



**Thüringer Ministerium  
für  
Bildung, Wissenschaft und Kultur**

**Lehrplan  
für den Erwerb  
des Hauptschul- und des Realschulabschlusses**

**Physik**

**2012**



# Inhaltsverzeichnis

1	Zur Kompetenzentwicklung im Physikunterricht für den Erwerb des Hauptschul- und des Realschulabschlusses.....	5
1.1	Lernkompetenzen.....	6
1.2	Naturwissenschaftliche und fachspezifische Kompetenzen.....	7
2	Ziele des Kompetenzerwerbs in den Klassenstufen 7-10.....	9
2.1	Klassenstufen 7/8.....	9
2.1.1	Themenbereich: Kraft, Druck und mechanische Energie.....	10
2.1.2	Themenbereich: Geladene Körper, Stromkreise, elektrische Größen und elektrische Leitungsvorgänge.....	11
2.1.3	Themenbereich: Temperatur, Wärme und Zustandsänderungen.....	13
2.1.4	Themenbereich: Lichtausbreitung und Bildentstehung.....	14
2.2	Klassenstufe 9 – hauptschulbezogener Abschluss.....	16
2.2.1	Themenbereich: Elektromagnetische Wechselwirkungen.....	16
2.2.2	Themenbereich: Bewegungen und Kräfte.....	17
2.3	Klassenstufen 9/10 – realschulbezogener Abschluss.....	18
2.3.1	Themenbereich: Elektromagnetische Wechselwirkungen.....	18
2.3.2	Themenbereich: Bewegungen, Kräfte und Erhaltungssätze.....	19
2.3.3	Themenbereich: Radioaktivität.....	21
3	Leistungseinschätzung.....	22
3.1	Grundsätze.....	22
3.2	Kriterien .....	23



# 1 Zur Kompetenzentwicklung im Physikunterricht für den Erwerb des Hauptschul- und des Realschulabschlusses

Der Unterricht im Fach Physik ermöglicht dem Schüler<sup>1</sup> den Erwerb überfachlicher sowie naturwissenschaftlicher und fachspezifischer Kompetenzen. Diese Kompetenzen haben gleichermaßen Zielstatus. Sie bedingen einander, durchdringen und ergänzen sich gegenseitig und werden in der Auseinandersetzung mit physikalischen und fächerübergreifenden Inhalten des Unterrichts erworben.

Das Fach Physik verbindet bei der Kompetenzentwicklung naturwissenschaftliche Herangehensweisen mit vielfältigen Aspekten der belebten und unbelebten Umwelt. Dabei werden verschiedene Bezüge zu gesellschaftlichen, mathematischen, historischen und ethischen Sachverhalten hergestellt. Das Fach vertieft dadurch das Interesse an der Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Frage- bzw. Problemstellungen und fördert eine positive Einstellung zu Naturwissenschaften und Technik.

Die naturwissenschaftliche Grundbildung (Scientific Literacy) gehört in unserer durch Naturwissenschaften und Technik geprägten Welt unverzichtbar zu einer zeitgemäßen Allgemeinbildung. Sie bietet im Sinne eines lebenslangen Lernens eine wichtige Grundlage für die Auseinandersetzung mit der sich ständig verändernden Welt und ist Voraussetzung für die Aneignung neuer Erkenntnisse sowie sachgerechter Entscheidungen in vielen persönlichen und alltäglichen Situationen. Eine solide naturwissenschaftliche Grundbildung ist die Basis für eine erfolgreiche Bewältigung von zahlreichen Anforderungen aus verschiedenen Fachgebieten, Berufen und Studienrichtungen.

Bei der Bearbeitung physikalischer Problemstellungen sind mathematische Kompetenzen erforderlich, um physikalische Vorgänge und Begriffe mit Hilfe von Formeln, grafischen Darstellungen, Tabellen und Symbolen beschreiben und diese unter Nutzung physikalischer Gesetze sowie Gesetzmäßigkeiten erklären zu können. Durch Abstrahieren und Quantifizieren wird das Verständnis für physikalische Probleme unterstützt und die Vergleichbarkeit z. B. von Strukturen, Prozessen und Eigenschaften ermöglicht. Mit Hilfe der Mathematik können Analogien und Zusammenhänge aufgezeigt werden, wodurch sich Wissen ordnen und systematisieren lässt. Mathematische Werkzeuge, z. B. Formelsammlungen, Taschenrechner, nehmen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht eine wichtige Rolle ein. Die Nutzung dieser Werkzeuge beeinflusst und unterstützt den Erwerb der allgemeinen Kompetenzen.

Für die heutige Wissensgesellschaft ist es notwendig, in allen Fächern eine Medienkompetenz<sup>2</sup> bei dem Schüler auszubilden. Elektronische Medien sind auch im Physikunterricht zur Gewinnung physikalischer Erkenntnisse, zum Lösen von Problemen, zur Modellbildung, zur Informationsbeschaffung und zur Ergebnispräsentation unverzichtbar, z. B. für Simulationen und Messwerterfassung. Darüber hinaus bieten sich erweiterte Möglichkeiten des individuellen und kooperativen Lernens in virtuellen Arbeits- und Lernplattformen an.

Der Lehrplan ist verbindliche Grundlage für die schulinterne Lehr- und Lernplanung<sup>3</sup>. Die didaktisch-methodische Gestaltung des Unterrichts, die Wahl der Unterrichtsformen sowie die Anordnung von Lerninhalten obliegen dem Lehrer. Zu beachten ist grundsätzlich, dass der Unterricht Möglichkeiten bietet, Schüler mit Lernschwierigkeiten und Schüler mit besonderen Begabungen gleichermaßen zu fördern. Fachübergreifende Themen wie auch die Bereitstellung von Lernvoraussetzungen erfordern eine gezielte Abstimmung zwischen beteiligten Fächern.

---

1 Personenbezeichnungen gelten für beide Geschlechter.

2 Thüringer Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur: Kursplan Medienkunde, 2010.

3 Thüringer Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur: Leitgedanken zu den Thüringer Lehrplänen für den Erwerb der allgemein bildenden Schulabschlüsse, 2011, Kapitel 3.

