

Sequenz 2b - Blaise Pascal, Luft und Luftmeer

Worum es geht

In dieser Einheit geht es darum, zu verstehen, dass Luft nicht nichts ist und dass unsere Erde von einer Atmosphäre/Lufthülle umgeben ist. Das Verständnis der Atmosphäre ist wichtig, um später den Treibhauseffekt zu verstehen.

Zuerst sollen die Schülerinnen und Schüler ihre Vermutungen anstellen, was Luft ist: Ist es nichts? Hat es Gewicht? Ist es unsichtbar? Wie kann ich es spüren? usw. Aus der Geschichte von Blaise Pascal¹ können die Schülerinnen und Schüler lernen, dass die Luft weniger drückt, je weiter man in die Höhe geht, z.B. in den Bergen. Luft ist also nicht nichts. Im Gegenteil Luft türmt sich über uns (kilo-)meterweise auf und drückt dadurch nach unten. Das kann auch mit Videobeispielen nähergebracht werden.

Videovorschlag Luftdruck: <https://www.youtube.com/watch?v=5u99TkkRwGk>

Videovorschlag Atmosphäre: <https://www.youtube.com/watch?v=hB6ENQJUBUQ>

Bei der Lernsituation – den Lernaufgaben - zu Luft und Luftmeer wird klar, dass wir uns fast ausschliesslich in der untersten „Schicht“ der Atmosphäre bewegen. Sogar Flugzeuge, in denen wir das Gefühl haben, sehr hoch hinauf zu steigen, bleiben in der untersten Luftschicht (Troposphäre).

Eine häufige Vorstellung bei Schülerinnen und Schülern ist, dass sich die Lufthülle wie eine feste Schicht um die Erde legt. Es ist daher wichtig zu klären, dass die Lufthülle keine klaren Grenzen hat, wie das z.B. bei einer Seifenblase der Fall ist. Die Luft wird gegen oben in der Atmosphäre immer „dünner“, es hat immer weniger Luftmoleküle (Gasteilchen) auf das Volumen bezogen. Die Gliederung der Lufthülle in verschiedene Sphären (Troposphäre, Stratosphäre, Mesosphäre, Thermosphäre) erfolgt aufgrund der Änderung von Merkmalen und Eigenschaften der Luft (Zusammensetzung, Temperaturverlauf); die Übergänge sind fließend. Diese Eigenschaften und Veränderungen werden allerdings auf der Primarstufe noch nicht thematisiert.

¹ Blaise Pascal lebte von 1623 bis 1662 in Clermont-Ferrand und Paris. Mit 39 Jahren erlag er einer schweren Krankheit. Er war Mathematiker, Physiker und Philosoph. Bekannt sind insbesondere seine Erfindung einer mechanischen Rechenmaschine für die Addition und Subtraktion, seine Untersuchungen zur Abnahme des Luftdruckes mit der Höhe und zum Luftdruck allgemein (z.B. das Gesetz der kommunizierenden Röhren). Ab 1654 verfasste er eine Schrift zur Verteidigung des Christentums, die allerdings erst nach seinem Tod (1670) unter dem Titel „Pensées sur la religion“ erschien. Nach ihm benannt ist die physikalische Masseinheit für den Druck und eine Programmiersprache für Computer.

Material

Die Entdeckung von Blaise Pascal

Der Wissenschaftler Blaise Pascal fragte sich: Wie stark drückt die Luft weit oben auf einem hohen Berg?

Blaise Pascal selbst wohnte im Flachland. Er bat deshalb einen Freund, ihm zu helfen. Der Freund wohnte in der Nähe eines hohen Berges in Frankreich, dem Puy-de-Dome. Er sollte mit einem Barometer (Messgerät für den Luftdruck) unten im Flachland und oben auf dem Berg messen, wie stark die Luft drückt.

Der Freund tat Pascal den Gefallen und besorgte in der Stadt zwei Barometer. Beide Barometer zeigten unten in der Stadt Clermont den gleichen Luftdruck an. Er machte einen Strich an die Stelle, wohin der Zeiger zeigte. Er sagte einem Kollegen: „Ich gehe jetzt mit dem einen Barometer auf unseren Berg hinauf. Du bleibst hier unten bei dem zweiten Barometer. Pass genau auf, was mit dem Zeiger passiert“.

Der Freund von Pascal machte sich dann mit einigen Männern auf den Weg zur Spitze des Berges. Damals gab es noch keine Seilbahn. Sie mussten zu Fuss gehen. Sie trugen das Barometer bis oben zur Bergspitze.

