

Im Kopf der Tabelle stehen die jeweils zu erreichenden Kompetenzen. Kursiv geschriebene Fachbegriffe, sind im Unterricht verbindlich mit dem Ziel einzusetzen, dass die Schülerinnen und Schüler diese mit eigenen Worten korrekt beschreiben und in unterschiedlichen Kontexten ohne zusätzliche Erläuterung verstehen und anwenden können.

Unter dem Tabellenkopf findet sich das konkrete Vorgehen im Unterricht mit Hinweisen zur Unterrichtsgestaltung.

### Kinematik <16>

Ausgehend von einer Wiederholung der Kinematik-Kenntnisse aus Kl. 7/8 leiten die Schülerinnen und Schüler aus selbst aufgenommenen Bewegungsdiagrammen funktionale Zusammenhänge im Bereich der Kinematik her, insbesondere s-t-, v-t- und a-t-Diagramme bei gleichförmigen und gleichmäßig beschleunigten Bewegungen. Im handelnden Umgang mit diesen funktionalen Zusammenhängen werden auch kursstufenrelevante formale Schreibweisen und Mathematisierungen eingeführt und gefestigt.

Die Betrachtung zusammengesetzter Bewegungen dient der Einführung des Vektorcharakters physikalischer Größen am Beispiel der Geschwindigkeit.

Die Schülerinnen und Schüler können

- Bewegungsabläufe experimentell aufzeichnen (zum Beispiel freier Fall, schiefe Ebene) [...]
- die *Geschwindigkeit* als Änderungsrate des Ortes ( $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ ) und die *Beschleunigung* als Änderungsrate der Geschwindigkeit ( $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ ) erklären und berechnen
- Messwerte in Diagrammen darstellen und diese Diagramme interpretieren (*s-t-Diagramm, v-t-Diagramm, a-t-Diagramm*)
- aus einem vorgegebenen Bewegungsdiagramm die jeweils anderen Bewegungsdiagramme ableiten (an eine quantitative Ableitung von *s-t-Diagrammen* aus *a-t-Diagrammen* ist nicht gedacht)
- *geradlinig gleichförmige* ( $s(t) = v \cdot t, v = \text{konstant}$ ) sowie *geradlinig gleichmäßig beschleunigte Bewegungen* ( $s(t) = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2, v(t) = a \cdot t, a = \text{konstant}$ ) verbal und rechnerisch beschreiben (*Zeitpunkt, Ort, Geschwindigkeit, Beschleunigung*)
- die Unterschiede zwischen realen und idealisierten Bewegungen erläutern (unter anderem freier Fall und Fall mit Luftwiderstand)
- zusammengesetzte Bewegungen beschreiben (zum Beispiel Bootsfahrt über einen Fluss, waagerechter Wurf) und daran den vektoriellen Charakter der *Geschwindigkeit* erläutern
- Experimente durchführen und auswerten, dazu gegebenenfalls Messwerte erfassen
- Messwerte auch digital erfassen und auswerten (unter anderem Messwernerfassungssystem, Tabellenkalkulation)
- physikalische Experimente, Ergebnisse und Erkenntnisse – auch mithilfe digitaler Medien – dokumentieren (zum Beispiel Skizzen, Beschreibungen, Tabellen, Diagramme und Formeln)
- Sachinformationen und Messdaten aus einer Darstellungsform entnehmen und in andere Darstellungsformen überführen (zum Beispiel Tabelle, Diagramm, Text, Formel)
- mathematische Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen herstellen [...]
- ihr physikalisches Wissen anwenden, um Problem- und Aufgabenstellungen zielgerichtet zu lösen
- mathematische Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen herstellen [...]
- zwischen realen Erfahrungen und konstruierten, idealisierten Modellvorstellungen unterscheiden [...]
- Sachinformationen und Messdaten aus einer Darstellungsform entnehmen und in andere Darstellungsformen überführen (zum Beispiel Tabelle, Diagramm, Text, Formel)
- Hypothesen zu physikalischen Fragestellungen aufstellen
- mathematische Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen herstellen [...]
- Sachinformationen und Messdaten aus einer Darstellungsform entnehmen und in andere Darstellungsformen überführen (zum Beispiel Tabelle, Diagramm, Text, Formel)
- mithilfe von Modellen Phänomene erklären und Hypothesen formulieren



