

# Physik und Anwendung der Mathematik

## SCHWERPUNKTFACH PHYSIK UND ANWENDUNG DER MATHEMATIK

Studentafel

4. Schuljahr	5. Schuljahr	6. Schuljahr
4 Wochenstunden: 4 Mathematik	5 Wochenstunden: 3 Mathematik, 2 Physik	6 Wochenstunden: 2 Mathematik, 4 Physik

### EINLEITENDE BEMERKUNGEN

Das Schwerpunktfach (SF) Physik und Anwendungen der Mathematik (PAM) eignet sich für die interdisziplinäre Verknüpfung von Mathematik, Physik und weiteren Wissenschaften (z.B. Natur- und Wirtschaftswissenschaften).

Obwohl das SF PAM in der Studentafel als ein Fach erscheint, werden die Bereiche Mathematik und Physik im Lehrplan gesondert aufgeführt und der Unterricht üblicherweise von verschiedenen Lehrpersonen gehalten:

- Die Naturwissenschaften, insbesondere die Physik, brauchen die mathematische Sprache als Grundlage. Physik ist die erste und wichtigste Anwendung der Mathematik. Im Physikunterricht wird jederzeit auf die durch die Mathematik vermittelten Fähigkeiten und Fertigkeiten zurückgegriffen. Die beiden Lehrplanteile sind derart aufeinander abgestimmt, dass die in Physik benötigten Mathematikgrundlagen im Mathematikteil erworben werden.
- Im Mathematikteil des SF PAM werden auch Anwendungen der Mathematik behandelt, die nicht aus der Physik stammen (z.B. Optimierung, Finanzmathematik, Gleichgewicht chemischer Reaktionen, Modellierung biologischer Prozesse etc.).
- Mit der Verkürzung der gymnasialen Ausbildungszeit von sieben auf sechs Jahre mussten im Grundlagenfach Mathematik wesentliche Themenbereiche gestrichen werden, resp. können seither nicht mehr in der gleichen Tiefe behandelt werden. Der Mathematikteil im SF PAM gibt den Studierenden die Möglichkeit zur Vertiefung ihrer Mathematikkenntnisse.

In beiden Teilen gelten die Bildungsziele, Richtziele und die didaktischen Grundsätze, welche für die entsprechenden Grundlagenfächer schon formuliert wurden.

### BILDUNGSZIELE

#### Beitrag des Schwerpunktfachs PAM zu den Zielen gemäss MAR.

Der Unterricht im SF PAM ergänzt und vertieft den Mathematik- und Physikunterricht wesentlich. Die Schülerinnen und Schüler erfahren, wie Mathematik und Physik wesentliche Beiträge zur interdisziplinären Lösung von Problemen leisten können.

Ein wichtiges Ziel des Unterrichtes im SF PAM ist die Förderung der Fähigkeit, konkrete Problemstellungen zu mathematisieren und praxisnahe Lösungen zu entwickeln. Er fördert damit in hohem Mass kreatives und kritisch forschendes Denken, den präzisen Sprachgebrauch und das selbständige Handeln. Der Unterricht im SF PAM fördert die Fähigkeit zur Abstraktion und zum mathematisch-logischen Denken.

Die Studierenden erhalten einen vertieften Einblick in die Physik als Naturwissenschaft, sie werden befähigt, Zustände und Prozesse in Natur und Technik zu erfassen und sprachlich klar und folgerichtig in eigenen Worten zu beschreiben. Der Unterricht vermittelt exemplarisch Einblick in frühere und moderne Denkmethoden und deren Anwendungsbereiche.

Das SF PAM leistet einen wesentlichen Beitrag zur Vorbereitung der Maturaarbeit, indem zu Problemen Fragestellungen aufgeworfen und Hypothesen aufgestellt werden. Dazu werden passende Untersuchungsmethoden entwickelt, ausgewertet und analysiert.



Der Unterricht vermittelt in hohem Masse die Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten, die für mathematisch-naturwissenschaftlich anspruchsvolle Hochschulstudien verlangt werden. Er fördert das Interesse und das Verständnis für Berufe, in denen mathematisch-naturwissenschaftliche Denkweisen und Werkzeuge eingesetzt werden.

### Beitrag des PAM-Unterrichts zu den überfachlichen Kompetenzen

üfK 1 = kritisch-forschendes Denken

üfK 2 = Selbständigkeit und Selbstverantwortung

üfK 3 = Kritikfähigkeit und Reflexion

üfK 4 = Teamfähigkeit

üfK 5 = Anderes

*Kritisch-forschendes Denken:* Dieses spielt in PAM eine zentrale Rolle. Der Erkenntnisgewinn in PAM fusst auf dem ständigen Wechselspiel zwischen (mathematischer) Deduktion und dem Experiment. Hierbei ist das kritisch-forschende Denken unabdingbar.

*Selbständigkeit und Selbstverantwortung:* Bei verschiedenen Gelegenheiten erarbeiten die Studierenden im PAM-Unterricht möglichst selbständig und mit zunehmender Stufe grössere und komplexere Aufgaben und Themen.

