

Mechanisch unterwegs – die Physik des Radfahrens I

Ein Beitrag von Wolfgang Vogg



© Thomas Barwick/DigitalVis

„Radfahren kann doch jeder“, wie funktioniert es eigentlich? Schwingen Sie sich aufs Rad und meistern Sie mit Ihren Schülerinnen und Schülern die Tour durch die vielfältige Landschaft der Mechanik. Bringen Sie den Lernenden näher, warum und auf welche Art und Weise dieses alltägliche Gerät funktioniert. Im Zuge des Beitrags begegnen den Schülerinnen und Schülern intuitive und eingängliche Praxisbeispiele für Zentripetal-, Zentrifugal- und Reibungskräfte. Außerdem setzen die Jugendlichen im Laufe der Einheit mechanisch zentrale Begriffe wie Drehimpuls und Drehmoment in einen für das Radfahren relevanten Kontext. Durch zahlreiche zum Thema passende Übungsaufgaben lassen Sie die Lernenden kräftig in die Pedale treten, um sicher ans Ziel zu kommen.

Mechanisch unterwegs – die Physik des Radfahrens I

Mittelstufe, Oberstufe

Wolfgang Vogg, Eurasburg

Illustrationen von Wolfgang Vogg

Hinweise	1
M1 Historischer Überblick	3
M2a Geschwindigkeit und Beschleunigung	6
M2b Kreisbewegung, Zentripetalbeschleunigung und Kraft	8
M2c Rotationsbewegungen und zugehörige Gleichungen	10
M2d Drehmoment, Trägheitsmoment und Rotationsenergie	15
M2e Drehimpuls und Drehimpulserhaltung	19
M3 Das aufrechte Fahren	21
Hinweise und Lösungen	25

Die Schülerinnen und Schüler lernen:

wie das vermeintlich einfache Radfahren bei detaillierter Betrachtung von den Gesetzmäßigkeiten der Physik, insbesondere der klassischen Mechanik, bestimmt wird.

Historischer Überblick

Die Erfindung des Rades wird auf etwa 3500 v. Chr. datiert – bis zur Anwendung in Form eines Fahrrads sollte es aber noch sehr lange dauern. Erst im Jahr 1817 erfindet der adlige Forstbeamte und Erfinder *Karl von Drais* in Mannheim die „Laufmaschine“ (nach ihm auch als **Draisine** benannt). Ein Jahr später wird sie als erstes zweirädriges, vom Menschen angetriebenes, lenkbares Transportmittel patentiert (Abb. 1).

Obwohl die Erfindung von Drais keine Pedale hat, ist es mit dieser nur aus Holz gefertigten Laufmaschine möglich, Reisezeiten zu halbieren. Zwischen 1818 und 1820 wird das Laufrad unter dem Namen „**Velociped**“ zum Kult, der ganz Westeuropa und auch Nordamerika ergreift. Allerdings währt die Popularität nicht lange. Nur wenige Jahre später wird die Velociped wegen der zahlreichen Unfälle mit Verletzten in Großstädten verboten.

In den 1860er-Jahren wird das erste, mit Pedalen und Drehkurbeln ausgestattete, kommerziell erfolgreiche Fahrrad auf den Markt gebracht. Es ist bis hin zu den 1880er-Jahren durchaus erfolgreich, hat aber auch Nachteile. Bei diesem Rad ist das Vorderrad zunächst etwas größer als das Hinterrad; Rahmen und Reifen sind aus Metall gefertigt und können manchmal bis zu 50 kg wiegen.

Zwischen 1880 und 1910 werden die Vorderäder immer größer, weil man dadurch höhere Geschwindigkeiten erreichen konnte. Das Hinterrad verkam zu einem kleinen Stützrad. Das sogenannte Hochrad (Abb. 2) ist entstanden.



