Grundlagen der medizinischen Biophysik

1. Vorlesung 07. 09. 2023

Ádám Orosz

1. Kurz über die naturwissenschaftliche Denkweise
- Warum lernen wir Physik?
- Erscheinungen und Forschung; Lernzyklus

2. Physikalische Größe und Einheit
- Definition
- Basisgrößen und Basiseinheiten
- Abgeleitete Größen und Einheiten
- Änderung einer Größe
- Skalar vs. Vektor
- Vorsätze und die wissenschaftliche Schreibweise

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

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

Warum ist Physik Teil des Medizinstudiums?

Die Gründe dafür:

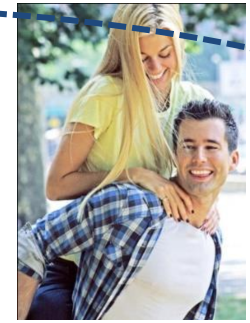
1. Aufbau und Funktion des menschlichen Körpers und
2. die Methoden und Instrumente der medizinischen diagnostischen und therapeutischen Verfahren basieren auf den Naturwissenschaften. (φύσις = „Physis“ = Natur)
3. „Medizinisches Denken”: Logisches, analytisches, systematisches und organisierendes Denken. Ein wichtiges Merkmal: ständiger Zweifel.

Ziele:

I. Erwerb von Wissen und Fachkenntnisse
II. Gute und schnelle Problemlösung und deren Methodologie
III. Naturwissenschaftliche Betrachtungsweise, Einstellung

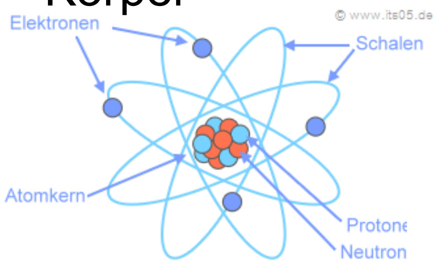
Kurz über die naturwissenschaftliche Denkweise

Wechselwirkungen



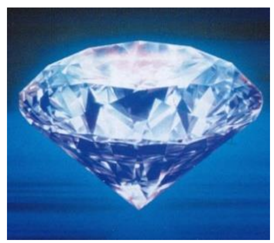
Prozesse

Körper

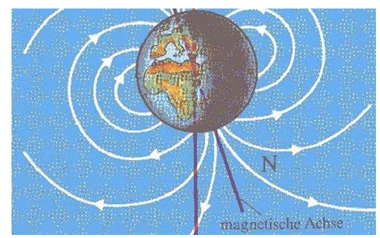


Zusammenfassend:

Erscheinungen



Eigenschaften



Felder

konkrete Erfahrungen

aktives Experimentieren; Messung

reflektiertes Beobachten

abstraktes Konzept

Quantitative Beschreibung

physikalische Größe

medizinische Anwendung

Physikalische Größen und Einheiten

Genaue Begriffe und Definitionen sind erforderlich: *„**Strahlung**" ist z. B. keine physikalische Größe, daher können wir nicht von deren Abnahme oder Zunahme sprechen.*

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	$l, L, h, r, d, \ldots$	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 **<u>Vergleichsmaß</u>** zwischen physikalischen Größen gleicher Art dient. Sie wird mit einem **<u>festgelegten Formelzeichen</u>** 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:

  $$[f] = \frac{1}{\mathrm{s}} = \mathrm{s}^{-1} = \mathrm{Hertz\ (Hz)}$$

Bemerkung:

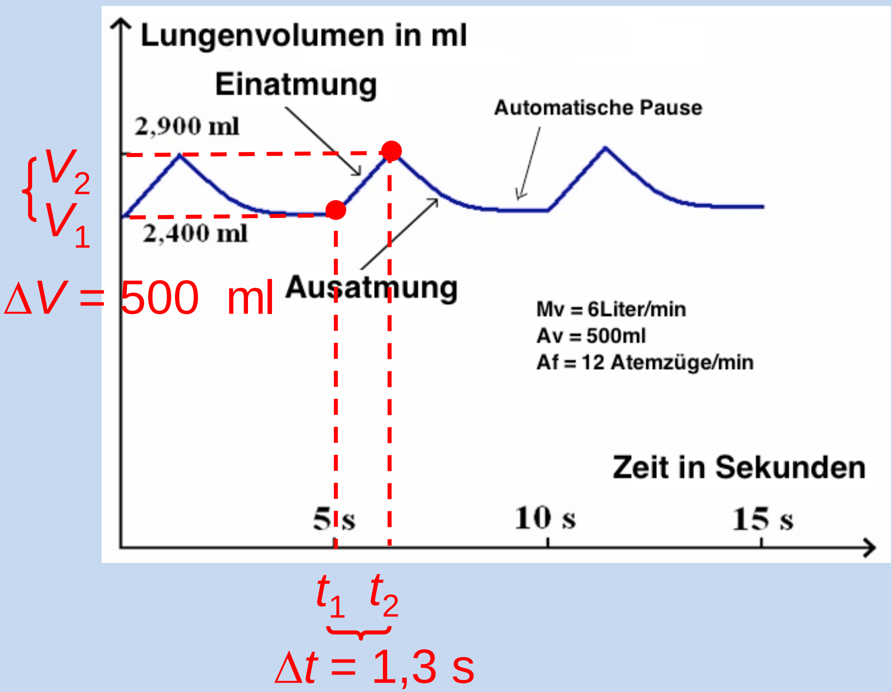
- Eine physikalische Größe hat oft mehrere (erlaubte oder nicht mehr erlaubte) Maßeinheiten, wie z. B.
  Zeit: Sekunden (s), Minute (min), Stunde (h), …
  Frequenz: 1/s, 1/min, …
  Länge: Meter (m), Meil, Lichtjahr, …
  Druck: Pascal (Pa), Bar (bar), Atmosphäre (atm), mmHg, $\mathrm{mmH_2O}$, …

