

# Mathematik

# Abiturprüfung 2015

## Prüfungsteil B

Arbeitszeit: 180 Minuten

Bei der Bearbeitung der Aufgaben dürfen als Hilfsmittel verwendet werden

- die vom Staatsministerium genehmigte Merkhilfe für das Fach Mathematik,
- eine der vom Staatsministerium zugelassenen stochastischen Tabellen,
- eine der vom Staatsministerium für Leistungserhebungen zugelassenen naturwissenschaftlichen Formelsammlungen,
- ein Taschenrechner, der hinsichtlich seiner Funktionalität den vom Staatsministerium getroffenen Regelungen entspricht.

Zu den Themengebieten Analysis, Stochastik und Geometrie wählt der Fachausschuss jeweils eine Aufgabengruppe zur Bearbeitung aus. **Die zu einer Aufgabengruppe gehörenden Aufgaben im Prüfungsteil B dürfen nur in Verbindung mit den zur selben Aufgabengruppe gehörenden Aufgaben im Prüfungsteil A bearbeitet werden.**

<hr/> <p>Name des Prüflings</p>
---------------------------------

**Das Geheft mit den Aufgabenstellungen ist abzugeben.**

# Analysis

## Aufgabengruppe 1

BE

1 Gegeben ist die Funktion  $f$  mit  $f(x) = \frac{1}{x+1} - \frac{1}{x+3}$  und Definitionsbereich  $D_f = \mathbb{R} \setminus \{-3; -1\}$ . Der Graph von  $f$  wird mit  $G_f$  bezeichnet.

4 a) Zeigen Sie, dass  $f(x)$  zu jedem der drei folgenden Terme äquivalent ist:  
 $\frac{2}{(x+1)(x+3)}$ ;  $\frac{2}{x^2 + 4x + 3}$ ;  $\frac{1}{0,5 \cdot (x+2)^2 - 0,5}$

3 b) Begründen Sie, dass die  $x$ -Achse horizontale Asymptote von  $G_f$  ist, und geben Sie die Gleichungen der vertikalen Asymptoten von  $G_f$  an. Bestimmen Sie die Koordinaten des Schnittpunkts von  $G_f$  mit der  $y$ -Achse.

Abbildung 1 zeigt den Graphen der in  $\mathbb{R}$  definierten Funktion

$p: x \mapsto 0,5 \cdot (x+2)^2 - 0,5$ , die die Nullstellen  $x = -3$  und  $x = -1$  hat.

Für  $x \in D_f$  gilt  $f(x) = \frac{1}{p(x)}$ .

