Klassenarbeit	**Mathematik**	**Bearbeitungszeit 90 min.**	**Di 27.05.08**
SG27D Gruppe A	**NAME:**		

Hilfsmittel: Taschenrechner.
Alle Ergebnisse sind soweit möglich durch Rechnung zu begründen.

1.	Bestimmen Sie ohne Berechnung der Lösungsmenge, ob die folgenden quadratischen Gleichungen **eine**, **zwe**i oder **keine** Lösung haben.					
	a)	$3x^2+2x+\frac{1}{3}=0$	b)	$3x^2+6x+12=0$	c)	$3x^2-24x+45=0$

A1 Ausführliche Lösung

a) $3x^2+2x+\frac{1}{3}=0\,|:3 \Leftrightarrow x^2+\frac{2}{3}x+\frac{1}{9}=0 \Rightarrow p=\frac{2}{3};\, q=\frac{1}{9}$

$D=\left(\frac{p}{2}\right)^2-q=\left(\frac{1}{3}\right)^2-\frac{1}{9}=\frac{1}{9}-\frac{1}{9}=0 \Rightarrow L=\{x_1\}$

Die quadratische Gleichung hat genau **eine** Lösung.

b) $3x^2+6x+12=0\,|:3 \Leftrightarrow x^2+2x+4=0 \Rightarrow p=2\,;\, q=4$

$D=\left(\frac{p}{2}\right)^2-q=(1)^2-4=1-4=-3 \Rightarrow L=\{\ \}$

Die quadratische Gleichung hat **keine** Lösung.

c) $3x^2-24x+45=0\,|:3 \Leftrightarrow x^2-8x+15=0 \Rightarrow p=-8\,;\, q=15$

$D=\left(\frac{p}{2}\right)^2-q=(-4)^2-15=16-15=1 \Rightarrow L=\{x_1\,;\,x_2\}$

Die quadratische Gleichung hat genau **zwei** Lösungen.

2.	Berechnen Sie die Nullstellen folgender Funktionen.					
	a)	$f(x)=-4x^3+4x^2+8x$	b)	$f(x)=x^3-6x^2+9x-2$	c)	$f(x)=2x^4-9x^2+\frac{81}{8}$

A2 Ausführliche Lösung

a) $f(x)=-4x^3+4x^2+8x$

$f(x)=0 \Leftrightarrow -4x^3+4x^2+8x=0$ den Faktor x ausklammern

$\Leftrightarrow x\left(-4x^2+4x+8\right)=0 \Rightarrow x_1=0$

$-4x^2+4x+8=0\,|:(-4)$ quadratische Gleichung

$\Leftrightarrow x^2-x-2=0$ Normalform der quadratischen Gleichung

$p=-1;\, q=-2 \Rightarrow D==\left(\frac{p}{2}\right)^2-q=\frac{1}{4}+2=\frac{9}{4} \Rightarrow \sqrt{D}=\sqrt{\frac{9}{4}}=\frac{3}{2}$

$x_{2/3}=-\frac{p}{2}\pm\sqrt{D}$ | $x_2=\frac{1}{2}+\frac{3}{2}=2$; $x_2=\frac{1}{2}-\frac{3}{2}=-1$

Der Graph hat drei einfache Nullstelle bei $x_1=0\,;\,x_2=2$ und bei $x_3=-1$

A2 Ausführliche Lösung

b) $f(x) = x^3 - 6x^2 + 9x - 2$ Nullstellen: $f(x) = 0 \Leftrightarrow x^3 - 6x^2 + 9x - 2 = 0$

1. Nullstelle über probieren:

$$\begin{array}{lcccc}
 & 1 & -6 & 9 & -2 \\
x = 1 & \downarrow & \underline{1} & \underline{-5} & \underline{4} \\
 & 1 & -5 & 4 & 2 \quad \text{keine NS für } x = 1 \\
\hline
 & 1 & -6 & 9 & -2 \\
x = 2 & \downarrow & \underline{2} & \underline{-8} & \underline{2} \\
 & 1 & -4 & 1 & 0 \quad \text{NS für } x_1 = 2
\end{array}$$

