

Unabhängigkeitsprinzip

Martin Apolin

Aufgabe 1: Im gleichen Augenblick wird eine sehr schnelle Kugel aus einem Gewehr waagrecht abgefeuert und eine andere Kugel einfach aus gleicher Höhe fallen gelassen (Abb. 1). Welche Kugel trifft zuerst auf den Boden?

- a) die fallen gelassene Kugel
- b) die abgefeuerte Kugel
- c) beide gleichzeitig

Aufgabe 2: Eine aus einem Gewehr waagrecht abgefeuerte Kugel kann mindestens 100 m weit fliegen, ohne überhaupt zu fallen!

- a) richtig
- b) falsch

Aufgabe 3: Schreibe zur Wiederholung die Formel für die zurückgelegte Wegstrecke beim freien Fall auf:

.....

Trage dann in die Tabelle die Fallstrecken für die erste bis sechste Sekunde ein (nimm g mit 10 m/s^2 an). Du wirst diese Tabelle bei den späteren Aufgaben noch benötigen.

Deine Intuition (innere Eingebung) wird Dir wahrscheinlich bei Aufgabe 1 gesagt haben, daß die Kugel, die fallen gelassen wird, schneller am Boden ist. Richtig ist jedoch Lösung c), woraus wir lernen, daß Intuition in der Physik nicht immer zum gewünschten Ergebnis führen muß.

Der Grund, warum beide Kugeln zur gleichen Zeit am Boden sein müssen, wird durch das *Unabhängigkeitsprinzip* beschrieben. Es besagt, daß die Horizontal- und Vertikalbewegungen, die ein Körper ausführt, sich gegenseitig nicht beeinflussen. Die erste Kugel wird nur fallen gelassen, führt daher nur eine senkrechte Bewegung aus. Die zweite Kugel bewegt sich gleichzeitig auch waagrecht, führt also zwei Bewegungen aus. Diese beeinflussen einander jedoch nicht. Die abgeschossene Gewehr-kugel fällt daher genauso schnell zu Boden wie die nur fallengelassene (Abb. 2). Kannst Du mit diesem Wissen nun die Antwort zu Aufgabe 2 auf ihre Richtigkeit überprüfen?!

(Anmerkung: Das *Unabhängigkeitsprinzip* setzt voraus, daß der *Luftwiderstand vernachlässigt werden kann*.)



Abb.1 zu Aufgabe 1 (aus EPSTEIN 1989, S.147)

Zeit [s]	Fallstrecke [m]
1	
2	
3	
4	
5	
6	

Tabelle 1 zu Aufgabe 3: Fallstrecken beim freien Fall

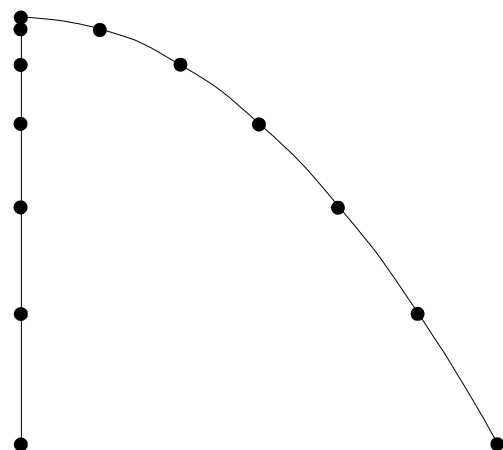


Abb. 2 zu Aufgabe 1: Beide Kugeln befinden sich immer auf der selben Höhe.

Dr. Martin Apolin unterrichtet Physik und Leibesübungen am BGRG 17, Parhamerplatz, 1170 Wien

Aufgabe 4: Versuche nun nochmals (am besten ohne nachzuschauen) das Unabhängigkeitsprinzip der Mechanik zu formulieren.

.....

.....

.....

.....

.....

Aufgabe 5: Versuche nun, in Abb. 3 die Bahn einer Kugel einzuzichnen, die mit einer Geschwindigkeit von 20 m/s waagrecht abgeworfen wird. Dieser Wurf setzt sich aus einer waagrechten, gleichförmigen Bewegung und einer senkrechten Fallbewegung zusammen. Denke an das Unabhängigkeitsprinzip. Die waagrechte Geschwindigkeit ändert sich nicht, sie bleibt immer 20 m/s. Für die senkrechte Fallstrecke benötigst Du Tabelle 1 aus Aufgabe 3. Wenn Du beide unabhängigen Bewegungen für die ersten sechs Sekunden eingezeichnet hast, verbinde diese (wie in Abb. 3 für die ersten zwei Sekunden), und Du erhältst die fertige Bewegung.

