



## Schulinternes Curriculum im Fach Physik EF

**zu Dorn-Bader Physik Einführungsphase, Gymnasium Nordrhein-Westfalen, ISBN 978-3-507-11800-3**

### Erläuterungen

- In der Spalte „Kompetenzen“ sind nur die zum obligatorischen Teil des Buches (weiße Seiten) gehörenden Kompetenzen aufgeführt. Damit werden alle im Kernlehrplan für die Sekundarstufe II geforderten Kompetenzen abgedeckt.
- Ergänzende Inhalte und Experimente (im Buch: blau unterlegte Seiten und Kästen) sind in *blauer kursiver Schrift* aufgeführt.
- Beim Zeitbedarf sind auch Übungsphasen berücksichtigt, nicht jedoch ergänzende Inhalte.
- Der Fachlehrer passt ggf. die Inhalte und die Reihenfolge an die Lerngruppe und die äußeren Umstände an.

### Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben

Einführungsphase		
Kontext, Inhaltsfeld, Zeitbedarf	Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<b><u>Unterrichtsvorhaben I</u></b> <b>Kontext:</b> Bewegungen und Kräfte im Straßenverkehr <b>Inhaltsfeld:</b> Mechanik <b>Zeitbedarf:</b> etwa 20 Ustd. à 45 Minuten	Kräfte und Bewegungen	K1 Dokumentation E5 Auswertung K3 Präsentation UF2 Auswahl

<b><u>Unterrichtsvorhaben II</u></b> <b>Kontext:</b> Erhaltungssätze im Straßenverkehr <b>Inhaltsfeld:</b> Mechanik <b>Zeitbedarf:</b> etwa 15 Ustd. à 45 Minuten	Energie und Impuls	UF2 Auswahl E3 Hypothesen E6 Modelle
<b><u>Unterrichtsvorhaben III</u></b> <b>Kontext:</b> Fall- und Wurfbewegungen im Sport <b>Inhaltsfeld:</b> Mechanik <b>Zeitbedarf:</b> etwa 15 Ustd. à 45 Minuten	Kräfte und Bewegungen	E1 Probleme und Fragestellungen K4 Argumentation E6 Modelle
<b><u>Unterrichtsvorhaben IV</u></b> <b>Kontext:</b> Unser Planetensystem <b>Inhaltsfeld:</b> Mechanik <b>Zeitbedarf:</b> etwa 15 Ustd. à 45 Minuten	Kräfte und Bewegungen Energie Gravitation	E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen E1 Probleme und Fragestellungen UF1 Wiedergabe
<b><u>Unterrichtsvorhaben V</u></b> <b>Kontext:</b> Schwingungen und Wellen bei Musikinstrumenten <b>Inhaltsfeld:</b> Mechanik <b>Zeitbedarf:</b> etwa 15 Ustd. à 45 Minuten	Schwingungen und Wellen Kräfte und Bewegungen Energie	UF1 Wiedergabe UF4 Vernetzung E2 Wahrnehmung und Messung E6 Modelle
<b><u>Summe Einführungsphase – 80 Stunden</u></b>		

## Konkretisierte Unterrichtsvorhaben

### Unterrichtsvorhaben I

**Kontext:** Kräfte und Bewegungen im Straßenverkehr

**Buchseiten:** 6 – 35

**Zeitbedarf:** etwa 20 Ustd. à 45 Minuten

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Bewegungen und Kräfte

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können in Zusammenhängen mit eingegrenzter Komplexität ...

(K1) Fragestellungen, Untersuchungen, Experimente und Daten nach gegebenen Strukturen dokumentieren und stimmig rekonstruieren, auch mit Unterstützung digitaler Werkzeuge.

(E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern.

(K3) physikalische Sachverhalte, Arbeitsergebnisse und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt in Kurzvorträgen oder kurzen Fachtexten darstellen.

(UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen.

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Buchseiten</b>	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler ...	<b>Experimente und Materialien</b>	<b>Kommentar</b>
<b>Gleichförmige Bewegung</b> (3 Ustd.)	9 - 11	erläutern die Größen Position, Strecke und Geschwindigkeit und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4).  stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen ( <i>t-s</i> -Diagramme, <i>t-v</i> -Diagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3).	<b>Experiment (V1):</b> Untersuchung der Bewegung einer Modelleisenbahn  <i>Experiment: Videoanalyse einer Bewegung</i>	Zeit-Ort-Diagramm, Zeit-Geschwindigkeit-Diagramm, negative Geschwindigkeitswerte  <i>Mögliche Ergänzung: Videoanalyse einer Bewegung</i>
<b>Die Momentangeschwindigkeit</b> (2 Ustd.)	12-15	erläutern die Größen Position, Strecke und Geschwindigkeit und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen	<b>Experiment (B3):</b> Näherungsweise Messung der Momentangeschwindigkeit als mittlere Geschwindigkeit in ei-	Momentangeschwindigkeit  <i>Mögliche Ergänzung: Geschwindigkeitsmessung im Auto</i>

