) Wenn der Rauch ohne Grenze weiter und weiter aufsteigt, ist die Atmosphäre sehr stabil [begründe!] und daher ist es dann meistens sehr schönes Wetter ohne Wolken.

Kernbegriffe dieser Woche:

Wetter: Wärmekapazität, Gasgesetze, Auftrieb – Gesetz von Archimedes, Wasserdampf, adiabatische Prozesse, Konvektion, Strömung, Föhn, Windsysteme

Ungefähre Wochenplanung

Schulübungen.

- (a) Freitag: (i) HÜ-Bespr. – mSWH? (ii) Wiederholung Corioliseffekt und ein Missverständnis klären: wenn man auf einem Karussell nach innen wirft, muss man 'hinter' dem Ziel zielen, denn der Ball hat schon eine Geschwindigkeit, (iii) potentielle Temperatur und Inversionswetterlage (schlecht für die Gesundheit, warum?)

Unterlagen auf www.mat.univie.ac.at/~westra/edu.html

¹Für manche Aufgaben wird auf Rückseite/Anhang/Buch/Arbeitsblatt verwiesen.

Auf den folgenden Seiten wird langsam ein Skriptum zum Thema Wetter entstehen:

WETTER und PHYSIK

Skriptum für die 8D

Hier unten entsteht dann langsam ein Skriptum zum Thema Wetter. Es ist am Anfang noch etwas sparsam, aber mit der Zeit wird es etwas. Fehler bitte gleich melden!

spezifische Wärmekapazität: die Menge Energie (Joule) die pro Kilogramm notwendig ist, eine Temperaturerhöhung von einem Grad zu bewirken.

Beispiel: Wasser hat eine spezifische Wärmekapazität $c \approx 4,2 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$. Um 1 Liter Wasser von 20 auf 100 Grad Celsius zu erwärmen brauchen wir also $80 \cdot 4 = 320 \text{ kJ}$.

Tatsache: die spezifische Wärmekapazität von Wasser ist hoch. Daher verbrennt man sich an heißem Wasser mehr als an anderen Stoffen.

Luft: $1,005 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ vom Boden $800 - 2000 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$

Wichtiger Unterschied für Gase: C_P ist die Wärmekapazität bei gleichem Druck, C_V ist die Wärmekapazität bei gleichem Volumen.

Es gilt $C_P = C_V + Nk$, wobei man aufpassen muss, ob man es in Mol, Kilogramm oder was anderem misst. Für ein Mol Gas gilt etwa $C_V \approx 2Nk$. Man definiert die Gaskonstante $R = k \cdot 6 \cdot 10^{23}$. Damit gilt dass die moläre Wärmekapazitäten durch $c_V \approx 2R$ und $c_P = c_V + R$ gegeben sind.

Mol: Mengeneinheit aus der Chemie: 1 Mol enthält $6 \cdot 10^{23}$ Teilchen. Das wurde so gewählt, dass die atomäre Masse und die Molmasse in einander übergehen. Beispiel: Kohlenstoff hat atomäre Masse 12, ein Mol Kohlenstoffatome wiegt 12 Gramm. Ein Wassermolekül enthält zwei Wasserstoffatome und ein Sauerstoffatom, daher ist die atomäre Masse 18, also ein Mol Wasser hat Masse 18 Gramm.

Konvektion: Gase oder Flüssigkeiten zeigen eine Strömung die durch Temperaturunterschiede verursacht wird. Das ist Konvektion.

Beispiel: Wenn man Suppe aufwärmt, sieht man, dass bestimmte Strömungsmuster im Topf entstehen. Auf französisch siehst du das in Figur 1 erklärt (chauffage= Erwärmung & refroidissement = Abkühlung).

