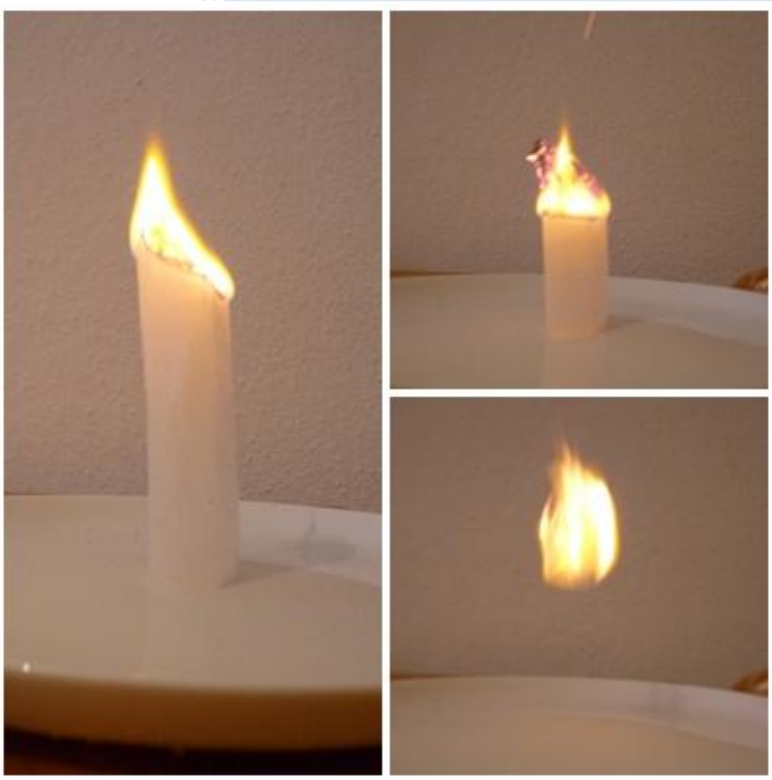
NWA-TAG 2010

Mit heißer Luft fliegen



Staatliches Seminar für Didaktik
und Lehrerbildung Reutlingen

David Berken

Kathrin Gaißer

Hannah Seeger

Inhalt

1. Einleitung 1
2. Sachanalyse 1
2.1. Historische Aspekte 1
2.2. Wärmelehre 1
2.3. Beispiel Rechnung eines „Heißluftballons“ (Müllsack): 2
2.4. Bauanleitung für einen Heißluftballon 2
2.5. Versuchsanleitung Müllbeutelballon 4
2.6. Versuchanleitung Teebeutelrakete 4
3. Didaktische Analyse 5
3.1. Bezug zum Bildungsplan 5
3.2. Bedeutung für die Schüler 5
3.3. Didaktische Reduktion 5
3.4. Lernziele 6
4. Quellen 6
5. Abbildungverzeichnis 6

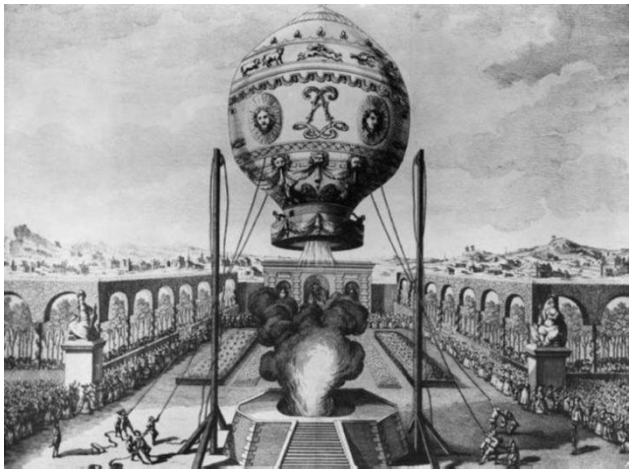
1. Einleitung

Dieser Beitrag entstand im Rahmen des NWA-Tags 2010 am Seminar für Didaktik und Lehrerbildung in Reutlingen. Er stellt keine vollständige Unterrichtseinheit dar, sondern zeigt auf, wie Schüler handlungsorientiert an die Grundlagen der Wärmelehre herangeführt werden können. Die Inhalte wurden für den NWA-Unterricht der Klassen 5-7 konzipiert.

