

## Habt ihr schon gewusst - 513 Diagnose - actio-reactio

---

Große Warnung! Das Thema Actio-Reactio hat seine Tücken. Meine Erfahrung als Dozent bei „didaktischen Veranstaltungen an der Universität Stuttgart“ und als Fachleiter in der Referendarausbildung seit 1993 weiß ich, dass selbst „ausgebildete Physiklehrkräfte“ ohne Probleme über diese Thematik „stolpern“. Wenn man also erwartet, dass die folgende Teamarbeit – immerhin in der Klasse 9 eines „normalen Gymnasium“ – erfolgreich abläuft, dann unterstellt man, dass die Schülerinnen und Schüler hier besser ausgebildet sind als die Studenten oder späteren Referendare. Wenn man hier zuversichtlich sein kann, liegt das eventuell an der „didaktischen Alternative“, dass man den Impuls schon in der Klassenstufe 7 mit Erfolg behandeln kann – und erst wenn der Impuls, die Impulserhaltung und damit der Trägheitssatz gefestigt in das bisherige Schülerwissen eingebunden ist, die „schwierige physikalische Größe Kraft“ in Angriff nimmt.

Der Hintergrund für diesen Arbeitsauftrag ist eine Lehrer-Schüler-Sequenz aus der Zeitschrift MNU 63/5 Seite 261. In diesem Text wird die Einführung des Prinzips: „Actio-Reactio“ durch eine Lehrperson in Klasse 9 beschrieben. Es spielt sich folgende Szene ab:

**Lehrer:** Wenn ich das Gewicht an die Feder hänge, wird sie ein bestimmtes Stück ausgelenkt. Nimm ich das Gewicht weg und ziehe stattdessen mit einem Kraftmesser, dann muss ich mit etwa 10 N ziehen, damit die Feder genauso weit ausgedehnt wird. Das ist die Kraft, mit der das Gewicht an der Feder zieht. Wie ihr seht, muss ich mit derselben Kraft am Gewicht ziehen, damit es nicht nach unten fällt. Die Kraft, mit der die Feder am Gewicht zieht, ist also genauso groß.

**Schüler:** ... signalisieren Zustimmung

**Lehrer:** Stellt euch jetzt einmal vor, ein Apfel hängt an einem Baum. Wo haben wir hier jetzt Actio und Reactio?

**Schüler A:** Na is doch klar, der Apfel zieht am Ast und der Ast hält den Apfel oben!

**Lehrer:** Ja richtig – schön ihr habt es also verstanden! Was ist denn dann, wenn der Apfel jetzt herunter fällt? Also während des Fallens, wo ist da Actio und Reactio?

**Klasse:** Gemurmel ...

**Schüler B:** Ja gilt, das denn dann überhaupt noch? Ich meine, ist doch immer nur ideal, dass das gilt?

**Schüler A:** Klar, hast du noch Actio und Reactio, nur Actio wird halt immer größer, der Apfel wird ja schließlich schneller beim Fallen!

**Schüler B:** Ich dachte die müssten gleich sein? Wo willst du überhaupt Reactio haben, der fällt doch frei und wird nicht mehr gehalten?!

**Schüler A:** Hm. Na, Actio hast du auf jeden Fall schon mal, er bewegt sich ja. Und er wird ja auch nicht beliebig schnell, die Luftreibung bremst ihn ja. Das ist deine Reactio!

Zitatende

### Arbeitsauftrag

In unserem Unterricht haben wir zuerst den Impuls, dann den Impulserhaltungssatz und anschließend die Beziehung zwischen Impulsänderung und Kraft kennen gelernt.

Könnt ihr auf der Basis eures Wissens formulieren, was der Lehrer und die Schüler hier falsch gemacht haben? Formuliert in euren Antwort zuerst, was ihr bisher aus dem Physikunterricht wisst und kennzeichnet eure Schlussfolgerung auf der Basis dieses Wissens mit einem „→“.

## ... mögliche Ergebnisse ...

Aus dem Unterricht ist bekannt, dass jeder Körper einen Impuls ( $p=m \cdot v$ ) hat und dieser Impuls erhalten bleibt, solange keine „resultierende“ äußere Kraft diesen Impuls ändert. Sollte sich der Impuls ändern, dann haben wir folgenden Zusammenhang:  $\Delta p = F \cdot \Delta t$ .

