

- 1 Erklären Sie mit Hilfe des Wechselwirkungsgesetzes.
- a) Die Funktionsweise eines Raketenantrieb (ohne die Luft zu verwenden!).
  - b) Wie kommt es zum Rückstoß bei Gewehren?

**Lösung**

- a) In der Brennkammer des Raketentriebwerks verbrennen Treibstoff und Sauerstoff. Die heißen Verbrennungsgase werden nach hinten ausgestoßen, also beschleunigt. Die Gegenkraft beschleunigt die Rakete nach vorne. Dazu ist keine Atmosphäre nötig, von der sich die Rakete "abstoßen" könnte. Das Triebwerk funktioniert somit auch im Weltraum. Man bezeichnet diesen Effekt als "Rückstoß" und das Triebwerk auch als "Rückstoßtriebwerk".
- b) Ein Rückstoß tritt auch bei Schusswaffen auf. Die Kugel wird nach vorne beschleunigt, das Gewehr von der Gegenkraft nach hinten. Um vom Schlag eines zurückschnellenden Gewehrs nicht verletzt zu werden, muss dieses fest an die Schulter angelegt werden.

- 2 Nehmen Sie aus physikalischer Sicht zu folgender Geschichte von Theodor Storm Stellung:  
 "... Hävelmann lag in seinem Rollenbett und hielt das eine Beinchen wie ein Mast in die Höhe. Sein kleines Hemd ... hing wie ein Segel an diesem Bein... er fing mit beiden Backen an zu blasen, und allmählich fing das Bett an zu rollen".

**Lösung**

Das Bett kann sich nicht wegbewegen. Auf das Bett wirkt eine Kraft, auf Hävelmann aber nach dem Wechselwirkungsgesetz auch. Diese ist zur Kraft auf das Bett entgegengesetzt und gleich groß. Da Hävelmann und Bett miteinander verbunden sind, wirken auf das Bett zwei Kräfte, die sich gegenseitig aufheben. Nach dem Trägheitsgesetz bleibt ein Körper aber in Ruhe, wenn keine Kraft auf ihn wirkt. Besser wäre es, wenn er nach hinten bläst. Dann würde er sich in die entgegengesetzte Richtung bewegen.

- 3 Ein Maultier möge einen Wagen fortbewegen. Die Kraft  $F_{MW}$ , mit der das Maultier am Wagen zieht, ist nach dem Wechselwirkungsgesetz genau so groß wie die Kraft  $F_{WM}$ , die der Wagen auf das Maultier ausübt. Man könnte argumentieren, beide Kräfte heben einander auf und daher sollten eigentlich Wagen und Maultier stehen bleiben. Begründen Sie, warum diese Argumentation falsch ist.

**Lösung**

Übt das Maultier auf den Wagen die Kraft  $F_{MW}$  aus, dann übt der Wagen die Kraft  $F_{WM} = -F_{MW}$  auf das Maultier aus. Beide Kräfte heben sich jedoch nicht auf, da sie nicht am selben Körper angreifen. Der Wagen wird mit der Kraft  $F_{MW}$  beschleunigt, während das Maultier mit der Kraft  $F_{WM}$  abgebremst wird. Damit das Maultier ebenfalls nach vorn beschleunigen kann, muss es eine Kraft  $F_{MB}$  gegen den Boden ausüben, sodass es durch die zugehörige Reaktionskraft  $F_{BM} = -F_{MB}$ , die der Boden auf das Maultier ausübt, beschleunigt wird. Insgesamt erfährt das Maultier dann die Kraft  $F_M = F_{WM} + F_{BM}$ , wobei  $F_{WM}$  und  $F_{BM}$  in entgegengesetzte Richtung weisen. Damit das Maultier nach vorne beschleunigt, muss gelten:  $|F_{BM}| > |F_{WM}|$ .

- 4 Wieso kann sich Münchhausen sich nicht an den eigenen Haaren aus dem Sumpf herausziehen?

