

# **Schulinternen Lehrplan Waldschule zum Kernlehrplan für die gymnasiale Oberstufe**

## **Mathematik**

03.05.2022

**Inhalt**

	Seite
<b>1 Die Fachgruppe Mathematik an der Waldschule.....</b>	<b>3</b>
1.1 Lage der Schule .....	3
1.2 Aufgaben des Fachs bzw. der Fachgruppe in der Schule vor dem Hintergrund der Schülerschaft .....	3
1.3 Funktionen und Aufgaben der Fachgruppe vor dem Hintergrund des Schulprogramms .....	4
1.4 Beitrag der Fachgruppe zur Erreichung der Erziehungsziele der Schule .....	4
1.5 Verfügbare Ressourcen.....	4
1.6 FunktionsinhaberIn der Fachgruppe: .....	4
<b>2 Entscheidungen zum Unterricht.....</b>	<b>5</b>
2.1 Unterrichtsvorhaben .....	5
2.1.1 Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben.....	6
Übersicht über die Unterrichtsvorhaben .....	14
2.1.2 Konkretisierte Unterrichtsvorhaben .....	18
Q-Phase Grundkurs Funktionen und Analysis (A) .....	31
Q-Phase Grundkurs Analytische Geometrie und Lineare Algebra (G).....	42
Q-Phase Grundkurs Stochastik (S).....	47
2.2 Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit .....	79
Überfachliche Grundsätze: .....	79
Fachliche Grundsätze:.....	79
2.3 Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung .....	81
2.4 Lehr- und Lernmittel .....	86
<b>3 Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen .....</b>	<b>88</b>
<b>4 Qualitätssicherung und Evaluation.....</b>	<b>89</b>

# 1. Die Fachgruppe Mathematik an der Waldschule

## 1.1. Lage der Schule

Die Waldschule ist die einzige Gesamtschule in der Stadt Eschweiler.

Zurzeit besuchen ca. 960 Schülerinnen und Schüler unsere Schule. Ungefähr ein Viertel der Schülerschaft hat einen Migrationshintergrund, bei vielen ist die Muttersprache nicht Deutsch. Viele Eltern beziehen staatliche Unterstützung zum Lebensunterhalt.

Die Jahrgänge sind vierzünftig mit Klassen bis jeweils 30 Schülerinnen und Schüler. In jedem Jahrgang werden auch Schülerinnen und Schüler mit Förderbedarf gemeinsam mit allen anderen unterrichtet. Für die fachlichen und sozialen Lernortschritte aller Schülerinnen und Schüler arbeiten 85 Fach- und Klassenlehrerinnen gemeinsam mit vier Sonderpädagoginnen. Sie werden dabei von einem Sozialpädagogenteam unterstützt.

Die Oberstufe besuchen ca. 120 Schülerinnen und Schüler, wobei die Waldschule auch für viele Schülerinnen und Schüler aus den umliegenden Real- und Hauptschulen die Schule ist, in der sie ihr Abitur machen möchten. In der Einführungsphase werden in der Regel vier Grundkurse eingerichtet. Die Zusammensetzung der Lerngruppen in den jeweiligen Kursen darf bzgl. der Leistungsfähigkeiten der Schüler und Schülerinnen als inhomogen charakterisiert werden. Entsprechend der Leistungsfähigkeit und Neigung der Schülerschaft ergeben sich in der Q-Phase unterschiedlich viele Leistungs- und Grundkurse.

Die Räume der Schule sind funktional. Teilweise wurden Räume bereits modernisiert, teilweise besteht Renovierungsbedarf. Die Ausstattung mit modernen Medien ist unvollständig. Eine Verbesserung der Lage steht in den kommenden Jahren an. Die Schule hat eine eigene Schulbibliothek.

Es fällt auf, dass bei vielen Schülerinnen und Schülern fachliche Defizite aus dem Sek I-Bereich vorhanden sind. In diesem Zusammenhang werden entsprechend den Vorgaben des Ministeriums Vertiefungskurs - Kurse im Fach Mathematik angeboten. Ferner ist erkennbar, dass die Kompetenz des selbstständigen Lernens bei vielen Schülerinnen und Schülern nicht bzw. kaum vorhanden ist.

Der Unterricht findet im 45-Minuten-Takt statt, die Kursblockung sieht in der Regel für Grundkurse eine, für Leistungskurse zwei Doppelstunden vor.

## 1.2. Aufgaben des Fachs bzw. der Fachgruppe in der Schule vor dem Hintergrund der Schülerschaft

Hauptaufgabe des Mathematikunterrichts der Oberstufe ist es, die Schülerinnen und Schüler auf das Zentralabitur vorzubereiten. Darüber hinaus soll der Mathematikunterricht für die Abiturienten, die ein naturwissenschaftliches Studium anstreben, die notwendigen inhaltlichen sowie prozess-orientierten Kompetenzen vermitteln.

Gerade im Fach Mathematik sehen viele Schülerinnen und Schüler, die in sprachlichen Fächern Defizite aufweisen und somit i.d.R. hier auch unmotiviert sind, ihre bzw. eine Chance.

Aus der Beschreibung in Punkt 1a) und der oben beschriebenen Ziele des Mathematikunterrichts ergeben sich folgende Aufgaben für die Fachgruppe:

- a) Bereitstellen/Erstellen von Ü-Aufgaben (VK-Ordner):
  - Aufarbeitung/Beseitigung fachlicher Defizite der Schülerschaft in den Vertiefungskursen

- b) Fördern des selbstständigen/eigenverantwortlichen Lernens der Schülerschaft durch:
  - Entsprechende Unterrichtsgestaltung
  - Fördermaterial auf der Lernplattform Logineo
  - Förderhefte vom Klett Verlag: Analysis I, Analysis II, Analytische Geometrie und Stochastik.
- c) Einführung zeitgemäßer medialer Werkzeuge:
  - Sukzessive Einführung des grafikfähigen Taschenrechners durch Planung und Durchführung entsprechender Unterrichtssequenzen
- d) Kompetenzerweiterung des Kollegiums
  - Organisation der internen Fortbildungen für Mathekollegen

### **1.3. Funktionen und Aufgaben der Fachgruppe vor dem Hintergrund des Schulprogramms**

- Individuelles/selbstständiges Lernen der Schülerschaft ermöglichen
- Öffentlichkeitsarbeit (Wettbewerbe, CAMMP-Week, CAMMP-Day, RWTH-Exkursionen, Antalive etc.)

### **1.4. Beitrag der Fachgruppe zur Erreichung der Erziehungsziele der Schule**

- Fördern von sozialer Kompetenz: Schülerinnen und Schüler helfen Schülerinnen und Schüler,
- Nachhilfe für SI-Schülerinnen und Schüler, Workshops in der Q2 in Kooperation mit der Gesamtschule Alsdorf

### **1.5. Verfügbare Ressourcen**

- GTR Casio fx-CG 20 – 50 (grafikfähiger Taschenrechner)
- Casio fx-CG Manager Plus
- Dynamische Geometrie-Software (Geogebra)
- z.Zt. zwei Lehrerinnen und ein Sek I Lehrer (mit Unterrichtserlaubnis Sekundarstufe II)
- Informatikräume, die für den Mathematikunterricht genutzt werden können
- In der Einführungsphase wird das Schulbuch „Elemente der Mathematik, NRW“ in der aktuellen Version verwendet.
- In der Qualifikationsphase wird das Schulbuch „Elemente der Mathematik, Leistungskurs/bzw. Grundkurs, NRW“ in der aktuellen Version verwendet.

### **1.6. Funktionsinhaberin der Fachgruppe:**

Fachvorsitz: Fr. Dr. Volkova (Sek II) für das 2022/2023 Schuljahr

## **2. Entscheidungen zum Unterricht**

### **2.1. Unterrichtsvorhaben**

Die entsprechende Umsetzung erfolgt auf zwei Ebenen: der inhaltsbezogenen und der prozessbezogenen Kompetenzen.

Im „Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben“ (Kapitel 2.1.1) wird die Verteilung der Unterrichtsvorhaben dargestellt. Sie ist laut Beschluss der Fachkonferenz verbindlich für die Unterrichtsvorhaben der Einführungsphase und für die Unterrichtsphasen der Qualifikationsphase. Die zeitliche Abfolge der Unterrichtsvorhaben VI und VII der Einführungsphase ist jeweils auf die Vorgaben zur Vergleichsklausur abzustimmen.

Das Übersichtsraster dient dazu, den Kolleginnen und Kollegen einen schnellen Überblick über die Zuordnung der Unterrichtsvorhaben zu den einzelnen Jahrgangsstufen sowie den im Kernlehrplan genannten Kompetenzen, Inhaltsfeldern und inhaltlichen Schwerpunkten zu verschaffen. Um Klarheit für die Lehrkräfte herzustellen und die Übersichtlichkeit zu gewährleisten, werden in der Kategorie „inhaltsbezogene Kompetenzen“ an dieser Stelle nur die übergeordneten Kompetenzerwartungen ausgewiesen. Der ausgewiesene Zeitbedarf versteht sich als grobe Orientierungsgröße, die nach Bedarf über- oder unterschritten werden kann. Um Spielraum für Vertiefungen, individuelle Förderung, besondere Schülerinteressen oder aktuelle Themen zu erhalten, wurden im Rahmen dieses schulinternen Lehrplans ca. 75 Prozent der Bruttounterrichtszeit verplant.

### 2.1.1. Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben

Einführungsphase	
<p><b>Thema:</b> Ganzrationale Funktionen (E-A1)</p> <p><b>Zentrale Kompetenzen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Modellieren</li> <li>⤴ Werkzeuge nutzen</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Funktionen und Analysis (A)</p> <p><b>Inhaltliche Schwerpunkte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Grundlegende Eigenschaften von linearen, quadratischen, Potenz- und Sinusfunktionen</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 20 St.</p>	<p><b>Thema:</b> Von der durchschnittliche zur lokalen Änderungsrate - Differenzialrechnung (E-A2)</p> <p><b>Zentrale Kompetenzen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Modellieren</li> <li>⤴ Werkzeuge nutzen</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Funktionen und Analysis (A)</p> <p><b>Inhaltliche Schwerpunkte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Grundverständnis des Ableitungsbegriffs</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 21 St.</p>
<p><b>Thema:</b> <i>Von den Potenzfunktionen zu den ganzrationalen Funktionen (E-A3)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Problemlösen</li> <li>⤴ Argumentieren</li> <li>⤴ Werkzeuge nutzen</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Funktionen und Analysis (A)</p> <p><b>Inhaltliche Schwerpunkte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Differentialrechnung ganzrationaler Funktionen</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 10 St.</p>	<p><b>Thema:</b> <i>Entwicklung und Anwendung von Kriterien und Verfahren zur Untersuchung von Funktionen (E-A4)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Problemlösen</li> <li>⤴ Argumentieren</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Funktionen und Analysis (A)</p> <p><b>Inhaltliche Schwerpunkte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Differentialrechnung ganzrationaler Funktionen</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 18 St.</p>

<b>Einführungsphase</b>	
<p><b>Thema:</b> <i>Den Zufall im Griff – Modellierung von Zufallsprozessen (E-S1)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Modellieren</li> <li>⤴ Kommunizieren</li> <li>⤴ Werkzeuge nutzen</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Stochastik (S)</p> <p><b>Inhaltliche Schwerpunkte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Mehrstufige Zufallsexperimente</li> <li>⤴ Vierfeldertafel</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 8 St.</p>	<p><b>Thema:</b> <i>Testergebnisse richtig interpretieren – Umgang mit bedingten Wahrscheinlichkeiten (E-S2)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Modellieren</li> <li>⤴ Kommunizieren</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Stochastik (S)</p> <p><b>Inhaltlicher Schwerpunkt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Bedingte Wahrscheinlichkeiten</li> <li>⤴ stochastische Unabhängigkeit</li> <li>⤴ Erwartungswert</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 10 Std.</p>
<p><b>Thema:</b> <i>Unterwegs in 3D – Koordinatisierungen des Raumes (E-G1)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Modellieren</li> <li>⤴ Kommunizieren</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Analytische Geometrie und Lineare Algebra (G)</p> <p><b>Inhaltlicher Schwerpunkt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Koordinatisierungen des Raumes</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 6 Std.</p>	<p><b>Thema:</b> <i>Vektoren bringen Bewegung in den Raum (E-G2)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Problemlösen</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Analytische Geometrie und Lineare Algebra (G)</p> <p><b>Inhaltlicher Schwerpunkt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Vektoren und Vektoroperationen</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 9 Std.</p>

<b>Qualifikationsphase – GRUNDKURS</b>	
<p><b>Thema:</b> <i>Optimierungsprobleme (Q-GK-A1)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Problemlösen</li> <li>⤴ Modellieren</li> <li>⤴ Werkzeuge nutzen</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Funktionen und Analysis (A)</p> <p><b>Inhaltliche Schwerpunkte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Funktionen als mathematische Modelle</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 9 St.</p>	<p><b>Thema:</b> <i>Funktionen beschreiben Formen – Modellieren von Sachsituationen mit ganz-rationalen Funktionen (Q-GK-A2)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Modellieren</li> <li>⤴ Argumentieren</li> <li>⤴ Werkzeuge nutzen</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Funktionen und Analysis (A) Lineare Algebra (G)</p> <p><b>Inhaltliche Schwerpunkte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Funktionen als mathematische Modelle</li> <li>⤴ Lineare Gleichungssysteme</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 22 St.</p>
<p><b>Thema:</b> <i>Von der Änderungsrate zum Bestand (Q-GK-A3)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Modellieren</li> <li>⤴ Werkzeuge nutzen</li> <li>⤴ Kommunizieren</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Funktionen und Analysis (A)</p> <p><b>Inhaltliche Schwerpunkte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Grundverständnis des Integralbegriffs</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 9 St.</p>	<p><b>Thema:</b> <i>Von der Randfunktion zur Integralfunktion (Q-GK-A4)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Argumentieren</li> <li>⤴ Werkzeuge nutzen</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Funktionen und Analysis (A)</p> <p><b>Inhaltliche Schwerpunkte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Integralrechnung</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 18 St.</p>
<p><b>Thema:</b> <i>Natürliche Exponentialfunktionen (Q GK-A5)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Problemlösen</li> <li>⤴ Werkzeuge nutzen</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Funktionen und Analysis (A)</p> <p><b>Inhaltlicher Schwerpunkt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Fortführung der Differentialrechnung</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 11 Std.</p>	<p><b>Thema:</b> <i>Modellieren (nicht nur) mit Exponentialfunktionen (Q-GK-A6)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Modellieren</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Funktionen und Analysis (A)</p> <p><b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Fortführung der Differentialrechnung Integralrechnung</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 12 Std.</p>

<b>Qualifikationsphase – GRUNDKURS</b>	
<p><b>Thema:</b> <i>Beschreibung von Bewegungen und Schattenwurf mit Geraden (Q-GK-G1)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Modellieren</li> <li>⤴ Werkzeuge nutzen</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Analytische Geometrie und Lineare Algebra (G)</p> <p><b>Inhaltlicher Schwerpunkt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Darstellung und Untersuchung geometrischer Objekte (Geraden)</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 9 Std.</p>	<p><b>Thema:</b> <i>Lineare Algebra als Schlüssel zur Lösung von geometrischen Problemen (Q-GK-G2)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Problemlösen</li> <li>⤴ Werkzeuge nutzen</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Analytische Geometrie und Lineare Algebra (G)</p> <p><b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Darstellung und Untersuchung geometrischer Objekte (Ebenen)</li> <li>⤴ Lineare Gleichungssysteme</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 12 Std.</p>
<p><b>Thema:</b> <i>Räume vermessen – mit dem Skalarprodukt Polygone und Polyeder untersuchen (Q-GK-G4)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Problemlösen</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Analytische Geometrie und Lineare Algebra (G)</p> <p><b>Inhaltlicher Schwerpunkt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Skalarprodukt</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 9 Std</p>	

<b>Qualifikationsphase – GRUNDKURS</b>	
<p><b>Thema:</b> <i>Von stochastischen Modellen, Zufallsgrößen, Wahrscheinlichkeitsverteilungen und ihren Kenngrößen (Q-GK-S1)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Modellieren</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Stochastik (S)</p> <p><b>Inhaltlicher Schwerpunkt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Kenngrößen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 6 Std.</p>	<p><b>Thema:</b> <i>Treffer oder nicht? – Bernoulliexperimente und Binomialverteilung (Q-GK-S2)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Modellieren</li> <li>⤴ Werkzeuge nutzen</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Stochastik (S)</p> <p><b>Inhaltlicher Schwerpunkt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Binomialverteilung</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 18 Std.</p>
<p><b>Thema:</b> <i>Modellieren mit Binomialverteilungen (Q-GK-S3)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Modellieren</li> <li>⤴ Argumentieren</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Stochastik (S)</p> <p><b>Inhaltlicher Schwerpunkt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Binomialverteilung</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 9 Std.</p>	<p><b>Thema:</b> <i>Hypothesentest (Q-GK-S4)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Modellieren</li> <li>⤴ Argumentieren</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Stochastik (S)</p> <p><b>Inhaltlicher Schwerpunkt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Hypothesentest</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 12 Std.</p>

<b>Qualifikationsphase – LEISTUNGSKURS</b>	
<p><b>Thema:</b> <i>Optimierungsprobleme (Q-LK-A1)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Modellieren</li> <li>⤴ Problemlösen</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Funktionen und Analysis (A)</p> <p><b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Funktionen als mathematische Modelle</li> <li>⤴ Fortführung der Differentialrechnung</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 12 Std.</p>	<p><b>Thema:</b> <i>Funktionen beschreiben Formen – Modellieren von Sachsituationen mit Funktionen (Q-LK-A2)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Modellieren</li> <li>⤴ Werkzeuge nutzen</li> </ul> <p><b>Inhaltsfelder:</b> Funktionen und Analysis (A) Lineare Algebra (G)</p> <p><b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Funktionen als mathematische Modelle</li> <li>⤴ Lineare Gleichungssysteme</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 24 Std.</p>
<p><b>Thema:</b> <i>Von der Änderungsrate zum Bestand (Q-LK-A3)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Kommunizieren</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Funktionen und Analysis (A)</p> <p><b>Inhaltlicher Schwerpunkt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Grundverständnis des Integralbegriffs</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 10 Std.</p>	<p><b>Thema:</b> <i>Von der Randfunktion zur Integralfunktion (Q-LK-A4)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Argumentieren</li> <li>⤴ Werkzeuge nutzen</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Funktionen und Analysis (A)</p> <p><b>Inhaltlicher Schwerpunkt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Integralrechnung</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 24 Std.</p>

<b>Qualifikationsphase – LEISTUNGSKURS</b>	
<p><b>Thema:</b> <i>Natürlich: Exponentialfunktionen und Logarithmus (Q-LK-A5)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ x Problemlösen</li> <li>⤴ x Werkzeuge nutzen</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Funktionen und Analysis (A)</p> <p><b>Inhaltlicher Schwerpunkt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Fortführung der Differentialrechnung</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 15 Std.</p>	<p><b>Thema:</b> <i>Modellieren (nicht nur) mit Exponentialfunktionen (Q-LK-A6)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ x Modellieren</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Funktionen und Analysis (A)</p> <p><b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Fortführung der Differentialrechnung</li> <li>⤴ Integralrechnung</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 15 Std.</p>
<p><b>Thema:</b> <i>Beschreibung von Bewegungen und Schattenwurf mit Geraden (Q-LK-G1)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Modellieren</li> <li>⤴ Werkzeuge nutzen</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Analytische Geometrie und Lineare Algebra (G)</p> <p><b>Inhaltlicher Schwerpunkt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Darstellung und Untersuchung geometrischer Objekte (Geraden)</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 10 Std.</p>	<p><b>Thema:</b> <i>Die Welt vermessen – das Skalarprodukt und seine ersten Anwendungen (QLK-G2)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Problemlösen</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Analytische Geometrie und Lineare Algebra (G)</p> <p><b>Inhaltlicher Schwerpunkt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Skalarprodukt</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 10Std.</p>
<p><b>Thema:</b> <i>Ebenen als Lösungsmengen von linearen Gleichungen und ihre Beschreibung durch Parameter (Q-LK-G3)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Argumentieren</li> <li>⤴ Kommunizieren</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Analytische Geometrie und Lineare Algebra (G)</p> <p><b>Inhaltlicher Schwerpunkt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Darstellung und Untersuchung geometrischer Objekte (Ebenen)</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 20 Std.</p>	

<b>Qualifikationsphase – LEISTUNGSKURS</b>	
<p><b>Thema:</b> <i>Von stochastischen Modellen, Zufallsgrößen, Wahrscheinlichkeitsverteilungen und ihren Kenngrößen (Q-LK-S1)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Modellieren</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Stochastik (S)</p> <p><b>Inhaltlicher Schwerpunkt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Kenngrößen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 6 Std.</p>	<p><b>Thema:</b> <i>Treffer oder nicht? – Bernoulliexperimente und Binomialverteilungen (Q-LK-S2)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Modellieren</li> <li>⤴ Werkzeuge nutzen</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Stochastik (S)</p> <p><b>Inhaltlicher Schwerpunkt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Binomialverteilung</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 20 Std.</p>
<p><b>Thema:</b> <i>Untersuchung charakteristischer Größen von Binomialverteilungen (Q-LK-S3)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Problemlösen</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Stochastik (S)</p> <p><b>Inhaltlicher Schwerpunkt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Binomialverteilung</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 10 Std.</p>	<p><b>Thema:</b> <i>Ist die Glocke normal? (Q-LK-S4)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Modellieren</li> <li>⤴ Problemlösen</li> <li>⤴ Werkzeuge nutzen</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Stochastik (S)</p> <p><b>Inhaltlicher Schwerpunkt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Normalverteilung</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 15 Std.</p>
<p><b>Thema:</b> <i>Signifikant und relevant? – Testen von Hypothesen (Q-LK-S5)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Modellieren</li> <li>⤴ Kommunizieren</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Stochastik (S)</p> <p><b>Inhaltlicher Schwerpunkt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Testen von Hypothesen</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 10 Std.</p>	<p><b>Thema:</b> <i>Von Übergängen und Prozessen (QLK-S6)</i></p> <p><b>Zentrale Kompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Modellieren</li> <li>⤴ Argumentieren</li> </ul> <p><b>Inhaltsfeld:</b> Stochastik (S)</p> <p><b>Inhaltlicher Schwerpunkt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Stochastische Prozesse</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 15 Std.</p>

### 2.1.2. Übersicht über die Unterrichtsvorhaben

Einführungsphase-Phase		
Unterrichtsvorhaben	Thema	Stundenzahl
I	E-S1 <i>Den Zufall im Griff – Modellierung von Zufallsprozessen</i>	7
II	E-S2 <i>Testergebnisse richtig interpretieren – Umgang mit bedingten Wahrscheinlichkeiten</i>	6
1.Klausur mit dem TR		
III	Potenzregeln aus dem E-A1 Ganzrationale Funktionen	3
IV	Geraden und quadratische Funktionen aus E-A1	4
V	Eigenschaften von ganzrationalen Funktionen aus E-A1	11
2. Klausur mit GTR		
VI	E-A2 Von der durchschnittliche zur lokalen Änderungsrate - Differenzialrechnung	21
3. Klausur		
VII	Differentialrechnung ganzrationaler Funktionen E-A3 <i>Von den Potenzfunktionen zu den ganzrationalen Funktionen</i>	10
VIII	E-A1 (andere Fkt.klassen: Trigonometrische, exponentiale) – evntl. vor der ZK	6
IX	E-A4 Entwicklung und Anwendung von Kriterien und Verfahren zur Untersuchung von Funktionen	18
	Wdh. Stochastik	4
ZK		
IX	E-G1 Unterwegs in 3D – Koordinatisierungen des Raumes	6
X	E-G2 Vektoren bringen Bewegung in den Raum	9
	Summe:	105

<b>Q1 Grundkurs</b>		
<b>Unterrichtsvorhaben</b>	<b>Thema</b>	<b>Stundenzahl</b>
I	Q-GK-G1 Beschreibung von Bewegungen und Schattenwurf mit Geraden	9
1. Klausur		
III	Q-GK-A1 (WP, Kurvendis.)	6
II	Q-GK-A2 <i>Funktionen beschreiben Formen – Modellieren von Sachsituationen mit ganzrationalen Funktionen</i>	18
2. Klausur		
IV	Q-GK-A1 <i>Optimierungsprobleme</i>	12
V	Q-GK-A3 <i>Von der Änderungsrate zum Bestand</i>	9
VI	Q-GK-A4 <i>Von der Randfunktion zur Integralfunktion</i>	18
3. Klausur		
VII	Q-GK-S1 <i>Von stochastischen Modellen, Zufallsgrößen, Wahrscheinlichkeitsverteilungen und ihren Kenngrößen</i>	6
VII	Q-GK-S2 <i>Treffer oder nicht? – Bernoulliexperimente und Binomialverteilung</i>	12
4. Klausur		
	Summe:	90

<b>Q2 Grundkurs</b>		
Unterrichtsvorhaben	Thema	Stundenzahl
I	Q-GK- G2 <i>Lineare Algebra als Schlüssel zur Lösung von geometrischen Problemen - Ebene</i>	12
1. Klausur		
II	Q-GK-A5 <i>Natürliche Exponentialfunktionen</i>	9
III	Q-GK-A6 <i>Modellieren (nicht nur) mit Exponentialfunktionen</i>	9
2. Klausur		
V	Q-GK-S3 <i>Modellieren mit Binomialverteilungen</i>	6
VI	Q-GK – S4 <i>Hypothesentest</i>	6
VII	Aufbauende Wiederholung aller Themen	6
Vorabiturklausur		
	Abiturvorbereitung	15
Abitur		
	Summe:	63

