

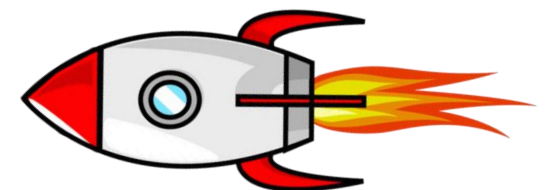
Rocket Science

MINT-Woche

Wasserraketen 101

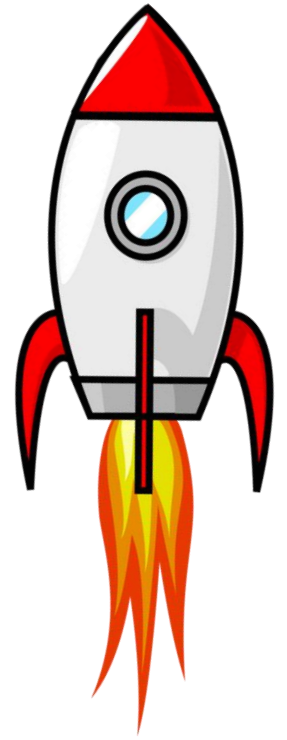
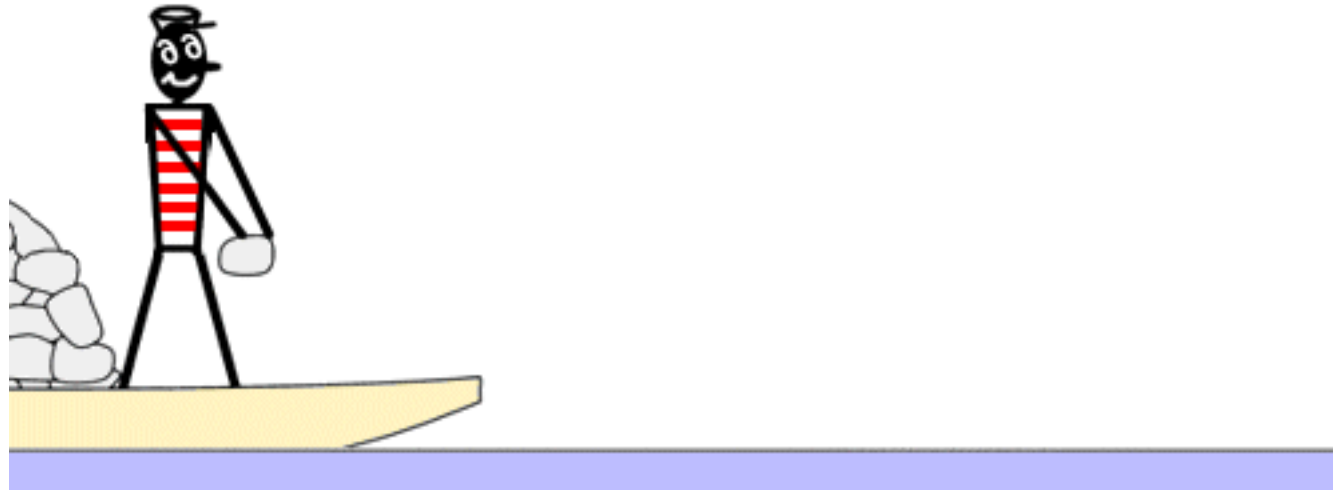
Schwimmende Astronauten

- Warum können wir im Wasser vorwärts schwimmen?
 - Widerstand, Wasser verdrängen
- Könnten wir auch im Vakuum des Weltalls ‘schwimmen’?
- Kann ein Propellerflugzeug, Jet oder Helikopter auch im Weltall fliegen?
 - Nein, da Medium fehlt.
- Warum kann denn eine Rakete sich im Weltall beschleunigen?
 - Anderes Funktionsprinzip: Rückstossprinzip



