

Schulinternes Curriculum

des Faches Mathematik

für die Einführungs- und

Qualifikationsphasen

(G8)

1. Die Fachgruppe Mathematik am Gymnasium Siegburg Alleestraße
2. Entscheidungen zum Unterricht
 - 2.1. Unterrichtsvorhaben
 - 2.1.1. Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben
 - 2.1.2. Konkretisierte Unterrichtsvorhaben
 - 2.2. Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit
 - 2.3. Grundsätze der Leistungsbewertung und -Rückmeldung
 - 2.4. Lehr- und Lernmittel
3. Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen
4. Qualitätssicherung und Evaluation

1. Die Fachgruppe Mathematik am Gymnasium Siegburg Alleestraße

Das Gymnasium Siegburg Alleestraße ist eins von zwei öffentlichen Gymnasien der Stadt und liegt im Innenstadtbereich. Die Schülerschaft ist im Bezug auf die soziale und ethnische Herkunft der Schülerinnen und Schüler recht heterogen. Das Gymnasium ist in der Sekundarstufe I vierzünftig und wird als Ganztagschule geführt. In den letzten Schuljahren setzte sich die Schülerschaft der Einführungsphase mit einem Anteil von ca. 1/3 aus Schülerinnen und Schülern der Realschule zusammen, die gleichmäßig auf die parallelen Kurse verteilt wurden. In der Einführungsphase werden in der Regel 6 Grundkurse eingerichtet, aus denen sich in der Qualifikationsphase zwei Leistungs- und 4 Grundkurse entwickeln. Auch der Mathematikunterricht möchte Schülerinnen und Schüler ihren Begabungen und Neigungen entsprechend individuell fördern und ihnen Orientierung für ihren weiteren Lebensweg bieten. Durch verschiedene Formen der individuellen Förderung werden Schülerinnen und Schüler mit Übergangs- und Lernschwierigkeiten intensiv unterstützt. Schülerinnen und Schüler aller Klassen- und Jahrgangsstufen werden zur Teilnahme an den vielfältigen Wettbewerben im Fach Mathematik angehalten. Wo immer möglich sollen die mathematischen Fachinhalte mit Lebensweltbezug und in Zusammenarbeit mit anderen Fächern kontextbezogen vermittelt werden, z.B. Physik. In der Sekundarstufe II wird davon ausgegangen, dass die Schülerinnen und Schüler mit den grundlegenden Möglichkeiten digitaler Werkzeuge (insbesondere GeoGebra) vertraut sind. Der grafikfähige Taschenrechner (TI-nspire) wird in der Einführungsphase eingeführt.

2. Entscheidungen zum Unterricht

2.1 Unterrichtsvorhaben

Mathematik ist Pflichtfach für alle Schülerinnen und Schüler bis zum Ende der Qualifikationsphase II. Die Lernenden sollen sowohl inhalts- als auch prozessbezogene mathematische Kompetenzen erwerben. Der Unterrichtsstoff schließt an die Themen der Sekundarstufe I an; jedoch verlagern sich die Gesichtspunkte zum Teil ganz erheblich. Die Unterrichtsinhalte vermitteln den Schülerinnen und Schülern Kenntnisse und Einblicke in drei große Themengebiete: **Analysis (A)**, **Lineare Algebra/Analytische Geometrie (G)** und **Stochastik (S)**. Folgende prozessbezogene Kompetenzen werden aufgegriffen und gefestigt: **Modellieren (M)**, **Problemlösen (P)**, **Argumentieren/Kommunizieren (A/K)** und **Werkzeuge nutzen (W)**.

Schwerpunktthema in der **Einführungsphase** ist die **Einführung in die Analysis (A)**. Die Analysis beschäftigt sich mit Funktionen und Eigenschaften der zugehörigen Graphen. Sie stellt vielfältige Methoden zur Verfügung, mit denen inner- und außermathematische Probleme mit funktionalen Zusammenhängen gelöst werden können. Grundlage dazu ist die Einbettung in ein Koordinatensystem. Daher werden zu Beginn der Einführungsphase unter dem Thema **Koordinatengeometrie** noch einmal kurz die aus der Sekundarstufe I bekannten Funktionstypen (lineare, quadratische und Potenzfunktionen) wiederholt und die Kenntnisse dazu durch neue Fragestellungen vor allem auch in realitätsnahen Anwendungskontexten vertieft und erweitert. Unterschiedliche Eingangsvoraussetzungen werden hier diagnostiziert und im Sinne individueller Förderung berücksichtigt.

In der **Differentialrechnung** werden die Betrachtungen dann auf ganzrationale Funktionen ausgedehnt, Methoden zur Untersuchung neuer Eigenschaften von Funktionsgraphen (Bestimmung von Änderungsraten) erlernt und deren Bedeutung in vielfältigen Anwendungssituationen thematisiert.

Im zweiten Themenbereich der **Analytischen Geometrie/Linearen Algebra (G)** beschreiben die Schülerinnen Punkte in der Ebene und im Raum, erlernen das Rechnen mit Vektoren und führen Abstandsberechnungen durch.

Neben der Analysis und Analytischen Geometrie lernen die Schülerinnen und Schüler im Bereich der **Stochastik (S)** mehrstufige Zufallsexperimente und bedingte Wahrscheinlichkeiten kennen. Anhand stochastischer Methoden können sie Fragestellungen des Alltags rational quantitativ bearbeiten und Prognosen unter Unsicherheit treffen.

Die in der Einführungsphase erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten sind Grundlage der Arbeit in der Qualifikationsphase I und II.

Sowohl im **Grundkurs** als auch im **Leistungskurs ab Qualifikationsphase I** wird zunächst der Themenbereich **Analysis (A)** fortgesetzt und die Integralrechnung eingeführt. Dabei ist ein wesentliches Anliegen des Unterrichts und der Vorgaben für das Zentralabitur, die Bedeutung der zentralen mathematischen Verfahren und Begriffe in verschiedenartigen Anwendungssituationen zu verdeutlichen. Im Bereich der **Analytischen Geometrie/Lineare Algebra (G)** wird die Untersuchung und Darstellung geometrischer Objekte im Raum und in der Ebene vertieft. Die Schülerinnen und Schüler lösen lineare Gleichungssysteme, untersuchen Lagebeziehungen und verwenden das Skalarprodukt. Im Bereich der **Stochastik (S)** bestimmen die Lernenden verschiedene Kenngrößen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen, insbesondere der Binomialverteilung, und untersuchen stochastische Prozesse mithilfe von Zustandsvektoren und stochastischen Matrizen.

Grundkurs und **Leistungskurs** unterscheiden sich einerseits durch Anzahl und Umfang der behandelten Teilthemen, z.B. in der Analysis durch Betrachtung unterschiedlicher Funktionstypen sowie in der Stochastik durch Hypothesentests zur Beurteilung stochastischer Modelle hinsichtlich der gewählten Parameter, andererseits in der Intensität der Beschäftigung. Grundkurse arbeiten stärker anschaulich; in Leistungskursen spielen oft auch theoretische Aspekte eine Rolle.

2.1.1 Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben

Einführungsphase

Unterrichtsvorhaben I:

Thema:

Eigenschaften von Funktionen (*Wiederholung und Grenzverhalten, Symmetrie, Nullstellen, Transformation*) (E-A1)

Zentrale Kompetenzen:

- Modellieren
- Werkzeuge nutzen

Inhaltsfeld: Funktionen und Analysis (A)

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Grundlegende Eigenschaften von ganzrationalen Funktionen und Sinusfunktionen

Zeitbedarf: 18 Std.

Unterrichtsvorhaben III:

Thema:

Die Ableitung – ein Schlüsselkonzept (Änderungsrate, Ableitung, Tangente, Ableitung der Sinus- und Kosinusfunktion) (E-A3)

Zentrale Kompetenzen:

- Argumentieren
- Werkzeuge nutzen

Inhaltsfeld: Funktionen und Analysis (A)

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Differentialrechnung ganzrationaler Funktionen

Zeitbedarf: 15 Std.

Unterrichtsvorhaben V:

Thema:

Modellierung von Zufallsprozessen und Umgang mit bedingten Wahrscheinlichkeiten (E-S)

Zentrale Kompetenzen:

- Modellieren
- Kommunizieren
- Werkzeuge nutzen

Unterrichtsvorhaben II:

Thema:

Potenzen in Termen und Funktionen (E-A2)

Zentrale Kompetenzen:

- Modellieren
- Werkzeuge nutzen

Inhaltsfeld: Funktionen und Analysis (A)

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Exponentialfunktionen: Grundlegende Eigenschaften und Anwendungskontexte

Zeitbedarf: 12 Std.

Unterrichtsvorhaben IV:

Thema:

Entwicklung und Anwendung von Kriterien und Verfahren zur Untersuchung von Funktionen – charakteristische Punkte, Monotonie, Extrema (E-A4)

Zentrale Kompetenzen:

- Problemlösen
- Argumentieren
- Werkzeuge nutzen

Inhaltsfeld: Funktionen und Analysis (A)

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Differentialrechnung ganzrationaler Funktionen

Zeitbedarf: 15 Std.

Unterrichtsvorhaben VI:

Thema:

Unterwegs in 3D – Arbeiten mit Vektoren (E-G)

Zentrale Kompetenzen:

- Modellieren
- Kommunizieren
- Problemlösen

Inhaltsfeld: Analytische Geometrie / Lineare Algebra (G)

Inhaltsfeld: Stochastik (S)

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Bedingte Wahrscheinlichkeiten
- Mehrstufige Zufallsexperimente

Zeitbedarf: 15 Std.

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Koordinatisierung des Raumes
- Vektoren und Vektorenoperationen

Zeitbedarf: 9 Std.

Summe Einführungsphase: 84 Stunden

Qualifikationsphase (Q1) – GK

Unterrichtsvorhaben I:

Thema: Funktionen beschreiben Formen – Modellieren von Sachsituationen mit ganzrationalen Funktionen (A1)

Zentrale Kompetenzen:

- Modellieren
- Werkzeuge nutzen

Inhaltsfeld: Funktionen und Analysis (A), Lineare Algebra (G)

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Funktionen als mathematische Modelle
- Lineare Gleichungssysteme

Zeitbedarf: 15 Std.

Unterrichtsvorhaben II:

Thema: Optimierungsprobleme (A2)

Zentrale Kompetenzen:

- Modellieren
- Problemlösen

Inhaltsfeld: Funktionen und Analysis (A)

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Funktionen als mathematische Modelle
- Fortführung der Differentialrechnung

Zeitbedarf: 9 Std.

Unterrichtsvorhaben III:

Thema: Von der Änderungsrate zum Bestand (A3)

Zentrale Kompetenzen:

- Kommunizieren

Inhaltsfeld: Funktionen und Analysis (A)

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Grundverständnis des Integralbegriffs

Zeitbedarf: 9 Std.

Unterrichtsvorhaben IV:

Thema: Von der Randfunktion zur Integralfunktion (A4)

Zentrale Kompetenzen:

- Argumentieren
- Werkzeuge nutzen

Inhaltsfeld: Funktionen und Analysis (A)

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Integralrechnung

Zeitbedarf: 12 Std.

Unterrichtsvorhaben V:

Thema: Exponentialfunktionen (A5)

Zentrale Kompetenzen:

- Problemlösen
- Werkzeuge nutzen

Unterrichtsvorhaben VI:

Thema: Modellieren (nicht nur) mit Exponentialfunktionen (A6)

Zentrale Kompetenzen:

- Modellieren

Inhaltsfeld: Funktionen und Analysis (A)

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Fortführung der Differentialrechnung

Zeitbedarf: 9 Std.

Unterrichtsvorhaben VII:

Thema: Beschreibung von Bewegungen und Schattenwurf mit Geraden (G1)

Zentrale Kompetenzen:

- Modellieren
- Werkzeuge nutzen

Inhaltsfeld: Analytische Geometrie/Lineare Algebra (G)

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Darstellung und Untersuchung geometrischer Objekte (Geraden)

Zeitbedarf: 9 Std.

Inhaltsfeld: Funktionen und Analysis (A)

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Fortführung der Differentialrechnung
- Integralrechnung

Zeitbedarf: 12 Std.

Unterrichtsvorhaben VIII:

Thema: Lineare Algebra als Schlüssel zur Lösung von geometrischen Problemen (G2)

Zentrale Kompetenzen:

- Problemlösen
- Werkzeuge nutzen

Inhaltsfeld: Analytische Geometrie/Lineare Algebra (G)

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Darstellung und Untersuchung geometrischer Objekte (Ebenen)
- Lineare Gleichungssysteme

Zeitbedarf: 9 Std.

Summe Qualifikationsphase (Q1) – GK: 84 Stunden

Qualifikationsphase (Q2) – GK

Unterrichtsvorhaben I:

Thema: Mit dem Skalarprodukt Polygone und Polyeder untersuchen/vermessen (G3)

Zentrale Kompetenzen:

- Problemlösen

Inhaltsfeld: Analytische Geometrie/Lineare Algebra (G)

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Skalarprodukt

Zeitbedarf: 9 Std.

Unterrichtsvorhaben III:

Thema: Stochastische Modelle, Zufallsgrößen, Wahrscheinlichkeitsverteilungen und ihre Kenngrößen (S1)

Zentrale Kompetenzen:

- Modellieren

Unterrichtsvorhaben II:

Thema: Untersuchung von Lagebeziehungen (G4)

Zentrale Kompetenzen:

- Argumentieren
- Kommunizieren

Inhaltsfeld: Analytische Geometrie/Lineare Algebra (G)

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Lagebeziehungen

Zeitbedarf: 6 Std.

Unterrichtsvorhaben IV:

Thema: Treffer oder nicht? – Bernoulliexperimente und Binomialverteilung (S2)

Zentrale Kompetenzen:

- Modellieren
- Werkzeuge nutzen

Inhaltsfeld: Stochastik (S)

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Kenngrößen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen

Zeitbedarf: 6 Std.

Unterrichtsvorhaben V:

Thema: Modellieren mit Binomialverteilungen (S3)

Zentrale Kompetenzen:

- Modellieren
- Argumentieren

Inhaltsfeld: Stochastik (S)

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Binomialverteilung

Zeitbedarf: 9 Std.

Inhaltsfeld: Stochastik (S)

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Binomialverteilung

Zeitbedarf: 9 Std.

