

Physik am Fahrrad - Kräfte und Energieeffizienz

Exemplarische Leitfragen (ausgehend vom Kontext):

Stunden 1+2:

- Wieso kann ich auf dem Fahrrad schneller sein als beim Laufen? (-> Kraftwandler, Hebel)
(Obwohl ich doch die gleichen Beine benutze und jetzt noch mehr Gewicht vorantreiben muss ...)
- Wieso ist der gleiche Weg auf dem Fahrrad deutlich angenehmer als wenn ich ihn laufe? (-> Trägheit)

Stunden 3+4:

- Wozu dienen die verschiedenen Gänge? (-> Hebelgesetze, goldene Regel der Mechanik)
- Warum sind steile Wege einfacher zu Fuß? (-> Kräftezerlegung auf der schiefen Ebene)

Fokus der Kompetenzen

prozessbezogenen	inhaltsbezogenen
<i>Erkenntnisgewinnung</i> <ul style="list-style-type: none">• Physikalisch argumentieren• Probleme lösen• Planen, experimentieren, auswerten• Mathematisieren• Mit Modellen arbeiten <i>Kommunikation</i> <ul style="list-style-type: none">• Kommunizieren und dokumentieren <i>Bewertung</i>	Untergliedert in folgende Themenbereiche: <ul style="list-style-type: none">• Energie• Thermodynamik• Magnetismus und Elektrizität• Mechanik• Optik• Kernphysik

KC-Inhalte von Niedersachsen (Gymnasium, Naturwissenschaften, 5-10)

Doppeljahrgang 7/8: Bewegung, Masse und Kraft

<https://cuvo.nibis.de/cuvo.php?p=download&upload=18>

Lehrplan von Bayern (Gymnasium, Physik 8)

Lernbereich 3: Mechanik - 3.2: Kräfte und ihre Wirkungen

<https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/8/physik#>

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation
Die Schülerinnen und Schüler ...		
<ul style="list-style-type: none"> • verwenden lineare t-s- und t-v-Diagramme zur Beschreibung geradliniger Bewegungen. • erläutern die zugehörigen Gleichungen. 	<ul style="list-style-type: none"> • werten gewonnene Daten anhand geeignet gewählter Diagramme aus (zweckmäßige Skalierung der Achsen, Ausgleichsgerade). • bestimmen die Steigung und interpretieren sie als Geschwindigkeit bzw. Beschleunigung. • nutzen diese Kenntnisse zur Lösung einfacher Aufgaben. 	<ul style="list-style-type: none"> • verwenden selbst gefertigte Diagramme und Messtabellen zur Dokumentation und interpretieren diese. • tauschen sich über die gewonnenen Erkenntnisse und deren Anwendungen unter angemessener Verwendung der Fachsprache und fachtypischer Darstellung aus.
<ul style="list-style-type: none"> • erläutern die Trägheit von Körpern und beschreiben deren Masse als gemeinsames Maß für ihre Trägheit und Schwere. • verwenden als Maßeinheit der Masse 1 kg und schätzen typische Größenordnungen ab. 		<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben entsprechende Situationen umgangssprachlich und benutzen dabei zunehmend Fachbegriffe.
<ul style="list-style-type: none"> • identifizieren Kräfte als Ursache von Bewegungsänderungen/ Verformungen oder von Energieänderungen. • unterscheiden zwischen Kraft und Energie • verwenden als Maßeinheit der Kraft 1 N und schätzen typische Größenordnungen ab. • geben das hookesche Gesetz an. 	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben diesbezügliche Phänomene und führen sie auf Kräfte zurück. • führen geeignete Versuche zur Kraftmessung durch. • führen Experimente zu proportionalen Zusammenhängen am Beispiel des hookeschen Gesetzes durch. 	<ul style="list-style-type: none"> • unterscheiden zwischen alltags-sprachlicher und fachsprachlicher Beschreibung von Phänomenen. • dokumentieren die Ergebnisse ihrer Arbeit selbstständig.
	<ul style="list-style-type: none"> • beurteilen die Gültigkeit dieses Gesetzes und seiner Verallgemeinerung. 	
<ul style="list-style-type: none"> • unterscheiden zwischen Gewichtskraft und Masse. 	<ul style="list-style-type: none"> • geben die zugehörige Größen-gleichung an und nutzen diese für Berechnungen. 	<ul style="list-style-type: none"> • recherchieren zum Ortsfaktor g in geeigneten Quellen.
<ul style="list-style-type: none"> • stellen Kräfte als gerichtete Größen mithilfe von Pfeilen dar. • bestimmen die Ersatzkraft zweier Kräfte zeichnerisch. 		<ul style="list-style-type: none"> • wechseln zwischen sprachlicher und grafischer Darstellungsform.
<ul style="list-style-type: none"> • unterscheiden zwischen Kräftepaaren bei der Wechselwirkung zwischen zwei Körpern und Kräftepaaren beim Kräftegleichgewicht an einem Körper. 	<ul style="list-style-type: none"> • nutzen ihre Kenntnisse, um alltags-typische Beobachtungen und Wahrnehmungen zu analysieren. 	