Auf der Bergspitze schauten sie, ob sich der Zeiger verändert hatte. Erstaunt stellten sie fest, dass der Zeiger gesunken war.

Der Freund von Pascal war sehr überrascht. Er schrieb später an Blaise Pascal in einem Brief: „Dies erfüllte uns alle mit Bewunderung und Erstaunen und überraschte uns dermassen, dass wir...den Versuch noch fünfmal sehr sorgfältig an verschiedenen Stellen des Gipfels wiederholten, sowohl unter Dach einer kleinen Kapelle, die sich dort befindet, als auch unter freiem Himmel an geschützter Stelle sowie im Winde, während klares Wetter herrschte, und bei einem Regenschauer“.

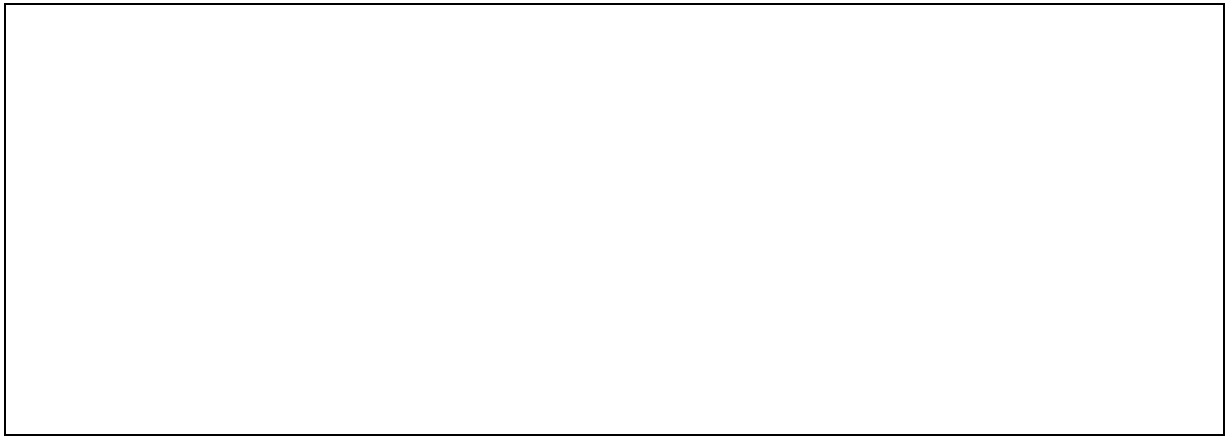
Später trat der Freund von Pascal mit seinen Begleitern den Rückweg an. Nachdem sie die Hälfte des Berges geschafft hatten, war der Zeiger schon wieder etwas gestiegen.

Endlich kamen sie wieder im Tal an. Das Barometer hatte jetzt wieder den gleichen Stand, den es vor der Bergwanderung hatte. Der Kollege, der das zweite Barometer in der Stadt bewacht hatte, berichtete: Der Zeiger des zweiten Barometers hatte sich den ganzen Tag nicht bewegt.

Für Blaise Pascal war nun klar: Sein Freund hatte einen wichtigen Beweis erbracht. Das Drücken der Luft nimmt mit der Höhe ab. Oben auf dem Berg drückt die Luft weniger stark als unten im Tal.

Möller, K., Baumann, S., Henry, W., & Nachtigäller, I. (2007). Luft und Luftdruck. Klassenkisten für den Sachunterricht - Ein Projekt des Seminars für Didaktik des Sachunterrichts Westfälische Wilhelms-Universität Münster im Rahmen von KiNT: "Kinder lernen Naturwissenschaft und Technik". Essen: Spectra-Verlag, S.201f & 257.

Zeichne ein Bild zu der Erzählung von Blaise Pascal und der Bergwanderung seines Freundes.



Was hat Blaise Pascal herausgefunden?

Luft und Luftmeer

Höhe	
500km	
85 km	
55 km	
12 km	

Die Darstellung stellt das Luftmeer dar:

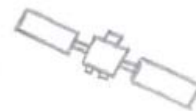
Zuunterst befinden wir uns auf der Erdoberfläche und zuoberst im Weltall auf einer Höhe von über 500 Kilometer.

1. Schneide die folgenden Angaben zu Temperaturen, die „Luftpakete“ und die Symbole aus.
2. Wo im Luftmeer vermutest du die angegebenen Temperaturen, Luftpakete und Symbole? Lege sie am passenden Ort auf die obige Darstellung. Beschreibe und begründe deine Anordnung.