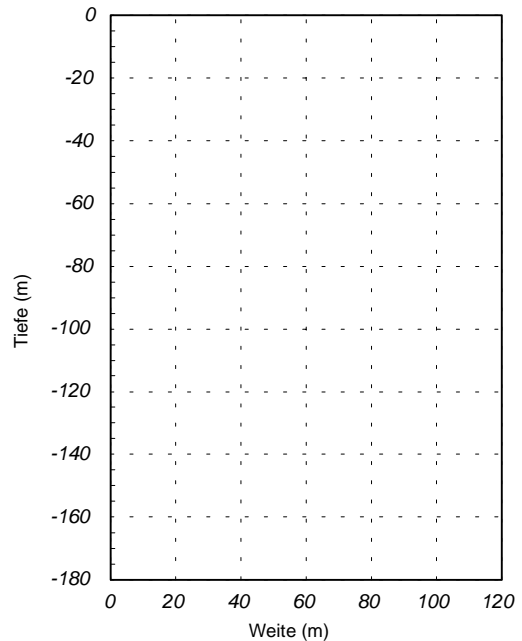


Abb. 3 zu Aufgabe 5: zeichne die Bahn eines Körpers, der mit 20 m/s waagrecht abgeworfen wird. Trage zuerst die Einzelbewegungen ein. Für den freien Fall benötigst Du jetzt die Tabelle aus Aufgabe 3. Setze aus der waagrechten und der senkrechten Bewegung die Gesamtbewegung zusammen. Die Positionen nach 0 bis 2 s sind bereits eingezeichnet.

Aufgabe 6: Nun ein Test, ob Du das Unabhängigkeitsprinzip auch in der Praxis anwenden kannst! Eine Person wirft einen Stein waagrecht von einer erhöhten Position, 5 m über dem Boden (Abb. 4). Der Stein fliegt 10 m weit. Wie schnell warf die Person den Stein?

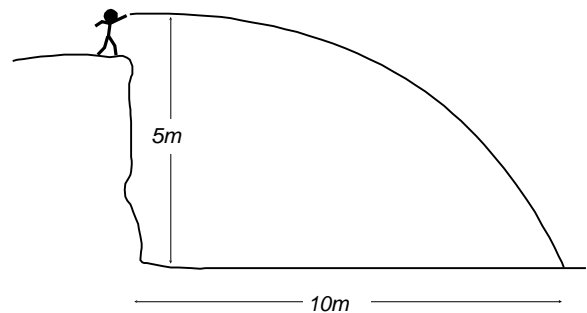


Abb. 4 zu Aufgabe 6

Überprüfe nun Aufgabe 2. Auch wenn es eine weitverbreitete Vorstellung ist und sogar in Polizeischulen gelehrt wird, daß eine mit ausreichender Geschwindigkeit waagrecht abgefeuerte Kugel eine gewisse Distanz fliegt, ohne überhaupt zu fallen: Wegen Schwerkraft und Unabhängigkeitsprinzip fällt jeder Gegenstand, egal wie schnell er abgeschossen wurde. Sogar das Licht "fällt". Die Lichtteilchen (Photonen) werden durch die Gravitation der Erde "zum Boden gezogen".

In Abb. 5 kannst Du überprüfen, ob die Zeichnung in Aufgabe 3 richtig war. So sieht die tatsächliche Flugbahn eines Körpers aus (maßstäblich verkleinert), der waagrecht mit 20 m/s abgeworfen wird.

Die Lösung zu Aufgabe 6 ist eigentlich recht einfach, auch wenn man zu Beginn vielleicht glaubt, daß noch eine zusätzliche Angabe nötig wäre. Jeder Gegenstand fällt in einer Sekunde 5 m (siehe Tabelle 1). Der Wurf dauert daher genau eine Sekunde. In dieser Sekunde fliegt der Gegenstand 10 m weit. Er muß daher mit einer horizontalen Geschwindigkeit von 10 m/s abgeworfen worden sein!

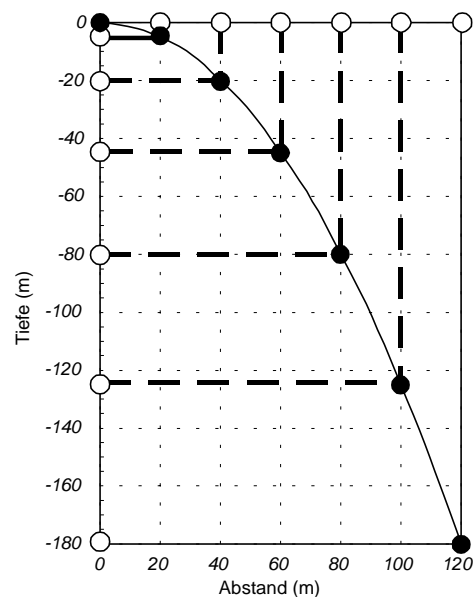


Abb. 5: Lösung zu Aufgabe 5

Aufgabe 7: Versuche nun, in Abbildung 6 die Bahn einer Kugel bei einem schiefen Wurf einzuzichnen. Die Kugel wird mit 10 m/s Horizontal- und 20 m/s Vertikalgeschwindigkeit abgeworfen. Zeichne zunächst die Stellen ein, an denen sie sich nach 2, 3 und 4 Sekunden befinden würde, wenn es keine Schwerkraft gäbe. Wie würde sich die Kugel dann bewegen? Von diesen Positionen "ziehe" den freien Fall ab, und du erhältst die tatsächliche Flugbahn.

