

# LEHRPLAN FÜR DAS SCHWERPUNKTFACH PHYSIK UND ANWENDUNGEN DER MATHEMATIK

## (KOMBINIERTES SCHWERPUNKTFACH)

### A. Stundendotation

Klasse	1.	2.	3.	4.
Wochenstunden			6	6

### B. Didaktische Konzeption

#### (1) Beitrag des Faches zur gymnasialen Bildung

Mathematik und Physik haben sich seit je gegenseitig voran getrieben. Offene Fragen der Physik führten zu mathematischen Entdeckungen, mathematische Theorien fanden überraschende Anwendungen in der Physik. Die Verwobenheit von Mathematik und Physik prägt das Schwerpunktfach Physik und Anwendungen der Mathematik. Dadurch wird das allgemein bildende Hintergrundwissen in Physik und Mathematik bereichert und markant vertieft. Ganz speziell wird das abstrakte Denken geschult, das Vertrauen in das eigene Denken gefestigt. Stärker noch als in den Grundlagenfächern wird die Fähigkeit, eigenständig zu arbeiten, gefördert und gefordert. Die Schülerinnen und Schüler erwerben dadurch jene Kompetenzen, die sie für Studien in den Bereichen Physik, Mathematik, Ingenieur- und Naturwissenschaften befähigt.

#### PHYSIK

Der Unterricht gewährt Einblicke in die Errungenschaften der Physik, führt an offene Fragen heran und vermittelt Einblicke in die Denkweisen der Ingenieur- und Naturwissenschaften. Er fördert das Verständnis für den andauernden Wandel der geistigen Bilder der Wirklichkeit und die Begrenztheit und Vorläufigkeit menschlicher Erkenntnis.

#### ANWENDUNGEN DER MATHEMATIK

Mathematik ist die Basis der naturwissenschaftlichen Begriffsbildungen. Gründliche und vielfältige mathematische Kenntnisse und Erfahrungen werden dadurch zur Voraussetzung für jedes tiefere Verständnis von Technik und Naturwissenschaft.

#### (2) überfachliche Kompetenzen

Das Schwerpunktfach Physik und Anwendungen der Mathematik fördert besonders

##### Reflexive Fähigkeit

- In abstrakten Begriffen eigenständig und kritisch denken
- Mit Modellen als Abbild der Realität arbeiten

**Sozialkompetenz**

- Lösungen in der Gruppe erarbeiten und beim Auftreten von Schwierigkeiten Hilfe anfordern oder anderen helfen

**Sprachkompetenz**

- Über abstrakte und wissenschaftliche Sachverhalte korrekt und verständlich sprechen
- Problemstellungen formalisieren

**Praktische Fähigkeit und IKT-Kompetenz**

- Mit Messgeräten und Apparaturen kompetent und sorgfältig umgehen
- Mit Computern/Rechnern Daten erfassen und auswerten sowie sie als Werkzeug zur Simulation und Modellbildung einsetzen
- Nachschlagewerke (in Buchform und elektronisch) nutzen

**Interessen**

- Naturphänomene mit Neugier und Freude beobachten
- Für die spielerische und ästhetische Komponente der Mathematik offen sein
- Herausforderungen mit Einfallsreichtum, Beharrlichkeit und Selbstvertrauen begegnen

## C. Klassen-Lehrpläne

### 3. Klasse

#### 3.1. Lerngebiete und fachliche Kompetenzen des Teilfachs Physik

##### 1. Lerngebiet: Grundlegende Methoden und Werkzeuge

Grobinhalte	Fachliche Kompetenzen
<ul style="list-style-type: none"><li>Analyse von Problemstellungen aus Natur und Technik</li><li>Wissensbeschaffung und Umgang mit Medien</li><li>Experimente und Datenanalyse</li></ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"><li>eine komplexe Aufgabenstellung mit den Mitteln der Mathematik (z.B. Analysis) formalisieren.</li><li>sich selbständig Kenntnisse zu einem Themenkreis erarbeiten.</li><li>anspruchsvolle Experimente planen und aufbauen.</li><li>Messgeräte zweckmässig einsetzen (z.B. Oszilloskop, Multimeter, Interfaces, Sensoren).</li><li>Methoden zur Auswertung und Darstellung von Daten sinnvoll anwenden.</li><li>die Unsicherheit eines Resultates mithilfe der Fehlerfortpflanzung ermitteln.</li></ul>