Temperatur

Durchschnitt etwa 14°C
etwa -60°C
etwa 10°C
etwa -80°C
bis 1700°C

Symbole



Luftpakete

nur ganz wenige Luftteile



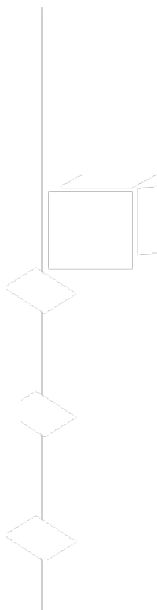
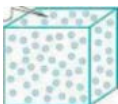
wenige Luftteile



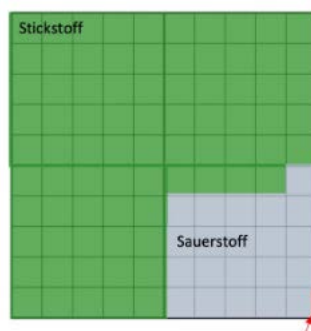
viele Luftteile



sehr viele Luftteile



Gase in der Luft



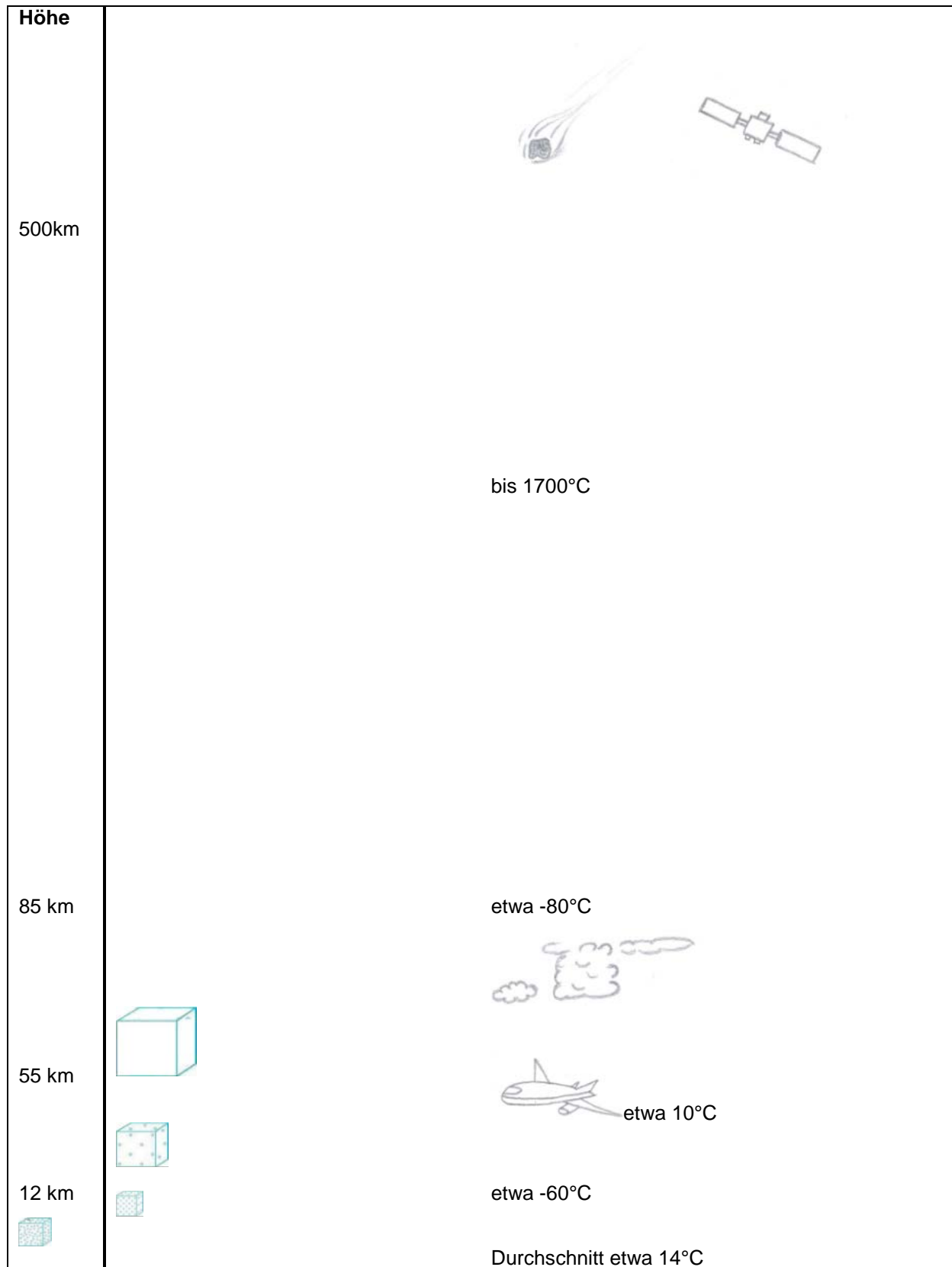
0.1% Edelgase und
0.03% Kohlenstoffdioxid

Lösungen

Was hat Blaise Pascal herausgefunden?