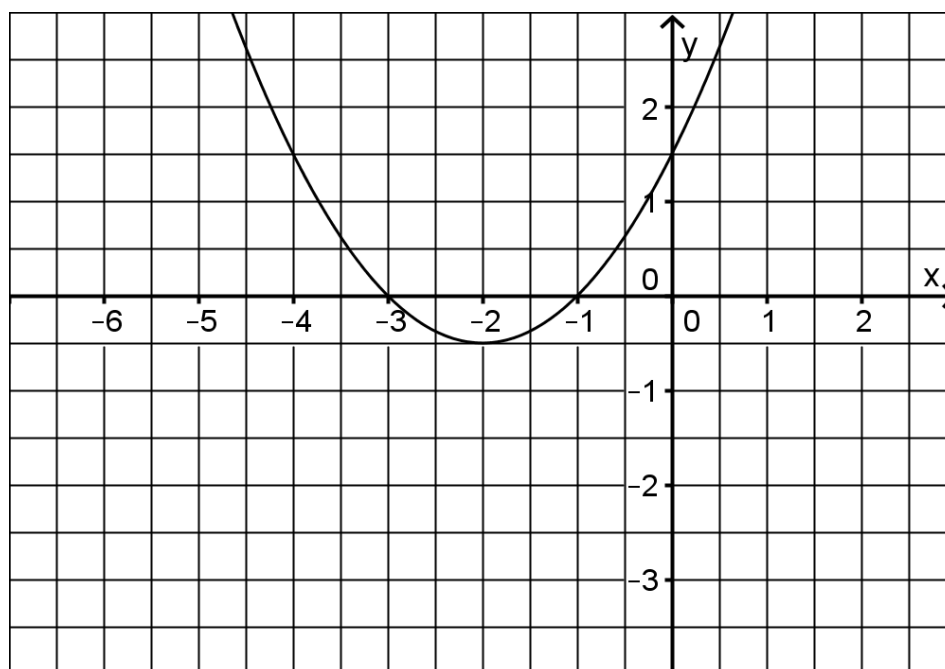


Abb. 1

5 c) Gemäß der Quotientenregel gilt für die Ableitungen  $f'$  und  $p'$  die

$$\text{Beziehung } f'(x) = -\frac{p'(x)}{(p(x))^2} \text{ für } x \in D_f.$$

Zeigen Sie unter Verwendung dieser Beziehung und ohne Berechnung von  $f'(x)$  und  $p'(x)$ , dass  $x = -2$  einzige Nullstelle von  $f'$  ist und dass  $G_f$  in  $]-3; -2[$  streng monoton steigend sowie in  $]-2; -1[$  streng monoton fallend ist. Geben Sie Lage und Art des Extrempunkts von  $G_f$  an.

(Fortsetzung nächste Seite)

4 d) Berechnen Sie  $f(-5)$  und  $f(-1,5)$  und skizzieren Sie  $G_f$  unter Berücksichtigung der bisherigen Ergebnisse in Abbildung 1.

2 Gegeben ist die Funktion  $h: x \mapsto \frac{3}{e^{x+1} - 1}$  mit Definitionsbereich  $D_h = ]-1; +\infty[$ . Abbildung 2 zeigt den Graphen  $G_h$  von  $h$ .

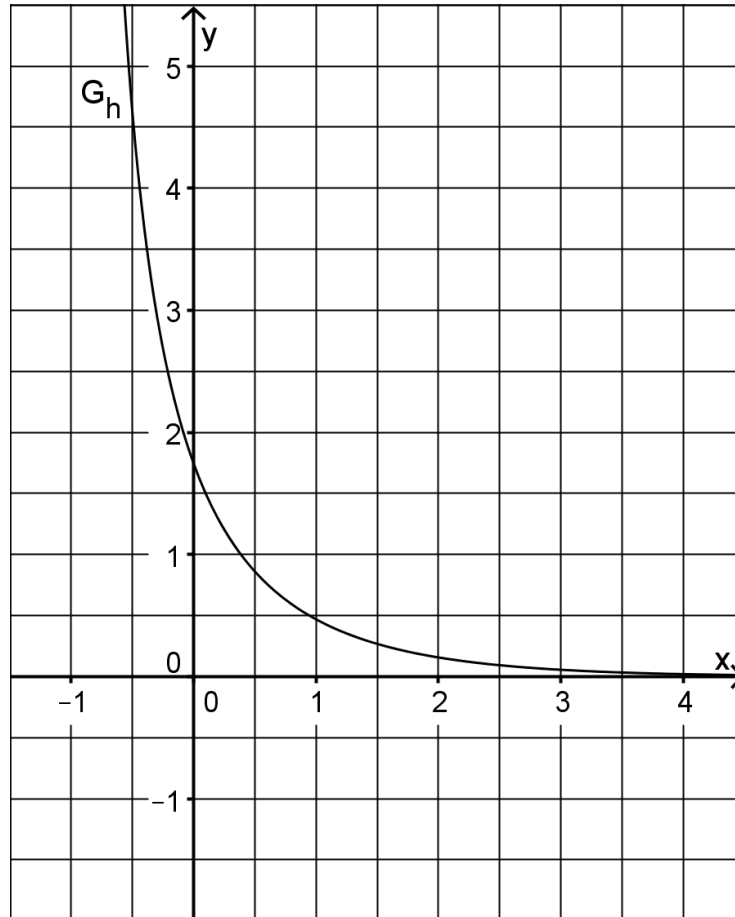


Abb. 2

4 a) Begründen Sie anhand des Funktionsterms, dass  $\lim_{x \rightarrow +\infty} h(x) = 0$  gilt.

Zeigen Sie rechnerisch für  $x \in D_h$ , dass für die Ableitung  $h'$  von  $h$  gilt:  $h'(x) < 0$ .

Gegeben ist ferner die in  $D_h$  definierte Integralfunktion  $H_0: x \mapsto \int_0^x h(t) dt$ .

4 b) Begründen Sie ohne weitere Rechnung, dass folgende Aussagen wahr sind:

$\alpha$ ) Der Graph von  $H_0$  ist streng monoton steigend.

