

## Jahrgangsstufe 7

### 1. Einführung in die Physik

**Schüler und Schülerinnen können physikalische Phänomene aus dem Alltag den Teilgebieten der Physik zuordnen.**

- physikalisches Spielzeug nennen
- die Physik als Naturwissenschaft beschreiben

### 2. Optik

#### 2.1. Lichtausbreitung

**Schüler und Schülerinnen können das Modell Lichtstrahl anwenden**

- Lichtquellen und beleuchtete Körper unterscheiden und Beispiele zuordnen,
- die allseitige und geradlinige Ausbreitung des Lichtes unter Verwendung des Modells Lichtstrahl beschreiben,
- die Schattenbildung (Kernschatten\*, Halbschatten\*) an Körpern darstellen,
- die Entstehung der Mond- und Sonnenfinsternis beschreiben und erklären\*\*,

**Schülerexperiment** zur Schattenbildung

## 2.2. Reflexion

### **Schüler und Schülerinnen können die Reflexion des Lichtes beschreiben**

- Strahlenverläufe bei der Reflexion am ebenen Spiegel zeichnen,
- bei Strahlenverläufen relevante Winkel messen,
- die Gültigkeit des Reflexionsgesetzes experimentell bestätigen,
- Beispiele aus Natur und Technik nennen und mit Hilfe der Reflexion erklären.

### **Schülerexperiment** zur Reflexion des Lichtes

## 2.3. Brechung

### **Schüler und Schülerinnen können die Brechung des Lichtes beschreiben und anwenden**

- die Brechung des Lichtes beschreiben und Strahlenverläufe zeichnen,
- für den Übergang des Lichtes an der Grenzfläche Luft und Glas oder Luft und Wasser den Einfallswinkel und Brechungswinkel messen,
- die Umkehrbarkeit des Lichtweges beschreiben\*,
- das Brechungsgesetz qualitativ formulieren,
- die Totalreflexion und ihre Bedingungen beschreiben\*\*,
- die spektrale Zerlegung des Lichts am Prisma erklären.

### **Schülerexperiment** zur Brechung des Lichtes

### 3. Mechanik

#### 3.1 Körper und Stoffe

**Schüler und Schülerinnen können Körper und Stoffe auf Ihre Eigenschaften Volumen, Masse und Dichte untersuchen**

- Masse und Volumen als physikalische Größen beschreiben
- Einheiten und Formelzeichen von Masse und Volumen nennen,
- Massen und Volumina von festen und flüssigen Körpern experimentell bestimmen,
- den Zusammenhang zwischen Masse und Volumen beschreiben,
- die Dichte mit Hilfe ihrer Kenntnisse über Volumen und Masse als physikalische Größe beschreiben
- Einheiten und Formelzeichen der Dichte nennen,
- Dichten von Körpern anhand der Formel  $\rho = \frac{m}{V}$  berechnen und experimentell bestimmen.

**Schülerexperiment** zur Bestimmung der Dichte

#### 3.2 Bewegung von Körpern

**Schüler und Schülerinnen können die physikalische Größe Geschwindigkeit erläutern**

- Geschwindigkeit als physikalische Größe beschreiben,
- Einheiten und Formelzeichen von Zeit, Weg und Geschwindigkeit nennen,
- Bewegungen bezüglich der Kriterien Geradlinigkeit und Gleichförmigkeit untersuchen,
- den Begriff der Durchschnittsgeschwindigkeit erläutern\*,
- Geschwindigkeiten aus Weg- und Zeitmessungen bestimmen,

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

- Bewegungen in s(t)-Diagrammen darstellen und s(t)-Diagramme interpretieren\*,
- Ausgleichsgeraden zeichnen und interpretieren\*,
- Zeiten, Wege und Geschwindigkeiten für Alltagssituationen anhand der Formel  $v = \frac{s}{t}$  (zum Beispiel mit Hilfe eines "Zauberdreiecks") berechnen.

## 4. Elektrizitätslehre

### 4.1 Wirkungen des elektrischen Stromes

**Schüler und Schülerinnen können Wirkungen des elektrischen Stromes beschreiben**

- die Lichtwirkung und die Wärmewirkung des elektrischen Stromes benennen und anhand von Alltagssituationen beschreiben
- die Gefahren des elektrischen Stromes für lebende Organismen benennen.

