

# **Physik**

**(Stand: August 2021)**

**schulinternes Curriculum EF**

**Unterrichtsvorhaben 1:****Kinematik-Grundlagen****13 Unterrichtsstunden****Zu entwickelnde Kompetenzen****Inhaltsbezogene Kompetenzen:***Die Schülerinnen und Schüler*

- benutzen die kinematischen Grundbegriffe der Vereinfachung (Reduktion eines Körpers auf seinen Schwerpunkt), des Bezugssystems und der Bahnkurve
- beschreiben Bewegungen im Alltag (Kontext: Sport)
- wiederholen die Definition der (Durchschnitts-)geschwindigkeit
- beschreiben gleichförmige Bewegungen graphisch und rechnerisch durch ihre Bewegungsgesetze
- kennen die Definitions- und Einheitengleichung der Beschleunigung
- gewinnen die Bewegungsgesetze der gleichmäßig beschleunigte Bewegungen aus dem Flächenkalkül
- lösen Sachaufgaben zur gleichmäßig beschleunigten Bewegung mit beliebigen Anfangsbedingungen ( $v_0$ ;  $s_0 \neq 0$ )

**Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):****Umgang mit Fachwissen***Die Schülerinnen und Schüler*

- ordnen Graphen und Bewegungsgesetze nach fachlichen Kriterien in einer Übersicht zu (UF3)

**Erkenntnisgewinnung***Die Schülerinnen und Schüler*

- Planen ein Experiment zur Aufnahme einer Bahnkurve (Zykloide) als Langzeitbelichtungsaufnahme (E4)
- treffen die Auswahl der relevanten Messgrößen zur experimentellen Ermittlung von Beschleunigungswerten (E2)
- Hinterfragen experimentelle Ergebnisse im Hinblick auf ihre Aussagekraft in Kontext einer realen Situation (E5)

**Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen**

Die Erarbeitung der kinematischen Grundbegriffe soll am Beispiel von Bewegungen aus Sport und Alltag erfolgen.

Um das Erlernen kinematischer Grundlagen mit der Entwicklung praktischer experimenteller Fähigkeiten zu verbinden, soll ein Versuch zur Aufnahme einer realen Bahnkurve durchgeführt werden, wobei auf einen möglichst hohen Schüleranteil bei der Entwicklung des Versuchsaufbaus zu legen ist.

Nachdem neben dem Konzept der Bahnkurve die Berücksichtigung des Zeitaspektes als essentieller Bestandteil der Beschreibung von Bewegungen herausgearbeitet wurde, soll die Definition der Geschwindigkeit mit Einheitengleichung erfolgen.

An dieser Stelle soll auch der geometrische Aspekt der Geschwindigkeit als (lokale) Steigung des t-s Graphen erörtert werden, welche später bei der Einführung der Beschleunigung in analoger Weise übertragen werden kann.

Der Flächenkalkül ist als zentrales Mittel zur Gewinnung der Bewegungsgesetze der gleichmäßig beschleunigten Bewegung einzuführen, wobei klar werden muss: Eine Flächeneinheit unter dem t-v Graphen entspricht einer Streckenänderung im t-s Graphen.

Wünschenswert ist auch die Einführung von Grundbegriffen der Integralrechnung, für welche die Kinematik einen ursprünglichen und gut nachvollziehbaren Anwendungskontext darstellt.

In Bezug zum Europacurriculum soll in diesem Themenabschnitt die Betrachtung europäischer Rekorde, z.B. in Sprintdisziplinen, unter kinematischen Gesichtspunkten erfolgen.