$\beta$ ) Der Graph von  $H_0$  ist rechtsgekrümmt.

6 c) Geben Sie die Nullstelle von  $H_0$  an und bestimmen Sie näherungsweise mithilfe von Abbildung 2 die Funktionswerte  $H_0(-0,5)$  sowie  $H_0(3)$ . Skizzieren Sie in Abbildung 2 den Graphen von  $H_0$  im Bereich  $-0,5 \leq x \leq 3$ .

(Fortsetzung nächste Seite)

3 In einem Labor wird ein Verfahren zur Reinigung von mit Schadstoffen kontaminiertem Wasser getestet. Die Funktion  $h$  aus Aufgabe 2 beschreibt für  $x \geq 0$  modellhaft die zeitliche Entwicklung des momentanen Schadstoffabbaus in einer bestimmten Wassermenge. Dabei bezeichnet  $h(x)$  die momentane Schadstoffabbaurate in Gramm pro Minute und  $x$  die seit Beginn des Reinigungsvorgangs vergangene Zeit in Minuten.

3 a) Bestimmen Sie auf der Grundlage des Modells den Zeitpunkt  $x$ , zu dem die momentane Schadstoffabbaurate auf 0,01 Gramm pro Minute zurückgegangen ist.

Die in  $\mathbb{R} \setminus \{-3; -1\}$  definierte Funktion  $k : x \mapsto 3 \cdot \left( \frac{1}{x+1} - \frac{1}{x+3} \right) - 0,2$  stellt im Bereich  $-0,5 \leq x \leq 2$  eine gute Näherung für die Funktion  $h$  dar.

2 b) Beschreiben Sie, wie der Graph der Funktion  $k$  aus dem Graphen der Funktion  $f$  aus Aufgabe 1 hervorgeht.

5 c) Berechnen Sie einen Näherungswert für  $\int_0^1 h(x) dx$ , indem Sie den Zusammenhang

$\int_0^1 h(x) dx \approx \int_0^1 k(x) dx$  verwenden. Geben Sie die Bedeutung dieses Werts im Sachzusammenhang an.



# Analysis

## Aufgabengruppe 2

BE

1 Der Graph  $G_f$  einer in  $\mathbb{R}$  definierten Funktion  $f : x \mapsto ax^4 + bx^3$  mit  $a, b \in \mathbb{R}$  besitzt im Punkt  $O(0|0)$  einen Wendepunkt mit waagrechter Tangente.

4 a)  $W(1|-1)$  ist ein weiterer Wendepunkt von  $G_f$ . Bestimmen Sie mithilfe dieser Information die Werte von  $a$  und  $b$ .

*(Ergebnis:  $a = 1, b = -2$ )*

4 b) Bestimmen Sie Lage und Art des Extrempunkts von  $G_f$ .

Die Gerade  $g$  schneidet  $G_f$  in den Punkten  $W$  und  $(2|0)$ .

4 c) Zeichnen Sie unter Berücksichtigung der bisherigen Ergebnisse  $G_f$  sowie die Gerade  $g$  in ein Koordinatensystem ein. Geben Sie die Gleichung der Geraden  $g$  an.

6 d)  $G_f$  und die  $x$ -Achse schließen im IV. Quadranten ein Flächenstück ein, das durch die Gerade  $g$  in zwei Teilflächen zerlegt wird. Berechnen Sie das Verhältnis der Flächeninhalte dieser beiden Teilflächen.

2 Gegeben ist die Schar der in  $\mathbb{R}$  definierten Funktionen  $f_n : x \mapsto x^4 - 2x^n$  mit  $n \in \mathbb{N}$  sowie die in  $\mathbb{R}$  definierte Funktion  $f_0 : x \mapsto x^4 - 2$ .

4 a) Die Abbildungen 1 bis 4 zeigen die Graphen der Funktionen  $f_0, f_1, f_2$  bzw.  $f_4$ . Ordnen Sie jeder dieser Funktionen den passenden Graphen zu und begründen Sie drei Ihrer Zuordnungen durch Aussagen zur Symmetrie, zu den Schnittpunkten mit den Koordinatenachsen oder dem Verhalten an den Grenzen des Definitionsbereichs des jeweiligen Graphen.