*Kritikfähigkeit und Reflexion:* Immer wieder sind die Studierenden aufgefordert sein Bild von der physikalischen und technischen Welt zu hinterfragen. Viele Präkonzepte müssen revidiert werden. Die Freude am kreativen Denken (in Worten, Bildern, Formeln und Modellen) ist Ausdruck dieser Kritikfähigkeit. Nicht zuletzt die Relativitätstheorie zeigt in beeindruckender Weise, wie neuer Erkenntnisgewinn möglich ist, wenn man fähig ist das eigene Denken grundsätzlich in Frage zu stellen. Kritiker unseres Denkens ist somit zuallererst die (physikalische) Welt, in der wir uns zurechtfinden und die wir beschreiben und verstehen wollen.

*Teamfähigkeit:* Gruppenarbeiten, Workshops und gemeinsames Experimentieren sind wichtige Gelegenheiten, bei denen im Team gearbeitet wird. Die Teamfähigkeit drückt sich dabei besonders in der Kommunikationsfähigkeit aus. Lösungsansätze, Ideen zur Versuchsdurchführung und Auswertung, Vorstellungen über physikalische Sachverhalte müssen ausgetauscht werden. Auch das Scheitern einer Idee, eines Experimentes und das Von-Vorne-Beginnen gehören zum Alltag des Naturwissenschaftlers. Beharrlichkeit und Ausdauer des Teams beim Forschen werden in PAM gefordert und gefördert.

### RICHTZIELE

Die Richtziele im Schwerpunktfach PAM stützen sich auf die Richtziele der Grundlagenfächer Mathematik bzw. Physik.

#### Grundkenntnisse

Die Studierenden:

- Methoden der Modellentwicklung
- Ergebnisse und Arbeitsmethoden der heutigen Naturwissenschaften
- geeignete Informations- und Kommunikationstechnologien (ICT)
- Modelle, um Phänomene in der Natur und der Technik qualitativ und mathematisch zu beschreiben
- Nutzen und Gefahren naturwissenschaftlicher Erkenntnisse für die menschliche Gesellschaft
- physikalische Forschungsergebnisse und deren Einfluss auf das Weltbild und haben Einblick in moderne mathematische und physikalische Theorien

### **Grundfertigkeiten**

Die Studierenden:

- erarbeitete Sachverhalte mündlich und schriftlich korrekt darstellen
- mathematische und physikalische Phänomene erfassen und beurteilen
- adäquate Modelle entwickeln sowie deren Möglichkeiten und Grenzen erkennen
- sich der Arbeitsweise der modularen Problemlösung bedienen
- Fach- und Formelsprache sowie wichtigste Rechentechniken sinnvoll einsetzen
- Fakten, Hypothesen, Beobachtungen, Beschreibungen und Folgerungen unterscheiden
- experimentelle und theoretische Resultate mit Erfahrungswerten aus dem Alltag vergleichen
- mathematisch-physikalische Modelle auf andere Wissensgebiete übertragen
- mit den Mitteln der modernen Informationsgesellschaft umgehen (insbesondere die Handhabung mathematischer Software)
- sich Informationen durch geeignete Fachliteratur und Webrecherchen beschaffen
- selbstständig, aber auch in der Gruppe arbeiten und sind fähig, ihre eigenen Ideen konstruktiv einzubringen

### **Grundhaltungen**

Die Studierenden:

- haben Achtung und Respekt vor der Natur
- entwickeln eine konstruktive und kritische Haltung gegenüber den modernen Naturwissenschaften
- haben Einsicht in die historische Entwicklung mathematisch-naturwissenschaftlicher Erkenntnisse
- haben Neugier, Interesse und Verständnis für Natur und Technik
- haben Freude am Experimentieren und am Umgang mit technischen Hilfsmitteln
- sind bereit, verfügbare Kräfte und Mittel für Lösungen einzusetzen
- haben die Ausdauer und den Willen, genaue Arbeit zu leisten

### **FACHDIDAKTISCHE GRUNDSÄTZE**

Die fachdidaktischen Grundsätze des Schwerpunktfaches PAM decken sich weitgehend mit denen der Grundlagenfächer Mathematik und Physik. Jedoch werden im PAM-Unterricht die Inhalte und Methoden wesentlich vertieft und erweitert.

Hierzu gehören:

- Beobachtung, Beschreibung und Hypothesenbildung
- Experimente planen, durchführen, protokollieren und auswerten
- Modellierung und Simulation
- Reduktion komplexer Probleme
- vermehrter Einsatz von Computersoftware (CAS) und anderen technischen Hilfsmitteln (Sensoren, Interface, Datenauswertung [logger pro])
- gesellschaftliche Bedeutung von Erkenntnissen der exakten Wissenschaften
- Bedeutung und Wirkung der Mathematisierung vieler Lebensbereiche

Auch werden im PAM-Unterricht vermehrt Lehr- und Lernformen eingesetzt, die die überfachlichen Kompetenzen Selbständigkeit und Teamfähigkeit schulen, wie

- Gruppen- und Partnerarbeit, individuelles Studium, Vorträge
- Leitprogramme, entdeckendes Lernen, problemorientierter Unterricht
- Projektarbeiten

Zudem behandelt das Fach PAM Anwendungen aus den Bereichen Physik, Chemie, Biologie, Medizin und Wirtschaft.