## 1.1 Lernkompetenzen

Alle Unterrichtsfächer zielen gleichermaßen auf die Entwicklung von Lernkompetenzen, da sie eine zentrale Bedeutung für den Umgang mit komplexen Anforderungen in Schule, Beruf und Gesellschaft haben. Im Mittelpunkt steht dabei die Entwicklung der Methoden-, Selbst- und Sozialkompetenzen, die einen überfachlichen Charakter aufweisen. Lernkompetenzen werden im Kontext mit geeigneten Fachinhalten entwickelt und erhalten so eine naturwissenschaftliche- bzw. fachspezifische Ausprägung.

### Methodenkompetenz – effizient lernen

Der Schüler kann

- Aufgaben und Probleme analysieren und Lösungsstrategien entwickeln,
- geeignete Methoden für die Lösung von Aufgaben und Problemen auswählen und anwenden sowie Arbeitsphasen zielgerichtet planen und umsetzen,
- zu einem Sachverhalt relevante Informationen aus verschiedenen Quellen (z. B. Lehrbuch, Lexika, Internet) sachgerecht und kritisch auswählen,
- Informationen aus verschiedenen Darstellungsformen (z. B. Texte, Symbole, Diagramme, Tabellen, Schemata) erfassen, diese verarbeiten und interpretieren,
- Informationen geeignet darstellen und in andere Darstellungsformen übertragen,
- unter Nutzung der Methoden des forschenden Lernens Erkenntnisse über Zusammenhänge, Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten gewinnen und anwenden,
- Definitionen, Regeln und Gesetzmäßigkeiten formulieren und verwenden,
- sein Wissen systematisch strukturieren sowie Querbezüge zwischen Wissenschaftsdisziplinen herstellen,
- Arbeitsergebnisse verständlich und anschaulich präsentieren,
- Medien sachgerecht nutzen und
- Vorgehensweisen, Lösungsstrategien und Ergebnisse reflektieren.

### Selbst- und Sozialkompetenz – selbstregulierend und mit anderen lernen

Der Schüler kann

- Lernziele für seine eigene Arbeit und die Arbeit der Lerngruppe festlegen, Vereinbarungen treffen und deren Umsetzung realistisch beurteilen,
- individuell und in kooperativen Lernformen lernen,
- Verhaltensziele und -regeln für sich und für die Lerngruppe vereinbaren, deren Einhaltung beurteilen und daraus Schlussfolgerungen ziehen,
- Verantwortung für den eigenen und für den gemeinsamen Arbeitsprozess übernehmen,
- situations- und adressatengerecht kommunizieren,
- sich sachlich mit der Meinung Anderer auseinander setzen,
- den eigenen Standpunkt sach- und situationsgerecht vertreten,
- respektvoll mit anderen Personen umgehen,
- Konflikte angemessen bewältigen,
- seinen eigenen und den Lernfortschritt der Mitschüler reflektieren und einschätzen und
- seine naturwissenschaftlichen sowie fachspezifischen Kenntnisse bewusst nutzen, um
  - Entscheidungen im Alltag sachgerecht zu treffen und sich entsprechend zu verhalten,
  - Eingriffe des Menschen in die belebte und unbelebte Umwelt sachgerecht zu bewerten,
  - die Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse sachgerecht zu bewerten,
  - sein Weltbild weiterzuentwickeln.

## 1.2 Naturwissenschaftliche und fachspezifische Kompetenzen

Die Fächer des naturwissenschaftlichen Aufgabenfeldes gewährleisten eine solide naturwissenschaftliche Grundbildung. Bei der Bearbeitung von Fragestellungen erschließt, verwendet und reflektiert der Schüler naturwissenschaftliche Methoden und Fachwissen. Die nachfolgend ausgewiesenen naturwissenschaftlichen und fachspezifischen Kompetenzen umfassen die Methodenkompetenz und die Sachkompetenz.

Die Entwicklung der Methodenkompetenz versteht sich als gemeinsame Zielsetzung aller naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer und erhält im konkreten Fach ihre fachspezifische Ausprägung. Sie wird in fachlichen Kontexten erworben.

Sie bezieht sich insbesondere auf

- Methoden der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung, also auf experimentelles und theoretisches Arbeiten,
- Kommunikation,
- Reflexion und Bewertung naturwissenschaftlicher Sachverhalte in fachlichen und gesellschaftlichen Kontexten.

Der Schüler kann

- geeignete Methoden der Erkenntnisgewinnung auswählen und anwenden, d. h.
  - naturwissenschaftliche Sachverhalte analysieren (z. B. auf der Grundlage von Beobachtungen und Experimenten) und beschreiben,
  - naturwissenschaftliche Sachverhalte vergleichen und ordnen,
  - kausale Beziehungen ableiten und naturwissenschaftliche Aussagen bzw. Entscheidungen begründen,
  - naturwissenschaftliche Sachverhalte mit Hilfe von Fachwissen erklären,
  - Modellvorstellungen und Modelle nutzen,
  - mathematische Verfahren sachgerecht anwenden,
  - sachgerecht Schlüsse ziehen,
  - Beobachtungen, Untersuchungen und Experimente selbstständig planen, durchführen, auswerten sowie protokollieren bzw. dokumentieren,
  - einfache Fehlerbetrachtungen vornehmen,
  - naturwissenschaftliche Arbeitstechniken sachgerecht ausführen und die dazu erforderlichen Geräte, Materialien, Chemikalien und Naturobjekte sachgerecht verwenden,
  - die Schrittfolge der experimentellen Methode anwenden
    - Fragen formulieren und Hypothesen aufstellen,
    - Beobachtungen und Untersuchungen, qualitative und quantitative Experimente zur Prüfung der Hypothesen planen, durchführen, dokumentieren und auswerten,
    - aus den Ergebnissen Erkenntnisse ableiten und die Gültigkeit der Hypothesen prüfen bzw. Fragen beantworten,
- kritisch reflektieren und sachgerecht bewerten, d. h.
  - naturwissenschaftliche Sachverhalte mit Gesellschafts- und Alltagsrelevanz (z. B. die Anwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse, Forschungsmethoden, persönliche Verhaltensweisen)
    - aus naturwissenschaftlicher Sicht und aus weiteren Perspektiven (z. B. wirtschaftlichen, ethischen, gesellschaftlichen) unter Verwendung geeigneter Kriterien reflektieren,
    - Ergebnisse wichten und sich einen persönlichen Standpunkt bilden,
  - Informationen und Aussagen hinterfragen, auf fachliche Richtigkeit prüfen und sich eine Meinung bilden,