Unterrichtsvorhaben II: <b>Kinematik- Würfe</b>	<b>6 Unterrichtsstunden</b>
<p><b>Zu entwickelnde Kompetenzen</b></p> <p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• übertragen die Bewegungsgesetze der gleichmäßig beschleunigten Bewegung auf den freien Fall und den senkrechten Wurf</li> <li>• erkennen anhand eines Versuchs zum waagerechten Wurf, dass sich waagerechte und horizontale Bewegungskomponente nicht wechselseitig beeinflussen --&gt; Superposition von Bewegungen</li> <li>• beschreiben den waagerechten und den schrägen Wurf durch komponentenweise Ermittlung der Bewegungsgesetze</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):</b>  <b>Umgang mit Fachwissen</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• übertragen die Gesetzmäßigkeiten der eindimensionalen Kinematik auf zwei Raumdimensionen (UF 4 )</li> </ul> <p><b>Erkenntnisgewinnung</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planen ein Experiment zur Aufnahme einer Fallbewegung zwecks Videoanalyse ( E2; E4)</li> <li>• führen eine quantitative Auswertung der Videoanalyse durch (E5)</li> <li>• erkennen auf experimentellem Wege die Voraussetzungen, unter denen die Idealisierte Fallbewegung unter Vernachlässigung des Luftwiderstands zulässig ist (E6)</li> </ul>	<p><b>Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen</b></p> <p>Zur Unabhängigkeit einer Fall-/ Wurfbewegung von der Masse bei Vernachlässigung des Luftwiderstandes soll der Demonstrationsversuch mit Feder und Massestück im luftgefüllten und evakuierten Glaszylinder durchgeführt werden.</p> <p>Um mit der weit verbreiteten Fehlvorstellung, ein waagrecht geworfener Körper falle langsamer zu Boden als im freien Fall, soll der Versuch mit gleichzeitiger Auslösung beider Bewegungen als Demonstration oder Videosequenz präsentiert werden.</p> <p>Im Hinblick auf das Europacurriculum sollen in diesem Themenabschnitt kinematische Beispiele aus europäischen Wurfdisziplinen thematisiert werden.</p>

**Unterrichtsvorhaben III**

**Kräfte- Grundlagen**

**7 Unterrichtsstunden**

Zu entwickelnde Kompetenzen	Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen
<p><b>inhaltsbezogene Kompetenzen</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen das Konzept der vektoriellen Größe (Betrag und Richtung) am Beispiel der Kraft kennen</li> <li>• Erkennen den Angriffspunkt als dritten Aspekt zur Beschreibung von Kräften</li> <li>• erlernen die Addition von Kräften</li> <li>• erlernen die Zerlegung von Kräften am Beispiel der schiefen Ebene</li> </ul> <p><b>prozessbezogene Kompetenzen</b></p> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):  Umgang mit Fachwissen</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Können die Auswirkung von Kräften anhand der durch das Kraftkonzept bereitgestellten Theorie in Beispielsituationen voraussagen (UF 1 )</li> <li>• Wenden das Verfahren der Kräfteaddition- bzw. Zerlegung flexibel zur Lösung von praktischen Problemen an (UF 3)</li> <li>• Erkennen den formalen Zusammenhang zwischen der Superposition von Bewegungen und der Addition von Kräften (UF 4)</li> </ul> <p><b>Kommunizieren</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verbalisieren ihr Vorgehen bei der Lösung von Superpositionsproblemen unter Verwendung der korrekten Fachsprache (K1)</li> </ul>	<p>Im Zuge der Anwendung der Kräftezerlegung an der schiefen Ebene sollen die Haft- und Gleitreibungskraft behandelt werden, welche interessante Anwendungsaspekte eröffnen: So kann beispielsweise untersucht werden, bei welchem Neigungswinkel ein Körper auf der schiefen Ebene zu rutschen beginnt.</p>

Unterrichtsvorhaben IV	Newton: Kräfte und Bewegungen	9 Unterrichtsstunden
Zu entwickelnde Kompetenzen	Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen	
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen die Erklärungsansätze für die Ursachen von Bewegungen nach Aristoteles und Galilei gegenüber</li> <li>• erarbeiten das Konzept des Impulses</li> <li>• Erarbeiten die Newton'schen Axiome und führen den Versuch zur Grundgleichung der Mechanik (2. Axiom) mit anschließender quantitativer Auswertung durch</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):</b></p> <p><b>Bewertung</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hinterfragen physikalische Theorien hinsichtlich ihre Widerspruchsfreiheit ( B1)</li> <li>• Können die Entscheidung für oder gegen eine Theorie durch eine fachliche Argumentation begründen ( B2)</li> </ul> <p><b>Kommunizieren</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzen digitale und analoge Medien zur Recherche von Informationen zur Unterstützung ihrer Argumentation (K2)</li> <li>• Können fremde Standpunkte mit dem eigenen abgleichen und eine sachorientierte, konstruktiv Diskussion über abweichende Aspekte führen ( K4)</li> </ul>	<p>Die Erarbeitung der Newton'schen Axiome soll mit experimenteller Unterstützung erfolgen.</p> <p>So sind der Luftkissenfahrbahnversuch zur Grundgleichung der Mechanik (2. Axiom) und ein weiterer Versuch zum 3. Newton'schen Axiom durchzuführen.</p> <p>Im Rahmen des Europacurriculums soll zusätzlich Hintergrundwissen über die wissenschaftlich relevanten Aspekte des Werdeganges und den wissenschaftsgeschichtlichen und gesellschaftlichen Hintergrund von Aristoteles und Galilei sowie deren Weltbilder vermittelt werden.</p>	