		<p>(UF2, UF4).</p> <p>stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (<math>t</math>-<math>s</math>-Diagramme, <math>t</math>-<math>v</math>-Diagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3).</p>	<p>nem sinnvoll kleinen Zeitintervall auf der Luftkissenfahrbahn</p> <p><b>Experiment und CASSY-Datei:</b> Messung des Zusammenhangs zwischen Umdrehungsgeschwindigkeit und Spannung bei einem Nabendynamo</p> <p><b>Experiment und Excel-Datei:</b> Aufzeichnung und Auswertung einer Fahrradfahrt mit einem Datenlogger</p>	<p><i>Mögliche Ergänzung: Sensoren für <math>s</math> und <math>v</math> (Lochrad und Lichtschranke, Nabendynamo)</i></p> <p><i>Mögliche Ergänzung: Aufzeichnung und Auswertung einer Fahrradfahrt mit einem Datenlogger</i></p>
<p><b>Überholvorgang unter der Lupe</b> (1 Ustd.)</p>	16 - 17	<p>stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (<math>t</math>-<math>s</math>-Diagramme, <math>t</math>-<math>v</math>-Diagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3).</p>	<p><b>Experiment (V1):</b> Simulation eines Überholvorgangs im Labor</p>	<p>Reale Bewegungen: <math>t</math>-<math>s</math>-Diagramm ohne Knicke, <math>t</math>-<math>v</math>-Diagramm ohne Sprünge</p> <p><i>Mögliche Ergänzung: Überholvorgänge im <math>t</math>-<math>s</math>-Diagramm, Formel für den Überholweg</i></p>
<p><b>Beschleunigte Bewegungen</b> (5 Ustd.)</p>	18 - 21	<p>erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit und Beschleunigung und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4).</p> <p>planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (zur Analyse von Bewegungen), führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1).</p> <p>reflektieren Regeln des Experimentierens in der Planung und Auswertung von Versuchen (u.a. Zielorientierung, Sicherheit, Va-</p>	<p><b>Experiment (V1):</b> Aufzeichnung des Anfahrens mit dem Fahrrad mit einem Datenlogger</p> <p><b>Experiment (V2):</b> Aufzeichnung einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung auf der Luftkissenfahrbahn, Messung des Zusammenhangs zwischen Kraft und Beschleunigung</p> <p><b>Experiment (V1):</b> Messung des Zusammenhangs zwischen Masse und Beschleunigung</p> <p><i>Experiment: Aufnahme einer stückweise gleichmäßig beschleunigten Bewegung auf der Luftkissenfahrbahn</i></p>	<p>Bewegungen mit konstanter beschleunigender Kraft, Beschleunigung, gleichmäßig beschleunigte Bewegung, Grundgleichung der Mechanik</p> <p><i>Mögliche Ergänzung: Aufnahme und Auswertung einer stückweise gleichmäßig beschleunigten Bewegung auf der Luftkissenfahrbahn</i></p>

		<p>riablenkontrolle, Kontrolle von Störungen und Fehlerquellen) (E2, E4).</p> <p>stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (<i>t-s</i>-Diagramme, <i>t-v</i>-Diagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3).</p> <p>unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrunde liegende Ursachen (UF2).</p> <p>erschließen und überprüfen mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E5).</p> <p>berechnen mithilfe des newtonschen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6).</p>		
<p><b>Sonderfall – Bewegung aus der Ruhe</b> (2 Ustd.)</p>	22 - 23	<p>erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit und Beschleunigung und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4).</p>	<p><i>Experiment: Bewegung eines Schlittens auf der leicht schräg gestellten Luftkissenfahrbahn</i></p>	<p>Zeit-Geschwindigkeit- und Zeit-Ort-Gesetz der gleichmäßig beschleunigten Bewegung aus der Ruhe</p> <p><i>Mögliche Ergänzung: Auswertung der Messung der Bewegung eines Schlittens auf der leicht schräg gestellten Luftkissenfahrbahn mit dem GTR</i></p>
<p><b>Kräfte zusammensetzen und zerlegen</b></p>	24 - 25	<p>vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszu-</p>	<p><b>Experiment (V1):</b> Messung der Hangabtriebskraft</p>	<p>Kräfteaddition, Kräftezerlegung schiefe Ebene</p>