2. Sachanalyse

2.1. Historische Aspekte

Der Heißluftballon wurde von den Brüdern Joseph Michel und Jacques Etienne Montgolfier im 18. Jahrhundert erfunden. Die erste (noch unbemannte Ballonfahrt) fand im Juni 1783 in Versailles statt. Im November 1783 fuhren das erste Mal zwei Menschen mit einem von den Gebrüdern Montgolfier konstruierten Ballon (damals Montgolfière genannt). Dieser war sogar mit einem Heizofen ausgestattet, der mit dem Ballon zusammen flog. Die erste Montgolfière war ein aus Leinen genähter mit Papier ausgekleideter kugelförmiger Sack mit ca. 12 m Durchmesser. Bei den ersten Flugversuchen wurden Höhen von bis zu 2000m erreicht.



2.2. Wärmelehre

In dieser Sachanalyse will ich kurz darstellen, welche Gesetzte aus der Wärmelehre dem steigen eines Heißluftballons zu Grunde liegen. Die Voraussetzung für einen erfolgreichen Flug mit heißer Luft, ist dass diese eine geringere Dichte als die Luft aus der Umgebung hat. Dieses aus dem Alltag bekannte Phänomen lässt sich mit den Gesetzten von Gay - Lussac konkretisieren. Er konnte herausfinden, dass sich alle Gase bei konstantem Druck je Grad Temperaturerhöhung um $\frac{1}{273{,}15}$ des Volumens ausdehnen, welches sie bei 0°C einnehmen. Es ergibt sich der Volumenausdehnungskoeffizient aller Gase $\gamma = \frac{1}{273{,}15}\ \frac{1}{K}$. (Vgl.: Herr, H., 2005, S.166 f.) Hält man also den Druck konstant kann man annehmen, dass bei erhöhter Temperatur das Volumen zunimmt. Bei zunehmendem Volumen und konstantem Druck nimmt die Dichte ab, dies ist die Grundvoraussetzung für das Steigen des Ballons.

Um nun die benötigte Auftriebskraft zu bestimmen ist das Gesetz des Archimedes heranzuziehen. Die Auftriebskraft F_A ist demnach gleich dem Gewicht der verdrängten Luft. Es gilt: $F_A = F_{G,\ Luft}$. Wenn man nun davon ausgeht, dass der Ballon das Volumen V und die verdrängte Luft die Dichte ρ_a hat so gilt: $F_A = \rho_a \cdot g \cdot V$.

Die Auftriebskraft muss größer als die Gewichtskraft sein, es gilt: $F_{res}=F_A-F_G>0$.
Folgende Teilkräfte müssen addiert werden, um zur tatsächlichen Gewichtskraft des Ballons zu kommen: Gewichtskraft der Gasfüllung im Ballon (Luft als Gasgemisch), die der Ballonhülle und des Korbs inkl. Besatzung. (Vgl.: Experimente Luft, Arbeitsblatt 07/16 f.)

Unter Berücksichtigung des allgemeinen Gasgesetztes: $\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$ (p= absoluter Druck des Gases; V= Gasvolumen; T= absolute Temperatur des Gases) (Vgl.: Herr, H., 2005, S. 168)
kann folgender Schluss gezogen werden: "Wird die Luft im Ballon (V_1, p_1, T_1) erwärmt, so geht sie in einen anderen Zustand (V_2, p_2, T_2) über." (Experimente Luft, Arbeitsblatt 08/16) Wie schon erwähnt kann davon ausgegangen werden, dass der Druck aufgrund der Öffnung des Ballons konstant ($p_1=p_2=p_a$) ist. Dadurch vereinfacht sich die Gasgleichung:
$\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_1}{T_1} \Rightarrow V_2 = V_1 \cdot \frac{T_2}{T_1}$

Würde man an dieser Stelle auf die Idee kommen einen geschlossenen Ballon mit heißer Luft, als Stoff geringerer Dichte zu befüllen und ihn steigen zu lassen, so hätte man keinen bis geringen Erfolg. Durch die dünne Ballonhülle wäre die Temperaturdifferenz zwischen äußerer und innerer Luft zu schnell wieder ausgeglichen.

