

Grundlagen der medizinischen Biophysik

1. Vorlesung

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

1

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

2

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

3

Kurz über die naturwissenschaftliche Denkweise



4

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, \dots	m, km, Meil, ...

Physikalische Größe = Zahlenwert · Maßeinheit

Beispiel: Körperhöhe = $170 \cdot \text{cm} = 170 \text{ cm}$
 $h = 170 \text{ cm}$

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
Basiseinheiten

Abgeleitete Größen und
abgeleitete Einheiten

5

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

6

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:

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

Bemerkung:

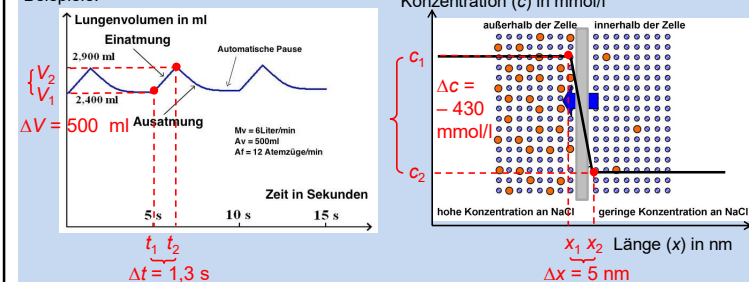
- Eine physikalische Größe hat oft mehrere (erlaubte oder nicht mehr erlaubte) Maßeinheiten, wie z. B.
 Zeit: Sekunden (s), Minute (min), Stunde (h), ...
 Frequenz: 1/s, 1/min, ...
 Länge: Meter (m), Meil, Lichtjahr, ...
 Druck: Pascal (Pa), Bar (bar), Atmosphäre (atm), mmHg, mmH₂O, ...
- Bei Rechenaufgaben 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.

7

Änderung einer Größe

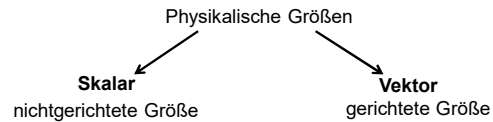
- In vielen Erscheinungen spielt nicht die Größe sondern **ihre Änderung** die bestimmende Rolle, z. B. bei der Diffusion oder bei der Atmung.
- Die **Größenänderung** wird in der Regel mit dem griechischen Buchstaben „ Δ “ (**Delta**) abgekürzt, z. B. ΔV (=Volumenänderung)
 Δc (=Konzentrationsänderung)
 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:

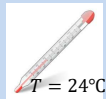


8

Skalar vs. Vektor



Z. B. Temperatur (T)



Z. B. Geschwindigkeit (v)

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

9

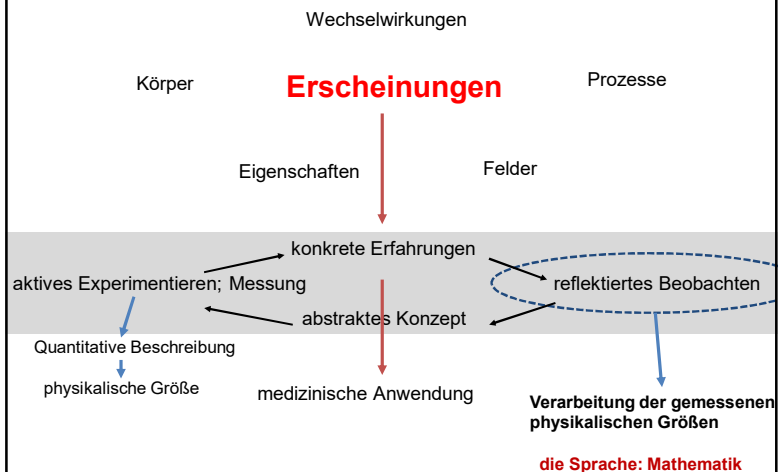
Wissenschaftliche Schreibweise und Vorsätze

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

Vorsatz	Zeichen	Faktor	Herkunft
Exa	E	$\times 10^{18} = \times 1000^6$	Gr. 6 (ἑξ = 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)