Raketengrundprinzip

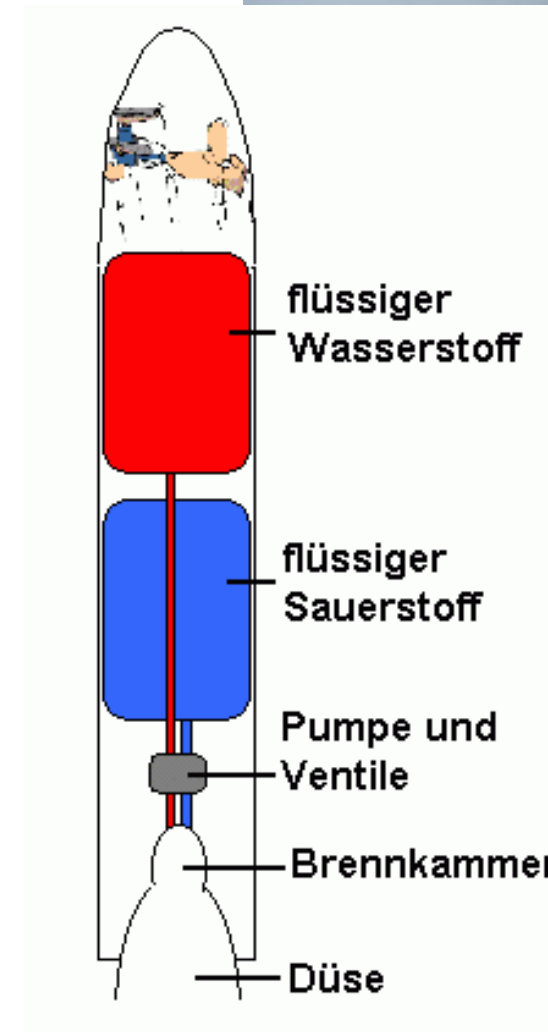
- Kann sich überall fortbewegen, indem man *Masse* in die **entgegengesetzte Richtung ausstösst**



- Ist Grundidee dahinter, wie Raketen funktionieren.
- Basiert auf **3. Newtonschem Gesetz** (actio = reactio) ...
- ... und **Impulserhaltung** (gleich mehr dazu)