<b>Q1 Leistungskurs</b>		
Unterrichtsvorhaben	Thema	Stundenzahl
I	Q-LK-G1 <i>Beschreibung von Bewegungen und Schattenwurf mit Geraden</i>	10
II	Q-LK-G2 <i>Die Welt vermessen – das Skalarprodukt und seine ersten Anwendungen</i>	10
1. Klausur		
III	Q-LK-A3 <i>Von der Änderungsrate zum Bestand</i>	10
IV	Q-LK-A4 <i>Von der Randfunktion zur Integralfunktion</i>	24
2. Klausur		
V	Q-LK-A2 : <i>Funktionen beschreiben Formen – Modellieren von Sachsituationen mit Funktionen</i>	24
VI	Q-LK-A1 <i>Optimierungsprobleme</i>	12
3. Klausur		

VII	Q-LK-S1 <i>Von stochastischen Modellen, Zufallsgrößen, Wahrscheinlichkeitsverteilungen und ihren Kenngrößen</i>	6
VIII	Q-LK-S2 <i>Treffer oder nicht? – Bernoulliexperimente und Binomialverteilungen</i>	20
IX	Q-LK-S3 <i>Untersuchung charakteristischer Größen von Binomialverteilungen</i>	10
4. Klausur		
	Summe:	126
<b>Q2 Leistungskurs</b>		
Unterrichtsvorhaben	Thema	Stundenzahl
I	Q-LK-S4 <i>Ist die Glocke normal</i>	15
II	Q-LK-S5 <i>Signifikant und relevant? – Testen von Hypothesen</i>	10
1. Klausur		10
IV	Q-LK-A5 <i>Natürlich: Exponentialfunktionen und Logarithmus</i>	15
V	Q-LK-A6 <i>Modellieren (nicht nur) mit Exponentialfunktionen</i>	15
VI	Q-LK-G3 <i>Ebenen als Lösungsmengen von linearen Gleichungen und ihre Beschreibung durch Parameter</i>	20
2. Klausur		
VII	Aufbauende Wiederholung aller Themen	35
Vorabiturklausur		
	Abiturvorbereitung	15
Abitur		
	Summe:	126

## 2.2. Konkretisierte Unterrichtsvorhaben

### Einführungsphase Funktionen und Analysis (A)

<b>Thema: Beschreibung der Eigenschaften von Funktionen und deren Nutzung im Kontext (E-A1)</b>		
<b>Zu entwickelnde Kompetenzen</b>	<b>Inhalte</b>	<b>Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen</b>
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Eigenschaften von Potenzfunktionen mit ganzzahligen Exponenten sowie quadratischen und kubischen Wurzelfunktionen</li> <li>• beschreiben Wachstumsprozesse mithilfe linearer Funktionen und Exponentialfunktionen</li> <li>• wenden einfache Transformationen (Streckung, Verschiebung) auf Funktionen (Sinusfunktion, quadratische Funktionen, Potenzfunktionen, Exponentialfunktionen) an und deuten die zugehörigen Parameter</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):</b> <b>Modellieren</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erfassen und strukturieren zunehmend komplexe Sachsituationen mit Blick auf eine konkrete Fragestellung (Strukturieren)</li> <li>• übersetzen zunehmend komplexe Sachsituationen in mathematische Modelle (<i>Mathematisieren</i>)</li> </ul>	<p><b>1.1 Funktionen und ihre Darstellungen – Umgang mit dem Rechner</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definitionsbereich und Wertebereich einer Funktion;</li> <li>• Darstellungen einer Funktion; Intervalle; Funktionen im Rechner darstellen;</li> <li>• Mit linearen und quadratischen Funktionen modellieren; Geraden, Parabeln und Schnittpunkte;</li> <li>• Abschnittsweise definierte Funktionen und Graphen, die keine Funktionsgraphen sind</li> </ul> <p><b>1.2 Potenzen mit rationalen Exponenten – Potenzgesetze</b></p> <p>1.2.1 Definition von Potenzen mit rationalen Exponenten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sicher mit Potenzen mit rationalen Exponenten umgehen;</li> <li>• Wachstum beschreiben</li> </ul> <p>1.2.2 Potenzgesetze</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Potenzgesetze anwenden;</li> <li>• Wurzeln als Potenzen;</li> <li>• Terme mit Potenzen</li> </ul>	<p>Algebraische Rechentechniken werden grundsätzlich parallel vermittelt und diagnosegestützt geübt (ergänzt durch differenzierende, individuelle Zusatzangebote aus Aufgabensammlungen).</p> <p>Dem oft erhöhten Angleichungs- und Förderbedarf wird ebenfalls durch gezielte individuelle Angebote Rechnung getragen.</p> <p>Hilfreich kann es sein, dabei die Kompetenzen der Mitschülerinnen und Mitschüler (z. B. durch Kurzvorträge) zu nutzen.</p> <p>Ein besonderes Augenmerk muss in diesem Unterrichtsvorhaben auf die Einführung in die elementaren Bedienkompetenzen der verwendeten Software und des GTR gerichtet werden.</p> <p>Als Kontext für die Beschäftigung mit Wachstumsprozessen können zunächst Ansparmodelle und Wachstumsvorgänge (insbesondere lineare und exponentielle) betrachtet werden.</p>

<p><b>Werkzeuge nutzen</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nutzen Tabellenkalkulation, Funktionenplotter und grafikfähige Taschenrechner</li> <li>• verwenden verschiedene digitale Werkzeuge zum Darstellen von Funktionen grafisch und als Wertetabelle zielgerichteten Variieren der Parameter von Funktionen</li> </ul>	<p><b>1.3 Potenzfunktionen</b></p> <p>1.3.1 Potenzfunktionen mit natürlichen Exponenten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Potenzfunktionen mit natürlichen Exponenten und ihre Graphen,</li> <li>• Graphen von Potenzfunktionen strecken und verschieben;</li> </ul> <p>1.3.2 Potenzfunktionen mit negativen ganzzahligen Exponenten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Potenzfunktionen mit negativen ganzzahligen Exponenten und ihre Graphen;</li> <li>• Graphen von Potenzfunktionen mit negativen Exponenten strecken und verschieben</li> </ul> <p>1.3.3 Potenzfunktionen mit den Exponenten <math>\frac{1}{2}</math> und <math>\frac{1}{3}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Punkte auf dem Graphen von Wurzelfunktionen;</li> <li>• Graphen von Wurzelfunktionen strecken und verschieben;</li> <li>• Modellierungen;</li> <li>• Potenzgleichungen lösen</li> </ul>	<p>Für kontinuierliche Prozesse und den Übergang zu Exponentialfunktionen werden verschiedene Kontexte (z. B. Bakterienwachstum, Abkühlung) untersucht.</p> <p>Der entdeckende Einstieg in Transformationen kann etwa über das Beispiel „Sonnenscheindauer“ aus den GTR-Materialien erfolgen. Anknüpfend an die Erfahrungen aus der SI werden dann quadratische Funktionen (Scheitelpunktform) und Parabeln unter dem Transformationsaspekt betrachtet. Systematisches Erkunden mithilfe des GTR eröffnet den Zugang zu Potenzfunktionen.</p>
	<p><b>1.4 Ganzrationale Funktionen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ganzrationale Funktionen am Term erkennen;</li> <li>• Gestreckte und verschobene Graphen von Potenzfunktionen;</li> <li>• Überlagerung von Potenzfunktionen;</li> <li>• Modellierungen mit ganzrationalen Funktionen</li> </ul>	
	<p><b>1.5 Beschreibung exponentieller Prozesse</b></p> <p>1.5.1 Lineares und exponentielles Wachstum</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lineares und exponentielles Wachstum;</li> <li>• Prozentuales Wachstum;</li> <li>• Verdopplungszeit;</li> <li>• Exponentielles und lineares Wachstum</li> </ul> <p>1.5.2 Exponentielle Abnahme – Halbwertszeit</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exponentielle Abnahme – Prozentuale Abnahme;</li> <li>• Halbwertszeit – Verdopplungszeit;</li> <li>• Wachstumsprobleme;</li> <li>• Vernetzte Aufgaben</li> </ul> <p>1.5.3 Eigenschaften von Exponentialfunktionen – Die Exponentialfunktionen mit <math>y = b^x</math> mit <math>b &gt; 0</math>, <math>b &lt; 1</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exponentialfunktionen und ihre Eigenschaften;</li> <li>• Exponentialfunktionen mit <math>b &gt; 1</math>;</li> </ul>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exponentielles Wachstum und Exponentialfunktionen;</li> <li>• Exponentialfunktionen mit <math>b &lt; 1</math>;</li> <li>• Bestimmen der Basis</li> </ul> <p>1.5.4 Eigenschaften von Exponentialfunktionen mit <math>y = a \cdot b^x</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Strecken eines Graphen in Richtung der y-Achse – Positive und negative Streckfaktoren;</li> <li>• Bestimmen von Funktionsgleichungen;</li> <li>• Exponentielles Wachstum;</li> <li>• Verschieben eines Graphen</li> </ul>	
	<p><b>1.6 Sinusfunktionen</b></p> <p>1.6.1 Definition der Sinusfunktion und ihre Eigenschaften</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vom Gradmaß zum Bogenmaß und umgekehrt;</li> <li>• Eigenschaften der Sinusfunktion;</li> <li>• Zu einem Funktionswert <math>\sin(x)</math> mögliche x-Werte bestimmen;</li> <li>• Verschieben und Strecken der Sinusfunktion in Richtung der y-Achse</li> </ul> <p>1.6.2 Strecken und Verschieben des Graphen der Sinusfunktion in Richtung der x-Achse</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Strecken in Richtung der x-Achse;</li> <li>• Verschieben in Richtung der x-Achse;</li> <li>• Strecken und Verschieben</li> </ul> <p>1.6.3 Allgemeine Sinusfunktion</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vom Graphen der Sinusfunktion zum Graphen einer allgemeinen Sinusfunktion;</li> <li>• Den Term einer allgemeinen Sinusfunktion bestimmen;</li> <li>• Modellieren mit allgemeinen Sinusfunktionen</li> </ul>	

## Thema: Von der durchschnittlichen zur lokalen Änderungsrate (E-A2)

Zu entwickelnde Kompetenzen	Inhalte	Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• berechnen durchschnittliche und lokale Änderungsraten und interpretieren sie im Kontext</li> <li>• erläutern qualitativ auf der Grundlage eines propädeutischen Grenzwertbegriffs an Beispielen den Übergang von der durchschnittlichen zur lokalen Änderungsrate</li> <li>• deuten die Tangente als Grenzlage einer Folge von Sekanten</li> <li>• deuten die Ableitung an einer Stelle als lokale Änderungsrate/ Tangentensteigung</li> <li>• beschreiben und interpretieren Änderungsraten funktional (Ableitungsfunktion)</li> <li>• leiten Funktionen graphisch ab</li> <li>• begründen Eigenschaften von Funktionsgraphen (Monotonie, Extrempunkte) mit Hilfe der Graphen der Ableitungsfunktionen</li> </ul>	<p><b>2.1 Durchschnittliche Änderungsrate und Sekantensteigung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Durchschnittliche Änderungsraten in Sachsituationen aus Wertetabellen bestimmen;</li> <li>• Durchschnittliche Änderungsraten bei Funktionen – Sekanten;</li> <li>• Durchschnittliche Änderungsraten bei Bewegungen interpretieren</li> </ul> <p><b>2.2 Ableitung einer Funktion an einer Stelle</b></p> <p>2.2.1 Steigung eines Funktionsgraphen in einem Punkt</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Steigungen in einem Punkt am Graphen abschätzen;</li> <li>• Graphen mit passender Steigung zeichnen;</li> <li>• Ableitung mithilfe einer Tangente grafisch bestimmen;</li> </ul> <p>2.2.2 Lokale Änderungsrate</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lokale Änderungsraten am Graphen bestimmen;</li> <li>• Änderungsraten im Alltag und in der Technik deuten;</li> <li>• Ableitungen näherungsweise berechnen;</li> <li>• Vernetzte Aufgabe</li> </ul>	<p>Für den Einstieg wird ein Stationenlernen zu durchschnittlichen Änderungsraten in unterschiedlichen Sachzusammenhängen empfohlen, die auch im weiteren Verlauf immer wieder auftauchen (z. B. Bewegungen, Zu- und Abflüsse, Höhenprofil, Temperaturmessung, Aktienkurse, Entwicklung regenerativer Energien, Sonntagsfrage, Wirk- oder Schadstoffkonzentration, Wachstum, Kosten- und Ertragsentwicklung).</p> <p>Der Begriff der lokalen Änderungsrate wird im Sinne eines spiraligen Curriculums qualitativ und heuristisch verwendet.</p> <p>Als Kontext für den Übergang von der durchschnittlichen zur lokalen Änderungsrate wird die vermeintliche Diskrepanz zwischen der Durchschnittsgeschwindigkeit bei einer längeren Fahrt und der durch ein Messgerät ermittelten Momentangeschwindigkeit genutzt.</p>

<p><b>Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):</b>  <b>Argumentieren (Vermuten)</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen Vermutungen auf</li> <li>• unterstützen Vermutungen beispielgebunden</li> <li>• präzisieren Vermutungen mithilfe von Fachbegriffen und unter Berücksichtigung der logischen Struktur</li> </ul> <p><b>Werkzeuge nutzen</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verwenden verschiedene digitale Werkzeuge zum... Darstellen von Funktionen grafisch und als Wertetabelle ... grafischen Messen von Steigungen</li> <li>• nutzen mathematische Hilfsmittel und digitale Werkzeuge zum Erkunden und Recherchieren, Berechnen und Darstellen</li> </ul>	<p><b>2.3 Graph der Ableitungsfunktion</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vom Graphen von <math>f</math> zum Graphen von <math>f'</math>;</li> <li>• Zusammenhänge zwischen <math>f</math> und <math>f'</math> erkennen;</li> <li>• Ableitungsfunktionen in Natur und Technik</li> </ul>	<p>Neben zeitabhängigen Vorgängen soll auch ein geometrischer Kontext betrachtet werden. Tabellenkalkulation und Dynamische-Geometrie-Software (GeoGebra) werden zur numerischen und geometrischen Darstellung des Grenzprozesses beim Übergang von der durchschnittlichen zur lokalen Änderungsrate bzw. der Sekanten zur Tangenten (Zoomen) eingesetzt.</p> <p>Im Zusammenhang mit dem graphischen Ableiten und dem Begründen der Eigenschaften eines Funktionsgraphen sollen die Schülerinnen und Schüler in besonderer Weise zum Vermuten, Begründen und Präzisieren ihrer Aussagen angehalten werden.</p> <p>Eine Untersuchung der Änderung von Änderungen ist erst zu einem späteren Zeitpunkt des Unterrichts (Q1) vorgesehen (also Wendepunkte!).</p>
	<p><b>2.4 Ableitung der Quadratfunktion – Ableitungen rechnerisch bestimmen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tangentensteigung als Grenzwert von Sekantensteigungen;</li> <li>• Ableitung der Quadratfunktion; Vernetzte Aufgaben</li> </ul>	

### Thema: Von den Potenzfunktionen zu den ganzrationalen Funktionen (E-A3)

Zu entwickelnde Kompetenzen	Inhalte	Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen
<p><b>Problemlösen</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>analysieren und strukturieren die Problemsituation (Erkunden)</li> <li>erkennen Muster und Beziehungen (Erkunden)</li> <li>wählen geeignete Begriffe, Zusammenhänge und Verfahren zur Problemlösung aus (<i>Lösen</i>)</li> </ul> <p><b>Argumentieren</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>präzisieren Vermutungen mithilfe von Fachbegriffen und unter Berücksichtigung der logischen Struktur (Vermuten)</li> <li>nutzen mathematische Regeln bzw. Sätze und sachlogische Argumente für Begründungen (Begründen)</li> <li>überprüfen, inwiefern Ergebnisse, Begriffe und Regeln verallgemeinert werden können (Beurteilen)</li> </ul> <p><b>Werkzeuge nutzen</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>verwenden verschiedene digitale Werkzeuge zum ... Lösen von Gleichungen ... zielgerichteten Variieren der Parameter von Funktionen</li> </ul>	<p><b>2.5 Ableitungsregeln</b></p> <p>2.5.1 Ableitung von Potenzfunktionen mit natürlichen Exponenten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Potenzregel</li> <li>Ableitungen mithilfe der h-Schreibweise bestimmen;</li> <li>Ableitungen mithilfe der Potenzregel bestimmen;</li> <li>Ausgangsfunktion zu einer gegebenen Ableitungsfunktion bestimmen;</li> <li>Vernetzte Aufgaben</li> </ul> <p>2.5.2 Faktorregel</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ableitungen mithilfe der Faktorregel bestimmen;</li> <li>Zu einer Ableitung eine mögliche Ausgangsfunktion bestimmen;</li> <li>Lokale und momentane Änderungsraten bestimmen</li> </ul> <p>2.5.3 Summenregel</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ableitung mithilfe von Ableitungsregeln bestimmen;</li> <li>Zu einer Ableitungsfunktion eine zugehörige Ausgangsfunktion bestimmen;</li> <li>Vernetzte Aufgaben</li> </ul> <p>2.5.4 Ableitung der Sinusfunktion</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ableitung der Sinusfunktion;</li> <li>Ableitungsregeln anwenden;</li> <li>Aufgaben mit Tangenten an die Sinusfunktion;</li> <li>Ableitung der Kosinusfunktion</li> </ul>	<p>Im Anschluss an Unterrichtsvorhaben II (Thema E-A2) wird die Frage aufgeworfen, ob mehr als numerische und qualitative Untersuchungen in der Differentialrechnung möglich sind. Für <b>eine</b> quadratische Funktion wird der Grenzübergang bei der „h-Methode“ exemplarisch durchgeführt.</p> <p>Empfehlung: Durch Variation im Rahmen eines Gruppenpuzzles vermuten die Lernenden eine Formel für die Ableitung einer beliebigen quadratischen Funktion. Dabei vermuten sie auch das Grundprinzip der Linearität (ggf. auch des Verhaltens bei Verschiebungen in x-Richtung). Durch Analyse des Rechenweges werden die Vermutungen erhärtet.</p> <p>Um die Ableitungsregel für höhere Potenzen zu vermuten, nutzen die Schüler den GTR und die Möglichkeit, Werte der Ableitungsfunktionen näherungsweise zu tabellieren und zu plotten. Eine Beweisidee kann optional erarbeitet werden. Der Unterricht erweitert besonders Kompetenzen aus dem Bereich des Vermutens.</p> <p>Kontexte spielen in diesem Unterrichtsvorhaben eine untergeordnete Rolle. Ganzrationale Funktionen vom Grad 3 werden Gegenstand einer qualitativen Erkundung mit dem GTR, wobei Parameter gezielt variiert werden. Bei der Klassifizierung der Formen können die Begriffe aus Unterrichtsvorhaben II (Thema E-A2) eingesetzt werden.</p>

		<p>Zusätzlich werden die Symmetrie zum Ursprung und das Globalverhalten untersucht. Die Vorteile einer Darstellung mithilfe von Linearfaktoren und die Bedeutung der Vielfachheit einer Nullstelle werden hier thematisiert. Durch gleichzeitiges Visualisieren der Ableitungsfunktion erklären Lernende die Eigenschaften von ganzrationalen Funktionen 3. Grades durch die Eigenschaften der ihnen vertrauten quadratischen Funktionen. Zugleich entdecken sie die Zusammenhänge zwischen charakteristischen Punkten, woran in Unterrichtsvorhaben VI (Thema E-A4) angeknüpft wird.</p>
--	--	---

**Thema: Entwicklung und Anwendung von Kriterien und Verfahren zur Untersuchung von Funktionen (E-A4)**

Zu entwickelnde Kompetenzen	Inhalte	Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lösen Polynomgleichungen, die sich durch einfaches Ausklammern oder Substituieren auf lineare und quadratische Gleichungen zurückführen lassen, ohne digitale Hilfsmittel</li> <li>• verwenden das notwendige Kriterium und das Vorzeichenwechselkriterium zur Bestimmung von Extrempunkten</li> <li>• unterscheiden lokale und globale Extrema im Definitionsbereich</li> <li>• verwenden am Graphen oder Term einer Funktion ablesbare Eigenschaften als Argumente beim Lösen von inner- und außermathematischen Problemen</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):</b></p> <p><b>Problemlösen</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erkennen Muster und Beziehungen (Erkunden)</li> <li>• nutzen heuristische Strategien und Prinzipien (hier: Zurückführen auf Bekanntes) (Lösen)</li> <li>• wählen geeignete Begriffe, Zusammenhänge und Verfahren zur Problemlösung aus (Lösen)</li> </ul> <p><b>Argumentieren</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• präzisieren Vermutungen mithilfe von Fachbegriffen und unter Berücksichtigung der logischen Struktur (Vermuten)</li> </ul>	<p><b>3.1 Globalverlauf ganzrationaler Funktionen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Globalverlauf bestimmen;</li> <li>• Argumentieren am Graphen und vernetzte Aufgaben</li> </ul> <p><b>3.2 Symmetrie von Funktionsgraphen ganzrationaler Funktionen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Funktionsgraphen auf Symmetrie untersuchen;</li> <li>• Vernetzte Aufgaben</li> </ul> <p><b>3.3 Nullstellen ganzrationaler Funktionen</b></p> <p>3.3.1 Linearfaktoren ganzrationaler Funktionen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nullstellen anhand des Funktionsterms bestimmen (bis Grad 3 ohne GTR);</li> <li>• Funktionsterme anhand von Nullstellen bestimmen (ohne GTR);</li> <li>• Abspalten eines Linearfaktors (ohne GTR);</li> <li>• Biquadratische Gleichungen lösen (ohne GTR)</li> </ul> <p>3.3.2 Anzahl der Nullstellen einer ganzrationalen Funktion</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anzahl der Nullstellen;</li> <li>• Einfache, doppelte oder dreifache Nullstellen;</li> <li>• Nullstellen mithilfe des GTR bestimmen;</li> <li>• Vom Graphen zum Funktionsterm und umgekehrt;</li> <li>• Vernetzte Aufgaben</li> </ul>	<p>Wesentliche Elemente der Untersuchung ganzrationaler Funktionen werden eingeführt (Globalverlauf, Symmetrie und Nullstellen, Extremstellen).</p> <p>Bezüglich der Lösung von Gleichungen im Zusammenhang mit der Nullstellenbestimmung wird durch geeignete Aufgaben Gelegenheit zum Üben von Lösungsverfahren ohne Verwendung des GTR gegeben.</p> <p>Für ganzrationale Funktionen werden die Zusammenhänge zwischen den Extrempunkten der Ausgangsfunktion und ihrer Ableitung durch die Betrachtung von Monotonieintervallen und der vier möglichen Vorzeichenwechsel an den Nullstellen der Ableitung untersucht. Die Untersuchungen auf Symmetrien und Globalverhalten werden fortgesetzt.</p> <p>Der logische Unterschied zwischen notwendigen und hinreichenden Kriterien kann durch Multiple-Choice-Aufgaben vertieft werden, die rund um die Thematik der Funktionsuntersuchung von Polynomfunktionen Begründungsanlässe und die Möglichkeit der Einübung zentraler Begriffe bieten.</p> <p>Neben den Fällen, in denen das Vorzeichenwechselkriterium angewendet wird, werden die Lernenden auch mit Situationen konfrontiert, in denen sie mit den Eigenschaften des</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• nutzen mathematische Regeln bzw. Sätze und sachlogische Argumente für Begründungen (Begründen)</li> <li>• berücksichtigen vermehrt logische Strukturen (notwendige / hinreichende Bedingung, Folgerungen [...]) (Begründen)</li> <li>• erkennen fehlerhafte Argumentationsketten und korrigieren sie (<i>Beurteilen</i>)</li> </ul>	<p><b>3.4 Eigenschaften von Funktionen mithilfe von Ableitungen bestimmen</b></p> <p>3.4.1 Monotonie und Extrempunkte</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Globale und lokale Extrempunkte erkennen;</li> <li>• Anwenden des Monotoniebegriffs, Monotoniesatz;</li> <li>• Übungen zum Monotoniesatz;</li> <li>• Aussagen zu Monotonie und Extrempunkten</li> </ul> <p>3.4.2 Kriterien für Extremstellen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorzeichenwechsel erkennen – Vorzeichenwechselkriterium anwenden;</li> <li>• Extremstellen rechnerisch bestimmen, zweite Ableitung;</li> <li>• Aussagen über Extremstellen</li> </ul> <p>3.4.3 Klassifikation ganzrationaler Funktionen 3. Grades</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lage und Form von Graphen ganzrationaler Funktionen dritten Grades;</li> <li>• Tangentengleichungen bestimmen</li> <li>• Symmetrien berücksichtigen</li> </ul> <p>3.4.4 Vermischte Aufgaben</p>	<p>Graphen oder Terms argumentieren. So erzwingt z. B. Achsensymmetrie die Existenz eines Extrempunktes auf der Symmetrieachse.</p> <p>Beim Lösen von inner- und außermathematischen Problemen können auch Tangentengleichungen bestimmt werden.</p>
--	---	--

