

Luftwiderstand

Aufgabentyp: Selbstständige Erarbeitung und Transfer

Zielgruppe: 8. Schulstufe, SEK I

Zeitraumen: 1-2 Unterrichtseinheiten

Inhaltliche Voraussetzungen: Kraft, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Freier Fall (im Vakuum)

Zusätzliche Informationen zu Räumlichkeiten, Sozialform, Methodik: Gruppenarbeit, Experiment.

Arbeitsmaterialien, Hilfsmittel: Verschiede Objekte für ein Fallexperiment, Waage

Abstract

Die SchülerInnen erarbeiten sich durch Experimente und eigene Überlegungen das Wissen über den Luftwiderstand und wenden in Beispielen aus dem Alltag bereits erworbenes Wissen an.



1. Freier Fall

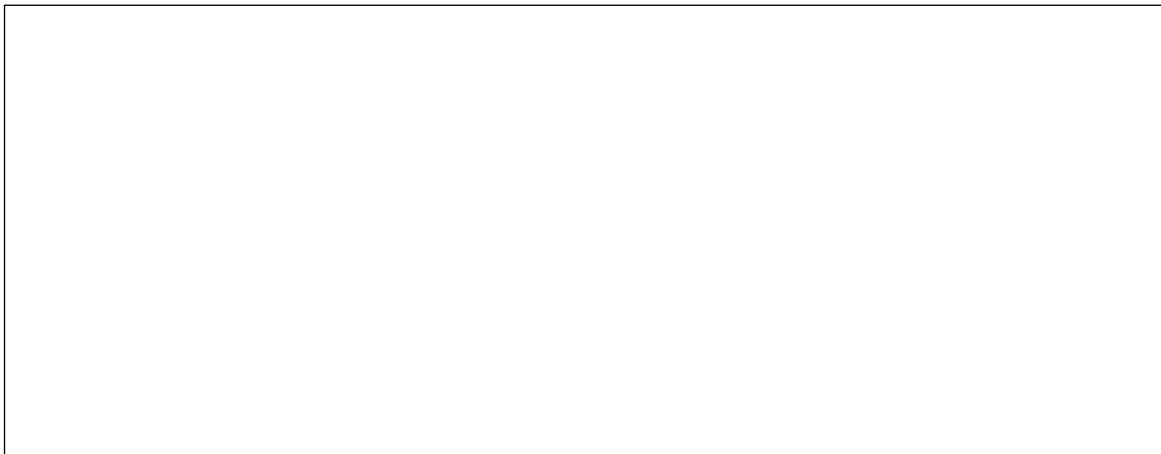
Ein Körper wird im Gravitationsfeld der Erde konstant mit g beschleunigt, das heißt, dass er beim Fallen immer schneller wird. Das gilt aber nur, wenn sich der fallende Gegenstand im Vakuum befindet. Nur dort fallen alle Gegenstände gleich schnell. Das kannst du dir im folgenden Video anschauen (Start bei 1:10): <https://www.youtube.com/watch?v=E43-CfukEgs>. Alle Eigenschaften des Körpers (Masse, Form, Farbe, etc.) sind für die Fallzeit im Vakuum bedeutungslos.

Auf der Erde herrscht aber kein Vakuum, sondern der Körper bewegt sich durch Luft. Mit Hilfe von Experimenten untersuchen wir, was sich dadurch ändert.

Mit verschiedenen Gegenständen untersuchen wir, welche Körpereigenschaften die Fallzeit in der Luft am meisten beeinflussen.

Führt die Experimente in Kleingruppen durch. Eure Lehrperson stellt euch verschiedene Gegenstände zur Verfügung.

- Lasst die Gegenstände fallen und beobachtet genau.
- Erstellt eine Reihung der Gegenstände nach ihrer Fallzeit.
- Schreibt eure Vermutung über die Eigenschaft, welche die Fallzeit am meisten beeinflusst, auf.
- Überlegt euch, wie ihr eure Vermutung überprüfen könnt. Schreibt eure Überlegungen auf.



QR-Code zum Video



2. Regentropfen im freien Fall:

Regen fällt aus einer Höhe von ca. 10 km. Schätze ab, mit welcher Geschwindigkeit ein Regentropfen auf dem Erdboden auftrifft, und notiere deine Schätzung.

Deine Lehrperson erklärt dir nun, welche Geschwindigkeit bei einem freien Fall des Tropfens im Vakuum zu erwarten wäre. Warum gibt es einen großen Unterschied zwischen der berechneten Fallgeschwindigkeit des Tropfens im Vakuum und der tatsächlichen Fallgeschwindigkeit in der Luft? Schreibe deine Vermutung auf!

Auf den Regentropfen wirkt während des ganzen Falles die Gravitationskraft. Er müsste also immer schneller werden, tut das aber irgendwann nicht mehr.