### 4.2 elektrische Stromkreise

**Schüler und Schülerinnen können elektrische Stromkreise untersuchen und skizzieren**

- die Zusammensetzung des Grundstromkreises beschreiben und mit Hilfe von Schaltzeichen skizzieren,
- einfache Stromkreise aufbauen,
- zwischen Leitern und Nichtleitern (Isolatoren) unterscheiden,
- die Reihen- und Parallelschaltung von Bauelementen unterscheiden\*.

**Schülerexperiment** zu Stromkreisen

## 5. Praktikum

**Schüler und Schülerinnen können Experimente selbständig durchführen und auswerten**

- Schattenbildung untersuchen
- Reflexion des Lichtes untersuchen,
- Brechung des Lichtes untersuchen,
- Dichten bestimmen,
- Stromkreise aufbauen,

Im Rahmen des Praktikums lernen die Schülerinnen und Schüler, ein Versuchsprotokoll anzufertigen.

## Jahrgangsstufe 8

### 1. Mechanik

#### 1.1 Kraft als physikalische Größe

**Schülerinnen und Schüler können die Kraft als physikalische Größe erläutern**

- Beispiele für Kräfte in Natur und Technik nennen
- Den Unterschied zwischen Fachbegriff und Alltagsbegriff erklären
- Kraft als Wechselwirkung beschreiben

**Schülerinnen und Schüler können Arten von Kräften und deren Wirkung beschreiben**

- die Gewichtskraft als ortsabhängige Größe erläutern und mit  $F = m \cdot g$  berechnen
- Kräfte mit Pfeilen darstellen

**Schülerinnen und Schüler können Kräfte an der schiefen Ebene zeichnen\*\***

#### 1.2 Das Hookesche Gesetz

**Schülerinnen und Schüler können das Hookesche Gesetz darstellen**

- Das Hookesche Gesetz experimentell untersuchen und die Ergebnisse mit Diagrammen protokollieren

### **Schülerinnen und Schüler können Schülerexperiment „Hookesches Gesetz“**

- Die Grenzen des Hookeschen Gesetzes beschreiben
- Kräfte an einer Schraubenfeder mit der Formel  $F = D \cdot \Delta s$  berechnen \*\*

### **Schülerinnen und Schüler können Kräfte mithilfe eines Federkraftmessers messen**

## 1.3 Reibungskräfte

### **Schülerinnen und Schüler können Reibungskräfte beschreiben**

- Reibungskräfte nach Haft-, Gleit-, und Rollreibung klassifizieren

### **Schülerinnen und Schüler können Kenntnisse über Reibungskräfte auf praktische Sachverhalte anwenden**

- Die Abhängigkeit der Reibungskräfte in Abhängigkeit von der Beschaffenheit der Berührungsflächen und von der Gewichtskraft qualitativ erklären

### **Schülerinnen und Schüler können den Unterschied zwischen erwünschter und unerwünschter Reibung erläutern**

#### 1.4 Kraftumformende Einrichtungen

**Schülerinnen und Schüler können den Hebel als kraftumformende Einrichtung beschreiben, erklären und Berechnungen durchführen**

- Den Unterschied zwischen einseitigem und zweiseitigem Hebel beschreiben
- Das Hebelgesetz experimentell untersuchen
- Schülerexperiment „Hebelgesetz“
- Kräfte an einem Hebel mit der Formel  $F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$  berechnen\*

**Die Anwendung des Hebels in Natur und Technik beschreiben**

#### 1.5 Energie als physikalische Größe

**Schülerinnen und Schüler können Energie als physikalische Größe erläutern**

- Den Prozess der Energieübertragung erklären
- Übertragene mechanische Energie als Produkt aus Kraft und Weg definieren:  $\Delta E = F \cdot s$ ;  $F = \text{const.}$ ;  $\vec{F} \uparrow \vec{s}$  mit der Einheit Joule \*

**Schülerinnen und Schüler können die goldene Regel der Mechanik bei einfachen Maschinen (Flaschenzug, Hebel, schiefe Ebene) anwenden.**

## 1.6 Leistung als physikalische Größe

### Schülerinnen und Schüler können die Leistung als physikalische Größe erläutern

- Leistung als Energieabnahme/-aufnahme pro Zeit definieren:  $P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$  \*
- Die Kenntnisse über mechanische Energie und Leistung auf ihren Erfahrungsbereich anwenden inkl. Lösung von Aufgaben