Reduzierung des Grades über Polynomdivision

$$\begin{array}{l}
\left(x^3 - 6x^2 + 9x - 2\right) : (x - 2) = x^2 - 4x + 1 \\
\underline{-\left(x^3 - 2x^2\right)} \\
\quad -4x^2 + 9x \\
\quad \underline{-\left(-4x^2 + 8x\right)} \\
\qquad\qquad x - 2 \\
\qquad\quad \underline{-(x - 2)}
\end{array}$$

$x^2 - 4x + 1 = 0 \quad p = -4 \,;\, q = 1 \Rightarrow D = \left(\frac{p}{2}\right)^2 - q = 4 - 1 = 3 \Rightarrow \sqrt{D} = \sqrt{3}$

$x_{2/3} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{D} \quad \left| \begin{array}{l} x_2 = 2 + \sqrt{3} \\ x_3 = 2 - \sqrt{3} \end{array} \right.$

Die Nullstellen: $x_1 = 2 \,;\, x_2 = 2 + \sqrt{3} \,;\, x_3 = 2 - \sqrt{3}$

A2 Ausführliche Lösung

c) $f(x) = 2x^4 - 9x^2 + \frac{81}{8}$

$f(x) = 0 \Leftrightarrow 2x^4 - 9x^2 + \frac{81}{8} = 0$ Substitution: $x^2 = z$

$\Rightarrow 2z^2 - 9z + \frac{81}{8} = 0 \,|: 2$

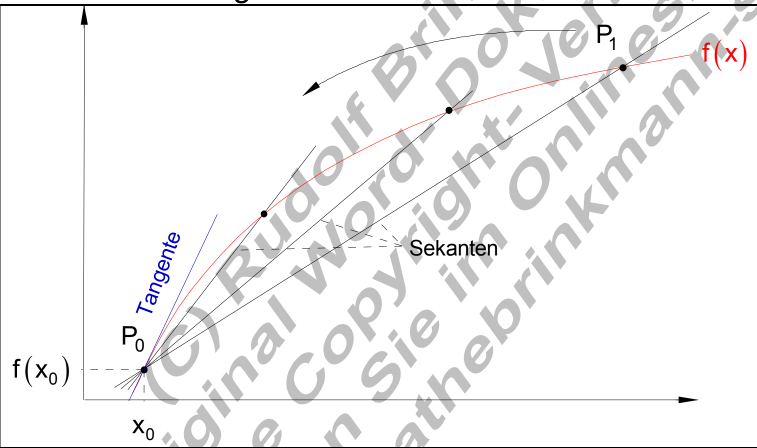
$\Leftrightarrow z^2 - \frac{9}{2}z + \frac{81}{16} = 0 \Rightarrow p = -\frac{9}{2} \quad q = \frac{81}{16}$

$D = \left(\frac{p}{2}\right)^2 - q = \left(-\frac{9}{4}\right) - \frac{81}{16} = \frac{81}{16} - \frac{81}{16} = 0$ nur eine Lösung in z

$z_1 = -\frac{p}{2} = \frac{9}{4} \Leftrightarrow x^2 = \frac{9}{4} \,|\, \sqrt{\ } \Leftrightarrow |x| = \frac{3}{2} \Leftrightarrow$ Nullstellen $x_{1/2} = \pm\frac{3}{2}$

3.	Wissensfragen	
	a)	Was verstehen Sie unter der Steigung eines Funktionsgraphen in einem Punkt?
	b)	Beschreiben Sie anschaulich (Skizze) und mit Worten, wie man bei einem Graphen von der Sekantensteigung zur Tangentensteigung gelangt.
	c)	Warum nennt man die Ableitungsfunktion auch Steigungsfunktion?
	d)	Wie findet man bei einem Funktionsgraphen die Stellen mit waagerechter Tangente?

A3	Ausführliche Lösung	
	a)	Die Steigung eines Funktionsgraphen in einem Punkt ist gleich der Steigung der Tangente in diesem Punkt.

A3	Ausführliche Lösung		
	b)		Bewegt man den Punkt P_1 immer weiter auf P_0 zu, so ändert sich die Sekantensteigung. Je mehr man sich dem Punkt P_0 nähert, desto mehr nähert sich die Sekantensteigung der Tangentensteigung.