Raketengrundprinzip

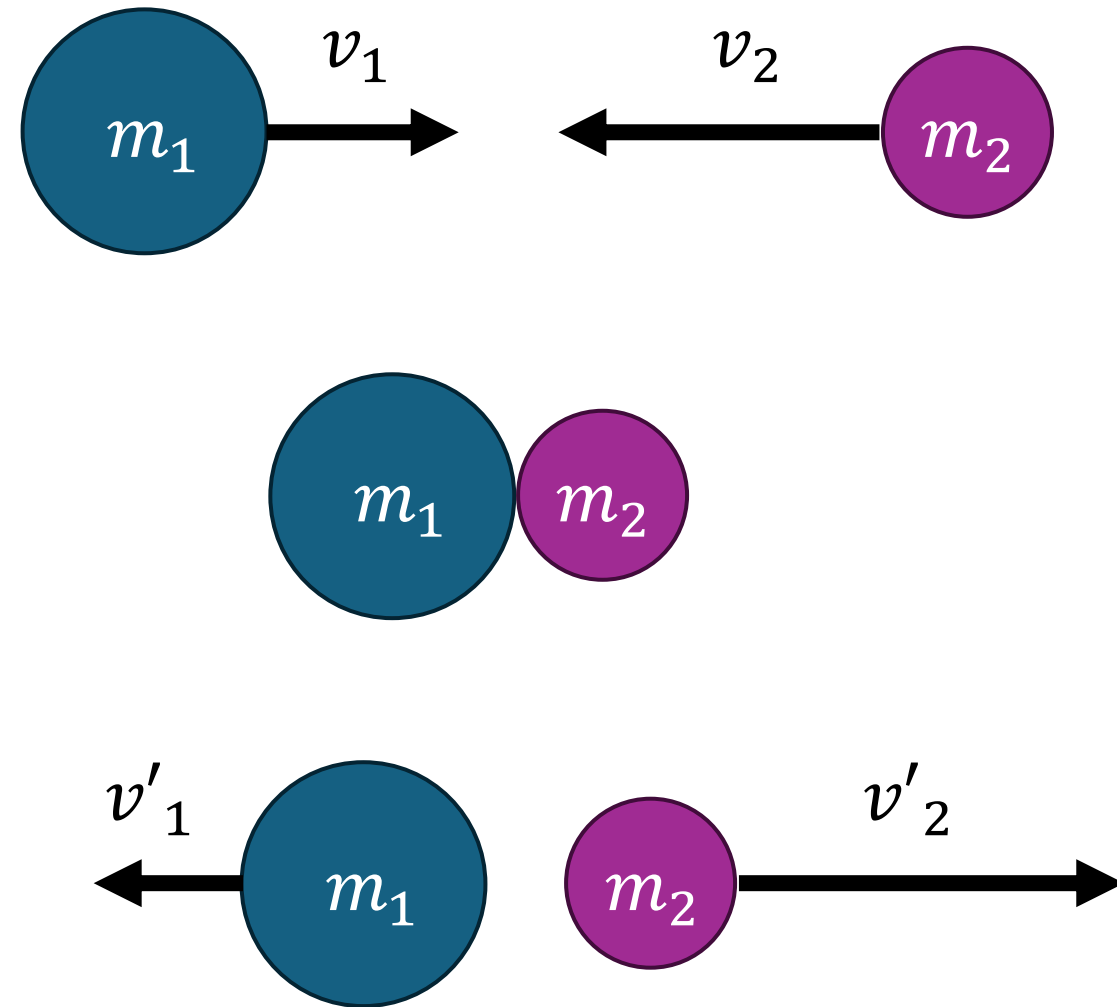
- Flüssiger Treibstoff (z.B. Wasserstoff) wird mit Oxidationsmittel (z.B. flüssiger Sauerstoff) gemischt ...
- ... und in Brennkammer gezündet.
- Erzeugt heisses Gas, welches nach unten mit hoher Geschwindigkeit ausströmt -> Kraft nach unten (Schub)
- Nach 3. NG gibt entgegengesetzte Kraft, die Rakete nach oben drückt



Impulserhaltung

Stösse

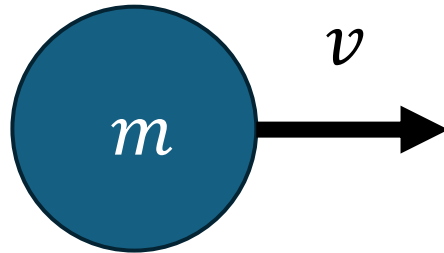
- Stoss zwischen zwei Objekten
- Q: ist mechanische Energie $E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}}$ der Kugeln erhalten?
- A: Im Normalfall *nicht*!
- Energie daher nicht optimale Grösse für Stösse
- Brauchen stattdessen neue physikalische Grösse...
- ... den **Impuls**!



Impuls & Impulserhaltung

- Neue physikalische Grösse: Masse m , die sich mit Geschwindigkeit v bewegt hat **Impuls:**

$$p = mv$$



- Einheit: $[p] = [m][v] = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} = \text{Ns}$
- Impuls von Auto auf der Autobahn:

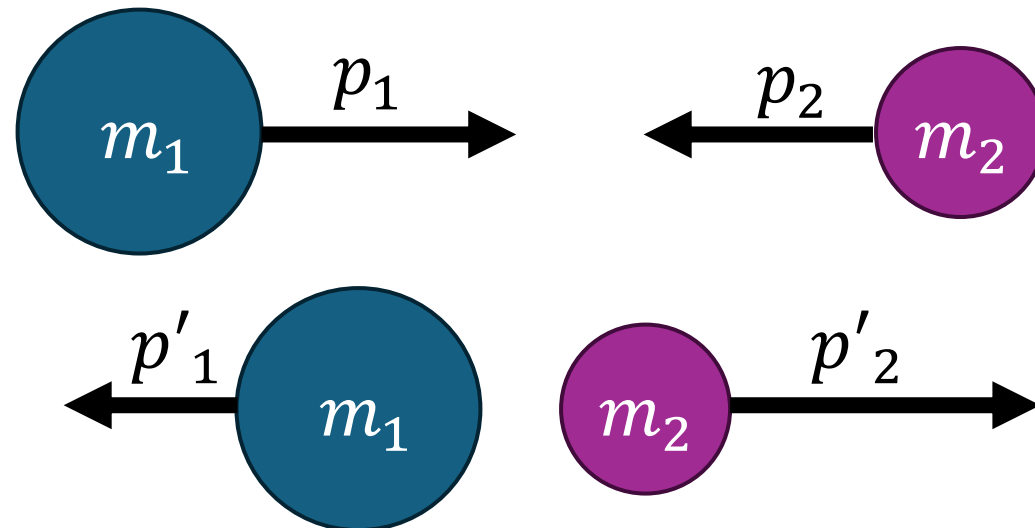
$$p = mv = 1200\text{kg} \cdot 120 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 1200\text{kg} \cdot 33.3 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 40'000\text{Ns}$$

Impulserhaltung

- Bei Stoss bleibt Gesamtimpuls erhalten, selbst wenn Energie nicht erhalten bleibt!

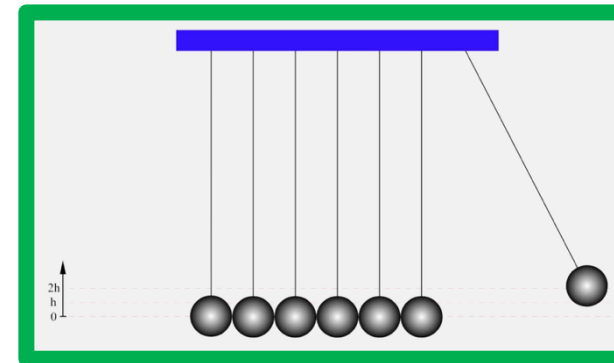
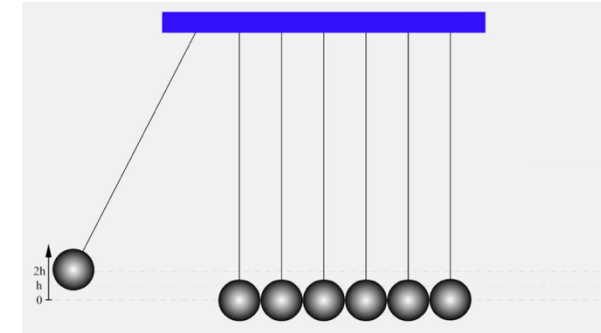
- **Impulserhaltung:**

$$p_{\text{vorher}} = p_{\text{nachher}}$$
$$p_1 + p_2 = p'_1 + p'_2$$



Anwendung: Newton Pendel

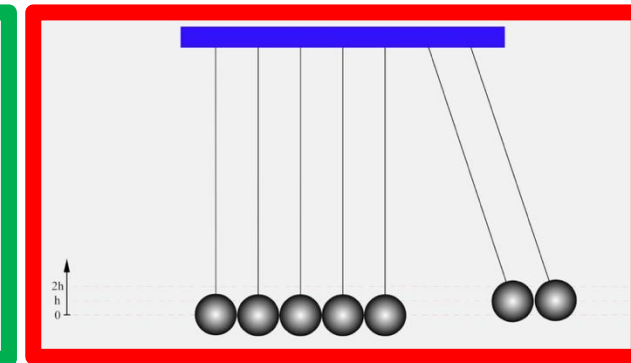
- Q: Wenn bei Newton Pendel links 1 Kugel auslenkt, warum wird rechts auch nur 1 Kugel ausgelenkt und nicht z.B. 2 Kugeln auf halbe Höhe?
- A:
 - Energieerhaltung erlaubt beides
 - Impulserhaltung aber erlaubt nur linken Fall!