<b>Unterrichtsvorhaben V:</b>	<b>Energieformen im Überblick</b>	<b>6 Unterrichtsstunden</b>
<p><b>Zu entwickelnde Kompetenzen</b></p> <p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• benutzen den Energiebegriff der Mittelstufe sicher zur Beschreibung von Bewegungsvorgängen</li> <li>• lernen die drei mechanischen Energieformen kennen und fachlich korrekt herleiten</li> <li>• beschreiben von Alltagsbewegungen (Sport) mit Hilfe von Energiebilanzen</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):</b>  <b>Umgang mit Fachwissen</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ordnen verschiedenen Phänomene den drei Energieformen zu (UF3, UF4)</li> </ul> <p><b>Erkenntnisgewinnung</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• analysieren Bewegungsvorgänge auf ihre verschiedenen Energiezustände (E1)</li> </ul>	<p><b>Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen</b></p> <p>Die Erarbeitung der energetischen Grundbegriffe der Mechanik soll am Beispiel von Bewegungen aus Sport und Alltag erfolgen.</p> <p>Um das Identifizieren der bekannten Energieformen der Mittelstufe einzuüben werden verschiedene Beispiele des Alltags gegeben. Besonders geeignet sind hierfür die Achterbahn als Beispiel der Umwandlung von Lageenergie in Bewegungsenergie, wie es auch das Lehrbuch vorschlägt.</p> <p>Die Herleitung der Lageenergie soll hierbei über eine Kräftebetrachtung und anschließend über das Verhältnis von <math>F_Z</math> zu <math>F_G</math> gebildet werden. Die Bewegungsenergie eines Wagens wird anhand der Bewegung eines Wagens der eine schiefe Ebene herunterrollt hergeleitet.</p> <p>Hierbei ist es sinnvoll erneut eine Kräftebetrachtung an der schiefen Ebene zu wiederholen und damit zu festigen.</p>	

Unterrichtsvorhaben VI: Erhaltungssätze	6 Unterrichtsstunden
Zu entwickelnde Kompetenzen	Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben Bewegungsvorgänge vollständig bezogen auf vorhandene Energieformen</li> <li>• erkennen den Energieerhaltungssatz qualitativ anhand des Versuchs einer rollenden Kugel, die ihre Ursprungshöhe wieder erreicht</li> <li>• erkennen den Energieerhaltungssatz quantitativ mit Hilfe eines Versuches an der schiefen Ebene</li> <li>• erkennen den Energieerhaltungssatz / Impulserhaltungssatz mit Hilfe von Stoßversuchen an der Luftkissenfahrbahn.</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):</b>  <b>Umgang mit Fachwissen</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• treffen physikalische Vorhersagen aufgrund von sachlich fundierten Argumenten (K 4 )</li> </ul> <p><b>Erkenntnisgewinnung</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planen ein Experiment zur Überprüfung des Energieerhaltungssatzes mit Hilfe der Luftkissenfahrbahn ( E2; E3, E4)</li> <li>• führen eine quantitative Auswertung der Experimente durch (E5)</li> <li>• erkennen auf experimentellem Wege die Idealisierung des vernachlässigbaren Widerstands (E2, E6)</li> </ul>	<p>Zur Hypothesenbildung ist es sinnvoll qualitative Versuche z. B die rollende Kugel, die ihre Anfangshöhe erreicht oder andere „scheinbar“ dauerhaft Pendel zu betrachten.</p> <p>Nach der Hypothesenbildung und der Identifizierung der Reibung als hinderndes Element zur Beobachtung totaler Energieerhaltung zwischen den bekannten Energieformen wird die Luftkissenfahrbahn als Möglichkeit der Minimierung von Reibung angeboten.</p> <p>Die Schüler sollen nun in eigenständig geplanten Versuchen den Energieerhaltungssatz überprüfen. Hierbei soll insbesondere der elastische Stoß, wie auch der inelastische Stoß vollständig betrachtet werden.</p> <p>Des Weiteren sollen die an der Luftkissenfahrbahn durchgeführten Versuche mit realen Kontexten verglichen werden. (z.B. Elastischer Stoß=Billard, inelastischer Stoß= Unfall LKW/Auto)</p>