##### 2. Lerngebiet: Impuls und Stösse (Mechanik)

Grobinhalte	Fachliche Kompetenzen
<ul style="list-style-type: none"><li>Impuls, Impulserhaltung</li><li>Kraftstoss</li><li>Elastische und inelastische Stösse</li></ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"><li>die Impulserhaltung benützen, um zentrale und nicht zentrale Stossvorgänge zu beschreiben und zu berechnen.</li><li>den Zusammenhang zwischen Kraft und Impuls mit Worten und mathematisch formulieren.</li><li>die physikalischen Gesetze bei Stossvorgängen experimentell überprüfen.</li></ul>

##### 3. Lerngebiet: Relativitätstheorie (Neuere Physik)

Grobinhalte	Fachliche Kompetenzen
<ul style="list-style-type: none"><li>Relativität der Gleichzeitigkeit</li></ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"><li>erklären, weshalb es keine absolute Gleichzeitigkeit gibt.</li></ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeitdilatation und Längenkontraktion</li> <li>• Minkowski-Diagramme</li> <li>• Lorentz-Transformation</li> <li>• Relativistische Beschreibung von Energie und Impuls</li> <li>• Relativistischer Dopplereffekt</li> <li>• Allgemeine Relativitätstheorie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die relativistischen Effekte auf bewegte Körper berechnen.</li> <li>• Minkowski-Diagramme zeichnen und interpretieren.</li> <li>• die kausale Verkettung von Ereignissen mithilfe des Viererabstandsquadrates analysieren.</li> <li>• die historische und kulturelle Bedeutung der Formel <math>E = mc^2</math> verstehen.</li> <li>• die Bedeutung des relativistischen Dopplereffekts für die Astronomie verstehen.</li> <li>• das Konzept der Raumkrümmung an einem einfachen Beispiel erklären.</li> </ul>
--	---

#### 4. Lerngebiet: Elektromagnetismus

Grobinhalte	Fachliche Kompetenzen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potenzial/Gauss-Gesetz/Kondensatoren</li> <li>• Kirchhoff-Gesetze</li> <li>• Induktion, Selbstinduktion</li> <li>• Wechselströme/Schwingkreise/Halbleiterelemente</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären, wie ein Kondensator Ladung bzw. Energie speichert.</li> <li>• mithilfe von Diagrammen und Differenzialgleichungen berechnen, wie sich ein Kondensator auf- und entlädt.</li> <li>• elektrische Netzwerke mithilfe der Kirchhoff-Gesetze berechnen.</li> <li>• in konkreten Situationen induzierte Ströme und Spannungen berechnen.</li> <li>• das Verhalten von Spulen und Kondensatoren in Gleich- und Wechselstromschaltungen beschreiben und berechnen.</li> <li>• Spannungen und Ströme in Wechselstromschaltungen messen.</li> <li>• Schaltungen planen, aufbauen und analysieren.</li> </ul>

### 3.2. Lerngebiete und fachliche Kompetenzen des Teilfachs Mathematik

Im Verlauf der beiden Ausbildungsjahre sind nebst den obligatorischen Lerngebieten zusätzlich optionale Grobinhalte aus mindestens zwei der unter 4.2. aufgeführten Lerngebiete 3 bis 6 zu bearbeiten.

#### 1. Lerngebiet: Komplexe Zahlen

Grobinhalte	Fachliche Kompetenzen
	Die Schülerinnen und Schüler können

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Komplexe Zahlen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mit komplexen Zahlen umgehen und sind vertraut mit ihren verschiedenen Darstellungsformen: kartesische Darstellung, Polarform, Gaussssche Zahlenebene.</li> <li>• die Grundrechenoperationen in <math>\mathbf{C}</math> sicher ausführen und diese geometrisch interpretieren.</li> <li>• die Formel von Euler-Moivre anwenden: n-te Wurzeln.</li> <li>• Nullstellen von komplexen Polynomen bestimmen: Lösungsformel für die quadratische Gleichung, Gradreduktion durch Polynomdivision, Lösungsformel für die Gleichung dritten Grades.</li> <li>• einige komplexe Abbildungen geometrisch interpretieren, wie zum Beispiel <math>f(z) = az + b</math>, <math>f(z) = 1/z</math>.</li> </ul>
---	---