## 2. Elektrizitätslehre

### 2.1 Elektrische Ladungen und elektrische Felder

#### Schülerinnen und Schüler können einfache elektrostatische Phänomene erklären

- Kräfte zwischen elektrischen Ladungen erläutern
- Ladungsnachweis mit dem Elektroskop erklären\*
- Elektrische Phänomene in der Natur beschreiben
- Die Existenz der Elementarladung nennen \*\*

Schülerinnen und Schüler können das elektrische Feld im Sinne der berührungsfreien Kraftwirkung im Raum beschreiben

*SC: Das Phänomen der Influenz beschreiben und erklären*

## 2.2 Modellvorstellungen vom elektrischen Strom

**Schülerinnen und Schüler können die Modellvorstellung vom elektrischen Strom in metallischen Leitern beschreiben**

- Den elektrischen Strom als gerichtete Bewegung wanderungsfähiger Elektronen erklären

**Schülerinnen und Schüler können Gleich- und Wechselstromkreise vergleichen inklusive der Elektronenbewegung\***

## 2.3 Die elektrische Stromstärke

**Schülerinnen und Schüler können die elektrische Stromstärke als physikalische Größe erläutern**

- Die Stromstärke als Maß für die Anzahl der Elektronen, die sich pro Zeitspanne durch einen Leiterquerschnitt bewegen, beschreiben

**Schülerinnen und Schüler können die Stromstärke in einem Stromkreis messen**

**Schülerexperiment** „Messen der Stromstärke“

## 2.4 Die Stromstärke in unverzweigten und verzweigten Stromkreisen

**Schülerinnen und Schüler können Schülerinnen und Schüler können**

- Die Gesetze der Stromstärke im unverzweigten und verzweigten Stromkreis erklären\* ( HS: angeben)

$$I_{\text{ges}} = I_1 = I_2 = \dots = I_n \quad \text{bzw.} \quad I_{\text{ges}} = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

- Die Gesetze auf praktische Beispiele(Sicherung) anwenden\*\*

## 2.5 Die elektrische Spannung als physikalische Größe

### **Schülerinnen und Schüler können die elektrische Spannung als physikalische Größe erläutern**

- Die Spannung als Antrieb des elektrischen Stromes beschreiben

### **Schülerinnen und Schüler können unterschiedliche Spannungsquellen und Größenvorstellungen über Spannungen in der Praxis nennen**

## 2.6 Die Spannung in unverzweigten und verzweigten Stromkreisen

### **Schülerinnen und Schüler können die elektrische Spannung als physikalische Größe erläutern**

- Die Gesetze der Spannung im unverzweigten und verzweigten Stromkreis erklären\* ( HS: angeben)

$$U_{\text{ges}} = U_1 + U_2 + \dots + U_n \quad \text{bzw.} \quad U_{\text{ges}} = U_1 = U_2 = \dots = U_n$$

- Die Spannungen in Stromkreisen mit zwei Bauteilen messen \*

### **Schülerexperiment** „Messen der Spannungen“

## 2.7 Der elektrische Widerstand als physikalische Größe

### **Schülerinnen und Schüler können den Zusammenhang zwischen Spannung und Stromstärke experimentell untersuchen**

- Den elektrischen Widerstand als physikalische Größe erläutern

- den Widerstand  $R = \frac{U}{I}$  \* berechnen
- Den elektrischen Widerstand nach Messung von Spannung und Stromstärke berechnen.\*
- Die Abhängigkeit des Widerstands von Länge, Querschnitt und Material benennen

### **Schülerexperiment** „Aufnahme von Kennlinien“

Spezifischer Widerstand  $R = \rho \cdot \frac{l}{A}$  \*\*

## 2.8 Der elektrischen Widerstand als physikalische Größe

### **Schülerinnen und Schüler können das Ohmsche Gesetz mit den Gültigkeitsbedingungen erklären**

- Die temperaturabhängige Widerstandsveränderung in metallischen Leitern mit dem Teilchenmodell erklären \*

## 2.9 Der elektrische Widerstand in unverzweigten und verzweigten Stromkreisen

### **Schülerinnen und Schüler können die Gesetze des elektrischen Widerstands im unverzweigten und verzweigten Stromkreis erklären**