### BEURTEILUNG

Für die Leistungsbeurteilung sind vor allem die schriftlichen Prüfungen massgebend. In ihnen werden die im Unterricht erarbeiteten Methoden angewendet, wobei immer ein Transferanteil vorhanden ist. Zum Prüfungsstoff gehört neben den aktuellen Inhalten immer auch das mathematische Vorwissen. Prüfungsaufgaben können folgende Aspekte enthalten:

Gleichungen umformen, Einheiten korrekt bestimmen, Informationen zur Problemlösung aus einem Text zusammensuchen, etwas in mathematische Sprache übersetzen, nötige Annahmen zur Lösung eines Problems zusammenstellen, Grössen aus Tabellenwerten herausuchen, Informationen von Diagrammen ablesen, Grössen abschätzen, Messunsicherheiten bestimmen, kurze Texte verfassen, Experimentieranordnungen entwerfen, Messwerte aus einer Photographie herauslesen, eine Formel interpretieren, ...

Es können auch weitere Leistungen beurteilt werden, beispielsweise:

- Vorträge
- mündlicher Beitrag im Unterricht
- Hausaufgaben
- Facharbeiten
- Berichte und Protokolle zu Experimenten
- Forschungspraktikum

Die Jahresnote im Fach PAM berechnet sich als gewichteter Mittelwert. Dabei werden die Physik- und die Mathematiknote jeweils mit der Anzahl der Wochenlektionen nach Stundenplan gewichtet und dann wie üblich gerundet.

$$\text{Note} = \frac{\text{Anzahl Physiklektionen} \cdot \text{Physiknote} + \text{Anzahl Mathematiklektionen} \cdot \text{Mathematiknote}}{\text{Anzahl PAM-Lektionen}}$$

### HINWEIS

In den nachfolgenden Lehrplänen für die einzelnen Klassenstufen sind die obligatorischen Kernthemen "normal" gesetzt, Vertiefungen und ergänzende Themenbereiche sind „kursiv“ gesetzt.

Die Stoffpläne in allen Klassenstufen und in beiden Fachbereichen sind so ausgelegt, dass die obligatorischen Kernthemen nicht die gesamten Zeitressourcen beanspruchen sollten. Es wird dadurch den Lehrpersonen die Möglichkeit gegeben, Themen nach ihren Präferenzen vertieft zu behandeln und/oder weitere Themen (vgl. Ergänzende Themenbereiche) im Unterricht zu behandeln.

## 4. Schuljahr: Grobziele (PAM-Mathematik)

Inhalte / Themen	Handlungsziele / fachliche und überfachliche Kompetenzen Die Studierenden können...
<b>Folgen und Reihen</b>	
Begriffe Folge und Reihe	... Folgen und Reihen definieren (z.B. rekursiv, explizit).
Arithmetische und geometrische Folgen und Reihen 1. (und höherer) Ordnung	... die charakteristischen Gesetzmässigkeiten der arithmetischen und geometrischen Folgen und Reihen benennen, die entsprechenden Formeln herleiten und anwenden.
Grenzwerte	... das Verhalten von Folgen und Reihen mit unendlich vielen Gliedern abschätzen und wo möglich berechnen.
Anwendungen	... Folgen und Reihen in Alltagsbereichen erkennen und anwenden (z.B. Fibonacci-Zahlen, periodische Zahlen, Leasing, Renten, ...).
<b>Beweisverfahren</b>	
direkter Beweis	... Aussagen durch logisches Folgern beweisen.
indirekter Beweis	... ausgewählte Sätze durch Widerlegung des Gegenteils beweisen (z.B. " $\sqrt{2}$ ist irrational", unendlich viele Primzahlen"). ... erklären, warum es zur Widerlegung einer Behauptung reicht, ein Gegenbeispiel anzugeben.
vollständige Induktion	... das Verfahren der vollständigen Induktion für Beweise in unterschiedlichen Bereichen anwenden (z.B. Summenformeln, Teilbarkeit, Folgen).
<b>Matrizenrechnung</b>	
Rechnen mit Matrizen	... Matrizenoperationen ausführen und in Beispielen anwenden (z.B. Materialverflechtungen).
Addition und Multiplikation	
Determinanten	... mit Hilfe von Determinanten reguläre resp. irreguläre Matrizen bestimmen.
reguläre, irreguläre Matrizen	
inverse Matrizen	... in einfachen Fällen die inverse Matrix sowie die Eigenwerte und –vektoren berechnen.
Eigenwert und Eigenvektor	... den Taschenrechner (Computer) für Matrizenrechnungen adäquat einsetzen.
Lineare $n \times n$ - ( $n \times m$ )- Gleichungssysteme	... lineare Gleichungssysteme mit verschiedenen Verfahren lösen ... die Lösbarkeit von linearen Gleichungssystemen beurteilen.
Gaussverfahren	
Sarrus-Lösungsformel	
Cramersche Regel	
Dynamische Systeme	... dynamische Prozesse mit Hilfe von Vektoren und Matrizen modellieren (z.B. chemische Reaktionen, Populationsentwicklungen).
Übergangsmatrizen und Zustandsvektoren	