(2 Ustd.)		stände durch Komponentenzerlegung bzw. Vektoraddition (E1). stellen Daten in sinnvoll skalierten Diagrammen (Vektordiagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3).	<b>GeoGebra-Datei:</b> Vektoraddition <b>GeoGebra-Datei:</b> Vektorzerlegung	(Hangabtriebskraft, Normalkraft)
<b>actio und reactio im Straßenverkehr</b> (2 Ustd.)	26 - 29	analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ aus einer Wechselwirkungsperspektive (E1, UF1).	<b>Experiment (V1):</b> Messung der Wechselwirkungskräfte bei zwei auf Skateboards stehenden Personen, die gegenseitig über ein Seil Kräfte auseinander ausüben <b>Experiment (V2):</b> Demonstration der Wechselwirkungskräfte mit einer auf Rollen anfahren den Lok <b>Experiment (V3):</b> Messung der Haft-, Gleit- und Rollreibungskraft mit einem Klotz, der an einem Kraftmesser über einen Tisch gezogen wird <i>Excel-Datei: Bremswegmodellierung mit den physikalischen Gesetzen und den Fahrschul-Faustformeln</i> <i>Experiment: Messung der Beschleunigung eines Fahrrades mit einer Smartphone-App</i>	Wechselwirkungskräfte: Kraft und Gegenkraft Unterscheidung von actio = reactio und Kräftegleichgewicht Haftreibung, Gleitreibung, Rollreibung <i>Mögliche Ergänzung: Bremsvorgänge (Beschleunigung, Kräfte, Brems- und Anhalteweg, Fahrschul-Faustformeln)</i> <i>Mögliche Ergänzung: Kraft- und Beschleunigungssensoren</i>
<b>Modellbildung</b> (3 Ustd.)	30 - 31	berechnen mithilfe des newtonschen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6). bestimmen mechanische Größen	<b>Video:</b> senkrechter Wurf <b>Excel-Datei:</b> Modellierung des senkrechten Wurfs ohne Luftwiderstand <i>Excel-Datei: Modellbildung für nicht konstante Masse (Raketen-</i>	Modellierung von Bewegungen, bei denen die beschleunigende Kraft oder die Masse nicht konstant sind, mit einer Tabellenkalkulation <i>Mögliche Ergänzung: Modellbildung für nicht konstante Masse</i>

		mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (Tabellenkalkulation) (E6).	wagen)	(Raketenwagen)
<b>Projekt: Newtonsche Grundgleichung am Fahrrad</b>	35		<b>Experiment:</b> Anwendung der newtonschen Grundgleichung in verschiedenen Versuchen am Fahrrad	Anwendung der newtonschen Grundgleichung in verschiedenen Versuchen am Fahrrad

## Unterrichtsvorhaben II

**Kontext:** Erhaltungssätze im Straßenverkehr

**Buchseiten:** 36 – 59

**Zeitbedarf:** etwa 15 Ustd. à 45 Minuten

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Energie und Impuls

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können in Zusammenhängen mit eingegrenzter Komplexität ...

(UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen.

(E3) mit Bezug auf Theorien, Modelle und Gesetzmäßigkeiten auf deduktive Weise Hypothesen generieren sowie Verfahren zu ihrer Überprüfung ableiten.

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären und vorhersagen.

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Buchseiten</b>	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler ...	<b>Experimente und Materialien</b>	<b>Kommentar</b>
<b>Höhenenergie und Arbeit</b> (2 Ustd.)	39	erläutern die Größen Strecke, Kraft, Arbeit und Energie und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4).		Wiederholung aus der Mittelstufe: Verschiedene Energieformen (Höhenenergie, Bewegungsenergie, Spannenergie, chemische Energie, innere Energie) und Übertragungsformen (Arbeit, Wärme, elektrische Energie, Strahlung)  Berechnung von Arbeit und Höhenenergie
<b>Bewegungsenergie und Spannenergie</b> (3 Ustd.)	40 - 41	verwenden Erhaltungssätze (Energiebilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6).	<b>Experiment (V1):</b> zwischen zwei Federn gespannter Wagen auf einer horizontalen Fahrbahn	Herleitung und Anwendung von Formeln für die Bewegungs- und Spannenergie  <i>Mögliche Ergänzung: Die kausale Strategie in der Physik</i>
<b>Erhaltungssatz der Mechanik</b> (2 Ustd.)	42 - 43	verwenden Erhaltungssätze (Energiebilanzen), um Bewegungszustände zu erklären und Bewegungsgrößen zu berechnen (E3,	<i>Experimente: Experimentelle Bestätigung des Energieerhaltungssatzes beim Fadenpendel und Fe-</i>	Energieerhaltungssatz der Mechanik  <i>Mögliche Ergänzung: Bestätigung</i>