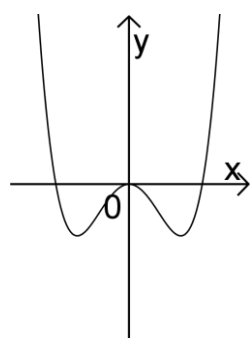


Abb. 1

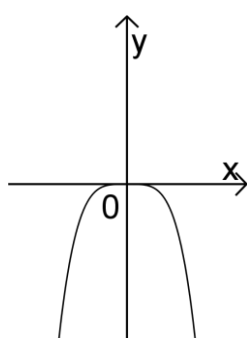


Abb. 2

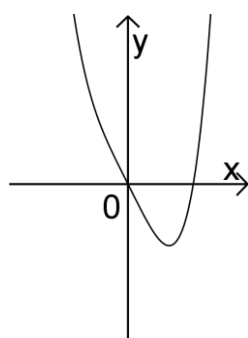


Abb. 3

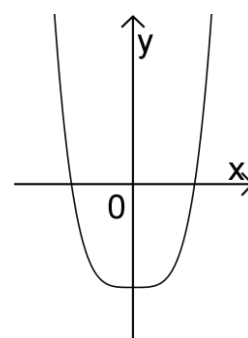


Abb. 4

3 b) Betrachtet werden nun die Funktionen  $f_n$  mit  $n > 4$ . Geben Sie in Abhängigkeit von  $n$  das Verhalten dieser Funktionen für  $x \rightarrow +\infty$  und für  $x \rightarrow -\infty$  an.

*(Fortsetzung nächste Seite)*

3 In der Lungenfunktionsdiagnostik spielt der Begriff der Atemstromstärke eine wichtige Rolle.

Im Folgenden wird die Atemstromstärke als die momentane Änderungsrate des Luftvolumens in der Lunge betrachtet, d. h. insbesondere, dass der Wert der Atemstromstärke beim Einatmen positiv ist. Für eine ruhende Testperson mit normalem Atemrhythmus wird die Atemstromstärke in Abhängigkeit von der Zeit modellhaft durch die Funktion  $g: t \mapsto -\frac{\pi}{8} \sin\left(\frac{\pi}{2} t\right)$  mit Definitionsmenge  $\mathbb{R}_0^+$  beschrieben. Dabei ist  $t$  die seit Beobachtungsbeginn vergangene Zeit in Sekunden

und  $g(t)$  die Atemstromstärke in Litern pro Sekunde. Abbildung 5 zeigt den durch die Funktion  $g$  beschriebenen zeitlichen Verlauf der Atemstromstärke.

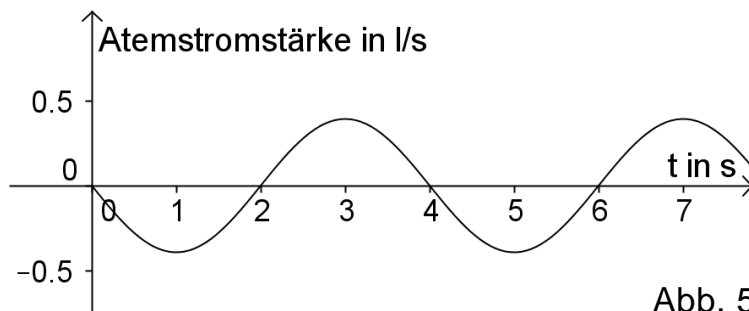


Abb. 5

2 a) Berechnen Sie  $g(1,5)$  und interpretieren Sie das Vorzeichen dieses Werts im Sachzusammenhang.

2 b) Beim Atmen ändert sich das Luftvolumen in der Lunge. Geben Sie auf der Grundlage des Modells einen Zeitpunkt an, zu dem das Luftvolumen in der Lunge der Testperson minimal ist, und machen Sie Ihre Antwort mithilfe von Abbildung 5 plausibel.

4 c) Berechnen Sie  $\int_2^4 g(t) dt$  und deuten Sie den Wert des Integrals im Sachzusammenhang.

(Teilergebnis: Wert des Integrals: 0,5)

3 d) Zu Beginn eines Ausatemvorgangs befinden sich 3,5 Liter Luft in der Lunge der Testperson. Skizzieren Sie auf der Grundlage des Modells unter Berücksichtigung des Ergebnisses aus Aufgabe 3c in einem Koordinatensystem für  $0 \leq t \leq 8$  den Graphen einer Funktion, die den zeitlichen Verlauf des Luftvolumens in der Lunge der Testperson beschreibt.

