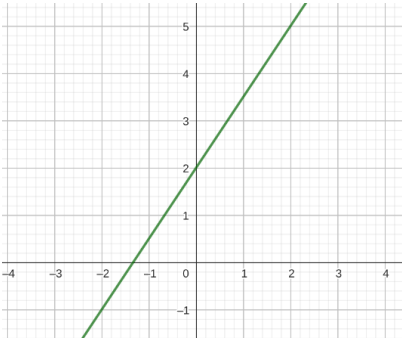
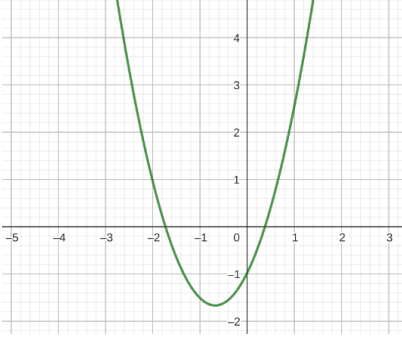
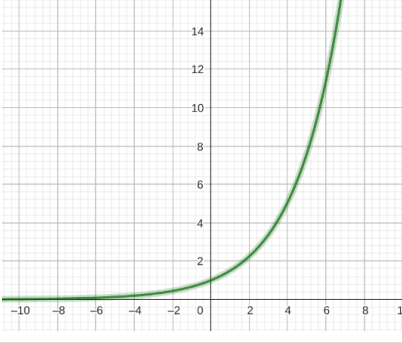
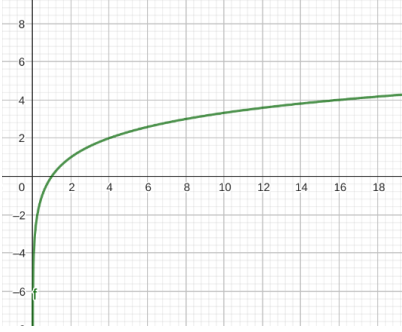


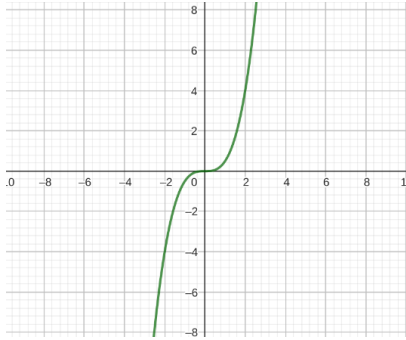
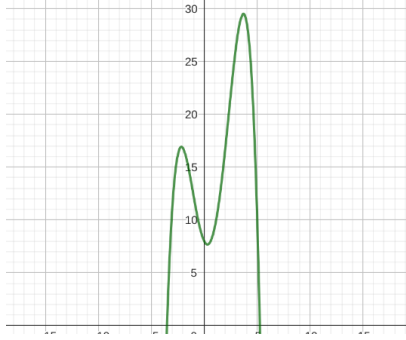
# Mathe

- [Funktionen und Graphen](#)
- [Gleichungssysteme \(Geogebra\)](#)
- [Differentialrechnung](#)
- [Matura-Themen](#)
  - [Exponentialfunktionen](#)
  - [Terme und Formeln](#)
  - [Wahrscheinlichkeitsrechnung I.](#)