		E6). geben Kriterien an, um die Zuverlässigkeit von Messergebnissen und physikalischen Aussagen zu beurteilen und nutzen diese bei der Bewertung von eigenen und fremden Untersuchungen (B1).	<i>derpendel</i>	<i>des Energieerhaltungssatzes im Experiment (Fadenpendel, Federpendel)</i>
<b>Ein Kraftstoß ändert den Impuls</b> (2 Ustd.)	44 - 45	erläutern die Größen Kraft, Masse, Impuls und Geschwindigkeit und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4).		Kraftstoß, Impuls Vorteil der Schreibweise NEWTONS
<b>Unelastischer Stoß zweier Körper</b> (3 Ustd.)	46 - 47	beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Wechselwirkungen und Impulsänderungen (UF1).  verwenden Erhaltungssätze (Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6).	<b>Experimente (V1, V2):</b> Stoßversuche auf der Luftkissenfahrbahn  <b>GeoGebra-Datei:</b> Simulation des unelastischen Stoßes zweier Kugeln  <b>CASSY-Datei:</b> Fahrbahnexperiment mit zwei Schlitten unterschiedlicher Masse	Impulserhaltungssatz Unelastischer Stoß, zunächst symmetrischer Fall, dann beliebige Bedingungen Bewegung des Schwerpunktes
<b>Elastische Stöße zweier Körper</b> (3 Ustd.)	48 - 53	beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Wechselwirkungen und Impulsänderungen (UF1).  verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6).  bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (E6).  bewerten begründet die Darstel-	<b>Experiment (V1):</b> Stoßversuch auf der Luftkissenfahrbahn  <b>GeoGebra-Datei:</b> Simulation des elastischen Stoßes zweier Kugeln  <b>GeoGebra-Datei:</b> Lösung des Gleichungssystems für den elastischen Stoß  <i>Experiment: Videoanalyse eines unelastischen Stoßes</i>  <i>Stationenlernen: Experimente und Theorie zum Impuls- und Energieerhaltungssatz</i>	Impuls- und Energieerhaltung bei geraden elastischen Stößen, Berechnung der Geschwindigkeiten nach dem Stoß Bewegung des Schwerpunktes Bewertung eines Textes aus einem Internetforum (S. 52, 3. Station)  <i>Mögliche Ergänzung: Lösung des Gleichungssystems für den elastischen Stoß mittels Schwerpunktschwindigkeit und mittels Schulmathematik</i>  <i>Mögliche Ergänzung: Vertiefung</i>

		lung bekannter mechanischer und anderer physikalischer Phänomene in verschiedenen Medien (Printmedien, Filme, Internet) bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (K2, K4).		<i>des Unterschiedes zwischen Bewegungsenergie und Impuls</i> <i>Mögliche Ergänzung: Schiefe Stöße</i> <i>Mögliche Ergänzung: Stationenlernen zum Energie- und Impulserhaltungssatz</i>
<i>Unfälle im Straßenverkehr</i>	54 - 55		<i>Experiment: Messung beim Aufprall eines Laborwagens mit und ohne Knautschzone</i>	<i>Bilanz- und Kausalstrategie bei Zusammenstößen, Bremsweg und Anhalteweg, Messkurven bei Crashtests, Aufprall mit und ohne Airbag</i>
<i>Projekt: Impuls und Bewegungsenergie – Bilanzgrößen, die man unterschieden muss</i>	59		<i>Experiment: zeitliche Umkehrung eines unelastischen Zusammenpralls</i>	<i>Vertiefung des Unterschiedes zwischen den Bilanzgrößen Impuls und Bewegungsenergie</i>

### Unterrichtsvorhaben III

**Kontext:** Fall- und Wurfbewegungen im Sport

**Buchseiten:** 60 – 85

**Zeitbedarf:** etwa 15 Ustd. à 45 Minuten

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Kräfte und Bewegungen

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können in Zusammenhängen mit eingegrenzter Komplexität ...

(E1) in unterschiedlichen Kontexten physikalische Probleme identifizieren, analysieren und in Form physikalischer Fragestellungen präzisieren.

(K4) physikalische Aussagen und Behauptungen mit sachlich fundierten und überzeugenden Argumenten begründen bzw. kritisieren.

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären und vorhersagen.

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Buchseiten</b>	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler ...	<b>Experimente und Materialien</b>	<b>Kommentar</b>
<b>Fallbewegungen</b> (5 Ustd.)	63 - 67	<p>berechnen mithilfe des newtonschen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6).</p> <p>planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (zur Analyse von Bewegungen), führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1)</p> <p>stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (<math>t</math>-<math>s</math>-Diagramme, <math>t</math>-<math>v</math>-Diagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3).</p>	<p><b>Experiment (V1):</b> Vergleich der Fallbewegungen einer Stahlkugel und eines Blatt Papiers</p> <p><b>Experiment (V2):</b> Fallröhre</p> <p><b>Experiment (V1):</b> Messung der Fallbeschleunigung mit dem Kugelfallgerät</p> <p><b>Experiment (V2):</b> Videoanalyse der Fallbewegungen einer Stahlkugel und eines Papiertrichters</p> <p><i>Stationenlernen: Experimente zu Fallbewegungen</i></p>	<p>Freier Fall (beschleunigende Kraft, Zeit-Ort-Gesetz, Zeit-Geschwindigkeit-Gesetz)</p> <p>Messung der Fallbeschleunigung</p> <p>Fallbewegung mit Luftwiderstand</p> <p><i>Mögliche Ergänzung: schwere und träge Masse beim freien Fall</i></p> <p><i>Mögliche Ergänzung: Energiebilanz beim freien Fall</i></p> <p><i>Mögliche Ergänzung: Stationenlernen zu Fallbewegungen</i></p>