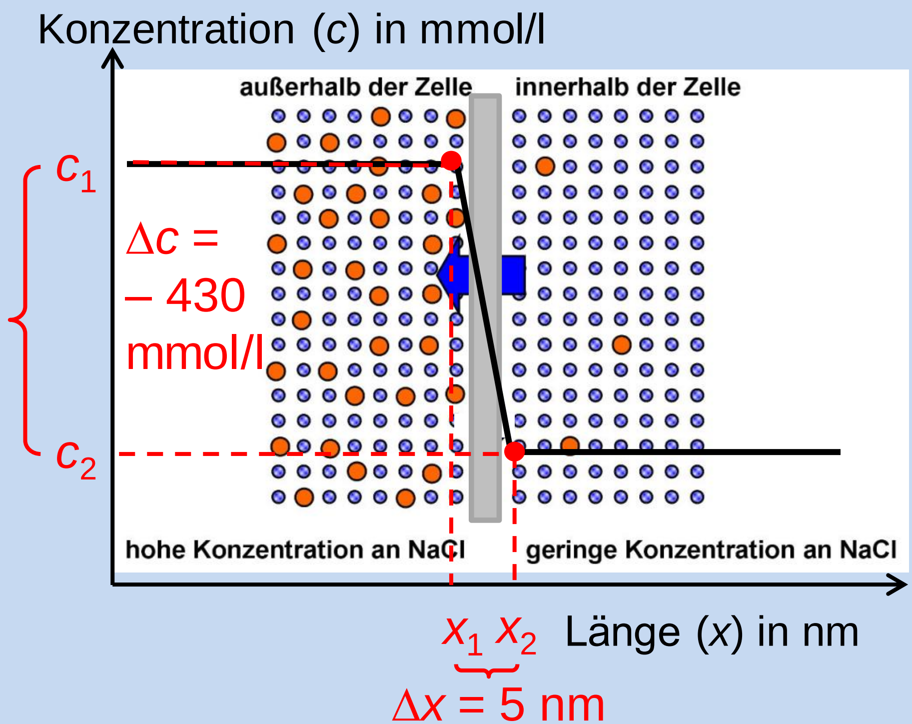
- Bei Rechenaufgaben ist es am sichersten, wenn man die **Daten in die Formeln in der SI-Einheit** einsetzt. Wenn in der Aufgabenstellung nicht festgelegt wird, kann die Lösung in einer beliebigen Maßeinheit angegeben werden.

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. $\Delta T = T_2 - T_1$
  $\Rightarrow$ Bei Größen**zunahme** ist die Änderung **positiv**, bei Größen**abnahme** ist sie **negativ**.

Beispiele:





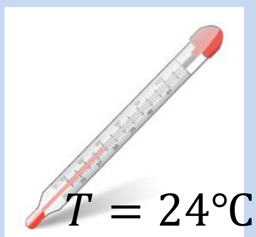
Skalar vs. Vektor

Physikalische Größen

Skalar
nichtgerichtete Größe

Vektor
gerichtete Größe

Z. B. Temperatur (*T*)



$T = 24°\mathrm{C}$

Z. B. Geschwindigkeit (*v*)

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

Richtung: $\leftarrow$

Bemerkung:

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

Die naturwissenschaftliche Denkweise

Wechselwirkungen

Körper

Erscheinungen

Prozesse

Eigenschaften

Felder

konkrete Erfahrungen

aktives Experimentieren; Messung

reflektiertes Beobachten

abstraktes Konzept

Quantitative Beschreibung

physikalische Größe

medizinische Anwendung

Verarbeitung der gemessenen physikalischen Größen

die Sprache: Mathematik

Wiederholung einiger mathematischen Grundlagen

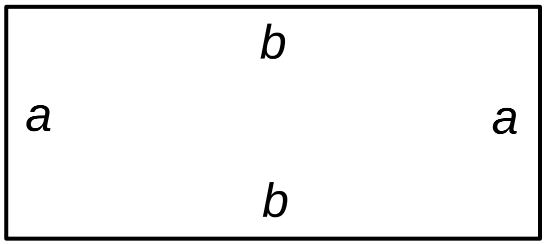
Rechenregeln für Zehnerpotenzen

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

Rechenregeln des Logarithmierens

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

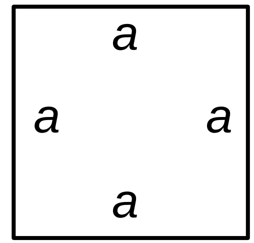
Umfang und Fläche



das Rechteck

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

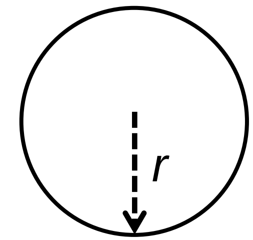
Fläche: $a \cdot b$



das Quadrat

Umfang: $4a$

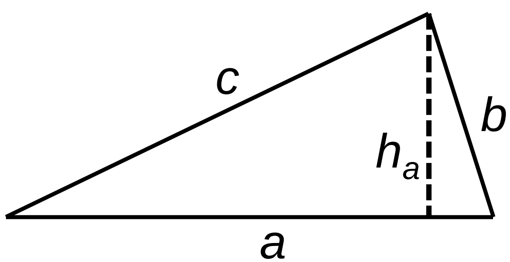
Fläche: $a \cdot a = a^2$



der Kreis

Umfang: $2r\pi$

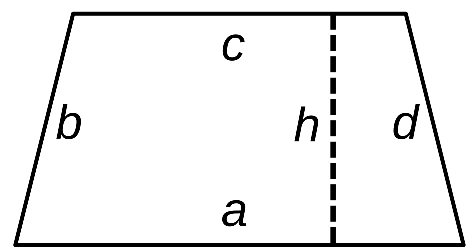
Fläche: $r^2\pi$



das Dreieck

Umfang: $a+b+c$

Fläche: $a \cdot h_a/2$

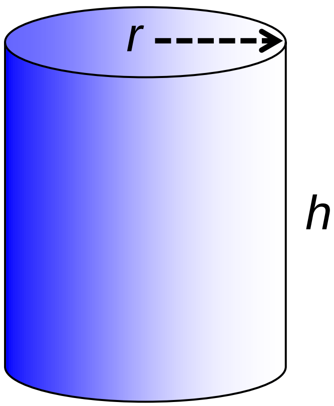


das Trapez

Umfang: $a+b+c+d$

Fläche: $(a+c)/2 \cdot h$

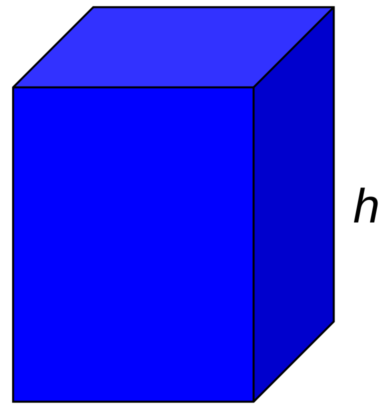
Oberfläche und Volumen



der Zylinder (offen):

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

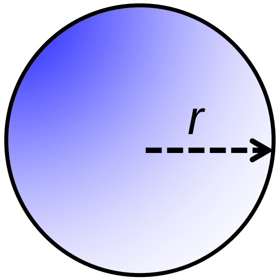
Volumen: $r^2\pi \cdot h$



das Prisma (offen)

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

Volumen: (Fläche der Grundfläche) · h



die Kugel:

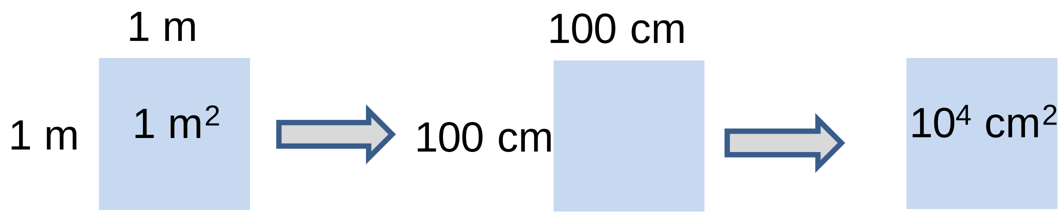
Oberfläche: $4r^2\pi$

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

Flächen- und Volumeneinheiten

1. Wandeln Sie um:

1 m^2 = ……………………………………..cm^2



2. Wandeln Sie um:

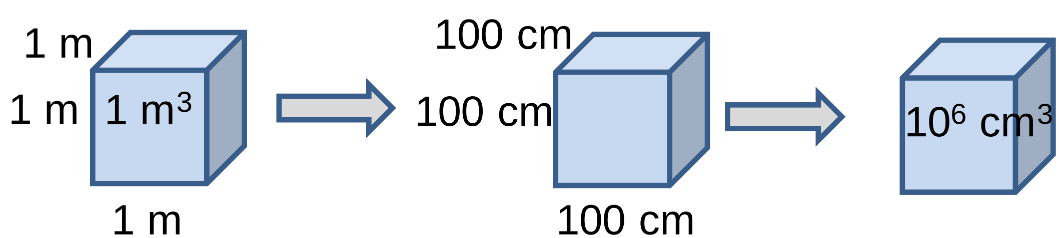
0,2 m^2 = ……………………………………..cm^2

0,05 cm^2 = ………………………………….mm^2

30 000 mm^2 = ………………………………….dm^2

3. Wandeln Sie um:

1 m^3 = ……………………………………..cm^3



4. Wandeln Sie um:

0,01 m^3 = ……………………………………..cm^3

0,005 cm^3 = ………………………………….mm^3

30 000 mm^3 = ………………………………….dm^3

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''

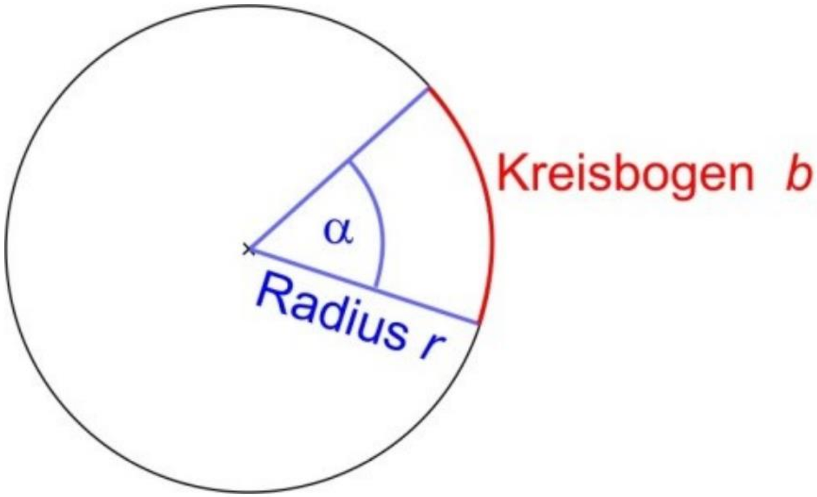
Radiant: wissenschaftliche Einheit

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)