# Funktionen und Graphen

## Funktionsgraphen

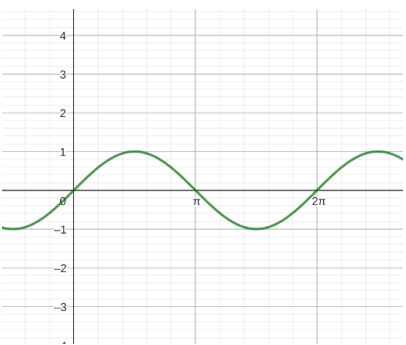
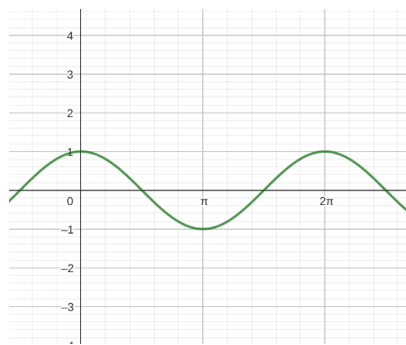
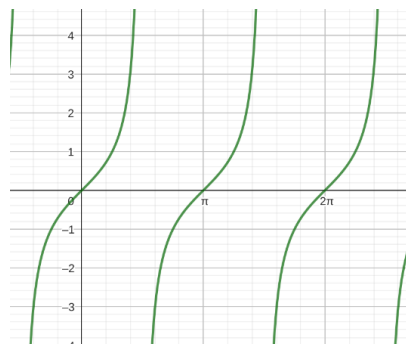
Name	Funktionsgleichung	Graph
<b>Lineare Funktion</b>	$f(x) = k \cdot x + d$	
<b>Quadratische Funktion</b>	$f(x) = a \cdot x^2 + b \cdot x + c$	
<b>Exponentialfunktion</b>	$f(x) = a^x$	
<b>Logarithmusfunktion</b>	$f(x) = \log_n(x)$	

Name	Funktionsgleichung	Graph
<p><b>Potenzfunktion</b></p> <p>Falls n ungerade: "S"-Form</p> <p>Falls n gerade: "W" oder "M"-Form</p>	$f(x) = a \cdot x^n$	
<p><b>Polynomfunktion</b></p> <p>Wie bei Potenzfunktion:</p> <p>Falls n gerade: "W" oder "M"-Form</p> <p>Falls n ungerade: "S"-Form</p>	$f(x) = a_0 \cdot x^n + a_1 \cdot x^{n-1} + \dots + a_n \cdot x^0$	

# Winkelfunktionen

## Sinus- und Cosinusfunktion

Winkelfunktionen sind Sinus-, Cosinus-, und Tangensfunktion. Diese sehen in der Grundfunktion (Amplitude = 1, keine Phasenverschiebung) folgendermaßen aus:

Sinusfunktion	Cosinusfunktion	Tangensfunktion
		

Wie man sieht, haben die Sinus- und Cosinusfunktion eine Periode von  $2\pi$  und die Tangensfunktion eine Periode von  $\pi$ . Die Cosinusfunktion können wir auch als eine Phasenverschobene Sinusfunktion schreiben:

$$\sin(x) = \cos(x - \frac{\pi}{2}) \text{ bzw. } \cos(x) = \sin(x + \frac{\pi}{2})$$

Wie wir sehen, wird die Sinusfunktion bei einer Phasenverschiebung von  $+\frac{\pi}{2}$  um  $\frac{\pi}{2}$  nach **links** verschoben, die Cosinusfunktion **bei negativer Phasenverschiebung nach rechts**. Die Sinusfunktion sieht allgemein so aus:  $f(x) = a \cdot \sin(b \cdot x + c)$ .  $a$  ist die **Amplitude**,  $b$  die **Kreisfrequenz**, und  $c$  die **Phasenverschiebung**.  $b$  kann auch als  $\omega$  und  $c$  als  $\varphi$  geschrieben werden (hauptsächlich in der Physik). Die Amplitude streckt/staucht die Funktion entlang der y-Achse, die Kreisfrequenz entlang der x-Achse. Die Phasenverschiebung verschiebt die Funktion entlang der x-Achse nach links oder rechts.

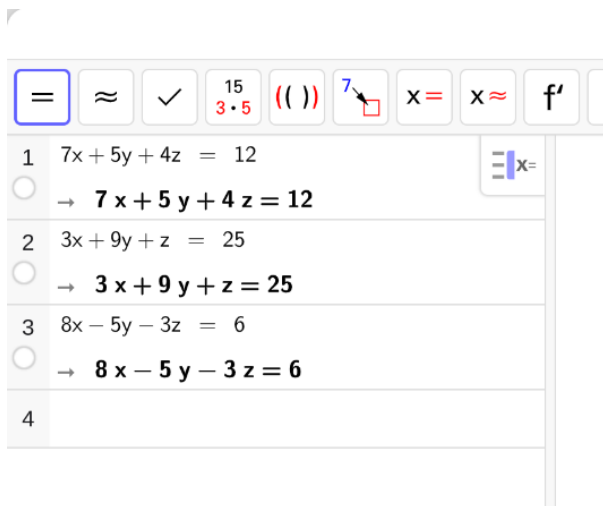
## Schwingungen

Bei harmonischen Schwingungen (also Schwingungen, die durch eine Sinusfunktion  $s(t) = a \cdot \sin(b \cdot t + c)$ , also auch Cosinusfunktion, dargestellt werden können) kommen ein paar Begriffe hinzu:

- **Elongation:** Wert der Funktion zum Zeitpunkt  $t$
- **Amplitude (a):** Größtmögliche Elongation (höchster Punkt der Funktion)
- **Schwingungsdauer (T):** Zeit, die für eine vollständige Schwingung benötigt wird; ohne Kreisfrequenz ist sie  $2\pi$ .  $T = \frac{1}{f}$ ;  $T = \frac{2 \cdot \pi}{\omega}$
- **Frequenz:** Anzahl an Schwingungen pro Sekunde; Einheit: Hz (Hertz).  $f = \frac{1}{T}$ ;  $f = \frac{\omega}{2 \cdot \pi}$

# Gleichungssysteme (Geogebra)

Zunächst ist GeoGebra CAS zu öffnen: ☰ oben rechts → Perspektiven → CAS. Dann tippen wir unsere Gleichungen ein und bestätigen jeweils mit "Enter":

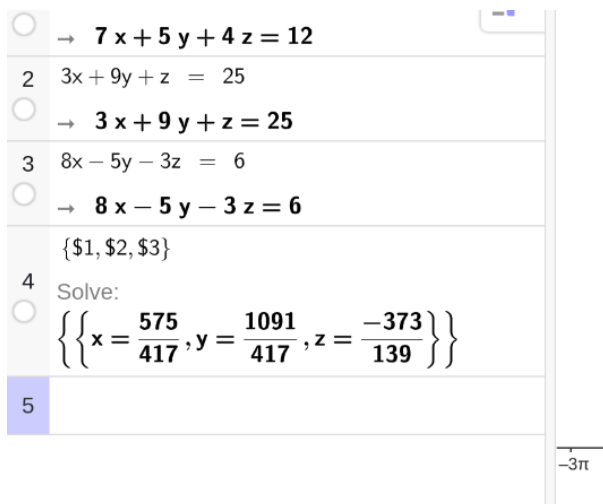


The screenshot shows the GeoGebra CAS interface. At the top is a toolbar with various mathematical symbols. Below it, three equations are entered in separate rows, each with a radio button to its left:

- 1  $7x + 5y + 4z = 12$
- 2  $3x + 9y + z = 25$
- 3  $8x - 5y - 3z = 6$

Row 4 is empty. A small menu icon with "x=" is visible on the right side of the input area.

Schlussendlich wählen wir alle Gleichungen aus und klicken auf "x =" im Menü oben links, GeoGebra zeigt uns die Lösung nun automatisch an:



The screenshot shows the GeoGebra CAS interface with the solution to the system of equations. The equations from the previous screenshot are still visible, but the solution is displayed in row 4:

4 Solve:  
 $\left\{ \left\{ x = \frac{575}{417}, y = \frac{1091}{417}, z = \frac{-373}{139} \right\} \right\}$

Row 5 is empty. A small menu icon with "x=" is visible on the right side of the input area.

# Differentialrechnung

## Eigenschaften von Funktionen

### Monotonie

Bei normaler Monotonie darf der Funktionswert auch weder steigen noch sinken (gleich bleiben), bei strenger Monotonie muss er durchgehend fallen bzw. sinken:

	steigend	fallend
monoton	Funktionswert wird nicht kleiner	Funktionswert wird nicht größer
streng monoton	Funktionswert wird größer	Funktionswert wird kleiner

Für Monotonie wird üblicherweise ein abgeschlossenes Intervall  $[a; b]$  angegeben, z.B.:  $f(x)$  ist in  $[a; b]$  streng monoton fallend.