Unterrichtsvorhaben VII	Kreisbewegungen	8 Unterrichtsstunden
Zu entwickelnde Kompetenzen	Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen	
<b>inhaltsbezogene Kompetenzen</b>	<p>Die Grundbegriffe der Kreisbewegung, wie Winkelgeschwindigkeit, Winkelbeschleunigung, Bahngeschwindigkeit, etc. können mit Hilfe von einfachen Freihandversuchen veranschaulicht und definiert werden. Zur Darstellung der tangential gerichteten Bahngeschwindigkeit eignet sich besonders eine an einem Seil befestigte Kugel, die beim Schleudern auf einer Kreisbewegung losgelassen wird.</p> <p>Das Vorhandensein einer Kraft als Ursache für Bewegung ist aus vorangegangenen Unterrichtseinheiten bekannt und ist somit Grundlage für die Bestimmung bzw. Definition der Zentripetalkraft.</p> <p>Qualitative Versuche (z.B. Versuche auf einer Drehscheibe eines Spielplatzes) leiten zu Abhängigkeiten der Zentripetalkraft von bestimmten Größen hin.</p> <p>Diese Hypothesenbildung wird anschließend mit einem weiteren Experiment auch quantitativ überprüft. Besonderer Schwerpunkt sollte hierbei auf der Vorgehensweise zur Überprüfung der Hypothese sein. Da die Zentripetalkraft von mehreren Größen abhängt muss besonders darauf hingewiesen werden, wie man sich strukturiert einem solchen Problem nähert und nur eine der zu untersuchenden Größen verändert werden darf.</p>	
<i>Die Schülerinnen und Schüler</i>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen die Grundbegriffe der Kreisbewegung kennen</li> <li>• lernen die Zentripetalkraft als Ursache für Kreisbewegungen kennen</li> </ul>		
<b>Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte): Umgang mit Fachwissen</b>		
<i>Die Schülerinnen und Schüler</i>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben Kreisbewegungen mit Hilfe von spezifischen Begriffen wie Winkelgeschwindigkeit, Winkelbeschleunigung und Bahngeschwindigkeit genau (UF 2 )</li> </ul>		
<b>Erkenntnisgewinnung</b>		
<i>Die Schülerinnen und Schüler</i>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• messen und beobachten bei verschiedenen Versuchen zentrale Größen der Kreisbewegung (E2)</li> <li>• bilden Hypothesen zur Bildung einer Formel der Zentripetalkraft (je...desto... Aussagen) (E3)</li> <li>• Verifizieren ihre Hypothesen mit Hilfe eines geeigneten Experiments (E4, E5)</li> </ul>		

Unterrichtsvorhaben VIII	Das Gravitationsfeld	6 Unterrichtsstunden
Zu entwickelnde Kompetenzen	Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen	
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lernen den Feldbegriff kennen</li> <li>• Unterscheiden zwischen homogenem Feld und radialsymmetrischem Feld</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):</b></p> <p><b>Umgang mit Fachwissen</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Können verschiedene Phänomene dem Grundbegriff Feld zuordnen und angemessen beschreiben (UF1)</li> </ul> <p><b>Erkenntnisgewinnung</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschreiben mit Hilfe des Modells des Feldbegriffes verschiedene Phänomene (Anziehung Sonne-Erde)</li> <li>• Erläutern Phänomene mit Hilfe des Modells der Feldlinien</li> </ul>	<p>Der Feldbegriff wird mit Hilfe von Planetenbewegungen eingeführt. Das nicht Vorhandensein einer sichtbaren Kraft und der überall im Raum unterschiedlich großen Auswirkung der Gravitationskraft führt zum Feldbegriff.</p> <p>Bei der Unterscheidung von homogenem Feld in Erdnähe und radialsymmetrischem Feld in größeren Abständen zur Erde soll nochmals der Begriff der potentiellen Energie besonders betrachtet werden.</p> <p>Im Rahmen des Europacurriculums soll an dieser Stelle der im europäischen Raum erfolgte Paradigmenwechsel vom geozentristischen zum heliozentristischen Weltbild beleuchtet werden.</p>	