**Impuls und Kraft <34 h>**

Ähnlich wie schon zuvor im Bereich Kinematik beschreiben die Schülerinnen und Schüler ausgehend von einer Wiederholung der qualitativen Formulierungen aus Kl. 7/8 dynamische Problemstellungen auch quantitativ, zunächst mit Hilfe des Impulses, dann aber auch mit Hilfe des aus Impulsänderungen entwickelten Kraftbegriffes. Die Newton'schen Prinzipien können damit sowohl mithilfe des Impulses als auch mithilfe der Kraft formuliert werden.

Die Schülerinnen und Schüler beschreiben grundlegende Probleme wie Fall- und Wurfbewegungen. Dabei spielt der Vektorcharakter der Geschwindigkeit, des Impulses und der Kraft eine zentrale Rolle.

Die Schülerinnen und Schüler können

- Vorgänge aus Alltag und Technik mithilfe des *Impulses* beschreiben ( $p = m \cdot v$ , *Impulserhaltung*, *Impulsübertragung*)
- Den *Impulserhaltungssatz* erläutern und zur quantitativen Beschreibung eines Prozesses anwenden (unter anderem *inelastischer Stoß*, *Rückstoßprinzip*). Dabei wählen sie geeignete *Zustände* zur Impulsbilanzierung aus
- Bewegungsabläufe beschreiben und erklären. Dazu wenden sie die Newton'schen Prinzipien der Mechanik an und beschreiben sie auch mithilfe des *Impulses* (*Trägheitsprinzip*,  $F = m \cdot a$  und  $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ , *Wechselwirkungsprinzip*,  $p = m \cdot v$ , *Impulserhaltungssatz*)
- zusammengesetzte Bewegungen mithilfe der Newton'schen Prinzipien erklären (unter anderem *wagerechter Wurf*)
- das Zusammenwirken beliebig gerichteter *Kräfte* auf einen Körper beschreiben, dabei gegebenenfalls ein *Kräftegleichgewicht* oder die *resultierende Kraft* erkennen (unter anderem *schiefe Ebene*)
- die Unterschiede zwischen realen und idealisierten Bewegungen erläutern (unter anderem *freier Fall* und Fall mit Luftwiderstand)
- gleichförmige *Kreisbewegungen* untersuchen und beschreiben (*Radius*, *Bahngeschwindigkeit*, *Periodendauer*, *Frequenz*,  $v = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T}$ )
- die gleichförmige *Kreisbewegung* eines Körpers mithilfe der *Zentripetalkraft* erklären ( $F_z = \frac{m \cdot v^2}{r}$ )
- Messwerte auch digital erfassen und auswerten (unter anderem Messwerverfassungssystem, Tabellenkalkulation)
- mathematische Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen herstellen und überprüfen
- mathematische Umformungen zur Berechnung physikalischer Größen durchführen
- zwischen realen Erfahrungen und konstruierten, idealisierten Modellvorstellungen unterscheiden (unter anderem Unterschied zwischen Beobachtung und Erklärung)
- ihr physikalisches Wissen anwenden, um Problem- und Aufgabenstellungen zielgerichtet zu lösen
- zwischen alltagsprachlicher und fachsprachlicher Beschreibung unterscheiden
- bei Experimenten relevante von nicht relevanten Einflussgrößen unterscheiden
- Phänomene und Experimente zielgerichtet beobachten und ihre Beobachtungen beschreiben
- zwischen realen Erfahrungen und konstruierten, idealisierten Modellvorstellungen unterscheiden [...]
- ihr physikalisches Wissen anwenden, um Problem- und Aufgabenstellungen zielgerichtet zu lösen
- physikalische Vorgänge [...] beschreiben (zum Beispiel zeitliche Abläufe, kausale Zusammenhänge)
- mathematische Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen herstellen und überprüfen
- aus proportionalen Zusammenhängen Gleichungen entwickeln
- [...] Hypothesen formulieren
- funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen verbal beschreiben (zum Beispiel „je-desto“-Aussagen) [...]