<b>Thema: <i>Unterwegs in 3D – Koordinatisierungen des Raumes (E-G1)</i></b>		
<b>Zu entwickelnde Kompetenzen</b>	<b>Inhalte</b>	<b>Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen</b>
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wählen geeignete kartesische Koordinatisierungen für die Bearbeitung eines geometrischen Sachverhalts in der Ebene und im Raum</li> <li>• stellen geometrische Objekte in einem räumlichen kartesischen Koordinatensystem dar</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):</b></p> <p><b>Modellieren</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erfassen und strukturieren zunehmend komplexe Sachsituationen mit Blick auf eine konkrete Fragestellung (Strukturieren)</li> <li>• erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (<i>Mathematisieren</i>)</li> </ul> <p><b>Kommunizieren (Produzieren)</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wählen begründet eine geeignete Darstellungsform aus</li> <li>• wechseln flexibel zwischen mathematischen Darstellungsformen</li> </ul>	<p><b>4.1 Lage von Punkten im Raum beschreiben</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeichnen von Punkten und Körpern in Koordinatensystemen;</li> <li>• Lage von Punkten im Koordinatensystem erkennen und beschreiben;</li> <li>• Projektion und Spiegelung von Punkten</li> </ul>	<p>Ausgangspunkt ist eine Vergewisserung (z.B. in Form einer Mindmap) hinsichtlich der den Schülerinnen und Schülern bereits bekannten Koordinatisierungen (GPS, geographische Koordinaten, kartesische Koordinaten, Robotersteuerung).</p> <p>Verwendung des Anschauungsmodells.</p>

<b>Thema: Vektoren bringen Bewegung in den Raum (E-G2)</b>		
<b>Zu entwickelnde Kompetenzen</b>	<b>Inhalte</b>	<b>Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen</b>
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• deuten Vektoren (in Koordinatendarstellung) als Verschiebungen und kennzeichnen Punkte im Raum durch Ortsvektoren</li> <li>• stellen gerichtete Größen (z. B. Geschwindigkeit, Kraft) durch Vektoren dar</li> <li>• berechnen Längen von Vektoren und Abstände zwischen Punkten mit Hilfe des Satzes von Pythagoras</li> <li>• addieren Vektoren, multiplizieren Vektoren mit einem Skalar und untersuchen Vektoren auf Kollinearität</li> <li>• weisen Eigenschaften von besonderen Dreiecken und Vierecken mithilfe von Vektoren nach</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):</b> <b>Problemlösen</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• entwickeln Ideen für mögliche Lösungswege (Lösen)</li> <li>• setzen ausgewählte Routineverfahren auch hilfsmittelfrei zur Lösung ein (Lösen)</li> <li>• wählen geeignete Begriffe, Zusammenhänge und Verfahren zur Problemlösung aus (Lösen)</li> </ul>	<p><b>4.2 Vektoren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verschiebungen;</li> <li>• Vektoren und Pfeile;</li> <li>• Längen von Vektoren berechnen</li> </ul>	<p>Durch Operieren mit Verschiebungspfeilen werden einfache geometrische Problemstellungen gelöst: Beschreibung von Diagonalen (insbesondere zur Charakterisierung von Viereckstypen), Auffinden von Mittelpunkten (ggf. auch Schwerpunkten), Untersuchung auf Parallelität.</p>
	<p><b>4.3 Addition und Subtraktion von Vektoren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Summen und Differenzen von Vektoren berechnen und zeichnen;</li> <li>• Dreiecksregel anwenden – Abstände zwischen zwei Punkten bestimmen;</li> <li>• Bewegungen mit Vektoren bestimmen;</li> <li>• Parallelogramme mit Vektoren beschreiben;</li> <li>• Eigenschaften von Dreiecken untersuchen</li> </ul>	
	<p><b>4.4 Vervielfachen von Vektoren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mit Vektoren rechnen;</li> <li>• Vektoren in Figuren bestimmen;</li> <li>• Mittelpunkt einer Strecke berechnen</li> </ul>	

### Thema: **Den Zufall im Griff – Modellierung von Zufallsprozessen (E-S1)**

Zu entwickelnde Kompetenzen	Inhalte	Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• deuten Alltagssituationen als Zufallsexperimente</li> <li>• simulieren Zufallsexperimente</li> <li>• verwenden Urnenmodelle zur Beschreibung von Zufallsprozessen</li> <li>• stellen Wahrscheinlichkeitsverteilungen auf und führen Erwartungswertbetrachtungen durch</li> <li>• beschreiben mehrstufige Zufallsexperimente und ermitteln Wahrscheinlichkeiten mit Hilfe der Pfadregeln</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):</b>  <b>Modellieren</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• treffen Annahmen und nehmen begründet Vereinfachungen einer realen Situation vor (Strukturieren)</li> <li>• übersetzen zunehmend komplexe Sachsituationen in mathematische Modelle (Mathematisieren)</li> <li>• erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (Mathematisieren)</li> </ul> <p><b>Werkzeuge nutzen</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verwenden verschiedene digitale Werkzeuge zum ... Generieren von Zufallszahlen ... Variieren der Parameter von Wahrscheinlichkeitsverteilungen ... Erstellen der Histogramme von Wahrscheinlichkeitsverteilungen ... Berechnen der Kennzahlen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen (Erwartungswert)</li> </ul>	<p><b>5.1 Mehrstufige Zufallsversuche</b></p> <p>5.1.1 Mehrstufige Zufallsversuche – Pfadregeln</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wahrscheinlichkeiten für mehrstufige Zufallsversuche berechnen;</li> <li>• Pfadregeln in Anwendungssituationen</li> </ul> <p>5.1.2 Wahrscheinlichkeitsverteilungen und zu erwartende Mittelwerte</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zu erwartende Mittelwerte bei Glücksspielen;</li> <li>• Zu erwartende Mittelwerte in Anwendungssituationen</li> </ul>	<p>Zur Modellierung von Wirklichkeit werden durchgängig Simulationen – auch unter Verwendung von digitalen Werkzeugen (GTR, Tabellenkalkulation) – geplant und durchgeführt (Zufallsgenerator).</p> <p>Das Urnenmodell wird auch verwendet, um grundlegende Zählprinzipien wie das Ziehen mit/ohne Zurücklegen mit/ohne Berücksichtigung der Reihenfolge zu thematisieren.</p> <p>Die zentralen Begriffe Wahrscheinlichkeitsverteilung und Erwartungswert werden im Kontext von Glücksspielen erarbeitet und können durch zunehmende Komplexität der Spielsituationen vertieft werden.</p> <p>Digitale Werkzeuge werden zur Visualisierung von Wahrscheinlichkeitsverteilungen (Histogramme) und zur Entlastung von händischem Rechnen verwendet.</p>

### Thema: Testergebnisse richtig interpretieren – Umgang mit bedingten Wahrscheinlichkeiten (E-S2)

Zu entwickelnde Kompetenzen	Inhalte	Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>modellieren Sachverhalte mit Hilfe von Baumdiagrammen und Vier- oder Mehrfeldertafeln</li> <li>bestimmen bedingte Wahrscheinlichkeiten</li> <li>prüfen Teilvorgänge mehrstufiger Zufallsexperimente auf stochastische Unabhängigkeit</li> <li>bearbeiten Problemstellungen im Kontext bedingter Wahrscheinlichkeiten.</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):</b>  <b>Modellieren</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>erfassen und strukturieren zunehmend komplexe Sachsituationen mit Blick auf eine konkrete Fragestellung (Strukturieren)</li> <li>erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (Mathematisieren)</li> <li>beziehen die erarbeitete Lösung wieder auf die Sachsituation (<i>Validieren</i>)</li> </ul> <p><b>Kommunizieren</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>erfassen, strukturieren und formalisieren Informationen aus zunehmend komplexen mathematischen Texten [...] (Rezipieren)</li> <li>wechseln flexibel zwischen mathematischen Darstellungsformen (<i>Produzieren</i>)</li> </ul>	<p><b>5.2 Bedingte Wahrscheinlichkeiten</b></p> <p>5.2.1 Baumdiagramme und Vierfeldertafeln</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Daten aus Texten und Baumdiagrammen zu Vier- und Mehrfeldertafeln ergänzen;</li> <li>Aus Vierfeldertafeln beide Baumdiagramme entwickeln;</li> <li>Aus einem Baumdiagramm eine Vierfeldertafel und das umgekehrte Baumdiagramm entwickeln;</li> <li>Nachweisen, dass zwei Texte auf derselben Vierfeldertafel beruhen;</li> <li>Vermischte Aufgaben</li> </ul> <p>5.2.2 Stochastische Unabhängigkeit – bedingte Wahrscheinlichkeiten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Abhängigkeit und Unabhängigkeit von Wahrscheinlichkeiten;</li> <li>Gefahr der Verwechslung von Wahrscheinlichkeiten;</li> <li>Anwendungen im Gesundheitsbereich</li> </ul>	<p>Als Einstiegskontext zur Erarbeitung des fachlichen Inhaltes könnte das Ziehen mit und ohne Zurücklegen dienen. , eine Möglichkeit zur Vertiefung böte dann die Betrachtung eines Diagnosetests zu einer häufiger auftretenden Erkrankung (z. B. Grippe).</p> <p>Um die Übertragbarkeit des Verfahrens zu sichern, sollen insgesamt mindestens zwei Beispiele aus unterschiedlichen Kontexten betrachtet werden.</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler sollen zwischen verschiedenen Darstellungsformen (Baumdiagramm, Mehrfeldertafel) wechseln können und diese zur Berechnung bedingter Wahrscheinlichkeiten beim Vertauschen von Merkmal und Bedingung und zum Rückschluss auf unbekannte Astwahrscheinlichkeiten nutzen können.</p> <p>Bei der Erfassung stochastischer Zusammenhänge ist die Unterscheidung von Wahrscheinlichkeiten des Typs <math>P(A \cap B)</math> von bedingten Wahrscheinlichkeiten – auch sprachlich – von besonderer Bedeutung.</p>

**Q-Phase Grundkurs Funktionen und Analysis (A)**

<b>Thema: Optimierungsprobleme (Q-GK-A1)</b>		
<b>Zu entwickelnde Kompetenzen</b>	<b>Inhalte</b>	<b>Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen</b>
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• führen Extremalprobleme durch Kombination mit Nebenbedingungen auf Funktionen einer Variablen zurück und lösen diese</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen:</b></p> <p><b>Modellieren</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• treffen Annahmen und nehmen begründet Vereinfachungen einer realen Situation vor. (<i>Strukturieren</i>).</li> <li>• übersetzen zunehmend komplexe Sachsituationen in mathematische Modelle (<i>Mathematisieren</i>)</li> <li>• erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (<i>Mathematisieren</i>)</li> <li>• beziehen die erarbeitete Lösung wieder auf die Sachsituation (<i>Validieren</i>)</li> <li>• beurteilen die Angemessenheit aufgestellter (ggf. konkurrierender) Modelle für die Fragestellung (<i>Validieren</i>)</li> </ul>	<p><b>1.2 Extremwertprobleme</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geometrische Körper und Figuren</li> <li>• Flächeninhalte und Funktionsgraphen</li> <li>• Aufgaben aus der Wirtschaft</li> </ul>	

<p><b>Problemlösen</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• finden und stellen Fragen zu einer gegebenen Problemsituation (<i>Erkunden</i>)</li><li>• wählen heuristische Hilfsmittel (z. B. Skizze, informative Figur, Tabelle ...) aus, um die Situation zu erfassen (<i>Erkunden</i>)</li><li>• nutzen heuristische Strategien und Prinzipien (z. B. systematisches Probieren, Darstellungswechsel, Zurückführen auf Bekanntes, Zerlegen in Teilprobleme, Verallgemeinern ...) (<i>Lösen</i>)</li><li>• setzen ausgewählte Routineverfahren auch hilfsmittelfrei zur Lösung ein (<i>Lösen</i>)</li><li>• vergleichen verschiedene Lösungswege bezüglich Unterschieden und Gemeinsamkeiten (<i>Reflektieren</i>)</li></ul>		
---	--	--

## Thema: **Funktionen beschreiben Formen - Modellieren von Sachsituationen mit ganzrationalen Funktionen (Q-GK-A2)**

Zu entwickelnde Kompetenzen	Inhalte	Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben das Krümmungsverhalten des Graphen einer Funktion mit Hilfe der 2. Ableitung</li> <li>• verwenden notwendige Kriterien und Vorzeichenwechselkriterien sowie weitere hinreichende Kriterien zur Bestimmung von Extrem- und Wendepunkten</li> <li>• beschreiben den Gauß-Algorithmus als Lösungsverfahren für lineare Gleichungssysteme</li> <li>• wenden den Gauß-Algorithmus ohne digitale Werkzeuge auf Gleichungssysteme mit maximal drei Unbekannten an, die mit geringem Rechenaufwand lösbar sind</li> <li>• bestimmen Parameter einer Funktion mithilfe von Bedingungen, die sich aus dem Kontext ergeben („Steckbriefaufgaben“)</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen:</b></p> <p><b>Modellieren</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erfassen und strukturieren zunehmend komplexe Sachsituationen mit Blick auf eine konkrete Fragestellung (<i>Strukturieren</i>)</li> </ul>	<p><b>1.1 Fortsetzung der Differenzialrechnung</b></p> <p>1.1.1 Wendepunkte – Linkskurve, Rechtskurve</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wdh. Ableitungen berechnen</li> <li>• Links- und Rechtskurven bestimmen</li> <li>• Grafisch argumentieren</li> </ul> <p>1.1.2 Kriterien für Extrem- und Wendepunkte (Selbst lernen)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Extrem- und Wendepunkte berechnen</li> <li>• Aussagen über Extrem- und Wendestellen beurteilen</li> <li>• Sätze und Definitionen kennen und anwenden</li> </ul> <p>1.1.3 Ableitung von Potenzfunktionen mit ganzzahligen Exponenten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwenden der Ableitungsregeln</li> <li>• Tangentengleichung</li> </ul> <p>1.1.4 Aspekte von Funktionsuntersuchungen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aspekte von Funktionsuntersuchungen</li> <li>• Rechnerfenster kritisch hinterfragen</li> <li>• Argumentieren mit Eigenschaften von Funktionen</li> <li>• Untersuchung von Eigenschaften in Abhängigkeit von <b>einem Parameter</b> bei ganzrationalen Funktionen</li> </ul>	<p><b>Leitfrage: „Woher kommen die Funktionsgleichungen?“</b></p> <p>Die Beschreibung von Links- und Rechtskurven über die Zu- und Abnahme der Steigung führt zu einer geometrischen Deutung der zweiten Ableitung einer Funktion als „Krümmung“ des Graphen und zur Betrachtung von Wendepunkten. Als Kontext hierzu können z. B. Trassierungsprobleme gewählt werden. Die simultane Betrachtung beider Ableitungen führt zur Entdeckung eines weiteren hinreichenden Kriteriums für Extrempunkte. Anhand einer Funktion mit Sattelpunkt wird die Grenze dieses hinreichenden Kriteriums entdeckt. Vor- und Nachteile der beiden hinreichenden Kriterien werden abschließend von den Lernenden kritisch bewertet.</p> <p>Stellen extremer Steigung eines Funktionsgraphen werden im Rahmen geeigneter Kontexte (z.B. Neuverschuldung und Schulden oder Besucherströme in einen Freizeitpark/zu einer Messe und erforderlicher Personaleinsatz) thematisiert und dabei der zweiten Ableitung eine anschauliche Bedeutung als Zu- und Abnahmerate der Änderungsrate der Funktion verliehen. Die Bestimmung der extremalen Steigung erfolgt zunächst über das Vorzeichenwechselkriterium (an den Nullstellen der zweiten Ableitung).</p> <p>Anknüpfend an die Einführungsphase (vgl. Thema E-A1) werden an einem Beispiel in einem geeigneten Kontext (z. B. Fotos von Brücken, Gebäuden, Flugbahnen) die Parameter</p>

- treffen Annahmen und nehmen begründet Vereinfachungen einer realen Situation vor (*Strukturieren*)
- übersetzen zunehmend komplexe Sachsituationen in mathematische Modelle (*Mathematisieren*)
- erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (*Mathematisieren*)
- beziehen die erarbeitete Lösung wieder auf die Sachsituation (*Validieren*)
- beurteilen die Angemessenheit aufgestellter (ggf. konkurrierender) Modelle für die Fragestellung (*Validieren*)
- verbessern aufgestellte Modelle mit Blick auf die Fragestellung (*Validieren*)
- reflektieren die Abhängigkeit einer Lösung von den getroffenen Annahmen (*Validieren*)

### **Werkzeuge nutzen**

*Die Schülerinnen und Schüler*

- verwenden verschiedene digitale Werkzeuge zum ... Lösen von Gleichungen und Gleichungssystemen ... zielgerichteten Variieren der Parameter von Funktionen
- nutzen mathematische Hilfsmittel und digitale Werkzeuge zum Erkunden [...], Berechnen und Darstellen

### **1.3 Lösen linearer Gleichungssysteme – GAUSS Algorithmus**

1.3.1 Der GAUSS-Algorithmus zum Lösen eines linearen Gleichungssystems

1.3.2 Lineare Gleichungssysteme mit unendlich vielen Lösungen oder ohne Lösung

### **1.4 Bestimmen ganzrationaler Funktionen**

- Bestimmen einer Funktion mit vorgegebenem Grad
- Bestimmen einer Funktion ohne vorgegebenen Grad
- mit ganzrationalen Funktionen modellieren

der Scheitelpunktform einer quadratischen Funktion angepasst.

Anschließend werden aus gegebenen Punkten Gleichungssysteme für die Parameter der Normalform aufgestellt.

Schülerinnen und Schüler erhalten Gelegenheit, über Grundannahmen der Modellierung (Grad der Funktion, Symmetrie, Lage im Koordinatensystem, Ausschnitt) selbst zu entscheiden, deren Angemessenheit zu reflektieren und ggf. Veränderungen vorzunehmen.

*Damit nicht bereits zu Beginn algebraische Schwierigkeiten den zentralen Aspekt der Modellierung überlagern, wird empfohlen, den GTR zunächst als Blackbox zum Lösen von Gleichungssystemen und zur graphischen Darstellung der erhaltenen Funktionen im Zusammenhang mit der Validierung zu verwenden und erst im Anschluss die Blackbox „Gleichungslöser“ zu öffnen, das Gaußverfahren zu thematisieren und für einige gut überschaubare Systeme mit drei Unbekannten auch ohne digitale Werkzeuge durchzuführen.*

<b>Thema: Von der Änderungsrate zum Bestand (Q-GK-A3)</b>		
<b>Zu entwickelnde Kompetenzen</b>	<b>Inhalte</b>	<b>Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen</b>
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• interpretieren Produktsummen im Kontext als Rekonstruktion des Gesamtbestandes oder Gesamteffektes einer Größe</li> <li>• deuten die Inhalte von orientierten Flächen im Kontext</li> <li>• skizzieren zu einer gegebenen Randfunktion die zugehörige Flächeninhaltsfunktion</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen:</b></p> <p><b>Kommunizieren</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erfassen, strukturieren und formalisieren Informationen aus [...] mathemathikhaltigen Texten und Darstellungen, aus mathematischen Fachtexten sowie aus Unterrichtsbeiträgen (<i>Rezipieren</i>)</li> <li>• formulieren eigene Überlegungen und beschreiben eigene Lösungswege (<i>Produzieren</i>)</li> <li>• wählen begründet eine geeignete Darstellungsform aus (<i>Produzieren</i>)</li> <li>• wechseln flexibel zwischen mathematischen Darstellungsformen (<i>Produzieren</i>)</li> </ul>	<p><b>2.1 Rekonstruktion eines Bestandes aus Änderungsraten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rekonstruktion einer Größe aus dem Graphen</li> <li>• der Änderungsrate</li> <li>• Rekonstruktion einer Größe aus gegebenen</li> <li>• Änderungsraten</li> </ul> <p><b>2.4 Integralfunktionen (Selbst lernen)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Graph einer Integralfunktion näherungsweise aus einem Graphen rekonstruieren</li> <li>• Integralfunktionen bestimmen und ihre Graphen zeichnen</li> <li>• Integralfunktionen mit einem GTR darstellen</li> </ul>	<p>Das Thema ist komplementär zur Einführung der Änderungsraten. Deshalb sollten hier Kontexte, die schon dort genutzt wurden, wieder aufgegriffen werden (Geschwindigkeit – Weg, Zuflussrate von Wasser – Wassermenge). Außer der Schachtelung durch Ober- und Untersummen sollen die Schülerinnen und Schüler eigenständig weitere unterschiedliche Strategien zur möglichst genauen näherungsweise Berechnung des Bestands entwickeln und vergleichen.</p> <p>Die entstehenden Produktsummen werden als Bilanz über orientierte Flächeninhalte interpretiert.</p> <p>Qualitativ können die Schülerinnen und Schüler so den Graphen einer Flächeninhaltsfunktion als „Bilanzgraphen“ zu einem vorgegebenen Randfunktionsgraphen skizzieren.</p> <p>Falls die Lernenden entdecken, welche Auswirkungen dieser Umkehrprozess auf die Funktionsgleichung der „Bilanzfunktion“ hat, kann dies zur Überleitung in das folgende Unterrichtsvorhaben genutzt werden.</p>

<b>Thema: Von der Randfunktion zur Integralfunktion (Q-GK-A4)</b>		
<b>Zu entwickelnde Kompetenzen</b>	<b>Inhalte</b>	<b>Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen</b>
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern und vollziehen an geeigneten Beispielen den Übergang von der Produktsumme zum Integral auf der Grundlage eines propädeutischen Grenzwertbegriffs □ erläutern geometrisch-anschaulich den Zusammenhang zwischen Änderungsrate und Integralfunktion (Hauptsatz der Differential- und Integralrechnung)</li> <li>• nutzen die Intervalladditivität und Linearität von Integralen</li> <li>• bestimmen Stammfunktionen ganzzahliger Funktionen</li> <li>• bestimmen Integrale mithilfe von gegebenen Stammfunktionen und numerisch, auch unter Verwendung digitaler Werkzeuge</li> <li>• ermitteln den Gesamtbestand oder Gesamteffekt einer Größe aus der Änderungsrate</li> <li>• bestimmen Flächeninhalte mit Hilfe von bestimmten Integralen</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen:</b></p> <p><b>Argumentieren</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen Vermutungen auf (<i>Vermuten</i>)</li> </ul>	<p><b>2.2 Das Integral als Grenzwert von Produktsummen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrale näherungsweise mithilfe von Produktsummen bestimmen</li> <li>• Integrale der Quadratfunktion mithilfe der Formel berechnen</li> <li>• Integrale als Summen orientierter Flächeninhalte bestimmen</li> </ul> <p><b>2.3 Integrale mithilfe von Stammfunktionen berechnen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stammfunktionen</li> <li>• Integrale mithilfe von Stammfunktionen berechnen</li> <li>• Passende Stammfunktion zu einem Anfangswert finden</li> <li>• Orientierte Flächeninhalte</li> <li>• Integrale mithilfe eines Rechners bestimmen</li> </ul>	<p>Schülerinnen und Schüler sollen hier entdecken, dass die Bestandsfunktion eine Stammfunktion der Änderungsrate ist. Dazu kann das im vorhergehenden Unterrichtsvorhaben (vgl. Thema QGK-A3) entwickelte numerische Näherungsverfahren auf den Fall angewendet werden, dass für die Änderungsrate ein Funktionsterm gegeben ist.</p> <p>Die Graphen der Änderungsrate und der Bestandsfunktion können die Schülerinnen und Schüler mit Hilfe einer Tabellenkalkulation und eines Funktionenplotters gewinnen, vergleichen und Beziehungen zwischen diesen herstellen.</p> <p>Fragen, wie die Genauigkeit der Näherung erhöht werden kann, geben Anlass zu anschaulichen Grenzwertüberlegungen.</p> <p>Da der Rekonstruktionsprozess auch bei einer abstrakt gegebenen Randfunktion möglich ist, wird für Bestandsfunktionen der Fachbegriff Integralfunktion eingeführt und der Zusammenhang zwischen Rand- und Integralfunktion im Hauptsatz formuliert (ggf. auch im Lehrervortrag).</p> <p>Die Regeln zur Bildung von Stammfunktionen werden von den Schülerinnen und Schülern durch Rückwärtsanwenden der bekannten Ableitungsregeln selbstständig erarbeitet.</p> <p>In den Anwendungen steht mit dem Hauptsatz neben dem numerischen Verfahren ein alternativer Lösungsweg zur Berechnung von Gesamtbeständen zur Verfügung.</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• unterstützen Vermutungen beispielgebunden (<i>Vermuten</i>)</li> <li>• präzisieren Vermutungen mithilfe von Fachbegriffen und unter Berücksichtigung der logischen Struktur (<i>Vermuten</i>)</li> <li>• stellen Zusammenhänge zwischen Begriffen her (<i>Begründen</i>)</li> </ul> <p><b>Werkzeuge nutzen</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nutzen [...] digitale Werkzeuge [Erg. Fachkonferenz: Tabellenkalkulation und Funktionenplotter] zum Erkunden und Recherchieren, Berechnen und Darstellen</li> <li>• Verwenden verschiedene digitale Werkzeuge zum ... Messen von Flächeninhalten zwischen Funktionsgraph und Abszisse ... Ermitteln des Wertes eines bestimmten Integrals)</li> </ul>	<p><b>2.5 Berechnen von Flächeninhalten</b></p> <p>2.5.1 Fläche zwischen einem Funktionsgraphen und der x-Achse</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flächeninhalte bei Graphen einer gegebenen Funktion <math>f</math> bestimmen</li> <li>• Passende Funktionen bestimmen und Flächeninhalte berechnen</li> </ul> <p>2.5.2 Fläche zwischen zwei Funktionsgraphen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flächeninhalte von Flächen zwischen den Graphen zweier gegebener Funktionen berechnen</li> <li>• Passende Funktionen bestimmen und Flächeninhalte zwischen den Graphen der Funktionen berechnen</li> </ul>	<p>Davon abgegrenzt wird die Berechnung von Flächeninhalten, bei der auch Intervalladditivität und Linearität (bei der Berechnung von Flächen zwischen Kurven) thematisiert werden. Bei der Berechnung der Flächeninhalte zwischen Graphen werden die Schnittstellen in der Regel numerisch mit dem GTR bestimmt.</p> <p>Komplexere Übungsaufgaben sollten am Ende des Unterrichtsvorhabens bearbeitet werden, um Vernetzungen mit den Kompetenzen der bisherigen Unterrichtsvorhaben (Funktionsuntersuchungen, Aufstellen von Funktionen aus Bedingungen) herzustellen.</p>
--	---	--