---

**Komplexe Zahlen I**

Normalform und Gauss'sche Zahlenebene	... die Notwendigkeit der Zahlbereichserweiterung erkennen. ... in eigenen Worten den Aufbau komplexer Zahlen (Normalform) erklären und sie in der Gauss'schen Ebene darstellen.
Rechnen mit komplexen Zahlen	... Grundoperationen von komplexen Zahlen in Normalform mit und ohne Taschenrechner durchführen. ... erkennen, warum sich die Normalform hauptsächlich für die Addition und Subtraktion eignet.
Lösen von komplexen quadratischen Gleichungen	... beliebige quadratische Gleichungen lösen.

---

**Ergänzende Themenbereiche**

<b>Raumgeometrie</b>	– Grundriss-Aufriss-Seitenriss – Raumgeometrie mit einer geeigneten Geometriesoftware
<b>Lineare Optimierung</b>	– Systeme mit linearen Ungleichungen – lineare Optimierung konstruktiv – Lineare Optimierung mit Simplex-Verfahren
<b>Beschreibende Statistik</b>	– Häufigkeitsverteilungen (relativ, absolut) – Mittelwerte – Streuung bei Häufigkeitsverteilungen – Standardabweichung – Regressionsgeraden
<b>Mathematikgeschichte</b>	– Biografien – math. Sätze und ihre Entstehung – historische Entwicklungen
<b>Fraktale Geometrie</b>	– Mandelbrotmenge und Juliamengen – geometrische Fraktale – Sierpinski-Dreieck, Mengerschwamm ...
<b>Logik</b>	– Aussagenlogik – Boolesche Algebra
<b>Spezielle ebene Kurven</b>	– Parameterform, kartesische Koordinaten (Spiralen, Lissajou-Figuren, Zykloide...)
<b>Iteration</b>	– Fixpunktverfahren – numerische Verfahren (Nullstellen, Steigungen und Extrema...)
<b>Nicht lineare dynamische Systeme</b>	– Simulation von biologischen Prozessen (z.B. Zucker/Insulin-Gleichgewicht, Malariaübertragung) – Phasendiagramme

---

## 5. Schuljahr: Grobziele (PAM-Mathematik)

Inhalte / Themen	Handlungsziele / fachliche und überfachliche Kompetenzen Die Studierenden können...
<b>Komplexe Zahlen II</b>	
Polarform	<p>... den Aufbau von komplexen Zahlen (Polarform) in eigenen Worten erklären und sie in der Gauss'schen Ebene darstellen</p> <p>... Grundoperationen von komplexen Zahlen in der Polarform durchführen.</p> <p>... erkennen warum sich die Polarform hauptsächlich für die Multiplikation und Division eignet.</p>
<i>Kreisteilungsgleichungen</i>	
<i>Fundamentalsatz der Algebra</i>	
<i>Eulerformel von komplexen Zahlen</i>	
<i>Komplexe Funktionen</i>	
<b>Analysis I (kann in 6. Klasse übergehen)</b>	
Differentialrechnung	
Ableitungsregeln	... Produkt-, Quotienten- und Kettenregel herleiten und zum Ableiten von Funktionen einsetzen.
Umkehrfunktion	<p>... Funktionen durch Einschränken von Definitions- und Wertebereich umkehrbar machen.</p> <p>... die Ableitung der Umkehrfunktion herleiten und bei Wurzelfunktionen, der Logarithmusfunktion und den Arcusfunktionen anwenden.</p>
Untersuchung von Funktionen und Funktionenscharen	... die spezifischen Eigenschaften von verschiedenen Funktionstypen wie gebrochen rationale Funktionen, Exponential- und Logarithmusfunktionen, trigonometrische Funktionen erkennen und entsprechende Kurvendiskussionen durchführen.
<i>Arcusfunktionen, hyperbolische Funktionen, Areafunktionen</i>	
<i>Numerische Verfahren (z.B. Newtonverfahren, Bisektion)</i>	
<i>Geschichte der Analysis</i>	

---

**Integralrechnung**

Integrationsverfahren ... Funktionen durch Substitution, partielle Integration und Partialbruchzerlegung integrieren.