Unterrichtsvorhaben VI:

Thema: Von Übergängen und Prozessen (S4)

Zentrale Kompetenzen:

- Modellieren
- Argumentieren

Inhaltsfeld: Stochastik (S)

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Stochastische Prozesse

Zeitbedarf: 9 Std.

Summe Qualifikationsphase (Q2) – GK: 48 Stunden

Qualifikationsphase (Q1) – LK

Unterrichtsvorhaben I:

Thema: Funktionen beschreiben Formen – Modellieren von Sachsituationen mit ganzrationalen Funktionen (A1)

Zentrale Kompetenzen:

- Modellieren
- Argumentieren
- Werkzeuge nutzen

Inhaltsfeld: Funktionen und Analysis (A), Lineare Algebra (G)

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Funktionen als mathematische Modelle
- Lineare Gleichungssysteme

Zeitbedarf: 20 Std.

Unterrichtsvorhaben III:

Thema: Von der Änderungsrate zum Bestand (A3)

Zentrale Kompetenzen:

- Kommunizieren

Unterrichtsvorhaben II:

Thema: Optimierungsprobleme (A2)

Zentrale Kompetenzen:

- Modellieren
- Problemlösen

Inhaltsfeld: Funktionen und Analysis (A)

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Funktionen als mathematische Modelle
- Fortführung der Differentialrechnung

Zeitbedarf: 20 Std.

Unterrichtsvorhaben IV:

Thema: Von der Randfunktion zur Integralfunktion (A4)

Zentrale Kompetenzen:

- Argumentieren

Inhaltsfeld: Funktionen und Analysis (A)

- Werkzeuge nutzen

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Grundverständnis des Integralbegriffs

Zeitbedarf: 10 Std.

Unterrichtsvorhaben V:

Thema: Exponentialfunktionen und Logarithmus (A5)

Zentrale Kompetenzen:

- Problemlösen
- Werkzeuge nutzen

Inhaltsfeld: Funktionen und Analysis (A)

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Fortführung der Differentialrechnung

Zeitbedarf: 20 Std.

Unterrichtsvorhaben VII:

Thema: Beschreibung von Bewegungen und Schattenwurf mit Geraden (G1)

Zentrale Kompetenzen:

- Modellieren
- Werkzeuge nutzen

Inhaltsfeld: Analytische Geometrie/Lineare Algebra (G)

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Darstellung und Untersuchung geometrischer Objekte (Geraden)

Zeitbedarf: 10 Std.

Unterrichtsvorhaben IX:

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

Zentrale Kompetenzen:

- Argumentieren
- Kommunizieren

Inhaltsfeld: Analytische Geometrie/Lineare

Inhaltsfeld: Funktionen und Analysis (A)

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Integralrechnung

Zeitbedarf: 20 Std.

Unterrichtsvorhaben VI:

Thema: Modellieren (nicht nur) mit Exponentialfunktionen (A6)

Zentrale Kompetenzen:

- Modellieren

Inhaltsfeld: Funktionen und Analysis (A)

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Fortführung der Differentialrechnung
- Integralrechnung

Zeitbedarf: 20 Std.

Unterrichtsvorhaben VIII:

Thema: Das Skalarprodukt und seine ersten Anwendungen (G2)

Zentrale Kompetenzen:

- Problemlösen

Inhaltsfeld: Analytische Geometrie/Lineare Algebra (G)

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Skalarprodukt

Zeitbedarf: 10 Std.

Unterrichtsvorhaben X:

Thema: Lagebeziehungen und Abstandsprobleme bei geradlinig bewegten Objekten (G4)

Zentrale Kompetenzen:

- Argumentieren
- Kommunizieren

Inhaltsfeld: Analytische Geometrie/Lineare Algebra (G)

Algebra (G)

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Darstellung und Untersuchung geometrischer Objekte (Ebenen)

Zeitbedarf: 10 Std.

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Lagebeziehungen und Abstände (Geraden)

Zeitbedarf: 10 Std.

Summe Qualifikationsphase (Q1) – LK: 150 Std.

Qualifikationsphase (Q2) – LK

Unterrichtsvorhaben I:

Thema: Untersuchung an Polyedern (G5)

Zentrale Kompetenzen:

- Problemlösen
- Werkzeuge nutzen

Inhaltsfeld: Analytische Geometrie/Lineare Algebra (G)

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Lagebeziehungen und Abstände (Ebenen)
- Lineare Gleichungssysteme

Zeitbedarf: 10 Std.

Unterrichtsvorhaben III:

Thema: Stochastische Modelle, Zufallsgrößen, Wahrscheinlichkeitsverteilungen und ihre Kenngrößen (S1)

Zentrale Kompetenzen:

- Modellieren

Inhaltsfeld: Stochastik (S)

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Kenngrößen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen

Zeitbedarf: 5 Std.

Unterrichtsvorhaben V:

Thema: Untersuchung charakteristischer Größen von Binomialverteilungen (S3)

Zentrale Kompetenzen:

- Problemlösen

Inhaltsfeld: Stochastik (S)

Unterrichtsvorhaben II:

Thema: Strategieentwicklung bei geometrischen Problemsituationen und Beweisaufgaben (G6)

Zentrale Kompetenzen:

- Modellieren
- Problemlösen

Inhaltsfeld: Analytische Geometrie/Lineare Algebra (G)

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Verknüpfung aller Kompetenzen

Zeitbedarf: 10 Std.

Unterrichtsvorhaben IV:

Thema: Treffer oder nicht? – Bernoulliexperimente und Binomialverteilung (S2)

Zentrale Kompetenzen:

- Modellieren
- Werkzeuge nutzen

Inhaltsfeld: Stochastik (S)

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Binomialverteilung

Zeitbedarf: 10 Std.

Unterrichtsvorhaben VI:

Thema: Ist die Glocke normal? (S4)

Zentrale Kompetenzen:

- Modellieren
- Problemlösen
- Werkzeuge nutzen

Inhaltlicher Schwerpunkt:

- Binomialverteilung

Zeitbedarf: 5 Std.Unterrichtsvorhaben VII:**Thema:** Signifikant und relevant? – Testen von Hypothesen (S5)**Zentrale Kompetenzen:**

- Modellieren
- Kommunizieren

Inhaltsfeld: Stochastik (S)**Inhaltlicher Schwerpunkt:**

- Testen von Hypothesen

Zeitbedarf: 10 Std.**Inhaltsfeld:** Stochastik (S)**Inhaltlicher Schwerpunkt:**

- Normalverteilung

Zeitbedarf: 10 Std.Unterrichtsvorhaben VIII:**Thema:** Von Übergängen und Prozessen (S6)**Zentrale Kompetenzen:**

- Modellieren
- Argumentieren

Inhaltsfeld: Stochastik (S)**Inhaltlicher Schwerpunkt:**

- Stochastische Prozesse

Zeitbedarf: 10 Std.

Summe Qualifikationsphase (Q2) – LK : 70 Stunden

Übersicht über die Unterrichtsvorhaben

EF		
Unterrichtsvorhaben	Thema	Stundenzahl
I	E-A1	18
II	E-A2	12
III	E-A3	15
IV	E-A4	15
V	E-S	15
VI	E-G	9
	Summe:	84

Q1 GK		
Unterrichtsvorhaben	Thema	Stundenzahl
I	A1	15
II	A2	9
III	A3	9
IV	A4	12
V	A5	9
VI	A6	12
VII	G1	9
VIII	G2	9
	Summe:	84

Q2 GK		
Unterrichtsvorhaben	Thema	Stundenzahl
I	G3	6
II	G4	9
III	S1	6
IV	S2	9
V	S3	9
VI	S4	9
	Summe:	48

Q1 LK		
Unterrichtsvorhaben	Thema	Stundenzahl
I	A1	20
II	A2	20
III	A3	10
IV	A4	20
V	A5	20
VI	A6	20
VII	G1	10
VIII	G2	10
IX	G3	10
X	G4	10
	Summe:	150

Q2 LK		
Unterrichtsvorhaben	Thema	Stundenzahl
I	G5	10
II	G6	10
III	S1	5
IV	S2	10
V	S3	5
VI	S4	10
VII	S5	10

VIII

S6
Summe:

10
70

2.1.2 Konkretisierte Unterrichtsvorhaben

EF – Funktionen und Analysis (A)

Thema: Eigenschaften von Funktionen – (*Wiederholung und Grenzverhalten, Symmetrie, Nullstellen, Transformation*) (E-A1)

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- beschreiben die Eigenschaften ganzzahliger Funktionen und weisen diese rechnerisch nach (Grenzverhalten, Symmetrie)
- berechnen Nullstellen ganzzahliger Funktionen in faktorisierter Form sowie durch einfaches Ausklammern
- wenden einfache Transformationen (Streckung, Verschiebung) auf Funktionen an und deuten die zugehörigen Parameter

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Modellieren

Die Schülerinnen und Schüler

- erfassen und strukturieren zunehmend komplexe Sachsituationen mit Blick auf eine konkrete Fragestellung (Strukturieren)
-

Werkzeuge nutzen

Die Schülerinnen und Schüler

- nutzen Tabellenkalkulation, Funktionenplotter und grafikfähige Taschenrechner
- verwenden verschiedene digitale Werkzeuge zum
... Darstellen von Funktionen grafisch und als Wertetabelle
... zielgerichteten Variieren der Parameter von Funktionen

Thema: Potenzen in Termen und Funktionen (E-A2)

Zu entwickelnde Kompetenzen

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- parallele Vermittlung und Einübung der algebraischen Rechenverfahren
- gezielte individuelle Förderangebote
- Einführung in die elementaren Bedienkompetenzen der verwendeten Software und des GTR
- Entdeckender Einstieg in Transformationen

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- beschreiben Wachstumsprozesse mithilfe linearer Funktionen und Exponentialfunktionen, vergleichen und unterscheiden exponentielles und lineares Wachstum

- Wachstumsprozesse im Anwendungskontext (z.B. lineare und exponentielle Ansparmodelle, Abkühlung, Bakterienwachstum) (S. 185-190)

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Modellieren

Die Schülerinnen und Schüler

- erfassen und strukturieren zunehmend komplexe Sachsituationen mit Blick auf eine konkrete Fragestellung (Strukturieren)
- übersetzen zunehmend komplexe Sachsituationen in mathematische Modelle (Mathematisieren)

Argumentieren

Die Schülerinnen und Schüler

- stellen Vermutungen auf
- unterstützen Vermutungen beispielgebunden
- präzisieren Vermutungen mithilfe von Fachbegriffen und unter Berücksichtigung der logischen Struktur

Werkzeuge nutzen

Die Schülerinnen und Schüler

- nutzen Tabellenkalkulation, Funktionenplotter und grafikfähige Taschenrechner

Thema: Die Ableitung - ein Schlüsselkonzept – (Änderungsrate, Ableitung, Tangente, Ableitung der Sinus- und Kosinusfunktion) (E-A3)

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern qualitativ auf der Grundlage eines propädeutischen Grenzwertbegriffs an Beispielen den Übergang von der durchschnittlichen zur lokalen Änderungsrate
- beschreiben und interpretieren Änderungsraten funktional (Ableitungsfunktion)
- leiten Funktionen graphisch ab
- begründen Eigenschaften von Funktionsgraphen (Monotonie, Extrempunkte) mit Hilfe der Graphen der Ableitungsfunktionen
- wenden die Summen-, Faktor- und Potenzregel auf ganzrationale Funktionen an
- berechnen durchschnittliche und lokale Änderungsraten und interpretieren sie im Kontext
- deuten die Tangente als Grenzlage einer Folge von Sekanten
- deuten die Ableitung an einer Stelle als lokale Änderungsrate/Tangentensteigung

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Argumentieren

Die Schülerinnen und Schüler

- stellen Vermutungen auf
- unterstützen Vermutungen beispielgebunden
- präzisieren Vermutungen mithilfe von Fachbegriffen und unter Berücksichtigung der logischen Struktur
- präzisieren Vermutungen mithilfe von Fachbegriffen und unter Berücksichtigung der logischen Struktur (Vermuten)
- nutzen mathematische Regeln bzw. Sätze und sachlogische Argumente für Begründungen (Begründen)

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Buch: S. 46-79
- durchschnittliche Änderungsraten in unterschiedlichen Sachzusammenhängen (z. B. Bewegungen, Zu- und Abflüsse, Höhenprofil, Temperaturmessung, Aktienkurse, Entwicklung regenerativer Energien, Sonntagsfrage, Wirk- oder Schadstoffkonzentration, Wachstum, Kosten- und Ertragsentwicklung)
- Übergang von der durchschnittlichen zur lokalen Änderungsrate, z.B. Durchschnittsgeschwindigkeit bei einer längeren Fahrt und der durch ein Messgerät ermittelten Momentangeschwindigkeit (S. 54)
- Tabellenkalkulation und Dynamische-Geometrie-Software werden zur numerischen und geometrischen Darstellung des Grenzprozesses beim Übergang von der durchschnittlichen zur lokalen Änderungsrate bzw. der Sekanten zur Tangenten (Zoomen) eingesetzt
- h-Methode für quadratische Funktionen: S. 69
- Motivation zur Beschäftigung mit Polynomfunktionen wird z.B. durch eine Optimierungsaufgabe geweckt. Die verschiedenen Möglichkeiten, eine Schachtel aus einem DIN-A4-Blatt herzustellen, führen insbesondere auf Polynomfunktionen vom Grad 3. Hier werden bisher bewährte Regeln angewendet.