### Extremstellen

Ein Punkt auf einer Funktion in einem Intervall (oder auch allgemein) ist eine **Maximumstelle**, wenn es im gesamten Intervall keine größeren Funktionswerte gibt. Ein Punkt auf einer Funktion ist eine **Minimumstelle**, falls es im gesamten Intervall keine kleineren Funktionswerte gibt. Eine **Extremstelle** ist entweder eine Minimum- oder Maximumstelle der Funktion.

Ein Punkt ist eine **lokale Maximumstelle** oder **Hochpunkt**, falls es eine Umgebung des Punktes gibt, in der nur kleinere Funktionswerte vorkommen. Damit ein Punkt eine **lokale Minimumstelle** oder **Tiefpunkt** ist, muss es eine Umgebung des Punktes geben, in der nur größere Funktionswerte vorkommen. Ein **Extrempunkt** ist eine lokale Maximum- bzw. Minimumstelle.

Minimum- bzw. Maximumstellen lassen sich auch mithilfe von Ableitungen ermitteln:

- “ **Minimumstelle:**  $f'(x) = 0 \wedge f''(x) > 0$
- Maximumstelle:**  $f'(x) = 0 \wedge f''(x) < 0$
- Nullstelle:**  $f(x) = 0$

### Sattelpunkt

In einem Sattelpunkt sinkt der Funktionswert weder, noch steigt er an. Sattelpunkte können bei Polynomfunktionen ab dem 3. Grad vorkommen. An einem Sattelpunkt gelten folgende Bedingungen:

“ **Sattelstelle:**  $f'(x) = 0 \wedge f''(x) = 0 \wedge f'''(x) \neq 0$

## Wendestelle und Krümmung

An einer Wendestelle ändert eine Funktion ihr Krümmungsverhalten. Bei der Krümmung eines Funktionsgraphen kann **positive bzw. Linkskrümmung**, **negative bzw. Rechtskrümmung** oder auch keine Krümmung (an Wendestellen) auftreten. Auch Krümmung gibt man, wie Monotonie, in Intervallen an. An einer Wendestelle tritt maximale Steigung bzw. maximales Gefälle auf. Damit ein Punkt eine Wendestelle ist, muss folgendes gelten:

“ **Wendepunkt:**  $f''(x) = 0 \wedge f'''(x) \neq 0$ , falls  $f(x)$  keine Sattelstelle ist

Um das Krümmungsverhalten einer Funktion zu analysieren, müssen zunächst alle Wendestellen ermittelt werden. Dann kann jeweils zwischen zwei Wendestellen bzw. an den Seiten der Wendestellen am Rand die Krümmung (zweite Ableitung  $f''(x)$ ) und damit das Krümmungsverhalten (positiv/negativ) im betreffenden Bereich ermittelt werden. Gibt es keine Wendepunkte, kann einfach an einer beliebigen Stelle die Krümmung ermittelt werden, diese gilt für die gesamte Funktion (da es ja keine Wendepunkte gibt, an denen das Krümmungsverhalten sich ändern würde).

## Änderungsmaße

### Absolute Änderung

Die Änderung einer Funktion in  $[a; b]$  gibt an, um welchen Wert der Funktionswert in diesem Bereich gestiegen oder gesunken ist. Dabei sind alle Werte dazwischen irrelevant.

“ **Absolute Änderung:**  $f(b) - f(a)$

### Relative Änderung

Die Relative Änderung einer Funktion in  $[a; b]$  gibt an, um welchen Wert sich der Funktionswert in diesem Bereich relativ zum Ausgangswert  $f(a)$  ändert. Dabei sind wieder alle Werte dazwischen irrelevant.

“ **Relative Änderung:**  $\frac{f(b) - f(a)}{f(a)}$

Wenn jetzt also  $f(a) = 10$  und  $f(b) = 12$  ist, erhalten wir laut der Formel  $0,2 \rightarrow$  der Funktionswert ist um den Ausgangswert  $f(a) \cdot 0,2$  bzw. 20% gestiegen.

## Mittlere Änderungsrate bzw. Differenzenquotient:

Der Differenzenquotient gibt die durchschnittliche Änderung an jeder Stelle im Bereich  $[a; b]$  an, ohne den Werten dazwischen Beachtung zu schenken.