*Uneigentliche Integrale*

*Numerische Integrationsverfahren (z.B. Trapez- und Simpsonverfahren, Monte-Carlo-Methode)*

*Mittelwertsatz der Integralrechnung*

*Bogenlängen und Mantelflächen*

---

**Ergänzende Themenbereiche**

**Kugel** – Kugelgleichung  
– Raumgeometrieaufgaben (Angewandte Aufgaben am Computer)

**Trigonometrie** – Additionstheoreme  
– trigonometrische Identitäten  
– goniometrische Gleichungen

**Affine Abbildungen** – Eigenwerte und Eigenvektoren von Matrizen  
– lineare Abbildungen  
– allgemeine Affinitäten

**Kegelschnitte** – Kreis, Ellipse, Hyperbel, Parabel  
– Raumgeometrieaufgaben (Angewandte Aufgaben am Computer)

**Nicht-euklidische Geometrie** – Kreisgeometrie  
– Kugelgeometrie

---



## 5. Schuljahr: Grobziele (PAM-Physik)

Inhalte / Themen	Handlungsziele / fachliche und überfachliche Kompetenzen Die Studierenden können...
<b>Erfassung und Auswertung von Messdaten</b>	<p>... Beispiele für lineare Abhängigkeiten (z.B. Federkonstante einer idealen Schraubenfeder), exponentielle Abhängigkeiten (z.B. Schwächung von radioaktiver Strahlung) und Abhängigkeiten nach einem Potenzgesetz (z.B. Planeten im Sonnensystem) benennen.</p> <p>... entsprechende Experimente im Labor aufbauen.</p> <p>... benötigte Messsonden, Geräte und Computer anschliessen, bedienen und sicher mit dem entsprechenden Messwerterfassungs- und Auswertungsprogramm umgehen.</p> <p>... Diagramme erstellen und interpretieren.</p> <p>... mit dem Unterschied zwischen physikalischem Model und Wirklichkeit angemessen umgehen.</p> <p>... <i>die gemachten Messfehler mit Hilfe der Fehlerrechnung bestimmen.</i></p>
<b>Akustik</b>	...
Schallwellen, Schallgeschwindigkeit, Reflexion von Schall	<p>... die grundlegenden Grössen einer Welle (vgl. Grundlagenfach Physik) auf Schallwellen übertragen.</p> <p>... zwischen longitudinalen und transversalen Wellen unterscheiden.</p>
Töne, Eigenschwingungen, stehende Wellen, Schwebung, Klanganalyse, Resonanz	<p>... anhand der math. Beschreibung einer harmonischen Welle das Phänomen der Schwebung und der stehenden Welle mathematisch begründen und entsprechende Berechnungen durchführen.</p> <p>... mit geeigneter Software selbständig eine Animation einer stehenden Welle und einer Schwebung erstellen.</p> <p>... <i>die Frequenzanalyse einer eingespannten Saite und des Kundtschen Rohres (offen/geschlossen) verstehen und Vorhersagen durch Rechnung bestätigen.</i></p> <p>... <i>erklären wie verschiedene periodische Signale (z.B. Sägezahn, Rechtecksignal, etc.) durch Überlagerung verschiedener Schwingungen zustande kommen (Fouriersynthese).</i></p> <p>... <i>Praktikum zur Akustik und zur Physik der Musikinstrumente.</i></p>
Akustischer Dopplereffekt (eindimensionale Beschreibung)	<p>... die unterschiedlichen Situationen beim Dopplereffekt beschreiben, skizzieren und die Berechnungsformeln für die Frequenz bzw. Wellenlänge herleiten.</p> <p>... <i>die Näherungsformel für den Fall kleiner Geschwindigkeiten von Sender und Empfänger herleiten.</i></p>
Lautstärke	<p>... die Begriffe Schallmauer, Überschallknall, Machzahl und Machkegel erklären.</p> <p>... <i>ein Experiment zur Geschwindigkeitsbestimmung eines vorbeifahrenden Fahrzeuges mittels Frequenzanalyse selbstständig durchführen.</i></p>

---

**Vertiefung der Wellenlehre**

- Doppelspalt, Einfachspalt, optisches Gitter* ... mit Hilfe von vereinfachenden Modellannahmen kleine Strukturen untersuchen und entsprechende Berechnungen anstellen (Gitterkonstante, Dicke eines Haares, Pits auf CD, Wellenlänge des Lasers, etc.).
- ... das grundsätzliche Zustandekommen der Interferenzfiguren erklären.
- ... Aufgaben bezüglich der Lage von Maxima und Minima lösen.
- ... das Modell der rotierenden Zeiger für das Verständnis der Intensitätsverteilung am optischen Gitter verwenden.