Die Schülerinnen und Schüler ...

- unterscheiden zwischen Masse und Gewichtskraft und untersuchen insbesondere auch alltagssprachliche Formulierungen.
- analysieren alltägliche Bewegungen unter dem Einfluss mehrerer Kräfte und übertragen ihre Kenntnisse zur Addition von Geschwindigkeitspfeilen auf die Addition von Kräften. Am Beispiel der schiefen Ebene führen sie mit der Zerlegung einer Kraft in Komponenten vorgegebener Richtungen auch die Umkehrung dieser Operation durch.
- argumentieren in alltagsrelevanten Kontexten mit dem Trägheitsgesetz und dem Kräftegleichgewicht. Sie verfassen, unterstützt durch selbst angefertigte aussagekräftige Skizzen, kurze Texte mit physikalisch schlüssigen Argumentationen. Sie nutzen das Kräftegleichgewicht zur statischen Kraftmessung.
- identifizieren in einer vorgegebenen Bewertung zu einer einfachen kontextbezogenen Problemstellung aus der Mechanik physikalische und außerfachliche Argumente und analysieren die argumentative Struktur der Bewertung. Im Zusammenhang mit vorgegebenen Gefahrensituationen im Straßenverkehr erklären sie auf der Grundlage des Trägheitssatzes und des zweiten Newton'schen Gesetzes die Bedeutung wichtiger Sicherheitssysteme im Auto.
- stellen Alltagsvorstellungen zu Bewegungen und ihren Ursachen deren physikalische Beschreibung gegenüber und vollziehen in diesem Zusammenhang einen wesentlichen Erkenntnisfortschritt durch die physikalische Sicht auf die Natur nach.
- planen unter Anleitung einen geeigneten Versuch, um einen Zusammenhang zwischen Kraft und Verformung dehnbarer Körper zu untersuchen, führen diesen selbstständig durch und protokollieren ihn selbstständig. Sie verwenden ein Tabellenkalkulationsprogramm, um die Messwerte, auch unter Verwendung von Ausgleichsgeraden, graphisch auszuwerten, und identifizieren dabei den Hooke'schen Bereich.

