

Unterrichtseinheit 3

Das Wechselwirkungsprinzip

Die Unterrichtseinheit umfasst ca. 2 Stunden.

Schritte	Lernziele	Arbeitsmaterialien
1. Zwei Körper gleicher Masse erhalten gleich große, entgegengesetzte Zusatzgeschwindigkeiten.	Lz 1, Lz 2, Lz 4 F2, E1	Video V3.1
2. Auf zwei Körper mit unterschiedlichen Massen wirken gleich große, entgegengesetzte Kräfte.	Lz 1, Lz 3, Lz 4 F2, E1	Video V3.2
3. Formulierung eines Merksatzes	Lz 1, Lz 3, Lz 4 F2, E1	
4. Wechselwirkungspartner suchen	Lz 1, Lz 4, Lz 5 F2, E1	AB A3.1
5. Wechselwirkungsgesetz bei Fortbewegungen	Lz 1, Lz 4, Lz 5 F2, E1	AB A3.1
6. Das Rückstoßprinzip nutzen	Lz 1, Lz 4, Lz 5, Lz 6, F2, E1 E7, K4	AB A3.2

Lernziele:

Die Schülerinnen und Schüler sollen

- 1) erkennen: Wenn ein Körper eine Zusatzgeschwindigkeit erhält und sich damit seine Geschwindigkeit ändert, hat auf diesen ersten Körper ein zweiter Körper eine Kraft ausgeübt, der auch eine Zusatzgeschwindigkeit erhält, denn auf ihn hat der erste Körper eine Kraft ausgeübt (E1);
- 2) erkennen, dass bei gleichen Massen beide Körper eine gleich große Zusatzgeschwindigkeit erhalten (E1);
- 3) erkennen, dass bei verschiedenen Massen die Zusatzgeschwindigkeiten unterschiedlich sind, aber die Kräfte gleich groß und entgegengesetzt sind (E1);
- 4) wissen, dass Kräfte immer paarweise auftreten (F2);
- 5) das Wechselwirkungsprinzip auf spezielle Situationen anwenden und dabei die beiden Wechselwirkungspartner benennen können (F4);
- 6) selbst eine Rakete bauen und ihre Funktionsweise erklären können (E7, K4).

1. Schritt: Zwei Körper gleicher Masse erhalten gleich große, entgegengesetzte Zusatzgeschwindigkeiten

Es werden Situationen beobachtet, in denen zunächst scheinbar nur ein Körper eine Kraft auf einen anderen ausübt. Aus der Tatsache, dass man bei beiden Körpern

eine Zusatzgeschwindigkeit feststellen kann, wird geschlossen, dass auf beide Körper eine Kraft ausgeübt wurde. Da die Zusatzgeschwindigkeiten bei gleichen Massen in etwa gleich groß sind, haben die Schüler kein Problem, sie als gleich groß anzusehen.

Beispiele können sein:

- Auf zwei gleiche Skateboards (oder Möbelrollbretter) stellen sich zwei ungefähr gleich schwere Schüler, die Skateboard fahren können; sie bekommen ein Seil in die Hand. Zunächst soll nur ein Schüler den anderen zu sich heranziehen, während dieser nur das Seil festhalten soll (siehe Abb. 3.1). Trotzdem treffen sie sich ungefähr in der Mitte (Stelle wird markiert). Dies wird mit umgekehrten Aufträgen sowie mit dem Auftrag, dass beide ziehen, wiederholt.