- überprüfen, inwiefern Ergebnisse, Begriffe und Regeln verallgemeinert werden können (Beurteilen)

Problemösen

Die Schülerinnen und Schüler

- analysieren und strukturieren die Problemsituation (Erkunden)
- erkennen Muster und Beziehungen (Erkunden)
- wählen geeignete Begriffe, Zusammenhänge und Verfahren zur Problemlösung aus (Lösen)

Werkzeuge nutzen

Die Schülerinnen und Schüler

- verwenden verschiedene digitale Werkzeuge zum
 - ... Darstellen von Funktionen grafisch und als Wertetabelle
 - ... grafischen Messen von Steigungen
- nutzen mathematische Hilfsmittel und digitale Werkzeuge zum Erkunden und Recherchieren, Berechnen und Darstellen
- verwenden verschiedene digitale Werkzeuge zum
 - ... Lösen von Gleichungen
 - ... zielgerichteten Variieren der Parameter von Funktionen

Thema: Entwicklung und Anwendung von Kriterien und Verfahren zur Untersuchung von Funktionen – *charakteristische Punkte, Monotonie, Extrema* (E-A4)

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- nennen die Kosinusfunktion als Ableitung der Sinusfunktion
- begründen Eigenschaften von Funktionsgraphen (Monotonie, Extrempunkte) mit Hilfe der Graphen der Ableitungsfunktionen
- nutzen die Ableitungsregel für Potenzfunktionen mit natürlichem

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- graphisch ableiten (Sinus-/Kosinusfunktion)
- Zusammenhänge zwischen den Extrempunkten der Ausgangsfunktion und ihrer Ableitung durch die Betrachtung von Monotonieintervallen und der vier möglichen Vorzeichenwechsel an den Nullstellen der Ableitung (S. 91ff.)
- Lösung von Gleichungen im Zusammenhang mit der

Exponenten

- wenden die Summen- und Faktorregel auf ganzrationale Funktionen an
- lösen Polynomgleichungen, die sich durch einfaches Ausklammern oder Substituieren auf lineare und quadratische Gleichungen zurückführen lassen, ohne digitale Hilfsmittel
- verwenden das notwendige Kriterium und das Vorzeichenwechselkriterium zur Bestimmung von Extrempunkten
- unterscheiden lokale und globale Extrema im Definitionsbereich
- verwenden am Graphen oder Term einer Funktion ablesbare Eigenschaften als Argumente beim Lösen von inner- und außermathematischen Problemen

Nullstellenbestimmung (ohne GTR)

- Bestimmung von Tangentengleichungen in inner- und außermathematischen Problemen (S. 70f.)
- Begriff des Extrempunktes (lokal vs. global) wird präzisiert und dabei auch Sonderfälle, wie eine konstante Funktion betrachtet
- qualitative Erkundung der ganzrationalen Funktionen mit dem GTR, wobei Parameter gezielt variiert werden
 - charakteristische Punkte (S. 84ff.)
 - Monotonie (S. 88ff)
 - Hoch- und Tiefpunkte (S. 91ff.)

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Argumentieren

Die Schülerinnen und Schüler

- präzisieren Vermutungen mithilfe von Fachbegriffen und unter Berücksichtigung der logischen Struktur (*Vermuten*)
- nutzen mathematische Regeln bzw. Sätze und sachlogische Argumente für Begründungen (*Begründen*)
- berücksichtigen vermehrt logische Strukturen (notwendige / hinreichende Bedingung, Folgerungen [...]) (*Begründen*)
- erkennen fehlerhafte Argumentationsketten und korrigieren sie (*Beurteilen*)

Problemösen

Die Schülerinnen und Schüler

- erkennen Muster und Beziehungen (*Erkunden*)
- nutzen heuristische Strategien und Prinzipien (hier: Zurückführen auf Bekanntes) (*Lösen*)
- wählen geeignete Begriffe, Zusammenhänge und Verfahren zur Problemlösung aus (*Lösen*)

EF – Stochastik (S)

Thema: Modellierung von Zufallsprozessen und Umgang mit bedingten Wahrscheinlichkeiten (E-S)

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- deuten Alltagssituationen als Zufallsexperimente☒
- simulieren Zufallsexperimente☒
- verwenden Urnenmodelle zur Beschreibung von Zufallsprozessen
- stellen Wahrscheinlichkeitsverteilungen auf und führen Erwartungswertbetrachtungen durch☒
- beschreiben mehrstufige Zufallsexperimente und ermitteln Wahrscheinlichkeiten mit Hilfe der Pfadregeln
- modellieren Sachverhalte mit Hilfe von Baumdiagrammen und Vier- oder Mehrfeldertafeln
- bestimmen bedingte Wahrscheinlichkeiten☒
- prüfen Teilvorgänge mehrstufiger Zufallsexperimente auf stochastische Unabhängigkeit bearbeiten Problemstellungen im Kontext bedingter Wahrscheinlichkeiten.

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Modellieren

Die Schülerinnen und Schüler

- erfassen und strukturieren zunehmend komplexe Sachsituationen mit Blick auf eine konkrete Fragestellung (*Strukturieren*)
- erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (*Mathematisieren*)
- beziehen die erarbeitete Lösung wieder auf die Sachsituation (*Validieren*)
- treffen Annahmen und nehmen begründet Vereinfachungen einer

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Erkundungen: Experimentieren – Simulieren – Nachdenken (S. 144f.)
- Anhand von Urnenmodellen: grundlegende Zählprinzipien wie das Ziehen mit/ohne Zurücklegen mit/ohne Berücksichtigung der Reihenfolge
- Wahrscheinlichkeitsverteilung/Erwartungswert: z.B. Glücksspiele S. 146ff.
- Mehrstufige Zufallsexperimente, Pfadregel: S. 150ff.
- Visualisierung von Wahrscheinlichkeitsverteilungen (Histogramme) und Entlastung von händischem Rechnen anhand von digitalen Werkzeugen
- möglicher Einstiegskontext: HIV-Test
- Vierfeldertafeln: z.B. Rauchverhalten und Zufriedenheit mit Körpergewicht (S. 154f.)
- Bedingte Wahrscheinlichkeiten: z.B. Werbepsychologie (S. 156ff.)
- Stochastische Unabhängigkeit: S. 158ff.

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*)

Werkzeuge nutzen

Die Schülerinnen und Schüler

- verwenden verschiedene digitale Werkzeuge zum
... Generieren von Zufallszahlen
... Variieren der Parameter von Wahrscheinlichkeitsverteilungen
... Erstellen der Histogramme von Wahrscheinlichkeitsverteilungen
... Berechnen der Kennzahlen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen (Erwartungswert)

Kommunizieren

Die Schülerinnen und Schüler

- erfassen, strukturieren und formalisieren Informationen aus zunehmend komplexen mathemathikhaltigen Texten [...] (*Rezipieren*)
- wechseln flexibel zwischen mathematischen Darstellungsformen (*Produzieren*)

EF – Analytische Geometrie und Lineare Algebra (G)

Thema: Unterwegs in 3D – Arbeiten mit Vektoren (E-G)

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- wählen geeignete kartesische Koordinatisierungen für die Bearbeitung eines geometrischen Sachverhalts in der Ebene und im Raum
- stellen geometrische Objekte in einem räumlichen kartesischen

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Wiederholung bereits bekannter Koordinatisierungen (GPS, geographische Koordinaten, kartesische Koordinaten, Robotersteuerung)
- An geeigneten, nicht zu komplexen geometrischen Modellen (z. B. „unvollständigen“ Holzquadern) lernen die SuS, ohne Verwendung einer DGS zwischen (verschiedenen) Schrägbildern einerseits und der Kombination aus Grund-, Auf- und Seitenriss andererseits zu wechseln,

Koordinatensystem dar

- deuten Vektoren (in Koordinatendarstellung) als Verschiebungen und kennzeichnen Punkte im Raum durch Ortsvektoren
- stellen gerichtete Größen (z. B. Geschwindigkeit, Kraft) durch Vektoren dar
- berechnen Längen von Vektoren und Abstände zwischen Punkten mit Hilfe des Satzes von Pythagoras
- addieren Vektoren, multiplizieren Vektoren mit einem Skalar und untersuchen Vektoren auf Kollinearität
- weisen Eigenschaften von besonderen Dreiecken und Vierecken mithilfe von Vektoren nach

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Modellieren

Die Schülerinnen und Schüler

- erfassen und strukturieren zunehmend komplexe Sachsituationen mit Blick auf eine konkrete Fragestellung (*Strukturieren*)
- erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (*Mathematisieren*)

Kommunizieren

Die Schülerinnen und Schüler

- wählen begründet eine geeignete Darstellungsform aus
- wechseln flexibel zwischen mathematischen Darstellungsformen

Problemösen

Die Schülerinnen und Schüler

- entwickeln Ideen für mögliche Lösungswege (*Lösen*)
- setzen ausgewählte Routineverfahren auch hilfsmittelfrei zur Lösung ein (*Lösen*)
- wählen geeignete Begriffe, Zusammenhänge und Verfahren zur Problemlösung aus (*Lösen*)

um ihr räumliches Vorstellungsvermögen zu entwickeln.

- Mithilfe einer DGS werden unterschiedliche Möglichkeiten ein Schrägbild zu zeichnen untersucht und hinsichtlich ihrer Wirkung beurteilt.
- Eventuell: Spidercam
- mögliche Anknüpfung an die Physik: Kräfte als Vektoren (S. 127)
- Lösen einfacher geometrischer Problemstellungen anhand von Verschiebungspfeilen:
 - Beschreibung von Diagonalen
 - Länge einer Strecke, Abstände zwischen Punkten (S. 124ff.)
 - Auffinden von Mittelpunkten
 - Untersuchung auf Parallelität (S. 130f.)

Qualifikationsphase GK – Funktionen und Analysis (A)

Thema: Modellieren von Sachsituationen mit ganzrationalen Funktionen (Q-GK-A1)

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- bestimmen Parameter einer Funktion mithilfe von Bedingungen, die sich aus dem Kontext ergeben („Steckbriefaufgaben“)
- beschreiben das Krümmungsverhalten des Graphen einer Funktion mit Hilfe der 2. Ableitung
- verwenden notwendige Kriterien und Vorzeichenwechselkriterien sowie weitere hinreichende Kriterien zur Bestimmung von Extrem- und Wendepunkten
- beschreiben den Gauß-Algorithmus als Lösungsverfahren für lineare Gleichungssysteme
- wenden den Gauß-Algorithmus ohne digitale Werkzeuge auf Gleichungssysteme mit maximal drei Unbekannten an, die mit geringem Rechenaufwand lösbar sind

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Modellieren

Die Schülerinnen und Schüler

- erfassen und strukturieren zunehmend komplexe Sachsituationen mit Blick auf eine konkrete Fragestellung (*Strukturieren*)
- 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*)

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Buch: S: 72-91
- Aus gegebenen Punkten wird durch Aufstellen von Gleichungssystemen die Normalform einer quadratischen Funktion ermittelt.
- 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.
- 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.
- Die Funktionsklassen zur Modellierung werden auf ganzrationale Funktionen 3. oder 4. Grades erweitert und über gegebene Punkte, Symmetrieüberlegungen und Bedingungen an die Ableitung Gleichungen zur Bestimmung der Parameter aufgestellt.
- Eventuell hilfreich: Der GTR wird zunächst als Blackbox zum Lösen von Gleichungssystemen und zur graphischen Darstellung der erhaltenen Funktionen im Zusammenhang verwendet und erst im Anschluss wird die Blackbox „Gleichungslöser“ geöffnet, das Gaußverfahren thematisiert und für einige gut überschaubare Systeme mit drei Unbekannten auch ohne digitale Werkzeuge durchgeführt.

- 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

Thema: Optimierungsprobleme (Q-GK-A2)

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- führen Extremalprobleme durch Kombination mit Nebenbedingungen auf Funktionen einer Variablen zurück und lösen diese
- verwenden notwendige Kriterien und Vorzeichenwechselkriterien [...] zur Bestimmung von Extrem- und Wendepunkten

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Modellieren

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Buch: S. 92ff.: Extremwertprobleme lösen
- Ziel: selbstständiges Aufstellen der Funktionsgleichungen
- SuS sollen in Anwendungsbeispielen die Notwendigkeit erkennen, Randextrema zu untersuchen.
- Anhand geeigneter Aufgaben werden Stellen extremer Steigung eines Funktionsgraphen thematisiert (z. B. Neuverschuldung und Schulden oder Besucherströme in einen Freizeitpark/zu einer Messe und erforderlicher Personaleinsatz) und dabei der zweiten Ableitung eine anschauliche Bedeutung als Zu- und Abnahmerate der Änderungsrate der Funktion verliehen.

Die Schülerinnen und Schüler

- 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*)

Problemösen

Die Schülerinnen und Schüler

- finden und stellen Fragen zu einer gegebenen Problemsituation (*Erkunden*)
- wählen heuristische Hilfsmittel (z. B. Skizze, informative Figur, Tabelle ...) aus, um die Situation zu erfassen (*Erkunden*)
- nutzen heuristische Strategien und Prinzipien (z. B. systematisches Probieren, Darstellungswechsel, Zurückführen auf Bekanntes, Zerlegen in Teilprobleme, Verallgemeinern ...) (*Lösen*)
- setzen ausgewählte Routineverfahren auch hilfsmittelfrei zur Lösung ein (*Lösen*)
- berücksichtigen einschränkende Bedingungen (*Lösen*)
- führen einen Lösungsplan zielgerichtet aus (*Lösen*)
- vergleichen verschiedene Lösungswege bezüglich Unterschieden und Gemeinsamkeiten (*Reflektieren*)

Thema: Von der Änderungsrate zum Bestand (Q-GK-A3)

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Buch: S. 36ff.

Die Schülerinnen und Schüler

- interpretieren Produktsummen im Kontext als Rekonstruktion des Gesamtbestandes oder Gesamteffektes einer Größe
- deuten die Inhalte von orientierten Flächen im Kontext
- skizzieren zu einer gegebenen Randfunktion die zugehörige Flächeninhaltsfunktion

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Kommunizieren

Die Schülerinnen und Schüler

- erfassen, strukturieren und formalisieren Informationen aus [...] mathemathikhaltigen Texten und Darstellungen, aus mathematischen Fachtexten sowie aus Unterrichtsbeiträgen (*Rezipieren*)
- formulieren eigene Überlegungen und beschreiben eigene Lösungswege (*Produzieren*)
- wählen begründet eine geeignete Darstellungsform aus (*Produzieren*)
- wechseln flexibel zwischen mathematischen Darstellungsformen (*Produzieren*)
- dokumentieren Arbeitsschritte nachvollziehbar (*Produzieren*)
- erstellen Ausarbeitungen und präsentieren sie (*Produzieren*)

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

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- 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)

- Bereits bekannte Kontexte aus dem Bereich der Änderungsraten werden wieder aufgegriffen, z.B. (Geschwindigkeit – Weg, Zuflussrate von Wasser – Wassermenge)

- Außer der Schachtelung durch Ober- und Untersummen sollen die SuS eigenständig weitere unterschiedliche Strategien zur möglichst genauen näherungsweise Berechnung des Bestands entwickeln und vergleichen. Die entstehenden Produktsummen werden als Bilanz über orientierte Flächeninhalte interpretiert.