Inhalte zu den Kompetenzen:

- Bewegungen unter dem Einfluss der Gewichtskraft, freier Fall als Beispiel einer eindimensionalen Bewegung, Fallbeschleunigung, Zusammenhang zwischen Masse und Gewichtskraft
- Bewegungen unter dem Einfluss mehrerer Kräfte, Kräfteaddition, Hinweis auf Reibungskräfte einschließlich des Luftwiderstands
- Kräftegleichgewicht, Trägheitssatz
- Kräftezerlegung an der schiefen Ebene
- statische Kraftmessung mittels Kräftegleichgewicht
- Kräfte als Ursache einer Verformung, *Schülerexperiment: Dehnung-Kraft-Diagramme und Hooke'scher Bereich*

VORLÄUFIGER ABLAUFPLAN

Phase	Inhalt	Methode/Material	App-Einsatz
<p>Stunde 1: Sport - Unterschiede zwischen Laufen und Radfahren</p> <p>Ziel(e):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Messungen durchführen, die die unterschiedliche Effizienz/Leistungsfähigkeit zwischen Fahrradfahren und Laufen herausstellen - selbständige Messungen im Sportbereich üben - sportliche Aktivitäten: Fahrradfahren, Sprint (evtl. Ausdauerlauf?); Bewegungserfahrungen mit dem Fahrrad sammeln <p>Grober Inhalt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Übungen zum Vergleichen der Leistungen von Fahrrad vs. Laufen (Vergleich von Weg- und Zeitwerten) - Zeitlupenaufnahmen von Bewegungsvorgängen (für Kraftanalyse) - Betrachten von Videoaufnahmen und Einzeichnen von Kraftpfeilen 			

Phase	Inhalt	Methode/Material	App-Einsatz
<p>Stunde 2: Physik - Kräfte beim Radfahren</p> <p>Ziel(e):</p> <ul style="list-style-type: none"> - analysieren die Bewegungsvorgänge (Fahrrad/Laufen) und erläutern wichtige Unterschiede mittels Kraftpfeilen - beschreiben die wichtigsten wirkenden Kräfte beim Fahrradfahren - erklären Vorteile der Fortbewegung mit dem Fahrrad mittels des Trägheitssatzes (und Reibung) <p>Grober Inhalt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diskutieren der gezeichneten Kraftpfeile aus der 1. Stunde, inkl. diskutieren wie die Gewichtskraft die jeweilige Bewegungsart beeinflusst (z.B. wieso beim durch Stillhalten beim Laufen direkt hinfällt, aber das Fahrrad lange weiterrollt) (An dem Beispiel kann auch herausgestellt werden, wie beim Radfahren deutlich weniger Kraft nötig ist, um die Bewegung aufrecht zu halten) (- Hebel nur oberflächlich behandeln? Wird relevanter bei der Gangschaltung) - Trägheit behandeln, wobei die Geschwindigkeitszunahme (durch Treten) und -abnahme (durch Reibung /Luftwiderstand) im Vordergrund steht 			

(Die 2. Hälfte fokussiert sich auf etwas detailliertere Punkte bzgl. des Fahrrads und etwas komplexere Inhalte bzgl. Kräften - könnte aber noch einen besseren roten Faden gebrauchen)

Phase	Inhalt	Methode/Material	App-Einsatz
Stunde 3: Sport - Effizientes Radfahren Ziel(e): - sammeln Bewegungserfahrungen mit verschiedenen Gängen und beschreiben geeignete Anwendungsmöglichkeiten - führen selbständig Messungen durch und werten die Ergebnisse aus (inkl. Beschreibungen von gefühlter Anstrengung?) Grober Inhalt: - (wenn möglich) bergauf fahren vs Laufen für Folgediskussion ab wann steile Ebenen zu anstrengend mit dem Fahrrad sind (-> Kräftezerlegung Folgestunde) - unterschiedliche Gangkombinationen ausnutzen und auf Vorteile/Nachteile untersuchen (Beschleunigung, Höchstgeschwindigkeit, Ausdauer, bergauf fahren) - Fokus auf die entsprechenden Größen der Scheiben legen - ggf. auch aufbocken und Anzahl der Drehung des Hinterrades per Pedalenumdrehung betrachten (Vorarbeit, um für die Sportübungen sensibilisiert zu werden)			