---

**Vertiefung der geometrischen Optik (Strahlenoptik)**

- Gekrümmter Spiegel* ... die Abbildungsgleichung für einen Hohl- und Wölbspiegel herleiten.
- ... Entsprechende Modelle von Strahlenverläufen erstellen und auf seine Grenzen überprüfen.
- Brechung* ... weiterführende Probleme zur Strahlenoptik lösen. (symmetrischer Strahlendurchgang durch Prisma,...).
- Prisma*
- Kugelfläche* ... ausgehend von der Brechung an Kugelflächen zur mathematischen Beschreibung der Brennweite einer Linse gelangen („Linsenschleiferformel“).
- Linsen*
- Linsensysteme* ... eine genauere Berechnung der Bildweite vornehmen.
- ... die grundlegenden Begriffe (Brennpunkt, Vergrößerungszahl, Sehwinkel, deutliche Sehweite, Okular, Objektiv, optische Tubuslänge,...) erklären.
- ... den prinzipiellen Aufbau einiger optischer Instrumente (Lupe, Mikroskop, Fernrohre) darlegen.
- ... den Unterschied zwischen einem galileischen, holländischen und keplerschen Fernrohr benennen.
- ... die Vergrößerung der optischen Instrumente berechnen.
- ... Simulation optischer Instrumente und Naturphänomene in einem Forschungspraktikum (üfk 1).
- Prinzip von Hygens und Fermat'sches Prinzip* ... diese Prinzipien anhand der Reflexion und Brechung erklären

---

**Ergänzende Themen**

- Einführung in die Astronomie**
- Mondbeobachtungen
  - Grösse der Sonne
  - Mars
  - Schwarzkörperstrahlung
- 
- Elementarteilchenphysik**
- Standardmodell
  - Antimaterie
-

## 6. Schuljahr: Grobziele (PAM-Mathematik)

Inhalte / Themen	Handlungsziele / fachliche und überfachliche Kompetenzen Die Studierenden können...
<b>Analysis II</b>	
Differentialgleichungen	... den Stellenwert von Differentialgleichungen einschätzen.
Modellbildung	... Modellierungen mit Differentialgleichungen an einfachen Beispielen verstehen und nachvollziehen (z. B. Wachstumsprozesse, Räuber-Beute-Modelle, freier Fall mit Luftwiderstand, Konzentrationsänderungen in Flüssigkeiten).
homogene und inhomogene Differentialgleichungen	... homogene von inhomogenen Differentialgleichungen unterscheiden.
Lösen von Differentialgleichungen 1. Ordnung	... verschiedene Lösungsverfahren für Differentialgleichungen 1. Ordnung verstehen und an entsprechenden Gleichungen korrekt anwenden.
Trennen der Variablen	
Substitution	
<i>Differentialgleichungen 2. Ordnung</i>	
<i>Anwendungen</i>	
<i>Approximation von Funktionen</i>	
<i>Taylorpolynom</i>	
<i>Taylorentwicklung</i>	
<b>Stochastik</b>	
Begriffe	... die Begriffe Zufallsvariable, Erwartungswert, Standardabweichung und Varianz verstehen, in eigenen Worten erklären und in Aufgaben korrekt anwenden.
Zufallsvariable	
Erwartungswert	
Standardabweichung	
Varianz	
Binomial- und Normalverteilung	... die Charakteristiken der Normal- und der Binomialverteilung erkennen. ... normal- und binomialverteilte Häufigkeiten berechnen.
<i>Hypothesentest</i>	
<i>Vertrauensintervall</i>	

## 6. Schuljahr: Grobziele (PAM-Physik)

Inhalte / Themen	Handlungsziele / fachliche und überfachliche Kompetenzen Die Studierenden können...
<p><b>Vertiefung der Schwingungslehre</b> (kann schon Ende der 5. Klasse beginnen)</p> <p>Schwingungslehre Periodizität und harmonische Bewegung ungedämpfte harmonische Schwingungen gedämpfte harmonische Schwingungen Reibung in Flüssigkeiten Erzwungene Schwingung und Resonanz <i>Schwingkreis</i></p>	<p>... aufgrund einer Kräftebetrachtung die entsprechende Differentialgleichung zweiter Ordnung aufstellen und lösen.</p> <p>... aufgrund von selbst durchgeführten Experimenten (Fadenpendel, Federpendel) die zeitabhängige Beschreibung der Elongation ermitteln und sich auf rechnerischem Wege davon überzeugen, dass dies eine Lösung der entsprechenden Differentialgleichung ist.</p> <p>... anhand von Experimenten die zeitliche Abhängigkeit der Geschwindigkeit, Beschleunigung und der Kraft, sowie die entsprechende Schwingungsdauer berechnen.</p> <p>... die relevanten Energieterme einer Schwingung ermitteln und experimentell die Energieerhaltung bestätigen oder scheinbare Abweichungen erklären.</p> <p>... auf alternative Lösungsmöglichkeiten der entsprechenden Differentialgleichungen zurückgreifen (vgl. auch komplexe Zahlen) und die unterschiedlichen Lösungen in Beziehung setzen.</p> <p>... in der mathematischen Beschreibung des elektrischen Schwingkreises Analogien erkennen und dadurch z. B. die Schwingungsdauer berechnen.</p> <p>... Resonanzphänomene mit dem Computer modellieren (z.B. Stella, Vensim).</p>
<p><b>Thermodynamik</b></p> <p>Ideales Gas Zustandsgleichung Zusammenhang zwischen mittlerer Teilchenenergie und absoluter Temperatur isobare, isochore, isotherme, isentrope (adiabatische), und polytrope Zustandsänderungen Zwei und mehratomige Gase (Gleichverteilungssatz der Energie, Freiheitsgrade)</p> <p>Erster Hauptsatz der Wärmelehre</p>	<p>... die Modellannahmen eines idealen Gases nennen.</p> <p>... die Herleitung der Grundgleichung der kinetischen Gastheorie und den Zusammenhang zwischen mittlerer Teilchenenergie und absoluter Temperatur nachvollziehen.</p> <p>... V-p- sowie V-T-Diagramme für spezielle Zustandsänderungen zeichnen und interpretieren.</p> <p>... fehlende thermodynamische Grössen für die beteiligten Zustände bei Zustandsänderungen berechnen (Änderung der inneren Energie, Volumenveränderung, zugeführte Wärme, benötigte Arbeit, etc.).</p> <p>... den ersten, zweiten und <i>dritten</i> Hauptsatz der Wärmelehre in (eigene) Worte fassen.</p> <p>... die Unmöglichkeit des perpetuum mobile 1. und 2. Art erklären.</p> <p>... den ersten Hauptsatz der Thermodynamik als Erweiterung des Prinzips von der Energieerhaltung verstehen.</p> <p>... den ersten Hauptsatz beim idealen Gas in entsprechenden Aufgaben anwenden.</p>

