

## Die Atmosphäre - der Himmel „unter“ dem Himmel

Man muss nur ein paar Nächte am Fernrohr zubringen, um festzustellen, dass man – ob man nun will oder nicht – zwangsläufig auch etwas über die Erdatmosphäre lernt, wenn man die Gestirne beobachtet. Zunächst weist die Atmosphäre den Anfänger auf unerfreuliche Weise auf ihre Existenz hin, nämlich dann, wenn dicke Wolken den Blick auf die Welt der Sterne verschleiern. Hat man nur ein klein wenig Beobachtungserfahrung gesammelt, wird man bemerken, dass nicht jede klare Nacht auch einen „klaren“ Blick auf die Himmelskörper bedeutet. Spätestens dann wird uns der Einfluss, den die irdische Lufthülle nimmt, bewusst. Das könnte der richtige Moment sein, um mehr über die Erdatmosphäre zu lernen. Nachfolgend finden sich einige Hinweise, wie man Schülern der Mittelstufe Kenntnisse über die Erdatmosphäre *und* über erdgebundene Himmelsbeobachtungen vermitteln könnte. Ausgangspunkt sollen dabei einige typische altersgerechte Fragestellungen sein.

Übersicht der Bezüge im WiS!-Beitrag		
Astronomie	Astropraxis	Szintillation, Beobachtungsbedingungen
Fächerverknüpfung	Astro-Physik, Astro-Geo	Arbeit mit Modellen, Gasmechanik (Kompressibilität, Druck und Dichte), Optik (Licht sammelnde und zerstreue Wirkung von Linsen, Lichtstreuung), Erdatmosphäre

### Wie nehmen Dichte und Druck in der Atmosphäre mit wachsender Höhe ab?

Die Antwort auf diese Frage kann man durch einen Modellversuch herausfinden, sofern in einem Vorgespräch mit den Schülern folgende Zusammenhänge geklärt werden:

Die Luft ist zusammendrückbar. In einer beliebigen Luftschicht pressen daher die weiter oben liegenden Gasmassen die weiter unten liegenden zusammen. Modellhaft kann man sich das mit einem Versuch veranschaulichen. Man fädelt abwechselnd kleine Massenstücke und Federn mit identischer Federkonstante übereinander. Wie stark die Federn zusammengedrückt sind, ist im Modell Ausdruck für den Gasdruck und die Dichte der Luft. Stark zusammengedrückte Stahlfedern bedeuten hohen Druck und hohe Dichte. Wir können also sagen, dass die *reziproke* Federlänge ein Maß für Druck und Dichte ist. Dichte und Druck nehmen von unten nach oben ab. Das Abmessen mit einem Lineal an der Abbildung 2 (z. B. am linken Bild), liefert folgende Messwerttabelle:

Höhe des Massenstückes der Nr. über dem Boden in cm (linke Abb.)	Länge der Stahlfeder, die sich über dem Massenstück befindet in cm	reziproke Länge der Stahlfeder in $\text{cm}^{-1}$ als Maß für Druck und Dichte
Nr.1 1	1,1	0,909
Nr.2 2,9	1,3	0,769
Nr.3 4,9	1,5	0,667
Nr.4 7,2	1,8	0,556
Nr.5 9,8	2,1	0,476

Die graphische Darstellung der Tabelle entnimmt man der folgenden Abbildung (Abb. 1):