“ **Mittlere Änderungsrate:**  $\frac{f(b) - f(a)}{b - a}$

## Änderungsfaktor

Der Änderungsfaktor gibt an, mit welcher Zahl wir  $f(a)$  multiplizieren müssten, um auf  $f(b)$  zu kommen.

“ **Änderungsfaktor:**  $\frac{f(b)}{f(a)}$

## Geschwindigkeit und Änderungsgeschwindigkeit

Die **mittlere Geschwindigkeit in einem Zeitintervall** ist nichts anderes, als die Mittlere Änderungsrate der zurückgelegten Strecke im Intervall  $[a; b]$ . Die **Geschwindigkeit zum Zeitpunkt  $t$**  entspricht der Steigung der Funktion und somit der ersten Ableitung  $s'(t)$ .

Diese Geschwindigkeit lässt sich nun auch ausweiten auf allgemein die **Änderung des Funktionswertes** - z.B. eine Volumensänderung. Hier geht es nur nicht um die zurückgelegte Strecke, sondern z.B. darum, wie schnell ein Behälter sich füllt oder leert. Auch hier ist die **mittlere Änderungsgeschwindigkeit im Intervall  $[a; b]$**  nichts anderes, als die mittlere Änderungsrate der Funktion im Intervall  $[a; b]$  und die **momentane Änderungsgeschwindigkeit** nichts anderes als die Steigung der Funktion und somit die erste Ableitung  $V'(t)$ . Ist diese positiv, spricht man von

der **(mittleren) Zunahmegeschwindigkeit**, ist sie negativ, so von der **(mittleren) Abnahmegeschwindigkeit**.

## Differentialquotient

Diese eben erwähnte **(momentane) Änderungsgeschwindigkeit** einer Funktion bzw. die **Steigung** des Funktionsgraphen nennt man **Differentialquotient**, er wird mithilfe der **ersten Ableitung  $f'(x)$**  berechnet.

## Leibniz-Ableitung

Die Leibniz'sche Schreibweise ist eine andere Schreibweise der Ableitung (hier wird nur die erste Ableitung benötigt) einer Funktion. Besonders praktisch ist sie bei Funktionen mit mehreren Variablen bzw. physikalischen Formeln, wenn angenommen wird, dass alle Variablen der Formel konstant bleiben, mit Ausnahme einer. Nach dieser Variable wird dann abgeleitet. Also:  $dV/dN \rightarrow$  Leite V nach N ab. Schauen wir uns das an einem Beispiel an:

“  $p \cdot V = N \cdot k \cdot T$

Angabe:  $dV/dN$

Also: Leite V nach N ab.

Dafür stellen wir erstmal V frei:

$$V = \frac{N \cdot k \cdot T}{p}$$

Wir leiten nach N ab, und da  $N^1$  wegfällt, erhalten wir:

$$V'(N) = \frac{dV}{dN} = \frac{k \cdot T}{p}$$

## Ableitungsregeln

$f'(x)$  nennt man **Ableitung** oder **Ableitungsfunktion** von  $f(x)$ , das Berechnen einer Ableitung **Ableiten** bzw. **Differenzieren**. Dabei schauen wir uns folgendes an:

- die Variable selbst (z.B. x)
- Konstanten, mit denen sie multipliziert wird
- Konstanten, die addiert werden

Folgende Regeln sind zu beachten:

- **Konstanten**, die addiert und nicht mit der Variable multipliziert werden, **fallen weg**. Das gilt auch, wenn mehrere solche Konstanten untereinander multipliziert werden - sie könnten als eine Konstante zusammengefasst werden.

- Die **Variable fällt weg, falls sie den Exponenten 1 hat** ( $x^1$ ); Zahlen, mit denen sie multipliziert wird bleiben stehen (z.B.  $3 \cdot x^1 \rightarrow 3$ ).
- Ansonsten wird **der Exponent der Variable um 1 reduziert und sie mit diesem multipliziert**, auch ggf. andere Zahlen, mit denen die Variable ohnehin schon multipliziert wird (z.B.  $x^3 \rightarrow 3 \cdot x^2$ ;  $5 \cdot x^2 \rightarrow 10 \cdot x^1$ ).