Damit ein Körper beschleunigt, wird eine Kraft benötigt. Wenn der Regentropfen dann nicht mehr beschleunigt, wirkt entweder keine Kraft mehr – oder verschiedene Kräfte heben sich gegenseitig auf.

Stelle nun zuerst allein Überlegungen zu folgenden Fragen an und notiere diese im Kasten:

- Welche Kräfte wirken auf den Regentropfen?
- Warum wird der Regentropfen nicht weiter beschleunigt?
- Von welcher Eigenschaft des Regentropfens hängt seine Geschwindigkeit ab?

Tauscht eure Überlegungen im Tandem aus, ergänzt und überarbeitet eure Antworten.

Danach werden einige Überlegungen im Plenum vorgestellt.



3. Formfaktor und Luftwiderstand:

Der Luftwiderstand hängt von der Geschwindigkeit ab. Um z.B. beim Autofahren den Luftwiderstand gering zu halten, könnte man also einfach langsamer fahren. Das ist aber wohl nicht immer erwünscht.

- Welche anderen Möglichkeiten gibt es, um den Luftwiderstand, z.B. bei einem Auto, zu verkleinern? Schreibe deine Vorschläge auf. Diese werden im Anschluss in der Klasse besprochen.

- Überlegt euch in Kleingruppen ein Experiment, um eure Vermutungen zu überprüfen. Dazu habt ihr wieder dieselben Gegenstände wie in Aufgabe 1 zur Verfügung. Beschreibt euer Experiment und führt es durch.

Einige Gruppen führen ihr Experiment im Plenum vor und erklären es.

4. Demonstrationsexperiment zum Formfaktor:

Notiert nun alle Messwerte zum Demonstrationsexperiment mit CD-Hülle und Föhn, das euch eure Lehrperson zeigt!

| Form | Windgeschwindigkeit | Gewichtskraft ohne Föhn | Kraftanzeige mit Föhn | Luftwiderstand (Reibungskraft) |
|----------------|---------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| DVD horizontal | Föhn Stufe 1 | | | |
| | Föhn Stufe 2 | | | |
| | Föhn Stufe 3 | | | |
| DVD vertikal | Föhn Stufe 1 | | | |
| | Föhn Stufe 2 | | | |
| | Föhn Stufe 3 | | | |

Was kannst du aus den Ergebnissen ablesen?



5. Anwendungen in der Praxis

- Bei welcher der folgenden Tätigkeiten spielt der Luftwiderstand eine große Rolle?
Unterstreiche das Ausgewählte!

Eiskunstlauf, Abfahrtslauf, Spaziergang, beim Fliegen, Computerarbeit, Seiltanzen, Klettern, Formel 1- Auto, Fallschirmspringen, Turmspringen, Schispringen, Hochspringen, beim Radfahren, Hagel, ...

- Zeichne zwei Fahrzeuge! Eines soll einen möglichst großen, das andere einen möglichst kleinen Luftwiderstand haben.



Fahrzeug 1



Fahrzeug 2

- Überlege genau! Kreuze für jede Zeile an!

| Aussage | richtig | falsch |
|---|---------|--------|
| Mit zunehmender Geschwindigkeit eines fallenden Körpers nimmt auch der Luftwiderstand zu. | | |
| Als Folgeerscheinung nimmt aber gleichzeitig im selben Ausmaß die Gravitationskraft ab. | | |
| Durch die Zunahme des Luftwiderstandes wird die Beschleunigung des fallenden Körpers geringer. | | |
| Sind Luftwiderstand und die auf den fallenden Körper wirkende Gravitationskraft gleich groß, bleibt seine Geschwindigkeit konstant. | | |
| Das Gleichgewicht der Kräfte wird bei einem leichten Körper (z.B. Schneeflocken) schon bei einer geringen Geschwindigkeit erreicht. | | |
| Im luftleeren Raum fällt eine Metallkugel im Vergleich zu einer Vogelfeder wesentlich schneller. | | |



Anmerkungen zur Aufgabe

Die in **Aufgabe 1 und 3** verwendeten Körper werden je nach Verfügbarkeit aus der folgenden Liste ausgewählt. Dabei ist darauf zu achten, dass die Fallzeiten alleine durch Beobachtung gut unterscheidbar sind. Die SchülerInnen sollten die Möglichkeit haben, die Gegenstände aus größerer Höhe fallen zu lassen.

Bei Aufgabe 3 ist es insbesondere wichtig, Gegenstände mit unterschiedlicher Querschnittsfläche zu verwenden (Papier vs. zerknülltes Papier, verschiedene Kugeln, etc.) – bzw. auch Körper mit identischer Querschnittsfläche, aber unterschiedlicher Form (Würfel vs. Kugel).