1 Kugel, gleiche Höhe

Energieerhaltung

Impulserhaltung



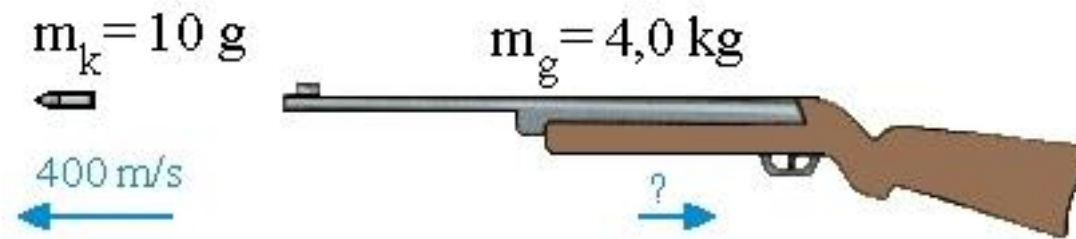
2 Kugeln, halbe Höhe

Energieerhaltung

Impulserhaltung

Aufgabe zu Impuls(erhaltung)

- Eine Kugel mit der Masse 10g verlässt das Gewehr der Masse 4kg mit Geschwindigkeit 400m/s. Berechne die Rückstossgeschwindigkeit des Gewehrs.



- Lösung:

$$p_{\text{vorher}} = p_{\text{nachher}}$$

$$m_k \cdot 0 + m_g \cdot 0 = m_k \cdot 400 \frac{\text{m}}{\text{s}} - m_g \cdot v_g$$

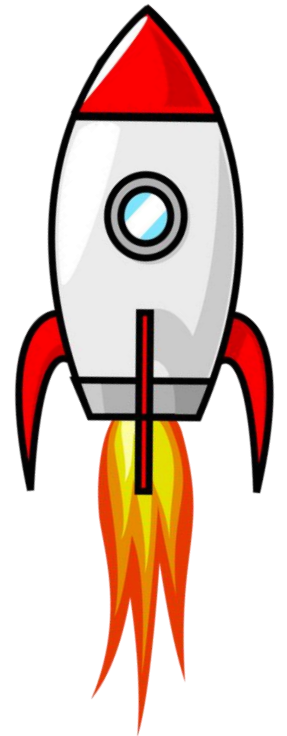
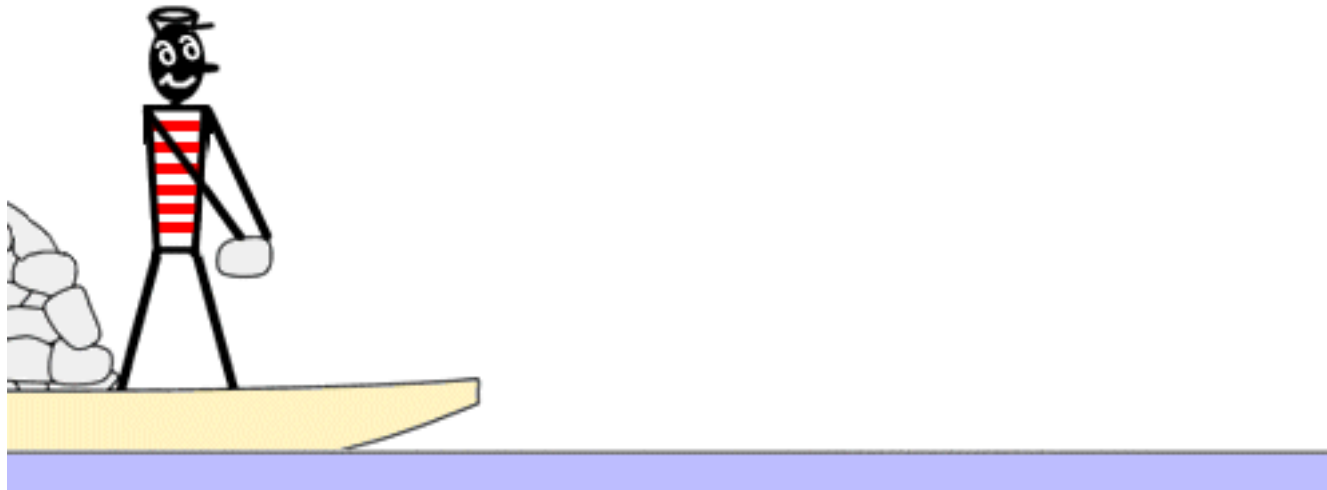
$$0 = 0.010 \text{ kg} \cdot 400 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 4 \text{ kg} \cdot v_g$$