**Lösung**

Er übt zwar eine Kraft nach oben aus, indem er an den Haaren zieht, aber gleichzeitig wirkt eine Gegenkraft, die nach unten wirkt. Insgesamt heben sich beide Kräfte auf, so dass nichts passiert (Ausser, er reisst sich selbst die Haare aus dem Kopf).

- 5 Beurteilen Sie den Wahrheitsgehalt folgender Aussagen:

- a) Fällt ein Körper zur Erde, so fällt auch die Erde dem Körper entgegen.

**Lösung**

(w) Der fallende Apfel und die Erde tauschen über das Gravitationsfeld Impuls aus. Deshalb wirkt auf den Apfel die (entgegengesetzt) gleich grosse Kraft wie auf die Erde (nach 3 NGG). Die Argumentation ist also korrekt.

- b) Erst durch Reibung kann ein Fußballspieler den Ball treten, denn ohne Reibung würde er von den Füßen "wegflutschen".

**Lösung**

(w) Der Ball bewegt sich durch die Kraftwirkung  $\text{actio} = \text{reactio}$ . Dafür ist zur beschleunigenden Kraft  $F_A$  eine entgegengesetzt wirkende Reibungskraft  $F_R$  notwendig.

- c) Ein Konservenglasdeckel kann nur dann geöffnet werden, wenn zur Kraft der Hand eine genügend große Gegenkraft durch den Deckel hinzukommt. Dies lässt sich dadurch beweisen, indem man den Deckel mit Seife und Wasser anfeuchtet und dann versucht, den Deckel abzuschrauben.

(w) siehe b)

- d) Wenn Sie in einem Boot sind und die Paddel verloren haben, ist es möglich, mit folgender, ungewöhnlicher Methode das Boot in Bewegung durch das Wasser zu versetzen. Man befestigt ein Seil am hinteren Ende des Bootes. Wenn man ruckartig an dem Seil nach vorn zieht, beginnt das Boot, sich langsam nach vorn zu bewegen. Solange man ruckweise zieht, bewegt sich das Boot weiter. Dies ist dadurch möglich, da zwischen Wasser und Boot genügend Reibung besteht, die für einen Moment das Boot halten kann.

- e) Diese Methode funktioniert bei einem Raumschiff nicht! Die einzige Fortbewegungsmöglichkeit im Weltraum stellt das Rückstoßprinzip dar!

**Lösung zu d) und e)**

Die Seilruck-Technik würde bei einem Raumschiff, das umhertreibt, nicht funktionieren. Das geht in einem Boot nur, weil die Reibung zwischen dem Boot und dem Wasser da ist. Die Situation ist ähnlich zu der eines Jungen in einem Karton auf gebohnertem Holzfußboden. Indem er seinen Körper plötzlich nach vorn schnell, kann er den Karton auf dem Fußboden eine kurze Strecke nach vorn schießen lassen. Die Reibung hält den Karton fest, bis die Trägheit des Jungenkörpers den Karton nach vorn treibt. Im Weltraum gibt es keine Reibung, weil das Schiff von einem fast vollkommenen Vakuum umgeben ist. Aus diesem Grund kann ruckartiges nach vorn Ziehen an einem Seil, das an einem Ende am Schiff befestigt ist, das Schiff nicht in Bewegung setzen. Ab und zu glaubt immer mal jemand, der die grundlegenden Bewegungsgesetze nicht kennt, er hätte einen 'Trägheitsantrieb' erfunden, der ein Raumschiff allein durch Trägheitskräfte antreiben könnte. Solche Anstrengungen sind zum Scheitern verurteilt. Die einzige Möglichkeit, wie ein umhertreibendes Raumschiff sich in Bewegung setzen kann, ist, eine Art Materie auszutreiben, wie zum Beispiel das Gas seiner Raketenmotoren.

- f) Beim Tauziehen ziehen an jeder Seite 15 Personen. Im Gleichgewicht ziehe jede Person mit der gleichen Kraft.

Mit der Kraft von wie vielen Personen wird das Seil gespannt?

**Lösung**

15 Personen