Zum Beispiel: Je weiter nach oben man geht, desto weniger drückt die Luft.
Die Luft türmt sich über uns kilometerweise auf und drückt nach unten.

Luftmeer



Eigene Darstellung Projekt CCESO II. Zeichnungen: Michelle Walz

Kommentar für die Lehrperson

Hat Luft Gewicht?

Die Schülerinnen und Schüler sollen anhand eines gemeinsam entwickelten Experiments erkennen können, dass Luft nicht nichts ist und ein Gewicht hat.

Für die Schülerinnen und Schüler ist das Gewicht von Luft nicht zu spüren. Ob Luft Gewicht hat, ist für sie deshalb eine offene Frage. Viele vermuten, dass Luft nichts wiegt. Andere denken, dass Luft Dinge leichter macht oder vermuten bereits, dass Luft etwas wiegen muss, weil sie Platz braucht, etwas bewirken kann (z.B.

Wind) usw. Welche Vermutung richtig ist, sollen die Kinder mit einem Experiment selbst herausfinden. Dieses wird gemeinsam entwickelt.

Beispiel für ein Experiment: Die Kinder pumpen einen Ball auf und wiegen ihn. Sie stellen fest, dass er mehr wiegt, als der nicht aufgepumpte Ball. (Es muss eine Waage verwendet werden, bei der auch kleine Veränderungen gemessen werden können.)

Tabelle Angaben zu den verschiedenen „Schichten“ der Atmosphäre

Schicht	Höhe	Temperatur °C	Luftdichte kg/m ³	Luftdruck hPA	Attribute
Interplanetarer Raum (Exosphäre*)	ab 500 km				Satellit
Thermosphäre	ab 85 km	bis 1700 (in Th.)		0.001	Polarlicht, Meteoriten
Mesopause	85	-70/-80	0.00001	0.1	
Mesosphäre	ab 55 km				
Stratopause	55	10	0.001	1	
Stratosphäre	ab 12 km		0.01	10	Überschallflugzeug
Tropopause	12	-60/-70	0.3	225/250	Verkehrsflugzeuge
Troposphäre		Durchschnitt 14	0.62 bei 8°C -> 1.24 bei 8°C ->	500 1000	Wolken und Wetter

*nach verschiedenen Definitionen (z.B. der NASA) gehört die Exosphäre bereits zum interplanetaren Raum und nicht mehr zur Atmosphäre

(Vereinfachte Angaben gemäss verschiedenen Quellen: NASA, Meteo Schweiz, Meteotest)

Das Gewicht der Luft – Das Luftmeer

Die Luft einer 1-Liter-Flasche wiegt etwa so viel wie ein halbes Gummibärchen: etwas mehr als ein Gramm. Die Luft in einem Würfel mit 1m Kantenlänge wiegt schon so viel wie ca. 500 Gummibärchen (1,3kg!). Man kann auf dem Boden ein Quadrat mit 1m Seitenlänge mit Kreide zeichnen oder den Schülerinnen und Schülern einen quadratischen Karton mit 1m Kantenlänge zeigen.

Und wenn wir die ganze Luft, die in unserem Klassenzimmer ist, auf eine Waage legen würden? Was glaubt ihr, wie viel wiegt diese Luft? (Z.B. bei einem 10x6x3m Klassenraum so viel wie 234 1-kg-Zucker-Packungen, also 234kg).

Über uns und der ganzen Erde, über den Seen, Bergen, Häusern, Menschen und Bäumen liegt ein ganzes „Meer von Luft“. Die Erde ist von Luft eingehüllt. Diese Luft-hülle reicht weit in das Weltall hinauf. Es gibt dabei keine wirkliche Grenze, ab der es keine Luft mehr gibt. Nach oben wird die Luft „immer dünner“.

