

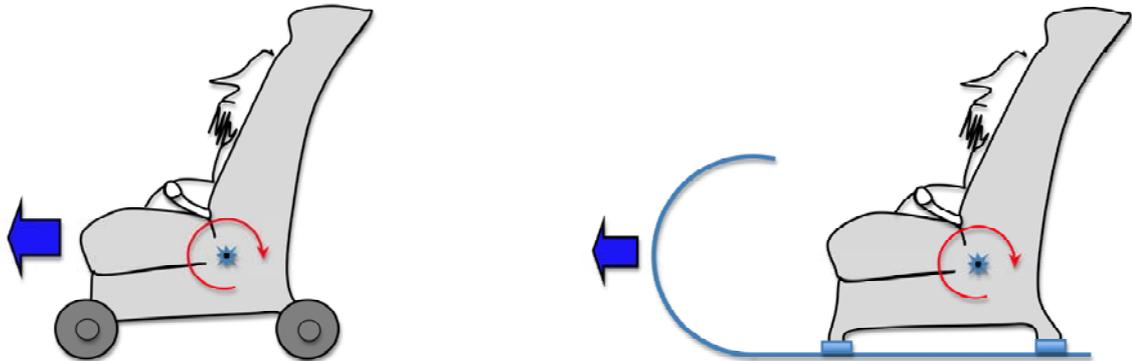
## Habt ihr schon gewusst 570 Drehimpulsanwendung

---

Wenn ein Motorrad „angeberisch“ anfährt, hebt sich das Vorderrad vom Boden und der Angeber (sorry, ich habe noch nie gesehen, dass eine Frau so anfährt) fährt auf dem Hinterrad los.

Der Effekt, dass sich die Nase des Autos anhebt, wenn man rasant losfährt, habt ihr sicher schon beobachtet.

Die **Schülerfrage**: Dieser Effekt, dass sich das Auto beim Anfahren nach „links“, einen „Dreh“ im Uhrzeigersinn erfährt, funktioniert aber doch nur bei Hinterradantrieb?



Wir gehen davon aus, dass der Schwerpunkt des Autos oberhalb der Achsen des Autos liegt.

### Arbeitsauftrag

- [01] Erläutere den Drehimpuls auf das Auto über das Drehmoment, das beim Hinterradantrieb vom Hinterrad auf das Auto übertragen wird.
- [02] Diskutiere mit deinem Team, ob dieses Drehmoment auch dann auftritt, wenn das Auto einen Vorderradantrieb hätte?
- [03] Ein Mann zieht einen Schlitten, auf dem seine Frau und sein Kind sitzen, auf einer horizontalen, schneebedeckten Straße. Erfährt dieser Schlitten beim kräftigen Anziehen auch einen Drehimpuls, so dass sich die Nase des Schlittens anhebt?
- [04] Diskutieren Sie den Effekt beim Anfahren eines Motorbootes. Bei den Autos hört dieser Drehimpulseeffekt auf, wenn das Auto mit konstanter Geschwindigkeit fährt. Warum bleibt der Effekt aber – wenn man den Film glauben will – bei einem Motorboot erhalten. Ein Boot mit Außenbordmotor zeigt auch bei konstanter Fahrt mit dem Bug aus dem Wasser.
- [05] Bei Fahrzeugen, bei denen der Drehimpuls der rotierenden Räder nicht vernachlässigt werden kann, spielt noch ein Effekt eine Rolle. Um welchen Effekt könnte es sich hier handeln?
- [06] Warum spielt dieser Effekt bei Motorrädern eine ganz besondere Rolle.
- [07] Und sicher kennen alle den Effekt, dass sich die Nase absenkt, wenn man heftig bremst. Diskutiere diesen Effekt mit deinem Team ... unter den bisherigen Gesichtspunkten.
- [08] Es gibt Motorsportarten, in denen man mit der Maschine über Hindernisse und Gräben springt – oder sogar nach einem Anlauf über eine Rampe einen Salto in der Luft schlagen kann. Wie könnte man den Drehimpulserhaltungssatz einsetzen, um die „Lageregelung“ des Motorrades zu steuern? <sup>1</sup>
- [09] Wie schafft es eine Katze, dass sie bei einem Sprung aus relativ großer Höhe, immer auf den Beinen landet?