<b>Thema: Natürliche Exponentialfunktionen (Q-GK-A5)</b>		
<b>Zu entwickelnde Kompetenzen</b>	<b>Inhalte</b>	<b>Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen</b>
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Eigenschaften von Exponentialfunktionen und die besondere Eigenschaft der natürlichen Exponentialfunktion</li> <li>• untersuchen Wachstums- und Zerfallsvorgänge mithilfe funktionaler Ansätze</li> <li>• interpretieren Parameter von Funktionen im Anwendungszusammenhang</li> <li>• bilden die Ableitungen weiterer Funktionen: - natürliche Exponentialfunktion</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen:</b></p> <p><b>Problemlösen</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erkennen und formulieren einfache und komplexe mathematische Probleme (<i>Erkunden</i>)</li> <li>• entwickeln Ideen für mögliche Lösungswege (<i>Lösen</i>)</li> <li>• nutzen heuristische Strategien und Prinzipien (z. B. systematisches Probieren, Darstellungswechsel, Invarianten finden, Zurückführen auf Bekanntes, Zerlegen in Teilprobleme) (<i>Lösen</i>)</li> <li>• führen einen Lösungsplan zielgerichtet aus (<i>Lösen</i>)</li> </ul>	<p><b>3.1 Exponentielles Wachstum</b></p> <p>3.1.1 Wachstumsgeschwindigkeit – e-Funktion</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exponentialfunktionen mit beliebiger Basis</li> <li>• (Verknüpfungen von ganzrationalen Funktionen mit der e-Funktion)</li> <li>• Flächenberechnungen und Stammfunktionen bei verknüpften Funktionen</li> <li>• Die EULER'sche Zahl <math>e</math> und die e-Funktion</li> </ul> <p>3.1.2 Ableitung von Funktionen <math>f</math> mit <math>f(x) = e^{k \cdot x} + n</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• e-Funktionen mit linearen Funktionen im Exponenten</li> <li>• Ableitungen (einfache Kettenregel)</li> <li>• Steigungen und Tangenten</li> <li>• Stammfunktionen und Integrale</li> </ul> <p>3.1.3 Beschreibung von exponentiellem Wachstum mithilfe der e-Funktion</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wachstumsprozesse mit der e-Funktion beschreiben</li> <li>• Ableitungen bestimmen</li> <li>• Gleichungen lösen</li> <li>• <i>Integrale berechnen</i></li> </ul>	<p>Zu Beginn des Unterrichtsvorhabens sollte eine Auffrischung der bereits in der Einführungsphase erworbenen Kompetenzen durch eine Untersuchung verschiedener Kontexte z. B. in Gruppenarbeit mit Präsentation stehen (Wachstum und Zerfall).</p> <p>Im Anschluss werden die Eigenschaften einer allgemeinen Exponentialfunktion zusammengestellt.</p> <p>Der GTR unterstützt dabei die Klärung der Bedeutung der verschiedenen Parameter und die Veränderungen durch Transformationen.</p> <p>Die Frage nach der Ableitung an einer Stelle führt zu einer vertiefenden Betrachtung des Übergangs von der durchschnittlichen zur momentanen Änderungsrate.</p> <p>In einem Tabellenkalkulationsblatt wird für immer kleinere <math>h</math> das Verhalten des Differenzenquotienten beobachtet.</p> <p>Umgekehrt suchen die Lernenden zu einem gegebenen Ableitungswert die zugehörige Stelle.</p> <p>Dazu könnten sie eine Wertetabelle des Differenzenquotienten aufstellen, die sie immer weiter verfeinern oder in der Grafik ihres GTR experimentieren, indem sie Tangenten an verschiedenen Stellen an die Funktion legen. Mit diesem Ansatz kann in einem DGS auch der Graph der Ableitungsfunktion als Ortskurve gewonnen werden.</p> <p>Abschließend wird noch die Basis variiert. Dabei ergibt sich quasi automatisch die Frage, für welche Basis Funktion und Ableitungsfunktion übereinstimmen.</p>

<p><b>Werkzeuge nutzen</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Verwenden verschiedene digitale Werkzeuge</li><li>• Zum ... zielgerichteten Variieren der Parameter von Funktionen ... grafischen Messen von Steigungen</li><li>• entscheiden situationsangemessen über den Einsatz mathematischer Hilfsmittel und digitaler Werkzeuge und wählen diese gezielt aus</li><li>• nutzen [...] digitale Werkzeuge zum Erkunden und Recherchieren, Berechnen und Darstellen</li></ul>	<p>3.1.4 Wachstumsprozesse untersuchen (Selbst lernen)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Exponentielle Abnahme und Zunahme mit Hilfe der e-Funktion modellieren</li><li>• Halbwertszeit – Verdopplungszeit</li><li>• Wachstumsgeschwindigkeit exponentieller Prozesse – experimentelle Bestimmung von k</li></ul>	
---	---	--

<b>Thema: Modellieren (nicht nur) mit Exponentialfunktionen (Q-GK-A6)</b>		
<b>Zu entwickelnde Kompetenzen</b>	<b>Inhalte</b>	<b>Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen</b>
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• untersuchen Wachstums- und Zerfallsvorgänge mithilfe funktionaler Ansätze</li> <li>• interpretieren Parameter von Funktionen im Kontext</li> <li>• bilden die Ableitungen weiterer Funktionen: - Potenzfunktionen mit ganzzahligen Exponenten</li> <li>• bilden in einfachen Fällen zusammengesetzte Funktionen (Summe, Produkt, Verkettung)</li> <li>• wenden die Kettenregel auf Verknüpfungen der natürlichen Exponentialfunktion mit linearen Funktionen an</li> <li>• wenden die Produktregel auf Verknüpfungen von ganzrationalen Funktionen und Exponentialfunktionen an</li> <li>• bestimmen Integrale mithilfe von gegebenen Stammfunktionen und numerisch, auch unter Verwendung digitaler Werkzeuge</li> <li>• ermitteln den Gesamtbestand oder Gesamteffekt einer Größe aus der Änderungsrate</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen:</b></p>	<p><b>3.2 Verknüpfungen von e-Funktionen und ganzrationalen Funktionen</b></p> <p>3.2.1 Produktregel – Wachstumsvergleich von e-Funktionen und ganzrationalen Funktionen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwenden der Ableitungsregeln – Untersuchen des Globalverlaufs</li> <li>• Aspekte von Funktionsuntersuchungen</li> </ul> <p>3.2.2 Modellieren mit zusammengesetzten Funktionen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Typische Aufgabenstellungen bei komplexen Anwendungssituationen</li> </ul> <p>3.2.3 Aspekte von Funktionsuntersuchungen mit e-Funktionen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einzelaspekte von Funktionsuntersuchungen bearbeiten</li> <li>• Zusammengesetzte Exponentialfunktionen in Sachzusammenhängen untersuchen</li> </ul>	<p>Im Zusammenhang mit der Modellierung von Wachstumsprozessen durch natürliche Exponentialfunktionen mit linearen Exponenten wird die Kettenregel eingeführt, um auch (hilfsmittelfrei) Ableitungen für die entsprechenden Funktionsterme bilden zu können. Als Beispiel für eine Summenfunktion wird eine Kettenlinie modelliert.</p> <p>An mindestens einem Beispiel sollte auch ein beschränktes Wachstum untersucht werden. An Beispielen von Prozessen, bei denen das Wachstum erst zu- und dann wieder abnimmt (Medikamente, Fieber, Pflanzen), wird eine Modellierung durch Produkte von ganzrationalen Funktionen und Exponentialfunktionen erarbeitet. In diesem Zusammenhang wird die Produktregel zum Ableiten eingeführt.</p> <p>In diesen Kontexten ergeben sich ebenfalls Fragen, die erfordern, dass aus der Wachstumsgeschwindigkeit auf den Gesamteffekt geschlossen wird.</p> <p>Parameter werden nur in konkreten Kontexten und nur exemplarisch variiert (keine systematische Untersuchung von Funktionenscharen). Dabei werden z. B. zahlenmäßige Änderungen des Funktionsterms bezüglich ihrer Auswirkung untersucht und im Hinblick auf den Kontext interpretiert.</p>

<p><b>Modellieren</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• erfassen und strukturieren zunehmend komplexe Sachsituationen mit Blick auf eine konkrete Fragestellung (<i>Strukturieren</i>)</li><li>• übersetzen zunehmend komplexe Sachsituationen in mathematische Modelle (<i>Mathematisieren</i>)</li><li>• erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (<i>Mathematisieren</i>)</li><li>• erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (<i>Mathematisieren</i>)</li><li>• ordnen einem mathematischen Modell verschiedene passende Sachsituationen zu (<i>Mathematisieren</i>)</li><li>• beziehen die erarbeitete Lösung wieder auf die Sachsituation (<i>Validieren</i>)</li><li>• beurteilen die Angemessenheit aufgestellter (ggf. konkurrierender) Modelle für die Fragestellung (<i>Validieren</i>)</li><li>• verbessern aufgestellte Modelle mit Blick auf die Fragestellung (<i>Validieren</i>)</li><li>• reflektieren die Abhängigkeit einer Lösung von den getroffenen Annahmen (<i>Validieren</i>)</li></ul>		
---	--	--

## Q-Phase Grundkurs Analytische Geometrie und Lineare Algebra (G)

<b>Thema: Beschreibung von Bewegungen und Schattenwurf mit Geraden (Q-GK-G1)</b>		
<b>Zu entwickelnde Kompetenzen</b>	<b>Inhalte</b>	<b>Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen</b>
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>stellen Geraden und Strecken in Parameterform dar</li> <li>interpretieren den Parameter von Geradengleichungen im Sachkontext</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen:</b></p> <p><b>Modellieren</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>erfassen und strukturieren zunehmend komplexe Sachsituationen mit Blick auf eine konkrete Fragestellung (<i>Strukturieren</i>)</li> <li>treffen Annahmen und nehmen begründet Vereinfachungen einer realen Situation vor (<i>Strukturieren</i>)</li> <li>übersetzen zunehmend komplexe Sachsituationen in mathematische Modelle (<i>Mathematisieren</i>)</li> <li>erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (<i>Mathematisieren</i>)</li> <li>beurteilen die Angemessenheit aufgestellter Beziehungen die erarbeitete Lösung wieder auf die Sachsituation (<i>Validieren</i>)</li> </ul>	<p><b>Wiederholung: 4.1 Punkte und Vektoren im Raum</b></p> <p>4.1.1 Lage von Punkten im Raum beschreiben</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Zeichnen von Punkten und Körpern in Koordinatensystemen</li> <li>Lage von Punkten im Koordinatensystem erkennen und beschreiben</li> <li>Projektion und Spiegelung von Punkten</li> </ul> <p>4.1.2 Vektoren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Verschiebungen</li> <li>Vektoren und Pfeile</li> <li>Längen von Vektoren berechnen</li> </ul> <p>4.1.3 Addition und Subtraktion von Vektoren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Summen und Differenzen von Vektoren berechnen und zeichnen</li> <li>Dreiecksregel anwenden – Abstände zwischen zwei Punkten bestimmen</li> <li>Bewegungen mit Vektoren bestimmen</li> <li>Parallelogramme mit Vektoren beschreiben</li> <li>Eigenschaften von Dreiecken untersuchen</li> </ul>	<p>Zunächst ist eine intensive Wiederholung der Inhalte der EF notwendig. Lineare Bewegungen werden z.B. im Kontext von Flugbahnen (Kondensstreifen) durch Startpunkt, Zeitparameter und Geschwindigkeitsvektor beschrieben und dynamisch mit DGS dargestellt. Dabei sollten Modellierungsfragen (reale Geschwindigkeiten, Größe der Flugobjekte, Flugebenen) einbezogen werden.</p> <p><i>Eine Vertiefung kann darin bestehen, den Betrag der Geschwindigkeit zu variieren. In jedem Fall soll der Unterschied zwischen einer Geraden als Punktmenge (z. B. die Flugbahn) und einer Parametrisierung dieser Punktmenge als Funktion (von der Parametermenge in den Raum) herausgearbeitet werden.</i></p> <p>Ergänzend zum dynamischen Zugang wird die rein geometrische Frage aufgeworfen, wie eine Gerade durch zwei Punkte zu beschreiben ist. Hierbei wird herausgearbeitet, dass zwischen unterschiedlichen Parametrisierungen einer Geraden gewechselt werden kann. Punktproben sowie die Berechnung von Schnittpunkten mit den Grundebenen sollen auch hilfsmittelfrei durchgeführt werden. Die Darstellung in räumlichen Koordinatensystemen sollte hinreichend geübt werden.</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• beurteilen die Angemessenheit aufgestellter (ggf. konkurrierender) Modelle für die Fragestellung (Validieren)</li> <li>• verbessern aufgestellte Modelle mit Blick auf die Fragestellung (Validieren)</li> </ul> <p><b>Werkzeuge nutzen</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nutzen Geodreiecke [...] geometrische Modelle und Dynamische-Geometrie-Software</li> <li>• verwenden verschiedene digitale Werkzeuge zum ... grafischen Darstellen von Ortsvektoren, Vektorsummen und Geraden ... Darstellen von Objekten im Raum</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vervielfachen von Vektoren</li> <li>• Mit Vektoren rechnen</li> <li>• Vektoren in Figuren bestimmen</li> <li>• Mittelpunkt einer Strecke berechnen</li> </ul> <p><b>4.2 Geraden im Raum</b></p> <p>4.2.1. Parameterdarstellung einer Geraden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Parameterdarstellungen einer Geraden bestimmen</li> <li>• Beschreibung von Strecken – Punktprobe</li> </ul> <p>4.2.2 Lagebeziehungen zwischen Geraden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lagebeziehungen von Geraden zueinander untersuchen</li> <li>• Geraden mit vorgegebenen Lagen zueinander bestimmen</li> <li>• Geraden in geometrischen Figuren</li> <li>• Geraden in Anwendungen</li> </ul>	<p><i>Auf dieser Grundlage können z. B. Schattenwürfe von Gebäuden in Parallel- und Zentralprojektion auf eine der Grundebenen berechnet und zeichnerisch dargestellt werden. Der Einsatz der DGS bietet hier die zusätzliche Möglichkeit, dass der Ort der Strahlenquelle variiert werden kann. Inhaltlich schließt die Behandlung von Schrägbildern an das Thema E-G1 an.</i></p>
--	--	---

**Thema: Lineare Algebra als Schlüssel zur Lösung von geometrischen Problemen (Q-GK-G2)**

Zu entwickelnde Kompetenzen	Inhalte	Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>stellen Ebenen in Parameterform dar</li> <li>untersuchen Lagebeziehungen [...] zwischen Geraden und Ebenen</li> <li>berechnen Schnittpunkte von Geraden sowie Durchstoßpunkte von Geraden mit Ebenen und deuten sie im Sachkontext</li> <li>stellen lineare Gleichungssysteme in Matrix-Vektor-Schreibweise dar</li> <li>beschreiben den Gauß-Algorithmus als Lösungsverfahren für lineare Gleichungssysteme</li> <li>interpretieren die Lösungsmenge von linearen Gleichungssystemen</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen:</b></p> <p><b>Problemlösen</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>wählen heuristische Hilfsmittel (z. B. Skizze, informative Figur, Tabelle, experimentelle Verfahren) aus, um die Situation zu erfassen (Erkunden)</li> <li>entwickeln Ideen für mögliche Lösungswege (<i>Lösen</i>)</li> <li>wählen Werkzeuge aus, die den Lösungsweg unterstützen (<i>Lösen</i>)</li> </ul>	<p><b>4.4 Ebenen im Raum</b></p> <p>4.4.1 Parameterdarstellung einer Ebene</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Punkte einer Ebene bestimmen – Punktprobe</li> <li>Parameterdarstellung einer Ebene aus drei Punkten bestimmen</li> <li>Parameterdarstellung von Ebenen durch Geraden und Punkte bestimmen</li> <li>Parameterdarstellungen von Ebenen in Figuren bestimmen</li> <li>Ebenen mit besonderer Lage im Koordinatensystem</li> <li>Geraden, die in Ebenen liegen)</li> </ul> <p>4.4.2 Ebenen zeichnen – Spurgeraden (Selbst lernen)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ebenen mit drei Spurpunkten</li> <li>Ebenen mit zwei Spurpunkten</li> <li>Ebenen mit einem Spurpunkt</li> <li>Ebenen durch den Koordinatenursprung</li> </ul> <p>4.4.3 Lagebeziehungen zwischen Gerade und Ebene</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gemeinsame Punkte von Geraden mit Ebenen bestimmen</li> <li>Geraden und Ebenen mit zueinander vorgegebener Lage bestimmen</li> </ul>	<p>In diesem Unterrichtsvorhaben werden Problemlösekompetenzen erworben, indem sich heuristische Strategien bewusst gemacht werden (eine planerische Skizze anfertigen, die gegebenen geometrischen Objekte abstrakt beschreiben, geometrische Hilfsobjekte einführen, bekannte Verfahren zielgerichtet einsetzen und in komplexeren Abläufen kombinieren und unterschiedliche Lösungswege kriteriengestützt vergleichen).</p> <p>Punktproben sowie die Berechnung von Spurgeraden in den Grundebenen und von Schnittpunkten mit den Koordinatenachsen führen zunächst noch zu einfachen Gleichungssystemen. Die Achsenabschnitte erlauben eine Darstellung in einem räumlichen Koordinatensystem.</p> <p>Die Untersuchung von Schattenwürfen eines Mastes auf eine Dachfläche z. B. motiviert eine Fortführung der systematischen Auseinandersetzung (Q-GK-A2) mit linearen Gleichungssystemen, mit der Matrix-Vektor-Schreibweise und mit dem Gauß-Verfahren.</p> <p>Die Lösungsmengen werden mit dem GTR bestimmt, zentrale Werkzeugkompetenz in diesem Unterrichtsvorhaben ist die Interpretation des an gezeigten Lösungsvektors bzw. der reduzierten Matrix. Die Vernetzung der geometrischen Vorstellung (Lagebeziehung) und</p>

<ul style="list-style-type: none"><li>• nutzen heuristische Strategien und Prinzipien (z. B. [...] Darstellungswechsel, Zerlegen und Ergänzen, Symmetrien verwenden, Invarianten finden, Zurückführen auf Bekanntes, Zerlegen in Teilprobleme, Fallunterscheidungen, Vorwärts- und Rückwärtsarbeiten, [...]) (<i>Lösen</i>)</li><li>• führen einen Lösungsplan zielgerichtet aus (<i>Lösen</i>)</li><li>• vergleichen verschiedene Lösungswege bezüglich Unterschieden und Gemeinsamkeiten (<i>Reflektieren</i>)</li><li>• beurteilen und optimieren Lösungswege mit Blick auf Richtigkeit und Effizienz (<i>Reflektieren</i>)</li><li>• analysieren und reflektieren Ursachen von Fehlern (<i>Reflektieren</i>)</li></ul> <p><b>Werkzeuge nutzen</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• verwenden verschiedene digitale Werkzeuge zum ... Lösen von Gleichungen und Gleichungssystemen</li></ul>		der algebraischen Formalisierung sollte stets deutlich werden.
--	--	--

<b>Thema: Räume vermessen – mit dem Skalarprodukt Polygone und Polyeder untersuchen (Q-GK-G3)</b>		
<b>Zu entwickelnde Kompetenzen</b>	<b>Inhalte</b>	<b>Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen</b>
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• deuten das Skalarprodukt geometrisch und berechnen es</li> <li>• untersuchen mit Hilfe des Skalarprodukts geometrische Objekte und Situationen im Raum (Orthogonalität, Winkel- und Längenberechnung)</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen:</b></p> <p><b>Problemlösen</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erkennen und formulieren einfache und komplexe mathematische Probleme (<i>Erkunden</i>)</li> <li>• analysieren und strukturieren die Problemsituation (<i>Erkunden</i>)</li> <li>• entwickeln Ideen für mögliche Lösungswege (<i>Lösen</i>)</li> <li>• wählen geeignete Begriffe, Zusammenhänge und Verfahren zur Problemlösung aus (<i>Lösen</i>)</li> <li>• beurteilen und optimieren Lösungswege mit Blick auf Richtigkeit und Effizienz (<i>Reflektieren</i>)</li> </ul>	<p><b>4.3 Winkel im Raum</b></p> <p>4.3.1 Orthogonalität zweier Vektoren – Skalarprodukt</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Orthogonalitätsprüfungen</li> <li>• Orthogonale Vektoren finden</li> <li>• Argumentieren mit dem Skalarprodukt</li> </ul> <p>4.3.2 Winkel zwischen Vektoren und Geraden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Winkel zwischen zwei Vektoren</li> <li>• Untersuchungen an geometrischen Figuren</li> <li>• Winkel zwischen zwei Geraden im Raum</li> </ul>	<p>Das Skalarprodukt wird zunächst als Indikator für Orthogonalität aus einer Anwendung des Satzes von Pythagoras entwickelt. Durch eine Zerlegung in parallele und orthogonale Komponenten wird der geometrische Aspekt der Projektion betont. Dies wird zur Einführung des Winkels über den Kosinus genutzt.</p> <p><i>Eine weitere Bedeutung des Skalarproduktes kann mit den gleichen Überlegungen am Beispiel der physikalischen Arbeit erschlossen werden. Bei hinreichend zur Verfügung stehender Zeit kann in Anwendungskontexten (z. B. Vorbeiflug eines Flugzeugs an einem Hindernis unter Einhaltung eines Sicherheitsabstandes, vgl. Q-GK-G3) entdeckt werden, wie der Abstand eines Punktes von einer Geraden u. a. als Streckenlänge über die Bestimmung eines Lotfußpunktes ermittelt werden kann.</i></p> <p>Tetraeder, Pyramiden, Würfel, Prismen und Oktaeder bieten vielfältige Anlässe für (im Sinne des Problemlösens offen angelegte) exemplarische geometrische Untersuchungen und können auf reale Objekte (z. B. Gebäude) bezogen werden.</p> <p><i>Dabei kann der Nachweis von Dreiecks- bzw. Viereckstypen wieder aufgenommen werden.</i></p> <p>Wo möglich, werden auch elementargeometrische Lösungswege als Alternative aufgezeigt.</p>

**Q-Phase Grundkurs Stochastik (S)****Thema: Von stochastischen Modellen, Zufallsgrößen, Wahrscheinlichkeitsverteilungen und ihren Kenngrößen (Q-GK-S1)**

Zu entwickelnde Kompetenzen	Inhalte	Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• untersuchen Lage- und Streumaße von Stichproben</li> <li>• erläutern den Begriff der Zufallsgröße an geeigneten Beispielen</li> <li>• bestimmen den Erwartungswert <math>\mu</math> und die Standardabweichung <math>\sigma</math> von Zufallsgrößen und treffen damit prognostische Aussagen</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen:</b></p> <p><b>Modellieren</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• treffen Annahmen und nehmen begründet Vereinfachungen einer realen Situation vor (<i>Strukturieren</i>)</li> <li>• erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (<i>Mathematisieren</i>)</li> <li>• beziehen die erarbeitete Lösung wieder auf die Sachsituation (<i>Validieren</i>)</li> </ul>	<p><b>5.1 Lage- und Streuungsmaße von Stichproben</b></p> <p>5.1.1 Häufigkeitsverteilungen – Mittelwert einer Häufigkeitsverteilung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Häufigkeitsverteilungen – Mittelwert einer Häufigkeitsverteilung</li> <li>• Arithmetisches Mittel einer Häufigkeitsverteilung mit zusammengefassten Daten</li> </ul> <p>5.1.2 Streuung um den Mittelwert einer Stichprobe – die empirische Standardabweichung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Berechnung der empirischen Standardabweichung von Häufigkeitsverteilungen</li> </ul> <p><b>5.2 Zufallsgröße – Erwartungswert einer Zufallsgröße</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestimmen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen durch Abzählen der zugehörigen Ergebnisse</li> <li>• Bestimmen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen mithilfe von Baumdiagrammen</li> <li>• Berechnen des Erwartungswerts für eine gegebene Wahrscheinlichkeitsverteilung</li> </ul>	<p>Anhand verschiedener Glücksspiele wird zunächst der Begriff der Zufallsgröße und der zugehörigen Wahrscheinlichkeitsverteilung (als Zuordnung von Wahrscheinlichkeiten zu den möglichen Werten, die die Zufallsgröße annimmt) zur Beschreibung von Zufallsexperimenten eingeführt.</p> <p>Analog zur Betrachtung des Mittelwertes bei empirischen Häufigkeitsverteilungen wird der Erwartungswert einer Zufallsgröße definiert.</p> <p>Über eingängige Beispiele von Verteilungen mit gleichem Mittelwert aber unterschiedlicher Streuung wird die Definition der Standardabweichung als mittlere quadratische Abweichung im Zusammenhang mit Wahrscheinlichkeitsverteilungen motiviert; anhand gezielter Veränderungen der Verteilung werden die Auswirkungen auf deren Kenngrößen untersucht und interpretiert.</p> <p>Anschließend werden diese Größen zum Vergleich von Wahrscheinlichkeitsverteilungen und zu einfachen Risikoabschätzungen genutzt.</p>

