

# Anleitung M4: Freihandexperiment zum Luftwiderstand

Vortrag M4a: Freihandexperiment zum Luftwiderstand

Vortrag M4b: Simulation vom Freihandexperiment zum Luftwiderstand mit Moebius oder Excel

Versuch: beide

## M4a: Freihandexperimente zum Fall mit Luftwiderstand (Papierkegel)

Literatur:

- cpu, Programmideen Physik, BSV, S.33 - 48 (s. Ordner in Raum 109)
- Freihandversuch zur Luftreibung, PdN-Ph 2, Jahrgang 31, (1982) S.35 (s. Ordner in Raum 109)
- <https://naturwissenschaften.bildung-rp.de/faecher/physik/unterricht/sekundarstufe-i-dynamik/videoanalyse-papiertrichterfall.html>
- [http://schreier.free.fr/dhg-physik/material/11/prakt\\_fallkegel.pdf](http://schreier.free.fr/dhg-physik/material/11/prakt_fallkegel.pdf)

Material: Zollstock und Stoppuhr, Seidenpapier

Formel für den Luftwiderstand  $F = \frac{1}{2} * c_w * A * \text{Dichte Luft} * v^2$

A = Querschnittsfläche,  $c_w$  Luftwiderstandsbeiwert, Dichte der Luft = 1,29 kg/m<sup>3</sup>

Machen Sie die o. a. Formel plausibel, s. cpu S. 33/34

- 1) Basteln Sie vier Papierkegel aus  $\frac{3}{4}$ -Kreisen mit  $r = 5$  cm und einen Kegel mit  $r = 10$  cm.
- 2) Lassen Sie einen kleinen Kegel aus verschiedenen Höhen fallen und messen Sie die Fallzeiten. Wie verhalten sich die Fallzeiten, wenn die Höhe vervierfacht wird? Welche Bewegungsart liegt demnach in erster Näherung vor?
- 3) Leiten Sie die Formel für die konstante Endgeschwindigkeit beim Fall mit Luftwiderstand her. Bei Ihrem Experiment stellt sich diese Geschwindigkeit so schnell ein, dass Sie die Beschleunigungsphase vernachlässigen können, solange der Kegel von einem Punkt ein paar Zentimeter über dem Start der Fallstrecke losgelassen wird. Somit gibt der Quotient  $s/t$  die „Endgeschwindigkeit“ an.
- 4) Vergleichen Sie die „Endgeschwindigkeiten“
  - bei einem und vier ineinander gesteckten kleinen Kegeln (doppelte Endgeschwindigkeit bei vierfacher Masse)
  - bei einem großen und einem kleinen Kegel. (Doppelter Radius, also vierfache Masse und gleichzeitig vierfache Querschnittsfläche ergibt gleiche Endgeschwindigkeit).
- 5) Vergleichen Sie die experimentellen Ergebnisse mit den theoretischen aus der Formel für den Luftwiderstand.

6) Welcher  $c_w$  -Wert ergibt sich? Vergleichen Sie Ihren Wert mit dem Literaturwert von 0,8.

### M4b. Simulation von Bewegungen mit Luftwiderstand

(Programm Moebius, evtl. Excel)

Literatur zu Bewegung mit Luftwiderstand:

cpu, Programmideen Physik, BSV, S.33 - 48 (Kopie) s. M5

Freihandversuch zur Luftreibung, PdN-Ph 2,82 S.35

Formel für den Luftwiderstand  $F = \frac{1}{2} * c_w * A * \text{Dichte Luft} * v^2$

A = Querschnittsfläche,  $c_w$  Luftwiderstandsbeiwert

Machen Sie sich mit dem Simulationsprogramm MOEBIUS vertraut

Iteration: a = hier steckt das Modell, ab dann Routine

Für dt hinreichend klein gilt: Differenzenquotienten statt Differentialquotienten

$$v = v + a*dt$$

$$s = s + v*dt$$

$$t = t + dt$$

Der Zeitschritt dt ist geeignet zu wählen, was heißt das?

Wegen der Übersichtlichkeit soll nur im Ganzschritverfahren gearbeitet werden.

Testen Sie das Programm zunächst für den freien Fall ( $a = g$ ).

Simulieren Sie dann den Fall mit Luftwiderstand von Papierkegeln (M4a). Wiegen Sie dazu einen kleinen Kegel.

Die Widerstandsbeiwert der Kugel beträgt 0,45, der des Kegels 0,8.

Exp. und theoretische Werte vergleichen.

Beim horizontalen Wurf wird in x und y-Richtung iteriert

$a_x = -k*v_x*v$  mit Luftwiderstand (Herleitung der Formel!)

$a_y =$

$v_x =$

$v_y =$

$v =$

$s_x =$

$s_y =$

$t =$

Zeigen Sie, dass beim horizontalen Wurf mit Luftwiderstand das Unabhängigkeitsprinzip **nicht** gilt!