## 2. Lerngebiet: Lineare Algebra

Grobinhalte	Fachliche Kompetenzen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matrizen</li> <li>• Gleichungssysteme</li> <li>• Lineare Abbildungen</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• den Begriff der Matrix erläutern und die zugehörigen Rechenoperationen Addition, Multiplikation und Inversion sicher ausführen.</li> <li>• die Determintante von 2x2- und 3x3-Matrizen berechnen und diese interpretieren.</li> <li>• elementare Zeilenumformungen an Matrizen ausführen.</li> <li>• den Gaußalgorithmus, auch bei grösseren Gleichungssystemen, sicher durchführen und die Lösungsmengen der unterschiedlichen Endformen geometrisch interpretieren.</li> <li>• Anwendungen für lineare Gleichungssysteme nennen und erläutern: Ströme in Netzen, geometrische Anwendungen.</li> <li>• mit dem Begriff der linearen Abbildung umgehen: Abbildung und Abbildungsmatrix,</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abbildungsverkettung und Matrixmultiplikation, Umkehrabbildung und Inverse der Abbildungsmatrix, Kern und Bild.</li> <li>• Eigenwerte und Eigenvektoren von linearen Abbildungen berechnen und interpretieren.</li> <li>• Beispiele von linearen Abbildungen nennen und erläutern: Rotationen, Spiegelungen, Projektionen, Ähnlichkeitsabbildungen.</li> </ul>
--	---

### 3.3. Gemeinsame Lerngebiete und fachliche Kompetenzen des kombinierten Schwerpunktfachs Physik und Anwendungen der Mathematik

#### 1. Lerngebiet: Koordinatentransformationen und Spezielle Relativitätstheorie

Grobinhalte	Fachliche Kompetenzen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matrizen-Arithmetik</li> <li>• Lorentz-Transformation</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Matrixmultiplikation als Koordinatentransformation interpretieren.</li> <li>• Raum-Zeit-Koordinaten von bewegten Objekten in verschiedenen Inertialsystemen berechnen und interpretieren.</li> </ul>

## 4. Klasse

### 4.1. Lerngebiete und fachliche Kompetenzen des Teilfachs Physik

#### 1. Lerngebiet: Starrer Körper (Mechanik)

Grobinhalte	Fachliche Kompetenzen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Drehmoment</li> <li>• Drehimpuls, Drehimpulserhaltung/Rotationsenergie</li> <li>• Kreisel</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• den Schwerpunkt eines starren Körpers bestimmen.</li> <li>• Drehbewegungen und deren Ursachen in konkreten Situationen beschreiben und berechnen.</li> <li>• die Bewegungen von Kreiseln erklären und experimentell untersuchen.</li> </ul>

#### 2. Lerngebiet: Schwingungen (Mechanik)

Grobinhalte	Fachliche Kompetenzen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Differenzialgleichung des har-</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pendelschwingungen mathematisch be-</li> </ul>

<p>monischen Oszillators</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Überlagerung von Schwingungen/Fourieranalyse und -synthese</li> </ul>	<p>schreiben.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>von komplizierteren Schwingungen eine Fourieranalyse durchführen und diese interpretieren.</li> <li>die gefundenen Gesetzmässigkeiten experimentell überprüfen.</li> </ul>
---	---

### 3. Lerngebiet: Wellen (Technik)

Grobinhalte	Fachliche Kompetenzen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Wellenphänomene</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Wellen mathematisch beschreiben.</li> <li>Beugung und Interferenz in korrekter Fachsprache erklären.</li> <li>ausgewählte Phänomene aus der Technik erklären.</li> <li>die gefundenen Gesetzmässigkeiten experimentell überprüfen.</li> </ul>

### 4. Lerngebiet: Quantenphysik (Neuere Physik)

Grobinhalte	Fachliche Kompetenzen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Strahlungsgesetze</li> <li>Photoeffekt und Wirkungsquantum</li> <li>Comptoneffekt/Materiewellen</li> <li>Unschärferelation</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>die Strahlungsphänomene mithilfe der Gesetze von Kirchhoff, Planck und Wien beschreiben.</li> <li>die wissenschaftshistorische und physikalische Bedeutung des Photoeffekts erklären.</li> <li>die Elektronenbeugung mittels der Hypothese von De Broglie erklären.</li> <li>die Genauigkeit eines Messvorgangs aufgrund der Unschärferelation abschätzen.</li> <li>die gefundenen Gesetzmässigkeiten experimentell überprüfen.</li> </ul>

## 4.2. Lerngebiete und fachliche Kompetenzen des Teilfachs Mathematik

### 1. Lerngebiet: Differentialgleichungen

Grobinhalte	Fachliche Kompetenzen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Definition und Interpretation</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>den Begriff der Differentialgleichung</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lösungsverfahren</li>   <li>• Modellbildung</li> </ul>	<p>erläutern: Differentialgleichung und Lösung, Richtungsfeld und Graph der Lösungsfunktion.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• einige Typen von Differentialgleichungen analytisch lösen: lineare Differentialgleichungen erster Ordnung, Differentialgleichungen mit getrennten Variablen, lineare Differentialgleichungen zweiter Ordnung mit konstanten Koeffizienten.</li> <li>• mit dem Euler-Verfahren Näherungslösungen von Differentialgleichungen bestimmen.</li> <li>• in einfachen Fällen Vorgänge der Wirklichkeit als Differentialgleichung erfassen und bearbeiten: Mischungs- und Abkühlungsvorgänge, Schwingungen, Zerfalls- und Wachstumsvorgänge.</li> </ul>
---	---

