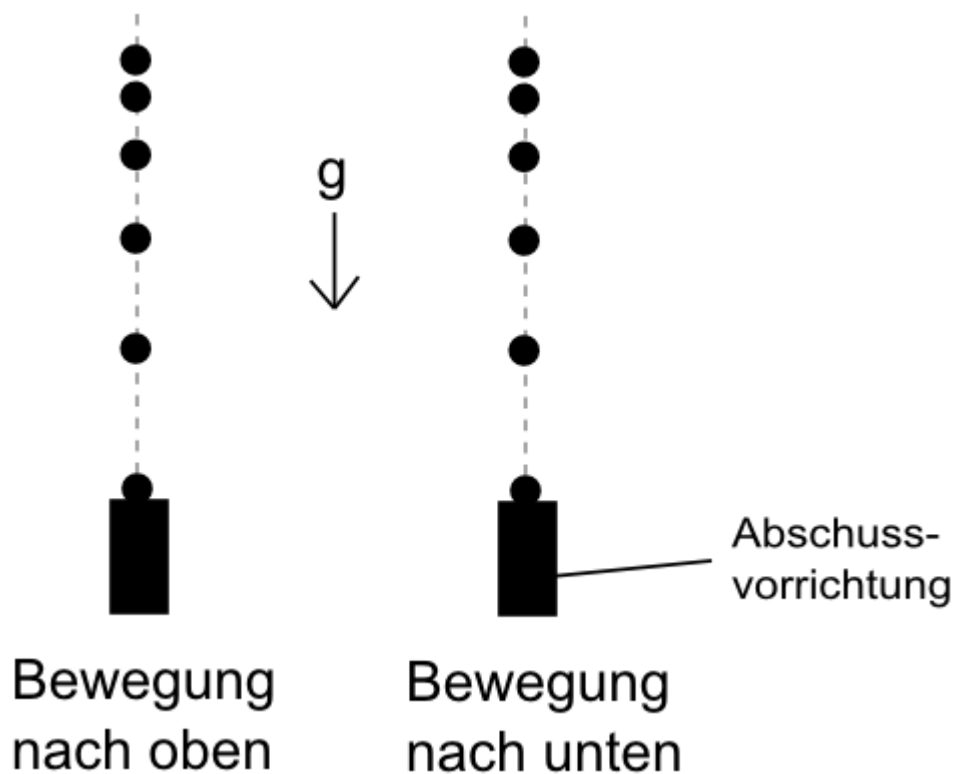


Zusammengesetzte Bewegungen

a) Senkrechter Wurf

Im Moment, indem die Kugel die Abschussvorrichtung verlässt, wirkt auf die Kugel nur eine Kraft: die Erdbeschleunigung g . Sie bestimmt ihre Bewegung.

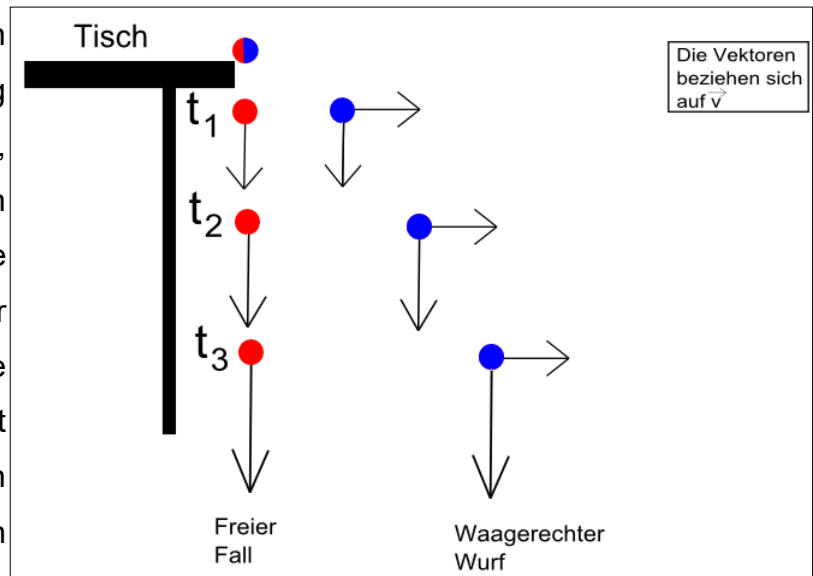
Bei der Bewegung nach oben bremst die Erdbeschleunigung g die Bewegung ab, bis die Kugel am höchsten Punkt die Geschwindigkeit 0 besitzt. Danach fällt sie frei nach unten, wobei die Geschwindigkeit der Kugel durch den Einfluss der Erdbeschleunigung g anwächst.



b) Unabhängigkeitsprinzip und waagerechter Wurf

Die Bahn eines waagrecht geworfenen Körpers entspricht einem Parabelast.