Die Testperson benötigt für einen vollständigen Atemzyklus 4 Sekunden. Die Anzahl der Atemzyklen pro Minute wird als Atemfrequenz bezeichnet.

4 e) Geben Sie zunächst die Atemfrequenz der Testperson an.

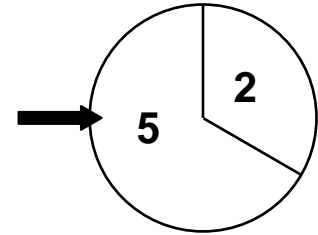
Die Atemstromstärke eines jüngeren Menschen, dessen Atemfrequenz um 20% höher ist als die der bisher betrachteten Testperson, soll durch eine Sinusfunktion der Form  $h: t \mapsto a \cdot \sin(b \cdot t)$  mit  $t \geq 0$  und  $b > 0$  beschrieben werden. Ermitteln Sie den Wert von  $b$ .

# Stochastik

## Aufgabengruppe 1

BE

- 1 Der Marketingchef einer Handelskette plant eine Werbeaktion, bei der ein Kunde die Höhe des Rabatts bei seinem Einkauf durch zweimaliges Drehen an einem Glücksrad selbst bestimmen kann. Das Glücksrad hat zwei Sektoren, die mit den Zahlen 5 bzw. 2 beschriftet sind (vgl. Abbildung).



Der Rabatt in Prozent errechnet sich als Produkt der beiden Zahlen, die der Kunde bei zweimaligem Drehen am Glücksrad erzielt.

Die Zufallsgröße  $X$  beschreibt die Höhe dieses Rabatts in Prozent, kann also die Werte 4, 10 oder 25 annehmen. Die Zahl 5 wird beim Drehen des Glücksrads mit der Wahrscheinlichkeit  $p$  erzielt.

Vereinfachend soll davon ausgegangen werden, dass jeder Kunde genau einen Einkauf tätigt und auch tatsächlich am Glücksrad dreht.

- 3 a) Ermitteln Sie mithilfe eines Baumdiagramms die Wahrscheinlichkeit dafür, dass ein Kunde bei seinem Einkauf einen Rabatt von 10% erhält.
- (Ergebnis:  $2p - 2p^2$ )*
- 3 b) Zeigen Sie, dass für den Erwartungswert  $E(X)$  der Zufallsgröße  $X$  gilt:  
 $E(X) = 9p^2 + 12p + 4$ .
- 3 c) Die Geschäftsführung will im Mittel für einen Einkauf einen Rabatt von 16% gewähren. Berechnen Sie für diese Vorgabe den Wert der Wahrscheinlichkeit  $p$ .
- 4 d) Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Kunde bei seinem Einkauf den niedrigsten Rabatt erhält, beträgt  $\frac{1}{9}$ . Bestimmen Sie, wie viele Kunden mindestens an dem Glücksrad drehen müssen, damit mit einer Wahrscheinlichkeit von mehr als 99% mindestens einer der Kunden den niedrigsten Rabatt erhält.

*(Fortsetzung nächste Seite)*



**2** Eine der Filialen der Handelskette befindet sich in einem Einkaufszentrum, das zu Werbezwecken die Erstellung einer Smartphone-App in Auftrag geben will. Diese App soll die Kunden beim Betreten des Einkaufszentrums über aktuelle Angebote und Rabattaktionen der beteiligten Geschäfte informieren. Da dies mit Kosten verbunden ist, will der Finanzchef der Handelskette einer Beteiligung an der App nur zustimmen, wenn mindestens 15 % der Kunden der Filiale bereit sind, diese App zu nutzen. Der Marketingchef warnt jedoch davor, auf eine Beteiligung an der App zu verzichten, da dies zu einem Imageverlust führen könnte.

Um zu einer Entscheidung zu gelangen, will die Geschäftsführung der Handelskette eine der beiden folgenden Nullhypothesen auf der Basis einer Befragung von 200 Kunden auf einem Signifikanzniveau von 10 % testen:

**I** „Weniger als 15 % der Kunden sind bereit, die App zu nutzen.“

**II** „Mindestens 15 % der Kunden sind bereit, die App zu nutzen.“

**4** **a)** Nach Abwägung der möglichen Folgen, die der Finanzchef und der Marketingchef aufgezeigt haben, wählt die Geschäftsführung für den Test die Nullhypothese II. Bestimmen Sie die zugehörige Entscheidungsregel.

