Grundlagen der medizinischen Biophysik

1. Vorlesung 10. 09. 2020

Ádám Orosz

1. Kurz über die naturwissenschaftliche Denkweise
- Erscheinungen und Forschung; Lernzyklus

2. Physikalische Größe und Einheit
- Definition
- Basisgrößen und Basiseinheiten
- Abgeleite Größen und Einheiten
- Änderung einer Größe
- Skalar vs Vektor
- Vorsätze
- Flächen- und Volumeneinheiten

3. Wiederholung der mathematischen Grundlagen
- Rechenregeln
- geometrische Zusammenhänge
- Winkelmessung
- Funktionen

„Des Anfängers Geist hat viele Möglichkeiten, der des Experten hat nur wenige." – Shunryu Suzuki

Kurz über die naturwissenschaftliche Denkweise

Physikalische Größen und Einheiten

Eine physikalische Größe wird durch Ihre Messvorschrift (Text oder Formel) definiert und mit einem (nicht festgelegten) Formelzeichen abgekürzt, z. B.:

Physikalische Größe	Formelzeichen	Maßeinheit
Länge	*l, L, h, r, d, …*	m, km, Meil, …

Physikalische Größe = Zahlenwert · Maßeinheit **!**

Beispiel: Körperhöhe = 170 · cm = 170 cm
h = 170 cm

Eine physikalische Einheit (Maßeinheit) ist eine festgelegte Größe, die als Vergleichsmaß zwischen physikalischen Größen gleicher Art dient. Sie wird mit einem festgelegten Formelzeichen abgekürzt, z. B. Meter (m).

Basisgrößen und **Basis**einheiten

Abgeleitete Größen und **abgeleitete** Einheiten

Basisgrößen und Basiseinheiten

Willkürlich ausgewählte Größen und Einheiten, mit denen man alle andere Größen und Einheiten ausdrücken kann:

Internationales Einheitensystem (SI)

Basisgröße		SI-Basiseinheit	
Name	gewöhnliches, jedoch nicht obligatorisches Zeichen	Name	obligatorisches Zeichen
Länge	l	Meter	m
Masse	m	Kilogramm	kg
Zeit	t	Sekunde	s
Elektrische Stromstärke	I	Ampere	A
Thermodynamische Temperatur	T	Kelvin	K
Stoffmenge	n	Mol	mol
Lichtstärke	I	Candela	cd

Bemerkungen:
- „*m*” steht für Masse, „m” steht für Meter
- „*I*” kann sowohl für el. Stromstärke als auch für Lichtstärke stehen

Abgeleitete Größen und Einheiten

Hergeleitet von den Basisgrößen und Basiseinheiten durch

- Text, z. B.

  Messen Sie die Zeitdauer einer Schwingung einer Pendeluhr. Sie wird Periodenzeit (T) genannt. Die Maßeinheit der Periodenzeit ist die Sekunde (s).

- **Formel (Definitionsformel)**, z. B.

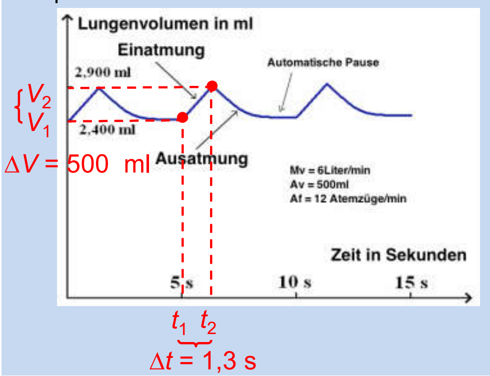
  Die Frequenz (f) ist der Kehrwert der Periodenzeit: $f = \frac{1}{T}$
  Die Maßeinheit der Frequenz ergibt sich aus der Definitionsformel:
  $$[f] = \frac{1}{\mathrm{s}} = \mathrm{s}^{-1} = \text{Hertz (Hz)}$$