Es entweicht heiße Luft mit dem Volumen ΔV aus dem Ballon: $\Delta V = V_2 - V_1 = V_1\left[\frac{T_2}{T_1} - 1\right]$.

(Vgl.: Experimente Luft, Arbeitsblatt 08/17)

2.3. Beispiel Rechnung eines „Heißluftballons" (Müllsack):

Luft hat bei 20°C eine dichte von 1,2g/l, der Müllsack hat ein Volumen von 90l, dass bedeutet die Luft im Müllsack wiegt 108g. Wenn man diese Luft um 91°C erwärmt, dehnt sie sich um ca. 1/3 aus, dieses Drittel (36g) entweicht durch die Öffnung. Die verbleibende Luft im Ballon wiegt demnach nur noch 72g. Die Masse des Ballons muss kleiner als 72g sein, nur dann fliegt der Ballon.

2.4. Bauanleitung für einen Heißluftballon

Ein Heißluftballon, der fast kugelförmig ist und einen Durchmesser von 85 cm hat, hat sich als gut funktionierend erwiesen. Sein Volumen beträgt dann ungefähr 300 Liter.

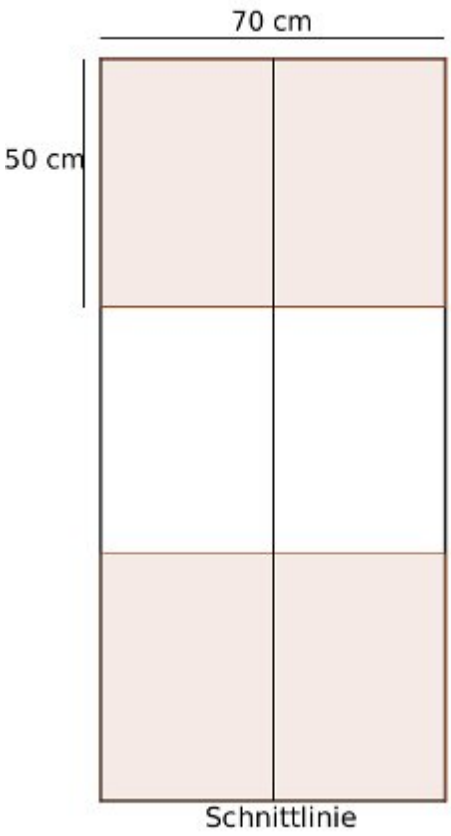
Material:

- 12 Papierbahnen Seidenpapier (70 cm breit und 50 cm lang, 20g/m²)
- ein Stück Pappe (20 cm mal 150 cm)
- Blumendraht
- Textilklebeband
- Schere, Kleber, langes Lineal, Schnur

Bauanleitung:

1. Papierbahnen

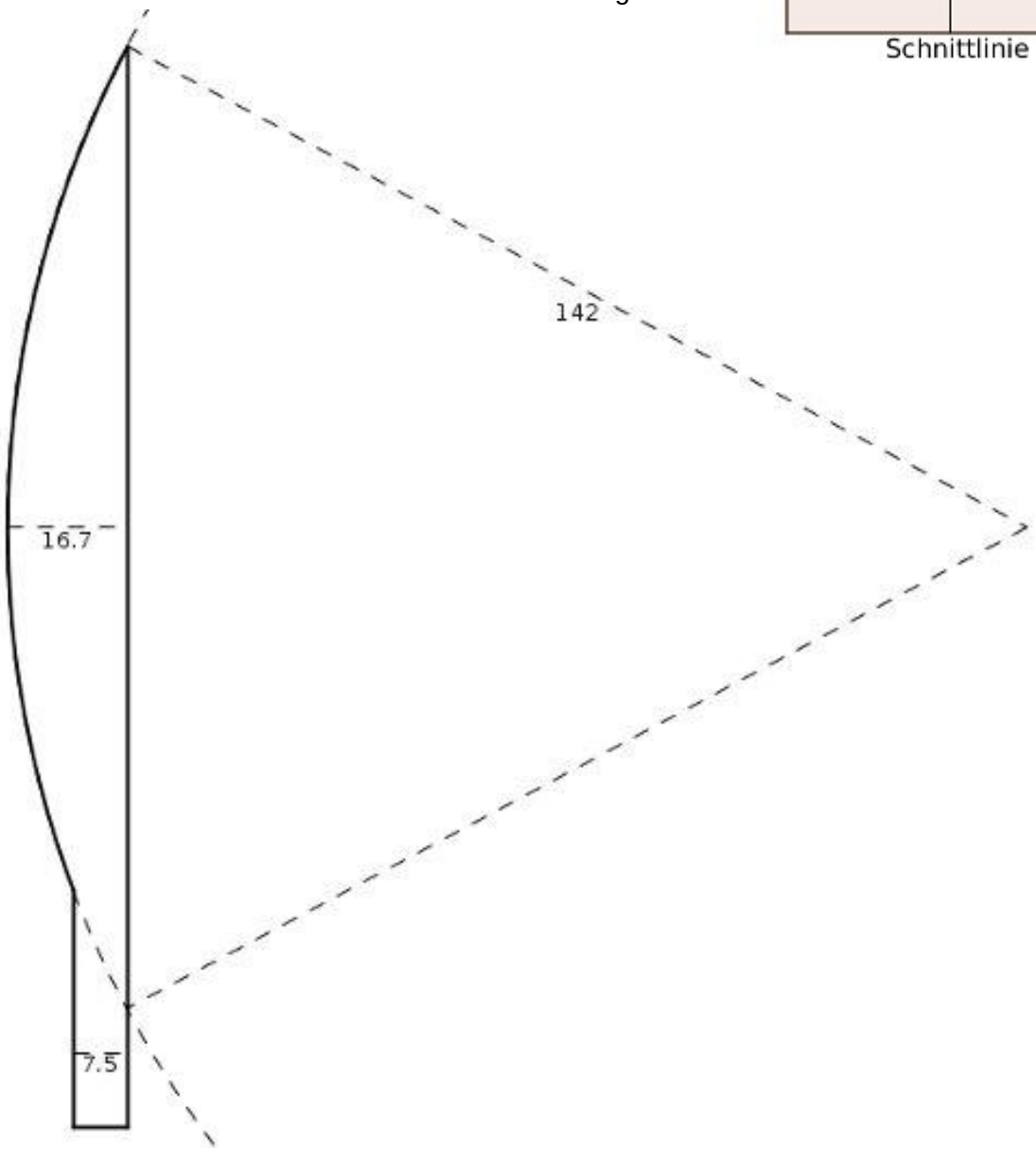
- Von dem Seidenpapier je drei Bahnen an der kurzen Seite zusammenkleben, sodass sich vier große Bahnen von jeweils 70 cm mal 150 cm ergeben.
  (Siehe Bild)
- Diese Bahnen längs in der Mitte durchschneiden, sodass es danach 8 Bahnen mit den Maßen 35 cm mal 150 cm gibt.
- Jede dieser Bahnen einmal längs falten. (nun sind die Bahnen 150cm lang und 17,5 cm breit)



2. Schablone zum Ausschneiden

Um die Papierbahnen später richtig ausschneiden zu können, muss eine Schablone aus Pappe hergestellt werden.

- Auf die Pappe wird ein Kreisstück gezeichnet, das Kreisstück hat einen Radius von 142 cm. Das geht



z.B. mit einer Schnur als Zirkel, von der die 142 cm abgemessen werden.
- Die Höhe des Kreisstücks ist dabei etwa 133,5 cm.
- Die anderen Maße kann man in der Zeichnung erkennen und nach diesem Vorbild die Pappschablone herstellen.