---

spezifische und molare Wärmekapazitäten	... die spezifische und die molare Wärmekapazität unterscheiden und kennen deren Zusammenhang. ... theoretische und experimentelle Ergebnisse von Wärmekapazitäten vergleichen und Abweichungen bei realen Gasen erklären.
Zweiter Hauptsatz der Wärmelehre	... <i>sich dem Entropiebegriff auf statistische und thermodynamische Art nähern.</i> ... <i>exemplarisch Entropieänderungen in einfachen Prozessen berechnen.</i>
Optimaler Wirkungsgrad bei Wärmekraftmaschinen und Kältemaschinen	... Wirkungsgrade von thermodynamischen Maschinen berechnen, insbesondere beim Stirling- und Carnot-Prozess.

*Dritter Hauptsatz der Wärmelehre*

*Phasendiagramme*

*Wärmeübertragung*

---

### **Elektromagnetismus**

Elektrische Bauteile	... elektrische Widerstände, Kondensatoren und Spulen und ihre elektrischen Eigenschaften unterscheiden. ... <i>einfache Serie- und Parallelschaltungen mit Widerständen, Kondensatoren und Spulen zeichnen und Spannungen sowie Stromstärken berechnen.</i>
Definition von elektrischer Feldstärke, Spannung, Stromstärke, magnetischer Flussdichte und entsprechenden Kräften (elektrische Kraft, Lorentzkraft)	... die Begriffe Feldstärke, Spannung, Strom, Potential und Flussdichte mit Hilfe von Skizzen erklären. ... sicher mit den elektrodynamischen Formeln bei homogenen Feldern umgehen (Plattenkondensator, Hufeisenmagnet, Helmholzspulenpaar). ... die Theorie am Experiment überprüfen (Braunsche Röhre, Fadenstrahlröhre bzw. Perrin-Röhre). ... die technische Verwendung der Kraftwirkung auf geladenen Teilchen (Monitor, Oszilloskop, Fernsehgeräte, Teilchenbeschleuniger, Massenspektrometer, Wien-Filter, Hall-Effekt, etc.) grob erklären.

*Maxwellgleichungen*

---

### **Mechanik des starren Körpers Drehbewegungen**

<i>Drehwinkel, Winkelgeschwindigkeit und Winkelbeschleunigung</i>	... <i>Experimente auswerten (rotierende Kreisscheibe, etc.).</i>
<i>Trägheitsmoment und Drehmoment</i>	... <i>die Trägheitsmomente einfacher geometrischer Körper berechnen (dünner Stab, Kugel, Zylinder, etc).</i>
<i>Rotationsenergie, Energieerhaltung bei einfachen Drehbewegungen</i>	... <i>zur entsprechenden Problemlösung eine geeignete Wahl des Koordinatensystems (Kugelkoordinaten, Zylinderkoordinaten, etc.) treffen.</i>
<i>Steinerscher Satz</i>	... <i>den Beweis des Steiner'schen Satzes nachvollziehen und diesen innerhalb entsprechender Aufgaben gewinnbringend anwenden.</i>