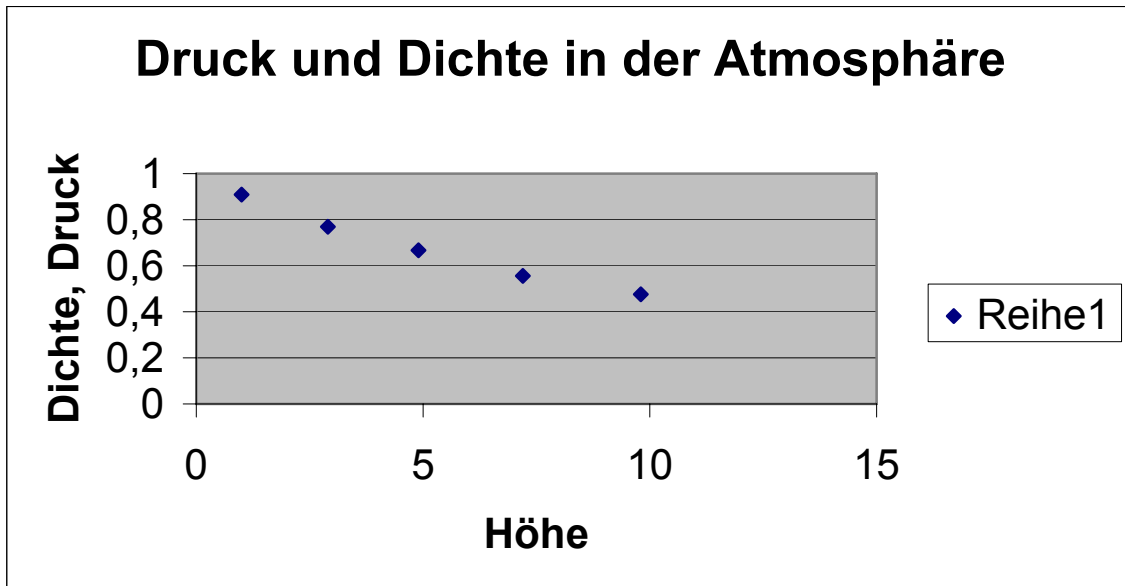


Abb. 1

Wie zu erkennen ist, nehmen Druck und Dichte nicht linear mit wachsender Höhe ab. Unmittelbar in Nähe des Erdbodens erfolgt die Abnahme schneller.

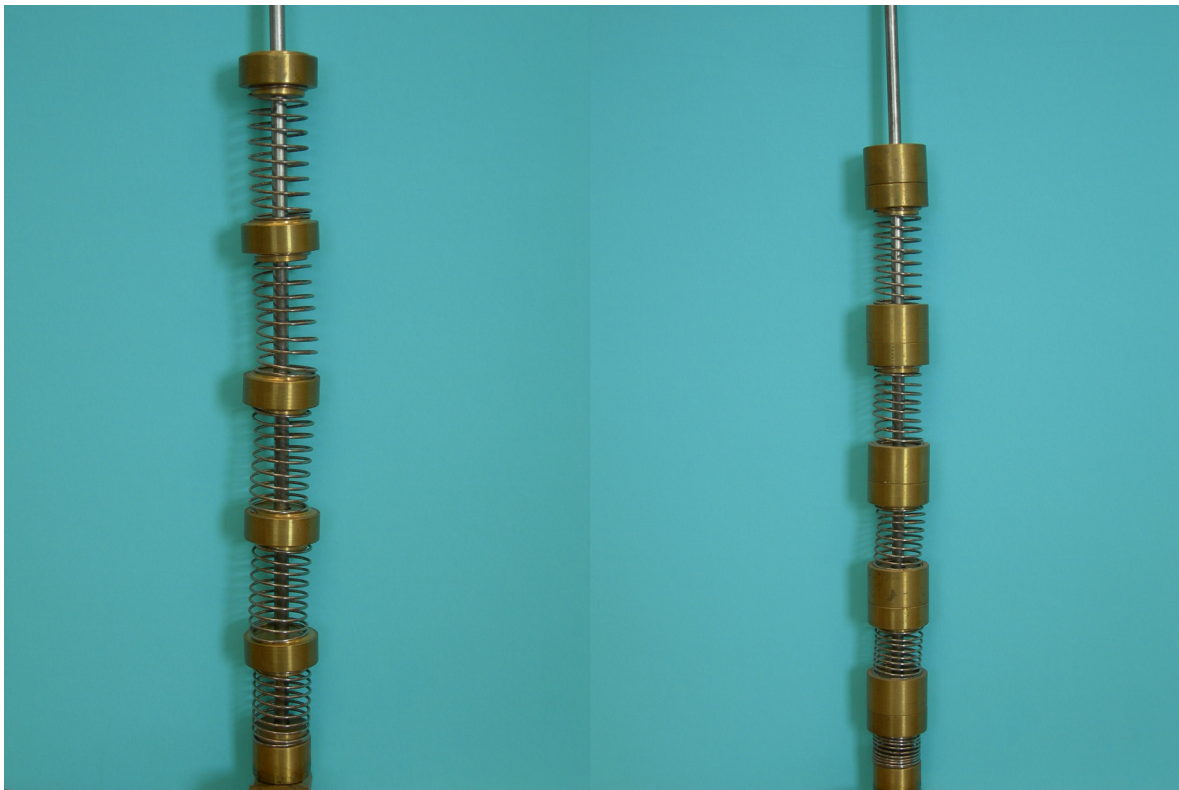


Abb. 2: Zwei Federmodelle für unterschiedliche Dichte- und Druckverteilungen

### **Warum flackern die Sterne?**

Eine einfache Modellerklärung der Szintillation kann man dem folgenden Lehrtext entnehmen:

Mit Beginn des Tages erwärmt die Sonne den Erdboden. Vom Boden steigt erhitztes Gas - ähnlich wie die Gasblasen im Mineralwasser - auf, kühlt sich in höheren Atmosphärenschichten ab und sinkt zum Boden zurück. Die Gasblasen haben unterschiedliche Größe und Dichte. Sie wirken wie Linsen, können also das Licht der Sterne bündeln oder zerstreuen. Ziehen die Gasblasen mit dem Wind über den Beobachter hinweg, erkennt man dieselichtsammelnde oder lichtzerstreuende Wirkung als Flackern des Sternlichtes. Wie intensiv das Lichtflackern ist, hängt davon ab, wie schnell sich die Luft über dem Beobachter bewegt.

