

Beschleunigung geht durch den Magen oder – Was macht die Achterbahn so attraktiv?

Martin Apolin

Achterbahnen oder Hochschaubahnen, wie man sie in Österreich auch nennt, sind unverzichtbare Attraktionen in Vergnügungsparks. Schon als kleines Kind war ich im Wiener Prater von diesen Dingen am meisten begeistert. Natürlich hatte ich damals noch keine Ahnung, welche Physik dahintersteckt. Ich werde Ihnen zum Aufwärmen eine Frage aus dem Alltag stellen, nämlich zum Autofahren. Die Auflösung dieser Frage führt uns dann direkt zur Faszination Achterbahn!

Stellen Sie sich vor, Sie fahren mit Ihrem Auto durch eine Kurve (Abb. 10). Die Tachonadel soll dabei wie festgenagelt immer genau auf denselben Wert zeigen. Dieser ist für die folgende Fragestellung zwar egal, aber nehmen wir konkret 80 km/h an. Ändert sich während der Kurvenfahrt Ihre Geschwindigkeit oder nicht? Diese Frage kommt harmlos durch die Kurve daher, ist aber heimtückisch gemein und schürft physikalisch sehr tief. Sie werden eventuell denken, ich will Sie verschaukeln?! Ich habe doch ausdrücklich dazugesagt, dass der Tachometer immer denselben Wert zeigt! Also ändert sich die Geschwindigkeit offensichtlich nicht! Die verblüffende Antwort lautet aber: Auch wenn Sie mit konstant 80 km/h durch die Kurve fahren, ändert sich Ihre Geschwindigkeit! Wie das jetzt?!

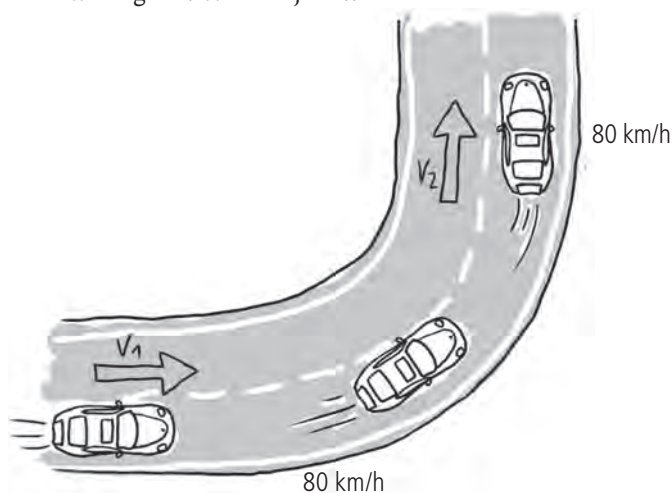


Abb. 1: Mit 80 km/h durch eine Kurve. Ändert sich dabei Ihre Geschwindigkeit?

Die Geschwindigkeit wird in der Physik durch einen Vektor dargestellt, also quasi einen Pfeil. So ein Vektor hat Länge und Richtung. Es ist zwingend logisch, dass die Geschwindigkeit auch eine Richtung hat. Wenn Sie mit Ihrem Auto in den Süden nach Italien wollen, dann darf Ihr Geschwindigkeitsvektor klarerweise nicht zur Nordsee zeigen. Der springende Punkt ist nun der: Die Geschwindigkeit ändert sich immer dann, wenn sich irgendetwas an diesem Vektor verändert - also Länge und/oder Richtung - und man den Vektor vorher mit dem nachher durch Verschieben nicht zur Deckung bringen kann.

Der Geschwindigkeitsvektor wird zum Beispiel länger, wenn Sie auf gerader Strecke aufs Gas steigen (Abb. 2a), und kürzer, wenn Sie bremsen (Abb. 2b). Der Vektor kann sich aber auch drehen, und zwar, wenn Sie durch eine Kurve fahren (Abb. 2c). Es ist offensichtlich, dass Sie den Vektor von Kurvein- und -ausfahrt durch Verschieben nicht zur Deckung bringen können. Bei einer Kurvenfahrt ändert sich also Ihre Geschwindigkeit, auch wenn der Tacho immer denselben Wert zeigt. Das, was der Tacho anzeigt, könnte man das Tempo nennen, das der Länge des Geschwindigkeitsvektors entspricht – der Tacho zeigt ja keine Richtung an. Sie können also pointiert sagen: Bei einer Kurvenfahrt ändert sich Ihre Geschwindigkeit, ohne dass sich dabei das Tempo ändert. Das müssen Sie erst einmal in Ruhe verdauen!