10

Die naturwissenschaftliche Denkweise



11

Wiederholung einiger mathematischen Grundlagen

Rechenregeln für Zehnerpotenzen

$$\blacksquare 10^n \cdot 10^m = 10^{n+m}$$

$$\blacksquare \frac{10^n}{10^m} = 10^{n-m}$$

$$\blacksquare (10^n)^m = 10^{n \cdot m}$$

Rechenregeln des Logarithmiers

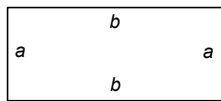
$$\blacksquare \lg(a \cdot b) = \lg a + \lg b$$

$$\blacksquare \lg\left(\frac{a}{b}\right) = \lg a - \lg b$$

$$\blacksquare \lg(a^n) = n \cdot \lg a$$

12

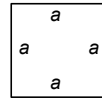
Umfang und Fläche



das Rechteck

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

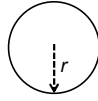
Fläche: $a \cdot b$



das Quadrat

Umfang: $4a$

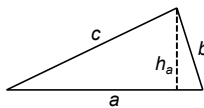
Fläche: $a \cdot a = a^2$



der Kreis

Umfang: $2\pi r$

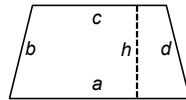
Fläche: $r^2\pi$



das Dreieck

Umfang: $a+b+c$

Fläche: $a \cdot h_a / 2$



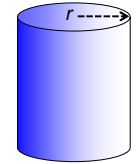
das Trapez

Umfang: $a+b+c+d$

Fläche: $(a+c)/2 \cdot h$

13

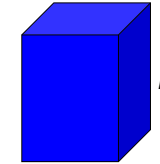
Oberfläche und Volumen



der Zylinder (offen):

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

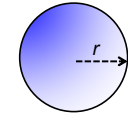
Volumen: $r^2\pi \cdot h$



das Prisma (offen)

Oberfläche (nur Mantel):
(Umfang der Grundfläche) $\cdot h$

Volumen: (Fläche der Grundfläche) $\cdot h$



die Kugel:

Oberfläche: $4r^2\pi$

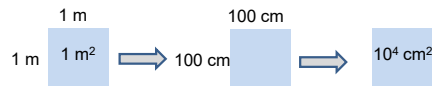
Volumen: $4/3 r^3\pi$

14

Flächen- und Volumeneinheiten

1. Wandeln Sie um:

$1 \text{ m}^2 = \dots \text{cm}^2$



2. Wandeln Sie um:

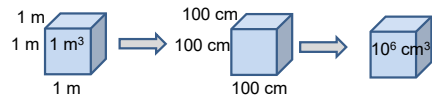
$0,2 \text{ m}^2 = \dots \text{cm}^2$

$0,05 \text{ cm}^2 = \dots \text{mm}^2$

$30\,000 \text{ mm}^2 = \dots \text{dm}^2$

3. Wandeln Sie um:

$1 \text{ m}^3 = \dots \text{cm}^3$



4. Wandeln Sie um:

$0,01 \text{ m}^3 = \dots \text{cm}^3$

$0,005 \text{ cm}^3 = \dots \text{mm}^3$

$30\,000 \text{ mm}^3 = \dots \text{dm}^3$

15

Winkelmessung

Ein Winkel kann entweder in **Grad-Einheiten** ($^\circ$) oder in **Radian-Einheiten** (rad) „Bogenmaß“ angegeben werden.