Unterrichtsvorhaben IX	Kräfte im Gravitationsfeld	8 Unterrichtsstunden
Zu entwickelnde Kompetenzen	Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen	
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lernen die Gravitationskraft kennen</li> <li>• Gravitationsdrehwaage</li> <li>• Bestimmen mit Hilfe der Gravitationskraft und Planetenbeobachtungen die Masse von Planeten</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):</b></p> <p><b>Kommunikation</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recherchieren verschiedene Daten zu den einzelnen Planeten unseres Sonnensystem (K2)</li> <li>• Präsentieren sowohl ihre Rechercheergebnisse wie auch ihre Rechnungen zur Massenbestimmung (K3)</li> </ul> <p><b>Erkenntnisgewinnung</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Können den komplexen Versuchsaufbau der Gravitationsdrehwaage wiedergeben und angeleitet auswerten (E2)</li> </ul>	<p>Die Gravitationskraft wird theoretische hergeleitet und die Bestimmung der Gravitationskonstante mit Hilfe der Gravitationsdrehwaage theoretisch bestimmt.</p> <p>Als Ziel der Unterrichtseinheit steht die Massenbestimmung der einzelnen Planeten unseres Sonnensystems.</p> <p>Auf eine Darstellung der Ergebnisse wird in dieser Unterrichtseinheit besonderen Wert gelegt. Eine Gruppenarbeit zu den einzelnen Planeten bietet sich an.</p> <p>Des Weiteren kann in dieser Einheit nochmals besonderer Schwerpunkt auf Messgenauigkeit der messbaren Größen gelegt werden, sowie ein Referat über die historische Entwicklung der Planetenbeobachtungen...</p>	

Unterrichtsvorhaben X	Schwingungen und Wellen	10 Unterrichtsstunden
Zu entwickelnde Kompetenzen	Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen	
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben das Fadenpendel</li> <li>• beschreiben das Federpendel</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):</b></p> <p><b>Umgang mit Fachwissen</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschreiben verschiedene Phänomene bezogen auf die Zusammenhänge die beim Feder- und Fadenpendel erarbeitet wurden (UF4)</li> </ul> <p><b>Erkenntnisgewinnung</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Finden Gemeinsamkeiten zwischen beiden Pendeln und erarbeiten so ein Modell, das zur Beschreibung von Pendeln/Schwingungen geeignet ist (E6)</li> </ul> <p><b>Kommunizieren:</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsentieren ihre Ergebnisse anschaulich.</li> </ul>	<p>Das Fadenpendel dient zur Beschreibung von Schwingzuständen. Hierbei soll zunächst die Energiebetrachtung des Vorgangs im Vordergrund stehen und wiederholt werden.</p> <p>Die Beschreibung einer Schwingung soll dann zur Schwingungsgleichung führen. Der Schattenwurf eines Federpendels ist hierfür besonders geeignet, wenn man die Höhe des Schattens gegen die Zeit aufträgt. Eine Videoanalyse des Vorgangs kann hier zu brauchbaren Ergebnissen führen.</p> <p>Der sichere Umgang mit der Sinusfunktion kann nicht vorausgesetzt werden und erfordert eine mathematische Grundlagenstunde durch den Lehrer oder als Übersichtswissen durch einen Schüler (je nach Kursstärke).</p> <p>Gekoppelte Schwingungen führen zu einer Ausbreitung der Schwingungen im Raum, zu Wellen. Hierbei sollte an einfachen Modellen (Sammlung) die Ausbreitung einer Schwingung über gekoppelte schwingfähige Systeme im Raum verdeutlicht werden. Gekoppelte Fadenpendel eignen sich hierbei besonders.</p> <p>Zur Unterscheidung von transversal und longitudinal Wellen wird ein Referat zum Thema Schall vergeben.</p>	