Konkretisierung, Vorgehen im Unterricht	Hinweise
<p><b>Wiederholung &lt;4&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Impuls, Impulserhaltung, Kraft als Impulsänderung, Newton'sche Prinzipien in Impuls-Formulierung</li> </ul> <p><b>Impuls und Impulserhaltung &lt;6&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Impulseinführung quantitativ (<math>p = m \cdot v</math>)</li> <li>➤ Impulsübertragung und -erhaltung qualitativ</li> <li>➤ quantitative Überlegungen anhand von Stoßprozessen (Impulsbilanz, z.B. Crashtest)</li> </ul> <p><b>Newton'sche Prinzipien &lt;10&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Impulserhaltung und Trägheitsprinzip</li> <li>➤ <math>F = \frac{\Delta p}{\Delta t}</math> und bei konstanter Masse <math>F = m \cdot a</math></li> <li>➤ Impulsübertragung/-erhaltung und Wechselwirkungsprinzip</li> <li>➤ Erklärung von Bewegungsabläufen: Beschleunigte Bewegung, Freier Fall, Erdbeschleunigung <math>g</math>, waagrechter Wurf</li> </ul> <p><b>Addition und Zerlegung von Kräften &lt;6&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Zusammenwirken von Kräften</li> <li>➤ Kräftegleichgewicht</li> <li>➤ Unterschied Kräftegleichgewicht und Wechselwirkungsprinzip</li> <li>➤ Kräftezerlegung</li> <li>➤ Beschleunigte Bewegung an der schiefen Ebene erklären</li> </ul> <p><b>Fall mit Luftreibung &lt;2&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Aufzeichnung des Fallvorgangs</li> <li>➤ Grenzwert der Geschwindigkeit bei Kräftegleichgewicht</li> </ul> <p><b>Kreisbewegung &lt;6&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kinematik der Kreisbewegung (Radius, Frequenz, Periodendauer, Bahngeschwindigkeit)</li> <li>➤ Dynamik der Kreisbewegung (beschleunigte Bewegung, Zentripetalbeschleunigung und -kraft)</li> <li>➤ Experimente zur qualitativen Abhängigkeit der Zentripetalkraft von <math>m</math>, <math>r</math>, <math>v</math></li> <li>➤ Kreisbewegung im Alltag</li> </ul>	<p><b>F NwT</b> 3.2.2.3 Bewegung und Fortbewegung</p> <p>Formulierung der Newton'schen Gesetze mit Impuls und mit Kraft</p> <p>Vergleich von Experimenten in Mikrogravitation (ISS) mit analogen Experimenten auf der Erde Videos: „Newton in Space“ der ESA</p> <p>Mögliche Vertiefung: Senkrechter Wurf nach oben</p> <p><b>F NwT</b> 3.2.3.2 Statische Prinzipien in Natur und Technik</p> <p>Möglicher Unterrichtseinstieg: Rekordsprung von Felix Baumgartner, Material: <a href="https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/physik/gym/bp2004/fb3/modul3/3_material_fall_wurf/luft_ue/">https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/physik/gym/bp2004/fb3/modul3/3_material_fall_wurf/luft_ue/</a> (01.12.2019)</p> <p>Messwerterfassung oder Videoanalyse</p> <p><b>F IMP</b> 3.3.3.1 Numerische Verfahren in der Mechanik</p> <p><b>L PG</b> Sicherheit und Unfallschutz</p> <p>Mögliche Vertiefungen: Satelliten, Bezugssysteme (Zentrifugalkraft)</p>

**Energie <10>**

Auf Basis des in Kl. 7/8 erarbeiteten qualitativen Energiebegriffs beschreiben die Schülerinnen und Schüler Energie und Energieerhaltung nun auch quantitativ. Sie erkennen die Energie als zentrale Erhaltungsgröße der Physik und als abstrakte Rechengröße, mit der Veränderungen von Systemen bilanziert werden.