Bei einem Vollwinkel:

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

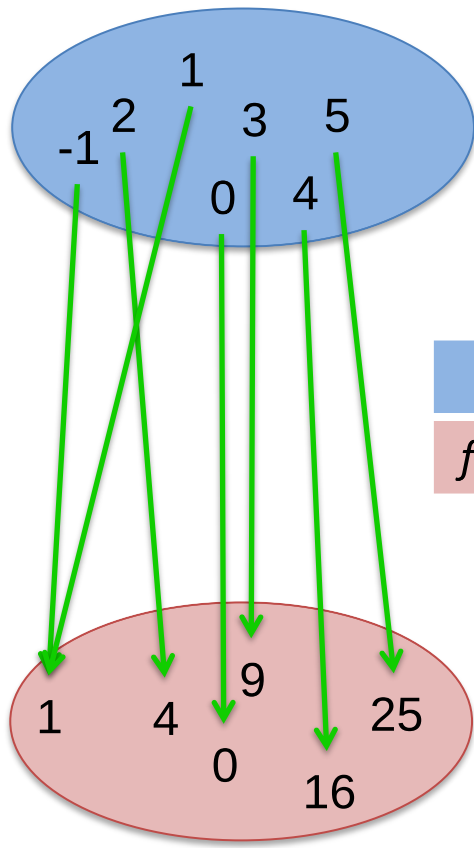
Was ist eine Funktion?