- Qualitativ können die Schülerinnen und Schüler so den Graphen einer Flächeninhaltsfunktion als „Bilanzgraphen“ zu einem vorgegebenen Randfunktionsgraphen skizzieren.

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Buch: S. 43-71
- Prüfungsvorbereitung: S. 70f.
- Ziel: Erkennen, dass die Bestandsfunktion eine Stammfunktion der Änderungsrate ist
- SuS können die Graphen der Änderungsrate und der Bestandsfunktion mit Hilfe einer Tabellenkalkulation und eines Funktionenplotters gewinnen, vergleichen und Beziehungen zwischen diesen herstellen.

- nutzen die Intervalladditivität und Linearität von Integralen
- bestimmen Stammfunktionen ganzrationaler Funktionen
- bestimmen Integrale mithilfe von gegebenen Stammfunktionen und \int numerisch, auch unter Verwendung digitaler Werkzeuge
- ermitteln den Gesamtbestand oder Gesamteffekt einer Größe aus der Änderungsrate
- bestimmen Flächeninhalte mit Hilfe von bestimmten Integralen

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Argumentieren

Die Schülerinnen und Schüler

- stellen Vermutungen auf (*Vermuten*)
- unterstützen Vermutungen beispielgebunden (*Vermuten*)
- präzisieren Vermutungen mithilfe von Fachbegriffen und unter Berücksichtigung der logischen Struktur (*Vermuten*)
- stellen Zusammenhänge zwischen Begriffen her (*Begründen*)

Werkzeuge nutzen

Die Schülerinnen und Schüler

- nutzen [...] digitale Werkzeuge [*Erg. Fachkonferenz: Tabellenkalkulation und Funktionenplotter*] zum Erkunden und Recherchieren, Berechnen und Darstellen \int
- Verwenden verschiedene digitale Werkzeuge zum
... Messen von Flächeninhalten zwischen Funktionsgraph und Abszisse
... Ermitteln des Wertes eines bestimmten Integrals

Thema: Exponentialfunktionen (Q-GK-A5)

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- beschreiben die Eigenschaften von Exponentialfunktionen und die besondere Eigenschaft der natürlichen Exponentialfunktion

- Für Bestandsfunktionen wird der Fachbegriff Integralfunktion eingeführt und der Zusammenhang zwischen Rand- und Integralfunktion im Hauptsatz formuliert (ggf. Lehrervortrag).
- Die SuS erarbeiten selbstständig die Regeln zur Bildung von Stammfunktionen durch Rückwärtsanwenden der bekannten Ableitungsregeln.
- Außerdem: Berechnung von Flächeninhalten, bei der auch Intervalladditivität und Linearität (bei der Berechnung von Flächen zwischen Kurven) thematisiert werden.
- Zum Schluss: komplexe Anwendungsaufgaben zur Vernetzung mit bereits erworbenen Kompetenzen (Funktionsuntersuchungen, Aufstellen von Funktionen aus Bedingungen), z.B. Lipnature.

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Buch: S. 14-19
- Auffrischung der bereits in der Einführungsphase erworbenen Kompetenzen
- Zusammenstellung der Eigenschaften einer allgemeinen

- untersuchen Wachstums- und Zerfallsvorgänge mithilfe funktionaler Ansätze
- interpretieren Parameter von Funktionen im Anwendungszusammenhang
- bilden die Ableitungen weiterer Funktionen: natürliche Exponentialfunktion

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Problemösen

Die Schülerinnen und Schüler

- erkennen und formulieren einfache und komplexe mathematische Probleme (*Erkunden*)
- entwickeln Ideen für mögliche Lösungswege (*Lösen*)
- nutzen heuristische Strategien und Prinzipien (z. B. systematisches \square Probieren, Darstellungswechsel, Invarianten finden, Zurückführen auf \square Bekanntes, Zerlegen in Teilprobleme) (*Lösen*)
- führen einen Lösungsplan zielgerichtet aus (*Lösen*)
- variieren Fragestellungen auf dem Hintergrund einer Lösung (*Reflektieren*).

Werkzeuge nutzen

Die Schülerinnen und Schüler

- verwenden verschiedene digitale Werkzeuge zum \square
... zielgerichteten Variieren der Parameter von Funktionen
... grafischen Messen von Steigungen
- entscheiden situationsangemessen über den Einsatz mathematischer Hilfsmittel und digitaler Werkzeuge und wählen diese gezielt aus
- nutzen [...] digitale Werkzeuge zum Erkunden und Recherchieren, Berechnen und Darstellen

Exponentialfunktion. Der GTR unterstützt dabei die Klärung der Bedeutung der verschiedenen Parameter und die Veränderungen durch Transformationen.

- Die Frage nach der Ableitung an einer Stelle führt zu einer vertiefenden Betrachtung des Übergangs von der durchschnittlichen zur momentanen Änderungsrate. In einem Tabellenkalkulationsblatt wird für immer kleinere h das Verhalten des Differenzenquotienten beobachtet.
- Umgekehrt suchen die Lernenden zu einem gegebenen Ableitungswert die zugehörige Stelle.

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

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- untersuchen Wachstums- und Zerfallsvorgänge mithilfe funktionaler Ansätze
- interpretieren Parameter von Funktionen im Kontext
- bilden die Ableitungen weiterer Funktionen:
 - Potenzfunktionen mit ganzzahligen Exponenten
- bilden in einfachen Fällen zusammengesetzte Funktionen (Summe, Produkt, Verkettung)
- wenden die Kettenregel auf Verknüpfungen der natürlichen Exponentialfunktion mit linearen Funktionen an
- wenden die Produktregel auf Verknüpfungen von ganzrationalen Funktionen und Exponentialfunktionen an
- bestimmen Integrale mithilfe von gegebenen Stammfunktionen und numerisch, auch unter Verwendung digitaler Werkzeuge
- ermitteln den Gesamtbestand oder Gesamteffekt einer Größe aus der Änderungsrate

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Modellieren

Die Schülerinnen und Schüler

- erfassen und strukturieren zunehmend komplexe Sachsituationen mit Blick auf eine konkrete Fragestellung (*Strukturieren*)
- übersetzen zunehmend komplexe Sachsituationen in mathematische Modelle (*Mathematisieren*)
- erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (*Mathematisieren*)
- erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (*Mathematisieren*)
- ordnen einem mathematischen Modell verschiedene passende Sachsituationen zu (*Mathematisieren*)

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Buch: S. 20-30
- Prüfungsvorbereitung: S. 34f.
- Einführung der Kettenregel im Zusammenhang mit der Modellierung von Wachstumsprozessen durch natürliche Exponentialfunktionen mit linearen Exponenten
 - 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.
 - In diesen Kontexten ergeben sich ebenfalls Fragen, die erfordern, dass aus der Wachstumsgeschwindigkeit auf den Gesamteffekt geschlossen wird.

- 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*)

Qualifikationsphase GK – Analytische Geometrie und Lineare Algebra (G)

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

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- stellen Geraden und Strecken in Parameterform dar
- interpretieren den Parameter von Geradengleichungen im Sachkontext

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Modellieren

Die Schülerinnen und Schüler

- erfassen und strukturieren zunehmend komplexe Sachsituationen mit Blick auf eine konkrete Fragestellung (*Strukturieren*)
- 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*)

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Buch: S. 115-118, 124-133 (Geraden im Raum)
- 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.
- Ergänzend zum dynamischen Zugang wird die rein geometrische Frage aufgeworfen, wie eine Gerade durch zwei Punkte zu beschreiben ist. Hier- bei 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.
- Mögliche Anwendung: Schattenwürfe von Gebäuden in Parallel- und Zentralprojektion auf eine der Grundebenen berechnen und zeichnerisch darstellen. Der Einsatz der DGS bietet hier die zusätzliche

- beurteilen die Angemessenheit aufgestellter (ggf. konkurrierender) Modelle für die Fragestellung (*Validieren*)
- verbessern aufgestellte Modelle mit Blick auf die Fragestellung (*Validieren*)

Möglichkeit, dass der Ort der Strahlenquelle variiert werden kann.

Werkzeuge nutzen

Die Schülerinnen und Schüler

- nutzen Geodreiecke [...] geometrische Modelle und Dynamische-Geometrie-Software
 - verwenden verschiedene digitale Werkzeuge zum
- ... grafischen Darstellen von Ortsvektoren, Vektorsummen und Geraden
- ... Darstellen von Objekten im Raum

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

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- stellen Ebenen in Parameterform dar
- untersuchen Lagebeziehungen [...] zwischen Geraden und Ebenen
- berechnen Schnittpunkte von Geraden sowie Durchstoßpunkte von Geraden mit Ebenen und deuten sie im Sachkontext
- stellen lineare Gleichungssysteme in Matrix-Vektor-Schreibweise dar
- beschreiben den Gauß-Algorithmus als Lösungsverfahren für lineare Gleichungssysteme
- interpretieren die Lösungsmenge von linearen Gleichungssystemen

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Modellieren

Die Schülerinnen und Schüler

- wählen heuristische Hilfsmittel (z. B. Skizze, informative Figur, Tabelle, experimentelle Verfahren) aus, um die Situation zu erfassen

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Buch: S. 134-177
- Möglicher Einstiegskontext: Dachkonstruktion mit Sparren und Querlatten
- 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).
- 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.
- 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.

(Erkunden)

- entwickeln Ideen für mögliche Lösungswege (*Lösen*)
- wählen Werkzeuge aus, die den Lösungsweg unterstützen

(Lösen)

- 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, [...]) (*Lösen*)
- führen einen Lösungsplan zielgerichtet aus (*Lösen*)
- vergleichen verschiedene Lösungswege bezüglich Unterschieden und Gemeinsamkeiten (*Reflektieren*)
- beurteilen und optimieren Lösungswege mit Blick auf Richtigkeit und Effizienz (*Reflektieren*)
- analysieren und reflektieren Ursachen von Fehlern (*Reflektieren*)

Werkzeuge nutzen

Die Schülerinnen und Schüler

- verwenden verschiedene digitale Werkzeuge zum ... Lösen von Gleichungen und Gleichungssystemen

Thema: Mit dem Skalarprodukt Polygone und Polyeder untersuchen (Q-GK-G3)

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- deuten das Skalarprodukt geometrisch und berechnen es
- untersuchen mit Hilfe des Skalarprodukts geometrische Objekte und Situationen im Raum (Orthogonalität, Winkel- und Längenberechnung)

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Problemösen

- Die Lösungsmengen werden mit dem GTR bestimmt, zentrale Werkzeugkompetenz in diesem Unterrichtsvorhaben ist die Interpretation des angezeigten Lösungsvektors bzw. der reduzierten Matrix. Die Vernetzung der geometrischen Vorstellung (Lagebeziehung) und der algebraischen Formalisierung sollte stets deutlich werden.

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Buch: S. 149-177
- 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 (alternativ zu einer Herleitung aus dem Kosinussatz).
- Bei hinreichend zur Verfügung stehender Zeit kann in Anwendungskontexten (z. B. Vorbeiflug eines Flugzeugs an einem

Die Schülerinnen und Schüler

- erkennen und formulieren einfache und komplexe mathematische Probleme (*Erkunden*)
- analysieren und strukturieren die Problemsituation (*Erkunden*)
- entwickeln Ideen für mögliche Lösungswege (*Lösen*)
- 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, [...]) (*Lösen*)
- wählen geeignete Begriffe, Zusammenhänge und Verfahren zur Problemlösung aus (*Lösen*)
- beurteilen und optimieren Lösungswege mit Blick auf Richtigkeit und Effizienz (*Reflektieren*)

Thema: Eine Sache der Logik und der Begriffe: Untersuchung von Lagebeziehungen (Q-GK-G4)

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- untersuchen Lagebeziehungen zwischen zwei Geraden [...]

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Argumentieren

Die Schülerinnen und Schüler

- präzisieren Vermutungen mithilfe von Fachbegriffen und unter Berücksichtigung der logischen Struktur (*Vermuten*)
- stellen Zusammenhänge zwischen Begriffen her (Ober- / Unterbegriff) (*Begründen*)
- nutzen mathematische Regeln bzw. Sätze und sachlogische Argumente für Begründungen (*Begründen*)
- berücksichtigen vermehrt logische Strukturen (notwendige / hinreichende Bedingung, Folgerungen / Äquivalenz, Und- / Oder-

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.

- 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.

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Buch: S. 119-123
- Mögliche Anwendung: Modellierung von Flugbahnen (Kondensstreifen) aus Q-GK-G1; Dabei wird evtl. die Frage des Abstandes zwischen Flugobjekten relevant. Bei genügend zur Verfügung stehender Zeit oder binnendifferenziert könnte (über den KLP hinausgehend) das Abstandsminimum numerisch, grafisch oder algebraisch mit den Verfahren der Analysis ermittelt werden.
- Begrifflich davon abgegrenzt wird der Abstand zwischen den Flugbahnen. Dies motiviert die Beschäftigung mit orthogonalen Hilfsgeraden (Q-G- K-G4).

Verknüpfungen, Negation, All- und Existenzaussagen) (*Begründen*)

- überprüfen, inwiefern Ergebnisse, Begriffe und Regeln verallgemeinert werden können (*Beurteilen*)

Kommunizieren

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern mathematische Begriffe in theoretischen und in Sachzusammenhängen (*Rezipieren*)
- verwenden die Fachsprache und fachspezifische Notation in angemessenem Umfang (*Produzieren*)
- wechseln flexibel zwischen mathematischen Darstellungsformen (*Produzieren*)
- erstellen Ausarbeitungen und präsentieren sie (*Produzieren*)
- vergleichen und beurteilen ausgearbeitete Lösungen hinsichtlich ihrer Verständlichkeit und fachsprachlichen Qualität (*Diskutieren*)

Qualifikationsphase GK – Stochastik (S)

Thema: Von stochastischen Modellen, Zufallsgrößen, Wahrscheinlichkeitsverteilungen und ihre Kenngrößen (Q-GK-S1)

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- untersuchen Lage- und Streumaße von Stichproben
- erläutern den Begriff der Zufallsgröße an geeigneten Beispielen
- bestimmen den Erwartungswert μ und die Standardabweichung σ von Zufallsgrößen und treffen damit prognostische Aussagen

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Modellieren

Die Schülerinnen und Schüler

- treffen Annahmen und nehmen begründet Vereinfachungen einer realen Situation vor (*Strukturieren*)

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Buch: S. 243-247
- 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.
- 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 in der Sekundarstufe I reaktiviert.
- Über eingängige Beispiele von Verteilungen mit gleichem

- erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (*Mathematisieren*)
- beziehen die erarbeitete Lösung wieder auf die Sachsituation (*Validieren*)

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.