3. Papierbahnen ausschneiden und zusammenkleben
- Die 8 gefalteten Bahnen werden auf die Form der Schablone geschnitten, dabei liegt die Faltkante an der geraden Seite der Bahn. Die einzelnen Bahnen werden also nicht in zwei Teile zerschnitten.
- Nun werden die Bahnen (weiterhin gefaltet) aufeinander gelegt. Die Bahnen werden am Kreisbogenrand zusammengeklebt. Der Kleberand soll möglichst schmal sein.
- Bei den letzten beiden Bahnen wird es etwas schwierig.
- Nun ist der Ballon geschlossen und fast fertig.
- Damit der Ballon stabiler ist, klebt man mit Textilklebeband etwas Blumendraht rund um die Öffnung herum.

Starten des Ballons:
Der Ballon wird aufgefaltet und festgehalten. Mit einem Fön wird von unten die Luft im Ballon erhitzt. Erst wenn der Ballon stark nach oben zieht, wird er losgelassen und hebt ab.

2.5. Versuchsanleitung Müllbeutelballon

Material:
- ein gelber Sack (oder ein anderer großer dünner Plastiksack)
- Toaster

Versuchsablauf:
Der gelbe Sack wird von oben über den Toaster gestülpt. Der Toaster wird eingeschaltet und der gelbe Sack lose festgehalten. Schnell füllt sich der gelbe Sack mit heißer Luft und kann sobald er gut gefüllt ist, losgelassen werden. Dann fliegt er nach oben.

Erklärung:
Der Toaster erhitzt die Luft im gelben Sack, diese steigt nach oben in die Spitze des gelben Sacks und neue Luft strömt von unten nach und wird auch erhitzt. Irgendwann ist genug heiße Luft im gelben Sack, dass der Auftrieb groß genug ist um den gelben Sack zum Fliegen zu bringen.

2.6. Versuchanleitung Teebeutelrakete

Material:
- ein leerer Teebeutel (Metallklammer und Schnur entfernen)
- Streichhölzer/ Feuerzeug
- Feuerfeste Unterlage

Versuchsablauf:
Der Teebeutel wird wie eine Röhre senkrecht auf der feuerfesten Unterlage aufgestellt und oben, möglichst an mehreren Stellen rundherum angezündet. Kurz bevor der Teebeutel

ganz abgebrannt ist, fliegen die letzten brennenden Reste nach oben in die Luft und verglühen dort.

Erklärung:
Beim Verbrennen des Teebeutels erwärmt sich die Luft um den Teebeutel herum und steigt nach oben. Dadurch strömt neue kalte Luft von unten zum Teebeutel hin und erwärmt sich auch und der Kreislauf beginnt von vorne. Somit befindet sich der “Fuß” des Teebeutels im Anfang eines aufsteigenden Luftstroms. Wenn der Teebeutel ausreichend abgebrannt ist sind seine Reste leicht genug um von diesem Luftstrom mit nach oben genommen zu werden.

3. Didaktische Analyse

3.1. Bezug zum Bildungsplan

Bei der Wahl der Inhalte wurden die Kompetenzen des Bildungsplans 2004 der Realschule zugrunde gelegt. Diese Kompetenzen fallen in den Bereich *Kompetenzerwerb durch das Erschließen von Phänomenen, Begriffen und Strukturen*. Hierzu sollen natürliche und technische Phänomene betrachtet werden, die für das Verständnis unserer Lebensweise und Kultur wichtig sind. Technische Phänomene, wie das Fliegen, sollen von den Schülern erlebt und durchdrungen werden. Dabei sollen sie in der Lage sein, die Phänomene in ihrer Umgangssprache zu beschreiben und sie modellhaft darzustellen (MKJS, 2004). Um dies zu erreichen, sollen die Schüler unter anderem das “Fliegen anhand geeigneter Experimente untersuchen und aufgrund dessen einfache [...] Flugobjekte konstruieren oder optimieren” (ebd, S.101).