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

INPUT (ARGUMENT, UNABHÄNGIGE VARIABLE)
x

OUTPUT (WERT, ABHÄNGIGE VARIABLE)
f*(*x*) oder *y

DEFINITIONSMENGE



ZIELMENGE

$x \mapsto f(x)$ 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

Lineare Funktionen

wenn $x = 0$
dann $y = b$

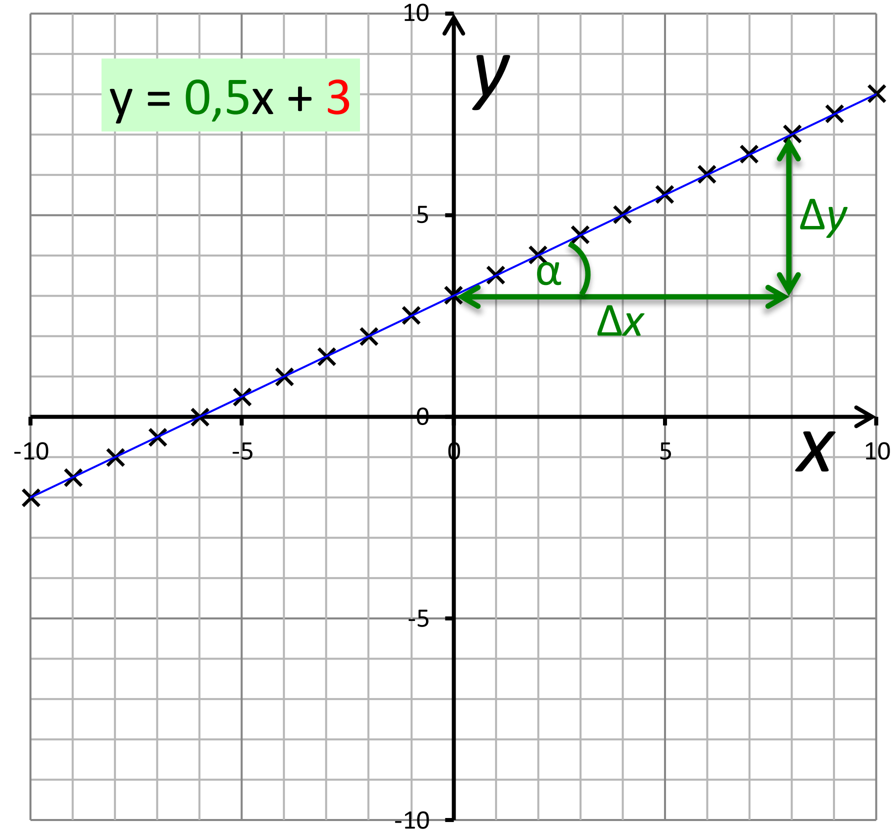
wenn $\Delta x = 1$
dann $\Delta y = a$

$a = \Delta y / \Delta x = \tan\alpha$

VARIABLEN: abhängige Variable — unabhängige Variable

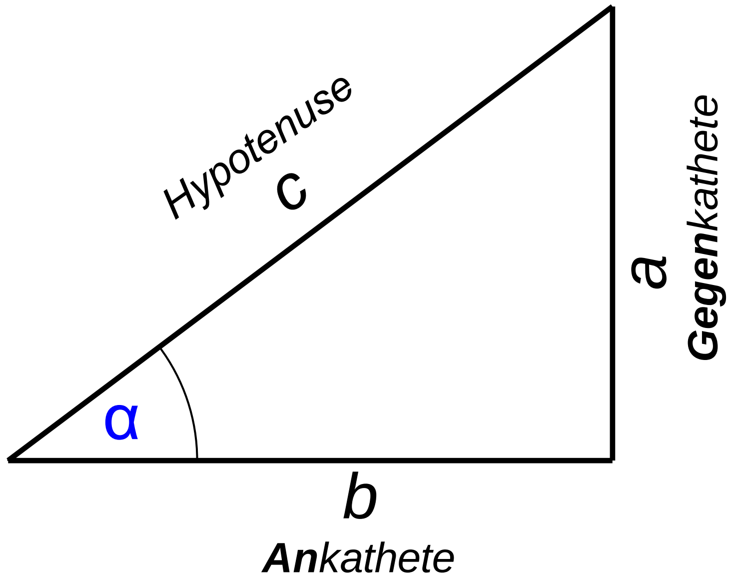
$$y = a \cdot x + b$$

PARAMETER: Steigung (Anstieg) — y-Achsen-abschnitt



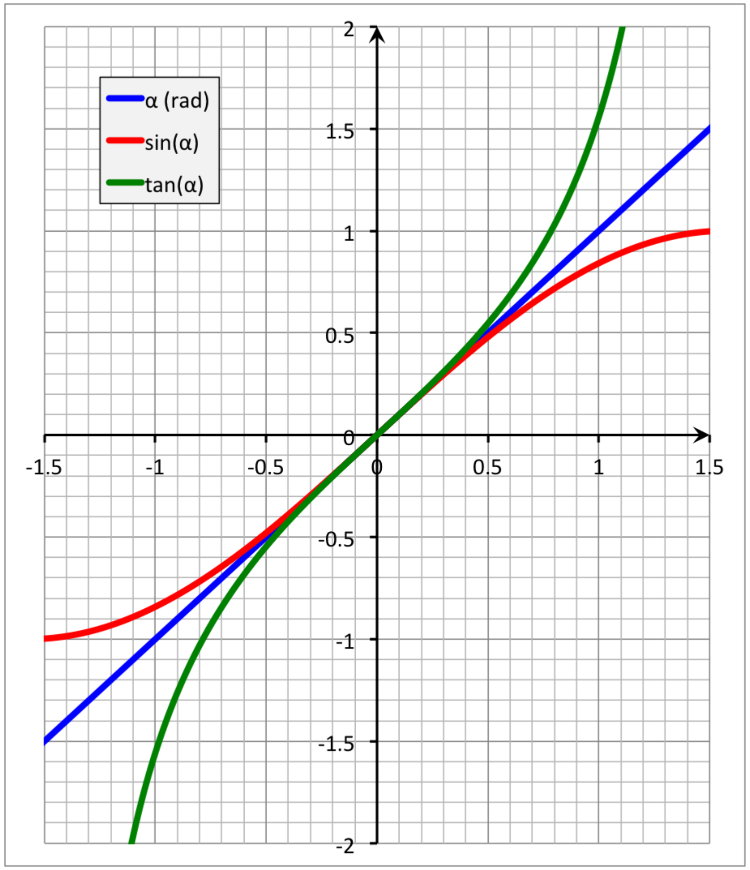
Trigonometrische Funktionen

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



für kleinen Winkel: (<10° ≈ 0,2 rad):

sin(α) ≈ α [rad] ≈ tan(α)