- Anschließend werden diese Größen zum Vergleich von Wahrscheinlichkeitsverteilungen und zu einfachen Risikoabschätzungen genutzt.

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

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- verwenden Bernoulliketten zur Beschreibung entsprechender Zufallsexperimente
- erklären die Binomialverteilung im Kontext und berechnen damit Wahrscheinlichkeiten
- beschreiben den Einfluss der Parameter n und p auf Binomialverteilungen und ihre graphische Darstellung
- bestimmen den Erwartungswert μ und die Standardabweichung σ von Zufallsgrößen [...]

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Modellieren

Die Schülerinnen und Schüler

- treffen Annahmen und nehmen begründet Vereinfachungen einer realen Situation vor (*Strukturieren*)
- erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (*Mathematisieren*)
- beziehen die erarbeitete Lösung wieder auf die Sachsituation (*Validieren*)

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Buch: S. 248-254
- Durch Vergleich mit dem „Ziehen ohne Zurücklegen“ wird geklärt, dass die Anwendung des Modells ‚Bernoullikette‘ eine bestimmte Realsituation vor- aussetzt, d. h. dass die Treffer von Stufe zu Stufe unabhängig voneinander mit konstanter Wahrscheinlichkeit erfolgen.
- Zur formalen Herleitung der Binomialverteilung bieten sich das Galtonbrett bzw. seine Simulation und die Betrachtung von Multiple-Choice-Tests an.
- Eine Visualisierung der Verteilung sowie des Einflusses von Stichproben- umfang n und Trefferwahrscheinlichkeit p erfolgt dabei durch die graphische Darstellung der Verteilung als Histogramm unter Nutzung des GTR.
- Während sich die Berechnung des Erwartungswertes erschließt, kann die Formel für die Standardabweichung für ein zweistufiges Bernoulliexperiment plausibel gemacht werden. Auf eine allgemeingültige Herleitung wird verzichtet.
- Durch Erkunden wird festgestellt, dass unabhängig von n und p ca. 68% der Ergebnisse in der 1σ -Umgebung des Erwartungswertes liegen.

Werkzeuge nutzen

Die Schülerinnen und Schüler

- nutzen grafikfähige Taschenrechner und Tabellenkalkulationen
 - [...]
 - verwenden verschiedene digitale Werkzeuge zum
- ... Generieren von Zufallszahlen
... Berechnen von Wahrscheinlichkeiten bei binomialverteilten Zufallsgrößen
... Erstellen der Histogramme von Binomialverteilungen
... Variieren der Parameter von Binomialverteilungen
... Berechnen der Kennzahlen von Binomialverteilungen (Erwartungswert, Standardabweichung)

Thema: Modellieren mit Binomialverteilungen (Q-GK-S3)

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- nutzen Binomialverteilungen und ihre Kenngrößen zur Lösung von Problemstellungen
- schließen anhand einer vorgegebenen Entscheidungsregel aus einem Stichprobenergebnis auf die Grundgesamtheit

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Modellieren

Die Schülerinnen und Schüler

- treffen Annahmen und nehmen begründet Vereinfachungen einer realen Situation vor (*Strukturieren*)
- 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 [...] Modelle für die Fragestellung (*Validieren*)

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Buch: S. 255-265
- 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:
 - die Beschreibung des Sachkontextes durch ein Zufallsexperiment
 - die Interpretation des Zufallsexperiments als Bernoullikette
 - die Definition der zu betrachtenden Zufallsgröße
 - die Unabhängigkeit der Ergebnisse
 - die Benennung von Stichprobenumfang n und Trefferwahrscheinlichkeit 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.
-
-

- reflektieren die Abhängigkeit einer Lösung von den getroffenen Annahmen (*Validieren*)

Argumentieren

Die Schülerinnen und Schüler

- stellen Zusammenhänge zwischen Begriffen her (*Begründen*)
- nutzen mathematische Regeln bzw. Sätze und sachlogische Argumente für Begründungen (*Begründen*)
- verknüpfen Argumente zu Argumentationsketten (*Begründen*)

Thema: Von Übergängen und Prozessen (Q-GK-S4)

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- beschreiben stochastische Prozesse mithilfe von Zustandsvektoren und stochastischen Übergangsmatrizen
- verwenden die Matrizenmultiplikation zur Untersuchung stochastischer Prozesse (Vorhersage nachfolgender Zustände, numerisches Bestimmen sich stabilisierender Zustände)

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Modellieren

Die Schülerinnen und Schüler

- erfassen und strukturieren zunehmend komplexe Sachsituationen mit Blick auf eine konkrete Fragestellung (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)

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Buch: S. 202-225
- Ziel: zentrale Begriffe aus der Stochastik (Wahrscheinlichkeit, relative Häufigkeit) und Analysis (Grenzwert) mit Begriffen und Methoden der Linearen Algebra (Vektor, Matrix, lineare Gleichungssysteme) vernetzen
- SuS modellieren dabei in der Realität komplexe Prozesse, deren langfristige zeitliche Entwicklung untersucht und als Grundlage für Entscheidungen und Maßnahmen genutzt werden kann.
- 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.

Argumentieren

Die Schülerinnen und Schüler

- präzisieren Vermutungen mithilfe von Fachbegriffen und unter Berücksichtigung der logischen Struktur (*Vermuten*)
- nutzen mathematische Regeln bzw. Sätze und sachlogische Argumente für Begründungen (*Begründen*)
- stellen Zusammenhänge zwischen Begriffen her (*Begründen*)
- überprüfen, inwiefern Ergebnisse, Begriffe und Regeln verallgemeinert werden können (*Beurteilen*)

Qualifikationsphase LK – Funktionen und Analysis (A)

Thema: Modellieren von Sachsituationen mit ganzrationalen Funktionen (Q-LK-A1)

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- interpretieren Parameter von Funktionen im Kontext und untersuchen ihren Einfluss auf Eigenschaften von Funktionenscharen
- bestimmen Parameter einer Funktion mithilfe von Bedingungen, die sich aus dem Kontext ergeben („Steckbriefaufgaben“)
- beschreiben das Krümmungsverhalten des Graphen einer Funktion mit Hilfe der 2. Ableitung
- verwenden notwendige Kriterien und Vorzeichenwechselkriterien sowie weitere hinreichende Kriterien zur Bestimmung von Extrem- und Wendepunkten
- beschreiben den Gauß-Algorithmus als Lösungsverfahren für lineare Gleichungssysteme
- wenden den Gauß-Algorithmus ohne digitale Werkzeuge auf Gleichungssysteme mit maximal drei Unbekannten an, die mit geringem Rechenaufwand lösbar sind

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Buch: S: 106-132
- Aus gegebenen Punkten wird durch Aufstellen von Gleichungssystemen die Normalform einer quadratischen Funktion ermittelt.
- 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.
- 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.
- Die Funktionsklassen zur Modellierung werden auf ganzrationale Funktionen 3. oder 4. Grades erweitert und über gegebene Punkte, Symmetrieüberlegungen und Bedingungen an die Ableitung Gleichungen zur Bestimmung der Parameter aufgestellt.

Modellieren

Die Schülerinnen und Schüler

- erfassen und strukturieren zunehmend komplexe Sachsituationen mit Blick auf eine konkrete Fragestellung (*Strukturieren*)
- 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*)²
- 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 zum²
- ... Lösen von Gleichungen und Gleichungssystemen²
- ... zielgerichteten Variieren der Parameter von Funktionen
- nutzen mathematische Hilfsmittel und digitale Werkzeuge zum Erkunden [...], Berechnen und Darstellen

Thema: Optimierungsprobleme (Q-LK-A2)

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- führen Extremalprobleme durch Kombination mit

- Eventuell hilfreich: Der GTR wird zunächst als Blackbox zum Lösen von Gleichungssystemen und zur graphischen Darstellung der erhaltenen Funktionen im Zusammenhang verwendet und erst im Anschluss wird die Blackbox „Gleichungslöser“ geöffnet, das Gaußverfahren thematisiert und für einige gut überschaubare Systeme mit drei Unbekannten auch ohne digitale Werkzeuge durchgeführt.
- Über freie Parameter (aus unterbestimmten Gleichungssystemen) werden Lösungsscharen 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.
- Zur Förderung besonders leistungsstarker SuS bietet es sich an, sie selbstständig über die Spline-Interpolation forschen und referieren zu lassen.

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Buch: S. 126ff.: Extremwertprobleme lösen
- Ziel: selbstständiges Aufstellen der Funktionsgleichungen
- SuS sollen in Anwendungsbeispielen die Notwendigkeit

Nebenbedingungen auf Funktionen einer Variablen zurück und lösen diese

- verwenden notwendige Kriterien und Vorzeichenwechselkriterien [...] zur Bestimmung von Extrem- und Wendepunkten
- bilden die Ableitungen weiterer Funktionen
- Potenzfunktionen mit rationalen Exponenten
 - führen Eigenschaften von zusammengesetzten Funktionen (Summe, Produkt, Verkettung) argumentativ auf deren Bestandteile zurück
 - wenden die Produkt- und Kettenregel zum Ableiten von Funktionen an

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Modellieren

Die Schülerinnen und Schüler

- erfassen und strukturieren zunehmend komplexe Sachsituationen mit Blick auf eine konkrete Fragestellung (*Strukturieren*)
- 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*)

erkennen, Randextrema zu untersuchen.

- Anhand geeigneter Aufgaben werden Stellen extremer Steigung eines Funktionsgraphen thematisiert (z. B. Neuverschuldung und Schulden oder Besucherströme in einen Freizeitpark/zu einer Messe und erforderlicher Personaleinsatz) und dabei der zweiten Ableitung eine anschauliche Bedeutung als Zu- und Abnahmerate der Änderungsrate der Funktion verliehen.

- Im Zusammenhang mit geometrischen und ökonomischen Kontexten entwickeln die uS die Ableitungen von Wurzelfunktionen sowie die Produkt- und Kettenregel und wenden sie an.

Problemösen

Die Schülerinnen und Schüler

- finden und stellen Fragen zu einer gegebenen Problemsituation (*Erkunden*)
- wählen heuristische Hilfsmittel (z. B. Skizze, informative Figur, Tabelle ...) aus, um die Situation zu erfassen (*Erkunden*)
- nutzen heuristische Strategien und Prinzipien (z. B. systematisches Probieren, Darstellungswechsel, Zurückführen auf Bekanntes, Zerlegen in Teilprobleme, Fallunterscheidungen, Verallgemeinern ...) (*Lösen*)
- setzen ausgewählte Routineverfahren auch hilfsmittelfrei zur Lösung ein (*Lösen*)
- berücksichtigen einschränkende Bedingungen (*Lösen*)
- vergleichen verschiedene Lösungswege bezüglich Unterschieden und Gemeinsamkeiten (*Reflektieren*)

Thema: Von der Änderungsrate zum Bestand (Q-LK-A3)

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- interpretieren Produktsummen im Kontext als Rekonstruktion des Gesamtbestandes oder Gesamteffektes einer Größe
- deuten die Inhalte von orientierten Flächen im Kontext
- skizzieren zu einer gegebenen Randfunktion die zugehörige Flächeninhaltsfunktion

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Kommunizieren

Die Schülerinnen und Schüler

- erfassen, strukturieren und formalisieren Informationen aus [...] mathemathikhaltigen Texten und Darstellungen, aus mathematischen

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Buch: S. 54ff.
- Bereits bekannte Kontexte aus dem Bereich der Änderungsraten werden wieder aufgegriffen, z.B. (Geschwindigkeit – Weg, Zuflussrate von Wasser – Wassermenge)
- Außer der Schachtelung durch Ober- und Untersummen sollen die SuS eigenständig weitere unterschiedliche Strategien zur möglichst genauen näherungsweise Berechnung des Bestands entwickeln und vergleichen. Die entstehenden Produktsummen werden als Bilanz über orientierte Flächeninhalte interpretiert.
- Qualitativ können die Schülerinnen und Schüler so den Graphen einer Flächeninhaltsfunktion als „Bilanzgraphen“ zu einem vorgegebenen Randfunktionsgraphen skizzieren.