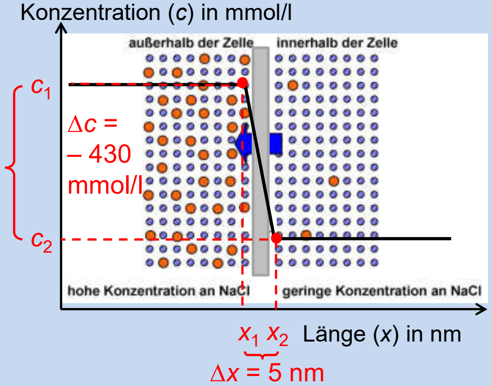
Bemerkung:
- Eine physikalische Größe hat oft mehrere (erlaubte oder nicht mehr erlaubte) Maßeinheiten, wie z. B.
  Zeit: Sekunden (s), Minute (min), Stunde (h), …
  Frequenz: 1/s, 1/min, …
  Länge: Meter (m), Meil, Lichtjahr, …
  Druck: Pascal (Pa), Bar (bar), Atmosphäre (atm), mmHg, mmH_2O, …
- Bei Rechenaufgaben ist es am sichersten, wenn man die Daten in die Formeln in der SI-Einheit einsetzt. Wenn in der Aufgabenstellung nicht festgelegt wird, kann die Lösung in einer beliebigen Maßeinheit angegeben werden.

Änderung einer Größe

- In vielen Erscheinungen spielt nicht die Größe sondern ihre Änderung die bestimmende Rolle, z. B. bei der Diffusion oder bei der Atmung.
- Die Größenänderung wird in der Regel mit dem griechischen Buchstaben „Δ” (Delta) abgekürzt, z. B. ΔV (=Volumenänderung)
  Δc (=Konzentrationsänderung)
  Δv (=Geschwindigkeitsänderung)
  Δt (=Zeitänderung, d. h. eine Zeitspanne) …
- Die Änderung wird immer so gebildet, dass von dem späteren Wert der frühere Wert abgezogen wird, z. B. $\Delta T = T_2 - T_1$
  ⇒ Bei Größen**zunahme** ist die Änderung **positiv**, bei Größen**abnahme** ist sie **negativ**.

Beispiele:





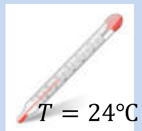
Skalar vs. Vektor

Physikalische Größen

Skalar
nichtgerichtete Größe

Vektor
gerichtete Größe

Z. B. Temperatur (T)



Z. B. Geschwindigkeit (v)

Betrag: $v = 30\ \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$

Richtung:

Bemerkung:
- Die vektorielle Eigenschaft einer Größe wird im Grundkurs und auch im Biophysikkurs oft vereinfacht behandelt: Raum wird auf eine Achse reduziert (3D→1D). In diesem Fall gibt es nur 2 Richtungen: + oder –, die man willkürlich festlegen kann.

Wissenschaftliche Schreibweise und Vorsätze

- Eine **kurze Schreibweise** ist bei sehr großen oder kleinen Werten oft nützlich, z.B. die Dicke einer Zellmembran ist Δx = 0,000 000 005 m.
- Dafür kann die **wissenschaftliche Schreibweise** dienen: 0,000 000 005 m = $5{\cdot}10^{-9}$ m.
- Alternativ können **Vorsätze** benutzt werden: 0,000 000 005 m = $5{\cdot}10^{-9}$ m = 5 nm