Also gilt:

$$\begin{aligned} \text{“} f(x) &= x^n \rightarrow f'(x) = n \cdot x^{n-1} \\ f(x) &= a \cdot x^b \rightarrow f'(x) = a \cdot b \cdot x^{b-1} \\ f(x) &= a \cdot x \rightarrow f'(x) = a \\ f(x) &= a \rightarrow f'(x) = 0 \end{aligned}$$

## Ableitungen in der Physik

Die Ableitungen haben auch physikalische Bedeutungen, z.B. bei einer Funktion, die die zurückgelegte Strecke zum Zeitpunkt  $t$  angibt  $s(t)$ :

- **Erste Ableitung**  $s'(t)$ : Geschwindigkeit zum Zeitpunkt  $t$
- **Zweite Ableitung**  $s''(t)$ : Beschleunigung zum Zeitpunkt  $t$

Die erste Ableitung der Geschwindigkeitsfunktion  $v(t)$  ist die Beschleunigung. Auch geometrisch haben sie eine Bedeutung (bei einem Funktionsgraphen):  $f'(x)$  ist die Steigung und  $f''(x)$  die Krümmung an der Stelle  $x$ .

## Polynomfunktionen aufstellen

Mithilfe der obigen Bedingungen können wir mithilfe von manchen Informationen über den Graphen (z.B. geht durch Punkt  $(x | y)$ , Sattelstelle  $(x | y)$ ,...) ein Gleichungssystem und daraus die Polynomfunktion dazu aufstellen, besonders, wenn, wie bei den Beispielen hier, der Grad der Polynomfunktion angegeben ist. Dieses Gleichungssystem können wir auch mithilfe von GeoGebra lösen lassen, genauso wie wir GeoGebra auch zum Ermitteln von Sattelstellen, etc. bei bereits gegebenen Funktionen verwenden können - mit der Löse-Funktion. Schauen wir uns das Schritt für Schritt an:

“ Wir suchen zunächst einmal Bedingungen. Wir benötigen immer eine Bedingung mehr als den Grad der gesuchten Polynomfunktion. Z.B.:  
Die Polynomfunktion vom Grad 3 hat den Tiefpunkt  $(3 | 1)$  und die Steigung der Tangente im Punkt  $P = (0 | 1)$  beträgt 3.

Daher können wir folgende Bedingungen aufschreiben:

- $f(3) = 1$ , weil der Graph durch den Punkt  $(3 | 1)$  geht
- $f(0) = 1$ , weil der Graph durch den Punkt  $(0 | 1)$  geht
- $f'(3) = 0$ , weil die Steigung im Tiefpunkt  $(3 | 0)$  0 ist
- $f'(0) = 3$ , weil die Steigung im Punkt  $(0 | 1)$  3 ist

Leiten wir die Funktion für den nächsten Schritt ersteinmal ab:  $f'(x) = 3 \cdot a \cdot x^2 + 2 \cdot b \cdot x + c$

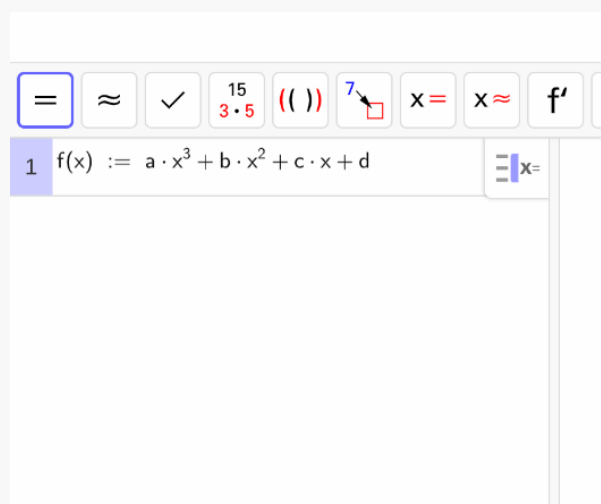
Jetzt können wir uns mithilfe dieser Bedingungen ein Gleichungssystem aufstellen:

- $f(3) = a \cdot 3^3 + b \cdot 3^2 + c \cdot 3 + d = 1$
- $f(0) = a \cdot 0^3 + b \cdot 0^2 + c \cdot 0 = 1$
- $f'(3) = 3 \cdot a \cdot 3^2 + 2 \cdot b \cdot 3 + c = 0$
- $f'(0) = 3 \cdot a \cdot 0 + 2 \cdot b \cdot 0 + c = 3$

Dieses Gleichungssystem können wir nun entweder händisch lösen oder in GeoGebra eintippen und lösen lassen.