		begründen argumentativ Sachaus-sagen, Behauptungen und Vermu-tungen zu mechanischen Vorgän-gen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran (K4).		
<b>Fallschirmsprung im Rechenmodell</b> (3 Ustd.)	68 - 71	analysieren in verschiedenen Kon-texten Bewegungen qualitativ und quantitativ aus einer Wechselwir-kungsperspektive (E1, UF1).  berechnen mithilfe des newtonschen Kraftgesetzes Wir-kungen einzelner oder mehrerer Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6).  bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (Tabellenkalkulation) (E6).	<b>Excel-Datei:</b> Modellierung des Fallschirmsprungs <b>GeoGebra-Datei:</b> Modellierung des Fallschirmsprungs  <i>Experiment: Experimentelle Be-stätigung des Kraftgesetzes für den Luftwiderstand durch Videoanaly-se des Falls von Papiertrichtern</i>  <i>GeoGebra-Datei: Modellierung des Falls von Hagelkörnern</i> <i>GeoGebra-Datei: Modelleirung eines 100-m-Laufs</i>	Kraftgesetz für den Luftwiderstand Modellierung des Fallschirm-sprungs mit einer Tabellenkalkula-tion, Bestimmung der Endge-schwindigkeit  <i>Mögliche Ergänzung: Prüfen eines Werbetextes zum Fallschirmsprin-gen</i>  <i>Mögliche Ergänzung: Vertiefung des Bewegungen mit Luftwider-stand (Bestätigung des Kraftgeset-zes für den Luftwiderstand durch Messungen, Fallbewegung von Hagelkörnern und Regentropfen, Kräfte beim 100-m-Lauf)</i>
<b>Auf der schiefen Ebene</b> (1 Ustd.)	72 - 73	vereinfachen komplexe Bewe-gungszustände durch Komponen-tenzerlegung (E1).	<b>Experiment (V1):</b> Aufzeichnung einer reibungsfreien Bewegung auf der schiefen Ebene mit einer ge-neigten Luftkissenfahrbahn  <b>GeoGebra-Datei:</b> Lageplan und Kräfteplan bei der schiefen Ebene	Reibungslose Bewegung auf der schiefen Ebene als Beispiel für eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung, Berechnung der Be-schleunigung aus dem Neigungs-winkel  <i>Mögliche Ergänzung: Freier Fall und schiefe Ebene bei GALILEI</i>
<b>Waagerechter Wurf</b> (3 Ustd.)	74 - 75	vereinfachen komplexe Bewe-gungszustände durch Komponen-tenzerlegung und Vektoraddition	<b>GeoGebra-Datei:</b> Modellierung des waagerechten Wurfs  <b>Experiment (V1):</b> Videoanalyse	Freier Fall im ICE aus der Sicht eines mitbewegten und eines ne-ben den Schienen stehenden, ru-

		(E1). planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (zur Analyse von Bewegungen), führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1).	eines waagerechten Wurf	henden Beobachters Bewegungsgleichungen des waagerechten Wurfs, Gleichung der Bahnkurve <i>Mögliche Ergänzung: Beobachtungen in gleichförmig bewegten und beschleunigten Systemen</i>
<b>Schiefer Wurf</b> (3 Ustd.)	76 - 81	vereinfachen komplexe Bewegungszustände durch Komponentenzerlegung und Vektoraddition (E1). entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind (E1, E4). stellen Daten in sinnvoll skalierten Diagrammen von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3). entnehmen Kernaussagen zu naturwissenschaftlichen Positionen zu Beginn der Neuzeit aus einfachen historischen Texten (K2, K4). stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7).	<b>Experiment (V1):</b> Wasserwurfgerät <b>GeoGebra-Datei:</b> Modellierung des schiefen Wurfs <i>GeoGebra-Datei (zu A3): Modellierung des Korbwurfs beim Basketball mit Luftwiderstand</i> <b>Material:</b> Textauszug aus GALILEI's <i>Discorsi</i> <b>GeoGebra-Datei:</b> Modellierung des schiefen Wurfs <i>GeoGebra-Datei: Modellierung des schiefen Wurfs mit Luftwiderstand</i>	Freier Fall in einer Bergbahn aus der Sicht eines mitbewegten und eines außen stehenden, ruhenden Beobachters Bewegungsgleichungen des schiefen Wurfs Einfluss von Stoßwinkel und Abwurfgeschwindigkeit auf die Wurfweite beim Kugelstoßen Wurfbewegungen bei ARISTOTELES und GALILEI Modellierung des schiefen Wurfs mit GeoGebra. <i>Mögliche Ergänzung: Energie und Impuls bei Wurfbewegungen</i> <i>Mögliche Ergänzung: Modellierung des schiefen Wurfs mit Luftwiderstand</i>
<i>Projekt: Auf Physik kann man sich verlassen</i>	85		<i>Experiment: Treffen einer fallenden Dose mit eines aus einem Blasrohr abgeschossenen Kügelchens</i>	<i>Treffen einer fallenden Dose mit eines aus einem Blasrohr abgeschossenen Kügelchens</i>