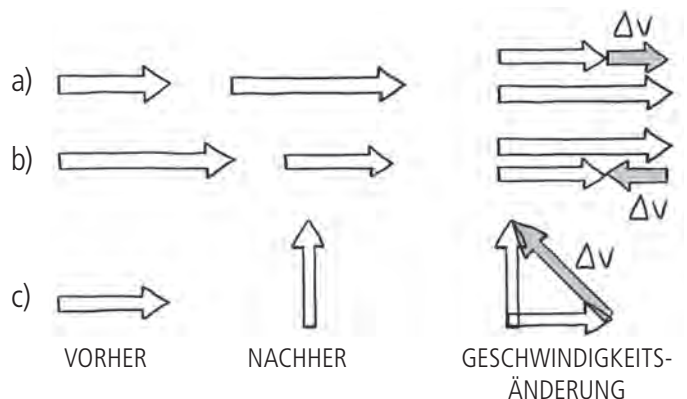


Abb. 2: Formen von Geschwindigkeitsänderungen bzw. Beschleunigungen
Fall c) entspricht der Kurvenfahrt aus Abb. 10

DDr. Martin Apolin ist Physiker und Sportwissenschaftler. Er arbeitet als Lehrer an einer Wiener AHS. Nebenbei lehrte er früher am Institut für Sportwissenschaften und nun an der Fakultät für Physik/Didaktik. Er ist Autor zahlreicher Schul- und Sachbücher. Der Beitrag ist Teil des kürzlich erschienenen Buches „Physik für echte Männer“ (Wiedergabe mit Genehmigung des Verlags).

Geschwindigkeitsänderungen bezeichnet man in der Physik generell mit Δv (sprich: Delta v). Als Beschleunigung a gilt jede Art der Geschwindigkeitsänderung in einer bestimmten Zeit Δt . Formelmäßig würde man das so aufschreiben: $a = \Delta v / \Delta t$. Die Beschleunigung ist also immer proportional zur Geschwindigkeitsänderung. Ihr Körper ist in der Lage, Beschleunigungen zu spüren. Nicht nur die Liebe geht durch den Magen, sondern auch die Achterbahn! Wann immer Sie eine Beschleunigung spüren, hat sich in diesem Moment auch Ihre Geschwindigkeit in irgend einer Form geändert. Genau von diesen Beschleunigungen lebt die Fahrt auf einer Achterbahn, weil das in unserem Körper alle möglichen ungewohnten Empfindungen hervorruft. Mit diesen Körperimpressionen macht der Betreiber sein Geschäft.

Man vergleicht die Größe der auftretenden Beschleunigungen immer mit der Fallbeschleunigung g (siehe S. 14, Kap. 1). 1 g entspricht der normalen Belastung durch die Schwerkraft, der Sie pausenlos ausgesetzt sind – zum Beispiel jetzt. Wie groß sind die g -Kräfte bei einer Achterbahn? Die *Blue Fire* im Vergnügungspark in *Rust* in Deutschland ist ein sogenannter *launched coaster*. Man wird nicht vorher auf einen Hügel gezogen, sondern horizontal beschleunigt,

und zwar von 0 auf 100 km/h (27,8 m/s) in nur 2,5 Sekunden. Es ist wie beim Start eines Supersportwagens – ziemlich saftig! Mit Hilfe der Gleichung oben kann man ausrechnen, dass die Beschleunigung aber nur rund 11 m/s^2 , also etwa 1,1 g beträgt. Das klingt enttäuschend wenig, ist für den Magen aber trotzdem ein Erlebnis, weil diese Beschleunigung erstens horizontal und zweitens zusätzlich zum alltäglichen g wirkt.

Wenn Sie von der höchsten Stelle einer normalen Achterbahn den *first drop* hinunterrasen, dann wirkt ein ähnlicher Effekt wie bei Parabelflügen und es treten g -Werte unter 1 auf. Auch das ist für den Magen sehr interessant. Wenn Sie dann am Fuße der Bahn in die erste Senke fahren, werden Sie extrem in den Sitz gedrückt (Abb. 3). Zusätzlich zur Fallbeschleunigung können dann durch die Geschwindigkeitsänderung fast 4 g dazukommen, macht also in Summe 5 g . Würden Sie auf einer Waage sitzen, würde diese das Fünffache des gewohnten Werts anzeigen – beziehungsweise wahrscheinlich w.o. geben. Die größten Beschleunigungen, die man auf einem Rollercoaster erzielt, schafft man immer durch Richtungsänderungen!