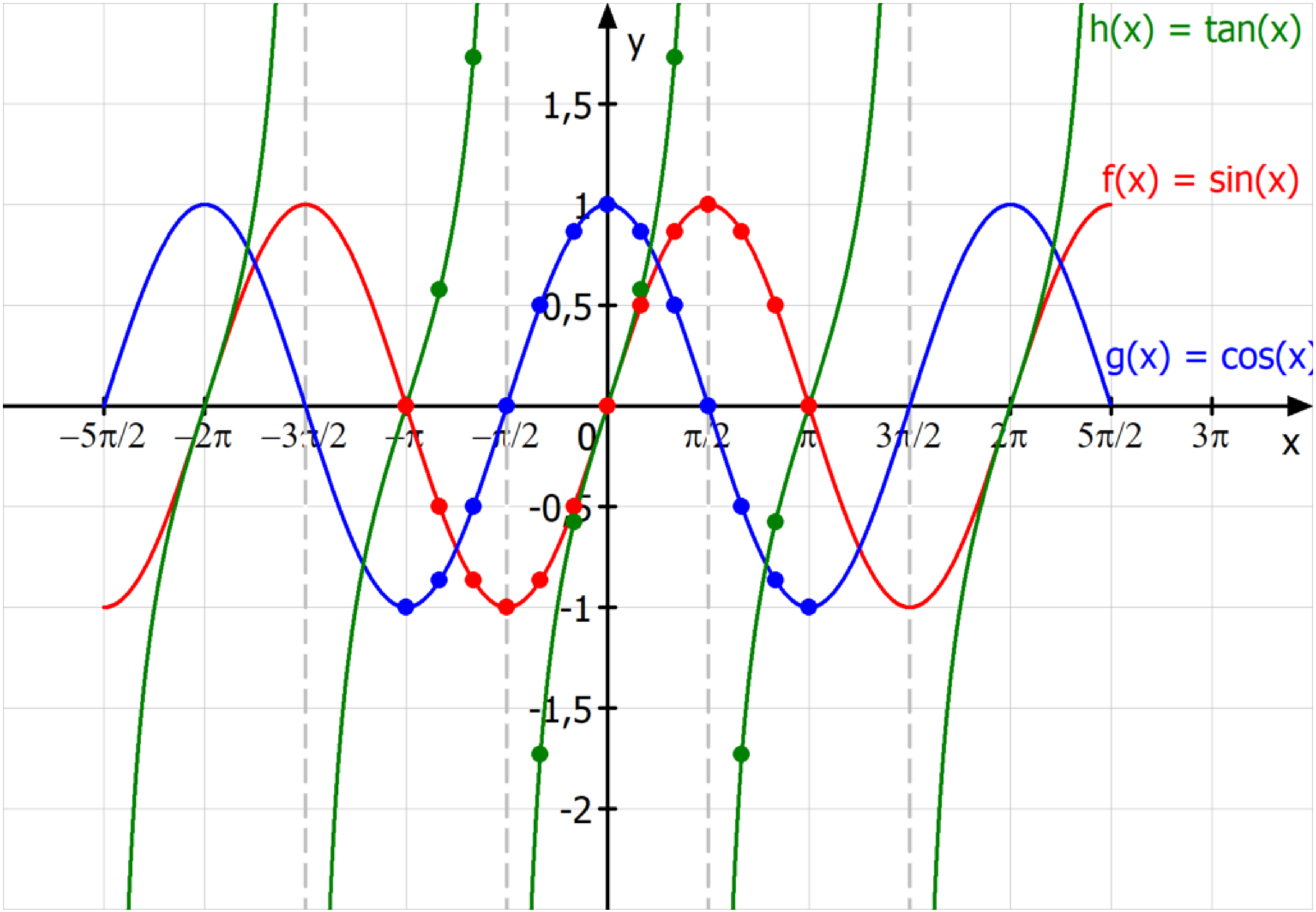


Sinus: sin(α) = *a*/*c*

Kosinus: cos(α) = *b*/*c*

Tangens: tan(α) = tg(α) = *a*/*b*

Trigonometrische Funktionen



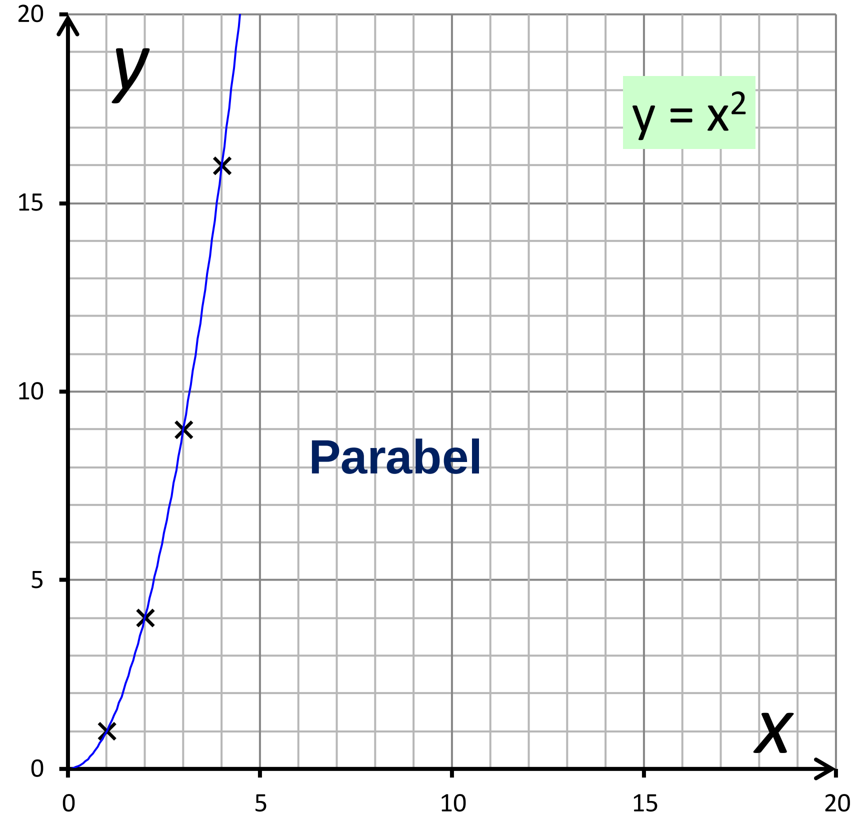
Potenzfunktionen

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