Grad: praktische, traditionelle Einheit
Für kleineren Winkel: **Bogenminute** $1^\circ = 60'$ und **Bogensekunde** $1' = 60''$

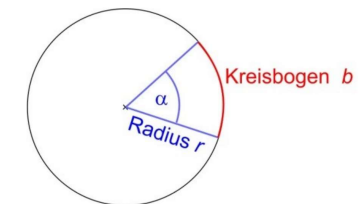
Radian: wissenschaftliche Einheit

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

Definitionsformel des Winkels in Radian-Einheiten:

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

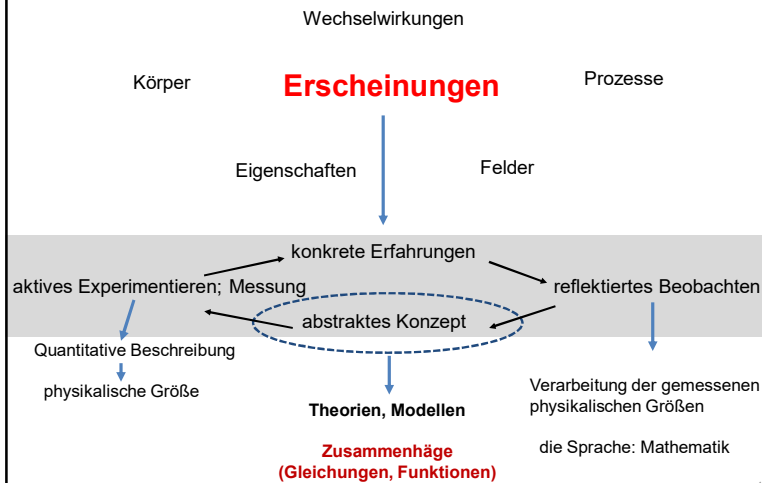
rad
(wird oft nicht
ausgeschrieben)



Bei einem Vollwinkel:

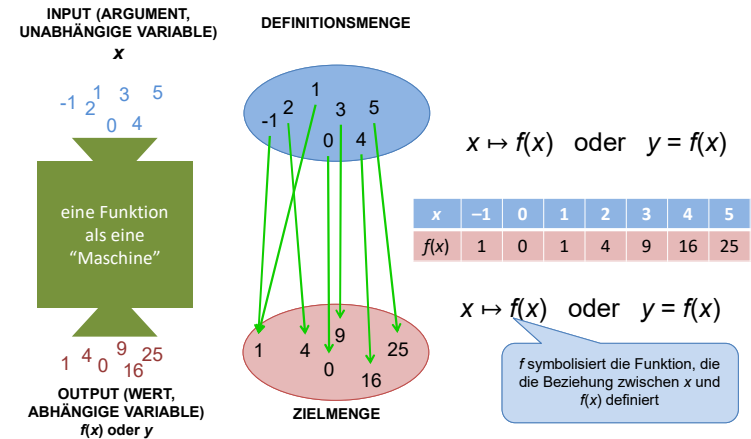
16

Die naturwissenschaftliche Denkweise

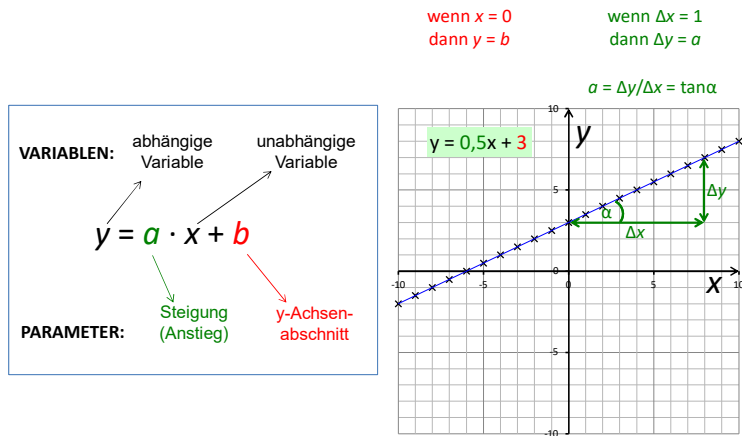


Was ist eine Funktion?