## Unterrichtsvorhaben IV

**Kontext:** Unser Planetensystem

**Buchseiten:** 86 – 111

**Zeitbedarf:** etwa 15 Ustd. à 45 Minuten

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Kräfte und Bewegungen, Energie, Gravitation

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können in Zusammenhängen mit eingegrenzter Komplexität ...

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären und vorhersagen.

(E7) naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen.

(E1) in unterschiedlichen Kontexten physikalische Probleme identifizieren, analysieren und in Form physikalischer Fragestellungen präzisieren.

(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien/Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern.

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Buchseiten</b>	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler ...	<b>Experimente und Materialien</b>	<b>Kommentar</b>
<b>Kreisbewegung und Zentripetalkraft</b> (1 Ustd.)	89	analysieren auftretende Kräfte bei Kreisbewegungen (E6).	<b>Experiment (V1):</b> Messung der Zentripetalkraft mit dem Zentralkraftgerät  <b>Experiment (V2):</b> Bestätigung, dass die Bahngeschwindigkeit tangential zur Kreisbahn gerichtet ist.	Bahngeschwindigkeit, gleichförmige Kreisbewegung, Notwendigkeit einer zum Kreismittelpunkt gerichteten Kraft (Zentripetalkraft)
<b>Eine Formel für die Zentripetalkraft</b> (2 Ustd.)	90 - 91	entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind (E1, E4).  analysieren und berechnen auftretende Kräfte bei Kreisbewegungen (E6).	<b>Experiment (V1):</b> Messung der Zentripetalkraft mit dem Zentralkraftgerät und Vergleich mit dem mit der Formel berechneten Wert  <b>GeoGebra-Datei:</b> Grafische Darstellung der Zentripetalkraft und -beschleunigung bei verschiedenen Radien, Massen und Bahngeschwindigkeiten	Plausibelmachen der Formeln für die Zentripetalkraft und Zentripetalbeschleunigung  <i>Mögliche Ergänzung: Unterscheidung von Zentripetal- und Zentrifugalkraft</i>

<b>Kreisbewegungen auch auf der Kirmes</b> (1 Ustd.)	92 - 93	analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ aus einer Wechselwirkungsperspektive (E1, UF1).  vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Vektoraddition (E1).	<i>GeoGebra-Datei: Die Zentripetalkraft bei der Autobahnausfahrt</i>	Analyse der Kräfte beim Kettenkarussell und beim Rotor  <i>Mögliche Ergänzung: Klothoide bei Autobahnausfahrten und beim Looping</i>
<b>In drei Schritten zum Gravitationsgesetz</b> (3 Ustd.)	94 - 97	analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ aus einer Wechselwirkungsperspektive (E1, UF1).  ermitteln mithilfe des Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E6).	<i>Experiment: Versuch mit der Gravitationsdrehwaage</i>  <i>Video: Versuch mit der Gravitationsdrehwaage</i>	Herleitung des Gravitationsgesetzes anhand NEWTONs Mondrechnung  Gravitationsgesetz und Gravitationskonstante  Bestimmung der Masse und mittleren Dichte der Erde  <i>Mögliche Ergänzung: Historische Bestimmung von Erdradius und Abstand Erde - Mond</i>  <i>Mögliche Ergänzung: Aufbau des Planetensystems</i>  <i>Mögliche Ergänzung: Versuch von CAVENDISH zur Bestimmung der Gravitationskonstanten (Demonstrationsexperiment oder Auswertung eines Videos)</i>
<b>Die KEPLER-Gesetze</b> (2 Ustd.)	98 - 101	bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (E6).  ermitteln mithilfe der KEPLER-Gesetze und des Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E6).	<b>GeoGebra-Datei:</b> Simulation einer Satellitenbahn	Entdeckung der KEPLER-Gesetze mithilfe einer Geometriesoftware  <i>Mögliche Ergänzung: eigenständige Programmierung der auf Seite 98 benutzen Simulation</i>
<b>Energie im Gravitationsfeld</b> (3 Ustd.)	102 - 105	beschreiben Wechselwirkungen im Gravitationsfeld und verdeutlichen den Unterschied zwischen Feld-		Gravitationsfeld in Analogie zum magnetischen Feld, Definition der