- Den Gesamtwiderstand (Ersatzwiderstand) in Stromkreisen mit zwei Bauteilen berechnen \*\*

## 2.10 Elektrische Energie und Leistung

**Schülerinnen und Schüler können die elektrische Leistung als physikalische Größe erläutern und definieren:  $P = U \cdot I$**

- Die elektrische Energie als physikalische Größe erläutern und definieren:  $E = U \cdot I \cdot t$  \*
- Zwischen den Einheiten kWh und J umrechnen \*\*
- Größenvorstellungen über elektrische Leistung in der Praxis nennen

**Elektrische Energie und Leistung an praktischen Beispielen (Haushalt) berechnen**

## Jahrgangsstufe 9

### 1. Magnetisches Feld

#### 1.1 Feldbegriff

**Schüler und Schülerinnen können magnetische Felder und elektrische Felder unterscheiden und magnetische Felder durch Feldlinienbilder darstellen**

- das Magnetfeld von Dauermagneten mit Hilfe von Feldlinienbildern beschreiben und auf das Magnetfeld der Erde und den Kompass anwenden\*
- das Modell der Elementarmagnete anwenden\*\*

#### 1.2 Magnetfeld stromdurchflossener gerader Leiter und Spulen

**Schüler und Schülerinnen können das Magnetfeld stromdurchflossener Spulen beschreiben**

- die Kraftwirkungen einer Spule in Abhängigkeit von Stromstärke, Windungszahl und Länge der Spule benennen
- die Kraftwirkung zwischen Dauermagnet und einem stromdurchflossenen geraden Leiter (Oersted) sowie zwischen stromdurchflossenen Spulen beschreiben\*\*

**Schüler und Schülerinnen können den Einfluss eines Eisenkernes auf die magnetische Wirkung einer Spule beschreiben**

### 1.3 Anwendungen

**Schüler und Schülerinnen können den Aufbau elektrischer Geräte beschreiben und deren Wirkungsweise erklären\***

- das elektromotorische Prinzip erläutern

**Schüler und Schülerinnen können den Aufbau eines Gleichstrommotors beschreiben und seine Wirkungsweise erklären\*\***

## 2. Elektromagnetische Induktion

### 2.1 Induktionsgesetz

**Schüler und Schülerinnen können das Induktionsgesetz qualitativ beschreiben**

- Bedingungen für das Entstehen einer Induktionsspannung benennen
- die Möglichkeiten zur Erzeugung von Induktionsspannungen untersuchen
- das Induktionsgesetz im Wortlaut formulieren

**Schüler und Schülerinnen können die Abhängigkeiten des Betrages der Induktionsspannung qualitativ beschreiben**

### 2.2 Lenzsches Gesetz

**Schüler und Schülerinnen können das Lenzsche Gesetz im Zusammenhang mit dem Energieerhaltungssatz formulieren\***

- das Lenzsche Gesetz im Wortlaut formulieren
- das Lenzsche Gesetz auf Selbstinduktionsvorgänge anwenden

### 2.3 Anwendungen

**Schüler und Schülerinnen können den Aufbau eines Wechselstromgenerators beschreiben und dessen Wirkungsweise erklären\***

- die Begriffe Wechselspannung und Wechselstrom einordnen
- den Aufbau beschreiben und die Wirkungsweise eines Wechselstromgenerators erklären \*
- den zeitlichen Verlauf von Wechselspannungen und Wechselströmen darstellen\*\*

**Schüler und Schülerinnen können den Aufbau eines Transformators beschreiben und dessen Wirkungsweise erklären**

- den Aufbau beschreiben und die Wirkungsweise eines Transformators erklären
- experimentell die Spannungs- oder Stromstärkeübersetzung untersuchen
- Berechnungen zur Spannungs- und Stromstärkeübersetzung durchführen

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \text{ (Bedingung: unbelasteter Trafo); } \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \text{ (Bedingung: belasteter Trafo ; Kurzschluss)}$$

**Schülerexperiment:** „Spannungs- oder Stromstärkeübersetzung am Transformator“

**Schüler und Schülerinnen können einen Überblick über die Bedeutung des Transformators geben**

- den Einsatz von Transformatoren in technischen Geräten erläutern
- die Energieübertragung vom Kraftwerk bis zum Haushalt erklären