Abb. 1: Nachbildung einer Draisine
© J J Osuna / Shutterstock/Getty Images Plus



Abb. 2: Ein Hochrad
© Dorling Kindersley: Gary Ombler/Jonathan Sneath/Dorling Kindersley RF

M2a Geschwindigkeit und Beschleunigung

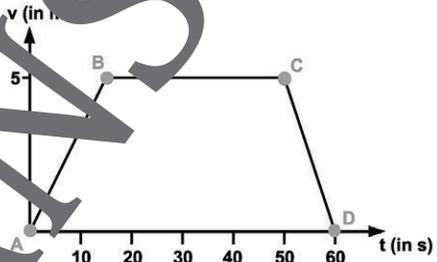
Die Notwendigkeit zur Entwicklung des Fahrrades beruht sicher auch darauf, dass man mit dem Rad leichter und schneller vorankommt als zu Fuß. Vergleicht man einen Fußgänger, der bei einer angenommenen Leistung von 50 W auf einer ebenen Straße mit einer Geschwindigkeit $v = 5 \text{ km/h}$ in einer Stunde rund 5 km zurücklegen kann, mit einem Radfahrer, so stellt man fest, dass dieser bei gleich angenommener Leistung auf ebener Strecke eine gleichmäßige Geschwindigkeit $v = 20 \text{ km/h}$ fahren und damit eine Strecke von rund 20 km zurücklegen kann.



Aufgaben



- Versuchen Sie, durch physikalische Überlegungen und praktische eigene Erfahrungen, herauszufinden, warum mit dem Rad bei gleicher Leistung in derselben Zeitspanne eine deutlich größere Strecke zurückgelegt werden kann, als dies zu Fuß möglich ist.
- Die nebenstehende Abbildung zeigt ein Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm (v - t -Diagramm), das die Fahrt eines Radfahrers von einem Startpunkt A bis zum Endpunkt D darstellt.



- Beschreiben Sie die Bewegungsabläufe von A bis D.
- Berechnen Sie die Strecke, die der Radfahrer zwischen B und C zurücklegt.
- Berechnen Sie die Durchschnittsgeschwindigkeit des Radfahrers, wenn die gesamte Strecke zwischen A und D 210 m betragen soll.

Skizze: Wolfgang Vogt

M2c Rotationsbewegungen und zugehörige Gleichungen



Im Gegensatz zur rein translatorischen Fortbewegung des Radfahrers auf einer Straße finden beim Radfahren zusätzlich auch mehrere Rotationsbewegungen statt. B. die sich drehenden Vorder- und Hinterreifen sowie die Bewegung der Treturbel zum Antrieb des Rades über die Kette.

Bei den dabei auftretenden Kreisbewegungen reichen Begriffe wie Geschwindigkeit, Beschleunigung oder Kraft nicht aus, weil bei Rotationen die Ausdehnungen der Körper berücksichtigt werden müssen und die alleinige Betrachtung des Schwerpunktes – wie bei linearen Bewegungen – nicht mehr den Gegebenheiten genügt.

Zur Beschreibung von **Rotationen** werden neue Begriffe benötigt, die man aber in vielfältiger Weise in Analogie zur Translationsbewegung herleiten kann.

Ausgehend von der Definition des Drehwinkels kann man die benötigten Gesetzmäßigkeiten wie *Winkelgeschwindigkeit*, *Winkelbeschleunigung*, *Trägheitsmoment*, *Drehmoment*, *Drehimpuls* ebenso herleiten wie *Dreharbeit*, *Drehleistung* und *Rotationsenergie*.

Sie wollen mehr für Ihr Fach?

Bekommen Sie: Ganz einfach zum Download im RAABE Webshop.



Über 5.000 Unterrichtseinheiten
sofort zum Download verfügbar



Webinare und Videos
für Ihre fachliche und
persönliche Weiterbildung



Attraktive Vergünstigungen
für Referendar:innen mit
bis zu 15% Rabatt



Käuferschutz
mit Trusted Shops



Jetzt entdecken:
www.raabe.de