Vorsatz	Zeichen	Faktor	Herkunft
Exa	E	$\times10^{18} = \times1000^{6}$	Gr. 6 (ἕξ = hex)
Peta	P	$\times10^{15} = \times1000^{5}$	Gr. 5 (πέντε = pente)
Tera	T	$\times10^{12} = \times1000^{4}$	Gr. 4 (τέτταρες = tettares), ursprünglich: Monstrum (τέρας = teras)
Giga	G	$\times10^{9} = \times1000^{3}$	Gr. riesig (γίγας = gigas)
Mega	M	$\times10^{6} = \times1000^{2}$	Gr. groß (μέγας = megas)
Kilo	k	$\times10^{3} = \times1000^{1}$	Gr. 1000 (χίλιοι = khilioi)
Hekto	h	$\times10^{2}$	Gr. 100 (ἑκατόν = hekaton)
Deka	da (dk)	$\times10^{1}$	Gr. 10 (δέκα = deka)
Dezi	d	$\times10^{-1}$	Lat. 10 (decem)
Zenti	c	$\times10^{-2}$	Lat. 100 (centum)
Milli	m	$\times10^{-3} = \times1000^{-1}$	Lat. 1000 (mille, *pl.* milia)
Mikro	µ	$\times10^{-6} = \times1000^{-2}$	Gr. klein (μικρός = mikros)
Nano	n	$\times10^{-9} = \times1000^{-3}$	Gr. Zwerg (νᾶνος = nanos)
Piko	p	$\times10^{-12} = \times1000^{-4}$	Sp. klein, bißchen (pico)
Femto	f	$\times10^{-15} = \times1000^{-5}$	Dän. 15 (femten)
Atto	a	$\times10^{-18} = \times1000^{-6}$	Dän. 18 (atten)

1. Schreiben Sie die folgenden Größen ohne Vorsatz in der wissenschaftlichen Schreibweise:

2,4 pN = $2{,}4 \cdot 10^{-12}$ N

0,4 PJ = $0{,}4 \cdot 10^{15} = 4 \cdot 10^{14}$ J

500 µm = $500 \cdot 10^{-6} = 5 \cdot 10^{-4}$ m

2. Schreiben Sie die folgenden Größen mit Vorsätzen so auf, damit die Werte mit den **wenigsten Ziffern** geschrieben werden:

0,001 m = 1 mm

$850{\cdot}10^{5}$ W = $8{,}5 \cdot 10^{7}$ W = 85 MW

$0{,}24{\cdot}10^{-11}$ s = $2{,}4 \cdot 10^{-12}$ s = 2,4 ps

3. Wandeln Sie um:

0,2 cm = ...2000........µm

6 200 kHz = ...6,2........MHz

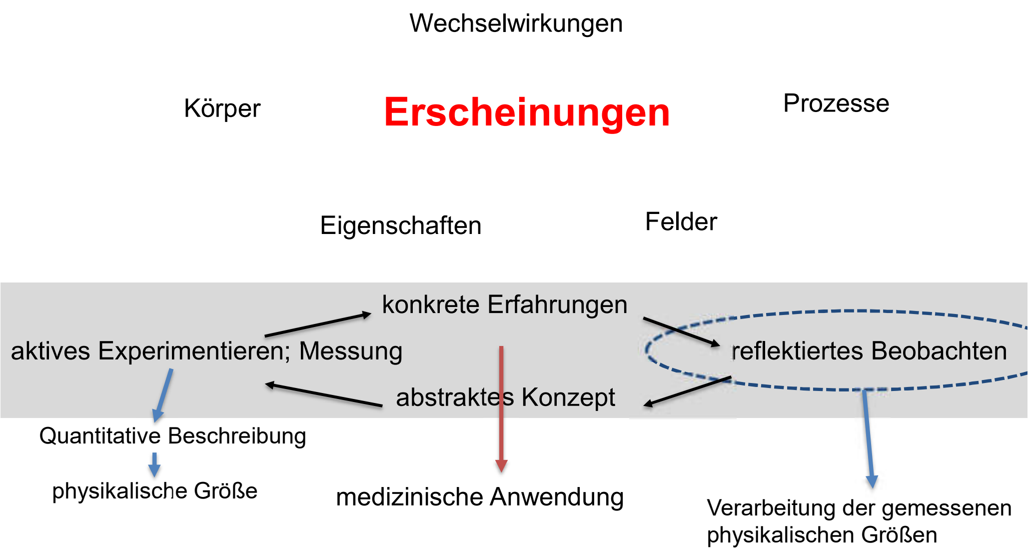
330 000 fs = ...0,33........ns

0,011 GJ = ...11000........kJ

Vorsätze (SI-Präfixe)