- sachgerecht kommunizieren, d. h.
  - fachlich sinnvolle Fragen, Hypothesen und Aussagen formulieren,
  - Fachinformationen aus verschiedenen Darstellungsformen (z. B. Texte, Formelsammlungen, Diagramme, Tabellen, Schemata, Formeln, Gleichungen) zielgerichtet entnehmen, auswerten bzw. interpretieren und ggf. kritisch bewerten,
  - naturwissenschaftliche Sachverhalte übersichtlich darstellen (z. B. als Skizze, Diagramm) und dabei die Fachsprache (z. B. Fachbegriffe, Formelzeichen, chemische Gleichungen) korrekt verwenden,
  - zwischen Fachsprache und Alltagssprache unterscheiden,
  - mathematische Werkzeuge (z. B. Taschenrechner) sinnvoll einsetzen.

Die Sachkompetenz weist einen starken Bezug zum konkreten Fach auf. Sie ist durch das Fachwissen geprägt. Zur Strukturierung und Vernetzung des Fachwissens dienen Basiskonzepte<sup>4</sup>. Sie sind Grundlage für das Verständnis von naturwissenschaftlichen Prinzipien. Die Sachkompetenz im Physikunterricht orientiert sich an nachfolgenden Basiskonzepten.

### ***Materie***

Der Schüler kann die Strukturiertheit der Materie und den Zusammenhang zwischen dem inneren Aufbau der Materie und den Körpereigenschaften, Naturphänomenen sowie technischen Prozessen erfassen.

### ***Wechselwirkungen***

Der Schüler kann sowohl direkte als auch über Felder vermittelte Wechselwirkungen von Körpern beschreiben und erklären. Dabei ist wichtig, dass nicht nur ein Körper eine Wirkung erfährt, sondern alle beteiligten Körper erfasst werden bzw. sich die wirkende Strahlung verändert.

### ***System***

Der Schüler kann komplexe Systeme aus Natur und Technik in fassbare Teilsysteme zerlegen, wobei Systemgrenzen bzw. Wirkungsbedingungen unter Beachtung physikalischer Gesetze zweckmäßig festzulegen sind. Dadurch ist er in der Lage, das gewählte System abzugrenzen und modellhaft zu beschreiben. Diese Einschränkung ermöglicht das Erfassen komplexer Abläufe.

### ***Energie***

Der Schüler kann Energie als wesentlichen Aspekt aller natürlichen und technischen Prozesse erfassen. Der Betrag der Energie bleibt grundsätzlich erhalten. Sie kann transportiert, in andere Energieformen umgewandelt bzw. in verschiedenen Energieformen gespeichert werden. Dabei kann Energie auch als Träger von Informationen fungieren bzw. ein Stoff beim Transport Träger der Energie sein. Der Schüler kann nachvollziehen, dass nicht alle nach dem allgemeinen Energieerhaltungssatz theoretisch möglichen Energieumwandlungen bzw. -übertragungen in Natur und Technik real existieren.

---

4 Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland: Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz in den Fächern Biologie, Chemie und Physik für den Mittleren Schulabschluss, Wolters Kluwer Deutschland GmbH, München, 2005.



## **2 Ziele des Kompetenzerwerbs in den Klassenstufen 7-10**

Grundlage des Kompetenzerwerbs des in der Klassenstufe 7 einsetzenden Fachs Physik bilden vor allem die bereits erworbenen Sach- und Methodenkompetenzen des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Nach ersten Erfahrungen aus dem Heimat- und Sachkundeunterricht bis Klassenstufe 4 bestimmen hier vor allem die entwickelten Kompetenzen im Fach Mensch-Natur-Technik der Klassenstufen 5/6 die Lernausgangslage. Der Schüler kann ausgewählte physikalische Begriffe und naturwissenschaftliche Arbeitsweisen anwenden (Grundverständnis). Auf dieser Grundlage kann er altersgerechte Fragen und Vermutungen aufstellen, Messwerte erfassen und grafisch darstellen.

Dem experimentellen Charakter des Fachs Physik wird durch die Angabe verpflichtender Schwerpunkte für Schülerexperimente Rechnung getragen. Diese werden mit dem Symbol „➤“ gekennzeichnet. Zusätzlich zu diesem angegebenen Minimum an verbindlichen experimentellen Schülertätigkeiten weist der Lehrplan über die Angabe geeigneter Operatoren (messen, experimentell bestimmen, aufbauen, prüfen usw.) weitere Gelegenheiten zum Experimentieren aus.

Innerhalb jedes Themenbereichs werden Vorschläge für Projekte bzw. projektartige Unterrichtssequenzen angeboten. Diese sind nicht verpflichtend, sondern stellen Angebote für Erweiterungen dar. Hier ergeben sich Möglichkeiten zur individuellen Förderung und es entstehen vielfältige Gelegenheiten für die Einbindung schulischer und gesellschaftlicher Kontexte. Um die Jugendlichen noch stärker für physikalische Fragestellungen zu sensibilisieren, ist dabei auch die Integration außerschulischer Lernorte (z. B. regionaler Einrichtungen, Firmen oder Ausstellungen) anzustreben.

### **2.1 Klassenstufen 7/8**

Den Zielbeschreibungen für die einzelnen Themenbereiche sind Ausführungen zur Lernausgangslage vorangestellt. Dabei werden in knapper Form die aus der Sicht der Kompetenzentwicklung im Physikunterricht der Klassenstufen 7/8 wesentlichen Lernvoraussetzungen aufgeführt. Diese haben orientierende Funktion, da sich Schüler am Ende der Klassenstufe 6 auf unterschiedlichen Kompetenzstufen befinden können und der beschriebenen Lernausgangslage sowie den damit verbundenen Erwartungen in differenzierter Weise gerecht werden.

## 2.1.1 Themenbereich: Kraft, Druck und mechanische Energie

### **Lernausgangslage**

Im Fach Mensch-Natur-Technik wurde ein Grundverständnis zu den physikalischen Begriffen Körper, Stoff, Kraft, Hebel, Gleichgewicht, Auftrieb, Energie und Energieumwandlung entwickelt. Dabei ist die Methodenkompetenz so weit ausgeprägt, dass der Schüler mit Hilfsmitteln (z. B. Waage, Lineal, Federkraftmesser, Messzylinder) sachgerecht umgehen sowie beobachten, beschreiben und messen kann.