A3	Ausführliche Lösung	
	c)	Die Ableitungsfunktion f'(x) heißt deshalb Steigungsfunktion, weil sie in jedem Punkt die Steigung von f(x) repräsentiert.

A3	Ausführliche Lösung	
	d)	Die Stellen mit waagerechter Tangente sind dort zu finden, wo die erste Ableitung den Wert Null hat.

4.	Berechnen Sie die erste Ableitung folgender Funktion mit dem Differenzialquotienten	
	$f'(x_0) = \lim\limits_{\Delta x \to 0} \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x}$	$f(x) = \frac{3}{4}x^2$

A4 Ausführliche Lösung

$$f'(x_0) = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x}$$

$$f(x) = \frac{3}{4}x^2 \Rightarrow f(x_0) = \frac{3}{4}x_0^2$$

$$f(x_0 + \Delta x) = \frac{3}{4}(x_0 + \Delta x)^2 = \frac{3}{4}\left[x_0^2 + 2x_0\Delta x + (\Delta x)^2\right] = \frac{3}{4}x_0^2 + \frac{3}{2}x_0\Delta x + \frac{3}{4}(\Delta x)^2$$

$$f'(x_0) = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{\cancel{\frac{3}{4}x_0^2} + \frac{3}{2}x_0\Delta x + \frac{3}{4}(\Delta x)^2 - \cancel{\frac{3}{4}x_0^2}}{\Delta x}$$

$$= \lim_{\Delta x \to 0} \frac{\cancel{\Delta x}\left(\frac{3}{2}x_0 + \frac{3}{4}\Delta x\right)}{\cancel{\Delta x}} = \lim_{\Delta x \to 0}\left(\frac{3}{2}x_0 + \frac{3}{4}\Delta x\right) = \frac{3}{2}x_0$$

5.	Leiten Sie folgende Funktionen 3 mal ab.			
	a)	$f(x) = x^4 - 3x^3 + 4x^2 - 7$	b)	$f(x) = -\frac{3}{4}x^4 + x^3 - \frac{3}{2}x^2 + x$

A5 Ausführliche Lösung

a)

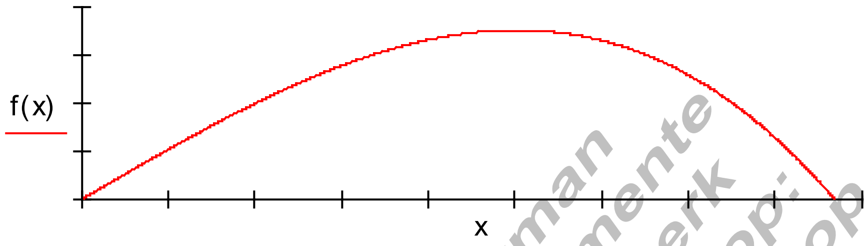
$$f(x) = x^4 - 3x^3 + 4x^2 - 7$$

$$f'(x) = 4x^3 - 9x^2 + 8x \Rightarrow f''(x) = 12x^2 - 18x + 8 \Rightarrow f'''(x) = 24x - 18$$

b)

$$f(x) = -\frac{3}{4}x^4 + x^3 - \frac{3}{2}x^2 + x$$

$$f'(x) = -3x^3 + 3x^2 - 3x + 1 \Rightarrow f''(x) = -9x^2 + 6x - 3 \Rightarrow f'''(x) = -18x + 6$$

6.	Der Graph der Funktion f(x) ist näherungsweise die Flugkurve beim Speerwurf $f(x) = -\frac{7}{250}x^3 + \frac{21}{10}x \qquad \text{für } x > 0$ Maßstab: Eine Einheit in x – Richtung bedeutet 10m, eine Einheit in y – Richtung bedeutet 1m  	
	a)	Welche maximale Höhe erreicht der Speer und wie weit ist er dann vom Abwurfpunkt entfernt?
	b)	Wie weit vom Abwurfpunkt kommt der Speer wieder auf den Boden?
	c)	Welche Höhe hat der Speer in 70 m Entfernung vom Abwurfpunkt?