Die parabelförmige Wurfbahn kommt durch Überlagerung zweier Bewegungen zustande, einer waagrecht gerichteten Bewegung, verursacht durch die Geschwindigkeit, mit der der Körper eine waagerechte Ebene verlässt, und einer senkrecht gerichteten Kraft, bedingt durch die Erdanziehung. Ein waagrecht geworfener und ein



aus gleicher Höhe frei fallender Körper erreichen den Boden gleichzeitig. Zwei Bewegungskomponenten einer zusammengesetzten Bewegung beeinflussen sich also in ihrem zeitlichen Ablauf nicht gegenseitig (Unabhängigkeitsprinzip).

Mithilfe der Bahngleichung für den waagerechten Wurf

$$y = \frac{1}{2} \cdot \frac{g}{v_{0x}^2} \cdot x^2$$

lässt sich zu jeder x-Koordinate des Körpers die zugehörige y-Koordinate bestimmen.

Die Fallzeit berechnet sich nach

$$t_{Fall} = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}}$$

und die Wurfweite nach

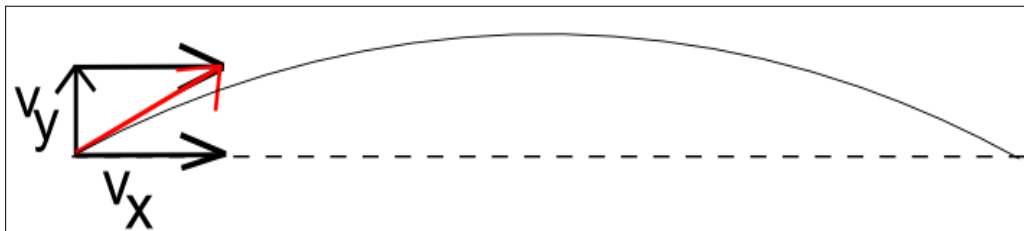
$$x_{weit} = v_{0,x} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}}$$

c) Schiefer Wurf

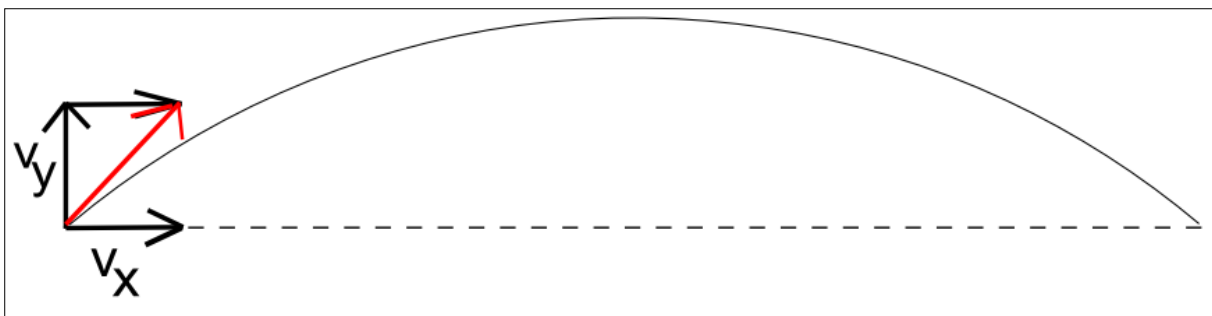
Der schiefe Wurf kann als Zusammensetzung einer gleichförmigen horizontalen Bewegung und eines senkrechten Wurfs nach oben gedeutet werden. Die Flugbahn entsteht durch die ungestörte Überlagerung dieser beiden Bewegungen in horizontaler und vertikaler Richtung. Wenn der Luftwiderstand vernachlässigt wird, ist die Flugbahn eine nach unten geöffnete Parabel. Durch das Zerlegen des schiefen Wurfs in zwei voneinander unabhängige Bewegungen lassen sich a) die Wurfweite, b) die Wurfzeit und c) die Wurfhöhe leicht ermitteln.