### **Klassenstufe 8**

#### **Sach- und Methodenkompetenz**

##### **Körper und Stoffe**

Der Schüler kann

- Körper als abgegrenzte Menge eines Stoffs oder mehrerer Stoffe charakterisieren,
- Masse und Volumen als physikalische Größen beschreiben,
- den Zusammenhang zwischen Masse und Volumen eines Körpers grafisch darstellen und interpretieren,
- die Dichte eines Körpers mit Hilfe seiner Kenntnisse über Volumen und Masse als physikalische Größe beschreiben, berechnen und experimentell bestimmen.

➤ **Schülerexperiment** zur Bestimmung der Dichte eines Körpers

##### **Kraft**

Der Schüler kann

- die Kraft als physikalische Größe charakterisieren,
- mechanische Wechselwirkungen zwischen Körpern beschreiben,
- Kraftwirkungen unterscheiden,
- Reibungs- und Gewichtskraft sowie weitere Kraftarten charakterisieren,
- Reibungs- und Gewichtskraft messen,
- den Zusammenhang zwischen Kraft und Längenänderung einer Feder untersuchen und bei der Beschreibung der Wirkungsweise eines Federkraftmessers anwenden,
- die Kraft als gerichtete physikalische Größe zeichnerisch darstellen.

##### **Druck**

Der Schüler kann

- den Druck als physikalische Größe charakterisieren,
- zwischen Druckkraft und Druck unterscheiden und beide Größen berechnen,
- den Druck als eine Eigenschaft von Flüssigkeiten und Gasen mit Hilfe des Teilchenmodells erklären,
- seine Kenntnisse über den Druck an einem ausgewählten Beispiel (z. B. hydraulische Anlage) anwenden.

### **Mechanische Energie**

Der Schüler kann

- die mechanische Arbeit, die mechanische Leistung und die mechanische Energie als physikalische Größen charakterisieren,
- die mechanische Arbeit und die mechanische Leistung berechnen,
- zwischen potentieller und kinetischer Energie unterscheiden,
- den Energieerhaltungssatz der Mechanik an einem ausgewählten Beispiel (z. B. geneigte Ebene) anwenden.

### **Selbst- und Sozialkompetenz**

Der Schüler kann

- Experimente einzeln und im Team vorbereiten, durchführen und auswerten,
- den sparsamen und umweltschonenden Umgang mit Energie und Materialien begründen und daraus Konsequenzen für das eigene Handeln ableiten,
- seine Erkenntnisse unter Verwendung der physikalischen Fachsprache dokumentieren und präsentieren,
- sich in Fachräumen und beim Experimentieren regelgerecht verhalten und arbeiten.

### ***Projektvorschläge***

- Reibungsvorgänge in Natur und Technik
- Kraftumformende Einrichtungen im Alltag
- Sinken – Schweben – Steigen – Schwimmen

## **2.1.2 Themenbereich: Geladene Körper, Stromkreise, elektrische Größen und elektrische Leitungsvorgänge**

### ***Lernausgangslage***

Im Fach Mensch-Natur-Technik wurde ein Grundverständnis zu den physikalischen Begriffen Körper, Stoff, Kraft, Bewegung, Energie, Energieumwandlung, Temperatur sowie zum Teilchenmodell entwickelt. Dabei ist die Methodenkompetenz so weit ausgeprägt, dass der Schüler mit Hilfsmitteln sachgerecht umgehen sowie beobachten, beschreiben und messen kann.

### **Klassenstufe 8**

### **Sach- und Methodenkompetenz**

#### **Ladung als elektrische Grunderscheinung**

Der Schüler kann

- Ladungsarten anhand von Kraftwirkungen charakterisieren,
- das elektrische Feld im Sinne der berührungsfreien Kraftwirkung im Raum beschreiben.

## **Stromkreise**

Der Schüler kann

- den grundlegenden Aufbau eines Stromkreises beschreiben und mit Hilfe von Schaltzeichen skizzieren,
- Stromkreise aufbauen,
- zwischen Leitern und Nichtleitern (Isolatoren) unterscheiden,
- den Stromfluss in Metallen beschreiben,
- die Reihen- und Parallelschaltung von Bauelementen unterscheiden,
- die Wirkungen des elektrischen Stroms beschreiben, elektrische Energie und Arbeit im Zusammenhang mit den dabei auftretenden Energieumwandlungen charakterisieren.

## **Größen der Elektrizität**

Der Schüler kann

- die elektrische Stromstärke, die elektrische Spannung und den elektrischen Widerstand als physikalische Größen charakterisieren,
- die elektrische Stromstärke und die elektrische Spannung messen,
- den elektrischen Widerstand als Quotient aus Spannung und Stromstärke berechnen.

➤ **Schülerexperiment** zum Messen elektrischer Größen

## **Elektrische Leitungsvorgänge**

Der Schüler kann

- Leitungsvorgänge in Gasen und Halbleitern anhand je einer ausgewählten Anwendung beschreiben (z. B. Leuchtstofflampe, Fotowiderstand, Thermistor).

## **Selbst- und Sozialkompetenz**

Der Schüler kann

- seine Beobachtungen und Erkenntnisse unter Verwendung der physikalischen Fachsprache dokumentieren und adressatengerecht präsentieren,
- seine Beobachtungen und Arbeitsmethoden reflektieren,
- die Gefahren des elektrischen Stroms beurteilen und situationsgerechtes Handeln ableiten,
- Experimente einzeln und im Team vorbereiten, durchführen und auswerten.