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



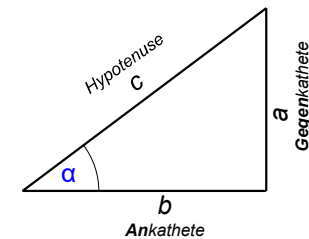
Lineare Funktionen



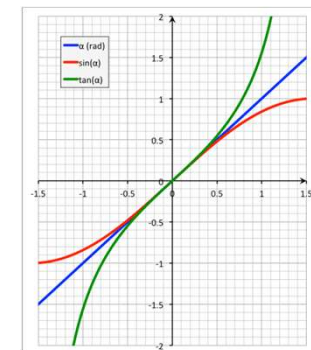
Trigonometrische Funktionen

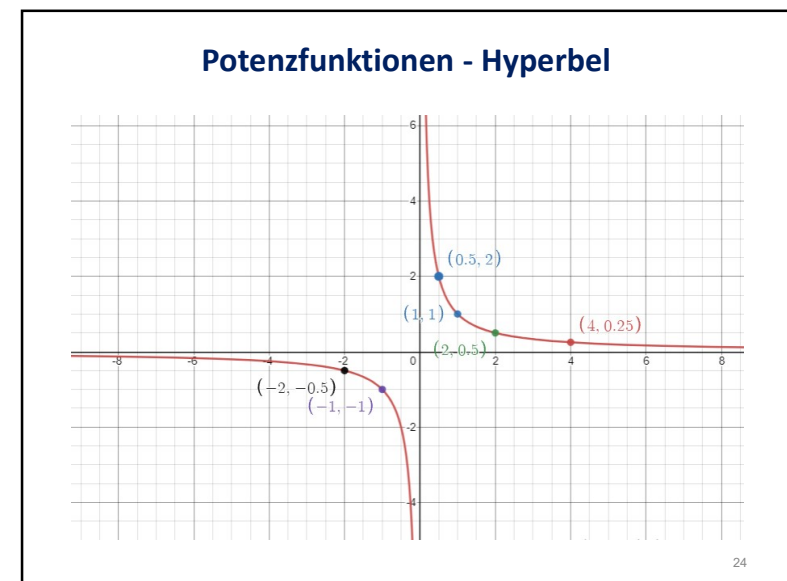
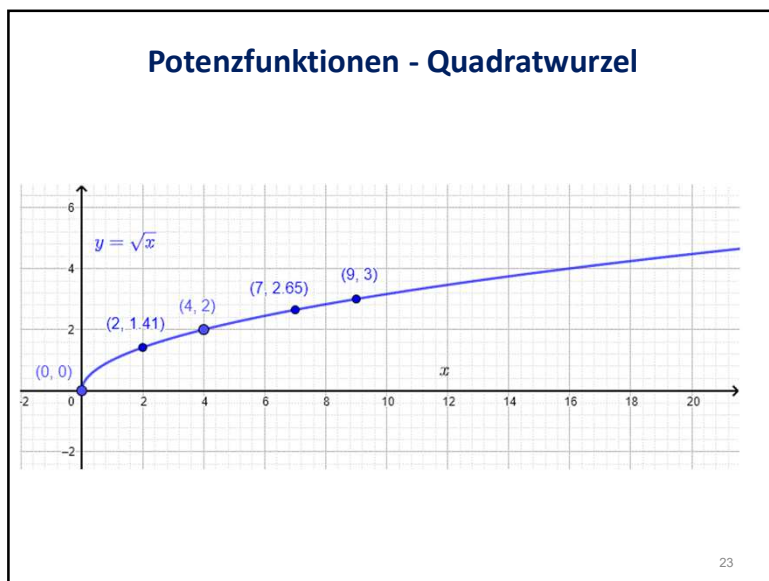
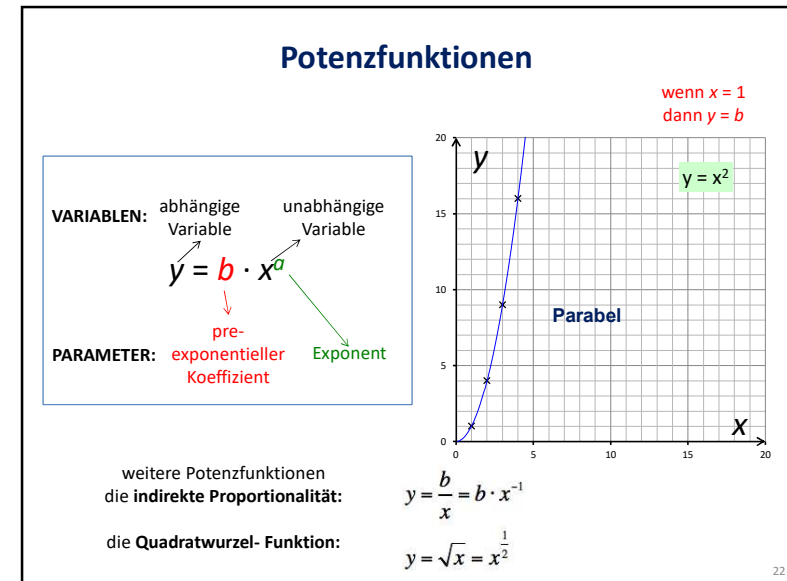
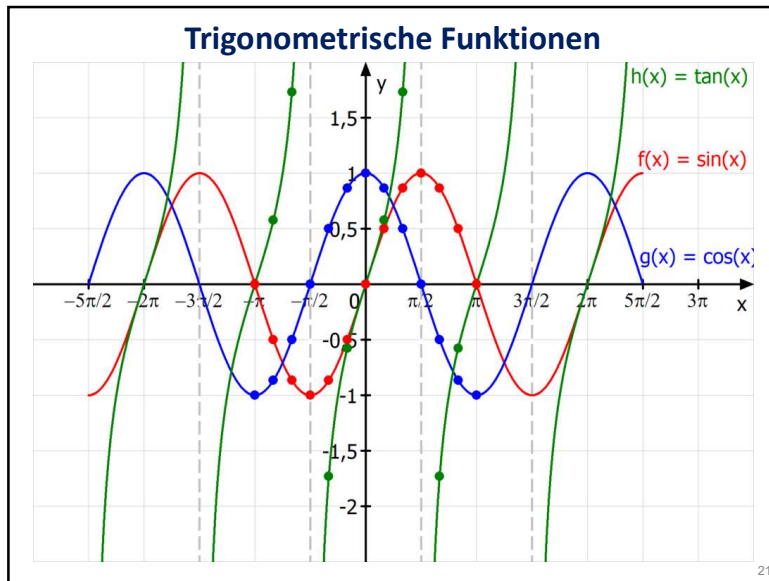
$$y = \sin x \quad y = \cos x \quad y = \tan x$$

