

## Wurf im bewegten System

*Ein auf einer starren Schiene gelegener Wagen wirft und fängt eine Metallkugel. Abhängig davon, ob sich der Wagen mit konstanter Geschwindigkeit bewegt und aus welchem Bezugssystem das Experiment beobachtet wird, ändert sich die Flugbahn der Kugel.*

### A) Beschreibung des Experiments

Nachdem die Metallkugel in den roten Trichter gelegt und die Feder im Innern der blauen Röhre gespannt worden ist, stehen drei verschiedene Möglichkeiten das Experiment durchzuführen zur Verfügung:

1. Beobachtung erfolgt im Bezugssystem der Schiene und der Wagen bewegt sich nicht.
2. Beobachtung erfolgt im Bezugssystem der Schiene und der Wagen bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit entlang der Schiene.
3. Beobachtung erfolgt im Bezugssystem des Wagens und derselbe bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit entlang der Schiene.

Dabei können unterschiedliche Flugbahnen der Metallkugel beobachtet werden.



Abbildung 1: Auffangtrichter mit Kugel; Abschussfeder ist gespannt

### B) Physikalische Grundlagen

Dieses Experiment demonstriert das klassische Relativitätsprinzip: Verschiedene Inertialsysteme bewegen sich mit konstanter Geschwindigkeit relativ zu einander.

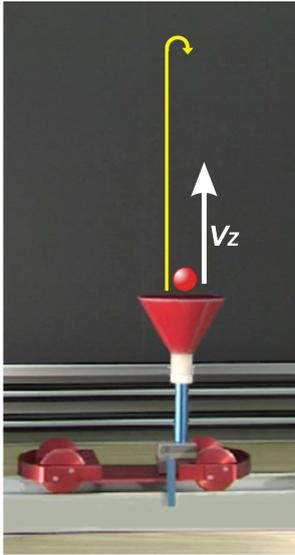


Abbildung 2: Vertikaler Wurf

Im ersten Fall wird die Kugel senkrecht nach oben geschleudert und die Flugbahn zeigt sich als vertikaler Wurf. Die Bewegungsgleichung der Kugel ist gegeben durch

$$z(t) = z_0 + v_z \cdot t - \frac{1}{2}gt_2 \quad (1)$$

Dabei entspricht  $z_0$  dem Anfangsort und  $v_z$  der Anfangsgeschwindigkeit.

Im zweiten Fall wird nun der Wagen mit konstanter Geschwindigkeit  $v_x$  nach rechts bewegt. Die Bewegung des vertikalen Wurfes wird mit der horizontalen Bewegung des Wagens überlagert (Hier ist das Superpositionsprinzip anwendbar). Die Bewegungsgleichungen der einzelnen Komponenten lassen sich als Vektor wie folgt schreiben

$$\vec{r} = \begin{pmatrix} x(t) \\ z(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_0 + v_x \cdot t \\ z_0 + v_z \cdot t - \frac{1}{2}gt_2 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Zusätzlich beschreibt  $x_0$  die Anfangsposition des Wagens.

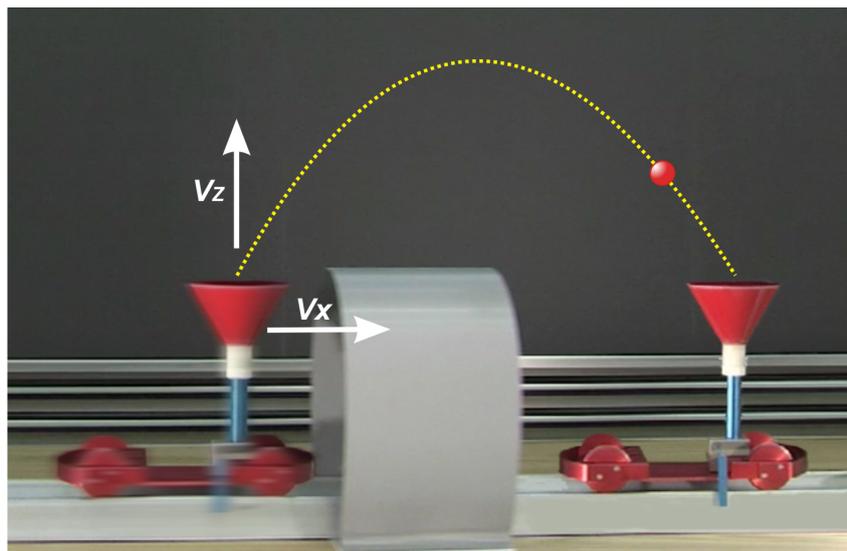


Abbildung 3: Parabelwurf

Im dritten Fall bewegt sich der Wagen wiederum mit konstanter Geschwindigkeit nach rechts, jedoch soll die Beobachtung im bewegten Bezugssystem des Wagens erfolgen. Der Wagen ist damit für den Beobachter in Ruhe. Das bedeutet, dass der dritte Fall auf Fall eins zurückführen lässt. Es wird ein vertikale Wurf gemäss Gleichung (1) erwartet, was sich im Experiment auch bestätigt.