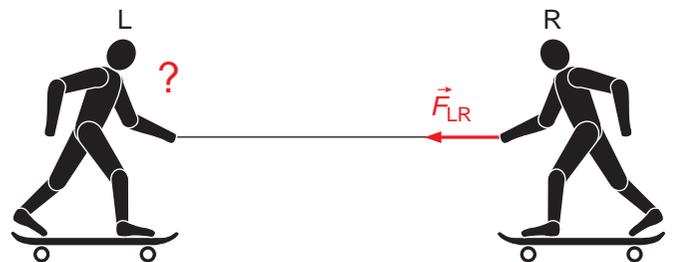


Abb. 3.1: Experiment mit Möbelrollbrettern

- Im Spielzeughandel und bei Lehrmittelfirmen gibt es Spielzeugpucks, die mithilfe eines eingebauten Propellers reibungsfrei auf dem Boden gleiten. Stößt ein Luftkissenpuck nicht zentral auf einen ruhenden Luftkissenpuck, bewegen sich nach dem Stoß beide Pucks. Beide haben eine Zusatzgeschwindigkeit erhalten.
- Auf eine Luftkissenfahrbahn werden zwei gleich schwere Gleiter gesetzt. Sie werden mit einer langen weichen Spiralfeder verbunden (und an einen Wagen wird eine kurze harte Federstahlfeder befestigt) und die weiche Feder wird gedehnt (siehe Abb. 3.2). Nach dem Loslassen bewegen sich beide Gleiter symmetrisch zueinander. Alternativ setzt man auf einen Gleiter einen kleinen Gleichstrommotor mit Batterie (Masse auf dem anderen Gleiter hinzufügen!), der den anderen Gleiter über einen Faden anzieht.
- Ein Magnet und ein gleich schweres Eisenstück werden auf Rollwägen befestigt und auf eine Fahrbahn gesetzt. Lässt man sie gleichzeitig los, bewegen sie sich aufeinander zu. Hält man eines von beiden fest, bewegt sich das andere.
- Auf einer Fahrbahn bewegt sich ein Wagen auf einen gleich schweren, ruhenden Wagen zu und stößt auf ihn. Mit der Videoanalyse werden die Zusatzgeschwindigkeiten beider Wägen bestimmt (Video V3.1).

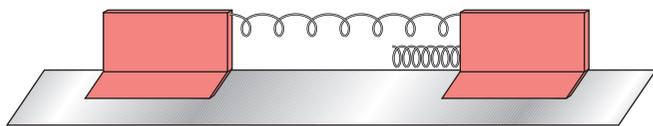


Abb. 3.2: Gleiter mit Federn auf der Luftkissenfahrbahn

2. Schritt: Auch auf zwei Körper mit unterschiedlichen Massen wirken gleich große, entgegengesetzte Kräfte

Die Aussage, dass bei der Wechselwirkung zweier Körper unterschiedlicher Masse auf beide gleich große Kräfte wirken, lehnen die Schüler ab, da sie unterschiedliche Wirkungen (Geschwindigkeitsänderungen) sehen. Denn die Zusatzgeschwindigkeiten sind tatsächlich unterschiedlich: Der Körper mit größerer Masse bekommt eine kleinere Zusatzgeschwindigkeit als der leichtere. Mithilfe der Newton'schen Bewegungsgleichung kann jedoch darauf geschlossen werden, dass die Kräfte gleich groß sind.

Experimente können sein:

- Auf einem Skateboard, Möbelrollbrett oder guten Bürostuhl sitzend, wirft ein Skateboard-erfahrener Schüler einen schweren Ball (aus dem Sportunterricht) nach hinten. Das Gefährt mit dem Schüler bewegt sich in die entgegengesetzte Richtung.
- Auf eine Luftkissenfahrbahn werden zwei unterschiedliche Gleiter unterschiedlicher Masse gesetzt. Sie werden mit einer langen weichen Spiralfeder verbunden (und an einen Wagen wird noch eine kurze harte Federstahlfeder befestigt), sodass sich beide entgegengesetzt bewegen (siehe Abb. 3.3). Alternativ setzt man auf einen Gleiter einen kleinen Gleichstrommotor mit Batterie, der den anderen Gleiter über einen Faden anzieht.
- Ein Wagen bewegt sich auf einen zweiten Wagen mit nur halber Masse zu und stößt auf ihn. Mit der Videoanalyse werden die Geschwindigkeitsänderungen beider Wagen bestimmt. Der leichte Wagen (Masse m_1) erhält während der Stoßzeit Δt eine große Geschwindigkeitsänderung $\Delta \vec{v}_1$. Der schwere Wagen (Masse $m_2 = 2 m_1$) erhält während der gleichen Zeit nur eine halb so große Geschwindigkeitsänderung $\Delta \vec{v}_1 = \frac{1}{2} \Delta \vec{v}_2$ in entgegengesetzte Richtung (**Video V3.2**).