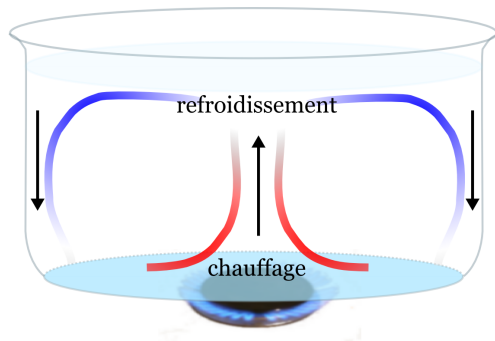


Abbildung 1: Konvektion bei der Erwärmung einer Suppe in einem Topf. Die warme Flüssigkeit steigt wegen der geringeren Dichte (Gesetz von Archimedes) auf, kühlt oben an der Oberfläche ab, und sinkt dann am Rand wieder nach unten. So wiederholt sich der Kreis dann. So eine Struktur nennt man eine Konvektionszelle. In der Atmosphäre gibt es auch solche Konvektionszellen, zum Beispiel eine Gewitterzelle ist ein Auswuchs einer Konvektionszelle. Quelle: Wikimedia/Wikicommons: Konvektion.

Beispiel: An einem warmen Tag wärmt die Luft sich in Erdnähe auf. Dadurch steigt sie auf. An anderen Stellen muss also kalte Luft nach unten fallen. Auf diese Weise entstehen Zellen, in deren Kernen die Luft hinaufströmt, und an deren Rändern kalte Luft herabfällt. Diese Zellen können sich zu Gewitter entwickeln.

das Gesetz von Archimedes: Ein Objekt, das sich in einem Gas oder Flüssigkeit mit Dichte ρ befindet, empfindet einen Auftrieb $F = V\rho g$, wobei V das Volumen des Objektes ist, ρ die Dichte der Flüssigkeit oder des Gases und $g \approx 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ die Fallbeschleunigung ist.

Ein Beispiel dazu: Ein Stein von einem Kilogramm hat ein Volumen von 0,36 Liter – denn die Dichte ist etwa $2800 \text{ kg pro } \text{m}^3$. Daher drückt der Stein 360 Gramm Wasser nach oben. Da das Wasser ebenso nach gezogen wird, drückt es den Stein genau mit der Schwerkraft von 360

Gramm nach oben. Daher fühlt der Stein um 360 Gramm leichter. Das impliziert dass der Stein auf einer Waage unter Wasser nur noch 640 Gramm angeben wird.

Bei Menschen ist es noch extremer, denn unsere Dichte ist etwa die Dichte von Wasser!

Die Sättigungskurve gibt an, was bei gegebener Temperatur die größtmögliche Wasserkonzentration in Luft ist. Siehe Bild 2 für eine Sättigungskurve.

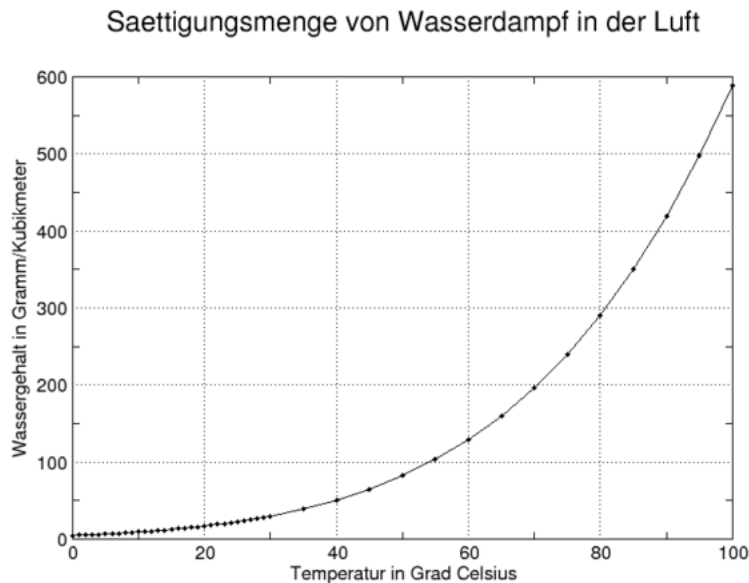


Abbildung 2: Sättigungskurve von Wasser in Luft. Bild ist von Wikipedia: Inhalt von Wasserdampf in der Luft/Sättigung von Markus Schweiß

Sei M die maximale Wassermenge in der Luft, also die Sättigungsmenge. Die Luftfeuchtigkeit drückt die Wassermenge in Prozenten von der Sättigungsmenge an: $\frac{w}{M} \cdot 100\%$, wobei w der Wasserstoffgehalt in der Luft ist.