3.2. Bedeutung für die Schüler

Der Heißluftballon ist eines dieser Flugobjekte, die untersucht, konstruiert und optimiert werden können. In diesem Zusammenhang wird seine ***exemplarische Bedeutung*** deutlich. Er kann aber nicht nur exemplarisch für Flugobjekte betrachtet werden. Im Bereich der Wärmelehre kommt ihm fast noch eine größere Bedeutung zu, weil er grundlegende Gesetze der Wärmelehre nutzt und diese dadurch erfahrbar gemacht werden können. Dies geschieht an einem Phänomen aus dem unmittelbaren Umfeld der Schüler, denn einen Heißluftballon am Himmel hat sicher jeder Schüler schon einmal gesehen. Hierbei wird die ***Gegenwartsbedeutung*** des Themas deutlich. Die Fähigkeit alltägliche Phänomene zu erklären und dadurch in der Lage zu sein, an aktuellen Diskussionen als mündiger Bürger teilzunehmen, kann hier im Kleinen bereits gefördert werden. Dabei hat speziell das Wissen über Phänomene der Wärmelehre und ihr möglicher Nutzen, für die Schüler zudem beim Betrachten der schulischen Laufbahn eine hohe ***Zukunftsbedeutung***. Sie legen die Grundlage für ein tiefergehendes Verständnis der Wärmelehre in höheren Klassenstufen.

3.3. Didaktische Reduktion

Ein Einstieg über das Phänomen scheint mir als geeignet. Einfache Beispiele und das Aufstellen von Hypothesen ist motivierend und ebnet den Weg zur Modellebene. Die Teilchenvorstellung kann im Rollenspiel simuliert werden und wird so praktisch erfahrbar. Die

Berechnung, wie viel Luft bei wie viel Grad Erwärmung verdrängt wird, sowie die Berechnung des Gewichtes ist je nach Klassenstufe sicher gut möglich.
Die Berechnungen in den Prozess der Herstellung eines eigenen Ballons einzubinden scheint mir am geeignetsten, so ist eine direkte Anwendung und damit der Sinn für die Lernenden gegeben. Der Bezug zu schwimmenden Körpern könnte ein geeigneter Transfer sein.

3.4. Lernziele

- Die Schüler wissen, dass heiße Luft nach oben steigt.
- Sie wissen, dass das beim Fliegen mit dem Heißluftballon genutzt wird und prüfen dies nach, indem sie selbst einen Heißluftballon bauen.

4. Quellen

- **MKJS** - Minesterium für Kultus Jugend und Sport Baden-Württemberg (Hrsg.) (2004). *Bildungsplan Realschule*. http://www.bildung-staerkt-menschen.de/service/downloads/Bildungsplaene/Realschule/Realschule_Bildungsplan_Gesamt.pdf (Stand: 11.10.10)

Historisches:

- **Lohberg**, R. & L.Luftfahrt - So fliegt man mit heißer Luft. http://www.wissen.lauftext.de/die-technik/luftfahrt/so-fliegt-man-mit-heiser-luft.html (Stand: 20.10.10)
- **Römeling**, N. Montgolfiere – Erfinder des Heissluftballons. http://www.ballonservice.de/webblog/2007/02/15/montgolfiere-erfinder-des-heissluftballons/ (Stand: 20.10.10)

Versuche:

- Arbeitsgemeinschaften Naturwissenschaften und Technik. Experimente Luft. http://www.rheinneckarweb.de/fileadmin/user_upload/BASF-Inhalte/BASF___Schule/lehrer/pdf/Luft.pdf (Stand: 20.10.10)

5. Abbildungverzeichnis

- Hist. Heißluftballon: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Montgolfiere_1783.jpg&filetimestamp=20050717155630
- Skizze Papierbahnen: eigene Abbildung
- Skizze Schablone: eigene Abbildung
- Teebeutel: eigene Fotografien

Namensnennung-Nicht-kommerziell-Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 Deutschland License