Abb.7 zeigt die Lösung zu Aufgabe 7. Vergleiche Sie nun mit Deiner Zeichnung.

Aufgabe 8: Um nicht ein Flugzeug und eine Bombe für das nächste Rätsel zu bemühen, nehmen wir eine Taube, die im waagrechten Flug „etwas“ fallen läßt. Damit sie Dich trifft, muß sie dieses „etwas“ in Flugrichtung gesehen

- a) vor Dir fallen lassen
- b) über Dir fallen lassen
- c) hinter Dir fallen lassen.

Egal, ob Flugzeug oder Taube: Wenn ein waagrecht fliegendes Objekt etwas fallen läßt, dann behält dieser Gegenstand dieselbe horizontale Geschwindigkeit bei. Er muß daher immer genau unter dem fliegenden Objekt sein. Zu dieser Horizontalbewegung kommt nun noch die Fallbewegung dazu (Abb.8). Die richtige Lösung ist daher a). Vergleiche Abb.8 mit Abb.5!

Aufgabe 9: Du stehst auf einem Turm und wirfst waagrecht einen Stein mit 15 m/s ab. Der Stein fliegt 45 m weit. Wie hoch ist der Turm?

Aufgabe 10: Bei einer Sprengung wird ein Stein weggeschleudert und schlägt nach 8 Sekunden wieder auf dem Boden auf. Wie hoch ist der Stein geflogen? Ist die Höhe unabhängig davon, ob der Stein senkrecht oder schief geflogen ist?

Literatur

EPSTEIN Lewis C.; Epsteins Physikstunde;
450 Aufgaben und Lösungen; Birkhäuser 1989

SCHREINER Josef; Physik 1; hpt 1989

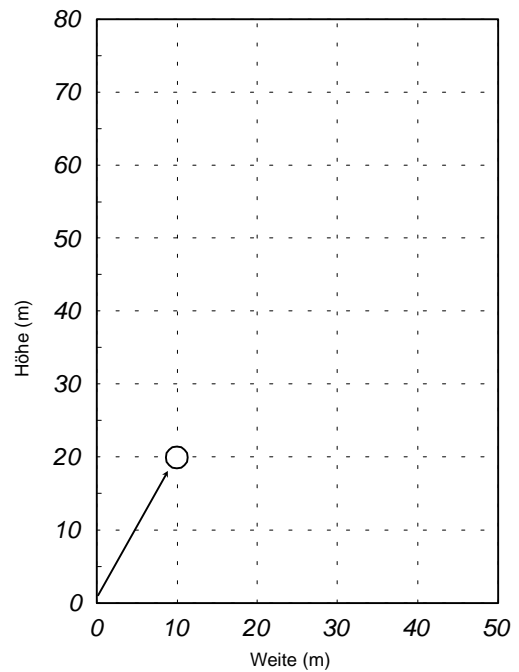


Abb. 6: zu Aufgabe 7

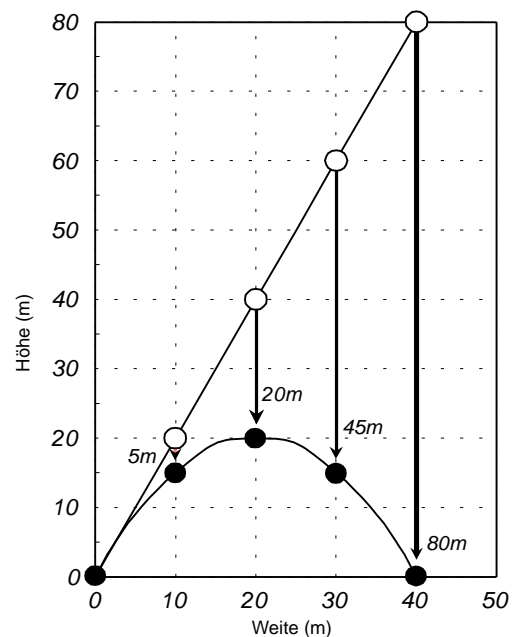


Abb. 7: Lösung zu Aufgabe 7: Die weißen Kreise sind die Positionen der Kugel 1, 2, ... Sekunden nach dem Abwurf, wenn es keine Schwerkraft gäbe. Der Gegenstand würde sich geradlinig nach schräg oben bewegen. Von diesen Positionen wird der freie Fall "abgezogen". Es ergibt sich die tatsächliche Flugbahn, die Wurfparabel.

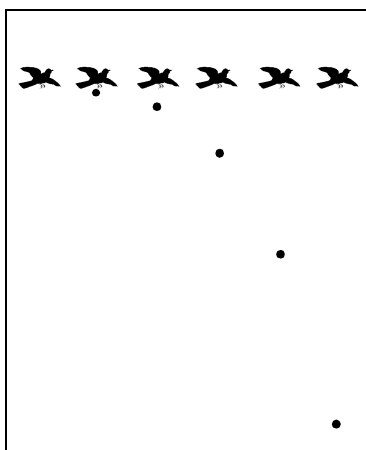


Abb. 8: Zu Aufgabe 8