VARIABLEN: abhängige Variable, unabhängige Variable

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

PARAMETER: pre-exponentieller Koeffizient, Exponent



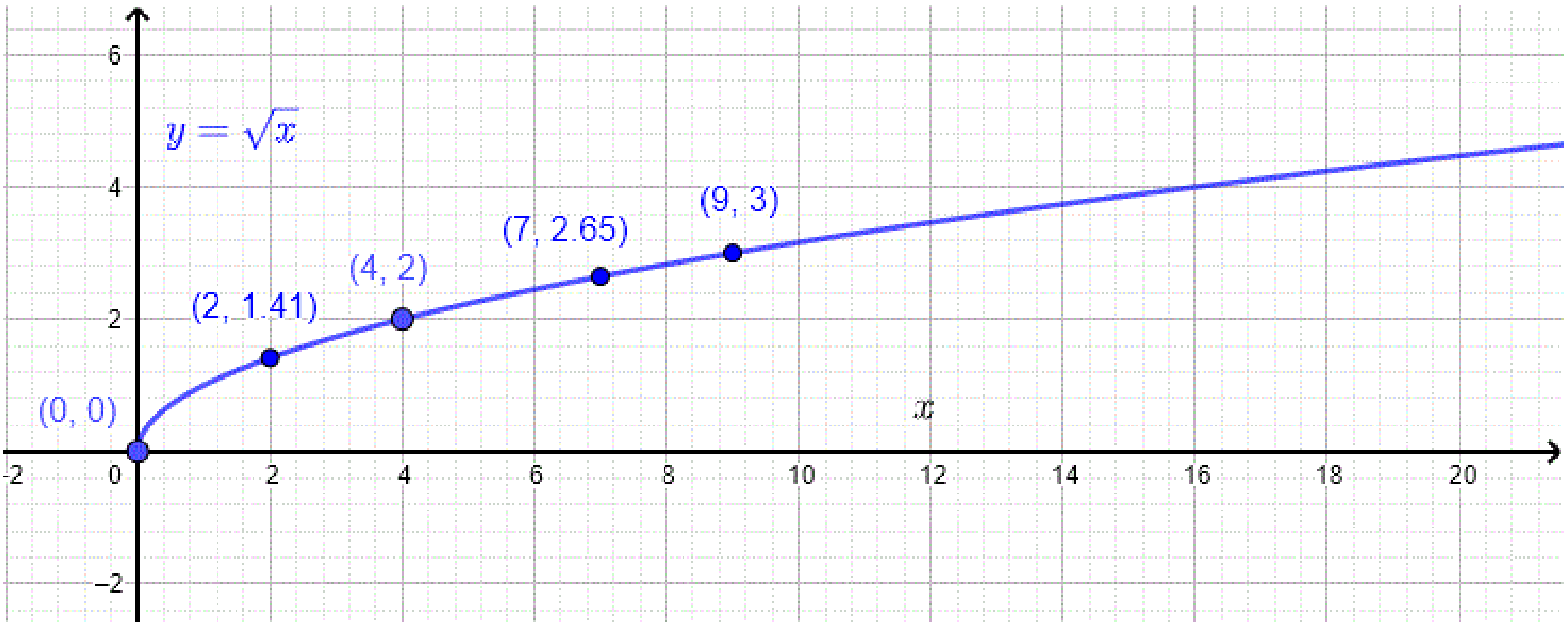
weitere Potenzfunktionen
die **indirekte Proportionalität:**