---

<sup>1</sup> Für diesen Beitrag bedanke ich mich ganz herzlich bei meinem Kollegen Horst Welker ☺

## Lösungshinweise

- [01] Erläutere den Drehimpuls auf das Auto über das Drehmoment, das beim Hinterradantrieb vom Hinterrad auf das Auto übertragen wird.
- ... durch den Hinterradantrieb erfährt das Auto über die Hinterachse eine Kraft horizontal zur Straße. Der Schwerpunkt des Auto liegt oberhalb der Hinterachse. Das System Kraft, Hebelarm und Schwerpunkt des Autos bildet in übertragenen Sinne einen Hebel, der durch das Anfahren ein Drehmoment erfährt. Dieses Drehmoment führt dazu, dass sich die Nase des Autos beim Anfahren anhebt.
- [02] Diskutiere mit deinem Team, ob dieses Drehmoment auch dann auftritt, wenn das Auto einen Vorderradantrieb hätte?
- ... der in [01] beschriebene Effekt ist völlig unabhängig davon, ob die Vorder- oder die Hinterachse angetrieben wird. In beiden Fällen ergibt sich das gleiche Drehmoment.
- [03] Ein Mann zieht einen Schlitten, auf dem seine Frau und sein Kind sitzen, auf einer horizontalen, schneebedeckten Straße. Erfährt dieser Schlitten beim kräftigen Anziehen auch einen Drehimpuls, so dass sich die Nase des Schlittens anhebt?
- ... der in [01] beschriebene Effekt wirkt beim Ziehen des Schlittens in gleicher Weise. Diesen Effekt, dass sich die Schlittenkufen vorne anheben, kennt man eventuell aus eigener Erfahrung.
- [04] Diskutieren Sie den Effekt beim Anfahren eines Motorbootes. Bei den Autos hört dieser Drehimpulseeffekt auf, wenn das Auto mit konstanter Geschwindigkeit fährt. Warum bleibt der Effekt aber – wenn man den Filmen glauben will – bei einem Motorboot erhalten. Ein Boot mit Außenbordmotor zeigt auch bei konstanter Fahrt mit dem Bug aus dem Wasser.
- ... Der Antrieb des Motorbootes wirkt im Wasser, also unterhalb des Schwerpunktes. Die Folge ist ein Drehmoment – wie in den anderen Fällen auch. Wenn der Propeller des Außenbordmotors weit in das Wasser reicht, ist der Effekt natürlich besonders groß. Wenn das Auto eine konstante Geschwindigkeit erreicht hat, verschwindet die resultierende Kraft (also ist die Antriebskraft genau so groß wie die Reibungskraft und beide wirken mit dem gleichen „Hebelarm“ – es ergibt sich also kein resultierendes Drehmoment. Beim Boot wirken die Reibungskräfte zwischen Boot und Wasser. Die Vortriebskraft wirkt aber über den Propeller weiter unten im Wasser. Der Hebelarm für die Reibungskräfte ist deshalb bei waagrechter Bootslage kleiner als der Hebelarm für die Vortriebskraft. Das Boot dreht sich also soweit aus dem Wasser, bis auch diese beiden Drehmomente gleich groß sind – in dieser Stellung fährt das Boot dann über das Wasser.
- [05] Bei Fahrzeugen, bei denen der Drehimpuls der rotierenden Räder nicht vernachlässigt werden kann, spielt noch ein Effekt eine Rolle. Um welchen Effekt könnte es sich hier handeln?
- ... der Effekt ist der Drehimpulserhaltungssatz. Wenn das Fahrzeug beschleunigt, bekommen die Räder einen Drehimpuls – den Gegendrehimpuls nimmt das Fahrzeug auf. Dieser Gegendrehimpuls hebt die Nase des Autos ebenfalls an.
- [06] Warum spielt dieser Effekt bei Motorrädern eine ganz besondere Rolle.
- ... der in [04] beschriebene Effekt ist besonders stark, wenn das Trägheitsmoment (Masse und Radius groß) der rotierenden Teile besonders groß ist – im Vergleich zum Restfahrzeug. Bei einem Motorrad haben die Räder im Vergleich zum Motorrad selbst eine relativ große Masse und damit ein großes Trägheitsmoment.
- [07] Und sicher kennen alle den Effekt, dass sich die Nase absenkt, wenn man heftig bremst. Diskutiere diesen Effekt mit deinem Team ... unter den bisherigen Gesichtspunkten.
- ... beim Bremsen dreht sich die Kraftrichtung im Vergleich zum Beschleunigungsvorgang um. Also dreht sich auch die Drehimpulsrichtung und damit die beobachtete Wirkung um. Zudem geht der Drehimpuls, der in den rotierenden Rädern steckt, beim Bremsvorgang in das Fahrzeug über. Die Folge ist das Eindrücken der vorderen Federbeine am Auto ... dieser Effekt ist wahrscheinlich gut zu beobachten.
- [08] Bei Motorsportarten, in denen man mit dem Motor „in die Luft geht“, wird der Drehimpuls des Hinterrades zur Fluglagenregulierung bei Sprüngen verwendet:
- ... Durch Bremsen und Gasgeben in der Luft verändern man den Drehimpuls des Hinterrades und erreichen somit, aufgrund des Drehimpulserhaltungssatzes, eine Drehung des kompletten Motorrads in der Luft, so dass die Landung best möglich wird.
- [09] Wie schafft es eine Katze, dass sie bei einem Sprung aus relativ großer Höhe, immer auf den Beinen landet?
- ... die Katze setzt den Schwanz als „Rotationspendel“ so geschickt ein, dass sie den Körper, der den Gegendrehimpuls aufnimmt, genau in die richtige Lage im Raum stellen kann, so dass sie auf den Füßen landet.