A6	Ausführliche Lösung	
	a)	$f(x) = -\frac{7}{250}x^3 + \frac{21}{10}x \Rightarrow f'(x) = -\frac{21}{250}x^2 + \frac{21}{10}$ $f'(x) = 0 \Leftrightarrow -\frac{21}{250}x^2 + \frac{21}{10} = 0 \Leftrightarrow x_{1/2} = \pm 5$ nur $x = 5$ zählt, da $x > 0$ sein soll $f(5) = 7 \Rightarrow \underline{\underline{P_{max}(5 \mid 7)}}$ $x = 5$ bedeutet 50 m Der Speer erreicht eine maximale Höhe von 7 m. Er ist dann 50 m vom Abwurfpunkt entfernt.

A6	Ausführliche Lösung	
	b)	$f(x) = -\frac{7}{250}x^3 + \frac{21}{10}x$ $f(x) = 0 \Leftrightarrow -\frac{7}{250}x^3 + \frac{21}{10}x = 0 \Leftrightarrow x\left(-\frac{7}{250}x^2 + \frac{21}{10}\right) = 0 \Rightarrow x_1 = 0$ $x_1 = 0$ ist die Abwurfstelle $-\frac{7}{250}x^2 + \frac{21}{10} = 0 \Leftrightarrow x_{2/3} = \pm\sqrt{75} \approx \pm 8{,}66$ nur die positive Lösung ist zu verwenden, da $x > 0$ gilt $x = 8{,}66$ bedeutet 86,6 m Der Speer kommt 86,6 m von der Abwurfstelle wieder auf den Boden.

A6	Ausführliche Lösung	
	c)	$f(x) = -\frac{7}{250}x^3 + \frac{21}{10}x$ 70m bedeutet $x = 7$ $f(7) = 5{,}096$ Der Speer hat in 70 m Entfernung vom Abwurfpunkt eine Höhe von 5,096 m.

Klassenarbeit	**Mathematik**	**Bearbeitungszeit 90 min.**	**Di 27.05.08**
SG27D Gruppe B	**NAME:**		

Hilfsmittel: Taschenrechner.
Alle Ergebnisse sind soweit möglich durch Rechnung zu begründen.

1. Bestimmen Sie ohne Berechnung der Lösungsmenge, ob die folgenden quadratischen Gleichungen **eine**, **zwei** oder **keine** Lösung haben.

a)	$2x^2+4x-70=0$	b)	$2x^2+\frac{4}{3}x+\frac{2}{9}=0$	c)	$3x^2-2x+5=0$

A1 Ausführliche Lösung

a) $2x^2+4x-70=0\ |:2 \Leftrightarrow x^2+2x+35=0 \Rightarrow p=2\,;\,q=-35$

$$D=\left(\frac{p}{2}\right)^2-q=(1)^2+35=1+35=36 \Rightarrow L=\{x_1\,;\,x_2\}$$

Die quadratische Gleichung hat genau **zwei** Lösungen.

b) $2x^2+\frac{4}{3}x+\frac{2}{9}=0\ |:2 \Leftrightarrow x^2+\frac{2}{3}x+\frac{1}{9}=0 \Rightarrow p=\frac{2}{3}\,;\,q=\frac{1}{9}$

$$D=\left(\frac{p}{2}\right)^2-q=\left(\frac{1}{3}\right)^2-\frac{1}{9}=\frac{1}{9}-\frac{1}{9}=0 \Rightarrow L=\{x_1\}$$

Die quadratische Gleichung hat genau **eine** Lösung.

c) $3x^2-2x+5=0\ |:3 \Leftrightarrow x^2-\frac{2}{3}x+\frac{5}{3}=0 \Rightarrow p=-\frac{2}{3}\,;\,q=\frac{5}{3}$

$$D=\left(\frac{p}{2}\right)^2-q=\left(-\frac{1}{3}\right)^2-\frac{5}{3}=\frac{1}{9}-\frac{15}{9}=-\frac{14}{9} \Rightarrow L=\{\ \}$$

Die quadratische Gleichung hat **keine** Lösung.