Vorsatz		Faktor
Name	Zeichen	
Exa	E	10^{18}
Peta	P	10^{15}
Tera	T	10^{12}
Giga	G	10^{9}
Mega	M	10^{6}
Kilo	k	10^{3}
Hekto	h	10^{2}
Deka	da	10
Dezi	d	10^{-1}
Zenti	c	10^{-2}
Milli	m	10^{-3}
Mikro	µ	10^{-6}
Nano	n	10^{-9}
Piko	p	10^{-12}
Femto	f	10^{-15}
Atto	a	10^{-18}

Die naturwissenschaftliche Denkweise



die Sprache: Mathematik

Wiederholung einiger mathematischen Grundlagen

Rechenregeln für Zehnerpotenzen

- $10^{n} \cdot 10^{m} = 10^{n+m}$
- $\frac{10^{n}}{10^{m}} = 10^{n-m}$
- $(10^{n})^{m} = 10^{n \cdot m}$

$$\frac{(10^{3})^{2} \cdot 10^{4}}{10^{-2}} \cdot 10^{-10} = 100$$

Rechenregeln des Logarithmierens

- $\lg(a \cdot b) = \lg a + \lg b$
- $\lg\left(\frac{a}{b}\right) = \lg a - \lg b$
- $\lg(a^{n}) = n \cdot \lg a$

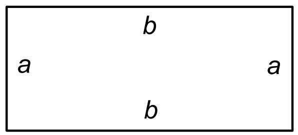
$$2 \cdot \lg 5 + 2 \cdot \lg 20$$

$$\lg \underbrace{5^{2}}_{25} + \lg \underbrace{20^{2}}_{400} = \lg 25 \cdot 400$$

$$= \lg 10000$$

$$= 4$$

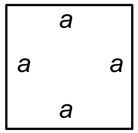
Umfang und Fläche



das Rechteck

Umfang: $2 \cdot (a+b)$

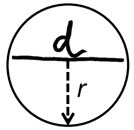
Fläche: $a \cdot b$



das Quadrat

Umfang: $4a$

Fläche: $a \cdot a = a^2$



der Kreis

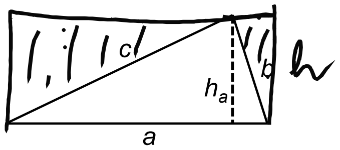
Umfang: $2r\pi$

Fläche: $r^2\pi$

$U \approx 3d$

$U = \pi \cdot d$

$U = 2r\pi$

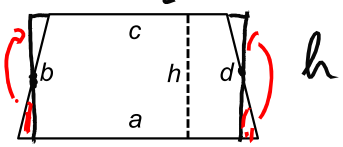


das Dreieck

Umfang: $a+b+c$

Fläche: $a \cdot h_a/2$

$\frac{a+c}{2}$

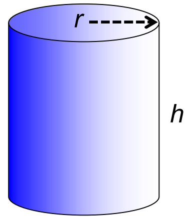


das Trapez

Umfang: $a+b+c+d$

Fläche: $(a+c)/2 \cdot h$

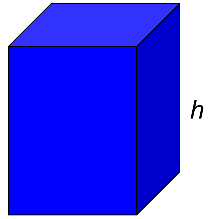
Oberfläche und Volumen



der Zylinder (offen):

Oberfläche (nur Mantel): $2r\pi \cdot h$

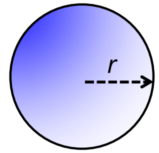
Volumen: $r^2\pi \cdot h$



das Prisma (offen)

Oberfläche (nur Mantel): (Umfang der Grundfläche) · h

Volumen: (Fläche der Grundfläche) · h



die Kugel:

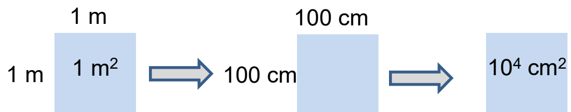
Oberfläche: $4r^2\pi$

Volumen: $4/3r^3\pi$

Flächen- und Volumeneinheiten

1. Wandeln Sie um:

1 m² = ……………………………………cm²



2. Wandeln Sie um:

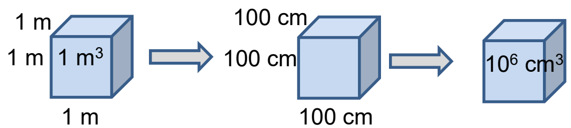
0,2 m² = ……2000……………………cm²

0,05 cm² = ……………5……………mm²

30 000 mm² = ……………3……………dm²

3. Wandeln Sie um:

1 m³ = ……………………………………cm³



4. Wandeln Sie um:

0,01 m³ = …$0{,}01 \cdot 10^6 = 10000$……cm³

0,005 cm³ = ……………5……………mm³

30 000 mm³ = ……………0,03……………dm³

Winkelmessung

Ein Winkel kann entweder in **Grad-Einheiten** (°) oder in **Radiant-Einheiten** (rad) „Bogenmaß" angegeben werden.

Grad: praktische, traditionelle Einheit

Für kleineren Winkel: **Bogenminute** 1°=60' und **Bogensekunde** 1'=60"

Radiant: wissenschaftliche Einheit

Bei der ersten wird die wohlbekannte Vereinbarung verwendet, dass ein Vollwinkel (ein ganzer Kreis) in 360° eingeteilt ist.

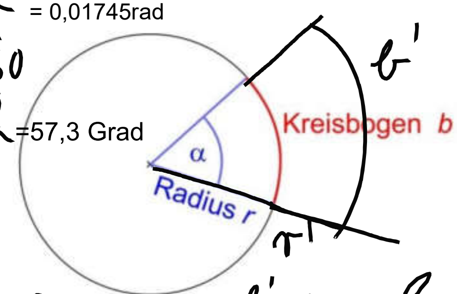
Definitionsformel des Winkels in Radiant-Einheiten:

$$\alpha = \frac{b}{r} \quad \left(\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{m}} = 1\right)$$

rad (wird oft nicht ausgeschrieben)

$1° = \frac{2\pi}{360}$ = 0,01745rad

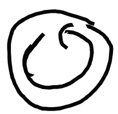
$1\,\mathrm{rad} = \frac{360}{2\pi}$ =57,3 Grad



$2\pi \quad 360° \quad 1°$

$\frac{b'}{r'} = \alpha = \frac{b}{r}$

Bei einem Vollwinkel:



$U = 2r\pi$

$\alpha = \frac{2\cancel{r}\pi}{\cancel{r}} = 2\pi$

Die naturwissenschaftliche Denkweise

Wechselwirkungen

Körper **Erscheinungen** Prozesse

Eigenschaften Felder

konkrete Erfahrungen

aktives Experimentieren; Messung

reflektiertes Beobachten

abstraktes Konzept

Quantitative Beschreibung

physikalische Größe

Theorien, Modellen

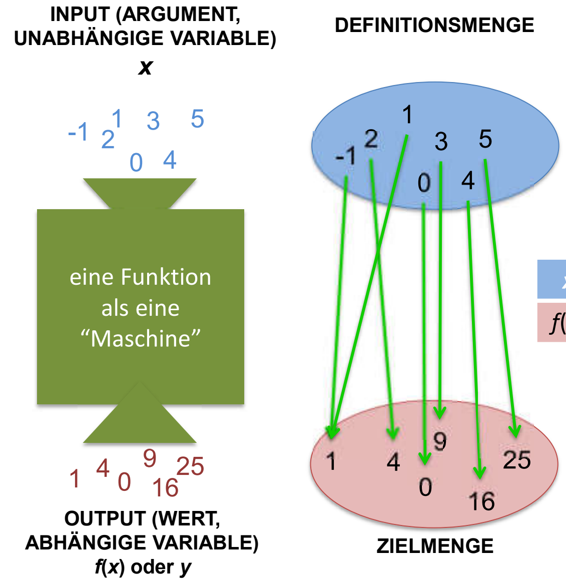
Verarbeitung der gemessenen physikalischen Größen

