

## MoRaBa – Anwendungsmöglichkeiten im Schulkontext

### **Mögliche Anwendungsgebiete im Lehrplan:**

#### **Jahrgangsstufe 8:**

- Ph8 Lernbereich 1: Kräfte und ihre Wirkungen (ca. 16 Std.)

Kompetenzerwartungen:

Die Schülerinnen und Schüler ...

- beziehen die Richtung einer Kraft bei Anwendung des zweiten Newton'schen Gesetzes ein, indem sie in **alltagsrelevanten Kontexten** zeichnerisch sowohl die aus mehreren Kräften resultierende Kraft als auch die **Komponenten einer Kraft in vorgegebene Richtungen bestimmen**.

- Ph8 2.1: Mechanische Energie (ca. 14 Std.)

Kompetenzerwartungen:

Die Schülerinnen und Schüler ...

- beschreiben Vorgänge in Alltag, Technik und Natur mithilfe von **Energieumwandlungen**, insbesondere mechanische Vorgänge mithilfe der kinetischen Energie, der Höhenenergie und der Spannenergie. Hierbei verwenden sie fachsprachlich korrekte Formulierungen.
- nutzen das Prinzip der Energieerhaltung, um die bei Energieumwandlungen beteiligten Energieformen quantitativ zu bilanzieren. Sie **bestimmen** insbesondere **Werte der Höhenenergie und der kinetischen Energie**.

#### **Jahrgangsstufe 9:**

- Ph9 Lernbereich 2: Energie- und Impulserhaltung in der Mechanik (ca. 10 Std.)

Kompetenzerwartungen:

Die Schülerinnen und Schüler ...

- verdeutlichen in alltagsrelevanten Kontexten, dass Kräfte gemäß dem **Wechselwirkungsgesetz** stets paarweise auftreten. Sie grenzen ein solches Kräftepaar von einem Kräftepaar im Gleichgewicht ab.
- nutzen den Energieerhaltungssatz zum Aufstellen von Größengleichungen und nehmen Äquivalenzumformungen vor, um mechanische Größen zu berechnen. Mit dem **Impulserhaltungssatz** führen sie quantitative Betrachtungen für einfache Stoßvorgänge durch und erkennen allgemein in Erhaltungsgrößen ein grundlegendes Konzept der Physik.

#### **Jahrgangsstufe 10:**

- Ph10 Lernbereich 1: Bewegungen und ihre Modellierung in der Physik (ca. 17 Std.)

Kompetenzerwartungen:

Die Schülerinnen und Schüler ...

- erstellen und interpretieren Zeit-Weg- und Zeit-Geschwindigkeits-Diagramme von Bewegungen in alltagsrelevanten Kontexten und stellen Beziehungen zwischen den Diagrammen und **linearen bzw. quadratischen Bewegungsfunktionen** her.

- Ph10 4.2: Vertiefung prozessbezogener Kompetenzen anhand ausgewählter weiterer Inhalte (ca. 18 Std.)

Kompetenzerwartungen:

Die Schülerinnen und Schüler ...

- entwickeln **physikalische Fragestellungen** anknüpfend an ihnen bekannte Alltagssituationen. Um diese zu beantworten, verwenden sie experimentelle Methoden oder andere fachtypische Arbeitsweisen (z.B. Computermodellierung, Mathematisieren); ggf. setzen sie hierbei den **Computer als Hilfsmittel zur Erfassung und Verarbeitung von Messwerten** ein (z.B. Videoanalyse). Sie vergleichen experimentelle Ergebnisse mit theoretischen Vorhersagen und erklären Abweichungen.
- **dokumentieren selbständig** experimentelle Untersuchungen sowie durch andere fachtypische Arbeitsweisen (z.B. Computermodellierung, Mathematisieren, Quellenarbeit oder Diskussion) gewonnene Ergebnisse. Hierbei legen sie Art und Struktur der Dokumentation nach fachlichen Gesichtspunkten selbständig fest; insbesondere wählen sie die Darstellungsformen sach- und adressatengerecht aus.

Inhalte zu den Kompetenzen:

- Physik des Fliegens: physikalische Gesetze im Zusammenhang mit dem Fliegen, Experimente mit dem Windkanal, **Bau von Modellraketen**, Vermessung der Flughöhe

## **Physikalischer Hintergrund:**

### **Senkrechter Wurf:**

Trotz längerer Beschleunigungsphase (und vor allem nicht konstanter Beschleunigung) beim Start der Rakete kann der Flug mit einem senkrechten Wurf verglichen werden. Die SuS messen dafür während der Flüge die Zeiten vom Start bis zur Landung der Rakete. Im Anschluss kann die maximale Flughöhe über den Ansatz  $h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$  abgeschätzt werden. Dies ist gerade für die niedrigeren Jahrgangsstufen ein guter Ansatz, wobei die Grenzen der Näherung erläutert werden sollten.