für kleinen Winkel: ($<10^\circ \approx 0,2 \text{ rad}$):
 $\sin(\alpha) \approx \alpha \text{ [rad]} \approx \tan(\alpha)$



Sinus: $\sin(\alpha) = a/c$
 Kosinus: $\cos(\alpha) = b/c$
 Tangens: $\tan(\alpha) = \text{tg}(\alpha) = a/b$





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

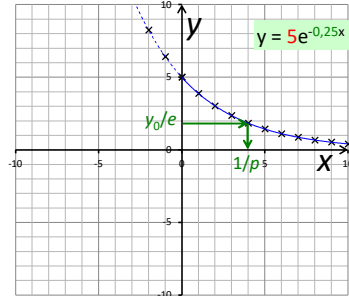
VARIABLEN: abhängige Variable → unabhängige Variable

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

PARAMETER:
 → pre-
 exponentieller Koeffizient
 → exponentielle Koeffizient

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

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



25

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:

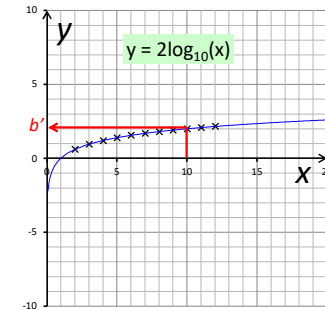
$$b \cdot \log_a(x) = b / \log_{10}(a) \cdot \log_{10}(x) = b' \cdot \log_{10}(x)$$

VARIABLEN: abhängige Variable → unabhängige Variable

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

PARAMETER: Faktorparameter

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



Hausaufgaben: Grundschrift Kapitel 1, 2

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

27