Phase	Inhalt	Methode/Material	App-Einsatz
Stunde 4: Physik - Kraftwandler und Hebelgesetze Ziel(e): - beschreiben vereinfacht das Hebelgesetz am Beispiel des Fahrrads - erläutern die Einflüsse der verschiedenen Gänge (der Kettenschaltung) im Rahmen der Goldenen Regel der Mechanik - zeichnen die Kräftezerlegung an der schiefen Ebene am Beispiel Fahrrad und diskutieren Unterschiede zu einem Läufer (bergauf und bergab) Grober Inhalt: - Übertragung von Hebelgesetzen auf Fahrrad - analog zum Wellrad (https://www.leifiphysik.de/mechanik/einfache-maschinen/grundwissen/wellrad) - (Goldene Regel der Mechanik) Zum schnell fahren (beschleunigen, Höchstgeschwindigkeit) wird der Gang so gewählt, dass das Hinterrad möglichst viele Umdrehungen pro Pedaltritt macht (viel Kraft auf kurzem Weg). Für Anstiege macht man es umgedreht (wenig Kraft über einen langen Weg). -> In diesem Zusammenhang geht es auch schnell um Arbeit (Kraft mal Weg in einfachen Fällen). Dabei kann man auch Vergleiche zur Arbeit (nötige Energie) für andere Fortbewegungsmittel ziehen (z.B. im Rahmen der Nachhaltigkeit) - An der schiefen Ebene spielt das Zusatzgewicht durch das Fahrrad eine große Rolle. Man kann auch auf die Neigung eingehen, ab wann Laufen effizienter ist. (z.B. Weltrekord für Mt. Washington ist für Laufen und Radfahren ca. 55 Min. bei 11% durchschnittlicher Steigung)			

Allgemeine Gedanken zur Begründung der Gestaltung:

- Der Bezug muss *stark eingeschränkt* werden, damit die Kinder erfolgreich etwas lernen und nicht nur rein oberflächlich lernen. Da das Fahrrad noch viel mehr mechanische Prinzipien vereint, sollten die angesprochenen Kernthemen *bereits behandelt* worden sein, da das Fahrrad sonst zu überwältigend in der Komplexität zusammen mit neuen Fachinhalten ist.
- Es ist meist nachteilig, die Begriffe *Energie und Kraft* gleichzeitig in einer Unterrichtseinheit zu verwenden. Da sich die Vorgänge am Fahrrad *primär mit Kraftpfeilen* und Hebelgesetzen erklären lässt, wird das Word Energie in möglichst wenigen Fällen genutzt.
- Die Eingrenzung auf diese Themen habe ich vorgenommen um
 - a) ein Thema als Fokus zu haben, dass im Schulunterricht viel behandelt wird und am Fahrrad auch viele Anwendungen hat, also **Kräfte**
 - b) um den Schülern aufzuzeigen, warum das Fahrrad ein so **effizientes** Fortbewegungsmittel ist (speziell auch um das Fahrrad im Rahmen der Nachhaltigkeit näher zu bringen)
 - c) haben die Themen auch **praktischen Nutzen** und können speziell die Gangschaltung verständlicher gestalten.
- Die Gangschaltung wird erst in der zweiten Hälfte genutzt, um die erste Hälfte simpler zu halten und um diese auch separat abhalten zu können (interessanter für Südafrika, da diese weniger Ressourcen für komplexere Fahrräder haben)

Alternativ ist die Betrachtung von *Energie und Leistung* möglich. Dann betrachtet man den Wirkungsgrad, Reibungsverluste und die Leistung insgesamt. Da kommt man dann aber primär in die Problematik der Messung. Außerdem sind die Beispiele da meist theoretischer (Vergleiche von Werten mit anderen Fortbewegungsmitteln) aber es ist schwerer einen Synergieeffekt zwischen Sport und Physik herzustellen als beim Fokus auf die einzelne Bewegung mittels Kräften.