## 2. Lerngebiet: Analysis

Grobinhalte	Fachliche Kompetenzen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrationsmethoden</li>   <li>• Potenzreihen</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Methoden der partiellen Integration, der Substitution und der Partialbruchzerlegung sicher anwenden.</li> <li>• einige numerische Integrationsmethoden erläutern und durchführen: Riemannsche Summen, Trapezsummen.</li> <li>• die Integralrechnung in verschiedenen Gebieten anwenden, zum Beispiel: Kurvenlänge, Schwerpunkt, Trägheitsmoment, Volumen und Oberfläche von Rotationskörpern.</li> <li>• den Potenzreihenbegriff erläutern.</li> <li>• mit Potenzreihen rechnen: Summe, Produkt, Ableitung und Integration.</li> <li>• analytische Funktionen in Potenzreihen entwickeln.</li> </ul>

## 3. Lerngebiet: Geometrie (optionale Grobinhalte)

Grobinhalte	Fachliche Kompetenzen
	Die Schülerinnen und Schüler können

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kegelschnitte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ellipsen, Hyperbeln und Parabeln als Kegelschnitte beschreiben und analytisch darstellen.</li> <li>• die Brennpunkteigenschaften der Kegelschnitte nennen und erläutern.</li> <li>• Beziehungsaufgaben zwischen Kegelschnitten und Geraden lösen: Schnittprobleme, Tangenten.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurven</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mit Parameterdarstellungen von ebenen und räumlichen Kurven umgehen.</li> <li>• die Methoden der Differentialrechnung auf Kurven anwenden: Ableitung, Tangenten, Krümmung.</li> <li>• Längen von Kurven berechnen.</li> </ul>

#### 4. Lerngebiet: Analysis (optionale Grobinhalte)

Grobinhalte	Fachliche Kompetenzen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funktionen von mehreren Variablen</li> <li>• Fourierreihen</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• mit skalarwertigen Funktionen von mehreren Variablen umgehen: Skalarfeld.</li> <li>• Die Methoden der Differentialrechnung auf Skalarfelder anwenden: Richtungsableitung, Gradient, Tangentialebene, Differenzierbarkeit.</li> <li>• die Eigenschaften des vollständigen Orthonormalsystems der Winkelfunktionen erläutern.</li> <li>• periodische Funktionen als Fourierreihen darstellen.</li> </ul>

#### 5. Lerngebiet: Algebra (optionale Grobinhalte)

Grobinhalte	Fachliche Kompetenzen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gruppen</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Gruppenstruktur gedanklich erfassen und damit umgehen: Definition, Beispiele, Untergruppen.</li> <li>• den Homomorphismus-Begriff erklären: Isomorphismus, Kern und Bild unter Homomorphismen.</li> </ul>

## 6. Lerngebiet: Numerik (optionale Grobinhalte)

Grobinhalte	Fachliche Kompetenzen
<ul style="list-style-type: none"><li>Numerische Algorithmen</li><li>Programmieren</li></ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"><li>Algorithmen zur Bestimmung von Lösungen nicht linearer Gleichungen erläutern und anwenden: Bisektion, Iterationsverfahren, Newtonverfahren.</li><li>einige diskrete Algorithmen erläutern und diese anwenden, wie zum Beispiel Sortieralgorithmen, optimale Routen, zahlentheoretische Algorithmen.</li><li>die behandelten Algorithmen in eine höhere Programmiersprache übersetzen.</li></ul>

## 4.3. Gemeinsame Lerngebiete und fachliche Kompetenzen des kombinierten Schwerpunktfachs Physik und Anwendungen der Mathematik

### 1.Lerngebiet: Wechselstromtheorie mit komplexen Zahlen

Grobinhalte	Fachliche Kompetenzen
<ul style="list-style-type: none"><li>Komplexe Zahlen</li><li>Wechselströme, kapazitive und induktive Widerstände</li></ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"><li>komplexe Zahlen in verschiedenen Formen darstellen und damit rechnen.</li><li>aus Spulen und Kondensatoren bestehende Netzwerke mithilfe von komplexen Zahlen beschreiben und berechnen.</li></ul>