### **Was passiert mit dem Staub und Dunst in der Luft?**

Nach einem Gewitter ist die Luft besonders klar. An staubigen Sommertagen wirkt der Himmel trübe, die Fernsicht und die horizontnahe astronomische Beobachtung sind eingeschränkt. Die Ursache für die Lufttrübung sind kleine Staubpartikel, die mit der Wärmebewegung der Luft oder dem bodennahen Wind in höhere Atmosphärenschichten gelangen und das Licht streuen. Je kleiner die Teilchen, desto höher können sie aufsteigen. Kommt die Luftbewegung nachts zur Ruhe, sinken die Teilchen zum Boden herab. In den frühen Morgenstunden eines an sich klaren Tages ist deshalb die Sicht meist besser als am Abend.

Um sich den soeben geschilderten Zusammenhang experimentell zu verdeutlichen, könnte man folgendes Experiment (empfehlenswert als Heimversuch) durchführen:

Kreide wird mit feinem Sandpapier zerrieben und in ein ca. 20cm hohes wassergefülltes Gefäß eingebracht. Man rührt kräftig um und stellt das Gefäß ab. Die in Abb. 3 gezeigte Bildfolge entstand nach 10 min (Bild1), 1 Stunde (Bild 2) und 8 Stunden (Bild 3). Durch Verwendung eines Sandpapiers mit anderer Körnigkeit, kann man die Größe der Kreidestückchen verändern. Dabei zeigt sich insgesamt: Nach einiger Zeit sinken die Kreideteilchen zum Boden herab, dies erfolgt allerdings umso schneller, je größer die Partikel sind. Die kleinsten (kaum wahrnehmbaren) Teilchen verbleiben als Schwebepartikel sehr lange Zeit in den höheren Wasserschichten und trüben diese ein.



**Abb. 3:** Die Sedimentation von Kreidepartikeln

**Wie viel Wasser ist in der Atmosphäre?**

An einem schwül-heißen Sommertag kann man beobachten, wie sich gewaltige Wolkentürme in den Himmel erstrecken. Welche Wassermasse steckt eigentlich in so einer Wolke? Als Schätzwerte dürfen wir folgende Annahmen machen:

Sättigungsgehalt von Wasserdampf in Luft:  $\rho=2 \text{ gm}^{-3}$  (entspricht im Mittel dem Wasseranteil für typische Druck und Temperaturwerte in ca. 2 km Höhe an einem warmen Sommertag)

Nehmen wir modellhaft eine zylindrische Wolke mit einem Radius von 2 km und einer Höhe von 1 km an. Dann gilt für ihr Volumen:

$$V = \pi r^2 h = 1,26 \cdot 10^{10} \text{ m}^3$$

und für die in ihr enthaltene Wassermasse:

$$m = V \rho = 25200t$$

Zum Glück können die 25000 Tonnen Wasser nur nacheinander, auf kleine Regentropfen verteilt, zum Boden fallen...

Für uns ist der Wasserdampf erst sichtbar, wenn er in Wolken kondensiert. Aber auch ohne diese Wolkenbildung befinden sich viele Tonnen Wasser ständig über unseren Köpfen. Dabei gilt für das gasförmige Wasser das Gleiche, was wir schon für die Dichte und Druckverteilung der Luft herausgefunden haben. Mit wachsender Höhe wird der Wassergehalt in der Atmosphäre schnell geringer.

**Wo die modernen Sternwarten stehen...**

Auf hohen Bergen kann man einigen Problemen ausweichen, die uns die Erdatmosphäre bei der Himmelsbeobachtung bereitet:

In großen Höhen sind Druck und Dichte in der Atmosphäre schon relativ gering. Das Licht der Himmelskörper wird also weniger stark durch die irdische Luft beeinflusst. Auch Staub- und Dunstteilchen sind in großen Höhen nicht mehr so konzentriert. Schließlich ist auf hohen Bergen auch der Wassergehalt der Atmosphäre geringer. Forscher, die beispielsweise Wassermoleküle im Weltraum aufspüren wollen, können dann nicht mehr so leicht vom irdischen Wasserdampf getäuscht werden.