Ist die Luftfeuchtigkeit 100%, so kann kein Wasserdampf mehr aufgenommen werden und alles kondensiert gleich. So etwas siehst du oft in der Dusche. Luftfeuchtigkeit 0% gibt es fast nie, so etwas würde bei den Augen auch Weh tun.

Das Ideale Gasgesetz $pV = NkT$ mit $k \approx 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$.

Wenn also p konstant ist: $V = \frac{Nk}{p} \cdot T$, daher $\frac{dV}{dT} = \frac{Nk}{p}$. Das Volumen nimmt linear mit der Temperatur zu. Wenn also m die mittlere Masse eines Moleküls ist, dann $\rho = \frac{Nm}{V} = \frac{mp}{kT}$. Also, die Dichte ist der Temperatur indirekt proportional.

Mit der Gaskonstante $R = k \cdot 6 \cdot 10^{23}$ gilt also $pV = nRT$ mit n die Molanzahl.

Zirren sind Wolken auf sehr großer Höhe, die sich durch ihre dünnen, feinen, fadenartigen Formen auszeichnen. Sie bestehen vollkommen aus Eiskristallen.

Stratuswolken sind Wolkendecken. Stratus bedeutet Schicht. Stratuswolken gibt es in jeder Höhe. Altostratus: Stratus auf mittlerer Höhe. Cirrostratus: Stratus auf großer Höhe. Stratocumulus: Übergang zwischen Cumulus (Häufchen) und Stratus. Nimbostratus: die oberste Schicht eines Regenkendecks.

Hier unten irgendwo in Figur 3 siehst du eine Klassifizierung von Wolkentypen (WikiCommons/Wolke).

Potentielle Temperatur: die Luft hat eine Temperatur, die von der Höhe abhängt. Um dann doch diese Temperatur gut vergleichen zu können, definiert man die potentielle Temperatur, die die Luft auf Meeresebene haben würde.