Nun stellt euch vor, ich könnte die ganze Luft, die über diesem Viereck (Quadrat mit 1m Kantenlänge) liegt, bis oben hinauf in das Weltall auf eine Waage legen. Was glaubt ihr, wiegt die ganze Luft so viel wie ein Mensch (50kg)? So viel wie ein ganz leichtes Klein-Auto (500kg)? So viel wie ein etwas grösseres Auto (1000kg)? Oder so viel wie ein vollbeladener kleiner Lastwagen (10 000kg)? (Lösung 10 000kg).

Was passiert mit der Luft, wenn die Luft über uns so viel wiegt (hilfreich: Karton von 1m-Kantenlängen über den Kopf halten)?

Das folgende Spiel kann euch auf eine Idee bringen: Immer 4-6 Kinder legen die Hände abwechselnd aufeinander in einem Stapel auf den Tisch (jeweils eine Hand weiter oben, eine Hand weiter unten), beschreiben, was sie an ihren beiden Händen spüren (die untere Hand wird stärker zusammengedrückt als die obere Hand) und woran das liegen könnte (auf der unteren Hand liegt mehr Gewicht, es lasten mehr Hände darüber).

Mit dem Luftmeer ist es wie mit unserem Händestapel. Die obere Luft drückt auf die Luft, die darunter ist, diese wieder auf die untere usw. Hier unten auf der Erde drückt ganz viel schwere Luft von oben auf unsere Luft hier. Die Luft auf der Erde wird vom Luftmeer über uns richtig zusammengepresst. Die zusammengepresste Luft drückt gegen alles! Sie drückt auch gegen uns Menschen, obwohl wir nichts davon spüren. Vielleicht kennt ihr das auch vom Wasser. Was passiert, wenn ihr im „Wassermeer“ tief nach unten taucht?

Kinder berichten vom Druck auf den Ohren. Je tiefer man taucht, umso mehr Wasser lastet auf uns und drückt auf unsere Ohren. Egal wie man den Kopf dreht, das Wasser drückt von allen Seiten gegen unseren Kopf und gegen unsere Ohren. Wenn man ganz tief taucht, braucht man eine Tauchkugel aus Stahl, weil wir sonst vom Wasser zerquetscht würden.

Genauso ist es mit dem Luftmeer: Die Luft auf dem Boden ist ganz stark zusammengepresst und drückt deshalb von allen Seiten gegen alle Dinge.

Wie stark drückt die Luft auf uns von allen Seiten hier unten auf der Erde? Die Lehrperson zeigt vor: Wenn wir eine Zuckerpackung (1kg) z.B. auf unseren Arm legen (Grundfläche 50 Quadratcentimeter), dann drückt die Luft so stark gegen unseren

Arm, wie ein Turm aus 50 Zuckertüten (Nacheinander 2, 3, 4 Zuckerpackungen auflegen...)

Warum werden wir von der Luft, die gegen uns drückt, nicht zerquetscht? Seit der Geburt ist unser Körper an dieses Drücken der Luft gewöhnt. Wir spüren das Drücken daher nicht mehr.

Gemeinsam wird folgendes Ergebnis erarbeitet:

Luft wiegt etwas. Das Gewicht der Luft, die über uns liegt, ist sehr gross. Deshalb wird die Luft hier unten auf der Erde zusammengepresst. Die Luft drückt auch stark auf unseren Körper. Sie drückt von allen Seiten auf alle Dinge auf der Erde.

Zusammenstellung nach: Möller, K., Baumann, S., Henry, W., & Nachtigäller, I. (2007). Luft und Luftdruck - Klassenkisten für den Sachunterricht - Ein Projekt des Seminars für Didaktik des Sachunterrichts Westfälische Wilhelms-Universität Münster im Rahmen von KiNT: "Kinder lernen Naturwissenschaft und Technik". Essen: Spectra-Verlag. S. 114ff.

Videovorschläge:

Was ist Luftdruck:

<https://www.youtube.com/watch?v=5u99TkkRwGk>

Umsetzungsbeispiele

Die Entdeckung von Blaise Pascal

Zeichne ein Bild zu der Erzählung von Blaise Pascal.

Was hat Blaise Pascal herausgefunden?

Das oben in der Höhe der Luftdruck
schwächer ist z.B. auf einem Berg als
weit unten z.B. auf dem Meeresboden.

Beispiel aus einer Klasse im 5. Schuljahr

Die Entdeckung von Blaise Pascal

Zeichne ein Bild zu der Erzählung von Blaise Pascal.



Was hat Blaise Pascal herausgefunden?

Blaise Pascal hat herausgefunden dass auf einem Berg
der Luftdruck tiefer ist als im Tal. Also nimmt der
Luftdruck ab.

Beispiel aus einer Klasse im 5. Schuljahr