		<p>konzept und Kraftkonzept (UF2, E6).</p> <p>analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl aus einer Wechselwirkungsperspektive als auch aus einer energetischen Sicht (E1, UF1).</p> <p>verwenden Energiebilanzen, um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6).</p>		<p>Feldstärke</p> <p>Berechnung der zuzuführenden Arbeit beim Hochheben im Gravitationsfeld, Berechnung der potentiellen Energie, Festlegung des Nullniveau</p> <p>Fluchtgeschwindigkeit</p> <p><i>Mögliche Ergänzung: Herleitung der Formel für die Energieberechnung im Gravitationsfeld</i></p> <p><i>Mögliche Ergänzung: Herleitung der Formel für die potentielle Energie</i></p> <p><i>Mögliche Ergänzung: Schwerelosigkeit in verschiedenen Situationen (Raumfahrt, Sprung, Parabelflug, Fallturm)</i></p>
<p><b>Von ARISTOTELES bis NEWTON</b> (2 Ustd.)</p>	106 - 107	<p>stellen Änderungen in den Vorstellungen zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7).</p> <p>beschreiben an Beispielen Veränderungen im Weltbild und in der Arbeitsweise der Naturwissenschaften, die durch die Arbeiten von KOPERNIKUS, KEPLER, GALILEI und NEWTON initiiert wurden (E7, B3).</p>		<p>Hier ist die Erarbeitung des Themas in Referaten denkbar.</p>
<p><b>Internationale Raumstation ISS</b> (1 Ustd.)</p>	111	<p>erläutern unterschiedliche Positionen zum Sinn aktueller Forschungsprogramme und beziehen Stellung dazu (B2, B3).</p>		<p>A 17 Aufgabe zur ISS</p>
<p><i>Projekt: Planetenbeobachtung</i></p>	111		<p><i>Material: drehbare Sternenkarte (Internet)</i></p>	<p><i>Beobachtung des Sternenhimmels und der Planeten mithilfe einer</i></p>



				<i>Sternenkarte</i>
--	--	--	--	---------------------

## Unterrichtsvorhaben V

**Kontext:** Schwingungen und Wellen bei Musikinstrumenten

**Buchseiten:** 112 – 133

**Zeitbedarf:** etwa 15 Ustd. à 45 Minuten

**Inhaltliche Schwerpunkte:** Schwingungen und Wellen, Kräfte und Bewegungen, Energie

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können in Zusammenhängen mit eingegrenzter Komplexität ...

(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien/Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern.

(UF4) Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.

(E2) kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden.

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären und vorhersagen.

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Buchseiten</b>	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler ...	<b>Experimente und Materialien</b>	<b>Kommentar</b>
<b>Mechanische Schwingungen</b> (1 Ustd.)	115	beschreiben Schwingungen als Störungen eines Gleichgewichts (UF1, UF4).	<b>Experiment (B3):</b> Schwingung einer Stimmgabel  <b>Experiment (B5):</b> Schwingung einer Lautsprechermembran	Abgrenzung der Schwingung von bereits bekannten Bewegungen  Periodizität, Gleichgewichtslage, Umkehrpunkte  Freie und erzwungene Schwingungen
<b>Ursache und Beschreibung von Schwingungen</b> (2 Ustd.)	116 - 117	analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ aus einer Wechselwirkungsperspektive (E1, UF1).  beschreiben Schwingungen als Störungen eines Gleichgewichts und identifizieren die dabei auftretenden Kräfte (UF1, UF4).	<b>Experiment (B1):</b> Federpendel  <b>Experiment (V1):</b> Vergleich der Bewegung einer Pendelkugel mit der Projektion einer Kreisbewegung  <b>GeoGebra-Datei:</b> Zeigerdarstellung einer harmonischen Schwingung  <i>Excel-Datei: Modellierung einer Federschwingung</i>	Beschreibung von Schwingungen: Auslenkung, Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz  Ursache von Schwingungen: Rückstellkraft  Harmonische Schwingung: Beschreibung durch Zeiger, Zeit-Elongation-Gesetz  <i>Mögliche Ergänzung: lineares Kraftgesetz</i>