## Thema: **Treffer oder nicht? – Bernoulli-Experimente und Binomialverteilungen (Q-GK-S2)**

Zu entwickelnde Kompetenzen	Inhalte	Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verwenden Bernoulliketten zur Beschreibung entsprechender Zufallsexperimente</li> <li>• erklären die Binomialverteilung im Kontext und berechnen damit Wahrscheinlichkeiten</li> <li>• beschreiben den Einfluss der Parameter <math>n</math> und <math>p</math> auf Binomialverteilungen und ihre graphische Darstellung</li> <li>• bestimmen den Erwartungswert <math>\mu</math> und die Standardabweichung <math>\sigma</math> von Zufallsgrößen [...]</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen:</b></p> <p><b>Modellieren</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• treffen Annahmen und nehmen begründet Vereinfachungen einer realen Situation vor (<i>Strukturieren</i>)</li> <li>• erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (<i>Mathematisieren</i>)</li> <li>• beziehen die erarbeitete Lösung wieder auf die Sachsituation (<i>Validieren</i>)</li> </ul> <p><b>Werkzeuge nutzen</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p>	<p><b>5.3 Binomialverteilung</b></p> <p>5.3.1 BERNOULLI-Ketten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Überprüfen, ob eine BERNOULLI-Kette vorliegt</li> <li>• Erste Wahrscheinlichkeitsberechnungen bei BERNOULLI-Ketten</li> </ul> <p>5.3.2 Berechnen von Wahrscheinlichkeiten – BERNOULLI-Formel</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwenden der BERNOULLI-Formel zur Berechnung von Wahrscheinlichkeiten</li> <li>• Anwenden der BERNOULLI-Formel zur Berechnung von zu erwartenden Werten</li> <li>• Modellieren von Ziehvorgängen ohne Zurücklegen mithilfe eines Binomialansatzes</li> <li>• Eigenschaften von Binomialverteilungen Darstellen der Binomialkoeffizienten mithilfe der Fakultätenschreibweise</li> </ul> <p>5.3.3 Kumulierte Binomialverteilung – ein Auslastungsmodell</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modellieren der Auslastung von Maschinen</li> <li>• Simulation einer Auslastung</li> </ul> <p>5.3.4 Berechnen von Intervall-Wahrscheinlichkeiten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestimmen von Intervall-Wahrscheinlichkeiten</li> </ul>	<p>Der Schwerpunkt bei der Betrachtung von Binomialverteilungen soll auf der Modellierung stochastischer Situationen liegen. Dabei werden zunächst Bernoulliketten in realen Kontexten oder in Spielsituationen betrachtet. Durch Vergleich mit dem „Ziehen ohne Zurücklegen“ wird geklärt, dass die Anwendung des Modells ‚Bernoullikette‘ eine bestimmte Realsituation voraussetzt, d. h. dass die Treffer von Stufe zu Stufe unabhängig voneinander mit konstanter Wahrscheinlichkeit erfolgen.</p> <p>Zur formalen Herleitung der Binomialverteilung bieten sich das Galtonbrett bzw. seine Simulation und die Betrachtung von Multiple-Choice-Tests an.</p> <p>Eine Visualisierung der Verteilung sowie des Einflusses von Stichprobenumfang <math>n</math> und Trefferwahrscheinlichkeit <math>p</math> erfolgt dabei durch die graphische Darstellung der Verteilung als Histogramm unter Nutzung des GTR.</p> <p>Während sich die Berechnung des Erwartungswertes erschließt, kann die Formel für die Standardabweichung für ein zweistufiges Bernoulliexperiment plausibel gemacht werden. Auf eine all gemeingültige Herleitung wird verzichtet.</p> <p>Durch Erkunden wird festgestellt, dass unabhängig von <math>n</math> und <math>p</math> ca. 68% der Ergebnisse in</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• nutzen grafikfähige Taschenrechner und Tabellenkalkulationen [...]</li> <li>• verwenden verschiedene digitale Werkzeuge</li> <li>• zum       <ul style="list-style-type: none"> <li>... Generieren von Zufallszahlen</li> <li>... Berechnen von Wahrscheinlichkeiten bei binomialverteilten Zufallsgrößen</li> <li>... Erstellen der Histogramme von Binomialverteilungen</li> <li>... Variieren der Parameter von Binomialverteilungen</li> <li>... Berechnen der Kennzahlen von Binomialverteilungen (Erwartungswert, Standardabweichung)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modellierung von Vorgängen mithilfe eines Binomialansatzes</li> <li>• Bestimmen von Intervallen mit vorgegebenen Wahrscheinlichkeiten</li> </ul> <p>5.3.5 Wahrscheinlichkeit für mindestens einen Erfolg bei einem n-stufigen BERNOULLI-Experiment</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Notwendiger Stichprobenumfang für mindestens einen Erfolg</li> </ul> <p><b>6.1 Erwartungswert und Standardabweichung von Binomialverteilungen</b></p> <p>6.1.1 Erwartungswert einer Binomialverteilung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erwartungswert einer Binomialverteilung</li> <li>• Maximum einer Binomialverteilung</li> <li>• Eigenschaften von Umgebungen um den Erwartungswert einer Binomialverteilung</li> </ul> <p>6.1.2 Standardabweichung von binomialverteilten Zufallsgrößen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entdecken einer Formel für die mittlere quadratische Abweichung einer Binomialverteilung</li> <li>• Überprüfen der Berechnungsformel für die Standardabweichung</li> <li>• Vergleich von Binomialverteilungen mit gleichem Erwartungswert</li> <li>• Binomialverteilungen mit gleicher Standardabweichung</li> <li>• Binomialverteilung mit maximaler Streuung</li> </ul>	<p>der <math>1\sigma</math>-Umgebung des Erwartungswertes liegen.</p> <p><i>Hinweis: Der Einsatz des GTR zur Berechnung singulärer sowie kumulierter Wahrscheinlichkeiten ermöglicht den Verzicht auf stochastische Tabellen und eröffnet aus der numerischen Perspektive den Einsatz von Aufgaben in realitätsnahen Kontexten.</i></p>
---	--	---

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bestimmen einer Binomialverteilung zu gegebenen Werten von Erwartungswert und Standardabweichung</li></ul> <p>6.1.3 Umgebungen um den Erwartungswert einer Binomialverteilung – <math>\sigma</math>-Regeln</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Sigma-Regeln überprüfen,</li><li>• Boxplots und Sigma-Umgebungen</li></ul>	
--	---	--

<b>Thema: Modellieren mit Binomialverteilungen (Q-GK-S3)</b>		
<b>Zu entwickelnde Kompetenzen</b>	<b>Inhalte</b>	<b>Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen</b>
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nutzen Binomialverteilungen und ihre Kenngrößen zur Lösung von Problemstellungen</li> <li>• schließen anhand einer vorgegebenen Entscheidungsregel aus einem Stichprobenergebnis</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen:</b> <b>Modellieren</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• treffen Annahmen und nehmen begründet Vereinfachungen einer realen Situation vor (<i>Strukturieren</i>)</li> <li>• erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (<i>Mathematisieren</i>)</li> <li>• beziehen die erarbeitete Lösung wieder auf die Sachsituation (<i>Validieren</i>)</li> <li>• beurteilen die Angemessenheit aufgestellter [...] Modelle für die Fragestellung (<i>Validieren</i>)</li> <li>• reflektieren die Abhängigkeit einer Lösung von den getroffenen Annahmen (<i>Validieren</i>)</li> </ul>	<p><b>6.2 Einführung in Schlussverfahren der Beurteilenden Statistik</b></p> <p>6.2.1 Prognose über zu erwartende Häufigkeiten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prognosen für zu erwartende absolute Häufigkeiten</li> <li>• Signifikante Abweichungen</li> <li>• Prognose über zu erwartende relative Häufigkeiten</li> <li>• Ausnutzen der Symmetrie der Binomialverteilung</li> </ul> <p>6.2.2 Mithilfe einer Entscheidungsregel von der Stichprobe auf die Gesamtheit schließen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eine Entscheidungsregel erläutern und mögliche Fehler bedenken</li> <li>• Mithilfe einer Entscheidungsregel von der Stichprobe auf die Gesamtheit schließen</li> </ul>	<p>In verschiedenen Sachkontexten wird zunächst die Möglichkeit einer Modellierung der Realsituation mithilfe der Binomialverteilung überprüft. Die Grenzen des Modellierungsprozesses werden aufgezeigt und begründet. In diesem Zusammenhang werden geklärt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- die Beschreibung des Sachkontextes durch ein Zufallsexperiment</li> <li>- die Interpretation des Zufallsexperiments als Bernoullikette</li> <li>- die Definition der zu betrachtenden Zufallsgröße</li> <li>- die Unabhängigkeit der Ergebnisse</li> <li>- die Benennung von Stichprobenumfang <math>n</math> und Trefferwahrscheinlichkeit <math>p</math></li> </ul> <p>Dies erfolgt in unterschiedlichsten Realkontexten, deren Bearbeitung auf vielfältigen Zeitungsartikeln basieren kann. Auch Beispiele der Modellumkehrung werden betrachtet („Von der Verteilung zur Realsituation“).</p> <p>Prüfverfahren mit vorgegebenen Entscheidungsregeln bieten einen besonderen Anlass, um von einer (ein- oder mehrstufigen) Stichprobenentnahme aus einer Lieferung auf nicht bekannte Parameter in der Grundgesamtheit zu schließen.</p> <p><i>Wenn genügend Unterrichtszeit zur Verfügung steht, können im Rahmen der beurteilenden Statistik vertiefend (und über den Kernlehrplan</i></p>

<p><b>Argumentieren</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• stellen Zusammenhänge zwischen Begriffen her (<i>Begründen</i>)</li><li>• nutzen mathematische Regeln bzw. Sätze und sachlogische Argumente für Begründungen (<i>Begründen</i>)</li><li>• verknüpfen Argumente zu Argumentationsketten (<i>Begründen</i>)</li></ul>		<p><i>hinausgehend) Produzenten- und Abnehmerri-siken bestimmt werden.</i></p> <p><i>Hinweis: Eine Stichprobenentnahme kann auch auf dem GTR simuliert werden.</i></p>
---	--	--

<b>Thema: Von Übergängen und Prozessen (G-GK-S4)</b>		
<b>Zu entwickelnde Kompetenzen</b>	<b>Inhalte</b>	<b>Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen</b>
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben stochastische Prozesse mithilfe von Zustandsvektoren und stochastischen Übergangsmatrizen</li> <li>• verwenden die Matrizenmultiplikation zur Untersuchung stochastischer Prozesse (Vorhersage nachfolgender Zustände, numerisches Bestimmen sich stabilisierender Zustände)</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen:</b></p> <p><b>Modellieren</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erfassen und strukturieren zunehmend komplexe Sachsituationen mit Blick auf eine konkrete Fragestellung (<i>Strukturieren</i>)</li> <li>• übersetzen zunehmend komplexe Sachsituationen in mathematische Modelle (<i>Mathematisieren</i>)</li> <li>• erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (<i>Mathematisieren</i>)</li> <li>• beziehen die erarbeitete Lösung wieder auf die Sachsituation (<i>Validieren</i>)</li> </ul>	<p><b>6.3 Stochastische Prozesse mithilfe von Matrizen beschreiben</b></p> <p>6.3.1 Bestimmung von Zuständen mithilfe von Übergangsmatrizen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Übergangsmatrizen und Übergangsmatrizen</li> <li>• Berechnen eines veränderten Zustandsvektors</li> </ul> <p>6.3.2 Untersuchung stochastischer Prozesse mithilfe der Matrizenmultiplikation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestimmung zukünftiger Zustände</li> <li>• Bestimmung zurückliegender Zustände</li> </ul> <p>6.3.3 Stabilisieren von Zuständen – stationäre Zustände</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stationäre Verteilung – Fixvektor</li> </ul>	<p><b>Hinweis:</b></p> <p><i>Die Behandlung stochastischer Prozesse sollte genutzt werden, um zentrale Begriffe aus Stochastik (Wahrscheinlichkeit, relative Häufigkeit) und Analysis (Grenzwert) mit Begriffen und Methoden der Linearen Algebra (Vektor, Matrix, lineare Gleichungssysteme) zu vernetzen. Schülerinnen und Schüler modellieren dabei in der Realität komplexe Prozesse, deren langfristige zeitliche Entwicklung untersucht und als Grundlage für Entscheidungen und Maßnahmen genutzt werden kann.</i></p> <p>Untersuchungen in unterschiedlichen realen Kontexten führen zur Entwicklung von Begriffen zur Beschreibung von Eigenschaften stochastischer Prozesse (Potenzen der Übergangsmatrix, Grenzmatrix, stabile Verteilung). Hier bietet sich eine Vernetzung mit der Linearen Algebra hinsichtlich der Betrachtung linearer Gleichungssysteme und ihrer Lösungsmengen an.</p>

<p><b>Argumentieren</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• präzisieren Vermutungen mithilfe von Fachbegriffen und unter Berücksichtigung der logischen Struktur (<i>Vermuten</i>)</li><li>• nutzen mathematische Regeln bzw. Sätze und sachlogische Argumente für Begründungen (<i>Begründen</i>)</li><li>• stellen Zusammenhänge zwischen Begriffen her (<i>Begründen</i>)</li></ul> <p>überprüfen, inwiefern Ergebnisse, Begriffe und Regeln verallgemeinert werden können (<i>Beurteilen</i>)</p>		
---	--	--

## Q-Phase Leistungskurs Funktionen und Analysis (A)

<b>Thema: Optimierungsprobleme (Q-LK-A1)</b>		
<b>Zu entwickelnde Kompetenzen</b>	<b>Inhalte</b>	<b>Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen</b>
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• führen Extremalprobleme durch Kombination mit Nebenbedingungen auf Funktionen einer Variablen zurück und lösen diese</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen:</b> <b>Modellieren</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erfassen und strukturieren zunehmend komplexe Sachsituationen mit Blick auf eine konkrete Fragestellung (Strukturieren)</li> <li>• reffen Annahmen und nehmen begründet Vereinfachungen einer realen Situation vor (Strukturieren)</li> <li>• übersetzen zunehmend komplexe Sachsituationen in mathematische Modelle (Mathematisieren)</li> <li>• erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (Mathematisieren)</li> <li>• beziehen die erarbeitete Lösung wieder auf die Sachsituation (Validieren)</li> <li>• beurteilen die Angemessenheit aufgestellter (ggf. konkurrierender) Modelle für die Fragestellung (Validieren)</li> <li>• verbessern aufgestellte Modelle mit Blick auf die Fragestellung (Validieren)</li> <li>• reflektieren die Abhängigkeit einer Lösung von den getroffenen Annahmen (<i>Validieren</i>)</li> </ul>	<p><b>1.2 Extremwertprobleme</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geometrische Körper und Figuren</li> <li>• Vereinfachen durch Quadrieren der Zielfunktion</li> <li>• Flächeninhalte und Funktionsgraphen</li> <li>• Aufgaben aus der Wirtschaft</li> </ul>	<p>Das Aufstellen der Funktionsgleichungen fördert Problemlösestrategien. Die Lernenden sollten deshalb hinreichend Zeit bekommen, mit Methoden des kooperativen Lernens selbstständig zu Zielfunktionen zu kommen und dabei unterschiedliche Lösungswege zu entwickeln.</p> <p>An mindestens einem Problem entdecken die Schülerinnen und Schüler die Notwendigkeit, Randextrema zu betrachten (z. B. „Glas-scheibe“ oder verschiedene Varianten des „Hühnerhofs“).</p> <p>Ein Verpackungsproblem (Dose oder Milchtüte) wird unter dem Aspekt der Modellvalidierung/ Modellkritik und Modellvariation untersucht.</p> <p>Stellen extremer Steigung eines Funktionsgraphen werden im Rahmen geeigneter Kontexte (z.B. Neuverschuldung und Schulden oder Besucherströme in einen Freizeitpark/zu einer Messe und erforderlicher Personaleinsatz) thematisiert und dabei der zweiten Ableitung eine anschauliche Bedeutung als Zu- und Abnahmerate der Änderungsrate der Funktion verliehen. Die Bestimmung der extremalen Steigung erfolgt zunächst über das Vorzeichenwechselkriterium (an den Nullstellen der zweiten Ableitung).</p>

<p><b>Problemlösen</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• finden und stellen Fragen zu einer gegebenen Problemsituation (Erkunden)</li><li>• wählen heuristische Hilfsmittel (z. B. Skizze, informative Figur, Tabelle ...) aus, um die Situation zu erfassen (Erkunden)</li><li>• nutzen heuristische Strategien und Prinzipien (z. B. systematisches Probieren, Darstellungswechsel, Zurückführen auf Bekanntes, Zerlegen in Teilprobleme, Fallunterscheidungen, Verallgemeinern ...) (Lösen)</li><li>• setzen ausgewählte Routineverfahren auch hilfsmittelfrei zur Lösung ein (Lösen)</li><li>• berücksichtigen einschränkende Bedingungen (Lösen)</li><li>• vergleichen verschiedene Lösungswege bezüglich Unterschieden und Gemeinsamkeiten (Reflektieren)</li></ul>		
---	--	--

### Thema: **Funktionen beschreiben Formen - Modellieren von Sachsituationen mit Funktionen (Q-LK-A2)**

Zu entwickelnde Kompetenzen	Inhalte	Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verwenden notwendige Kriterien und Vorzeichenwechselkriterien [...] zur Bestimmung von Extrem- und Wendepunkten</li> <li>• bilden die Ableitungen weiterer Funktionen Potenzfunktionen mit rationalen Exponenten</li> <li>• interpretieren Parameter von Funktionen im Kontext und untersuchen ihren Einfluss auf Eigenschaften von Funktionenscharen</li> <li>• beschreiben das Krümmungsverhalten des Graphen einer Funktion mit Hilfe der 2. Ableitung</li> <li>• verwenden notwendige Kriterien und Vorzeichenwechselkriterien sowie weitere hinreichende Kriterien zur Bestimmung von Extrem- und Wendepunkten</li> <li>• bestimmen Parameter einer Funktion mithilfe von Bedingungen, die sich aus dem Kontext ergeben („Steckbriefaufgaben“)</li> <li>• beschreiben den Gauß-Algorithmus als Lösungsverfahren für lineare Gleichungssysteme</li> <li>• wenden den Gauß-Algorithmus ohne digitale Werkzeuge auf Gleichungssysteme mit maximal drei Unbekannten an, die mit geringem Rechenaufwand lösbar sind</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen:</b>  <b>Modellieren</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erfassen und strukturieren zunehmend komplexe Sachsituationen mit Blick auf eine konkrete Fragestellung (Strukturieren)</li> </ul>	<p><b>1.1 Fortsetzung der Differenzialrechnung</b></p> <p>1.1.1 Wendepunkte – Linkskurve, Rechtskurve</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wdh. Ableitungen berechnen,</li> <li>• Links- und Rechtskurven bestimmen,</li> <li>• grafisch argumentieren</li> </ul> <p>1.1.2 Kriterien für Extrem- und Wendepunkte (Selbst lernen )</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Extrem- und Wendepunkte berechnen</li> <li>• Aussagen über Extrem- und Wendestellen beurteilen</li> <li>• Sätze und Definitionen kennen und anwenden</li> </ul> <p>1.1.3 Ableitung von Potenzfunktionen mit rationalen Exponenten (Selbst lernen)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwenden der Ableitungsregeln</li> <li>• Ableitung der Quadratwurzelfunktion</li> <li>• Steigungen von Funktionen</li> <li>• Tangentengleichung</li> </ul> <p>1.1.4 Aspekte von Funktionsuntersuchungen</p>	<p>Die Beschreibung von Links- und Rechtskurven über die Zu- und Abnahme der Steigung führt zu einer geometrischen Deutung der zweiten Ableitung einer Funktion als „Krümmung“ des Graphen und zur Betrachtung von Wendepunkten. Als Kontext hierzu können z.B. Trassierungsprobleme gewählt werden.</p> <p>Die simultane Betrachtung beider Ableitungen führt zur Entdeckung eines weiteren hinreichenden Kriteriums für Extrempunkte. Anhand einer Funktion mit Sattelpunkt wird die Grenze dieses hinreichenden Kriteriums entdeckt. Vor- und Nachteile der beiden hinreichenden Kriterien werden abschließend von den Lernenden kritisch bewertet.</p> <p>Im Zusammenhang mit unterschiedlichen Kontexten werden aus gegebenen Eigenschaften (Punkten, Symmetrieüberlegungen, Bedingungen an die 1. und 2. Ableitung) Gleichungssysteme für die Parameter ganzrationaler Funktionen entwickelt.</p> <p>Schülerinnen und Schüler erhalten Gelegenheit, über Grundannahmen der Modellierung (Grad der Funktion, Symmetrie, Lage im Koordinatensystem, Ausschnitt) selbst zu entscheiden, deren Angemessenheit zu reflektieren und ggf. Veränderungen vorzunehmen.</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• treffen Annahmen und nehmen begründet Vereinfachungen einer realen Situation vor (Strukturieren)</li> <li>• übersetzen zunehmend komplexe Sachsituationen in mathematische Modelle (Mathematisieren)</li> <li>• erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (Mathematisieren)</li> <li>• beziehen die erarbeitete Lösung wieder auf die Sachsituation (Validieren)</li> <li>• beurteilen die Angemessenheit aufgestellter (ggf. konkurrierender) Modelle für die Fragestellung (Validieren)</li> <li>• verbessern aufgestellte Modelle mit Blick auf die Fragestellung (Validieren)</li> <li>• reflektieren die Abhängigkeit einer Lösung von den getroffenen Annahmen (Validieren)</li> </ul> <p><b>Werkzeuge nutzen</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verwenden verschiedene digitale Werkzeuge zum Lösen von Gleichungen und Gleichungssystemen und zielgerichteten Variieren der Parameter von Funktionen</li> <li>• nutzen mathematische Hilfsmittel und digitale Werkzeuge zum Erkunden [...], Berechnen und Darstellen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aspekte von Funktionsuntersuchungen</li> <li>• Argumentieren mit Eigenschaften von Funktionen</li> <li>• Untersuchung von Eigenschaften in Abhängigkeit von einem Parameter bei ganzrationalen Funktionen</li> </ul> <p>1.1.5 Funktionenscharen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenschaften einer Funktionenschar in Abhängigkeit von einem Parameter untersuchen</li> <li>• Funktionenscharen in Sachsituationen</li> </ul> <p><b>1.3 Lösen linearer Gleichungssysteme – GAUSS Algorithmus</b></p> <p>1.3.1 Der GAUSS-Algorithmus zum Lösen eines linearen Gleichungssystems</p> <p>1.3.2 Lineare Gleichungssysteme mit unendlich vielen Lösungen oder ohne Lösung</p> <p><b>1.4 Bestimmen ganzrationaler Funktionen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestimmen einer Funktion mit vorgegebenem Grad</li> <li>• Bestimmen einer Funktion ohne vorgegebenen Grad, mit ganzrationalen Funktionen modellieren</li> </ul> <p><b>1.5 Trassierung (Selbst lernen)</b></p>	<p>Über freie Parameter (aus unterbestimmten Gleichungssystemen) werden <b>Lösungsscharen</b> erzeugt und deren Elemente hinsichtlich ihrer Eignung für das Modellierungsproblem untersucht und beurteilt. An innermathematischen „Steckbriefen“ werden Fragen der Eindeutigkeit der Modellierung und der Einfluss von Parametern auf den Funktionsgraphen untersucht.</p>
--	--	--

<b>Thema: Von der Änderungsrate zum Bestand (Q-LK-A3)</b>		
<b>Zu entwickelnde Kompetenzen</b>	<b>Inhalte</b>	<b>Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen</b>
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• interpretieren Produktsummen im Kontext als Rekonstruktion des Gesamtbestandes oder Gesamteffektes einer Größe</li> <li>• deuten die Inhalte von orientierten Flächen im Kontext</li> <li>• skizzieren zu einer gegebenen Randfunktion die zugehörige Flächeninhaltsfunktion</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen:</b> <b>Kommunizieren</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erfassen, strukturieren und formalisieren Informationen aus [...] mathematischen Texten und Darstellungen, aus mathematischen Fachtexten sowie aus Unterrichtsbeiträgen (Rezipieren)</li> <li>• formulieren eigene Überlegungen und beschreiben eigene Lösungswege (Produzieren)</li> <li>• wählen begründet eine geeignete Darstellungsform aus (Produzieren)</li> <li>• wechseln flexibel zwischen mathematischen Darstellungsformen (Produzieren)</li> <li>• dokumentieren Arbeitsschritte nachvollziehbar (Produzieren)</li> <li>• erstellen Ausarbeitungen und präsentieren sie (Produzieren)</li> </ul>	<p><b>2.1 Eine Größe aus ihrer Änderungsrate rekonstruieren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rekonstruktion einer Größe aus dem Graphen der Änderungsrate</li> <li>• Rekonstruktion einer Größe aus gegebenen Änderungsraten</li> </ul>	<p>Das Thema ist komplementär zur Einführung der Änderungsraten. Deshalb werden hier Kontexte, die schon dort genutzt werden, wieder aufgegriffen (Geschwindigkeit - Weg, Zuflussrate von Wasser – Wassermenge). Daneben wird die Konstruktion einer Größe (z. B. physikalische Arbeit) erforderlich, bei der es sich nicht um die Rekonstruktion eines Bestandes handelt.</p> <p>Außer der Schachtelung durch Ober- und Untersummen sollen die Schülerinnen und Schüler eigenständig weitere unterschiedliche Strategien zur möglichst genauen näherungsweise Berechnung des Bestands entwickeln und vergleichen. Die entstehenden Produktsummen werden als Bilanz über orientierte Flächeninhalte interpretiert.</p> <p>Qualitativ können die Schülerinnen und Schüler so den Graphen einer Flächeninhaltsfunktion als „Bilanzgraphen“ zu einem vorgegebenen Randfunktionsgraphen skizzieren.</p> <p>Falls die Lernenden entdecken, welche Auswirkungen dieser Umkehrprozess auf die Funktionsgleichung der „Bilanzfunktion“ hat, kann dies zur Überleitung in das folgende Unterrichtsvorhaben genutzt werden.</p>