$$v_g = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Minus weil Gewehr in andere Richtung fliegt wie Kugel

Raketengrundprinzip

- Gewehr bewegt sich also, indem sie Kugel in entgegengerichtete Richtung ausstösst. Darauf basiert das ...
- **Raketengrundprinzip:** Kann sich überall fortbewegen, indem man *Masse* in die **entgegengesetzte Richtung ausstösst**



Aufgabe: Raketengrundprinzip

- Urs sitzt auf Bürostuhl (zusammen Masse von 90 kg) und hält einen Medizinball (10 kg) und schiesst diesen in horizontale Richtung weg, so dass der Ball eine Geschwindigkeit von 3 m/s hat. Welche Geschwindigkeit hat Urs nach dem Wurf? Reibung wird komplett vernachlässigt.
- *Lösung:*

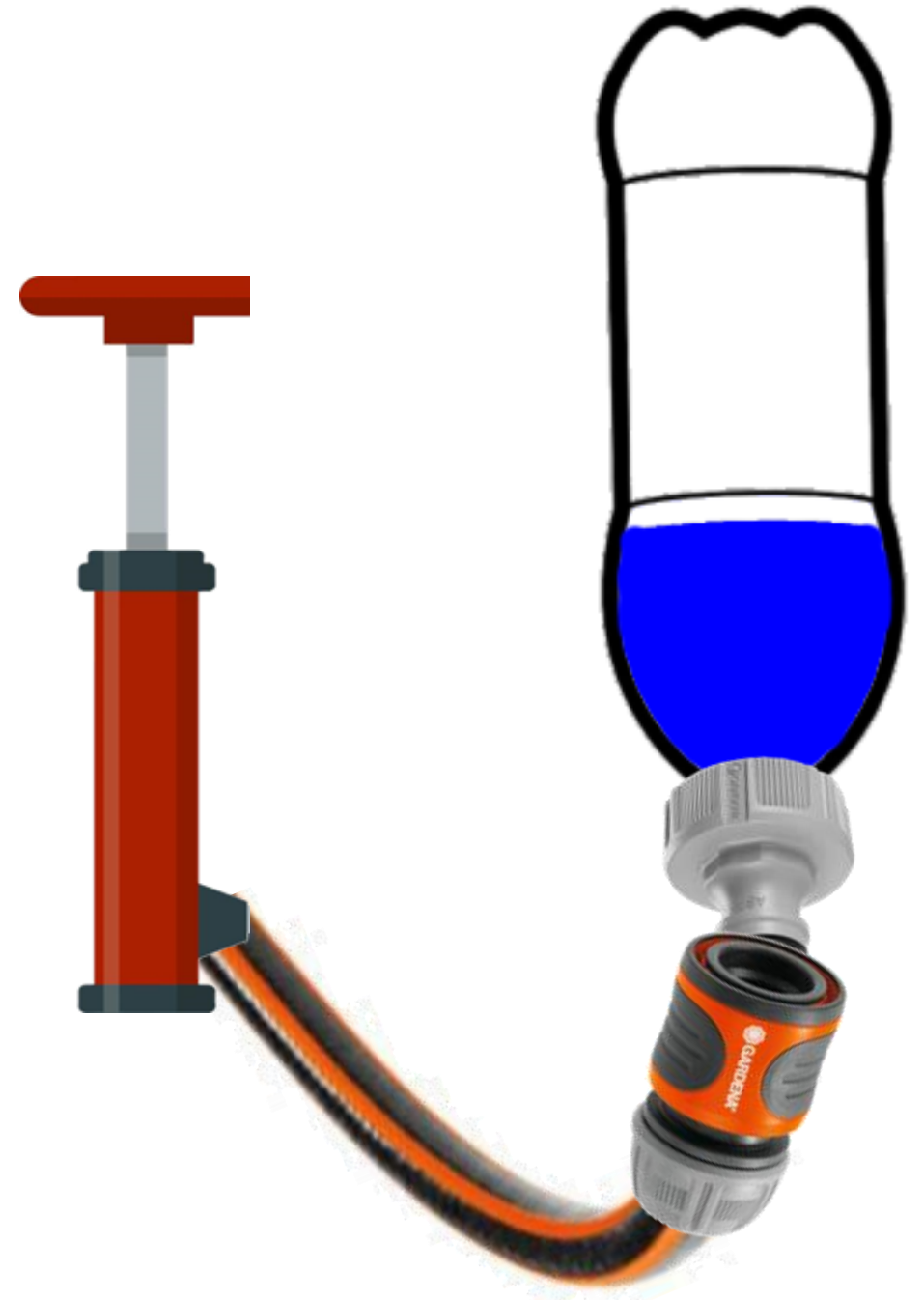
$$\begin{aligned}p_{\text{vorher}} &= p_{\text{nachher}} \\m_u \cdot 0 + m_b \cdot 0 &= m_u \cdot v_u - m_b \cdot v_b \\0 &= 90\text{kg} \cdot v_u - 10\text{kg} \cdot 3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\v_u &= 0.33 \frac{\text{m}}{\text{s}}\end{aligned}$$



Wasserrakete

Wasserrakete