**3** **b)** Entscheiden Sie, ob bei der Abwägung, die zur Wahl der Nullhypothese II führte, die Befürchtung eines Imageverlusts oder die Kostenfrage als schwerwiegender erachtet wurde. Erläutern Sie Ihre Entscheidung.

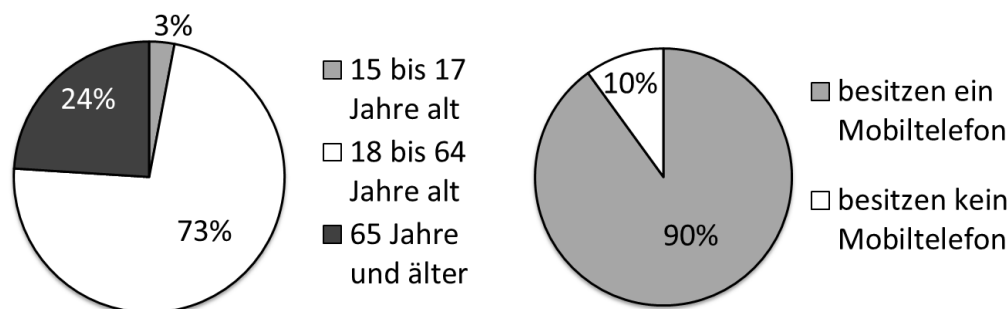
20

# Stochastik

## Aufgabengruppe 2

BE

- 1 Die beiden Diagramme zeigen für die Bevölkerungsgruppe der über 14-Jährigen in Deutschland Daten zur Altersstruktur und zum Besitz von Mobiltelefonen.



Aus den über 14-Jährigen in Deutschland wird eine Person zufällig ausgewählt. Betrachtet werden folgende Ereignisse:

M: „Die Person besitzt ein Mobiltelefon.“

S: „Die Person ist 65 Jahre oder älter.“

E: „Mindestens eines der Ereignisse M und S tritt ein.“

- 2 a) Geben Sie an, welche zwei der folgenden Mengen I bis VI jeweils das Ereignis E beschreiben.

I  $M \cap S$

II  $M \cup S$

III  $\overline{M \cup S}$

IV  $(M \cap \bar{S}) \cup (\bar{M} \cap S) \cup (\bar{M} \cap \bar{S})$

V  $(M \cap S) \cup (M \cap \bar{S}) \cup (\bar{M} \cap S)$

VI  $\overline{M \cap S}$

- 3 b) Entscheiden Sie anhand geeigneter Terme und auf der Grundlage der vorliegenden Daten, welche der beiden folgenden Wahrscheinlichkeiten größer ist. Begründen Sie Ihre Entscheidung.

$p_1$  ist die Wahrscheinlichkeit dafür, dass die ausgewählte Person ein Mobiltelefon besitzt, wenn bekannt ist, dass sie 65 Jahre oder älter ist.

$p_2$  ist die Wahrscheinlichkeit dafür, dass die ausgewählte Person 65 Jahre oder älter ist, wenn bekannt ist, dass sie ein Mobiltelefon besitzt.

- 5 c) Erstellen Sie zu dem beschriebenen Sachverhalt für den Fall, dass das Ereignis E mit einer Wahrscheinlichkeit von 98 % eintritt, eine vollständig ausgefüllte Vierfeldertafel. Bestimmen Sie für diesen Fall die Wahrscheinlichkeit  $P_S(M)$ .