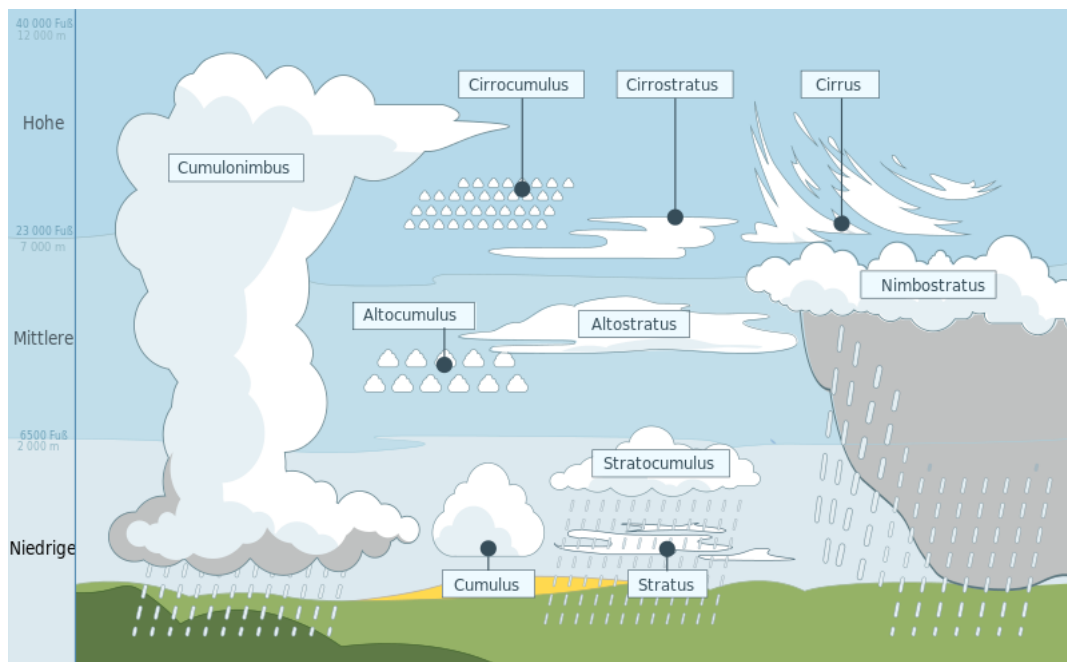


Abbildung 3: Klassifizierung von Wolkentypen. Quelle: WikiCommons: Wolke

Inversionswetterlage: Hier ist die obere Luft wärmer als die untere Luft. Der Temperaturgradient läuft also umgekehrt. Man sollte hierbei vor allem die potentielle Temperatur beachten: bei einer Inversionswetterlage ist der Gradient der potentiellen Temperatur umgekehrt (invertiert); unten kalt, oben warm.

In Wien gibt es im Nachsommer und im Herbst oft eine Inversionswetterlage. Sie ist von Hochnebel charakterisiert. Sie ist schädlich für uns, denn die Abgase steigen dann nicht über die Inversionsschicht aus.

In Abbildung 4 siehst du eine Inversionswetterlage (WikiCommons/Inversionswetterlage). Achte vor allem auf den Rauch – unten um Text wird das erklärt.



Abbildung 4: Ein typisches Verhalten von Rauch bei einer Inversionswetterlage. (Bild von WikiCommons/Inversionswetterlage.)

Eine Inversionswetterlage ist sehr stabil, denn die kältere Luft ist unten. Sie steigt also nicht auf. Dadurch bleibt die Atmosphäre geschichtet; die untere Schicht steigt nicht auf, denn sie

ist kälter. Die obere Luftschicht sinkt nicht, denn sie ist wärmer. Diese Stabilität ist in Wien bekannt; wenn es mal Hochnebel gibt, bleibt er auch hartneckig da! Die kalte untere Schicht enthält die Nebel und wärmt sich daher nicht auf. Darum wird die untere Schicht auch nicht wärmer. Dafür kann es auf etwa 500-1500 schon schön warm werden; vor allem in den Bergen bleibt dann der Nebel in den Tälern und auf den Berghängen ist es schön warm.

Eine Inversionswetterlage ist nicht gut für die Gesundheit. Alle Abgase bleiben in der unteren Schicht. Sie steigen zwar in dieser Schicht etwas ab, aber sie nehmen schnell die Umgebungstemperatur an, und können dann also nicht aus der unteren Schicht entfliehen. Also, bei einer Inversionswetterlage riecht man den Rauch der Kamine sehr gut! Umgekehrt kann man bei diesem Geruch auf Nebel und einer Inversionswetterlage schließen.

Die Kamine der Fabriken sind so gebaut, dass sie den Rauch in einer Höhe entlassen, die eine niedrigere Temperatur als die Bodenluftschicht hat. Dadurch steigt dieser Rauch in dieser kalten Luft schnell auf. Auf diese Weise entgeht der Rauch aus der Umgebung der Menschen weg in die Höhe der Atmosphäre, verdünnt sich und ist somit weniger schädlich. Bei einer normalen Wetterlage funktioniert dieser Plan; bei einer Inversionswetterlage geht es schief. Der Rauch steigt dann nicht auf, kommt aus der kälteren Unterschicht nicht weg. Man sieht dies oft bei typischem Tiefdruckwetter/Inversionswetter/Nebelwetter passieren. Der Rauch kommt dann horizontal aus dem Kamin, oder steigt sogar ab.

Athen hat im Sommer immer Smog. Der Smog geht aus der Stadt nicht weg. Anscheinend ist die Temperatur in Bodennähe niedriger als auf größerer Höhe. Im Sommer ist die Atmosphäre so warm, dass auch auf große Höhe die Luft warm ist. Durch lokale Wetterbedingungen wie Berge in der Nähe und einer Meeresbrise wird dann eine Wetterinversion möglich; der relativ kühle (aber noch immer sehr heiße) Luft bleibt unten im Becken und die Abgase können nicht weg. Smog und Gesundheitsprobleme in der Stadt Athen sind die Folge.