Zusammenhäge (Gleichungen, Funktionen)

die Sprache: Mathematik

Was ist eine Funktion?

Die eindeutige Zuordnung einer Menge von Werten zu anderer Menge von Werten



$x \mapsto f(x)$ oder $y = f(x)$

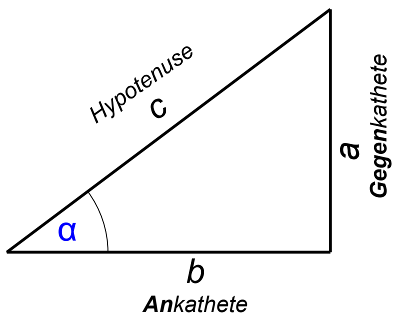
x	−1	0	1	2	3	4	5
$f(x)$	1	0	1	4	9	16	25

$x \mapsto f(x)$ oder $y = f(x)$

f symbolisiert die Funktion, die die Beziehung zwischen *x* und *f*(*x*) definiert

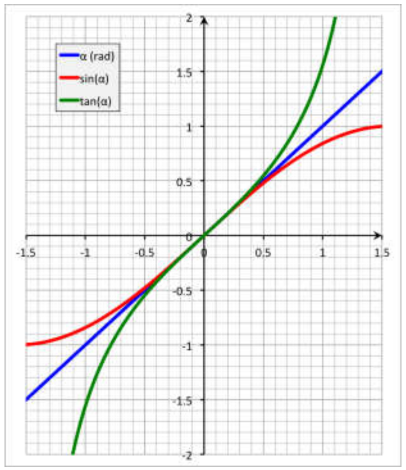
Trigonometrische Funktionen

y = sin *x* y = cos *x* y = tg *x*



für kleinen Winkel: (<10° ≈ 0.2 rad):

sin(α) ≈ α [rad] ≈ tan(α)