## **Projektvorschläge**

- Anwendung und Berechnung elektrischer Schaltungen
- Elektrische Energie im Haushalt
- Elektroinstallation in Gebäuden
- Anwendung von Halbleiterbauelementen (z. B. Transistor, LED, Solarzelle)
- Anwendung von Leitungsvorgängen in Flüssigkeiten

## 2.1.3 Themenbereich: Temperatur, Wärme und Zustandsänderungen

### **Lernausgangslage**

Im Fach Mensch-Natur-Technik wurde ein Grundverständnis zu den physikalischen Begriffen Körper, Stoff, Bewegung, Energie, Energieumwandlung, Temperatur, Teilchenmodell, Aggregatzustand, Wärme, Wärmeübertragung und Wärmedämmung entwickelt. Dabei ist die Methodenkompetenz so weit ausgeprägt, dass der Schüler mit Hilfsmitteln (z. B. Uhr, Thermometer, Waage, Lineal, Messzylinder) sachgerecht umgehen sowie beobachten, beschreiben und messen kann.

### **Klassenstufe 8**

#### **Sach- und Methodenkompetenz**

##### **Temperatur und Wärme**

Der Schüler kann

- die Temperatur als physikalische Größe charakterisieren,
- verschiedene Temperaturskalen vergleichen,
- den absoluten Nullpunkt der Temperatur mit Hilfe seiner Kenntnisse über das Teilchenmodell charakterisieren,
- Wärme und thermische Energie als physikalische Größen charakterisieren und voneinander unterscheiden,
- an ausgewählten thermodynamischen Prozessen Energieumwandlungen und -übertragungen beschreiben,
- die Bedeutung der spezifischen Wärmekapazität von Stoffen erklären,
- die Grundgleichung der Wärmelehre interpretieren und bei der Lösung von einfachen Aufgaben anwenden,
- anhand praktischer Beispiele die temperaturabhängige Volumenänderung von Körpern beschreiben und erklären,
- die Anomalie des Wassers beschreiben.

##### **Wärme und Aggregatzustandsänderungen**

Der Schüler kann

- verschiedene Aggregatzustände vergleichen und Aggregatzustandsänderungen mit Hilfe des Teilchenmodells erklären,
- Umwandlungswärmen bei Aggregatzustandsänderungen experimentell nachweisen,
- Aggregatzustandsänderungen unter energetischen Gesichtspunkten beschreiben.

➤ **Schülerexperiment** zur Aufnahme eines Temperatur-Zeit-Diagramms für das Sieden oder Schmelzen

## Selbst- und Sozialkompetenz

Der Schüler kann

- Entscheidungen im Hinblick auf Energie unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit bewerten und Konsequenzen für das eigene Handeln ableiten,
- die Bedeutung physikalischer Erkenntnisse für persönliche und gesellschaftliche Entscheidungen einschätzen,
- die Bedeutung der Anomalie des Wassers für die Natur beurteilen,
- konzentriert, selbstständig und verantwortungsbewusst Messungen durchführen und auswerten,
- sich beim Experimentieren regelgerecht verhalten und die Festlegungen des Arbeitsschutzes einhalten.

### Projektvorschläge

- Wettererscheinungen – Aggregatzustandsänderungen in der Natur
- Geschichte der Temperaturmessung
- Bau eines Celsiusthermometers
- Wärmedämmung beim Hausbau
- Wärmekraftmaschinen – Technische Anwendungen der Thermodynamik
- Wirkungsweise und Anwendung von Wärmepumpen

## 2.1.4 Themenbereich: Lichtausbreitung und Bildentstehung

### Lernausgangslage

Im Fach Mensch-Natur-Technik wurde ein Grundverständnis zu den physikalischen Begriffen Körper, Stoff, Bewegung und Energie entwickelt. Dabei ist die Methodenkompetenz so weit ausgeprägt, dass der Schüler mit Hilfsmitteln (z. B. Lineal, Winkelmesser, Lupe, Mikroskop) sachgerecht umgehen sowie beobachten, beschreiben und messen kann.

## Klassenstufe 8

### Sach- und Methodenkompetenz

#### Lichtausbreitung

Der Schüler kann

- Lichtquellen und beleuchtete Körper unterscheiden und Beispiele zuordnen,
- die allseitige und geradlinige Ausbreitung des Lichts unter Verwendung des Modells Lichtstrahl beschreiben,
- die Schattenbildung an Körpern zeichnerisch darstellen.

➤ **Schülerexperiment** zur Schattenbildung

## **Reflexion**

Der Schüler kann

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

➤ **Schülerexperiment** zur Reflexion des Lichts

## **Brechung**

Der Schüler kann

- die Brechung des Lichts beschreiben und Strahlenverläufe zeichnen,
- für den Übergang des Lichts von Luft in Glas und umgekehrt den Einfallswinkel und Brechungswinkel messen,
- das Brechungsgesetz qualitativ für den Übergang des Lichts von Luft in Glas und umgekehrt formulieren.

➤ **Schülerexperiment** zur Brechung des Lichts

## **Bildentstehung an optischen Linsen**

Der Schüler kann

- optische Linsen unterscheiden und einen Überblick über deren Einsatz geben,
- den Strahlenverlauf an Sammellinsen mit Hilfe der Hauptstrahlen unter Verwendung des Brennpunkts sowie der Linsenebene beschreiben und zeichnen,
- reelle Bilder an Sammellinsen konstruieren und Eigenschaften der Bilder bestimmen,
- seine Kenntnisse über die Bildentstehung zur Erklärung der Wirkungsweise eines optischen Gerätes (z. B. Projektor, Fotoapparat) anwenden.

## **Selbst- und Sozialkompetenz**

Der Schüler kann

- seine Beobachtungen und eingesetzten Arbeitsmethoden reflektieren,
- optische Sachverhalte exakt darstellen und konstruieren,
- seine Erkenntnisse bzgl. optischer Sachverhalte unter Verwendung der physikalischen Fachsprache dokumentieren und adressatengerecht präsentieren,
- in kooperativen Arbeitsformen lernen und Verantwortung für den gemeinsamen Arbeitsprozess übernehmen.