(Fortsetzung nächste Seite)

- 2 Zwei Drittel der Senioren in Deutschland besitzen ein Mobiltelefon. Bei einer Talkshow zum Thema „Chancen und Risiken der digitalen Welt“ sitzen 30 Senioren im Publikum.
- 3 a) Bestimmen Sie die Wahrscheinlichkeit dafür, dass unter 30 zufällig ausgewählten Senioren in Deutschland mindestens 17 und höchstens 23 ein Mobiltelefon besitzen.
- 3 b) Von den 30 Senioren im Publikum besitzen 24 ein Mobiltelefon. Im Verlauf der Sendung werden drei der Senioren aus dem Publikum zufällig ausgewählt und nach ihrer Meinung befragt. Bestimmen Sie die Wahrscheinlichkeit dafür, dass genau zwei dieser drei Senioren ein Mobiltelefon besitzen.
- 4 3 Eine Handelskette hat noch zahlreiche Smartphones des Modells Y3 auf Lager, als der Hersteller das Nachfolgemodell Y4 auf den Markt bringt. Der Einkaufspreis für das neue Y4 beträgt 300€, während die Handelskette für das Vorgängermodell Y3 im Einkauf nur 250€ bezahlen musste. Um die Lagerbestände noch zu verkaufen, bietet die Handelskette ab dem Verkaufstart des Y4 die Smartphones des Typs Y3 für je 199€ an. Aufgrund früherer Erfahrungen geht die Handelskette davon aus, dass von den verkauften Smartphones der Modelle Y3 und Y4 trotz des Preisnachlasses nur 26% vom Typ Y3 sein werden. Berechnen Sie unter dieser Voraussetzung, zu welchem Preis die Handelskette das Y4 anbieten muss, damit sie voraussichtlich pro verkauftem Smartphone der Modelle Y3 und Y4 im Mittel 97€ mehr erhält, als sie beim Einkauf dafür zahlen musste.

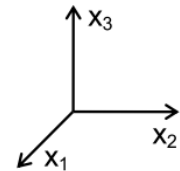
# Geometrie

## Aufgabengruppe 1

BE

In einem kartesischen Koordinatensystem sind die Ebene  $E: x_1 + x_3 = 2$ , der Punkt  $A(0 | \sqrt{2} | 2)$  und die Gerade  $g: \vec{X} = \vec{A} + \lambda \cdot \begin{pmatrix} -1 \\ \sqrt{2} \\ 1 \end{pmatrix}$ ,  $\lambda \in \mathbb{R}$ , gegeben.

- 6 **a)** Beschreiben Sie, welche besondere Lage die Ebene  $E$  im Koordinatensystem hat. Weisen Sie nach, dass die Ebene  $E$  die Gerade  $g$  enthält. Geben Sie die Koordinaten der Schnittpunkte von  $E$  mit der  $x_1$ -Achse und mit der  $x_3$ -Achse an und veranschaulichen Sie die Lage der Ebene  $E$  sowie den Verlauf der Geraden  $g$  in einem kartesischen Koordinatensystem (vgl. Abbildung).



Die  $x_1x_2$ -Ebene beschreibt modellhaft eine horizontale Fläche, auf der eine Achterbahn errichtet wurde. Ein gerader Abschnitt der Bahn beginnt im Modell

im Punkt  $A$  und verläuft entlang der Geraden  $g$ . Der Vektor  $\vec{v} = \begin{pmatrix} -1 \\ \sqrt{2} \\ 1 \end{pmatrix}$  be-

schreibt die Fahrtrichtung auf diesem Abschnitt.

- 3 **b)** Berechnen Sie im Modell die Größe des Winkels, unter dem dieser Abschnitt der Achterbahn gegenüber der Horizontalen ansteigt.

An den betrachteten geraden Abschnitt der Achterbahn schließt sich – in Fahrtrichtung gesehen – eine Rechtskurve an, die im Modell durch einen Viertelkreis beschrieben wird, der in der Ebene  $E$  verläuft und den Mittelpunkt  $M(0 | 3\sqrt{2} | 2)$  hat.

- 5 **c)** Das Lot von  $M$  auf  $g$  schneidet  $g$  im Punkt  $B$ . Im Modell stellt  $B$  den Punkt der Achterbahn dar, in dem der gerade Abschnitt endet und die Kurve beginnt. Bestimmen Sie die Koordinaten von  $B$  und berechnen Sie den Kurvenradius im Modell.

*(Teilergebnis:  $B(-1 | 2\sqrt{2} | 3)$ )*

- 2 **d)** Das Ende der Rechtskurve wird im Koordinatensystem durch den Punkt  $C$  beschrieben. Begründen Sie, dass für den Ortsvektor des Punkts  $C$  gilt:  
 $\vec{C} = \vec{M} + \vec{v}$ .