Fachtexten sowie aus Unterrichtsbeiträgen (*Rezipieren*)

- formulieren eigene Überlegungen und beschreiben eigene Lösungswege (*Produzieren*)
- wählen begründet eine geeignete Darstellungsform aus (*Produzieren*)
- wechseln flexibel zwischen mathematischen Darstellungsformen (*Produzieren*)
- dokumentieren Arbeitsschritte nachvollziehbar (*Produzieren*)
- erstellen Ausarbeitungen und präsentieren sie (*Produzieren*)

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

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern und vollziehen an geeigneten Beispielen den Übergang von der Produktsumme zum Integral auf der Grundlage eines propädeutischen Grenzwertbegriffs
- erläutern den Zusammenhang zwischen Änderungsrate und Integralfunktion
- deuten die Ableitung mithilfe der Approximation durch lineare Funktionen
- nutzen die Intervalladditivität und Linearität von Integralen
- begründen den Hauptsatz der Differential- und Integralrechnung
☒unter Verwendung eines anschaulichen Stetigkeitsbegriffs
- bestimmen Stammfunktionen ganzrationaler Funktionen
- bestimmen Integrale numerisch [...]
- ermitteln den Gesamtbestand oder Gesamteffekt einer Größe aus
☒der Änderungsrate oder der Randfunktion
- bestimmen Flächeninhalte und Volumina von Körpern, die durch die Rotation um die Abszisse entstehen, mit Hilfe von bestimmten und uneigentlichen Integralen

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Buch: S. 59-105
- Prüfungsvorbereitung: S. 102ff.
- Ziel: Erkennen, dass die Integralfunktion eine Stammfunktion der Randfunktion ist
- Die Graphen der Randfunktion und der genäherten Integralfunktion können die SuS mit Hilfe einer Tabellenkalkulation und eines Funktionenplotters gewinnen, vergleichen und Beziehungen zwischen diesen herstellen. Fragen, wie die Genauigkeit der Näherung erhöht werden kann, geben Anlass zu anschaulichen Grenzwertüberlegungen.
- Um diesen Zusammenhang zu begründen, wird der absolute Zuwachs geometrisch durch Rechtecke nach oben und unten abgeschätzt. 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.
- Die SuS erarbeiten selbstständig die Regeln zur Bildung von Stammfunktionen durch Rückwärtsanwenden der bekannten Ableitungsregeln.
- Außerdem: Berechnung von Flächeninhalten, bei der auch

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Argumentieren

Die Schülerinnen und Schüler

- stellen Vermutungen auf (*Vermuten*)
- unterstützen Vermutungen beispielgebunden (*Vermuten*)
- präzisieren Vermutungen mithilfe von Fachbegriffen und unter Berücksichtigung der logischen Struktur (*Vermuten*)
- stellen Zusammenhänge zwischen Begriffen her (*Begründen*)
- verknüpfen Argumente zu Argumentationsketten (*Begründen*)
- erklären vorgegebene Argumentationen und mathematische Beweise (*Begründen*)
- überprüfen, inwiefern Ergebnisse, Begriffe und Regeln verallgemeinert werden können (*Beurteilen*)

Werkzeuge nutzen

Die Schülerinnen und Schüler

- nutzen [...] digitale Werkzeuge [*Erg. Fachkonferenz: Tabellenkalkulation und Funktionenplotter*] zum Erkunden und Recherchieren, Berechnen und Darstellen
- verwenden verschiedene digitale Werkzeuge zum ...
... Messen von Flächeninhalten zwischen Funktionsgraph und Abszisse
... Ermitteln des Wertes eines bestimmten Integrals

Thema: Exponentialfunktionen und Logarithmus (Q-LK-A5)

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- beschreiben die Eigenschaften von Exponentialfunktionen und begründen die besondere Eigenschaft der natürlichen Exponentialfunktion
- nutzen die natürliche Logarithmusfunktion als Umkehrfunktion der natürlichen Exponentialfunktion

Intervalladditivität und Linearität (bei der Berechnung von Flächen zwischen Kurven) thematisiert werden.

- Zum Schluss: komplexe Anwendungsaufgaben zur Vernetzung mit bereits erworbenen Kompetenzen (Funktionsuntersuchungen, Aufstellen von Funktionen aus Bedingungen), z.B. Lipnatura.
- weitere wichtige Grundvorstellung des Integrals: Mittelwertberechnung

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Buch: S. 113ff., S. 147ff.
- Auffrischung der bereits in der Einführungsphase erworbenen Kompetenzen
- Zusammenstellung der Eigenschaften einer allgemeinen Exponentialfunktion. Der GTR unterstützt dabei die Klärung der Bedeutung der verschiedenen Parameter und die Veränderungen durch Transformationen.

- bilden die Ableitungen weiterer Funktionen:
- natürliche Exponentialfunktion e^x
- Exponentialfunktionen mit beliebiger Basis a^x
- Natürliche Logarithmusfunktion
- nutzen die natürliche Logarithmusfunktion als Stammfunktion der $\frac{1}{x}$ -Funktion: $x \rightarrow 1/x$.

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Problemösen

Die Schülerinnen und Schüler

- erkennen und formulieren einfache und komplexe mathematische Probleme (*Erkunden*)
- entwickeln Ideen für mögliche Lösungswege (*Lösen*)
- nutzen heuristische Strategien und Prinzipien (z. B. systematisches \cdot Probieren, Darstellungswechsel, Invarianten finden, Zurückführen auf \cdot Bekanntes, Zerlegen in Teilprobleme)(*Lösen*)
- führen einen Lösungsplan zielgerichtet aus (*Lösen*)
- variieren Fragestellungen auf dem Hintergrund einer Lösung (*Reflektieren*)

Werkzeuge nutzen

Die Schülerinnen und Schüler

- verwenden verschiedene digitale Werkzeuge zum \cdot ... zielgerichteten Variieren der Parameter von Funktionen
- ... grafischen Messen von Steigungen
- entscheiden situationsangemessen über den Einsatz mathematischer Hilfsmittel und digitaler Werkzeuge und wählen diese gezielt aus
- nutzen mathematische Hilfsmittel und digitale Werkzeuge zum Erkunden und Recherchieren, Berechnen und Darstellen

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

- Die Frage nach der Ableitung an einer Stelle führt zu einer vertiefenden Betrachtung des Übergangs von der durchschnittlichen zur momentanen Änderungsrate. In einem Tabellenkalkulationsblatt wird für immer kleinere h das Verhalten des Differenzenquotienten beobachtet.
- Umgekehrt suchen die Lernenden zu einem gegebenen Ableitungswert die zugehörige Stelle.
- Umkehrprobleme im Zusammenhang mit der natürlichen Exponentialfunktion werden genutzt, um den natürlichen Logarithmus zu definieren und damit auch alle Exponentialfunktionen auf die Basis e zurückzuführen. Mit Hilfe der schon bekannten Kettenregel können dann auch allgemeine Exponentialfunktionen abgeleitet werden.
- Eine Vermutung zur Ableitung der natürlichen Logarithmusfunktion wird graphisch geometrisch mit einem DGS als Ortskurve gewonnen und anschließend mit der Kettenregel bewiesen.
-

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- verwenden Exponentialfunktionen zur Beschreibung von Wachstums- und Zerfallsvorgängen und vergleichen die Qualität der Modellierung exemplarisch mit einem begrenzten Wachstum
- bestimmen Integrale [...] mithilfe von gegebenen oder Nachschlagewerken entnommenen Stammfunktionen
- ermitteln den Gesamtbestand oder Gesamteffekt einer Größe aus der Änderungsrate oder der Randfunktion

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Modellieren

Die Schülerinnen und Schüler

- erfassen und strukturieren zunehmend komplexe Sachsituationen mit Blick auf eine konkrete Fragestellung (*Strukturieren*)
- übersetzen zunehmend komplexe Sachsituationen in mathematische Modelle (*Mathematisieren*)
- erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (*Mathematisieren*)
- ordnen einem mathematischen Modell verschiedene passende Sachsituationen zu (*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*)

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Buch: S. 22-32
- Prüfungsvorbereitung: S. 50f.
- Einführung der Kettenregel im Zusammenhang mit der Modellierung von Wachstumsprozessen durch natürliche Exponentialfunktionen mit linearen Exponenten
- 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.
- In diesen Kontexten ergeben sich ebenfalls Fragen, die erfordern, dass aus der Wachstumsgeschwindigkeit auf den Gesamteffekt geschlossen wird.

Qualifikationsphase LK – Analytische Geometrie und Lineare Algebra (G)

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

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- stellen Geraden in Parameterform dar
- interpretieren den Parameter von Geradengleichungen im Sachkontext
- stellen geradlinig begrenzte Punktmengen in Parameterform dar

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Modellieren

Die Schülerinnen und Schüler

- erfassen und strukturieren zunehmend komplexe Sachsituationen mit Blick auf eine konkrete Fragestellung (*Strukturieren*)
- 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*)
- beurteilen die Angemessenheit aufgestellter (ggf. konkurrierender) Modelle für die Fragestellung (*Validieren*)
- verbessern aufgestellte Modelle mit Blick auf die Fragestellung (*Validieren*)

Werkzeuge nutzen

Die Schülerinnen und Schüler

- nutzen Geodreiecke, geometrische Modelle und Dynamische Geometrie-Software
- verwenden verschiedene digitale Werkzeuge zum ... grafischen Darstellen von Ortsvektoren, Vektorsummen und Geraden

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Buch: S. 175-178, 184-193 (Geraden im Raum)
- 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.
- 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.
- Ergänzend zum dynamischen Zugang wird die rein geometrische Frage aufgeworfen, wie eine Gerade durch zwei Punkte zu beschreiben ist. Hier- bei 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.
- Mögliche Anwendung: Schattenwürfe von Gebäuden in Parallel- und Zentralprojektion auf eine der Grundebenen berechnen und zeichnerisch darstellen. Der Einsatz der DGS bietet hier die zusätzliche Möglichkeit, dass der Ort der Strahlenquelle variiert werden kann.

... Darstellen von Objekten im Raum

Thema: Das Skalarprodukt und seine ersten Anwendungen (Q-LK-G2)

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- deuten das Skalarprodukt geometrisch und berechnen es²
- untersuchen mit Hilfe des Skalarprodukts geometrische Objekte und Situationen im Raum (Orthogonalität, Winkel- und Längenberechnung)²
- bestimmen Abstände zwischen Punkten und Geraden [...]

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Problemösen

Die Schülerinnen und Schüler

- erkennen und formulieren einfache und komplexe mathematische Probleme (*Erkunden*)
- analysieren und strukturieren die Problemsituation (*Erkunden*)
- entwickeln Ideen für mögliche Lösungswege (*Lösen*)
- vergleichen verschiedene Lösungswege bezüglich Unterschieden² und Gemeinsamkeiten (*Reflektieren*)

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

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- stellen lineare Gleichungssysteme in Matrix-Vektor-Schreibweise dar
- stellen Ebenen in Koordinaten- und in Parameterform dar
- deuten das Skalarprodukt geometrisch und berechnen es
- stellen Ebenen in Normalenform dar und nutzen diese zur Orientierung im Raum

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Buch: S. 209-213
- 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 (alternativ zu einer Herleitung aus dem Kosinussatz).
- Die formale Frage nach der Bedeutung eines Produktes von zwei Vektoren sowie den dabei gültigen Rechengesetzen wird im Zusammenhang mit der Analyse von typischen Fehlern (z. B. Division durch einen Vektor) gestellt.
-
- In Anwendungskontexten (z. B. Vorbeiflug eines Flugzeugs an einem Hindernis unter Einhaltung eines Sicherheitsabstandes, vgl. Q-GK-G3) kann entdeckt werden, wie der Abstand eines Punktes von einer Geraden u. a. als Streckenlänge über die Bestimmung eines Lotfußpunktes ermittelt werden kann.

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Buch: S. 194-237
- Die unterschiedlichen Darstellungsformen der Ebenengleichung und ihre jeweilige geometrische Deutung (Koordinatenform, Achsenabschnittsform, Hesse-Normalenform als Sonderformen der Normalenform) werden gegenübergestellt, verglichen und in Beziehung gesetzt. Dabei intensiviert der kommunikative Austausch die fachlichen Aneignungsprozesse. Die Achsenabschnittsform erleichtert es, Ebenen zeichnerisch darzustellen. Zur Veranschaulichung der Lage von Ebenen

- bestimmen Abstände zwischen Punkten, Geraden und Ebenen

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Argumentieren

Die Schülerinnen und Schüler

- stellen Zusammenhänge zwischen Begriffen her (Ober-/Unterbegriff) (*Begründen*)
- nutzen mathematische Regeln bzw. Sätze und sachlogische Argumente für Begründungen (*Begründen*)
- überprüfen, inwiefern Ergebnisse, Begriffe und Regeln verallgemeinert werden können (*Beurteilen*)

Kommunizieren

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern mathematische Begriffe in theoretischen und in Sachzusammenhängen (*Rezipieren*)
- formulieren eigene Überlegungen und beschreiben eigene Lösungswege (*Produzieren*)
- wechseln flexibel zwischen mathematischen Darstellungsformen (*Produzieren*)

Thema: Lagebeziehungen und Abstandsprobleme bei geradlinig bewegten Objekten (Q-LK-G4)

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- interpretieren den Parameter von Geradengleichungen im Sachkontext
- untersuchen Lagebeziehungen zwischen Geraden [...]
- berechnen Schnittpunkte von Geraden sowie Durchstoßpunkte von \mathbb{R} Geraden mit Ebenen und deuten sie im Sachkontext
- bestimmen Abstände zwischen Punkten, Geraden und Ebenen

wird eine räumliche Geometriesoftware verwendet.

- 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.
- Ein Wechsel zwischen Koordinatenform und Parameterform der Ebene ist über die drei Achsenabschnitte möglich. Alternativ wird ein Normalenvektor mit Hilfe eines Gleichungssystems bestimmt.

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Argumentieren

Die Schülerinnen und Schüler

- präzisieren Vermutungen mithilfe von Fachbegriffen und unter Berücksichtigung der logischen Struktur (*Vermuten*)
- stellen Zusammenhänge zwischen Begriffen her (Ober-/Unterbegriff) (*Begründen*)
- nutzen mathematische Regeln bzw. Sätze und sachlogische Argumente für Begründungen (*Begründen*)
- berücksichtigen vermehrt logische Strukturen (notwendige/hinreichende Bedingung, Folgerungen/Äquivalenz, Und-/Oder-Verknüpfungen, Negation, All- und Existenzaussagen) (*Begründen*)
- überprüfen, inwiefern Ergebnisse, Begriffe und Regeln verallgemeinert werden können (*Beurteilen*)

Kommunizieren

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern mathematische Begriffe in theoretischen und in Sachzusammenhängen (*Rezipieren*)
- verwenden die Fachsprache und fachspezifische Notation in angemessenem Umfang (*Produzieren*)
- wechseln flexibel zwischen mathematischen Darstellungsformen (*Produzieren*)
- erstellen Ausarbeitungen und präsentieren sie (*Produzieren*)
- vergleichen und beurteilen ausgearbeitete Lösungen hinsichtlich ihrer Verständlichkeit und fachsprachlichen Qualität (*Diskutieren*)

Thema: Untersuchungen an Polyedern (Q-LK-G5)

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- stellen lineare Gleichungssysteme in Matrix-Vektor-Schreibweise

- Die Berechnung des Abstandes zweier Flugbahnen kann für den Vergleich unterschiedlicher Lösungsvarianten genutzt werden. Dabei wird unterschieden, ob die Lotfußpunkte der kürzesten Verbindungsstrecke mit- berechnet werden oder nachträglich aus dem Abstand bestimmt werden müssen.

- In der Rückschau sollten die SuS nun einen Algorithmus entwickeln, um über die Lagebeziehung zweier Geraden zu entscheiden.