## **Projektvorschläge**

- Strahlenverlauf am Prisma
- Entstehung des Regenbogens
- Aufbau, Funktion sowie Bau von optischen Geräten
- Sehfehlerkorrektur und Sehhilfen
- Gekrümmte Spiegel im Alltag

## 2.2 Klassenstufe 9 – hauptschulbezogener Abschluss

### 2.2.1 Themenbereich: Elektromagnetische Wechselwirkungen

<b>Klassenstufe 9</b>
<b>Sach- und Methodenkompetenz</b>
<p>Der Schüler kann</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Magnete durch das Vorhandensein zweier untrennbar verbundener Pole und die Kraftwirkung auf ferromagnetische Stoffe, stromdurchflossene Leiter und andere Magnete charakterisieren,</li><li>– das magnetische Feld im Sinne der berührungsfreien Kraftwirkung im Raum beschreiben und mit dem elektrischen Feld vergleichen,</li><li>– das Magnetfeld der Erde beschreiben,</li><li>– den Aufbau und die Wirkungsweise von Elektromagneten beschreiben,</li><li>– die Kraftwirkung auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld beschreiben,</li><li>– eine Anwendung magnetischer Wirkungen (z. B. Elektromotor, Lautsprecher, Relais, Türöffner) beschreiben.</li></ul> <p>➤ <b>Schülerexperiment</b> zu Kraftwirkungen von Magneten</p>
<b>Selbst- und Sozialkompetenz</b>
<p>Der Schüler kann</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– konzentriert und verantwortungsbewusst Experimente im Team vorbereiten, durchführen und auswerten,</li><li>– in kooperativen Arbeitsformen lernen und Verantwortung für den gemeinsamen Arbeitsprozess übernehmen,</li><li>– den Elektromagnetismus als eine wesentliche Quelle des hohen gesellschaftlichen Lebensstandards einschätzen.</li></ul>

#### **Projektvorschläge**

- Entwicklung der elektrischen Lichttechnik
- Photovoltaik als eine technische Nutzung der Solarenergie
- Alternative Antriebskonzepte
- Anwendungen von Elektromagneten in der Technik



## 2.2.2 Themenbereich: Bewegungen und Kräfte

<b>Klassenstufe 9</b>
<b>Sach- und Methodenkompetenz</b>
<b><u>Bewegungen</u></b> Der Schüler kann <ul style="list-style-type: none"><li>– den Begriff der Bewegung definieren,</li><li>– den Weg, die Zeit, die Geschwindigkeit sowie die Beschleunigung als physikalische Größen charakterisieren, messen und berechnen,</li><li>– die geradlinig gleichförmige Bewegung mit Hilfe von Gleichungen und Diagrammen beschreiben,</li><li>– die geradlinig gleichmäßig beschleunigte Bewegung mit Hilfe von Gleichungen und Diagrammen beschreiben,</li><li>– die Bewegungsgesetze auf den freien Fall und andere Beispiele anwenden sowie Diagramme interpretieren,</li><li>– die Bewegungsformen und -arten unterscheiden,</li></ul> <p>➤ <b>Schülerexperiment</b> zur Untersuchung eines Bewegungsvorgangs</p>
<b><u>Kräfte</u></b> Der Schüler kann <ul style="list-style-type: none"><li>– Alltagsvorgänge mit Hilfe der newtonschen Gesetze erklären,</li><li>– das newtonsche Grundgesetz zur Berechnung von Beschleunigungen und Kräften bei Bewegungsvorgängen anwenden,</li><li>– die Gravitation als elementare Grunderscheinung beschreiben,</li><li>– Beispiele für das Wirken der Gravitation beschreiben (z. B. Gewichtskraft, Gezeiten, Planetenbewegung).</li></ul>
<b>Selbst- und Sozialkompetenz</b>
Der Schüler kann <ul style="list-style-type: none"><li>– Ziele für seine eigene Arbeit und die Arbeit der Lerngruppe festlegen, Vereinbarungen treffen und deren Umsetzung realistisch beurteilen,</li><li>– aus seinen Kenntnissen über die Kinematik und Dynamik Konsequenzen für das Verhalten (z. B. im Straßenverkehr) ableiten,</li><li>– konzentriert, selbstständig und verantwortungsbewusst Messungen planen, durchführen und auswerten,</li><li>– ausgehend von seinen Kenntnissen über die newtonschen Gesetze das Wirken von kausalen Zusammenhängen verallgemeinern und in seine persönlichen Entscheidungen einbeziehen.</li></ul>

### **Projektvorschläge**

- Bewegungen im Alltag und im Sport
- Physik am Fahrrad

## 2.3 Klassenstufen 9/10 – realschulbezogener Abschluss

### 2.3.1 Themenbereich: Elektromagnetische Wechselwirkungen

<b>Klassenstufe 10</b>
<b>Sach- und Methodenkompetenz</b>
<p>Der Schüler kann</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Magnete durch das Vorhandensein zweier untrennbar verbundener Pole und die Kraftwirkung auf ferromagnetische Stoffe, stromdurchflossene Leiter und andere Magnete charakterisieren,</li><li>– das magnetische Feld im Sinne der berührungsfreien Kraftwirkung im Raum beschreiben und mit dem elektrischen Feld vergleichen,</li><li>– das Magnetfeld der Erde beschreiben,</li><li>– den Aufbau und die Wirkungsweise von Elektromagneten beschreiben,</li><li>– die Kraftwirkung auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld beschreiben,</li><li>– eine Anwendung magnetischer Wirkungen (z. B. Elektromotor, Lautsprecher, Relais, Türöffner) beschreiben,</li><li>– die Induktionsbedingungen benennen und das Induktionsgesetz qualitativ formulieren,</li><li>– den Aufbau eines Generators oder Transformators beschreiben und die Wirkungsweise erklären,</li><li>– Gleich- und Wechselspannung anhand des zeitlichen Verlaufs vergleichen,</li><li>– die Kenngrößen Frequenz, Periodendauer und Amplitude am Beispiel der Wechselspannung beschreiben,</li><li>– die Energieumwandlungen in einem Kraftwerk oder die Energieübertragung im Stromverbundnetz beschreiben und erklären.</li></ul> <p>➤ <b>Schülerexperiment</b> zu Kraftwirkungen von Magneten</p> <p>➤ <b>Schülerexperiment</b> zu den Induktionsbedingungen</p>
<b>Selbst- und Sozialkompetenz</b>
<p>Der Schüler kann</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– konzentriert und verantwortungsbewusst Experimente im Team vorbereiten, durchführen und auswerten,</li><li>– in kooperativen Arbeitsformen lernen und Verantwortung für den gemeinsamen Arbeitsprozess übernehmen,</li><li>– sachlich fundierte Schlussfolgerungen für den Umgang mit elektrischer Energie ableiten,</li><li>– den Elektromagnetismus als eine wesentliche Quelle des hohen gesellschaftlichen Lebensstandards einschätzen.</li></ul>