### Thema: Von der Randfunktion zur Integralfunktion (Q-LK-A4)

Zu entwickelnde Kompetenzen	Inhalte	Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern und vollziehen an geeigneten Beispielen den Übergang von der Produktsumme zum Integral auf der Grundlage eines propädeutischen Grenzwertbegriffs</li> <li>• erläutern den Zusammenhang zwischen Änderungsrate und Integralfunktion</li> <li>• deuten die Ableitung mithilfe der Approximation durch lineare Funktionen</li> <li>• nutzen die Intervalladditivität und Linearität von Integralen</li> <li>• begründen den Hauptsatz der Differential und Integralrechnung unter Verwendung eines anschaulichen Stetigkeitsbegriffs</li> <li>• bestimmen Stammfunktionen ganzrationaler Funktionen</li> <li>• bestimmen Integrale numerisch</li> <li>• ermitteln den Gesamtbestand oder Gesamteffekt einer Größe aus der Änderungsrate oder der Randfunktion</li> <li>• bestimmen Flächeninhalte und Volumina von Körpern, die durch die Rotation um die Abszisse entstehen, mit Hilfe von bestimmten und uneigentlichen Integralen</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen:</b>  <b>Argumentieren</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen Vermutungen auf (Vermuten)</li> <li>• unterstützen Vermutungen beispielgebunden (Vermuten)</li> </ul>	<p><b>2.2 Das Integral als Grenzwert von Produktsummen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrale näherungsweise mithilfe von Produktsummen bestimmen</li> <li>• Integrale der Quadratfunktion mithilfe der Formel berechnen</li> <li>• Integrale als Summen orientierter Flächeninhalte bestimmen</li> </ul> <p><b>2.3 Hauptsatz der Differenzial- und Integralrechnung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stammfunktionen</li> <li>• Integralfunktionen bestimmen und ihre Graphen zeichnen</li> <li>• Abschnittsweise definierte Integralfunktionen</li> <li>• Graph einer Integralfunktion näherungsweise aus einem Graphen rekonstruieren</li> <li>• Integrale mithilfe von Stammfunktionen berechnen</li> <li>• Die passende Stammfunktion zu einem Anfangswert finden</li> <li>• Orientierte Flächeninhalte</li> <li>• Integrale mithilfe eines Rechners bestimmen</li> <li>• Integralfunktionen mit einem GTR darstellen</li> <li>• Keine Stammfunktion zu finden – da hilft die Integralfunktion</li> </ul> <p><b>2.4 Integralfunktionen (Selbst lernen)</b></p>	<p>Schülerinnen und Schüler sollen hier selbst entdecken, dass die Integralfunktion <math>J_a</math> eine Stammfunktion der Randfunktion ist. Dazu wird das im vorhergehenden Unterrichtsvorhaben entwickelte numerische Näherungsverfahren zur Rekonstruktion einer Größe aus der Änderungsrate auf eine kontextfrei durch einen Term gegebene Funktion angewendet und zur Konstruktion der Integralfunktion genutzt (Verallgemeinerung).</p> <p>Die Graphen der Randfunktion und der genäherten Integralfunktion können die Schülerinnen und Schüler mit Hilfe einer Tabellenkalkulation und eines Funktionenplotters gewinnen, vergleichen und Beziehungen zwischen diesen herstellen.</p> <p>Fragen, wie die Genauigkeit der Näherung erhöht werden kann, geben Anlass zu anschaulichen Grenzwertüberlegungen. Um diesen Zusammenhang zu begründen, wird der absolute Zuwachs <math>J_a(x+h) - J_a(x)</math> geometrisch durch Rechtecke nach oben und unten abgeschätzt.</p> <p>Der Übergang zur relativen Änderung mit anschließendem Grenzübergang führt dazu, die Stetigkeit von Funktionen zu thematisieren, und motiviert, die Voraussetzungen zu präzisieren und den Hauptsatz formal exakt zu notieren.</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• präzisieren Vermutungen mithilfe von Fachbegriffen und unter Berücksichtigung der logischen Struktur (Vermuten)</li> <li>• stellen Zusammenhänge zwischen Begriffen her (Begründen)</li> <li>• verknüpfen Argumente zu Argumentationsketten (Begründen)</li> <li>• erklären vorgegebene Argumentationen und mathematische Beweise (Begründen)</li> <li>• überprüfen, inwiefern Ergebnisse, Begriffe und Regeln verallgemeinert werden können (Beurteilen)</li> </ul> <p><b>Werkzeuge nutzen</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nutzen [...] digitale Werkzeuge [Erg. Fachkonferenz: Tabellenkalkulation und Funktionenplotter] zum Erkunden und Recherchieren, Berechnen und Darstellen</li> <li>• verwenden verschiedene digitale Werkzeuge zum       <ul style="list-style-type: none"> <li>..... Messen von Flächeninhalten zwischen Funktionsgraph und Abszisse</li> <li>... Ermitteln des Wertes eines bestimmten Integrals</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Graph einer Integralfunktion näherungsweise aus einem Graphen rekonstruieren</li> <li>• Integralfunktionen bestimmen und ihre Graphen zeichnen</li> <li>• Integralfunktionen mit einem GTR darstellen</li> </ul> <p><b>2.5 Berechnen von Flächeninhalten</b></p> <p>2.5.1 Fläche zwischen einem Funktionsgraphen und der x-Achse</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flächeninhalte bei Graphen einer gegebenen Funktion f bestimmen</li> <li>• Passende Funktionen bestimmen und Flächeninhalte berechnen</li> </ul> <p>2.5.2 Fläche zwischen zwei Funktionsgraphen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flächeninhalte von Flächen zwischen den Graphen zweier gegebener Funktionen berechnen</li> <li>• Passende Funktionen bestimmen und Flächeninhalte zwischen den Graphen der Funktionen berechnen</li> </ul> <p>2.5.3 Uneigentliche Integrale</p> <p><b>2.6 Volumina von Rotationskörpern</b></p> <p><b>2.7 Mittelwert der Funktionswerte einer Funktion</b></p> <p><u>Zusatz</u></p>	<p><i>Hier bieten sich Möglichkeiten zur inneren Differenzierung: Formalisierung der Schreibweise bei der Summenbildung, exemplarische Einschachtelung mit Ober- und Untersummen, formale Grenzwertbetrachtung, Vergleich der Genauigkeit unterschiedlicher Abschätzungen.</i></p> <p>In den Anwendungen steht mit dem Hauptsatz neben dem numerischen Verfahren ein alternativer Lösungsweg zur Berechnung von Produktsummen zur Verfügung.</p> <p>Davon abgegrenzt wird die Berechnung von Flächeninhalten, bei der auch Intervalladditivität und Linearität (bei der Berechnung von Flächen zwischen Kurven) thematisiert werden.</p> <p>Bei der Berechnung der Volumina wird stark auf Analogien zur Flächenberechnung verwiesen. (Gedanklich wird mit einem „Eierschneider“ der Rotationskörper in berechenbare Zylinder zerlegt, analog den Rechtecken oder Trapezen bei der Flächenberechnung. Auch die jeweiligen Summenformeln weisen Entsprechungen auf.)</p> <p><i>Mit der Mittelwertberechnung kann bei entsprechend zur Verfügung stehender Zeit (über den Kernlehrplan <b>hinausgehend</b>) noch eine weitere wichtige Grundvorstellung des Integrals erarbeitet werden. Hier bieten sich Vernetzungen mit dem Inhaltsfeld Stochastik an</i></p>
---	---	--

<b>Thema: Exponentialfunktionen und Logarithmus (Q-LK-A5)</b>		
<b>Zu entwickelnde Kompetenzen</b>	<b>Inhalte</b>	<b>Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen</b>
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Eigenschaften von Exponentialfunktionen und begründen die besondere Eigenschaft der natürlichen Exponentialfunktion</li> <li>• nutzen die natürliche Logarithmusfunktion als Umkehrfunktion der natürlichen Exponentialfunktion</li> <li>• bilden die Ableitungen weiterer Funktionen: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ natürliche Exponentialfunktion</li> <li>○ Exponentialfunktionen mit beliebiger Basis</li> <li>○ natürliche Logarithmusfunktion</li> </ul> </li> <li>• nutzen die natürliche Logarithmusfunktion als Stammfunktion der Funktion: <math>x \rightarrow 1/x</math>.</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen:</b> <b>Problemlösen</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erkennen und formulieren einfache und komplexe mathematische Probleme (Erkunden)</li> <li>• entwickeln Ideen für mögliche Lösungswege (Lösen)</li> </ul>	<p><i>Wdh. Exponentialfunktionen</i></p> <p><b>3.1 Exponentielles Wachstum</b></p> <p>3.1.1 Wachstumsgeschwindigkeit – e-Funktion</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exponentialfunktionen mit beliebiger Basis – Ableitung,</li> <li>• Die EULER'sche Zahl e und die e-Funktion</li> </ul> <p>3.1.2 Ableitung von Exponentialfunktionen – natürlicher Logarithmus</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• e-Funktionen mit linearen Funktionen im Exponenten,</li> <li>• Ableitungen, Steigungen und Tangenten</li> <li>• Stammfunktionen und Integrale (in Q2)</li> </ul> <p>3.1.3 Eigenschaften von e-Funktionen – Kettenregel</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wachstumsprozesse mit der e-Funktion beschreiben</li> <li>• Ableitungen bestimmen</li> <li>• Gleichungen lösen</li> <li>• Integrale berechnen, (in Q2)</li> </ul> <p>3.1.4 Wachstumsprozesse untersuchen (Selbst lernen)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exponentielle Abnahme und Zunahme mithilfe der e-Funktion modellieren</li> <li>• Halbwertszeit – Verdopplungszeit</li> </ul>	<p><i>Zu Beginn des Unterrichtsvorhabens empfiehlt sich eine Auffrischung der bereits in der Einführungsphase erworbenen Kompetenzen durch eine Untersuchung verschiedener Kontexte in Gruppenarbeit mit Präsentation (Wachstum und Zerfall).</i></p> <p>Im Anschluss werden die Eigenschaften einer allgemeinen Exponentialfunktion zusammengestellt. Der GTR unterstützt dabei die Klärung der Bedeutung der verschiedenen Parameter und die Veränderungen durch Transformationen.</p> <p>Die Eulersche Zahl kann z. B. über das Problem der stetigen Verzinsung eingeführt werden. Der Grenzübergang wird dabei zunächst durch den GTR unterstützt. Da der Rechner dabei numerisch an seine Grenzen stößt, wird aber auch eine Auseinandersetzung mit dem Grenzwertbegriff motiviert.</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• nutzen heuristische Strategien und Prinzipien (z. B. systematisches Probieren, Darstellungswechsel, Invarianten finden, Zurückführen auf Bekanntes, Zerlegen in Teilprobleme)(Lösen)</li> <li>• führen einen Lösungsplan zielgerichtet aus (Lösen)</li> <li>• variieren Fragestellungen auf dem Hintergrund einer Lösung (<i>Reflektieren</i>)</li> </ul> <p><b>Werkzeuge nutzen</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verwenden verschiedene digitale Werkzeuge zum ... zielgerichteten Variieren der Parameter von Funktionen ... grafischen Messen von Steigungen</li> <li>• entscheiden situationsangemessen über den Einsatz mathematischer Hilfsmittel und digitaler Werkzeuge und wählen diese gezielt aus</li> <li>• nutzen mathematische Hilfsmittel und digitale Werkzeuge zum Erkunden und Recherchieren, Berechnen und Darstellen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wachstumsgeschwindigkeit exponentieller Prozesse – experimentelle Bestimmung von <math>k</math></li> </ul> <p>3.1.5 Begrenztes Wachstum-</p>	<p>Die Frage nach der Ableitung einer allgemeinen Exponentialfunktion an einer Stelle führt zu einer vertiefenden Betrachtung des Übergangs von der durchschnittlichen zur momentanen Änderungsrate.</p> <p>In einer GeoGebra-Datei wird für immer kleinere <math>h</math> das Verhalten des Differenzenquotienten beobachtet.</p> <p>Umgekehrt wird zu einem gegebenen Ableitungswert die zugehörige Stelle gesucht.</p> <p>.</p> <p>Abschließend wird noch die Basis variiert. Dabei ergibt sich automatisch, dass für die Eulersche Zahl als Basis Funktion und Ableitungsfunktion übereinstimmen.</p> <p>Umkehrprobleme im Zusammenhang mit der natürlichen Exponentialfunktion werden genutzt, um den natürlichen Logarithmus zu definieren und damit auch alle Exponentialfunktionen auf die Basis <math>e</math> zurückzuführen. Mit Hilfe der schon bekannten Kettenregel können dann auch allgemeine Exponentialfunktionen abgeleitet werden.</p>
---	---	--

## Thema: Modellieren (nicht nur) mit Exponentialfunktionen (Q-LK-A6)

Zu entwickelnde Kompetenzen	Inhalte	Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verwenden Exponentialfunktionen zur Beschreibung von Wachstums- und Zerfallsvorgängen und vergleichen die Qualität der Modellierung exemplarisch mit einem begrenzten Wachstum</li> <li>• bestimmen Integrale mithilfe von gegebenen oder Nachschlagewerken entnommenen Stammfunktionen</li> <li>• ermitteln den Gesamtbestand oder Gesamteffekt einer Größe aus der Änderungsrate oder der Randfunktion</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen:</b>  <b>Modellieren</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erfassen und strukturieren zunehmend komplexe Sachsituationen mit Blick auf eine konkrete Fragestellung (Strukturieren)</li> <li>• übersetzen zunehmend komplexe Sachsituationen in mathematische Modelle (Mathematisieren)</li> <li>• erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (Mathematisieren)</li> <li>• ordnen einem mathematischen Modell verschiedene passende Sachsituationen zu (Mathematisieren)</li> <li>• beziehen die erarbeitete Lösung wieder auf die Sachsituation (<i>Validieren</i>)</li> <li>• beurteilen die Angemessenheit aufgestellter (ggf. konkurrierender) Modelle für die Fragestellung (<i>Validieren</i>)</li> <li>• verbessern aufgestellte Modelle mit Blick auf die Fragestellung (<i>Validieren</i>)</li> <li>• reflektieren die Abhängigkeit einer Lösung von den getroffenen Annahmen (<i>Validieren</i>)</li> </ul>	<p><b>3.2 Eigenschaften zusammengesetzter Funktionen</b></p> <p>3.2.1 Summe und Differenz von Funktionen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwenden der Ableitungsregeln – Untersuchen des Globalverlaufs</li> <li>• Aspekte von Funktionsuntersuchungen</li> </ul> <p>3.2.2 Produkte von Funktionen</p> <p>3.2.3 Produktregel</p> <p><b>3.3 Modellieren mit zusammengesetzten Funktionen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Typische Aufgabenstellungen bei komplexen Anwendungssituationen</li> </ul> <p><b>3.4 Aspekte von Funktionsuntersuchungen mit e-Funktionen – Funktionenscharen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einzelaspekte von Funktionsuntersuchungen bearbeiten</li> <li>• Zusammengesetzte Exponentialfunktionen in Sachzusammenhängen untersuchen</li> </ul>	<p>Als Beispiel für eine Summenfunktion eignet sich die Modellierung einer Kettenlinie. An mindestens einem Beispiel wird auch ein beschränktes Wachstum untersucht.</p> <p>An Beispielen von Prozessen, bei denen das Wachstum erst zu- und dann wieder abnimmt (Medikamente, Fieber, Pflanzen), wird eine Modellierung durch Produkte von ganzrationalen Funktionen und Exponentialfunktionen einschließlich deren Verhalten für betragsgroße Argumente erarbeitet.</p> <p>Auch in diesen Kontexten ergeben sich Fragen, die erfordern, dass aus der Wachstumsgeschwindigkeit auf den Gesamteffekt geschlossen wird.</p> <p>Weitere Kontexte bieten Anlass zu komplexen Modellierungen mit Funktionen anderer Funktionenklassen, insbesondere unter Berücksichtigung von Parametern, für die Einschränkungen des Definitionsbereiches oder Fallunterscheidungen vorgenommen werden müssen.</p> <p>Vernetzungsmöglichkeiten mit der Stochastik sollten aufgegriffen werden (z. B. Gaußsche Glockenkurve – sofern zu diesem Zeitpunkt bereits behandelt).</p>

**Thema: Beschreibung von Bewegungen und Schattenwurf mit Geraden (Q-LK-G1)**

Zu entwickelnde Kompetenzen	Inhalte	Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen Geraden in Parameterform dar</li> <li>• interpretieren den Parameter von Geradengleichungen im Sachkontext</li> <li>• stellen geradlinig begrenzte Punktmengen in Parameterform dar</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen:</b> <b>Modellieren</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erfassen und strukturieren zunehmend komplexe Sachsituationen mit Blick auf eine konkrete Fragestellung (Strukturieren)</li> <li>• treffen Annahmen und nehmen begründet Vereinfachungen einer realen Situation vor (Strukturieren)</li> <li>• übersetzen zunehmend komplexe Sachsituationen in mathematische Modelle (Mathematisieren)</li> </ul>	<p><b>Wiederholung: 4.1 Punkte und Vektoren im Raum</b></p> <p>4.1.1 Lage von Punkten im Raum beschreiben</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeichnen von Punkten und Körpern in Koordinatensystemen</li> <li>• Lage von Punkten im Koordinatensystem erkennen und beschreiben</li> <li>• Projektion und Spiegelung von Punkten</li> </ul> <p>4.1.2 Vektoren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verschiebungen</li> <li>• Vektoren und Pfeile</li> <li>• Längen von Vektoren berechnen</li> </ul> <p>4.1.3 Addition und Subtraktion von Vektoren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Summen und Differenzen von Vektoren berechnen und zeichnen</li> <li>• Dreiecksregel anwenden – Abstände zwischen zwei Punkten bestimmen</li> <li>• Bewegungen mit Vektoren bestimmen</li> <li>• Parallelogramme mit Vektoren beschreiben</li> <li>• Eigenschaften von Dreiecken untersuchen</li> </ul> <p>4.1.4 Vervielfachen von Vektoren</p>	<p>Lineare Bewegungen werden z. B. im Kontext von Flugbahnen (Kondensstreifen) durch Startpunkt, Zeitparameter und Geschwindigkeitsvektor beschrieben. Dabei sollten Modellierungsfragen (reale Geschwindigkeiten, Größe der Flugobjekte, Flugebenen) einbezogen werden.</p> <p>In jedem Fall soll der Unterschied zwischen einer Geraden als Punktmenge (hier die Flugbahn) und einer Parametrisierung dieser Punktmenge als Funktion (von der Parametermenge in den Raum) herausgearbeitet werden.</p> <p>Ergänzend zum dynamischen Zugang wird die rein geometrische Frage aufgeworfen, wie eine Gerade durch zwei Punkte zu beschreiben ist. Hierbei wird herausgearbeitet, dass zwischen unterschiedlichen Parametrisierungen einer Geraden gewechselt werden kann.</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (Mathematisieren)</li> <li>• beurteilen die Angemessenheit aufgestellter (ggf. konkurrierender) Modelle für die Fragestellung (Validieren)</li> <li>• verbessern aufgestellte Modelle mit Blick auf die Fragestellung (<i>Validieren</i>)</li> </ul> <p><b>Werkzeuge nutzen</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nutzen Geodreiecke, geometrische Modelle und Dynamische-Geometrie-Software (Vektoris)</li> <li>• verwenden verschiedene digitale Werkzeuge zum       <ul style="list-style-type: none"> <li>... grafischen Darstellen von Ortsvektoren, Vektorsummen und Geraden</li> <li>... Darstellen von Objekten im Raum</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mit Vektoren rechnen</li> <li>• Vektoren in Figuren bestimmen</li> <li>• Mittelpunkt einer Strecke berechnen</li> </ul> <p><b>4.2 Geraden im Raum</b></p> <p>4.2.1. Parameterdarstellung einer Geraden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Parameterdarstellungen einer Geraden bestimmen</li> <li>• Beschreibung von <b>Strecken</b> – Punktprobe</li> </ul> <p>4.2.2 Lagebeziehungen zwischen Geraden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lagebeziehungen von Geraden zueinander untersuchen</li> <li>• Geraden mit vorgegebenen Lagen zueinander bestimmen</li> <li>• Geraden in geometrischen Figuren</li> <li>• Geraden in Anwendungen</li> </ul>	<p><b>Durch Einschränkung des Definitionsbereichs werden Strahlen und Strecken einbezogen.</b> Punktproben sowie die Berechnung von <b>Schnittpunkten mit den Grundebenen</b> erlauben die Darstellung in räumlichen Koordinatensystemen. Solche Darstellungen sollten geübt werden.</p> <p>Auf dieser Grundlage können z. B. Schattenwürfe von Gebäuden in Parallel- und Zentralprojektion auf eine der Grundebenen berechnet und zeichnerisch dargestellt werden. Der Einsatz der DGS bietet die zusätzliche Möglichkeit, dass der Ort der Strahlenquelle variiert werden kann. Inhaltlich schließt die Behandlung von Schrägbildern an das Thema E-G1 an.</p>
---	---	--

<b>Thema: Die Welt vermessen – das Skalarprodukt und seine ersten Anwendungen (Q-LK-G2)</b>		
<b>Zu entwickelnde Kompetenzen</b>	<b>Inhalte</b>	<b>Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen</b>
<p><b>Kompetenzen:</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• deuten das Skalarprodukt geometrisch und berechnen es</li> <li>• untersuchen mit Hilfe des Skalarprodukts geometrische Objekte und Situationen im Raum (Orthogonalität, Winkel- und Längenberechnung)</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen:</b> <b>Problemlösen</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erkennen und formulieren einfache und komplexe mathematische Probleme (Erkunden)</li> <li>• analysieren und strukturieren die Problemsituation (Erkunden)</li> <li>• entwickeln Ideen für mögliche Lösungswege (Lösen)</li> <li>• vergleichen verschiedene Lösungswege bezüglich Unterschieden und Gemeinsamkeiten (Reflektieren)</li> </ul>	<p><b>4.3 Winkel im Raum</b></p> <p>4.3.1 Orthogonalität zweier Vektoren – Skalarprodukt</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Orthogonalitätsprüfungen</li> <li>• Orthogonale Vektoren finden</li> <li>• Argumentieren mit dem Skalarprodukt</li> </ul> <p>4.3.2 Winkel zwischen Vektoren und Geraden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Winkel zwischen zwei Vektoren</li> <li>• Untersuchungen an geometrischen Figuren</li> <li>• Winkel zwischen zwei Geraden im Raum</li> </ul>	<p>Das Skalarprodukt wird zunächst als Indikator für Orthogonalität aus einer Anwendung des Satzes von Pythagoras entwickelt. Durch eine Zerlegung in parallele und orthogonale Komponenten wird der geometrische Aspekt der Projektion betont.</p> <p>Dies wird zur Einführung des Winkels über den Kosinus genutzt.</p> <p>Eine weitere Bedeutung des Skalarproduktes kann mit den gleichen Überlegungen am Beispiel der physikalischen Arbeit erschlossen werden.</p> <p>Anknüpfend an das Thema E-G2 werden Eigenschaften von Dreiecken und Vierecken auch mithilfe des Skalarproduktes untersucht. Dabei bieten sich vorrangig Problemlöseaufgaben (z. B. Nachweis von Viereckstypen) an.</p>