Um eine Polynomfunktion mithilfe von GeoGebra lösen zu können, müssen wir nur die Bedingungen ermitteln, wie z.B.  $f'(3) = 0$ ,  $f(5) = 0$  oder  $f''(7) = 3$ , GeoGebra leitet ab und löst automatisch für uns:

“ Zunächst einmal tippen wir die Form der Polynomfunktion ein, z.B. hier im 3. Grad, und bestätigen mit "Enter":



Dann tippen wir unsere Bedingungen ein:

1	$f(x) := a x^3 + b x^2 + c x + d$ → <b><math>f(x) := a x^3 + b x^2 + c x + d</math></b>	
2	$f(3) = 1$ → <b><math>27 a + 9 b + 3 c + d = 1</math></b>	
3	$f(0) = 1$ → <b><math>d = 1</math></b>	
4	$f'(3) = 0$ → <b><math>27 a + 6 b + c = 0</math></b>	
5	$f'(0) = 3$ → <b><math>c = 3</math></b>	
6		

Schlussendlich wählen wir alle Bedingungen (nicht unsere Polynomfunktion - hier an Stelle 1) aus und klicken im Menü oben links auf "x =", GeoGebra berechnet die Lösung nun automatisch für uns:

←	→ <b><math>27 a + 9 b + 3 c + d = 1</math></b>	
3	$f(0) = 1$ → <b><math>d = 1</math></b>	
4	$f'(3) = 0$ → <b><math>27 a + 6 b + c = 0</math></b>	
5	$f'(0) = 3$ → <b><math>c = 3</math></b>	
6	{ \$2, \$3, \$4, \$5 } ○ Solve: $\left\{ \left\{ a = \frac{1}{3}, b = -2, c = 3, d = 1 \right\} \right\}$	
7		

# Matura-Themen

# Exponentialfunktionen

## Form

Eine Exponentialfunktion ist eine Funktion der Form  $f(x) = a \cdot b^x$  bzw.  $f(x) = L_0 \cdot e^{\lambda \cdot x}$ .

## Eigenschaften

Für  $f(x) = a \cdot b^x$

$b > 1$ : Funktionswert steigt

$b < 1$ : Funktionswert sinkt (asymptotisch zur x-Achse)

$a < 0$ : Funktion an x-Achse gespiegelt

Für  $f(x) = L_0 \cdot e^{\lambda \cdot x}$

$\lambda > 0$ : Funktionswert steigt

$\lambda < 0$ : Funktionswert sinkt (asymptotisch zur x-Achse)

$L_0 < 0$ : Funktion an x-Achse gespiegelt

## Halbwertszeit und Verdopplungszeit

**Halbwertszeit:** Zeit (x-Wert), die benötigt wird, bis der Funktionswert (y-Wert) sich halbiert hat

**Verdopplungszeit:** Zeit (x-Wert), die benötigt wird, bis der Funktionswert (y-Wert) sich verdoppelt hat

# Terme und Formeln

## Vereinfachen

Beim Vereinfachen eines Termes gehen wir folgendermaßen vor:

- Wir vereinfachen zunächst die Klammern, z.B.:  $a \cdot x + 7 \cdot (3 \cdot x + 5 \cdot x) \rightarrow a \cdot x + 7 \cdot (8 \cdot x)$ .
- Dann multiplizieren/dividieren wir aus (Binomische Formeln beachten!):  $a \cdot x + 7 \cdot (8 \cdot x) \rightarrow a \cdot x + 56 \cdot x$ .
- Zum Schluss würden wir noch zusammenfassen (falls möglich).