### 3. Energie in Natur und Technik

#### 3.1 Energieformen

**Schüler und Schülerinnen können einen Überblick über Energieformen, Energieträger und Energieumwandlungen geben**

- die Energieformen potentielle Energie, kinetische Energie, Wärmeenergie (innere Energie), elektrische Energie und chemische Energie unterscheiden und Energieträger nennen
- Energieumwandlungsketten angeben
- erneuerbare und fossile Energieträger benennen und deren Einsatz diskutieren

**Schüler und Schülerinnen können den Energieerhaltungssatz formulieren und auf Beispiele anwenden**

- verschiedene Kraftwerkstypen nennen und miteinander vergleichen
- den Begriff Perpetuum mobile einordnen\*

#### 3.2 Wirkungsgrad

**Schüler und Schülerinnen können die physikalische Größe Wirkungsgrad definieren und sicher anwenden**

- zwischen erwünschten und unerwünschten Energieumwandlungen unterscheiden
- den Begriff Energieentwertung beurteilen
- den Wirkungsgrad als Kennzeichen für die Güte einer Anlage zur Energieumwandlung einordnen und berechnen
- $\eta = \frac{E_{\text{nutz}}}{E_{\text{zu}}}$

**Schülerexperiment:** „Wirkungsgrad“ : den Wirkungsgrad eines Tauchsieders oder einer Kochplatte experimentell bestimmen

**Schüler und Schülerinnen können den verantwortungsbewussten Umgang mit Energie und Umweltaspekte diskutieren**

## 4. Kernphysik

### 4.1 Aufbau des Atomkerns

**Schüler und Schülerinnen können den Aufbau eines Atomkerns beschreiben**

- die Bausteine des Atomkerns benennen und deren Eigenschaften beschreiben
- Größenordnungen angeben

### 4.2 Radioaktivität

**Schüler und Schülerinnen können einen Überblick über die Erscheinungen der Radioaktivität geben**

- die Arten der Strahlung ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ) und deren Eigenschaften klassifizieren
- Möglichkeiten des Nachweises angeben\*
- den Nachweis mit einem Geiger-Müller-Zählrohr beschreiben \*\*
- Grundregeln des Strahlenschutzes angeben
- Spontanzerfälle mit Hilfe von Kernzerfallsgleichungen angeben

## 5. Bildentstehung an Linsen

### 5.1 Linsenarten

**Schüler und Schülerinnen können einen Überblick über Linsenarten geben**

- zwischen Sammellinsen und Zerstreuungslinsen unterscheiden
- ihre Kenntnisse über die Brechung des Lichtes auf Linsen anwenden
- den Strahlengang durch optische Linsen einzeichnen

### 5.2 Sammellinsen

**Schüler und Schülerinnen können die Begriffe optische Achse, Brennpunkt, Parallelstrahl, Brennpunktstrahl, Mittelpunktstrahl einordnen**

**Schüler und Schülerinnen können die Bildentstehung an Sammellinsen konstruieren und berechnen**

- reelle und virtuelle Bilder konstruieren\*
- reelle und virtuelle Bilder experimentell erzeugen

**Schülerexperiment:** „Bildentstehung an Sammellinsen“

- die Bildentstehung an Sammellinsen berechnen\*\*
- $\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$  ;  $\frac{G}{B} = \frac{g}{b}$

### 5.3 Optische Geräte

**Schüler und Schülerinnen können den Aufbau optischer Geräte beschreiben und deren Wirkungsweise erklären**

- mögliche Anordnungen: einfacher Fotoapparat, Auge und Sehfehlerkorrektur\*\*, Lupe, Fernrohr\*, Mikroskop\*

## Jahrgangsstufe 10

### 1. Mechanik

#### 1.1 Gleichförmige geradlinige Bewegung

**Schüler und Schülerinnen können die Gesetze der gleichförmigen geradlinigen Bewegung benennen und anwenden**

- den Zusammenhang von Weg und Zeit untersuchen und das Zeit-Weg-Gesetz benennen
- $s(t)$ - und  $v(t)$ -Diagrammen interpretieren
- Geschwindigkeiten abschätzen, Tempolimit im Straßenverkehr
- $s$ ,  $v$ ,  $t$  mit dem Zeit-Weg-Gesetz berechnen