$$y = \frac{b}{x} = b \cdot x^{-1}$$

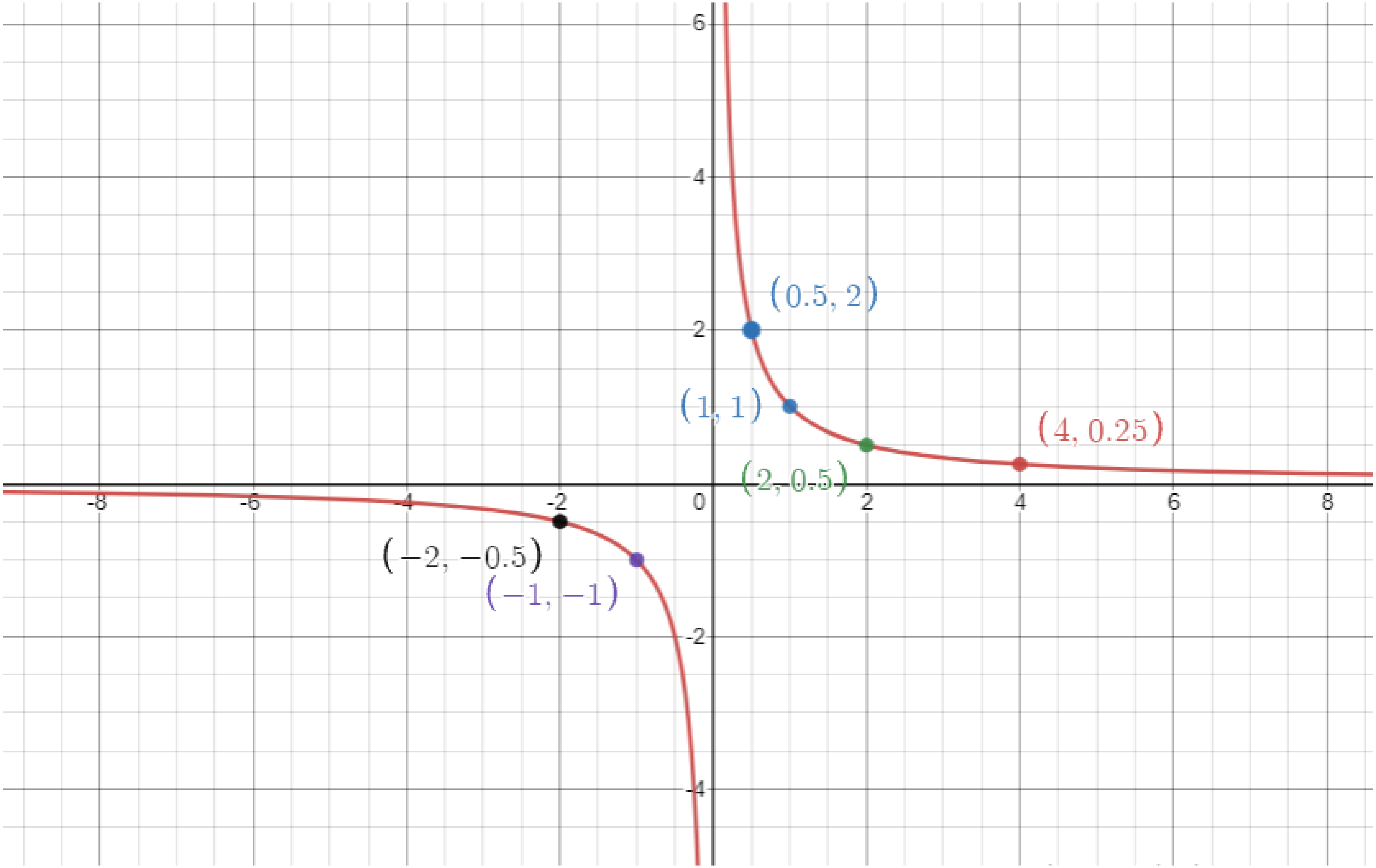
die **Quadratwurzel- Funktion:**

$$y = \sqrt{x} = x^{\frac{1}{2}}$$

Potenzfunktionen - Quadratwurzel



Potenzfunktionen - Hyperbel



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

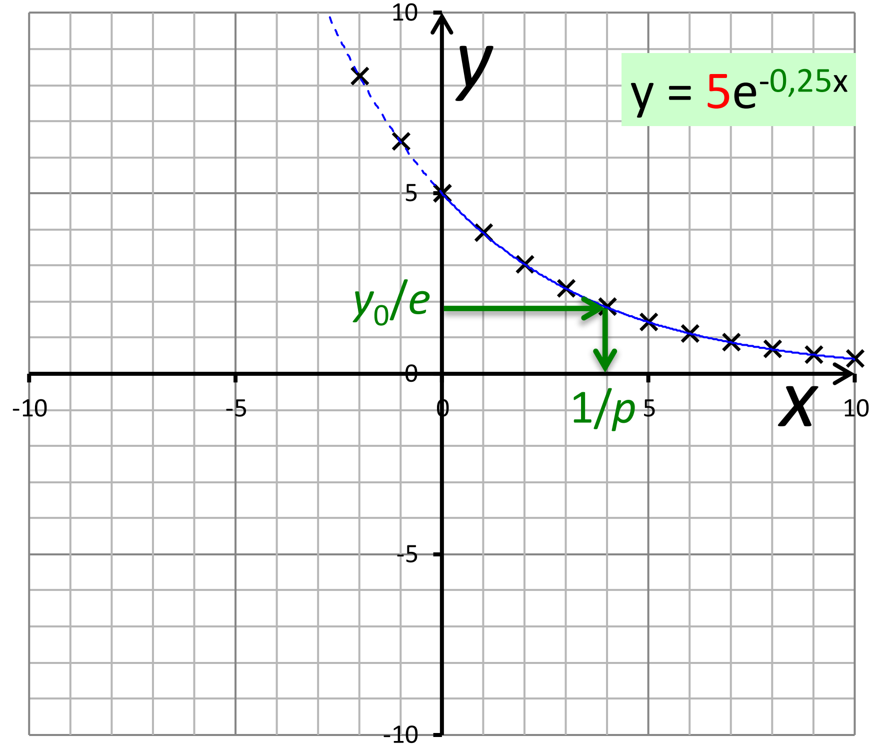
VARIABLEN: abhängige Variable unabhängige Variable

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

PARAMETER: pre-exponentieller Koeffizient exponentielle Koeffizient

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:

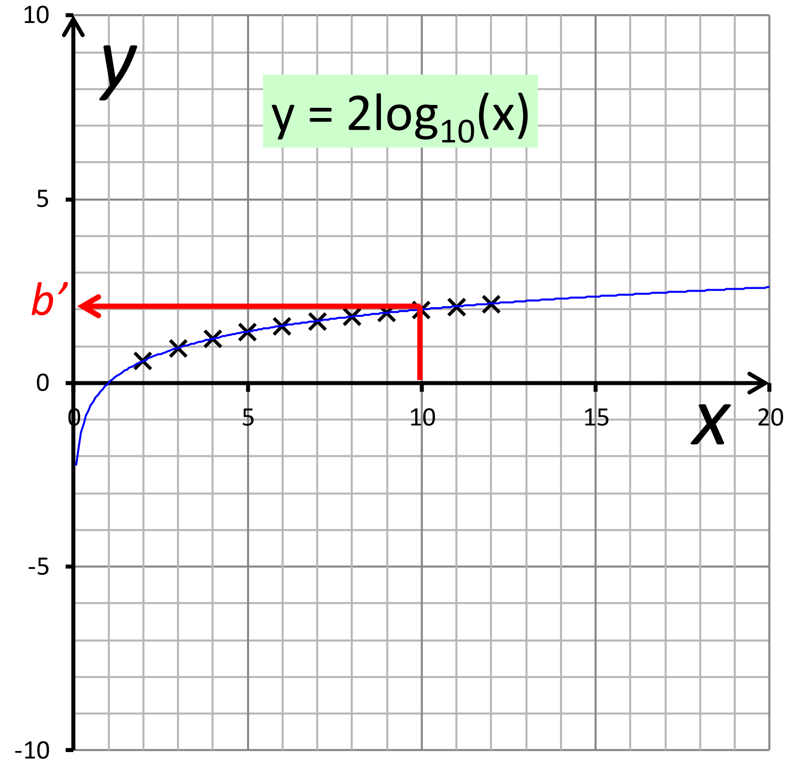
$$b \cdot \log_a(x) = b/\log_{10}(a) \cdot \log_{10}(x) = b' \cdot \log_{10}(x)$$

VARIABLEN: abhängige Variable — unabhängige Variable

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

PARAMETER: Faktor-parameter

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