2. Berechnen Sie die Nullstellen folgender Funktionen.

a)	$f(x)=x^3-6x^2+9x$	b)	$f(x)=-x^3-\frac{3}{2}x^2+8x-2$	c)	$f(x)=-x^4+\frac{9}{2}x^2-\frac{81}{16}$

A2 Ausführliche Lösung

a) $f(x)=x^3-6x^2+9x$

$f(x)=0 \Leftrightarrow x^3-6x^2+9x=0$ den Faktor x ausklammern

$\Leftrightarrow x\left(x^2-6x+9\right)=0 \Rightarrow x_1=0$

$x^2-6x+9=0$ quadratische Gleichung

$$p=-6\,;\,q=9 \Rightarrow D=\left(\frac{p}{2}\right)^2-q=9-9=0$$

$x_{2/3}=-\frac{p}{2}=3$ doppelte Nullstelle

Der Graph hat eine einfache Nullstelle bei $x_1=0$ und eine doppelte Nullstelle bei $x_{2/3}=3$ (Berührungspunkt)

A2 Ausführliche Lösung

b) $f(x) = -x^3 - \frac{3}{2}x^2 + 8x - 2$ Nullstellen: $f(x) = 0$

$\Leftrightarrow -x^3 - \frac{3}{2}x^2 + 8x - 2 = 0 \mid \cdot(-1) \Leftrightarrow x^3 + \frac{3}{2}x^2 - 8x + 2$

1. Nullstelle über probieren:

$$\begin{array}{cccccl} & 1 & 3/2 & -8 & 2 & \\ x=1 & \downarrow & \underline{1} & \underline{5/2} & \underline{-11/2} & \\ & 1 & 5/2 & -11/2 & -7/2 & \text{keine NS für } x=1 \\ \hline & 1 & 3/2 & -8 & 2 & \\ x=2 & \downarrow & \underline{2} & \underline{7} & \underline{-2} & \\ & 1 & 7/2 & -1 & 0 & \text{NS für } x_1 = 2 \end{array}$$

Reduzierung des Grades über Polynomdivision

$$\begin{array}{l} \left(x^3 + \frac{3}{2}x^2 - 8x + 2\right) : (x-2) = x^2 + \frac{7}{2}x - 1 \\ \underline{-\left(x^3 - 2x^2\right)} \\ \quad \frac{7}{2}x^2 - 8x \\ \quad \underline{-\left(\frac{7}{2}x^2 - 7x\right)} \\ \qquad -x + 2 \\ \qquad \underline{-(-x+2)} \end{array}$$

$x^2 + \frac{7}{2}x - 1 = 0 \quad p = \frac{7}{2}; q = -1 \Rightarrow D = \left(\frac{p}{2}\right)^2 - q = \frac{49}{16} + 1 = \frac{65}{16} \Rightarrow \sqrt{D} = \sqrt{\frac{65}{16}}$

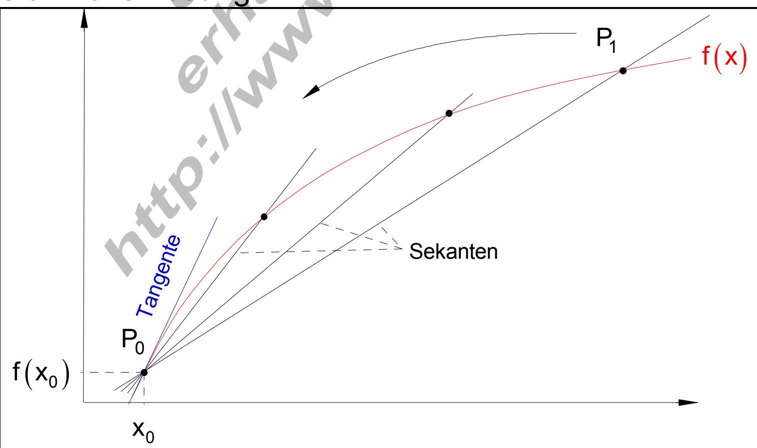
$x_{2/3} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{D} \quad \left| \begin{array}{l} x_2 = -\frac{7}{4} + \sqrt{\frac{65}{16}} \\ x_3 = -\frac{7}{4} - \sqrt{\frac{65}{16}} \end{array} \right.$