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Buch: S. 248-259
- Tetraeder, Pyramiden, Würfel, Prismen und Oktaeder bieten vielfältige Anlässe für (im Sinne des Problemlösens offen angelegte)

dar

- beschreiben den Gauß-Algorithmus als Lösungsverfahren für lineare Gleichungssysteme
- wenden den Gauß-Algorithmus ohne digitale Werkzeuge auf Gleichungssysteme mit maximal drei Unbekannten an
- interpretieren die Lösungsmenge von linearen Gleichungssystemen
- stellen geradlinig begrenzte Punktmengen in Parameterform dar
- untersuchen Lagebeziehungen [...] zwischen Geraden und Ebenen
- berechnen (Schnittpunkte von Geraden sowie) Durchstoßpunkte \square von Geraden mit Ebenen und deuten sie im Sachkontext
- untersuchen mit Hilfe des Skalarprodukts geometrische Objekte und Situationen im Raum (Orthogonalität, Winkel- und Längenberechnung) \square
- bestimmen Abstände zwischen Punkten, Geraden und Ebenen

exemplarische geometrische Untersuchungen und können auf reale Objekte (z. B. Gebäude) bezogen werden.

- Auch hier wird eine räumliche Geometriesoftware eingesetzt.
- Abstände von Punkten zu Geraden (Q-LK-G2) und zu Ebenen (Q-LK-G3) ermöglichen es z. B., die Fläche eines Dreiecks oder die Höhe und das Volumen einer Pyramide zu bestimmen. Abgesehen von der Abstandsberechnung zwischen Geraden (erst in Q-LK-G5) müssen weitere Formen der Abstandsberechnungen nicht systematisch abgearbeitet werden, sie können bei Bedarf im Rahmen von Problemlöseprozessen in konkrete Aufgaben integriert werden.
- Das Gauß-Verfahren soll anknüpfend an das Thema Q-LK-A2 im Zusammenhang mit der Berechnung von Schnittfiguren oder bei der Konstruktion regelmäßiger Polyeder vertieft werden.

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Problemösen

Die Schülerinnen und Schüler

- erkennen und formulieren einfache und komplexe mathematische Probleme (*Erkunden*)
- analysieren und strukturieren die Problemsituation (*Erkunden*)
- entwickeln Ideen für mögliche Lösungswege (*Lösen*)
- 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, [...]) (*Lösen*)
- wählen geeignete Begriffe, Zusammenhänge und Verfahren zur Problemlösung aus (*Lösen*) \square
- beurteilen und optimieren Lösungswege mit Blick auf Richtigkeit und Effizienz (*Reflektieren*)

Werkzeuge nutzen

Die Schülerinnen und Schüler

- verwenden verschiedene digitale Werkzeuge zum
- ... Lösen von Gleichungen und Gleichungssystemen
- ... Durchführen von Operationen mit Vektoren und Matrizen

Thema: Strategieentwicklung bei geometrischen Problemsituationen und Beweisaufgaben (Q-LK-G6)

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- stellen Geraden in Parameterform dar
- stellen Ebenen in Koordinaten- und in Parameterform dar
- stellen geradlinig begrenzte Punktmengen in Parameterform dar
- untersuchen Lagebeziehungen zwischen Geraden und zwischen Geraden und Ebenen
- berechnen Schnittpunkte von Geraden sowie Durchstoßpunkte von Geraden mit Ebenen und deuten sie im Sachkontext
- untersuchen mit Hilfe des Skalarprodukts geometrische Objekte und Situationen im Raum (Orthogonalität, Winkel- und Längenberechnung)
- stellen Ebenen in Normalenform dar und nutzen diese zur Orientierung im Raum
- bestimmen Abstände zwischen Punkten, Geraden und Ebenen

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Modellieren

Die Schülerinnen und Schüler

- erfassen und strukturieren zunehmend komplexe Sachsituationen mit Blick auf eine konkrete Fragestellung (*Strukturieren*)
- übersetzen zunehmend komplexe Sachsituationen in mathematische Modelle (*Mathematisieren*)
- erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Buch: S. 270f.
- Ziel: Problemlösungen mit den prozessbezogenen Zielen verbinden
 - 1) eine planerische Skizze anzufertigen und die gegebenen geometrischen Objekte abstrakt zu beschreiben,
 - 2) geometrische Hilfsobjekte einzuführen,
 - 3) an geometrischen Situationen Fallunterscheidungen vorzunehmen,
 - 4) bekannte Verfahren zielgerichtet einzusetzen und in komplexeren Abläufen zu kombinieren,
 - 5) unterschiedliche Lösungswege Kriterien gestützt zu vergleichen.
- Bei der Durchführung der Lösungswege können die Schülerinnen und Schüler auf das entlastende Werkzeug des GTR zurückgreifen, jedoch steht dieser Teil der Lösung hier eher im Hintergrund und soll sogar bei aufwändigeren Problemen bewusst ausgeklammert werden.
- Bei Beweisaufgaben sollen die Schülerinnen und Schüler Formalisierungen in Vektorschreibweise rezipieren und ggf. selbst vornehmen. Dabei spielt auch die Entdeckung einer Gesetzmäßigkeit – ggf. mit Hilfe von DGS – eine Rolle. Geeignete Beispiele bieten der Satz von Varignon oder der Sehnen-(Tangenten-)satz von Euklid.
-

eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (*Mathematisieren*)

- beurteilen die Angemessenheit aufgestellter (ggf. konkurrierender) Modelle für die Fragestellung (*Validieren*)
- reflektieren die Abhängigkeit einer Lösung von den getroffenen Annahmen (*Validieren*)

Problemösen

Die Schülerinnen und Schüler

- wählen heuristische Hilfsmittel (z. B. Skizze, informative Figur, Tabelle, experimentelle Verfahren) aus, um die Situation zu erfassen (*Erkunden*)
- entwickeln Ideen für mögliche Lösungswege (*Lösen*)
- nutzen heuristische Strategien und Prinzipien (z. B. Analogiebetrachtungen, Schätzen und Überschlagen, systematisches Probieren oder Ausschließen, Darstellungswechsel, Zerlegen und Ergänzen, Symmetrien verwenden, Invarianten finden, Zurückführen auf Bekanntes, Zerlegen in Teilprobleme, Fallunterscheidungen, Vorwärts- und Rückwärtsarbeiten, Verallgemeinern) (*Lösen*)
- führen einen Lösungsplan zielgerichtet aus (*Lösen*)
- vergleichen verschiedene Lösungswege bezüglich Unterschieden und Gemeinsamkeiten (*Reflektieren*)
- beurteilen und optimieren Lösungswege mit Blick auf Richtigkeit und Effizienz (*Reflektieren*)
- analysieren und reflektieren Ursachen von Fehlern (*Reflektieren*)
- variieren Fragestellungen auf dem Hintergrund einer Lösung (*Reflektieren*)

Qualifikationsphase LK – Stochastik (S)

Thema: Von stochastischen Modellen, Zufallsgrößen, Wahrscheinlichkeitsverteilungen und ihre Kenngrößen (Q-LK-S1)

Zu entwickelnde Kompetenzen

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- untersuchen Lage- und Streumaße von Stichproben
- erläutern den Begriff der Zufallsgröße an geeigneten Beispielen
- bestimmen den Erwartungswert μ und die Standardabweichung σ von Zufallsgrößen und treffen damit prognostische Aussagen

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Modellieren

Die Schülerinnen und Schüler

- treffen Annahmen und nehmen begründet Vereinfachungen einer realen Situation vor (*Strukturieren*)
- erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (*Mathematisieren*)
- beziehen die erarbeitete Lösung wieder auf die Sachsituation (*Validieren*)

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

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- verwenden Bernoulliketten zur Beschreibung entsprechender Zufallsexperimente
- erklären die Binomialverteilung einschließlich der kombinatorischen Bedeutung der Binomialkoeffizienten und berechnen damit Wahrscheinlichkeiten
- nutzen Binomialverteilungen und ihre Kenngrößen zur Lösung von Problemstellungen

- Buch: S. 334-355

- 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.

- 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 in der Sekundarstufe I 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; anhand gezielter Veränderungen der Verteilung werden die Auswirkungen auf deren Kenngrößen untersucht und interpretiert.

- Anschließend werden diese Größen zum Vergleich von Wahrscheinlichkeitsverteilungen und zu einfachen Risikoabschätzungen genutzt.

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Buch: S. 356ff.

- Durch Vergleich mit dem „Ziehen ohne Zurücklegen“ wird geklärt, dass die Anwendung des Modells ‚Bernoullikette‘ eine bestimmte Realsituation vor- aussetzt, d. h. dass die Treffer von Stufe zu Stufe unabhängig voneinander mit konstanter Wahrscheinlichkeit erfolgen.

- Zur formalen Herleitung der Binomialverteilung bieten sich das Galtonbrett bzw. seine Simulation und die Betrachtung von Multiple-Choice-Tests an.

- Die anschließende Vertiefung erfolgt in unterschiedlichen Sachkontexten, deren Bearbeitung auf vielfältigen Zeitungsartikeln

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Modellieren

Die Schülerinnen und Schüler

- treffen Annahmen und nehmen begründet Vereinfachungen einer realen Situation vor (*Strukturieren*)
- erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (*Mathematisieren*)
- beziehen die erarbeitete Lösung wieder auf die Sachsituation (*Validieren*)

Werkzeuge nutzen

Die Schülerinnen und Schüler

- nutzen grafikfähige Taschenrechner und Tabellenkalkulationen [...]
- verwenden verschiedene digitale Werkzeuge zum
... Generieren von Zufallszahlen
... Berechnen von Wahrscheinlichkeiten bei binomialverteilten Zufallsgrößen
... Erstellen der Histogramme von Binomialverteilungen

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

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- beschreiben den Einfluss der Parameter n und p auf Binomialverteilungen und ihre graphische Darstellung
- bestimmen den Erwartungswert μ und die Standardabweichung σ von (binomialverteilten) Zufallsgrößen und treffen damit prognostische Aussagen
- nutzen die σ -Regeln für prognostische Aussagen
- nutzen Binomialverteilungen und ihre Kenngrößen zur Lösung von σ Problemstellungen

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

basieren kann. Auch Beispiele der Modellumkehrung werden betrachtet („Von der Verteilung zur Realsituation“).

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Buch: S. 360-369
- Eine Visualisierung der Verteilung sowie des Einflusses von Stichprobenumfang n und Trefferwahrscheinlichkeit p erfolgt durch die graphische Darstellung der Verteilung als Histogramm unter Nutzung des GTR.
- Während sich die Berechnung des Erwartungswertes erschließt, kann die Formel für die Standardabweichung induktiv entdeckt werden: In einer Tabellenkalkulation wird bei festem n und p für jedes k 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

Problemösen

Die Schülerinnen und Schüler

- analysieren und strukturieren die Problemsituation (*Erkunden*)
- wählen heuristische Hilfsmittel (z. B. Skizze, informative Figur, Tabelle, experimentelle Verfahren) aus, um die Situation zu erfassen (*Erkunden*)
- erkennen Muster und Beziehungen (*Erkunden*)
- entwickeln Ideen für mögliche Lösungswege (*Lösen*)
- nutzen heuristische Strategien und Prinzipien (z. B. Invarianten finden, Zurückführen auf Bekanntes, Zerlegen in Teilprobleme, Verallgemeinern) (*Lösen*)
- interpretieren Ergebnisse auf dem Hintergrund der Fragestellung (*Reflektieren*)

Werkzeuge nutzen

Die Schülerinnen und Schüler

- nutzen grafikfähige Taschenrechner und Tabellenkalkulationen [...]
 - verwenden verschiedene digitale Werkzeuge zum
- ... Variieren der Parameter von Binomialverteilungen
- ... Erstellen der Histogramme von Binomialverteilungen
- ... Berechnen der Kennzahlen von Binomialverteilungen (Erwartungs- wert, Standardabweichung)
- ... Berechnen von Wahrscheinlichkeiten bei binomialverteilten Zufallsgrößen

Thema: Ist die Glocke normal? (Q-LK-S4)

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- unterscheiden diskrete und stetige Zufallsgrößen und deuten die Verteilungsfunktion als Integralfunktion
- untersuchen stochastische Situationen, die zu annähernd

notiert. Durch systematisches Variieren von n und p entdecken die Lernenden die funktionale Abhängigkeit der Varianz von diesen Parametern und die Formel $\sigma = \sqrt{n \cdot p \cdot (1 - p)}$.

- Das Konzept der s -Umgebungen wird durch experimentelle Daten abgeleitet. Es wird benutzt, um Prognoseintervalle anzugeben, den notwendigen Stichprobenumfang für eine vorgegebene Genauigkeit zu bestimmen und um das $\frac{1}{\sqrt{n}}$ -Gesetz der großen Zahlen zu präzisieren.

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Buch: S. 390-405
- Normalverteilungen sind in der Stochastik bedeutsam, weil sich die Summenverteilung von genügend vielen unabhängigen Zufallsvariablen häufig durch eine Normalverteilung approximieren lässt. Deshalb kann der Einstieg in dieses Unterrichtsvorhaben über die

normal- verteilten Zufallsgrößen führen

- beschreiben den Einfluss der Parameter μ und σ auf die Normalverteilung und die graphische Darstellung ihrer Dichtefunktion (Gaußsche Glockenkurve)

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Modellieren

Die Schülerinnen und Schüler

- erfassen und strukturieren [...] komplexe Sachsituationen mit Blick auf eine konkrete Fragestellung (*Strukturieren*)
- übersetzen [...] komplexe Sachsituationen in mathematische Modelle (*Mathematisieren*)
- erarbeiten mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten eine Lösung innerhalb des mathematischen Modells (*Mathematisieren*)
- beurteilen die Angemessenheit aufgestellter (ggf. konkurrierender) Modelle für die Fragestellung (*Validieren*)
- reflektieren die Abhängigkeit einer Lösung von den getroffenen Annahmen (*Validieren*)

Problemösen

Die Schülerinnen und Schüler

- erkennen Muster und Beziehungen (*Erkunden*)
- entwickeln Ideen für mögliche Lösungswege (*Lösen*)
- wählen Werkzeuge aus, die den Lösungsweg unterstützen (*Lösen*)

Werkzeuge nutzen

Die Schülerinnen und Schüler

- verwenden verschiedene digitale Werkzeuge zum
- ... Generieren von Zufallszahlen
- ... Variieren der Parameter von Wahrscheinlichkeitsverteilungen
- ... Erstellen der Histogramme von Binomialverteilungen

Untersuchung von Summenverteilungen erfolgen.