Sinus: sin(α) = *a*/*c*

Kosinus: cos(α) = *b*/*c*

Tangens: tan(α) = tg(α) = *a*/*b*

Lineare Funktionen

wenn *x* = 0 dann *y* = *b*

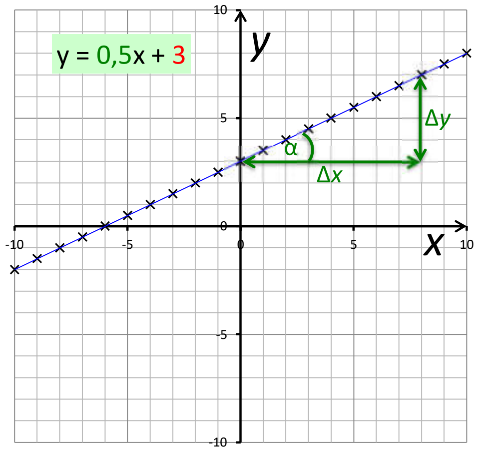
wenn Δ*x* = 1 dann Δ*y* = *a*

a = Δ*y*/Δ*x* = tanα

VARIABLEN: abhängige Variable unabhängige Variable

$$y = a \cdot x + b$$

PARAMETER: Steigung (Anstieg) y-Achsen-abschnitt



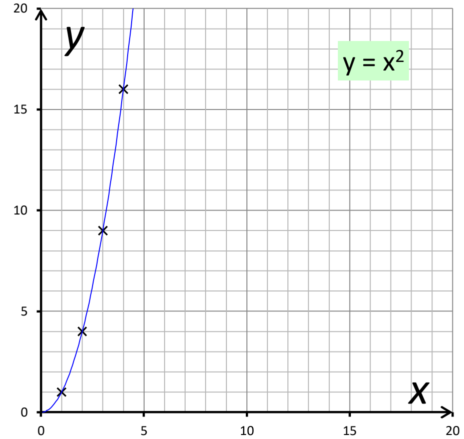
Potenzfunktionen

VARIABLEN: abhängige Variable, unabhängige Variable

$$y = b \cdot x^{a}$$

PARAMETER: pre-exponentieller Koeffizient (b), Exponent (a)

wenn $x = 1$
dann $y = b$



weitere Potenzfunktionen
die **indirekte Proportionalität:** $y = \frac{b}{x} = b \cdot x^{-1}$

die **Quadratwurzel- Funktion:** $y = \sqrt{x} = x^{\frac{1}{2}}$

Exponentielle Funktionen

$$y = b \cdot a^{x/k}$$

PRAKTISCHE ÄNDERUNGEN FÜR PHYSIK:

- sei die Basiszahl e (manchmal auch 2 oder 10)
- statt $/k$ kann man auch $\cdot p$ in den Exponenten schreiben (wo $p = 1/k$)
- sei das Exponentenvorzeichen negativ
- statt b schreiben wir y_0

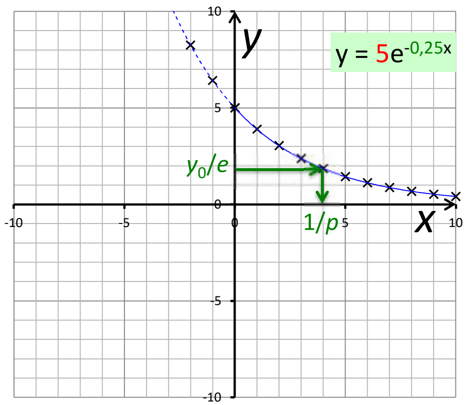
VARIABLEN: abhängige Variable, unabhängige Variable

$$y = y_0 \cdot e^{-px} = y_0 \cdot e^{-x/k}$$

PARAMETER: pre-exponentieller Koeffizient (y_0), exponentielle Koeffizient (p, k)

wenn $x = 0$
dann $y = y_0$

wenn $y = y_0/e$
dann $x = 1/p = k$



Logarithmusfunktionen

$$y = b \cdot \log_a(x)$$

PRAKTISCHE ÄNDERUNGEN:

- sei die Basis 10 (oder e oder 2)
- wenn die Basiszahl festgesetzt wird, der Faktorparameter muss so geändert werden:

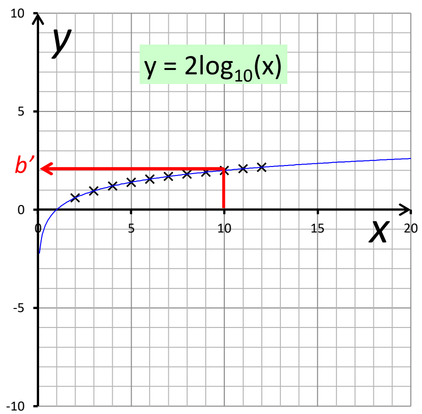
$$b \cdot \log_a(x) = b/\log_{10}(a) \cdot \log_{10}(x) = b' \cdot \log_{10}(x)$$

VARIABLEN: abhängige Variable, unabhängige Variable

$$y = b' \cdot \log_{10}(x)$$

PARAMETER: Faktor-parameter (b')

wenn $x = 10$
dann $y = b'$



Hausaufgaben: Grundskript Kapitel 1, 2

„Jeder sieht die Grenzen seines Gesichtsfeldes als die Grenzen der Welt an.“ – Arthur Schopenhauer