- Was passiert, wenn Luft in Flasche pumpt?
 - Luft oben an Wasser wird komprimiert
→ Druck in Flasche steigt
 - Wasser bleibt unverändert, da *inkompressibel*
- Raketenstart: Ventil entfernen
- Luft (unter hohem Druck) drückt Wasser nach unten
- → Rückstossprinzip



Fragen

- Warum füllt man Flasche überhaupt mit Wasser? Warum nicht nur Luft?
 - Nur Luft funktioniert, aber weniger gut.
 - Wasser viel höhere Dichte/Masse → höherer Impuls beim Ausstoss
- Alternative zu Wasser? Warum?
 - Flüssigkeit mit höherer Dichte → höherer Impuls
- Folgt daraus, dass man möglichst viel Wasser in Flasche füllen sollte?
 - Nein! Benötigt optimales Verhältnis $\frac{V_{\text{Wasser}}}{V_{\text{Flasche}}}$ → Gutes Mittelmaß. Benötigt doch noch genügend Luft, um Wasser ausstossen zu können.

Sicherheit

- Raketenstarts nur in Mitte von Sportplatz auf roter Bahn
- Starte mit geringem Druck, max. 3 bar
- Falls Wasserrakete schön gerade nach oben fliegt, kann sukzessive um 1 bar erhöht werden.
- Rücksicht nehmen auf Personen in der Nähe (warten bis weg oder sie vorher warnen)