Die Nullstellen: $x_1 = 2;\ x_2 = -\frac{7}{4} + \sqrt{\frac{65}{16}};\ x_3 = -\frac{7}{4} - \sqrt{\frac{65}{16}}$

A2	Ausführliche Lösung
c)	$f(x)=-x^4+\frac{9}{2}x^2-\frac{81}{16}$ $f(x)=0\Leftrightarrow -x^4+\frac{9}{2}x^2-\frac{81}{16}=0$ Substitution: $x^2=z$ $\Rightarrow -z^2+\frac{9}{2}z-\frac{81}{16}=0\,\vert\cdot(-1)$ $\Leftrightarrow z^2-\frac{9}{2}z+\frac{81}{16}=0\Rightarrow p=-\frac{9}{2}\quad q=\frac{81}{16}$ $D=\left(\frac{p}{2}\right)^2-q=\left(-\frac{9}{4}\right)-\frac{81}{16}=\frac{81}{16}-\frac{81}{16}=0$ nur eine Lösung in z $z_1=-\frac{p}{2}=\frac{9}{4}\Leftrightarrow x^2=\frac{9}{4}\,\vert\sqrt{}\Leftrightarrow \vert x\vert=\frac{3}{2}\Leftrightarrow$ Nullstellen $x_{1/2}=\pm\frac{3}{2}$

3.	Wissensfragen
a)	Was verstehen Sie unter der Steigung eines Funktionsgraphen in einem Punkt?
b)	Beschreiben Sie anschaulich (Skizze) und mit Worten, wie man bei einem Graphen von der Sekantensteigung zur Tangentensteigung gelangt.
c)	Welche Bedeutung hat die erste Ableitung einer Funktion an der Stelle x_0?
d)	Wie findet man bei einem Funktionsgraphen die Stellen mit waagerechter Tangente?

A3	Ausführliche Lösung
a)	Die Steigung eines Funktionsgraphen in einem Punkt ist gleich der Steigung der Tangente in diesem Punkt.

A3	Ausführliche Lösung	
b)		Bewegt man den Punkt P_1 immer weiter auf P_0 zu, so ändert sich die Sekantensteigung. Je mehr man sich dem Punkt P_0 nähert, desto mehr nähert sich die Sekantensteigung der Tangentensteigung.

A3	Ausführliche Lösung
c)	Die erste Ableitung einer Funktion an der Stelle x_0 ist die Steigung der Tangente im Punkt P (x_0 | $f(x_0)$) und somit auch die Steigung des Graphen von f(x) in diesem Punkt.

A3	Ausführliche Lösung
d)	Die Stellen mit waagerechter Tangente sind dort zu finden, wo die erste Ableitung den Wert Null hat.

4.	Berechnen Sie die erste Ableitung folgender Funktion mit dem Differenzialquotienten	
	$f'(x_0) = \lim\limits_{\Delta x \to 0} \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x}$	$f(x) = \frac{4}{3}x^2$

A4	Ausführliche Lösung

$$f'(x_0) = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x}$$

$$f(x) = \frac{4}{3}x^2 \Rightarrow f(x_0) = \frac{4}{3}x_0^2$$

$$f(x_0 + \Delta x) = \frac{4}{3}(x_0 + \Delta x)^2 = \frac{4}{3}\left[x_0^2 + 2x_0\Delta x + (\Delta x)^2\right] = \frac{4}{3}x_0^2 + \frac{8}{3}x_0\Delta x + \frac{4}{3}(\Delta x)^2$$

$$f'(x_0) = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{\cancel{\frac{4}{3}x_0^2} + \frac{8}{3}x_0\Delta x + \frac{4}{3}(\Delta x)^2 \cancel{- \frac{4}{3}x_0^2}}{\Delta x}$$

$$= \lim_{\Delta x \to 0} \frac{\cancel{\Delta x}\left(\frac{8}{3}x_0 + \frac{4}{3}\Delta x\right)}{\cancel{\Delta x}} = \lim_{\Delta x \to 0}\left(\frac{8}{3}x_0 + \frac{4}{3}\Delta x\right) = \frac{8}{3}x_0$$