Um diese Größen berechnen zu können benötigt man neben dem Winkel, unter dem z.B. ein Ball abgeworfen wird, die Anfangsgeschwindigkeit v_0 . Die Geschwindigkeit kann man nun in eine horizontale (v_x) und eine vertikale (v_y) Komponente zerlegen. v_x gibt an, wie schnell sich der Ball nach rechts bewegt. v_y bestimmt sowohl die Steigzeit als auch die Steighöhe. Betrachten wir nun Würfe mit unterschiedlichen Abwurfwinkeln:

1) Ist der Abwurfwinkel klein, ist die Komponente v_y ebenfalls klein (immer *im Vergleich zu* v_x). Folglich ist die Steigzeit kurz und der Ball erreicht auch nur eine geringe Steighöhe. Durch die kurze Steigzeit ist die Wurfweite ebenfalls gering.

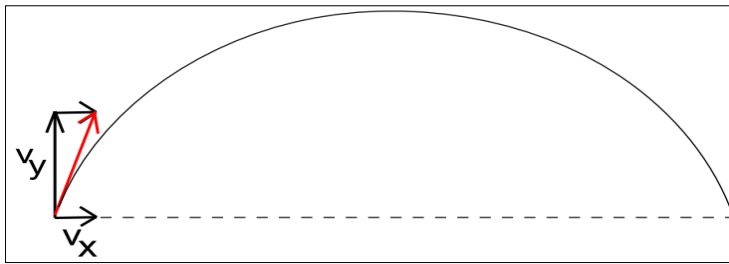


2) Wird der Abwurfwinkel größer, wächst auch die Komponente v_y (im Vergleich zu v_x). v_x wird dadurch zwar im Vergleich kleiner, doch sorgen die größere Steigzeit und Steighöhe dafür, dass auch die Wurfweite größer wird, da der Ball längere Zeit in der Luft ist.



3) Wird der Abwurfwinkel weiter vergrößert, wächst die Komponente v_y weiter an. Sowohl Steigzeit als auch Steighöhe werden dadurch größer. v_x wird allerdings so klein

(im Vergleich zu v_y), dass der Ball trotz längerer Flugzeit eine geringere Wurfweite hat.

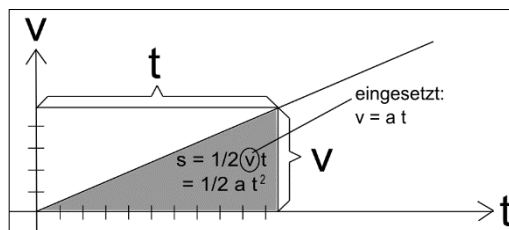


Die größte Wurfweite von einer Abwurfhöhe $h_0 = 0$ wird erreicht in einem Abwurfwinkel von _____ Grad.

Für einen Wurf ohne Reibung, der im Ursprung des Koordinatensystems beginnt, lauten die Bewegungsgleichungen in x- und y-Richtung folgendermaßen:

x-Richtung (Gleichförmige Bewegung)	y-Richtung (gleichmäßig beschleunigte Bewegung mit Anfangsgeschwindigkeit)
$a_x = 0$	$a_y = -g$
$v_x = v_0 \cdot \cos\alpha$	$v_y = v_0 \cdot \sin\alpha - g \cdot t$
$s_x = v_0 \cdot \cos\alpha \cdot t$	$s_y = v_0 \cdot \sin\alpha \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$

Hinweis: Das $\frac{1}{2}$ für die beschleunigte Bewegung kann man am besten grafisch erklären:



Zur Erinnerung:
Der **Sinus** eines Winkels ist das Verhältnis der Länge der **Gegenkathete** (Kathete, die dem Winkel gegenüberliegt) **zur** Länge der **Hypotenuse** (Seite gegenüber dem rechten Winkel).

Die Formeln für die Bahngleichung des schiefen Wurfs, die Wurfzeit t_w , die Wurfhöhe h_w und die Wurfweite s_w findet ihr (unter anderem) in der Formelsammlung.