Und das funktioniert nur, weil die Geschwindigkeit ein Vektor ist!

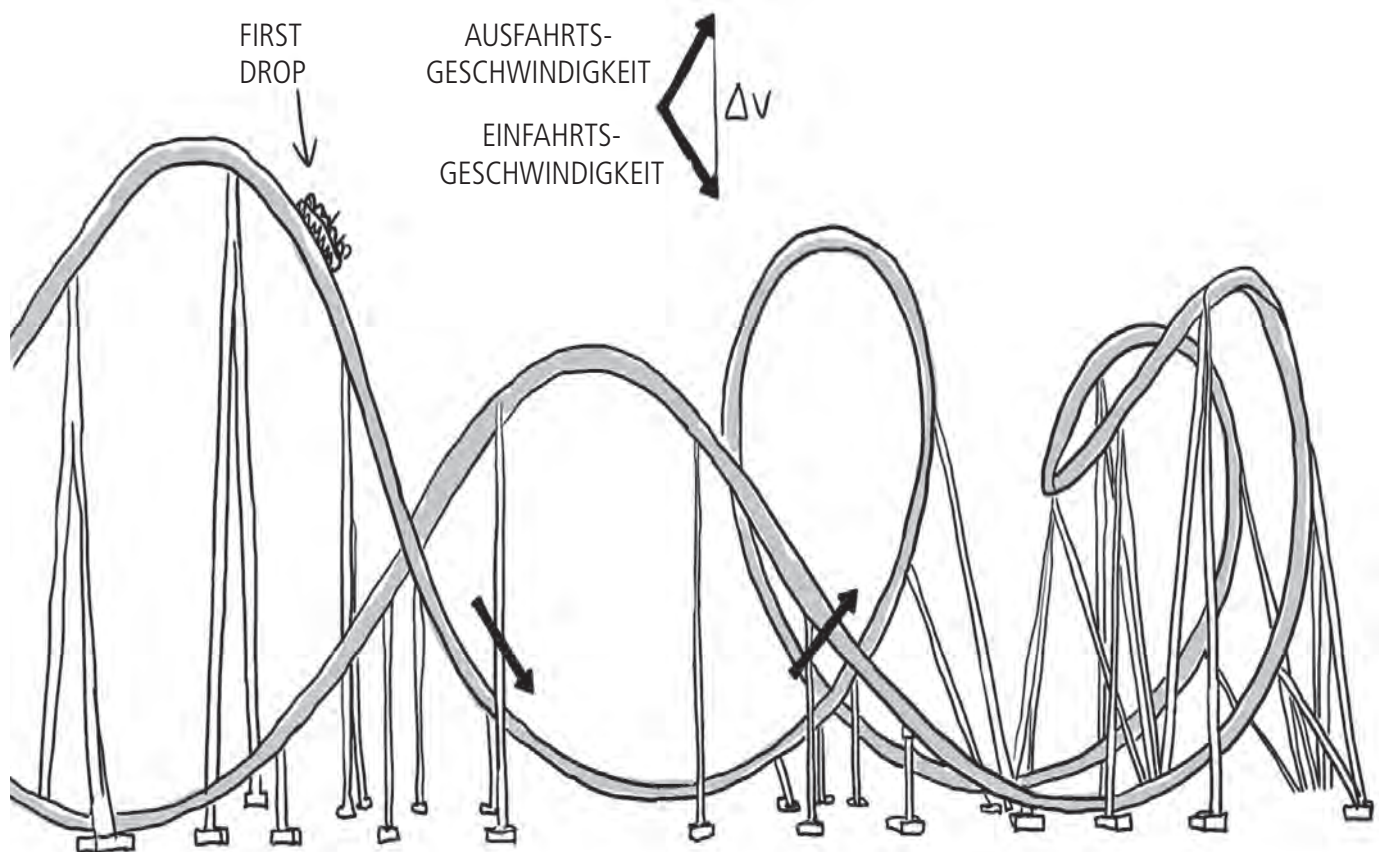


Abb. 3: First Drop auf einer Achterbahn.
Zusätzliche Belastung, die durch die Geschwindigkeitsänderung am Fuße des Hügels zustande kommt.