*(Fortsetzung nächste Seite)*

4

- e) Ein Wagen der Achterbahn durchfährt den Abschnitt, der im Modell durch die Strecke  $[AB]$  und den Viertelkreis von B nach C dargestellt wird, mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von  $15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Berechnen Sie die Zeit, die der Wagen dafür benötigt, auf Zehntelsekunden genau, wenn eine Längeneinheit im Koordinatensystem 10 m in der Realität entspricht.

20

## Geometrie

### Aufgabengruppe 2

BE

Abbildung 1 zeigt eine Sonnenuhr mit einer gegenüber der Horizontalen geneigten, rechteckigen Grundplatte, auf der sich ein kreisförmiges Zifferblatt befindet. Auf der Grundplatte ist der Polstab befestigt, dessen Schatten bei Sonneneinstrahlung die Uhrzeit auf dem Zifferblatt anzeigt.



Abb. 1

Eine Sonnenuhr dieser Bauart wird in einem kartesischen Koordinatensystem modellhaft dargestellt (vgl. Abbildung 2). Dabei beschreibt das Rechteck ABCD mit  $A(5|-4|0)$  und  $B(5|4|0)$  die Grundplatte der Sonnenuhr. Der Befestigungspunkt des Polstabs auf der Grundplatte wird im Modell durch den Diagonalschnittpunkt  $M(2,5|0|2)$  des Rechtecks ABCD dargestellt. Eine Längeneinheit im Koordinatensystem entspricht 10 cm in der Realität. Die Horizontale wird im Modell durch die  $x_1x_2$ -Ebene beschrieben.

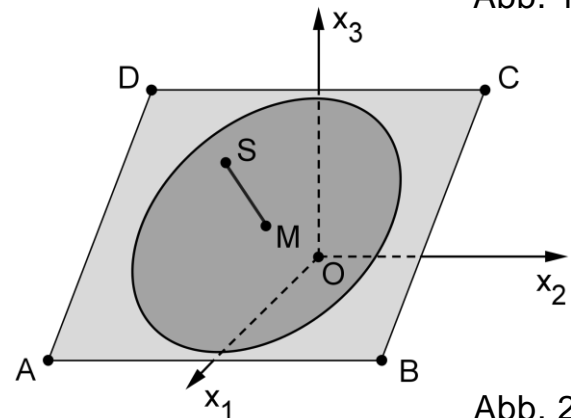


Abb. 2

- 5 **a)** Bestimmen Sie die Koordinaten des Punkts C. Ermitteln Sie eine Gleichung der Ebene E, in der das Rechteck ABCD liegt, in Normalenform.

*(mögliches Teilergebnis:  $E : 4x_1 + 5x_3 - 20 = 0$ )*

- 4 **b)** Die Grundplatte ist gegenüber der Horizontalen um den Winkel  $\alpha$  geneigt. Damit man mit der Sonnenuhr die Uhrzeit korrekt bestimmen kann, muss für den Breitengrad  $\varphi$  des Aufstellungsorts der Sonnenuhr  $\alpha + \varphi = 90^\circ$  gelten. Bestimmen Sie, für welchen Breitengrad  $\varphi$  die Sonnenuhr gebaut wurde.

- 3 **c)** Der Polstab wird im Modell durch die Strecke  $[MS]$  mit  $S(4,5|0|4,5)$  dargestellt. Zeigen Sie, dass der Polstab senkrecht auf der Grundplatte steht, und berechnen Sie die Länge des Polstabs auf Zentimeter genau.

*(Fortsetzung nächste Seite)*

Sonnenlicht, das an einem Sommertag zu einem bestimmten Zeitpunkt  $t_0$  auf die Sonnenuhr einfällt, wird im Modell durch parallele Geraden mit dem

Richtungsvektor  $\vec{u} = \begin{pmatrix} 6 \\ 6 \\ -13 \end{pmatrix}$  dargestellt.

- 6
- d) Weisen Sie nach, dass der Schatten der im Modell durch den Punkt S dargestellten Spitze des Polstabs außerhalb der rechteckigen Grundplatte liegt.
- 2
- e) Um 6 Uhr verläuft der Schatten des Polstabs im Modell durch den Mittelpunkt der Kante [BC], um 12 Uhr durch den Mittelpunkt der Kante [AB] und um 18 Uhr durch den Mittelpunkt der Kante [AD]. Begründen Sie, dass der betrachtete Zeitpunkt  $t_0$  vor 12 Uhr liegt.

20