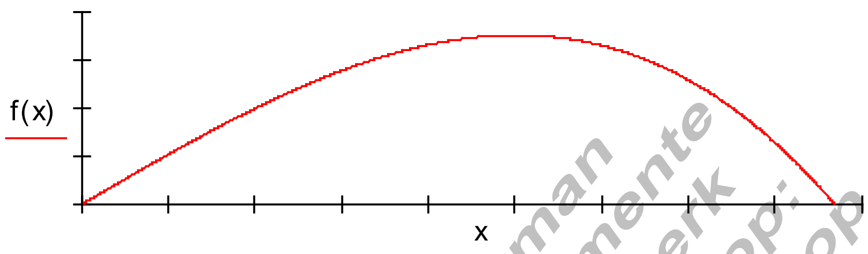
5.	Leiten Sie folgende Funktionen 3 mal ab.			
	a)	$f(x) = -x^4 + 3x^3 - 4x^2 + 1$	b)	$f(x) = \frac{4}{3}x^4 - x^3 + \frac{1}{2}x^2 - x$

A5	Ausführliche Lösung	
	a)	$f(x) = -x^4 + 3x^3 - 4x^2 + 1$ $f'(x) = -4x^3 + 9x^2 - 8x \Rightarrow f''(x) = -12x^2 + 18x - 8 \Rightarrow f'''(x) = -24x + 18$
	b)	$f(x) = \frac{4}{3}x^4 - x^3 + \frac{1}{2}x^2 - x$ $f'(x) = \frac{16}{3}x^3 - 3x^2 + x - 1 \Rightarrow f''(x) = 16x^2 - 6x + 1 \Rightarrow f'''(x) = 32x - 6$

6. Der Graph der Funktion f(x) ist näherungsweise die Flugkurve beim Speerwurf

$f(x) = -\frac{3}{64}x^3 + \frac{9}{4}x$ für $x > 0$

Maßstab: Eine Einheit in x – Richtung bedeutet 10m,
eine Einheit in y – Richtung bedeutet 1m



a)	Welche maximale Höhe erreicht der Speer und wie weit ist er dann vom Abwurfpunkt entfernt?
b)	Wie weit vom Abwurfpunkt kommt der Speer wieder auf den Boden?
c)	Welche Höhe hat der Speer in 60 m Entfernung vom Abwurfpunkt?

A6 Ausführliche Lösung

a)

$f(x) = -\frac{3}{64}x^3 + \frac{9}{4}x \Rightarrow f'(x) = -\frac{9}{64}x^2 + \frac{9}{4}$

$f'(x) = 0 \Leftrightarrow -\frac{9}{64}x^2 + \frac{9}{4} = 0 \Leftrightarrow x_{1/2} = \pm 4$

nur $x = 4$ zählt, da $x > 0$ sein soll

$f(4) = 6 \Rightarrow \underline{\underline{P_{max}(4 \mid 6)}}$

$x = 4$ bedeutet 40 m

Der Speer erreicht eine maximale Höhe von 6 m.
Er ist dann 40 m vom Abwurfpunkt entfernt.

A6 Ausführliche Lösung

b)

$f(x) = -\frac{3}{64}x^3 + \frac{9}{4}x$

$f(x) = 0 \Leftrightarrow -\frac{3}{64}x^3 + \frac{9}{4}x = 0 \Leftrightarrow x\left(-\frac{3}{64}x^2 + \frac{9}{4}\right) = 0 \Rightarrow x_1 = 0$

$x_1 = 0$ ist die Abwurfstelle

$-\frac{3}{64}x^2 + \frac{9}{4} = 0 \Leftrightarrow x_{2/3} = \pm\sqrt{48} \approx \pm 6{,}93$

nur die positive Lösung ist zu verwenden, da $x > 0$ gilt

$x = 6{,}93$ bedeutet 69,3 m

Der Speer kommt 69,3 m von der Abwurfstelle wieder auf den Boden.

A6 Ausführliche Lösung

c)

$f(x) = -\frac{3}{64}x^3 + \frac{9}{4}x$

60m bedeutet $x = 6$

$f(6) = 3{,}275$

Der Speer hat in 70 m Entfernung vom Abwurfpunkt eine Höhe von 3,275 m.