

# 12 Drehimpulsstromkreis

## Thema

Der Drehimpuls ist in mancher Hinsicht einfacher zu unterrichten als der Impuls. Der Grund: er bleibt auf der Stelle. Man kann ein rotierendes Schwungrad im Raum herumtragen, und der Drehimpuls bleibt, während man über ihn spricht im Schwungrad drin. Mit dem Impuls kann man nicht so umgehen. Nach spätestens 2 Sekunden ist der Gleiter am Ende der Luftkissenbahn angekommen, oder der Wagen an der Hörsaalwand.

Außerdem ist der Drehimpuls technisch sehr wichtig.

Das sind Gründe, ihn schon im Anfangsunterricht einzuführen.

Das Gerät, das wir hier vorstellen wurde für die Unterstufe der Schule gebaut.

Der Kontext ist der Energietransport durch eine rotierende Welle.

Durch eine solche Welle fließt außer einem Energie- noch ein Drehimpulsstrom. Dabei gilt:

$$P = \omega \cdot M.$$

( $P$  = Energiestromstärke oder „Leistung“,  $M$  = Drehimpulsstromstärke oder „Drehmoment“,  $\omega$  = Winkelgeschwindigkeit)

Die Gleichung hat dieselbe Struktur wie andere Gleichungen, die ebenfalls einen Energietransport beschreiben:

$$P = U \cdot I$$

$$P = v \cdot F$$

$$P = T \cdot I_s$$

Im Unterricht der Schule nennen wir die Größe, die zusammen mit der Energie fließt, den *Energieträger*.

Bei manchen Energietransporten fließt der Energieträger von der Energiequelle zum Empfänger und wieder zurück, wir nennen ihn dann (im Anfängerunterricht) „Pfandflaschenenergieträger“; die „Einwegflaschenenergieträger“ fließen nicht zurück. Ein typischer Pfandflaschenenergieträger ist die Elektrizität; sie fließt etwa von der Batterie zum Lämpchen und wieder zurück zur Batterie. Ein Einwegflaschenenergieträger wird etwa beim Presslufthammer benutzt.

Die Schülerinnen und Schüler wissen bereits, woran man das Fließen eines Drehimpulsstroms erkennt: der entsprechende Leiter steht unter Torsionsspannung.

## Das Gerät

Eine kleine Spieluhr kann über eine etwa 30 cm lange, rote Welle von einem Elektromotor angetrieben werden. Der Motor bekommt seine Energie von einer Batterie. Damit durch die Gravitation kein zusätzliches störendes Drehmoment entsteht, hält man die Anordnung immer so, dass die Welle senkrecht steht oder hängt, Abb. 1a. Die Halterungen von Motor und Spieluhr können durch eine blaue Stange miteinander verbunden werden, Abb. 1b.

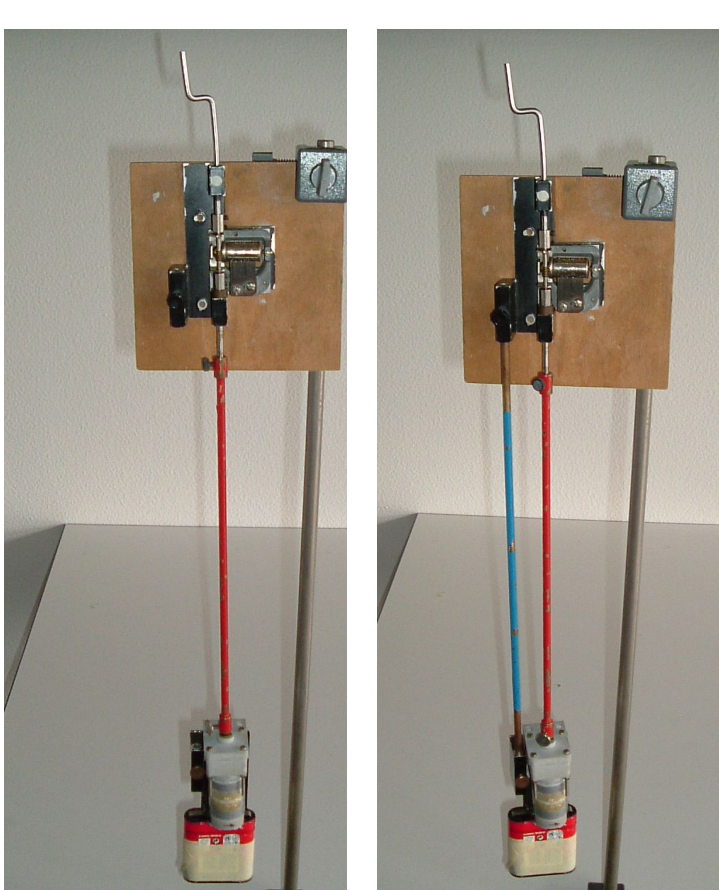


Abb. 1 (a) Der Motor (unten) ist über die rote Antriebswelle mit der Spieluhr (oben) verbunden. (b) Die Halterungen von Motor und Spieluhr sind durch die blaue Stange miteinander verbunden.

Eine alternative, etwas größere Version des Versuchs, die wir auch realisiert hatten, sieht so aus: Statt des kleinen Motors nimmt man einen Akkubohrer. Ins Bohrfutter spannt man die Welle eines guten Gleichstrommotors, den man als Dynamo betreibt, ein. An die Anschlüsse des Dynamos lötet man eine Lampenfassung. Das Leuchten der Lampe zeigt dann an, dass Energie angekommen ist.