- Der Apfel hängt am Baum → keine Impulsänderung → also keine resultierende äußere Kraft
- Wenn der Apfel fällt, dann nimmt der Impuls des Apfels zu → es wirkt eine resultierende äußere Kraft – bei kleiner Geschwindigkeit ist die Luftreibung ganz klein – also wirkt die Schwerkraft der Erde auf den Apfel und es gilt:  $\Delta p = F_G \cdot \Delta t$  ... der Impuls wächst also pro Sekunde um 10 Huygens ( $m \cdot \text{kg/s}$ ) an.
- Wenn der Apfel fällt, dann wächst sein Impuls an. Dieser Impuls muss irgendwoher kommen. Er fließt aus der Erde über das Gravitationsfeld in den Apfel. Wenn der Impuls des Apfel also nach der ersten Sekunde 10 Huygens vertikal nach unten ist, dann ist die Impulsänderung der Erde 10 Hy nach oben – die Summe der beiden Impulsänderungen heben sich gerade auf ... das schließen wir aus dem Impulserhaltungssatz
- Wir haben im Unterricht ein Experiment gemacht, in dem ein Hubschrauber zuerst frei nach unten gefallen ist. Der Impuls des Hubschraubers nimmt nach unten zu; dieser Impuls fließt dem Hubschrauber über das Gravitationsfeld von der Erde zu.

Wenn die Rotoren des Hubschraubers so drehen, dass der Hubschrauber gerade auf der Stelle schwebt, dann muss der Hubschrauber den Impuls, der ihm durch das Gravitationsfeld zufließt, an die Luft nach unten „entsorgen“ (abgeben).

Wenn der Hubschrauber nun auf dem Tisch steht, dann fließt ihm über das Gravitationsfeld immer noch Impuls zu; dieser Impuls muss nun aber nicht über die Luft nach unten „entsorgt“ (abgegeben) werden – jetzt erfolgt die Impulsabgabe direkt über die Unterlage ... der Impuls fließt aus dem Hubschrauber direkt zurück in die Erde.

- ... im Falle des Apfels ist das genau gleich!

Aus dem Unterricht ist bekannt, dass die „typischen Erklärungen“ im Kraftbild sehr schwierig sind - während die im Impulsbild ganz leicht zu erklären sind. In diesem Zusammenhang ist folgende Analogie-Tabelle bekannt:

	Impulsbild	Kraftbild
Newton I	Impulserhaltungssatz ... Impuls kann nicht erzeugt oder vernichtet werden ... er kann nur von einem Körper auf andere Körper übertragen werden <sup>1</sup>	Trägheitssatz
Newton II	$F = \Delta p / \Delta t$ ... gilt auch bei veränderlicher Masse	$F = m \cdot a$ ... gilt aber nur bei konstanter Masse $m$
Newton III	Wenn ein Körper A den Impuls $\Delta p$ bekommt, dann muss ein Körper B genau den gleichen Impuls abgeben	Actio-Reactio Wenn ein Körper A mit einer Kraft „actio“ auf den Körper B einwirkt, dann wirkt der Körper B durch „reactio“ zurück auf den Körper A und es gilt: actio und reactio sind betragsmäßig gleich groß – sie wirken niemals auf den gleichen Körper – und sie haben entgegengesetzte Richtungen. $\vec{F}_{actio} = -\vec{F}_{reactio}$

Man muss aber vorsichtig sein, dass man bei „statischen Experimenten“ das Actio-Reactio-Prinzip nicht mit Kräftegleichgewicht verwechselt. Wir können den Unterschied aber ganz einfach erkennen ... wir müssen uns nur fragen: Wirken die beiden betrachteten Kräfte an einem Punkt (am gleichen Körper – dann könnte es sich um ein Kräftegleichgewicht handeln; notwendige Bedingung!) – oder wirken die beiden Kräfte jeweils an verschiedenen Körpern (an zwei verschiedenen Schwerpunkten – dann könnte es sich um Actio-Reactio handeln; notwendige Bedingung!)

- Es ist ungeschickt von „Gewicht“ zu sprechen, wenn man einen Körper mit der Masse  $m$  meint, der die Schwerkraft (Gewichtskraft)  $F_G$  erfährt. Diese Begriffe auseinander zu halten ist schon schwierig genug.
- Der Lehrer macht in seinem Unterricht mehrere Fehler ... so z.B. führt er Actio-Reactio an einem Statik-Beispiel ein; also laufen seine Schüler in die „Kräfte-Gleichgewicht – „Actio-Reactio – Falle“.

Falsch ist es, wenn die Schüler meinen, dass

- physikalische Gesetze nicht immer gelten – sie gelten natürlich auch außerhalb der „schultypischen Situationen“. Allerdings müssen wir bei Experimenten oftmals die Randbedingungen sehr einschränken ...
- die Actio bei einem dynamischen Vorgang größer ist als die Reactio – das ist eine direkte Folge der oben angesprochenen Falle ...
- Actio und Reactio am gleichen Körper angreifen ... siehe obige Falle! ... und vor allem: → Körper können keine Kräfte besitzen ...

<sup>1</sup> ... Trägheitskräfte werden in dieser Phase des Unterrichts nicht diskutiert ...