**SC: Überholvorgang**

#### 1.2 gleichmäßig beschleunigte geradlinige Bewegung

**Schüler und Schülerinnen können diesen Bewegungstyp und seine Gesetzmäßigkeiten erklären, erläutern und anwenden**

- die Größe Beschleunigung definieren
- Zusammenhänge zwischen Weg und Zeit, Geschwindigkeit und Zeit sowie Beschleunigung und Zeit bei Bewegungen aus der Ruhe für die gleichmäßig beschleunigte Bewegung beschreiben
- die Gesetze und entsprechenden Diagramme interpretieren \*\*
- die Durchschnittsgeschwindigkeit und die Momentangeschwindigkeit erläutern und berechnen\*

**Schüler und Schülerinnen können die Gesetze des freien Falls nennen und anwenden**

- die Gesetze des freien Falls benennen und Fallbewegungen berechnen

**SC:** Schülerexperiment: Reaktionszeitmessung mit Hilfe eines frei fallenden Lineals

1.3 Überlagerung geradliniger Bewegungen

**Schüler und Schülerinnen können den senkrechten Wurf nach oben und den waagerechten Wurf\*\* erklären**

- die Relativität von Bewegungen interpretieren\*\*
- das Superpositionsprinzip nennen und anwenden\*\*
- den senkrechten Wurf nach oben beschreiben
- experimentell und theoretisch den waagerechten Wurf analysieren\*\*
- die Bahngleichung für den waagerechten Wurf herleiten\*\*

1.4 Die physikalische Größe Kraft

**Schüler und Schülerinnen können die Kraft als gerichtete Größe beschreiben und anwenden**

- Kräfte zeichnerisch und rechnerisch addieren
- Kräftezerlegung anwenden (schiefe Ebene)
- Kraftbeträge in Anwendungsaufgaben berechnen

**SC:** allgemeine Kräftezerlegung zeichnerisch mit Hilfe von Wirkungslinien durchführen

## 1.5 Newtonsche Gesetze / Axiome

### Schüler und Schülerinnen können die Gesetze / Axiome benennen

- das Trägheitsgesetz interpretieren und anwenden
- die kräftefreie Bewegung erklären
- das Newtonsche Grundgesetz benennen und anwenden
- das Wechselwirkungsgesetz beschreiben und anwenden

## 1.6 Mechanische Energie

### Schüler und Schülerinnen können den Energiebegriff und den Energieerhaltungssatz sicher anwenden

- das Heben und Beschleunigen von Massen energetisch beschreiben
- die Energieänderung als Prozessgröße (oder Arbeit) als Fläche im F(s)-Diagramm deuten\*\*
- die kinetische und potenzielle Energie berechnen
- $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ ;  $E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$
- Vorgänge unter Berücksichtigung der Energieerhaltung beschreiben und berechnen

## 1.7 Impuls\*\*

### Schüler und Schülerinnen können die physikalische Größe Impuls und den Impulserhaltungssatz sicher anwenden

- Den Impuls eines Körpers definieren und berechnen

$$p = m \cdot v$$

- Stoßvorgänge nach elastisch und unelastisch klassifizieren

**Schüler und Schülerinnen können den Impulserhaltungssatz nennen und auf einfache Beispiele anwenden**

## 1.8 Gleichförmige Kreisbewegung

**Schüler und Schülerinnen können die Gesetze der Kinematik und der Dynamik der gleichförmigen Kreisbewegung benennen und anwenden**

- Größen der Kreisbewegung beschreiben und berechnen

$$f = \frac{1}{T}; \omega = 2 \cdot \pi \cdot f; v = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T}$$

- die Zentralkraft als Ursache der Kreisbewegung beschreiben und Zusammenhänge mit anderen Größen erläutern

$$F_Z = m \frac{v^2}{r}; a_Z = \frac{v^2}{r}$$

- die Gesetze der Kinematik und Dynamik benennen

**Schüler und Schülerinnen können das Gravitationsgesetz nennen und anwenden\*\***

- die Massenanziehung mit Hilfe des Feldbegriffes erläutern
- die Gravitationskraft und ihre Abhängigkeit vom Abstand zwischen zwei Massen erläutern

$$F_G = \gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

- die Formel der Gravitationskraft nennen und anwenden
- den Zustand der „Schwerelosigkeit“ erklären