- Mit einer Tabellenkalkulation werden die Augensummen von zwei, drei, vier... Würfeln simuliert, wobei in der grafischen Darstellung die Glockenform zunehmend deutlicher wird.
- Ergebnisse von Schulleistungstests oder Intelligenztests werden erst vergleichbar, wenn man sie hinsichtlich Mittelwert und Streuung normiert, was ein Anlass dafür ist, mit den Parametern μ und σ zu experimentieren. Auch Untersuchungen zu Mess- und Schätzfehlern bieten einen anschaulichen, ggf. handlungsorientierten Zugang.
- Bei genügend Zeit kann die Herleitung der Normalverteilung aus der Binomialverteilung 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 werden kann (vgl. Q-LK-A3). Die Visualisierung erfolgt mithilfe des GTR.
- 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.

- ... Berechnen von Wahrscheinlichkeiten bei normalverteilten Zufallsgrößen
- nutzen digitale Hilfsmittel und digitale Werkzeuge zum Erkunden und Recherchieren, Berechnen und Darstellen
 - entscheiden situationsangemessen über den Einsatz mathematischer Hilfsmittel und digitaler Werkzeuge, wählen sie gezielt aus und nutzen sie zum Erkunden ..., Berechnen und Darstellen
 - reflektieren und begründen die Möglichkeiten und Grenzen mathematischer Hilfsmittel und digitaler Werkzeuge

Thema: Signifikant und relevant? – Testen von Hypothesen (Q-LK-S5)

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- interpretieren Hypothesentests bezogen auf den Sachkontext und das Erkenntnisinteresse
- beschreiben und beurteilen Fehler 1. und 2. Art

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Modellieren

Die Schülerinnen und Schüler

- erfassen und strukturieren zunehmend komplexe Sachsituationen mit Blick auf eine konkrete Fragestellung (*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*)

Kommunizieren

Die Schülerinnen und Schüler

- erfassen, strukturieren und formalisieren Informationen aus

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Buch: S. 370-384, 406f.
- 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.
- 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.
- Im Rahmen eines realitätsnahen Kontextes werden folgende Fragen diskutiert:
 - - Welche Hypothesen werden aufgestellt? Wer formuliert diese mit welcher Interessenlage?
 - - Welche Fehlentscheidungen treten beim Testen auf? Welche Konsequenzen haben sie? 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.

zunehmend komplexen mathemathikhaltigen Texten und Darstellungen,
aus mathematischen Fachtexten sowie aus Unterrichtsbeiträgen
(Rezipieren)

- formulieren eigene Überlegungen und beschreiben eigene Lösungswege (Produzieren)
- führen Entscheidungen auf der Grundlage fachbezogener Diskussionen herbei (Diskutieren)

Thema: Von Übergängen und Prozessen (Q-LK-S6)

Zu entwickelnde Kompetenzen

Inhaltsbezogene Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- beschreiben stochastische Prozesse mithilfe von Zustandsvektoren und stochastischen Übergangsmatrizen
- verwenden die Matrizenmultiplikation zur Untersuchung stochastischer Prozesse (Vorhersage nachfolgender Zustände, numerisches Bestimmen sich stabilisierender Zustände)

Prozessbezogene Kompetenzen (Schwerpunkte):

Modellieren

Die Schülerinnen und Schüler

- erfassen und strukturieren zunehmend komplexe Sachsituationen mit Blick auf eine konkrete Fragestellung (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)

Argumentieren

Die Schülerinnen und Schüler

- präzisieren Vermutungen mithilfe von Fachbegriffen und unter

Vorgabenbezogene Absprachen und Empfehlungen

- Buch: S. 302-333
- Ziel: zentrale Begriffe aus der Stochastik (Wahrscheinlichkeit, relative Häufigkeit) und Analysis (Grenzwert) mit Begriffen und Methoden der Linearen Algebra (Vektor, Matrix, lineare Gleichungssysteme) vernetzen
- SuS modellieren dabei in der Realität komplexe Prozesse, deren langfristige zeitliche Entwicklung untersucht und als Grundlage für Entscheidungen und Maßnahmen genutzt werden kann.
- 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.
- Eine nicht obligatorische Vertiefungsmöglichkeit besteht darin, Ausgangszustände über ein entsprechendes Gleichungssystem zu ermitteln und zu erfahren, dass der GTR als Hilfsmittel dazu die inverse Matrix bereitstellt.

Berücksichtigung der logischen Struktur (*Vermuten*)

- nutzen mathematische Regeln bzw. Sätze und sachlogische Argumente für Begründungen (*Begründen*)
- stellen Zusammenhänge zwischen Begriffen her (*Begründen*)
- überprüfen, inwiefern Ergebnisse, Begriffe und Regeln verallgemeinert werden können (*Beurteilen*)

2.2 Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit

Unter Berücksichtigung des Schulprogramms hat die Fachkonferenz Mathematik die folgenden fachmethodischen und fachdidaktischen Grundsätze beschlossen. In diesem Zusammenhang werden fächerübergreifende (1-15) und fachspezifische Grundsätze (16-26) unterschieden:

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 Schülerinnen und Schüler.
3. Die Unterrichtsgestaltung ist auf die Ziele und Inhalte abgestimmt.
4. Medien und Arbeitsmittel sind schülernah gewählt.
5. Die Schülerinnen und Schüler erreichen einen Lernzuwachs.
6. Der Unterricht fördert eine aktive Teilnahme der Schülerinnen und Schüler.
7. Der Unterricht fördert die Zusammenarbeit zwischen den Schülerinnen und Schüler und bietet ihnen Möglichkeiten zu eigenen Lösungen.
8. Der Unterricht berücksichtigt die individuellen Lernwege der einzelnen Schülerinnen und Schüler.
9. Die Schülerinnen und Schüler 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 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. Parallel zum Haus- bzw. Übungsheft kann ein Portfolio als „Wissensspeicher“ geführt werden, in dem fachliche Inhalte und Erkenntnisse bezüglich der Prozesse in systematischer Form gesichert werden können.
25. Im Unterricht wird auf einen angemessenen Umgang mit fachsprachlichen Elementen geachtet.

26. Digitale Medien werden regelmäßig dort eingesetzt, wo sie dem Lernfortschritt dienen.

2.3 Grundsätze der Leistungsbewertung und -rückmeldung

Die Bewertungskriterien für eine Leistung müssen den Schülerinnen und Schülern transparent und klar sein. Auf der Grundlage von § 48 SchulG, § 13 APO-GOST sowie Kapitel 3 des Kernlehrplans Mathematik hat die Fachkonferenz die nachfolgenden Grundsätze zur Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung beschlossen.

Verbindliche Absprachen:

- Die Aufgaben für Klausuren in parallelen Grund- bzw. Leistungskursen können gemeinsam gestellt werden.
- Klausuren können nach entsprechender Wiederholung im Unterricht auch Aufgabenteile enthalten, die Kompetenzen aus weiter zurückliegenden Unterrichtsvorhaben oder übergreifende prozessbezogene Kompetenzen erfordern (Wiederholungsaufgaben).
- Mindestens eine Klausur je Schuljahr in der E-Phase sowie in Grund- und Leistungskursen der Q-Phase enthält einen „hilfsmittelfreien“ Teil.
- In der Qualifikationsphase sind alle Anforderungsbereiche zu berücksichtigen, wobei der Anforderungsbereich II den Schwerpunkt bildet. Alle Klausuren enthalten auch Aufgaben mit Anforderungen im Sinne des Anforderungsbereiches III .
- 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 (Erwartungshorizont). Die Zuordnung der Hilfspunktsumme zu den Notenstufen orientiert sich in der Einführungsphase an der zentralen Klausur und in der Qualifikationsphase am Zuordnungsschema des Zentralabiturs. Die Note ausreichend soll bei Erreichen von ca. 50% der Hilfspunkte erteilt werden. Von den genannten Zuordnungsschemata kann im Einzelfall begründet abgewichen werden, wenn sich z. B. besonders originelle Teillösungen nicht durch Hilfspunkte gemäß den Kriterien des Erwartungshorizontes abbilden lassen oder eine Abwertung wegen besonders schwacher Darstellung (APO-GOST §13 (2)) angemessen erscheint.
- 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.

Verbindliche Instrumente:

a) Überprüfung der schriftlichen Leistung

Jahrgangsstufe	Anzahl der Klausuren im Schuljahr	Anzahl der Klausuren im 1. Halbjahr	Anzahl der Klausuren im 2. Halbjahr	Dauer
EF	4	2	1 + 1 landeseinheitlich zentral gestellte Klausur	2 Unterrichtsstunden
Q1/Q2.1 GK ggf.	4 ersetzt die erste Klausur in der Q2.	2	2	3 Unterrichtsstunden

Facharbeit

Q2.2 GK	Abivorklausur (unter Abiturbedingungen) für SuS, die Mathematik als 3. Abiturfach gewählt haben	3 Zeitstunden
Q1/Q2.1 LK	4 2 2	4 Unterrichtsstunden
Q2.2 LK	Abivorklausur unter Abiturbedingungen bzgl. Dauer und inhaltlicher Gestaltung	4,25 Zeitstunden

b) Überprüfung der sonstigen Leistung

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.

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

- Beteiligung am Unterrichtsgespräch (Quantität und Kontinuität)
- Qualität der Beiträge (inhaltlich und methodisch)
- Eingehen auf Beiträge und Argumentationen von Mitschülerinnen und -schülern, Unterstützung von Mitlernenden
- Umgang mit neuen Problemen, Beteiligung bei der Suche nach neuen Lösungswegen
- Selbstständigkeit im Umgang mit der Arbeit
- 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
- ggf. Führung eines Portfolios
- Ergebnisse schriftlicher Übungen
- ggf. Erstellen von Protokollen
- ggf. Anfertigen zusätzlicher Arbeiten, z. B. eigenständige Ausarbeitungen im Rahmen binnendifferenzierender Maßnahmen, Erstellung von Computerprogrammen

Im Folgenden werden Kriterien für die Bewertung der sonstigen Leistungen jeweils für eine gute bzw. eine ausreichende Leistung dargestellt:

Leistungsaspekt	Anforderungen für eine gute Leistung	ausreichende Leistung
	Die Schülerin/Der Schüler...	
Qualität der Unterrichtsbeiträge	nennt richtige Lösungen und begründet sie nachvollziehbar im Zusammenhang der Aufgabenstellung geht selbstständig auf andere Lösungen ein, findet Argumente und Begründungen für ihre/seine eigenen Beiträge kann ihre/seine Ergebnisse auf unterschiedliche Art und mit unterschiedlichen Medien darstellen	nennt teilweise richtige Lösungen, in der Regel jedoch ohne nachvollziehbare Begründungen geht selten auf andere Lösungen ein, nennt Argumente, kann sie aber nicht begründen 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 strukturiert und erarbeitet neue Lerninhalte weitgehend selbstständig, stellt selbstständig Nachfragen	benötigt oft eine Aufforderung, um mit der Arbeit zu beginnen; arbeitet Rückstände nur teilweise auf erarbeitet neue Lerninhalte mit umfangreicher Hilfestellung, fragt diese aber nur selten nach
Hausaufgaben	erarbeitet bereitgestellte Materialien selbstständig erledigt sorgfältig und vollständig die Hausaufgaben	erarbeitet bereitgestellte Materialien eher lückenhaft erledigt die Hausaufgaben weitgehend vollständig, aber teilweise oberflächlich
Kooperation	trägt Hausaufgaben mit nachvollziehbaren Erläuterungen vor bringt sich ergebnisorientiert in die Gruppen-/ Partnerarbeit ein arbeitet kooperativ und respektiert die Beiträge Anderer	nennt die Ergebnisse, erläutert erst auf Nachfragen und oft unvollständig bringt sich nur wenig in die Gruppen-/Partnerarbeit ein unterstützt die Gruppenarbeit nur wenig
Gebrauch der Fachsprache	wendet Fachbegriffe sachangemessen an und kann ihre Bedeutung erklären	versteht Fachbegriffe nicht immer, kann sie teilweise nicht sachangemessen 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
Portfolio	führt das Portfolio sorgfältig und vollständig	führt das Portfolio weitgehend sorgfältig, aber teilweise unvollständig
Schriftliche Übung	ca. 75% der erreichbaren Punkte	ca. 50% der erreichbaren Punkte

Grundsätze der Leistungsrückmeldung und Beratung:

Leistungsrückmeldungen und eine Beratung erfolgen jeweils zum Quartalsende sowie den ganzen Lernprozess begleitend in Form von konstruktiven individuellen Lern- und Förderempfehlungen.

2.4 Lehr- und Lernmittel

Folgende Lehrwerke werden in der Sekundarstufe II verbindlich eingeführt:

Einführungsphase	Lambacher Schweizer Schülerbuch mit CD-ROM Einführungsphase, Ausgabe NRW Verlag: Klett 978-3-12-735431-7 Preis?
Qualifikationsphase I/II (GK)	Lambacher Schweizer Schülerbuch mit CD-ROM Qualifikationsphase für GK, Ausgabe NRW Verlag: Klett 978-3-12-735405-8 27,95€
Qualifikationsphase I/II (LK)	Lambacher Schweizer Schülerbuch mit CD-ROM Qualifikationsphase für LK, Ausgabe NRW Verlag: Klett 978-3-12-735401-0 34,95€
Fakultative Lehr- und Lernmittel	ergänzende Arbeitshefte mit zahlreichen Übungen

3 Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen

- Zusammenarbeit mit anderen Fächern
- Fach- und aufgabenbezogene sowie übergreifende Absprachen, z.B. Methodentage, Projektwoche, Facharbeitsvorbereitung, Schulprofil,...
- Nutzung außerschulischer Lernorte

2 Qualitätssicherung und Evaluation

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

Die Inhalte dieses schulinternen Curriculums werden regelmäßig durch die Fachkonferenz überprüft und ggf. verändert, um erkannten ungünstigen Entscheidungen schnellstmöglich entgegenwirken zu können.