Wenn die SuS bereits den Impulserhaltungssatz kennen und die Schwierigkeit der Aufgabenstellung erhöht werden soll, kann folgender Ansatz gewählt werden:

1. Bestimmung der Masse der Rakete vor dem Start:

$$\rho_{Luft} = \frac{p}{R_s T} = \frac{5 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}}{287,058 \frac{Nm}{kg \cdot K} \cdot 293K} = 5,94 \frac{kg}{m^3}$$

$$m_{Luft} = \frac{5,94 \frac{kg}{m^3}}{1000 \frac{1}{m^3}} = 5,94 \cdot 10^{-3} kg \Rightarrow m_{Rakete} = m_{500mlWasser} + m_{Luft} + m_{Raketeleer} = 1,00594 kg$$

## 2. Bestimmung der Startgeschwindigkeit der Rakete:

Kraft auf Wasser in der Flasche:

$$F_{H_2O} = p_{Flasche} \cdot A + m \cdot g = 5 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2} \cdot (0,05m)^2 \cdot \pi + 0,5kg \cdot 9,81 \frac{N}{kg} = 3,93 \cdot 10^3 N$$

$$\Rightarrow a_{H_2O} = \frac{3,93 \cdot 10^3 N}{0,5kg} = 7,86 \cdot 10^3 \frac{m}{s^2}$$

$$v_{H_2O} = 7,86 \cdot 10^3 \frac{m}{s^2} \cdot 0,005s (\text{geschätzte Zeit für Austritt des Wassers})$$

$$\Rightarrow v_{H_2O} = 39,3 \frac{m}{s}$$

$\Rightarrow$  Geschwindigkeit der Rakete über Impulserhaltungssatz:

$$v_R = \frac{0,5kg \cdot 39,3 \frac{m}{s}}{1,00594kg - 0,5kg} = 39,3 \frac{m}{s}$$

## 3. Einbezug des Luftwiderstands:

$F_{LR} = \frac{1}{2} \cdot A \cdot c_W \cdot \rho_{Luft} \cdot v^2$ ; dabei ist  $c_W$  ein für Form des Körpers spezifischer Wert (hier für Flugzeug) und der Luftdruck wird auf Meeresspiegelhöhe angenähert;

$$F_{LR} = \frac{1}{2} \cdot (0,05m)^2 \cdot \pi \cdot 0,08 \cdot 1,2041 \frac{kg}{m^3} \cdot (39,3 \frac{m}{s})^2 = 0,584N$$

## 4. Bestimmung der maximalen Flughöhe:

$$\text{Abbremsen durch Luftwiderstand: } a_{Brems} = \frac{F_{LR}}{m_R - 0,5kg} = 1,17 \frac{m}{s^2}$$

abgeschätzte Steigzeit:  $t = 3s$  (aus Videoanalyse)

$$h_{max} = -\frac{1}{2} \cdot t^2 \cdot (g + a_{Brems}) + v_0 \cdot t = -\frac{1}{2} \cdot 9s^2 \cdot 10,98 + 39,3 \frac{m}{s} \cdot 3s = 68,4m$$

**Hinweis:**

### **Berechnungen mit Hilfe der Rakete**

– Auswertung am Computer:

Die Daten der Speicherkarte der Boardelektronik können ganz einfach über Excel ausgewertet werden.

– Auswertung mit Apps (Viana):

Mit der App Viana können Bewegungen gefilmt und anschließend analysiert werden. Allerdings funktioniert diese App nur auf Apple Geräten.

Ein Ipad wäre dafür ideal da der Bildschirm größer ist. Dies ist wichtig um eine präzisere Erfassung der Bewegung sowie eine präzisere Festlegung des Maßstabes und des Koordinatensystems zu ermöglichen. Die Daten können dann eventuell anschließend nach Geogebra exportiert werden.

## ***Weitere Hintergründe/Weiterführende Themen:***

### **Astronomie:**

Der Raketenflug kann in der 10. Jahrgangsstufe als Brücke zwischen Mechanik und Astronomie genutzt werden. Anhand dieses authentischen Kontextes kann zunächst ein kurzer Exkurs zur aktuellen Nutzung von Raketen beziehungsweise zu Weltraumforschung gemacht werden. Dabei kann thematisiert werden, dass z.B. die ISS sich auf einer Kreisbahn um die **Erdkugel** bewegt und kann als Überleitung zu den (antiken) Weltbildern dienen.