- Holzkugeln (verschiedene Radien)
- Styroporkugeln (verschiedene Radien) – z.B. in Blumengeschäften erhältlich
- Metallkugeln (verschiedene Radien)
- Styropor Quader
- Blatt Papier
- Papier zerknüllt
- kleine leere Box
- kleine gefüllte Box
- Golfball
- Tischtennisball
- DVD/CD Hülle

Der Luftwiderstand hängt von der Querschnittsfläche A des Körpers, von der Geschwindigkeit v und vom sogenannten c_w Wert (der die Eigenschaft des Körpers bezüglich Wirbelbildung charakterisiert) ab. Darüber hinaus spielt noch die Dichte ρ der Luft bzw. des Mediums eine Rolle. Es gilt (Newtonsche Reibung) $F_{Luft} = \frac{1}{2} c_w A \rho_{Luft} v |v|$, wobei die Schreibweise $v |v|$ anstelle von v^2 sicherstellt, dass die Reibungskraft immer entgegen der Bewegungsrichtung orientiert ist. Die Masse m ist für die Reibungskraft nicht relevant! Dadurch ergibt sich, dass sich die Masse aus der Bewegungsgleichung $ma = -mg + F_{Luft}$ nicht mehr kürzen lässt – und schwere Körper damit schneller fallen. Das wird in den Anmerkungen zur Aufgabe „Der freie Fall“ genauer ausgeführt.

Aufgabe 2:

Im Vakuum gilt für die Geschwindigkeit für den freien Fall aus einer Höhe h die Beziehung $v = \sqrt{2gh}$, was durch einfaches Umformen aus der Energieerhaltung $mgh = \frac{mv^2}{2}$ folgt. Für $h = 10000\text{m}$ (10 km) ergibt sich dabei eine Geschwindigkeit von ca. 450m/s, das sind ca. 1600km/h !



Aufgabe 4 - Demonstrationsexperiment:

Für diesen Versuch werden benötigt:

- eine handelsübliche DVD/CD-Hülle
- zwei Metallhaken
- ein Federkraftmesser, wobei 1 – 2 N Messbereich ideal sind
- ein Föhn (mit mehreren Leistungsstufen für unterschiedliche „Geschwindigkeiten“)

Durchführung:

- Ein Metallhaken wird in der Mitte der großen Fläche der DVD/CD-Hülle und einer in der Mitte des Rückens der DVD/CD-Hülle angebracht (siehe Abbildung 1 und 2). Die Hüllen werden dann abwechselnd mittels Haken an den Federkraftmesser gehängt und von unten mit dem Föhn angeblasen (Abbildung 3 und 4). An der veränderten Anzeige des Federkraftmessers kann man die Luftreibungskraft ablesen.



Abbildung 1



Abbildung 2



Abbildung 3



Abbildung 4

Alle Fotos: Herbert Oberhauser



Lösungen zur Aufgabe 5:

| Aussage | richtig | falsch |
|---|---------|--------|
| Mit zunehmender Geschwindigkeit eines fallenden Körpers nimmt auch der Luftwiderstand zu. | x | |
| Als Folgeerscheinung nimmt aber gleichzeitig im selben Ausmaß die Gravitationskraft ab. | | x |
| Durch die Zunahme des Luftwiderstandes wird die Beschleunigung des fallenden Körpers geringer. | x | |
| Sind Luftwiderstand und die auf den fallenden Körper wirkende Gravitationskraft gleich groß, bleibt seine Geschwindigkeit konstant. | x | |
| Das Gleichgewicht der Kräfte wird bei einem leichten Körper (z.B. Schneeflocken) schon bei einer geringen Geschwindigkeit erreicht. | x | |
| Im luftleeren Raum fällt eine Metallkugel im Vergleich zu einer Vogelfeder wesentlich schneller. | | x |



Klassifikation

| | | |
|---|----|--|
| 1 | E1 | Ich kann einzeln oder im Team zu Vorgängen und Phänomenen in Natur und Technik Beobachtungen machen oder Messungen durchführen und diese beschreiben. |
| | E2 | Ich kann einzeln oder im Team zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Fragen stellen und Vermutungen aufstellen. Ich kann einzeln oder im Team zu Fragestellungen eine passende Untersuchung oder ein Experiment planen, durchführen und protokollieren. |
| | E3 | |
| 2 | E2 | Ich kann einzeln oder im Team zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Fragen stellen und Vermutungen aufstellen. |
| 3 | E2 | Ich kann einzeln oder im Team zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Fragen stellen und Vermutungen aufstellen. |
| | E3 | Ich kann einzeln oder im Team zu Fragestellungen eine passende Untersuchung oder ein Experiment planen, durchführen und protokollieren. |
| 4 | E3 | Ich kann einzeln oder im Team zu Fragestellungen eine passende Untersuchung oder ein Experiment planen, durchführen und protokollieren. |
| 5 | W4 | Ich kann einzeln oder im Team die Auswirkungen von Vorgängen in der Natur, Umwelt und Technik auf die Umwelt und Lebenswelt erfassen und beschreiben. |
| | W1 | Ich kann einzeln oder im Team Vorgänge und Phänomene in Natur, Umwelt und Technik beschreiben und benennen. |