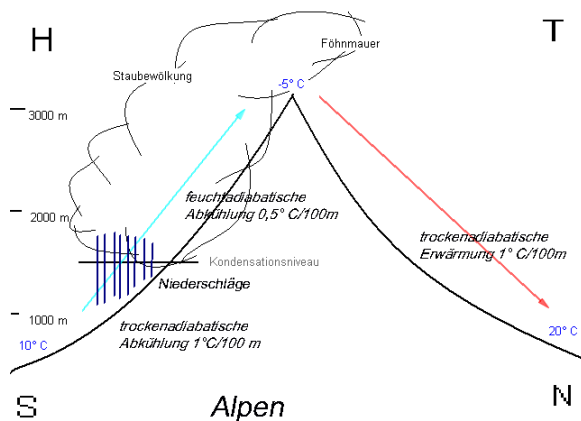
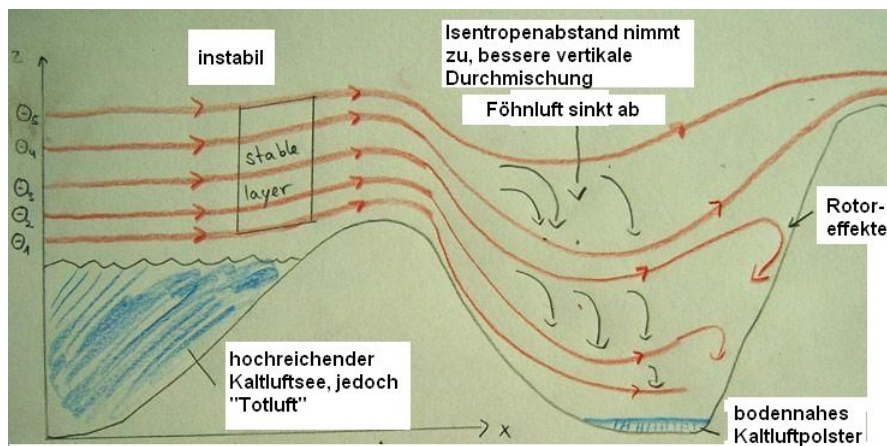


Abbildung 5: Föhn vom Typ Swiss Föhn. Hierbei steigt feuchte Luft auf, kühlt ab und regnet sich aus. Die trockene Luft wärmt sich dann beim Abstieg schneller auf – trockenadiabatisch 1 Grad pro 100m versus feuchtadiabatisch 0,5 Grad pro 100m – dies sorgt für den Temperaturunterschied.

Swiss Föhn ist der klassische Schulbücherföhn. Sie passiert vor allem, wenn die Berge hoch genug sind, und die Luft auf der Luvseite tatsächlich feucht genug ist, damit sich Regen bildet. Um ordentliche Temperaturunterschiede zu bekommen, muss der Berg, über den die Luft fliegt, hoch genug sein.

In Österreich ist vor allem Austrian Föhn sehr wichtig. Das wird auf der Website <http://www.inntranetz.at/foehn/01.html> und von dort ist auch das folgende Bild:



Corioliskraft: Wenn sich ein Objekt dreht, dann spürt es eine Kraft, wenn es sich radial (also entlang des Radius) bewegt. Dies ist die Corioliskraft. Sie wird durch $\vec{F} = -2m\vec{\omega} \times v$ gegeben. Hierbei ist $\vec{\omega}$ die Winkelgeschwindigkeit.

Winkelgeschwindigkeit: Vektor der die Drehung angibt: Richtung des Vektors ist die Achse mit der Rechterhandregel: Die Finger der rechten Hand geben die Drehrichtung an, der Daumen dann die Richtung von $\vec{\omega}$. Die Größe vom Vektor: $\omega = |\vec{\omega}| = \frac{2\pi}{T}$ wobei T die Umlaufzeit ist.

Es ist eine gute Aufgabe ω für die Erddrehung zu berechnen.

Jetstream: großes Windsystem auf der Erde, etwa auf der Höhe von Dänemark, aber es gibt Schwankungen. Der Wind weht von West nach Ost und befindet sich vor allem auf großer Höhe. Sie entsteht durch die Corioliskraft, die die warme Tropenluft nach Ost ablenken lässt.