Die Schülerinnen und Schüler können

- Vorgänge aus Alltag und Technik energetisch beschreiben (Energieerhaltung, Energiespeicherung, Energieübertragung, Energieumwandlung)
- den *Energieerhaltungssatz* der Mechanik erläutern [...]
- beschreiben, dass mechanische *Energieübertragungen* mit Kraftwirkungen verbunden sind ( $\Delta E = F_s \cdot \Delta s$  falls  $F_s = \textit{konstant}$ )
- die bei mechanischen Prozessen auftretenden *Energieformen* quantitativ beschreiben ( $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ ,  $E_{\text{Lage}} = m \cdot g \cdot h$ ,  $E_{\text{Spann}} = \frac{1}{2} \cdot D \cdot s^2$ , Nullniveau)
- den *Energieerhaltungssatz* [...] zur quantitativen Beschreibung eines Prozesses anwenden. Dabei wählen sie geeignete *Zustände* zur Energiebilanzierung aus
- mithilfe von Modellen Phänomene erklären und Hypothesen formulieren
- zwischen alltagssprachlicher und fachsprachlicher Beschreibung unterscheiden
- sich über physikalische Erkenntnisse und deren Anwendungen unter Verwendung der Fachsprache und fachtypischer Darstellungen austauschen [...]
- mathematische Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen herstellen und überprüfen
- physikalische Vorgänge und technische Geräte beschreiben (zum Beispiel zeitliche Abläufe, kausale Zusammenhänge)
- Experimente zur Überprüfung von Hypothesen planen (unter anderem vermutete Einflussgrößen getrennt variieren)
- Experimente durchführen und auswerten, dazu gegebenenfalls Messwerte erfassen
- ihr physikalisches Wissen anwenden, um Problem- und Aufgabenstellungen zielgerichtet zu lösen
- funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen verbal beschreiben (zum Beispiel „je-desto“-Aussagen) und physikalische Formeln erläutern (zum Beispiel [...] unbekannte Formeln)

Konkretisierung, Vorgehen im Unterricht	Hinweise
<p><b>Energieübertragungsketten &lt;2&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Energie und Energieerhaltung</li> <li>➤ System</li> <li>➤ Unterscheidung Umwandlung / Übertragung</li> </ul> <p><b>Mechanische Energie und Kraft &lt;2&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Energieübertragung längs eines Weges mittels einer Kraft in Wegrichtung (<math>\Delta E = F_s \cdot \Delta s</math> falls <math>F_s = \textit{konstant}</math>)</li> </ul> <p><b>Energieerhaltungssatz der Mechanik &lt;6&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ mechanische Energieformen</li> <li>➤ Energieerhaltungssatz der Mechanik</li> <li>➤ Beispiele zum Energieerhaltungssatz (z.B. Looping, Münzkatapult)</li> </ul>	<p>Material: „What ist energy?“ von R.P. Feynman</p> <p><b>F BNT</b> 3.1.4 Energie effizient nutzen</p> <p><b>F NwT</b> 3.2.2.1 Energie in Natur und Technik</p> <p><b>L BNE</b> Bedeutung und Gefährdungen einer nachhaltigen Entwicklung</p> <p>An die Verwendung des Begriffs „Arbeit“ ist nicht gedacht.</p> <p>Ein System aus langer Feder, großem Schwungrad und Massestück an Schnur kann als zentrales und wiederkehrendes Experiment für Energieformen und -übertragungen dienen</p> <p><b>F NwT</b> 3.2.2.1 Energie in Natur und Technik</p>