### **Projektvorschläge**

- Entwicklung der elektrischen Lichttechnik
- Photovoltaik als eine technische Nutzung der Solarenergie
- Alternative Antriebskonzepte
- Anwendungen von Elektromagneten in der Technik
- Elektrische Messgeräte im Wandel der Zeit
- Anwendungen der Induktion in der Technik

### **2.3.2 Themenbereich: Bewegungen, Kräfte und Erhaltungssätze**

<b>Klassenstufe 10</b>
<b>Sach- und Methodenkompetenz</b>
<b><u>Bewegungen</u></b>  Der Schüler kann <ul style="list-style-type: none"><li>– den Begriff der Bewegung definieren,</li><li>– den Weg, die Zeit, die Geschwindigkeit sowie die Beschleunigung als physikalische Größen charakterisieren, messen und berechnen,</li><li>– die geradlinig gleichförmige Bewegung mit Hilfe von Gleichungen und Diagrammen beschreiben,</li><li>– die geradlinig gleichmäßig beschleunigte Bewegung mit Hilfe von Gleichungen und Diagrammen beschreiben,</li><li>– die Bewegungsgesetze auf den freien Fall und andere Beispiele anwenden sowie Diagramme interpretieren,</li><li>– die Bewegungsformen und -arten unterscheiden,</li><li>– die gleichförmige Kreisbewegung mit Hilfe von Bahngeschwindigkeit, Umlaufzeit und Drehzahl beschreiben,</li><li>– Schwingungen als periodische Bewegungen mit Hilfe ihrer Kenngrößen sowie der grafischen Darstellung beschreiben,</li><li>– periodische Energieumwandlungen bei Schwingungen qualitativ beschreiben,</li><li>– eine Welle als Ausbreitung einer Schwingung im Raum mit Hilfe ihrer Kenngrößen beschreiben und Beispiele benennen,</li><li>– die Welle als besondere Form der Energieübertragung definieren,</li><li>– Beispiele für die Ausbreitung von Wellen und ihre Anwendungen beschreiben.</li></ul> <p>➤ <b>Schülerexperiment</b> zur Untersuchung eines Bewegungsvorgangs</p> <p>➤ <b>Schülerexperiment</b> zur Schwingungsdauer</p>

## **Kräfte**

Der Schüler kann

- Alltagsvorgänge mit Hilfe der newtonschen Gesetze erklären,
- das newtonsche Grundgesetz zur Berechnung von Beschleunigungen und Kräften bei Bewegungsvorgängen anwenden,
- die Gravitation als elementare Grunderscheinung beschreiben,
- Beispiele für das Wirken der Gravitation beschreiben (z. B. Gewichtskraft, Gezeiten, Planetenbewegung).

## **Erhaltungssätze**

Der Schüler kann

- verschiedene Energieformen benennen und Beispielen zuordnen,
- die Energie als Zustandsgröße definieren,
- den Zusammenhang zwischen Arbeit und Energie darstellen und mit Hilfe von Beispielen erklären,
- die Energieumwandlung, -übertragung und -speicherung am Beispiel der Versorgung mit elektrischer Energie beschreiben,
- den Wirkungsgrad von Energieumwandlungen an ausgewählten Beispielen beschreiben und berechnen,
- den allgemeinen Energieerhaltungssatz auf verschiedene Prozesse anwenden.

## **Selbst- und Sozialkompetenz**

Der Schüler kann

- Ziele für seine eigene Arbeit und die Arbeit der Lerngruppe festlegen, Vereinbarungen treffen und deren Umsetzung realistisch beurteilen,
- aus seinen Kenntnissen über die Kinematik und Dynamik Konsequenzen für das Verhalten (z. B. im Straßenverkehr) ableiten,
- konzentriert, selbstständig und verantwortungsbewusst Messungen planen, durchführen und auswerten,
- ausgehend von seinen Kenntnissen über die newtonschen Gesetze das Wirken von kausalen Zusammenhängen verallgemeinern und in seine persönlichen Entscheidungen einbeziehen,
- im Team eine Diskussionsrunde zur Effizienz der Nutzung verschiedener Energien vorbereiten und führen.

### **Projektvorschläge**

- Bewegungen im Alltag und im Sport
- Lärm und Lärmschutz
- Bau von Musikinstrumenten
- Strömungen und Fliegen
- Anwendung regenerativer Energiequellen
- Bestimmung astronomischer Größen
- Bestimmung des Wirkungsgrads technischer Geräte
- Möglichkeiten der sinnvollen Energieeinsparung im Haushalt

### **2.3.3 Themenbereich: Radioaktivität**

<b>Klassenstufe 10</b>
<b>Sach- und Methodenkompetenz</b>
Der Schüler kann <ul style="list-style-type: none"><li>– die Bestandteile eines Atomkerns unterscheiden,</li><li>– die Zusammensetzung von Atomkernen mit Hilfe der Symbolschreibweise bestimmen,</li><li>– <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>- und <math>\gamma</math>-Strahlung mit Hilfe ihrer Eigenschaften unterscheiden,</li><li>– Nachweismöglichkeiten radioaktiver Strahlung nennen,</li><li>– Maßnahmen des Strahlenschutzes nennen,</li><li>– die Kernumwandlung beim radioaktiven Zerfall an einem Beispiel beschreiben,</li><li>– den Begriff der Halbwertszeit definieren,</li><li>– ein Beispiel für die Anwendung von Radionukliden beschreiben.</li></ul>
<b>Selbst- und Sozialkompetenz</b>
Der Schüler kann <ul style="list-style-type: none"><li>– sich unter Verwendung naturwissenschaftlicher Kenntnisse und unter Berücksichtigung ökonomischer sowie ökologischer Gesichtspunkte einen persönlichen Standpunkt zur Anwendung radioaktiver Strahlung bilden,</li><li>– sich mit den Meinungen anderer zum Thema Radioaktivität sachlich und tolerant auseinandersetzen,</li><li>– in Bezug auf den Strahlenschutz Konsequenzen für das eigene Handeln ableiten.</li></ul>

### **Projektvorschläge**

- Möglichkeiten und Probleme der Nutzung von Kernenergie (Kernspaltung und -fusion)
- Einsatz radioaktiver Nuklide in Medizin und Technik
- Biologische Wirkungen radioaktiver Strahlung

### 3 Leistungseinschätzung

Bis zur Veröffentlichung einer fachlichen Empfehlung des Thüringer Ministeriums für Bildung, Wissenschaft und Kultur gelten folgende Ausführungen.