3. Schritt: Formulierung eines Merksatzes

Als Ergebnis wird ein Merksatz formuliert, z.B. sinngemäß:

Übt ein Körper 1 auf einen Körper 2 eine Kraft $\vec{F}_{1 \rightarrow 2}$ aus, so übt 2 auf 1 eine **gleich große**, aber entgegen gerichtete Kraft $\vec{F}_{2 \rightarrow 1}$ aus: $\vec{F}_{2 \rightarrow 1} = -\vec{F}_{1 \rightarrow 2}$. Kräfte treten also immer paarweise auf. Haben die Körper 1 und 2 verschiedene Massen, ergeben sich unterschiedliche Zusatzgeschwindigkeiten.

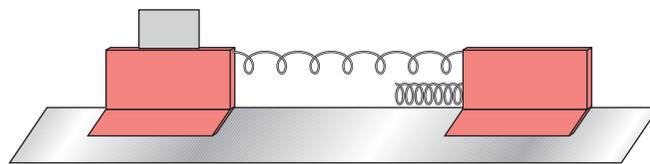


Abb. 3.3: Gleiter verschiedener Masse mit Federn auf der Luftkissenfahrbahn

4. Schritt: Wechselwirkungspartner suchen

Bei manchen Wechselwirkungen haben wir vor allem einen der beiden Körper im Blick. Die Schüler sollen hier überlegen, wo der Wechselwirkungspartner ist und welche Auswirkung die Krafteinwirkung bei ihm hat.

Beispiele können sein:

- Bei einer Ohrfeige wird jeweils eine gleichgroße Kraft auf die Backe und die Hand ausgeübt, obwohl beim Schmerzempfinden und den juristischen Folgen ein Unterschied besteht. Die Hand wird langsamer, der Kopf schneller.
- Wenn man mit einem Faustschlag eine Kraft auf eine Wand ausübt (die evtl. ein Loch bekommt), dann wirkt die Wand mit einer gleichgroßen Gegenkraft auf die Faust zurück, was schmerzhaft sein kann.
- Stoßen ein Auto und ein Hase zusammen, üben sie jeweils gleich große Kräfte aufeinander aus. Da sie aber unterschiedliche Massen haben, sind die Wirkungen völlig unterschiedlich: Die Geschwindigkeit des Autos ändert sich kaum, die des Hasen ziemlich stark!
- Fällt ein Apfel zu Boden, übt die Erde eine Kraft auf ihn aus, wodurch er schneller wird. Also muss der Apfel ebenfalls eine anziehende Kraft auf die Erde ausüben. Da sie eine extrem große Masse hat, ergibt das praktisch keine Zusatzgeschwindigkeit für sie.

5. Schritt: Wechselwirkungsgesetz bei Fortbewegungen

Insbesondere bei Fortbewegungen haben wir vor allem den Körper im Blick, der sich bewegen soll und übersehen den Wechselwirkungspartner. Die Schüler sollen hier überlegen, wo der Wechselwirkungspartner ist.

Beispiele können sein:

- Mit den Rudern drückt man das Wasser nach hinten. Das Wasser übt eine Kraft auf das Boot nach vorne aus.
- Beim Propellerflugzeug wird vom Flugzeug eine Kraft auf die Luft nach hinten ausgeübt und die Luft übt eine Kraft auf das Flugzeug nach vorne aus. Beim Düsenflugzeug wird vom Flugzeug eine Kraft auf ein heißes Gasgemisch nach hinten ausgeübt und das Gasgemisch übt eine Kraft auf das Flugzeug nach vorne aus.
- Bei fliegenden Flugzeugen lenken die Tragflächen die Luft nach unten (Kraft von Tragflächen auf Luft); entsprechend gibt es eine Kraft von der Luft auf die Tragflächen nach oben.