**Thema: Ebenen als Lösungsmengen von linearen Gleichungen und ihre Beschreibung durch Parameter (Q-LK-G3)**

Zu entwickelnde Kompetenzen	Inhalte	Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>stellen lineare Gleichungssysteme in Matrix-Vektor-Schreibweise dar stellen Ebenen in Koordinaten- und in Parameterform dar</li> <li>deuten das Skalarprodukt geometrisch und berechnen es</li> <li>stellen Ebenen in Normalenform dar und nutzen diese zur Orientierung im Raum</li> <li>bestimmen Abstände zwischen Punkten, Geraden und Ebenen</li> </ul> <p><b>ggf.:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>stellen lineare Gleichungssysteme in Matrix-Vektor-Schreibweise dar</li> <li>beschreiben den Gauß-Algorithmus als Lösungsverfahren für lineare Gleichungssysteme</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen:</b>  <b>Argumentieren</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>stellen Zusammenhänge zwischen Begriffen her (Ober-/Unterbegriff) (Begründen)</li> </ul>	<p><b>4.4 Ebenen im Raum</b></p> <p>4.4.1 Parameterdarstellung einer Ebene</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Punkte einer Ebene bestimmen – Punktprobe</li> <li>Parameterdarstellung einer Ebene aus drei Punkten bestimmen</li> <li>Parameterdarstellung von Ebenen durch Geraden und Punkte bestimmen</li> <li>Parameterdarstellungen von Ebenen in Figuren bestimmen</li> <li>Ebenen mit besonderer Lage im Koordinatensystem</li> <li>Geraden, die in Ebenen liegen</li> </ul> <p>4.4.2 Lagebeziehungen zwischen Gerade und Ebene</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gemeinsame Punkte von Geraden mit Ebenen bestimmen</li> <li>Geraden und Ebenen mit zueinander vorgegebene Lage bestimmen</li> <li>Geraden und Ebenen in geometrischen Figuren</li> </ul> <p><b>4.5 Normalenvektor einer Ebene</b></p> <p>4.5.1 Normalenform und Koordinatenform einer Ebene</p> <p>4.5.2 Lagebeziehungen mithilfe eines Normalenvektors untersuchen (Selbst lernen)</p>	<p>Im Sinne verstärkt wissenschaftspropädeutischen Arbeitens wird folgender anspruchsvoller, an QLK- G2 anknüpfender Weg vorgeschlagen:</p> <p>Betrachtet wird die Gleichung:  <math>\vec{u} \cdot (\vec{x} - \vec{a}) = 0</math>. Durch systematisches Probieren oder Betrachten von Spezialfällen (<math>\vec{a} = 0</math>) wird die Lösungsmenge geometrisch als Ebene gedeutet.</p> <p>Die unterschiedlichen Darstellungsformen dieser Ebenengleichung und ihre jeweilige geometrische Deutung (Koordinatenform, Achsenabschnittsform, Hesse-Normalenform als Sonderformen der Normalenform) werden gegenübergestellt, verglichen und in Beziehung gesetzt. Zur Veranschaulichung der Lage von Ebenen wird eine räumliche Geometriesoftware verwendet.</p> <p>Als weitere Darstellungsform wird nun die Parameterform der Ebenengleichung entwickelt. Als Einstiegskontext dient eine Dachkonstruktion mit Sparren und Querlatten. Diese bildet ein schiefwinkliges Koordinatensystem in der Ebene. Damit wird die Idee der Koordinatisierung aus dem Thema E-G2 wieder aufgegriffen. Durch Einschränkung des Definitionsbereichs werden Parallelogramme und Dreiecke beschrieben. So können auch anspruchsvollere Modellierungsaufgaben gestellt werden.</p> <p>Ein Wechsel zwischen Koordinatenform und Parameterform der Ebene ist über die drei Achsenabschnitte möglich. Alternativ wird ein</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• nutzen mathematische Regeln bzw. Sätze und sachlogische Argumente für Begründungen (Begründen)</li> <li>• überprüfen, inwiefern Ergebnisse, Begriffe und Regeln verallgemeinert werden können (Beurteilen)</li> </ul> <p><b>Kommunizieren</b> Die <i>Schülerinnen</i> und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern mathematische Begriffe in theoretischen und in Sachzusammenhängen (Rezipieren)</li> <li>• formulieren eigene Überlegungen und beschreiben eigene Lösungswege (Produzieren)</li> <li>• wechseln flexibel zwischen mathematischen Darstellungsformen (<i>Produzieren</i>)</li> </ul>	<p><b>4.6 Winkel zwischen Geraden und Ebenen</b></p> <p>4.6.1 Winkel zwischen einer Geraden und einer Ebene 4.6.2 Winkel zwischen zwei Ebenen</p> <p><b>4.7 Abstandsberechnungen</b></p> <p>4.7.1 Abstand eines Punktes von einer Ebene und von einer Geraden 4.7.2 Die HESSE'sche Normalenform 4.7.3 Abstand zueinander windschiefer Geraden</p> <p>Ggf.: Wiederholung</p> <p><b>1.3 Lösen linearer Gleichungssysteme – GAUSS - Algorithmus</b></p>	<p>Normalenvektor mit Hilfe eines Gleichungssystems bestimmt.</p> <p>In Anwendungskontexten (z.B. Vorbeiflug eines Flugzeugs an einem Hindernis unter Einhaltung eines Sicherheitsabstandes) wird entdeckt, wie der Abstand eines Punktes von einer Geraden u. a. über die Bestimmung eines Lotfußpunktes ermittelt werden kann. Hierbei werden unterschiedliche Lösungswege zugelassen und verglichen. Eine Vernetzung mit Verfahren der Analysis zur Abstandsminimierung bietet sich an.</p>
--	--	--

<b>Thema: Von stochastischen Modellen, Zufallsgrößen, Wahrscheinlichkeitsverteilungen und ihren Kenngrößen (Q-LK-S1)</b>		
<b>Zu entwickelnde Kompetenzen</b>	<b>Inhalte</b>	<b>Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen</b>
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• untersuchen Lage- und Streumaße von Stichproben</li> <li>• erläutern den Begriff der Zufallsgröße an geeigneten Beispielen</li> <li>• bestimmen den Erwartungswert <math>\mu</math> und die Standardabweichung <math>\sigma</math> von Zufallsgrößen und treffen damit prognostische Aussagen</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen:</b> <b>Modellieren</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• treffen Annahmen und nehmen begründet Vereinfachungen einer realen Situation vor (Strukturieren)</li> <li>• erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (Mathematisieren)</li> <li>• beziehen die erarbeitete Lösung wieder auf die Sachsituation (<i>Validieren</i>)</li> </ul>	<p><b>5.1 Lage- und Streumaße von Stichproben</b></p> <p>5.1.1 Häufigkeitsverteilungen – Mittelwert einer Häufigkeitsverteilung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Häufigkeitsverteilungen – Mittelwert einer Häufigkeitsverteilung</li> <li>• Arithmetisches Mittel einer Häufigkeitsverteilung mit zusammengefassten Daten</li> </ul> <p>5.1.2 Streuung um den Mittelwert einer Stichprobe – die empirische Standardabweichung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Berechnung der empirischen Standardabweichung von Häufigkeitsverteilungen</li> </ul> <p><b>5.3 Wahrscheinlichkeitsverteilungen</b></p> <p>5.2.1 Zufallsgröße – Erwartungswert einer Zufallsgröße</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestimmen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen durch Abzählen der zugehörigen Ergebnisse</li> <li>• Bestimmen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen mithilfe von Baumdiagrammen</li> <li>• Berechnen des Erwartungswerts für eine gegebene Wahrscheinlichkeitsverteilung</li> </ul>	<p>Anhand verschiedener Glücksspiele wird zunächst der Begriff der Zufallsgröße und der zugehörigen Wahrscheinlichkeitsverteilung (als Zuordnung von Wahrscheinlichkeiten zu den möglichen Werten, die die Zufallsgröße annimmt) zur Beschreibung von Zufallsexperimenten eingeführt.</p> <p>Analog zur Betrachtung des Mittelwertes bei empirischen Häufigkeitsverteilungen wird der Erwartungswert einer Zufallsgröße definiert. Das Grundverständnis von Streumaßen wird durch Rückgriff auf die Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler mit Boxplots reaktiviert. Über eingängige Beispiele von Verteilungen mit gleichem Mittelwert, aber unterschiedlicher Streuung, wird die Definition der Standardabweichung als mittlere quadratische Abweichung im Zusammenhang mit Wahrscheinlichkeitsverteilungen motiviert; über gezielte Veränderungen der Verteilung wird ein Gefühl für die Auswirkung auf deren Kenngrößen entwickelt.</p> <p>Anschließend werden diese Größen zum Vergleich von Wahrscheinlichkeitsverteilungen und zu einfachen Risikoabschätzungen genutzt.</p>

<b>Thema: Treffer oder nicht? – Bernoulli-Experimente und Binomialverteilungen (Q-LK-S2)</b>		
<b>Zu entwickelnde Kompetenzen</b>	<b>Inhalte</b>	<b>Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen</b>
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b></p> <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verwenden Bernoulliketten zur Beschreibung entsprechender Zufallsexperimente</li> <li>• erklären die Binomialverteilung einschließlich der kombinatorischen Bedeutung der Binomialkoeffizienten und berechnen damit Wahrscheinlichkeiten</li> <li>• nutzen Binomialverteilungen und ihre Kenngrößen zur Lösung von Problemstellungen</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen:</b></p> <p><b>Modellieren</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• treffen Annahmen und nehmen begründet Vereinfachungen einer realen Situation vor (Strukturieren)</li> <li>• erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (Mathematisieren)</li> <li>• beziehen die erarbeitete Lösung wieder auf die Sachsituation (<i>Validieren</i>)</li> </ul>	<p>5.2.2 Anwendung von Zählstrategien zur Bestimmung der Anzahl der Möglichkeiten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zählprinzip, Urnenmodelle, Fakultätschreibweise)</li> </ul> <p>5.2.3 Anwendung von Zählstrategien beim Ziehen mit einem Griff</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Berechnen von Binomialkoeffizienten, PASCAL'sches Dreieck, das PASCAL'sche Dreieck und Binomische Formeln,</li> <li>• Bestimmen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen mithilfe von Binomialkoeffizienten</li> </ul> <p><b>5.3 Binomialverteilung</b></p> <p>5.3.1 BERNOULLI-Ketten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Überprüfen, ob eine BERNOULLI-Kette vorliegt</li> <li>• Erste Wahrscheinlichkeitsberechnungen bei BERNOULLI-Ketten)</li> </ul> <p>5.3.2 Berechnen von Wahrscheinlichkeiten – BERNOULLI-Formel</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwenden der BERNOULLI-Formel zur Berechnung von Wahrscheinlichkeiten</li> <li>• Anwenden der BERNOULLI-Formel zur Berechnung von zu erwartenden Werten Modellieren von Ziehvorgängen ohne Zurücklegen mithilfe eines Binomialansatzes Eigenschaften von Binomialverteilungen</li> </ul>	<p>Der Schwerpunkt bei der Betrachtung von Binomialverteilungen soll auf der Modellierung stochastischer Situationen liegen. Dabei werden zunächst Bernoulliketten in realen Kontexten oder in Spielsituationen betrachtet.</p> <p>Durch Vergleich mit dem „Ziehen ohne Zurücklegen“ wird geklärt, dass die Anwendung des Modells ‚Bernoullikette‘ eine bestimmte Realsituation voraussetzt, d. h. dass die Treffer von Stufe zu Stufe unabhängig voneinander mit konstanter Wahrscheinlichkeit erfolgen.</p> <p>Zur formalen Herleitung der Binomialverteilung und der Binomialkoeffizienten bieten sich das Galtonbrett bzw. seine Simulation und die Betrachtung von Multiple-Choice-Tests an.</p> <p>Die anschließende Vertiefung erfolgt in unterschiedlichen Sachkontexten, deren Bearbeitung auf vielfältigen Zeitungsartikeln basieren kann. Auch Beispiele der Modellumkehrung</p>

<p><b>Werkzeuge nutzen</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nutzen grafikfähige Taschenrechner und Tabellenkalkulationen [...] verwenden verschiedene digitale Werkzeuge zum       <ul style="list-style-type: none"> <li>... Generieren von Zufallszahlen</li> <li>... Berechnen von Wahrscheinlichkeiten bei binomialverteilten Zufallsgrößen</li> <li>... Erstellen der Histogramme von Binomialverteilungen</li> </ul> </li> </ul>	<p>5.3.3 Kumulierte Binomialverteilung – ein Auslastungsmodell</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modellieren der Auslastung von Maschinen, Simulation einer Auslastung)</li> </ul> <p>5.3.4 Berechnen von Intervall-Wahrscheinlichkeiten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestimmen von Intervall-Wahrscheinlichkeiten</li> <li>• Modellierung von Vorgängen mithilfe eines Binomialansatzes</li> <li>• Bestimmen von Intervallen mit vorgegebenen Wahrscheinlichkeiten</li> </ul> <p>5.3.5 Wahrscheinlichkeit für mindestens einen Erfolg bei einem n-stufigen BERNOULLI-Experiment</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Notwendiger Stichprobenumfang für mindestens einen Erfolg</li> </ul>	<p>werden betrachtet („Von der Verteilung zur Realsituation“).</p> <p><i>Hinweis: Der Einsatz des GTR zur Berechnung singulärer sowie kumulierter Wahrscheinlichkeiten ermöglicht den Verzicht auf stochastische Tabellen und eröffnet aus der numerischen Perspektive den Einsatz von Aufgaben in realitätsnahen Kontexten.</i></p>
---	---	--

**Thema: Untersuchung charakteristischer Größen von Binomialverteilungen (Q-LK-S3)**

Zu entwickelnde Kompetenzen	Inhalte	Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben den Einfluss der Parameter <math>n</math> und <math>p</math> auf Binomialverteilungen und ihre graphische Darstellung</li> <li>• bestimmen den Erwartungswert <math>\mu</math> und die Standardabweichung <math>\sigma</math> von (binomialverteilten) Zufallsgrößen und treffen damit prognostische Aussagen</li> <li>• nutzen die <math>\sigma</math>-Regeln für prognostische Aussagen</li> <li>• nutzen Binomialverteilungen und ihre Kenngrößen zur Lösung von Problemstellungen</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen:</b> <b>Problemlösen</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• analysieren und strukturieren die Problemsituation (Erkunden)</li> <li>• wählen heuristische Hilfsmittel (z. B. Skizze, informative Figur, Tabelle, experimentelle Verfahren) aus, um die Situation zu erfassen (Erkunden)</li> <li>• erkennen Muster und Beziehungen (<i>Erkunden</i>)</li> </ul>	<p><b>6.1 Erwartungswert und Standardabweichung von Binomialverteilungen</b></p> <p>6.1.1 Erwartungswert einer Binomialverteilung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erwartungswert einer Binomialverteilung</li> <li>• Maximum einer Binomialverteilung</li> <li>• Eigenschaften von Umgebungen um den Erwartungswert einer Binomialverteilung</li> <li>• Allgemeine Untersuchungen zum Erwartungswert und zum Maximum einer Binomialverteilung</li> </ul> <p>6.1.2 Standardabweichung von binomialverteilten Zufallsgrößen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entdecken einer Formel für die mittlere quadratische Abweichung einer Binomialverteilung</li> <li>• Überprüfen der Berechnungsformel für die Standardabweichung</li> <li>• Vergleich von Binomialverteilungen mit gleichem Erwartungswert</li> <li>• Binomialverteilungen mit gleicher Standardabweichung</li> <li>• Binomialverteilung mit maximaler Streuung</li> <li>• Bestimmen einer Binomialverteilung zu gegebenen Werten von Erwartungswert und Standardabweichung)</li> </ul>	<p>Eine Visualisierung der Verteilung sowie des Einflusses von Stichprobenumfang <math>n</math> und Trefferwahrscheinlichkeit <math>p</math> erfolgt durch die graphische Darstellung der Verteilung als Histogramm unter Nutzung des GTR.</p> <p>Während sich die Berechnung des Erwartungswertes erschließt, kann die Formel für die Standardabweichung induktiv entdeckt werden: In einer Tabellenkalkulation wird bei festem <math>n</math> und <math>p</math> für jedes <math>k</math> die quadratische Abweichung vom Erwartungswert mit der zugehörigen Wahrscheinlichkeit multipliziert. Die Varianz als Summe dieser Werte wird zusammen mit dem Erwartungswert in einer weiteren Tabelle notiert. Durch systematisches Variieren von <math>n</math> und <math>p</math> entdecken die Lernenden die funktionale Abhängigkeit der Varianz von diesen Parametern und die Formel</p> $\sigma = \sqrt{n \cdot p \cdot (1 - p)}$ <p>Das Konzept der <math>\sigma</math>-Umgebungen wird durch experimentelle Daten abgeleitet. Es wird benutzt, um Prognoseintervalle anzugeben, den notwendigen Stichprobenumfang für eine vorgegebene Genauigkeit zu bestimmen und um das – Gesetz der großen Zahlen zu präzisieren.</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• entwickeln Ideen für mögliche Lösungswege (Lösen)</li> <li>• nutzen heuristische Strategien und Prinzipien (z.B. Invarianten finden, Zurückführen auf Bekanntes, Zerlegen in Teilprobleme, Verallgemeinern) (Lösen)</li> <li>• interpretieren Ergebnisse auf dem Hintergrund der Fragestellung (<i>Reflektieren</i>)</li> </ul> <p><b>Werkzeuge nutzen</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nutzen grafikfähige Taschenrechner und Tabellenkalkulationen [...]</li> <li>• verwenden verschiedene digitale Werkzeuge zum       <ul style="list-style-type: none"> <li>... Variieren der Parameter von Binomialverteilungen</li> <li>... Erstellen der Histogramme von Binomialverteilungen</li> <li>... Berechnen der Kennzahlen von Binomialverteilungen (Erwartungswert, Standardabweichung)</li> <li>... Berechnen von Wahrscheinlichkeiten bei binomialverteilten Zufallsgrößen</li> </ul> </li> </ul>	<p>6.1.3 Umgebungen um den Erwartungswert einer Binomialverteilung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\sigma</math>-Regeln</li> <li>• Sigma-Regeln überprüfen</li> <li>• Boxplots und Sigma-Umgebungen</li> </ul> <p>6.1.4 Bestimmen eines genügend großen Stichprobenumfangs</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sigma-Regeln für relative Häufigkeiten, 95 %- Trichter</li> </ul>	
--	--	--

<b>Thema: Ist die Glocke normal? (Q-LK-S4)</b>		
<b>Zu entwickelnde Kompetenzen</b>	<b>Inhalte</b>	<b>Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen</b>
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• unterscheiden diskrete und stetige Zufallsgrößen und deuten die Verteilungsfunktion als Integralfunktion</li> <li>• untersuchen stochastische Situationen, die zu annähernd normalverteilten Zufallsgrößen führen</li> <li>• beschreiben den Einfluss der Parameter <math>\mu</math> und <math>\sigma</math> auf die Normalverteilung und die graphische Darstellung ihrer Dichtefunktion (Gaußsche Glockenkurve)</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen:</b> <b>Modellieren</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erfassen und strukturieren [...] komplexe Sachsituationen mit Blick auf eine konkrete Fragestellung (Strukturieren)</li> <li>• übersetzen [...] komplexe Sachsituationen in mathematische Modelle (Mathematisieren)</li> <li>• erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (Mathematisieren)</li> <li>• beurteilen die Angemessenheit aufgestellter (ggf. konkurrierender) Modelle für die Fragestellung (Validieren)</li> <li>• reflektieren die Abhängigkeit einer Lösung von den getroffenen Annahmen (<i>Validieren</i>)</li> </ul>	<p><b>6.2 Normalverteilung</b></p> <p>6.2.1 Approximation von Binomialverteilungen durch Normalverteilungen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenschaften der GAUSS'schen Dichtefunktion</li> <li>• Approximation der Binomialverteilung durch eine Normalverteilung</li> <li>• Spezialfälle der Näherungsformeln von MOIVRE und LAPLACE</li> <li>• Anwenden der Näherungsformeln)</li> </ul> <p>6.2.2 Wahrscheinlichkeiten bei normalverteilten Zufallsgrößen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wahrscheinlichkeiten bei gegebenen Werten von <math>\mu</math> und <math>\sigma</math> bestimmen</li> </ul> <p>6.2.3 Bestimmen der Parameter bei normalverteilten Zufallsgrößen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schätzwerte für <math>\mu</math> und <math>\sigma</math> ermitteln und damit Wahrscheinlichkeiten bestimmen</li> <li>• Die Parameter <math>\mu</math> und <math>\sigma</math> aus Wahrscheinlichkeitsaussagen erschließen</li> </ul>	<p>Normalverteilungen sind in der Stochastik bedeutsam, weil sich die Summenverteilung von genügend vielen unabhängigen Zufallsvariablen häufig durch eine Normalverteilung approximieren lässt.</p> <p>Mit einer Tabellenkalkulation werden die Augensummen von zwei, drei, vier... Würfeln simuliert, wobei in der grafischen Darstellung die Glockenform zunehmend deutlicher wird.</p> <p>Ergebnisse von Schulleistungstests oder Intelligenztests werden erst vergleichbar, wenn man sie hinsichtlich Mittelwert und Streuung normiert, was ein Anlass dafür ist, mit den Parametern <math>\mu</math> und <math>\sigma</math> zu experimentieren. Auch Untersuchungen zu Mess- und Schätzfehlern bieten einen anschaulichen, ggf. handlungsorientierten Zugang.</p> <p>Da auf dem GTR die Normalverteilung einprogrammiert ist, spielt die Approximation der Binomialverteilung durch die Normalverteilung (Satz von de Moivre-Laplace) für die Anwendungsbeispiele im Unterricht eine untergeordnete Rolle.</p> <p>Dennoch sollte bei genügender Zeit deren Herleitung als Vertiefung der Integralrechnung im Leistungskurs thematisiert werden, da der Übergang von der diskreten zur stetigen Verteilung in Analogie zur Approximation von Flächen durch Produktsummen nachvollzogen</p>

<p><b>Problemlösen</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erkennen Muster und Beziehungen (Erkunden)</li> <li>• entwickeln Ideen für mögliche Lösungswege (Lösen)</li> <li>• wählen Werkzeuge aus, die den Lösungsweg unterstützen (<i>Lösen</i>)</li> </ul> <p><b>Werkzeuge nutzen</b>  <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verwenden verschiedene digitale Werkzeuge zum ...  Generieren von Zufallszahlen  ... Variieren der Parameter von Wahrscheinlichkeitsverteilungen  ... Erstellen der Histogramme von Binomialverteilungen  ... Berechnen von Wahrscheinlichkeiten bei normalverteilten Zufallsgrößen</li> <li>• nutzen digitale Hilfsmittel und digitale Werkzeuge zum Erkunden und Recherchieren, Berechnen und Darstellen</li> <li>• entscheiden situationsangemessen über den Einsatz mathematischer Hilfsmittel und digitaler Werkzeuge, wählen sie gezielt aus und nutzen sie zum Erkunden ..., Berechnen und Darstellen</li> </ul>		<p>werden kann (vgl. QLK-A3). Die Visualisierung erfolgt mithilfe des GTR.</p> <p>Theoretisch ist von Interesse, dass es sich bei der Gaußschen Glockenkurve um den Graphen einer Randfunktion handelt, zu deren Stammfunktion (Gaußsche Integralfunktion) kein Term angegeben werden kann.</p>
--	--	---

<b>Thema: Ist die Glocke normal? (Q-LK-S4)</b>		
<b>Zu entwickelnde Kompetenzen</b>	<b>Inhalte</b>	<b>Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen</b>
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>interpretieren Hypothesentests bezogen auf den Sachkontext und das Erkenntnisinteresse</li> <li>beschreiben und beurteilen Fehler 1. und 2. Art</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen:</b> <b>Modellieren</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>erfassen und strukturieren zunehmend komplexe Sachsituationen mit Blick auf eine konkrete Fragestellung (Strukturieren)</li> <li>übersetzen zunehmend komplexe Sachsituationen in mathematische Modelle (Mathematisieren)</li> <li>erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (Mathematisieren)</li> <li>beziehen die erarbeitete Lösung wieder auf die Sachsituation (<i>Validieren</i>)</li> </ul> <p><b>Kommunizieren</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>erfassen, strukturieren und formalisieren Informationen aus zunehmend komplexen mathemathhaltigen Texten und Darstellungen, aus mathematischen Fachtexten sowie aus Unterrichtsbeiträgen (<i>Rezipieren</i>)</li> <li>formulieren eigene Überlegungen und beschreiben eigene Lösungswege (Produzieren)</li> <li>führen Entscheidungen auf der Grundlage fachbezogener Diskussionen herbei (Diskutieren)</li> </ul>	<p><b>6.3 Beurteilende Statistik – Hypothesentests</b></p> <p>6.3.1 Prognose über zu erwartende Häufigkeiten – Schluss von der Gesamtheit auf die Stichprobe</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Prognosen für zu erwartende absolute Häufigkeiten</li> <li>Signifikante Abweichungen</li> <li>Prognose über zu erwartende relative Häufigkeiten</li> <li>Ausnutzen der Symmetrie der Binomialverteilung</li> </ul> <p>6.3.2 Testen von zweiseitigen Hypothesen – Fehler 1. und 2. Art</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Annahme- und Verwerfungsbereich bestimmen</li> <li>Entscheidungsregeln aufstellen</li> <li>Fehler 1. und 2. Art in Alltagssituationen beschreiben</li> <li>Über die Gültigkeit von zweiseitigen Hypothesen entscheiden</li> <li>Wahrscheinlichkeit für einen Fehler 2. Art bestimmen</li> </ul> <p>6.3.3 Auswahl der Hypothese – Testen von einseitigen Hypothesen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Einseitiger Hypothesentest bei vorgegebener Hypothese</li> <li>Einseitig oder zweiseitig testen</li> <li>Verschiedene Standpunkte – verschiedene einseitige Hypothesentests</li> </ul>	<p>Zentral ist das Verständnis der Idee des Hypothesentests, d.h. mit Hilfe eines mathematischen Instrumentariums einzuschätzen, ob Beobachtungen auf den Zufall zurückzuführen sind oder nicht. Ziel ist es, die Wahrscheinlichkeit von Fehlentscheidungen möglichst klein zu halten.</p> <p>Die Logik des Tests soll dabei an datengestützten gesellschaftlich relevanten Fragestellungen, z. B. Häufungen von Krankheitsfällen in bestimmten Regionen oder alltäglichen empirischen Phänomenen (z. B. Umfrageergebnisse aus dem Lokalteil der Zeitung) entwickelt werden, sie wird abschließend in einem ‚Testturm‘ visualisiert.</p> <p>Im Rahmen eines realitätsnahen Kontextes werden folgende Fragen diskutiert:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Welche Hypothesen werden aufgestellt? Wer formuliert diese mit welcher Interessenlage?</li> <li>Welche Fehlentscheidungen treten beim Testen auf? Welche Konsequenzen haben sie?</li> </ul> <p>Durch Untersuchung und Variation gegebener Entscheidungsregeln werden die Bedeutung des Signifikanzniveaus und der Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Fehlentscheidungen 1. und 2. Art zur Beurteilung des Testverfahrens erarbeitet.</p>