## Der Versuch

Die Versuche sind gedacht für etwa 12-jährige Kinder. Die folgende Beschreibung ist unter dieser Prämisse zu sehen.

Wir wollen, dass die Spieluhr Musik macht. Dazu muss man an ihrer Welle drehen und das heißt, sie braucht Energie mit dem Energieträger Drehimpuls. Eine Quelle hierfür ist der Elektromotor.

Verbinden wir also die beiden Geräte mit einem Stab, d.h. einem Drehimpulsleiter.

Ich halte die Anordnung mit einer Hand am Motorgehäuse fest; die Spieluhr hängt nach unten; ich schalte den Motor ein. Natürlich dreht sich jetzt die ganze Spieluhr, nicht aber die Antriebswelle relativ zur Spieluhr, Abb. 2a.

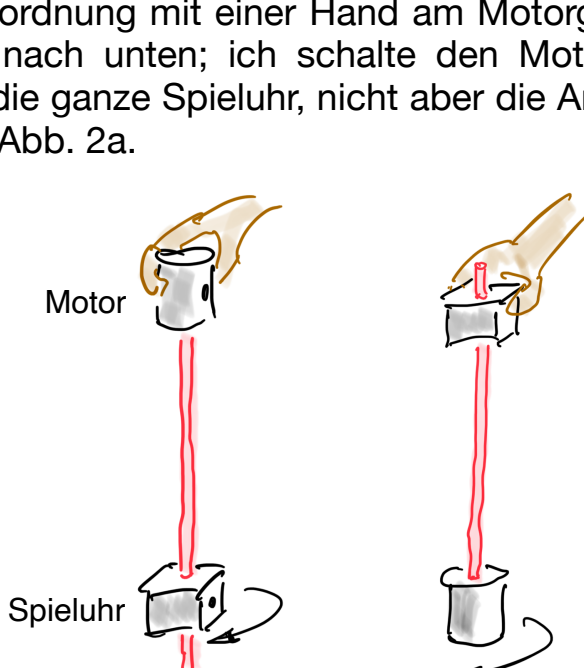


Abb. 2 (a) Das Motorgehäuse wird gehalten, die Spieluhr dreht sich als Ganzes. (b) Die Spieluhr wird gehalten, der Motor dreht sich. (Die Batterie ist nicht dargestellt.)

„Hört Ihr etwas?“ „Nein, Sie müssen die Spieluhr festhalten!“ Ich tue, was sie sagen, und halte die Spieluhr und lasse den Motor nach unten hängen, Abb. 2b. Diesmal dreht sich der Motor, aber nicht die Welle, und die Spieluhr macht natürlich keine Musik. „Sie müssen beide halten!“ „Ach so!“ Ich halte den Motor mit der einen, die Spieluhr mit der anderen Hand, und schon ertönt die Musik, und alle freuen sich. „Ich möchte jetzt die Anordnung aber nur mit einer Hand halten, was könnte ich machen?“ „Die Halterungen miteinander verbinden.“ Ich tue es, schalte den Motor ein und die Musik ist wieder da, Abb. 3a.

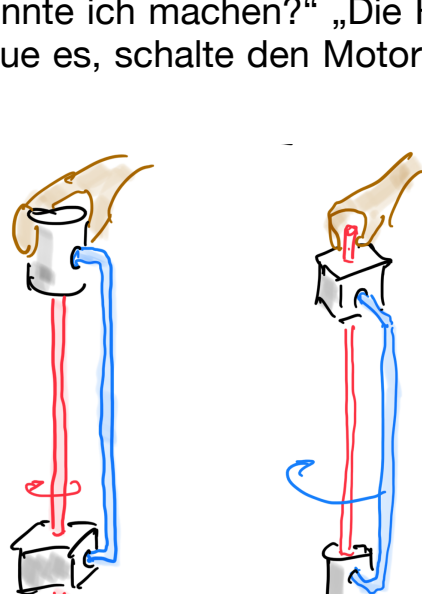


Abb. 3 (a) Der Drehimpuls hat eine Rückleitung, der Energietransport findet statt. (b) Die Rollen der beiden Verbindungen wurde vertauscht.

Nun kommt die entscheidende Frage: „Ist der Drehimpuls hier ein Einweg- oder ein Pfandflaschenenergieträger?“ Die Antwort ist klar – ein Pfandflaschenenergieträger.

Schließlich noch eine andere Variante: Ich halte die Anordnung an der Verlängerung der roten „Antriebswelle“, sodass die Welle sich nicht dreht. Dafür drehen sich nun Motor, Spieluhr und blaue Welle um die rote herum – und es ertönt wieder das Lied der Spieluhr; es geht also Energie vom Motor zur Spieluhr.

## Was man daraus lernen kann

- Eine Vertiefung der Anschauung vom Drehimpulsstrom: der Drehimpuls braucht eine Rückleitung.
- Das Wirken der Gleichung

$$P = \omega \cdot M.$$

Für den Nettoenergiestrom ist die Differenz der Winkelgeschwindigkeiten von Hin- und Rückleitung zuständig.

- Die Analogie zu anderen Stromkreisen, mit denen Energie übertragen wird: Impulsstromkreis, elektrischer Stromkreis, Entropiestromkreis.