				<i>Mögliche Ergänzung: Modellierung einer Federschwingung mit einer Tabellenkalkulation</i>
<b>Energie einer Schwingung</b> (3 Ustd.)	118 - 119	analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl aus einer Wechselwirkungsperspektive als auch aus einer energetischen Sicht (E1, UF1).  erläutern das Auftreten von Resonanz mithilfe von Wechselwirkung und Energie (UF1).	<b>Experiment (V1):</b> horizontaler Federschwinger  <b>Experiment (B3):</b> Schwingung einer Stimmgabel  <b>Experiment (V2):</b> horizontaler Federschwinger mit Schwingungserreger  <i>GoldWave-Datei (zu A2): abklingender Ton</i>	Energie der Schwingung eines ungedämpften vertikalen Federpendels  Gedämpfte Schwingungen, Entdämpfung  Eigenfrequenz, Resonanz
<i>Schwingungen und Eigenschwingungen</i>	<i>120 - 121</i>		<i>Stationenlernen: Experimente zu Schwingungen und Wellen</i>  <i>GeoGebra-Datei: Modellierung der Schwebung mit dem Zeigermodell</i>	<i>Stationenlernen zu Schwingungen und Wellen</i>
<b>Fortschreitende Welle</b> (3 Ustd.)	122 - 123	beschreiben Schwingungen und Wellen als Störungen eines Gleichgewichts (UF1, UF4).  erklären qualitativ die Ausbreitung mechanischer Wellen (Transversal- oder Longitudinalwelle) mit den Eigenschaften des Ausbreitungsmediums (E6).	<b>Experiment (V1):</b> Ausbreitung einer transversalen Störung bei einer langen Feder  <b>Experiment (V1):</b> Ausbreitung einer longitudinalen Störung bei einer langen Feder  <b>GeoGebra-Datei:</b> fortschreitende Welle im Zeigermodell	Transversalwelle, Longitudinalwelle, Wellengeschwindigkeit, Phasengeschwindigkeit, Wellenlänge  Darstellung von Wellen im Zeigermodell  Zusammenhang zwischen Wellengeschwindigkeit, Wellenlänge und Periodendauer
<b>Die Schallgeschwindigkeit in Luft</b> (2 Ustd.)	124 - 125	erklären qualitativ die Ausbreitung mechanischer Wellen (Longitudinalwelle) mit den Eigenschaften des Ausbreitungsmediums (E6).  planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusam-	<b>Experiment (V1):</b> Messung der Schallgeschwindigkeit aus Weg und Zeit  <b>Experiment (V2):</b> Messung der Schallgeschwindigkeit aus der Phasengeschwindigkeit	Schall als Welle  Messung der Schallgeschwindigkeit aus Weg und Zeit sowie aus der Phasengeschwindigkeit  <i>Mögliche Ergänzung: Einfache</i>

		menhänge (zur Analyse von Bewegungen), führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1).		<i>Messungen zur Abschätzung der Schallgeschwindigkeit</i> <i>Mögliche Ergänzung: Präzisionsmessung der Schallgeschwindigkeit mit Ultraschallsender, -empfänger und Oszilloskop</i>
<b>Töne und Klänge</b> (2 Ustd.)	126 - 127	planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (Frequenzanalyse), führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1).	<b>Experiment (V1):</b> Frequenzanalyse eines Flöttons mit GoldWave <b>Experiment (V2, V3, V4):</b> Frequenzanalyse einer Stimmgabelschwingung, der Schwingung eines Monochords und der Schwingung eines überblasenen Reagenzglases mit einem Messwerterfassungssystem <b>CASSY-Datei:</b> Fourieranalyse eines Monochord-Klages <b>Experiment (V5):</b> Eigenschwingungen eines beidseitig eingespannten Gummibandes <b>Experiment (V6):</b> Eigenschwingungen der Luftsäule in einem Glasrohr	Frequenzanalyse (z.B. Flötton, Stimmgabel, Monochord, überblasenes Reagenzglas, Musikinstrumente)  Klang, Grundschwingung, Oberschwingung  Grundton und Obertöne bei zwei freien Enden, zwei festen Enden und einem freien und einem festen Ende
<b>Stehende Wellen</b> (2 Ustd.)	128 - 129	bestimmen mechanische Größen mithilfe digitaler Werkzeuge (E6).	<b>GeoGebra-Datei:</b> Zeigermodellierung der stehenden Welle	Zeigermodellierung der Überlagerung von Welle und reflektierter Welle mit GeoGebra  Wellenknoten, Wellenbauch  Freies Ende, festes Ende  Wellen bei beidseitiger Begrenzung  <i>Mögliche Ergänzung: Vertiefung der Reflexion am freien und festen Ende</i>

<i>Projekt: Eigenschwingung beim HELMHOLTZ-Resonator</i>	133		<i>Experiment: Messung der Eigenfrequenzen eines Helmholtz-Resonators</i>	<i>Eigenschwingung beim HELMHOLTZ-Resonator, Vergleich von Theorie und Experiment</i>
--	-----	--	---	---