<b>Thema: Von Übergängen und Prozessen (Q-LK-S6)</b>		
<b>Zu entwickelnde Kompetenzen</b>	<b>Inhalte</b>	<b>Vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen</b>
<p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben stochastische Prozesse mithilfe von Zustandsvektoren und stochastischen Übergangsmatrizen</li> <li>• verwenden die Matrizenmultiplikation zur Untersuchung stochastischer Prozesse (Vorhersage nachfolgender Zustände, numerisches Bestimmen sich stabilisierender Zustände)</li> </ul> <p><b>Prozessbezogene Kompetenzen:</b> <b>Modellieren</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erfassen und strukturieren zunehmend komplexe Sachsituationen mit Blick auf eine konkrete Fragestellung (Strukturieren)</li> <li>• erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (Mathematisieren)</li> </ul> <p><b>Argumentieren</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• präzisieren Vermutungen mithilfe von Fachbegriffen und unter Berücksichtigung der logischen Struktur (Vermuten)</li> <li>• überprüfen, inwiefern Ergebnisse, Begriffe und Regeln verallgemeinert werden können (<i>Beurteilen</i>)</li> </ul>	<p><b>6.4 Stochastische Prozesse mithilfe von Matrizen beschreiben</b></p> <p>6.4.1 Bestimmung von Zuständen mithilfe von Übergangsmatrizen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Übergangsdigramme und Übergangsmatrizen</li> <li>• Berechnen eines veränderten Zustandsvektors</li> </ul> <p>6.4.2 Untersuchung stochastischer Prozesse mithilfe der Matrizenmultiplikation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestimmung zukünftiger Zustände</li> <li>• Bestimmung zurückliegender Zustände</li> </ul> <p>6.4.3 Stabilisieren von Zuständen – stationäre Zustände</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stationäre Verteilung – Fixvektor</li> </ul>	<p><i>Die Behandlung stochastischer Prozesse sollte genutzt werden, um zentrale Begriffe aus Stochastik (Wahrscheinlichkeit, relative Häufigkeit) und Analysis (Grenzwert) mit Begriffen und Methoden der Linearen Algebra (Vektor, Matrix, lineare Gleichungssysteme) zu vernetzen. Schülerinnen und Schüler modellieren dabei in der Realität komplexe Prozesse, deren langfristige zeitliche Entwicklung untersucht und als Grundlage für Entscheidungen und Maßnahmen genutzt werden kann.</i></p> <p>Der Auftrag an Schülerinnen und Schüler, einen stochastischen Prozess graphisch darzustellen, führt in der Regel zur Erstellung eines Baumdiagramms, dessen erste Stufe den Ausgangszustand beschreibt.</p> <p>Untersuchungen in unterschiedlichen realen Kontexten führen zur Entwicklung von Begriffen zur Beschreibung von Eigenschaften stochastischer Prozesse (Potenzen der Übergangsmatrix, Grenzmatrix, stabile Verteilung, absorbierender Zustand). Hier bietet sich eine Vernetzung mit der Linearen Algebra hinsichtlich der Betrachtung linearer Gleichungssysteme und ihrer Lösungsmengen an.</p>

## **2.3. Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit**

### ***Überfachliche Grundsätze:***

- 1) Geeignete Problemstellungen zeichnen die Ziele des Unterrichts vor und bestimmen die Struktur der Lernprozesse.
- 2) Inhalt und Anforderungsniveau des Unterrichts entsprechen dem Leistungsvermögen der Schüler/innen.
- 3) Die Unterrichtsgestaltung ist auf die Ziele und Inhalte abgestimmt.
- 4) Medien und Arbeitsmittel sind schülernah gewählt.
- 5) Die Schüler/innen erreichen einen Lernzuwachs.
- 6) Der Unterricht fördert eine aktive Teilnahme der Schüler/innen.
- 7) Der Unterricht fördert die Zusammenarbeit zwischen den Schülern/innen und bietet ihnen Möglichkeiten zu eigenen Lösungen.
- 8) Der Unterricht berücksichtigt die individuellen Lernwege der einzelnen Schüler/innen.
- 9) Die Schüler/innen erhalten Gelegenheit zu selbstständiger Arbeit und werden dabei unterstützt.
- 10) Der Unterricht fördert strukturierte und funktionale Partner- bzw. Gruppenarbeit.
- 11) Der Unterricht fördert strukturierte und funktionale Arbeit im Plenum.
- 12) Die Lernumgebung ist vorbereitet; der Ordnungsrahmen wird eingehalten.
- 13) Die Lehr- und Lernzeit wird intensiv für Unterrichtszwecke genutzt.
- 14) Es herrscht ein positives pädagogisches Klima im Unterricht.
- 15) Wertschätzende Rückmeldungen prägen die Bewertungskultur und den Umgang mit Schülerinnen und Schülern.

### ***Fachliche Grundsätze:***

- 16) Im Unterricht werden fehlerhafte Schülerbeiträge produktiv im Sinne einer Förderung des Lernfortschritts der gesamten Lerngruppe aufgenommen.
- 17) Der Unterricht ermutigt die Lernenden dazu, auch fachlich unvollständige Gedanken zu äußern und zur Diskussion zu stellen.
- 18) Die Bereitschaft zu problemlösenden Arbeiten wird durch Ermutigungen und Tipps gefördert und unterstützt.

- 19) Die Einstiege in neue Themen erfolgen grundsätzlich mithilfe sinnstiftender Kontexte, die an das Vorwissen der Lernenden anknüpfen und deren Bearbeitung sie in die dahinter stehende Mathematik führt.
- 20) Es wird genügend Zeit eingeplant, in der sich die Lernenden neues Wissen aktiv konstruieren und in der sie angemessene Grundvorstellungen zu neuen Begriffen entwickeln können.
- 21) Durch regelmäßiges wiederholendes Üben werden grundlegende Fertigkeiten „wachgehalten“.
- 22) Im Unterricht werden an geeigneter Stelle differenzierende Aufgaben eingesetzt.
- 23) Die Lernenden werden zu regelmäßiger, sorgfältiger und vollständiger Dokumentation der von ihnen bearbeiteten Aufgaben angehalten.
- 24) Im Unterricht wird auf einen angemessenen Umgang mit fachsprachlichen Elementen geachtet.
- 25) Digitale Medien werden regelmäßig dort eingesetzt, wo sie dem Lernfortschritt dienen.

## **2.4. Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung**

Auf der Grundlage von § 48 SchulG, § 13 APO-GOST sowie Kapitel 3 des Kernlehrplans Mathematik hat die Fachkonferenz im Einklang mit dem entsprechenden schulbezogenen Konzept die nachfolgenden Grundsätze zur Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung beschlossen. Die nachfolgenden Absprachen stellen die Minimalanforderungen an das lerngruppenübergreifende gemeinsame Handeln der Fachgruppenmitglieder dar. Bezogen auf die einzelne Lerngruppe kommen ergänzend weitere der in den Folgeabschnitten genannten Instrumente der Leistungsüberprüfung zum Einsatz.

### **2.4.1. Verbindliche Absprachen:**

- Die Aufgaben für Klausuren in parallelen Grund- bzw. Leistungskursen werden im Vorfeld abgesprochen und nach Möglichkeit gemeinsam gestellt.
- Klausuren können nach entsprechender Wiederholung im Unterricht auch Aufgabenteile enthalten, die Kompetenzen aus weiter zurückliegenden Unterrichtsvorhaben oder übergreifende prozessbezogene Kompetenzen erfordern.
- Alle Klausuren in der E-Phase sowie in Grund- und Leistungskursen der Q-Phase enthalten einen „hilfsmittelfreien“ Teil im Umfang 20%.
- Alle Klausuren in der Q-Phase enthalten auch Aufgaben mit Anforderungen im Sinne des Anforderungsbereiches III im Umfang von maximal 15% (vgl. Kernlehrplan Kapitel 4).
- Für die Aufgabenstellung der Klausuraufgaben werden die Operatoren der Aufgaben des Zentralabiturs verwendet. Diese sind mit den Schülerinnen und Schülern zu besprechen.
- Die Korrektur und Bewertung der Klausuren erfolgt anhand eines kriterienorientierten Bewertungsbogens, den die Schülerinnen und Schüler als Rückmeldung erhalten.
- Schülerinnen und Schülern wird in allen Kursen Gelegenheit gegeben, mathematische Sachverhalte zusammenhängend (z. B. eine Hausaufgabe, einen fachlichen Zusammenhang, einen Überblick über Aspekte eines Inhaltsfeldes ...) selbstständig vorzutragen.
- Sofern schriftliche Übungen (20 Minuten als Kompetenzüberprüfung bezüglich des unmittelbar zurückliegenden Unterrichtsvorhabens) gestellt werden sollen, verständigen sich dazu die Fachlehrkräfte paralleler Kurse und verfahren in diesen gleichartig.

## 2.4.2. Überprüfung der schriftlichen Leistung

- **Einführungsphase:** Zwei Klausuren je Halbjahr, davon eine (in der Regel die vierte Klausur in der Einführungsphase) als landeseinheitlich zentral gestellte Klausur. Dauer der Klausuren: **zwei Unterrichtsstunden** (Zentrale Klausur abweichend: 100 Minuten). (Vgl. APO-GOST B § 14 (1) und VV 14.1.)
- **Grundkurse Q-Phase Q 1.1:** Zwei Klausuren je Halbjahr. Dauer der Klausuren: **zwei Unterrichtsstunden (90 Minuten)**. (Vgl. APO-GOST B § 14 (2) und VV 14.12)
- **Grundkurse Q-Phase Q 1.2** Zwei Klausuren je Halbjahr. Dauer der Klausuren: **drei Unterrichtsstunden (135 Minuten)**. (Vgl. APO-GOST B § 14 (2) und VV 14.12)
- **Grundkurse Q-Phase Q 2.1:** Zwei Klausuren je Halbjahr. Dauer der Klausuren: **vier Unterrichtsstunden (180 Minuten)**. (Vgl. APO-GOST B § 14 (2) und VV 14.12)
- **Grundkurse Q-Phase Q 2.2:** Eine Klausur unter Abiturbedingungen für Schülerinnen und Schüler, die Mathematik als drittes Abiturfach gewählt haben. Dauer der Klausur: **5 Unterrichtsstunden (225 Minuten)**. (Vgl. APO-GOST B § 14 (2) und VV 14.2.)
- **Leistungskurse Q-Phase Q 1.1:** Zwei Klausuren je Halbjahr. Dauer der Klausuren: **drei Unterrichtsstunden (135 Minuten)**. (Vgl. APO-GOST B § 14 (2) und VV 14.2.)
- **Leistungskurse Q-Phase Q 1.2:** Zwei Klausuren je Halbjahr. Dauer der Klausuren: **vier Unterrichtsstunden (180 Minuten)**. (Vgl. APO-GOST B § 14 (2) und VV 14.2.)
- **Leistungskurse Q-Phase Q 2.1:** Zwei Klausuren je Halbjahr. Dauer der Klausuren: **fünf Unterrichtsstunden (225 Minuten)**. (Vgl. APO-GOST B § 14 (2) und VV 14.2.)
- **Leistungskurse Q-Phase Q 2.2:** Eine Klausur unter Abiturbedingungen (die Fachkonferenz hat beschlossen, die letzte Klausur vor den Abiturklausuren unter Abiturbedingungen bzgl. Dauer und inhaltlicher Gestaltung zu stellen). Dauer der Klausur: **sechs Unterrichtsstunden (270 Min)**. (Vgl. APO-GOST B § 14 (2) und VV 14.2.)
- **Facharbeit:** Gemäß Beschluss der Lehrerkonferenz wird die erste Klausur der Q 1.2 für diejenigen Schülerinnen und Schüler, die eine Facharbeit im Fach Mathematik schreiben, durch diese ersetzt. (Vgl. APO-GOST B § 14 (3) und VV 14.3.)

### 2.4.3. Überprüfung der sonstigen Leistung

In die Bewertung der sonstigen Mitarbeit fließen folgende Aspekte ein, die den Schülerinnen und Schülern bekanntgegeben werden müssen:

- Beteiligung am Unterrichtsgespräch (Qualität und Kontinuität)
- Eingehen auf Beiträge und Argumentationen von Mitschülerinnen und -schülern, Unterstützung von Mitlernenden
- Umgang mit neuen Problemen, Beteiligung bei der Suche nach neuen Lösungswegen
- Selbstständiges Arbeiten
- Umgang mit Arbeitsaufträgen (Hausaufgaben, Unterrichtsaufgaben ...)
- Anstrengungsbereitschaft und Konzentration auf die Arbeit
- Beteiligung während kooperativer Arbeitsphasen
- Darstellungsleistung bei Referaten oder Plakaten und beim Vortrag von Lösungswegen
- Ergebnisse schriftlicher Übungen
- Anfertigen zusätzlicher Arbeiten, z. B. eigenständige Ausarbeitungen (auch im Rahmen binnendifferenzierender Maßnahmen)

#### *Distanzunterricht*

<b>analog</b>	<b>digital</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Beteiligung am Unterrichtsgespräch (Qualität und Kontinuität)</li> <li>✓ Eingehen auf Beiträge und Argumentationen von Mitschülerinnen und -schülern, Unterstützung von Mitlernenden</li> <li>✓ Umgang mit neuen Problemen, Beteiligung bei der Suche nach neuen Lösungswegen</li> <li>✓ Selbstständiges Arbeiten</li> <li>✓ Umgang mit Arbeitsaufträgen (Hausaufgaben, Unterrichtsaufgaben ...)</li> <li>✓ Anstrengungsbereitschaft und Konzentration auf die Arbeit</li> <li>✓ Beteiligung während kooperativer Arbeitsphasen</li> <li>✓ Darstellungsleistung bei Referaten oder Plakaten und beim Vortrag von Lösungswegen</li> <li>✓ Ergebnisse schriftlicher Übungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Beteiligung am Unterrichtsgespräch (Qualität und Kontinuität) im Rahmen einer Videokonferenz</li> <li>✓ Forum: gegenseitige Beurteilung/ Feedback zu Aufgaben</li> <li>✓ Erklärvideos erstellen</li> <li>✓ Umgang mit Arbeitsaufträgen (Hausaufgaben, Unterrichtsaufgaben ...)</li> <li>✓ Beteiligung während kooperativer Arbeitsphasen (Glossar erstellen, Padlet, Mindmap)</li> <li>✓ Darstellungsleistung bei Referaten oder Plakaten und beim Vortrag von Lösungswegen</li> <li>✓ Ergebnisse schriftlicher Übungen (online Test oder interaktives Video)</li> <li>✓ Anfertigen zusätzlicher Arbeiten, z. B. eigenständige Ausarbeitungen (auch</li> </ul>

✓ Anfertigen zusätzlicher Arbeiten, z. B. eigenständige Ausarbeitungen (auch im Rahmen binnendifferenzierender Maßnahmen)	im Rahmen binnendifferenzierender Maßnahmen)
---	--

### 2.4.3.1. Konkretisierte Kriterien:

#### *Kriterien für die Überprüfung der schriftlichen Leistung*

- Die Bewertung der schriftlichen Leistungen in Klausuren erfolgt über ein Raster mit Punkten, die im Erwartungshorizont den einzelnen Kriterien zugeordnet sind. Dabei sind in der Qualifikationsphase alle Anforderungsbereiche zu berücksichtigen, wobei der Anforderungsbereich II den Schwerpunkt bildet.
- Die Zuordnung der Punktsumme zu den Notenstufen orientiert sich in der Einführungsphase an der zentralen Klausur und in der Qualifikationsphase am Zuordnungsschema des Zentralabiturs. Die Note glatt ausreichend soll bei Erreichen von ca. 50% der Punkte erteilt werden. Von den genannten Zuordnungsschemata kann im Einzelfall begründet abgewichen werden, wenn sich z. B. besonders originelle Teillösungen nicht durch Punkte gemäß den Kriterien des Erwartungshorizontes abbilden lassen oder eine Abwertung wegen besonders schwacher Darstellung (APO-GOST §13 (2)) angemessen erscheint.

#### *Kriterien für die Überprüfung der sonstigen Leistungen*

Im Fach Mathematik ist in besonderem Maße darauf zu achten, dass die Schülerinnen und Schüler zu konstruktiven Beiträgen angeregt werden. Daher erfolgt die Bewertung der sonstigen Mitarbeit nicht defizitorientiert oder ausschließlich auf fachlich richtige Beiträge ausgerichtet. Vielmehr bezieht sie Fragehaltungen, begründete Vermutungen, sichtbare Bemühungen um Verständnis und Ansatzfragmente mit in die Bewertung ein.

Im Folgenden werden Kriterien für die Bewertung der sonstigen Leistungen jeweils für eine gute bzw. eine ausreichende Leistung dargestellt. Dabei ist bei der Bildung der Quartals-

und Abschlussnote jeweils die Gesamtentwicklung der Schülerin bzw. des Schülers zu berücksichtigen.

Leistungsaspekt	Anforderungen für eine	
	gute Leistung	ausreichende Leistung
	<i>Die Schülerin, der Schüler</i>	
Qualität der Unterrichtsbeiträge	nennt richtige Lösungen und begründet sie nachvollziehbar im Zusammenhang der Aufgabenstellung	nennt teilweise richtige Lösungen, in der Regel jedoch ohne nachvollziehbare Begründungen
	geht selbstständig auf andere Lösungen ein, findet Argumente und Begründungen für ihre/seine eigenen Beiträge	geht selten auf andere Lösungen ein, nennt Argumente, kann sie aber nicht begründen
	kann ihre/seine Ergebnisse auf unterschiedliche Art und mit unterschiedlichen Medien darstellen	kann ihre/seine Ergebnisse nur auf eine Art darstellen
Kontinuität/Quantität	beteiligt sich regelmäßig am Unterrichtsgespräch	nimmt eher selten am Unterrichtsgespräch teil
Selbstständigkeit	bringt sich von sich aus in den Unterricht ein	beteiligt sich gelegentlich eigenständig am Unterricht
	ist selbstständig ausdauernd bei der Sache und erledigt Aufgaben gründlich und zuverlässig	benötigt oft eine Aufforderung, um mit der Arbeit zu beginnen; arbeitet Rückstände nur teilweise auf
	strukturiert und erarbeitet neue Lerninhalte weitgehend selbstständig, stellt selbstständig Nachfragen	erarbeitet neue Lerninhalte mit umfangreicher Hilfestellung, fragt diese aber nur selten nach
	erarbeitet bereitgestellte Materialien selbstständig	erarbeitet bereitgestellte Materialien eher lückenhaft nicht kontinuierlich
Übungsaufgaben	erledigt sorgfältig und vollständig die Übungsaufgaben	erledigt die Übungsaufgaben weitgehend vollständig, aber teilweise oberflächlich
	trägt Übungsaufgaben mit nachvollziehbaren Erläuterungen vor	nennt die Ergebnisse, erläutert erst auf Nachfragen und oft unvollständig
Kooperation	bringt sich ergebnisorientiert in die Gruppen-/Partnerarbeit ein	bringt sich nur wenig in die Gruppen-/Partnerarbeit ein
	arbeitet kooperativ und respektiert die Beiträge Anderer	unterstützt die Gruppenarbeit nur wenig, stört aber nicht
Gebrauch der Fachsprache	wendet Fachbegriffe sachgemessen an und kann ihre Bedeutung erklären	versteht Fachbegriffe nicht immer, kann sie teilweise nicht sachgemessen anwenden
Werkzeuggebrauch	setzt Werkzeuge im Unterricht sicher bei der Bearbeitung von Aufgaben und zur Visualisierung von Ergebnissen ein	benötigt häufig Hilfe beim Einsatz von Werkzeugen zur Bearbeitung von Aufgaben
Präsentation/Referat	präsentiert vollständig, strukturiert und gut nachvollziehbar	präsentiert an mehreren Stellen eher oberflächlich, die Präsentation weist Verständnislücken auf
Anstrengungsbereitschaft (Distanz)	überwindet technische Schwierigkeiten, verbessert seine Leistung und sucht den Kontakt zu	überwindet technische Schwierigkeiten, hält den Kontakt zur Lehrperson oder

	Lehrperson oder Lerngruppe zwecks Problemlösung	Lerngruppe zwecks Problemlösung nach Aufforderung
Umgang mit der Rückmeldung	überarbeitet die Lösung auf der Basis der Rückmeldung der Lehrperson oder kontrolliert aktiv seine Lösung mit der Musterlösung	überarbeitet gelegentlich die Lösung auf der Basis der Rückmeldung der Lehrperson oder kontrolliert seine Lösung mit der Musterlösung
Schriftliche Übung	ca. 75% der erreichbaren Punkte	ca. 50% der erreichbaren Punkte

Schülerinnen und Schüler zeigen zu Beginn des Präsenzunterrichts die im Distanzunterricht erledigten Aufgaben.

### *Korrekturen und Feedback*

- Kombination aus Positivkorrektur der Lehrperson und Selbstkontrolle (anhand von Musterlösungen)
- Lehrer geben Rückmeldungen über Stärken und würdigen gute Leistungen
- Lehrer geben Rückmeldungen über Schwächen und zeigen Verbesserungsmöglichkeiten auf

### Mögliche Formen der Rückmeldung

- in Videokonferenzen
- in persönlichen Nachrichten über Logineo über die Bewertungs- und Korrekturfunktion bei Logineo
- über Selbstkontroll-/Rückmeldebögen
- in Form von „Peer-to-Peer-Feedback“ (in Videokonferenzen oder in einem Forum bei Logineo)
- ggf. Telefonate mit Eltern/ Schülerinnen und Schülern

## **2.5. Lehr- und Lernmittel**

- Einführungsphase „Elemente der Mathematik, Einführungsphase,- NRW“, Schroedel Verlag
- Qualifikationsphase Grundkurs „Elemente der Mathematik, Qualifikationsphase Leistungskurs, NRW“ Schroedel Verlag

- Qualifikationsphase Leistungskurs „Elemente der Mathematik, Qualifikationsphase Leistungskurs, NRW“ Schroedel Verlag
- GTR Casio Fx – CG20 /CG50
- Geometriesoftware „Vektoris“ von den alten Schulbüchern des Klett Verlags

### **3. Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen**

#### ***Zusammenarbeit mit anderen Fächern***

Der Mathematikunterricht in der Oberstufe ist in vielen Fällen auf reale oder realitätsnahe Kontexte bezogen. Insbesondere erfolgt eine Kooperation mit den naturwissenschaftlichen Fächern auf der Ebene einzelner Kontexte. Der besonderen Rolle der Mathematik in den Naturwissenschaften soll dadurch Rechnung getragen werden, dass die Erkenntnis von Zusammenhängen mathematisiert werden kann.

Im Bereich der mathematischen Modellierung von Sachverhalten werden die naturwissenschaftlichen Modelle als Grundlage für sinnvolle Modellannahmen verdeutlicht. Insbesondere im Bereich „Wachstum und Zerfall“ werden die zugrundeliegenden physikalischen bzw. biologischen Modelle als Argumentationsgrundlage verwendet und durch mathemathikhaltige Argumentationen verifiziert.

Der Mehrwert der grafikfähigen Taschenrechner wird fächerübergreifend durch die naturwissenschaftlichen Fachschaften genutzt. Ebenso berät die Fachschaft Mathematik über sinnstiftende Einsatzmöglichkeiten des GTR.

#### ***Wettbewerbe***

Die Teilnahme an den Wettbewerben wird den Schülerinnen und Schülern in Absprache mit der Stufenleitung ermöglicht.

#### ***Vorbereitung auf die Erstellung der Facharbeit***

Spätestens im ersten Halbjahr der Qualifikationsphase werden im Unterricht an geeigneten Stellen Hinweise zur Erstellung von Facharbeiten gegeben. Das betrifft u. a. Themenvorschläge, Hinweise zu den Anforderungen und zur Bewertung.

#### **4. Qualitätssicherung und Evaluation**

Durch parallele Klausuren (vgl. 2.3) in den Grundkursen, durch Diskussion der Aufgabenstellung von Klausuren in Fachdienstbesprechungen und eine regelmäßige Erörterung der Ergebnisse von Leistungsüberprüfungen wird ein hohes Maß an fachlicher Qualitätssicherung erreicht.

Das schulinterne Curriculum (siehe 2.1) ist zunächst bis 2017 für den ersten Durchgang durch die gymnasiale Oberstufe nach Erlass des Kernlehrplanes verbindlich. Jeweils vor Beginn eines neuen Schuljahres, d.h. erstmalig nach Ende der Einführungsphase im Sommer 2015 werden in einer Sitzung der Fachkonferenz für die nachfolgenden Jahrgänge zwingend erforderlich erscheinende Veränderungen diskutiert und ggf. beschlossen, um erkannten ungünstigen Entscheidungen schnellstmöglich entgegenwirken zu können.

Nach Abschluss des Abiturs 2017 wird die Fachkonferenz Mathematik SII auf der Grundlage ihrer Unterrichtserfahrungen eine Gesamtsicht des schulinternen Curriculums vornehmen und eine Beschlussvorlage für die erste Fachkonferenz des folgenden Schuljahres erstellen.