#### 3.1 Grundsätze

Die Einschätzung der Kompetenzentwicklung muss dem Charakter des Physikunterrichts Rechnung tragen. Sie folgt dem Prinzip der Ganzheitlichkeit und basiert auf Selbst- und Fremdeinschätzung<sup>5</sup>. Die Leistung des Schülers wird mit Hilfe vielfältiger Instrumente ermittelt, eingeschätzt bzw. benotet. Die Leistungseinschätzung muss sowohl pädagogische als auch fachliche Grundsätze berücksichtigen. Ziel ist es, die Mehrdimensionalität der Leistungen auf der Grundlage transparenter und für den Schüler nachvollziehbarer Kriterien einzuschätzen (vgl. 3.2).

Bei der Leistungseinschätzung sind folgende Anforderungsbereiche zu beachten:

Anforderungsbereich I (Reproduktion)	Anforderungsbereich II (analoge Rekonstruktion)	Anforderungsbereich III (Konstruktion)
<ul style="list-style-type: none"> <li>– das Wiedergeben von bekannten Sachverhalten aus einem abgegrenzten Fachgebiet im gelernten Zusammenhang</li> <li>– das Beschreiben und Verwenden gelernter und geübter Arbeitstechniken und Verfahrensweisen in einem begrenzten Gebiet und in einem wiederholenden Zusammenhang</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– selbstständiges Auswählen, Anordnen, Verarbeiten und Darstellen bekannter Sachverhalte unter vorgegebenen Gesichtspunkten in einem durch Übung bekannten Zusammenhang</li> <li>– selbstständiges Übertragen des Gelernten auf vergleichbare neue Situationen, wobei es entweder um veränderte Fragestellungen oder um veränderte Sachzusammenhänge oder um abgewandelte Verfahrensweisen gehen kann</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– planmäßiges Verarbeiten komplexer Gegebenheiten mit dem Ziel, zu selbstständigem Deuten, Folgern, Begründen oder Werten zu gelangen</li> <li>– das Anpassen oder Auswählen gelernter Denkmethode bzw. Lernverfahren zum Bewältigen von neuen Aufgaben</li> </ul>

Ein angemessenes Verhältnis der drei Anforderungsbereiche ist umzusetzen. In allen Anforderungsbereichen sind Aspekte der Sach-, Methoden-, Selbst- und Sozialkompetenz ausgewogen und klassenstufenbezogen zu berücksichtigen. Dabei sind grundsätzlich die Leistungen im schriftlichen, mündlichen und praktischen Bereich zu einem bestimmten Zeitpunkt sowie über einen definierten Zeitraum einzubeziehen.

Zur Einschätzung der Kompetenzentwicklung im Physikunterricht eignen sich z. B.

- besondere Beiträge in Gruppen- und Unterrichtsgesprächen,
- Vorträge und Kurzreferate,
- schriftliche und mündliche Kontrollen,
- fachspezifische und fächerübergreifende Projekte und Wettbewerbe,
- Modelle, Informationstafeln, Dokumentationen, Facharbeiten,
- Schüler- und Demonstrationsexperimente sowie dabei angelegte Versuchsprotokolle.

<sup>5</sup> Thüringer Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur: Leitgedanken zu den Thüringer Lehrplänen für den Erwerb der allgemein bildenden Schulabschlüsse, 2011, Kapitel 4.

Naturwissenschaftliche Unterrichtsprojekte und Experimente sind in besonderem Maße geeignet, die verschiedenen Formen der Leistungseinschätzung miteinander zu verknüpfen. Sie werden von Bewertungsphasen begleitet, die Auskunft über das Entwicklungsniveau der Kompetenzen geben.

### **3.2 Kriterien**

Die Einschätzung erfolgt auf der Basis transparenter Kriterien und bezieht sich auf die Qualität des zu erwartenden Produkts und des Lernprozesses, ggf. auch der Präsentation des Arbeitsergebnisses. Die Kriterien sind allgemein gültig und gelten für alle Themenbereiche. Sie sind gemäß der Spezifik der unter 3.1 aufgeführten Formen der Leistungseinschätzung anzuwenden.

#### **Produktbezogene Kriterien sind z. B.**

- Aufgabenadäquatheit,
- Korrektheit und Wissenschaftlichkeit,
- Übersichtlichkeit, Vollständigkeit und Strukturiertheit der Darstellung von Lösungswegen und Ergebnissen,
- angemessene Verwendung der mathematisch-physikalischen Fachsprache,
- Einhaltung formaler Gestaltungsnormen.

#### **Prozessbezogene Kriterien sind z. B.**

- Anwenden physikalischer Methoden und Arbeitsweisen,
- Effizienz bei der Bearbeitung physikalischer Problemstellungen,
- sachgemäße Auswahl und Anwendung von Geräten und Hilfsmitteln,
- zielgerichtete Beschaffung und Verarbeitung von naturwissenschaftlich-technischen Sachinformationen unter Nutzung geeigneter Medien,
- Reflexion und Dokumentation des methodischen Vorgehens,
- Leistungsbereitschaft bei Einzel- und Gruppenarbeit,
- Qualität der Planung einschließlich Zeitmanagement,
- Gestaltung der Lernumgebung (z. B. Vollständigkeit der Arbeitsmaterialien, Ordnung am Arbeitsplatz, Arbeitsschutz).

#### **Präsentationsbezogene Kriterien sind z. B.**

- logischer Aufbau und Strukturiertheit der Lösungswege und Ergebnisse,
- inhaltliche Qualität der Darstellung,
- angemessener und sicherer Umgang mit geeigneten elektronischen Medien,
- Einhalten des vorgegebenen quantitativen Rahmens,
- angemessene Verwendung der mathematisch-physikalischen Fachsprache,
- Vortragsweise (z. B. freies Sprechen),
- dem Produkt und der Zielgruppe angemessene Visualisierung, Darstellung und Präsentationsform,
- kompetente Reaktion auf Rückfragen.