**Es gilt: Kla-Po-Pu-Stri:** Klammer vor Potenz vor Punkt vor Strich, heißt, wir lösen immer zuerst die Klammern auf, dann potenzieren wir, dann multiplizieren/dividieren wir, und erst dann addieren/subtrahieren wir.

## Binomische Formeln

- **Erste Binomische Formel:**  $(a + b)^2 = a^2 + 2 \cdot a \cdot b + b^2$
- **Zweite Binomische Formel:**  $(a - b)^2 = a^2 - 2 \cdot a \cdot b + b^2$
- **Dritte Binomische Formel:**  $(a + b) \cdot (a - b) = a^2 - b^2$

# Wahrscheinlichkeitsrechnung I.

## Grundlagen

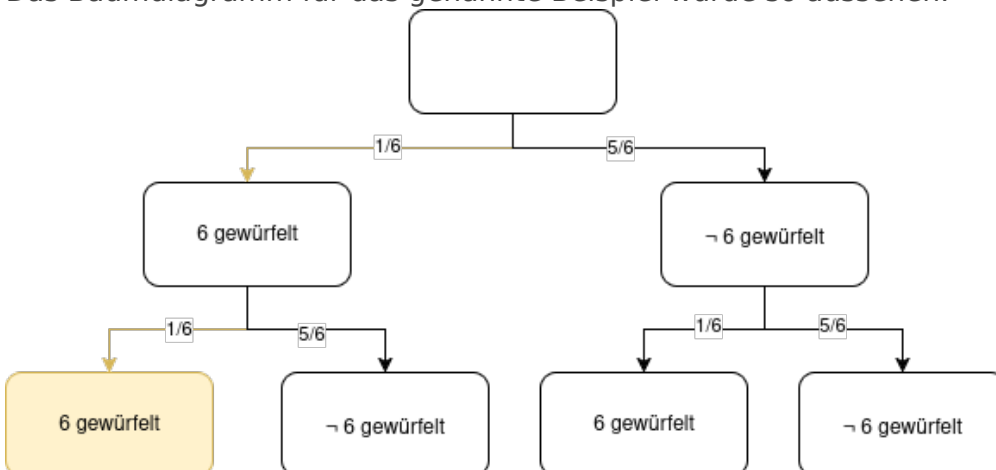
Wir definieren immer ein Ereignis, z.B. 6 gewürfelt. Die Wahrscheinlichkeit, dass dieses Ereignis eintritt, ist unser Ereignis geteilt durch alle anderen Möglichkeiten, in diesem Fall also  $P(6 \text{ gewürfelt}) = 1/6$ .

Die Gegenwahrscheinlichkeit von einem Ereignis sind alle anderen möglichen Ereignisse, also in unserem Fall mit dem Würfel alle Zahlen außer 6. Es gilt:  **$P(6 \text{ gewürfelt}) = 1 - P(\neg 6 \text{ gewürfelt})$** . Wahrscheinlichkeit und Gegenwahrscheinlichkeit zusammen ergeben immer 1. Manchmal ist es viel einfacher, die Gegenwahrscheinlichkeit eines Ereignisses zu berechnen, als die Wahrscheinlichkeit für das Ereignis selbst.

## Baumdiagramme

Bei mehreren Stufen (z.B. Ereignis: 2x hintereinander 6 gewürfelt) sind Baumdiagramme hilfreich. Wir zeichnen zunächst für jede Möglichkeit einen Ast, und setzen dasselbe für jeden einzelnen Ast fort, bis wir mit allen Möglichkeiten durch sind. Dann wählen wir alle Blätter (ganz unten) aus, die unseren Anforderungen entsprechen - in unserem Fall nur eines.

Das Baumdiagramm für das genannte Beispiel würde so aussehen:



Der gelb markierte Pfad entspricht unserem Ereignis. Um die Wahrscheinlichkeit zu erhalten, müssen wir die Wahrscheinlichkeit der einzelnen Stufen miteinander multiplizieren, also  $P(2x 6 \text{ gewürfelt}) = 1/6 \cdot 1/6$ . Kämen mehrere Blätter für uns in Frage, so würden wir für jedes Blatt genauso vorgehen und die Ergebnisse addieren.