---

---

<i>Rotationsbewegungen</i>	... <i>Experimente (Maxwellrad, Atwood'sche Fall-maschine, rollender Zylinder bzw. Kugel auf schiefer Ebene, Pohl'sches Drehpendel ,etc.) selbständig durchführen, auswerten und die Ergebnisse mit der Modellrechnung unter Zuhilfenahme von Fehlerabschätzungen vergleichen.</i>
<i>Drehschwingungen</i>	... <i>anhand von Analogien zur Translationsbewegung.</i>
<i>Physikalische Pendel, Pohl'sches Drehpendel</i>	... <i>auf entsprechende Zusammenhänge bei Drehbewegungen schliessen.</i>
<i>Rollender Körper</i>	
<i>Drehimpuls und Drehimpulserhaltung, Drehmoment als zeitliche Änderung des Drehimpulses</i>	... <i>mit Kraft-, Drehmomenten- und Energieansatz entsprechende Probleme und Aufgaben lösen.</i>

---

**Relativitätstheorie**

<i>Spezielle Relativitätstheorie</i>	... <i>anhand von historischen Versuchen (Bucherer, Kaufmann, etc.) auf die Geschwindigkeitsabhängigkeit der Masse schliessen.</i>
<i>Relativitätsprinzip</i>	
<i>Äquivalenz von Masse und Energie</i>	... <i>die von Einstein formulierte Masse-Energie-Äquivalenz herleiten.</i> ... <i>die Herleitung der Energie-Impuls-Beziehung nachvollziehen.</i>
<i>relativistische Energie-Impuls-Beziehung</i>	... <i>Berechnungen mit relativistischen (geladenen) Teilchen durchführen.</i> ... <i>die Grundannahme und wichtige Konsequenzen Einsteins nachvollziehen.</i>
<i>Michelson-Experiment</i>	
<i>Zeitlich-räumliches Bezugssystem</i>	... <i>Experimente beschreiben, welche diese Effekte messen.</i> ... <i>aus der Lorenz-Transformation die Zeitdilatation, die Längenkontraktion und die Geschwindigkeitsaddition in Inertialsystemen herleiten.</i>
<i>Lorentz-Transformation</i>	
<i>Zeitdilatation</i>	... <i>Inertialsysteme erkennen und Aussagen einfacher Experimente in andere Inertialsysteme transformieren.</i>
<i>Längenkontraktion</i>	
<i>Additionstheorem für Geschwindigkeiten</i>	
<i>Dopplereffekt</i>	
<i>Relativität der Gleichzeitigkeit</i>	

---

**Atomphysik**

<i>Welle-Teilchen-Dualismus von Licht</i>	... <i>qualitative Grundversuche zum Photoeffekt durchführen.</i> ... <i>Experimente zum Photoeffekt (z.B. Gegenfeld-methode) quantitativ auswerten, und deren Ergebnisse (Einstein-Gleichung) interpretieren.</i>
<i>Lichtelektrischer Effekt</i>	
<i>kinetischer Energie und Impuls von Photonen</i>	... <i>Resultate von Experimenten mit dem Wellen- oder Teilchenmodell erklären.</i>
<i>Compton-Effekt</i>	... <i>sowohl im Teilchen- als auch im Wellenmodell von Licht rechnen.</i>
<i>Röntgenspektroskopie</i>	... <i>den Impuls des Photons aus der relativistischen Energie-Impuls-Beziehung herleiten.</i> ... <i>die Herleitung der Formel für die Wellenlängenänderung beim Compton-Effekt nachvollziehen und diskutieren.</i>

---

Wellen-Teilchen-Dualismus von Licht und Materie	... anhand eines quantitativen Versuchs mit einer Elektronenbeugungsröhre und der entsprechenden Theorie Wellenlängen, Netzaabstände (Graphit) und das Planksche Wirkungsquantum bestimmen.
Braggsche Bedingung	
De-Broglie-Wellenlänge	... anhand eines Beugungsexperiments (z.B. Fulleren-Moleküle) quantitative Aussagen über die Verteilung der Teilchen nach deren Durchgang durch ein Beugungsgitter machen.
Das Bohr'sche Atommodell und Ausblick auf quantenmechanische Modelle (Orbitalmodell)	... das Spektrum von Wasserstoff theoretisch herleiten. ... das dritte Bohr'sche Postulat veranschaulichen (konstruktive Interferenz).

### **Ergänzende Themenbereiche**

<b>Strömungslehre</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Kontinuitätsbedingungen</li> <li>– Bernoulli-Gesetz</li> <li>– Strömungswiderstand</li> <li>– Hydrodynamisches Paradoxon</li> </ul>
<b>Kosmologie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Urknallmodell</li> <li>– Schwarze Löcher</li> </ul>
<b>Radioaktivität</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Radioaktive Zerfälle</li> <li>– Nuklidkarte</li> <li>– Zerfallswahrscheinlichkeiten</li> <li>– Strahlenschutztechnische Fragestellungen</li> <li>– Aktivität eines Präparats</li> </ul>
<b>Allgemeine Relativitätstheorie (ART)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Äquivalenzprinzip der ART</li> <li>– Raum-Zeit-Geometrie</li> <li>– Licht im Gravitationsfeld</li> <li>– Längenkontraktion und Zeitdilatation</li> <li>– Gravitationsrotverschiebung</li> </ul>