Physik 1
(PH1-B-REE1)

Michael Erhard

Organisatorisches

Kontakt: am Besten Email: michael.erhard@haw-hamburg.de

EMIL: Lernraum Passwort: „PhysREE-W18“

Vorlesungsstruktur: 90 min Vorlesung / 90 min (Anwesenheits)-Übungen

Skript/Bücher:

- Prof. R. Heß, *Physik1,* Skript auf EMIL
- Hering, Martin, Stohrer, *Physik für Ingenieure*, VDI Verlag
- Lindner, *Physik für Ingenieure*, VDI Verlag
- Tipler, *Physik*, Spektrum Verlag

Ihre Fragen?

Inhalt Physik 1

(vorläufig)

1. Einführung, Energie, Vektoren
2. Fehler und Arbeit
3. Mechanische Energie und Leistung
4. Atomphysik 1
5. Atomphysik 2
6. Bewegung im Raum
7. Newtonsche Axiome
8. Superposition von Kräften

Inhalt Physik 1

(Fortsetzung, vorläufig)

9. Reibung und Drehung
10. Impuls und Stoß
11. Rotation und Starre Körper
12. Starre Körper 2
13. Starre Körper 3
14. Schwingungen und Wellen
15. Wiederholung

Inhalt heute

1.1 Einführung und Einheiten

- Was ist Physik, Naturgesetze
- Messen, Einheiten, Basiseinheiten, Vorsätze für Einheiten (Potenzen)
- Rechnen mit Einheiten
- Übungen

1.2 Energie

- Energieformen, Umwandlung, Einheiten
- Energieerhaltung
- Sankey-Diagramme

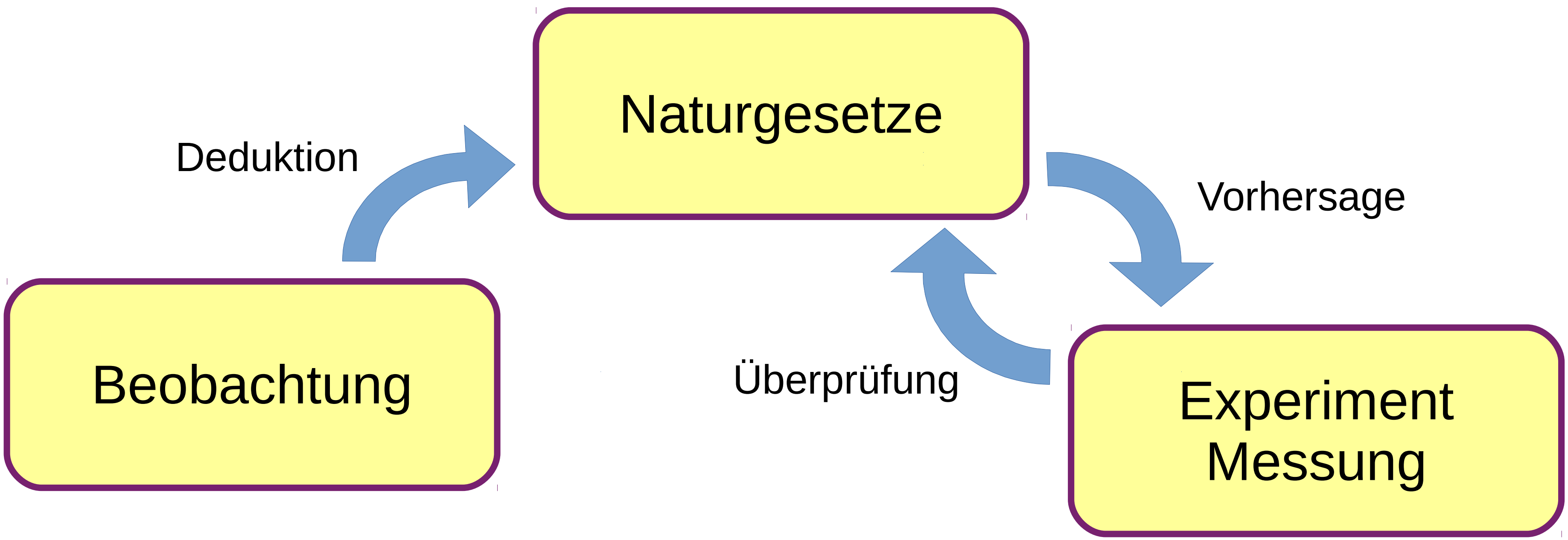
1.3 Vektoren und Vektorrechnung Teil 1

1.1 Einführung, Einheiten

Physik

von griech. Physis (= Natur), d.h. Lehre von der Natur

heute: Physik = Wissenschaft oder Lehre von der unbelebten Natur



Grundlage für technische Bereiche / Ingenieurwissenschaften

Messen in der Physik

- *Messen* heißt *Vergleichen*
- z.B. „Bitte ein Seil 10 mal der Länge am Stadttor.“

Quelle: Jürgen Howaldt (https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Gewerbehaus-Detail-02.jpg)

- Multiplikation einer Zahl mit *bekannter Größe* (=*Einheit*)

Physikalische Größe

Beispiel für *Messgröße* oder *physikalische Größe*

$$\underbrace{l = 10}_{\text{Zahlenwert}}\,\underbrace{\mathrm{m}}_{\text{Einheit}}$$

man schreibt auch:

$$\begin{aligned} [l] &= \mathrm{m} \\ \{l\} &= 10 \end{aligned}$$

Anmerkungen:

- kein Zeichen für Multiplikation
- Formelbuchstaben *kursiv*
- Einheiten aufrecht (nicht kursiv)

Internationales Einheitensystem (SI-System)

Warum einheitliche Einheiten?

→ Internationale Zusammenarbeit

Mars Climate Orbiter,
Quelle: Wikipedia

Beispiel: Absturz Mars Climate Orbiter (1999)

Hersteller verwendete für Impulsübertrag imperiale Einheiten,

die NASA ging von SI-Einheiten aus.

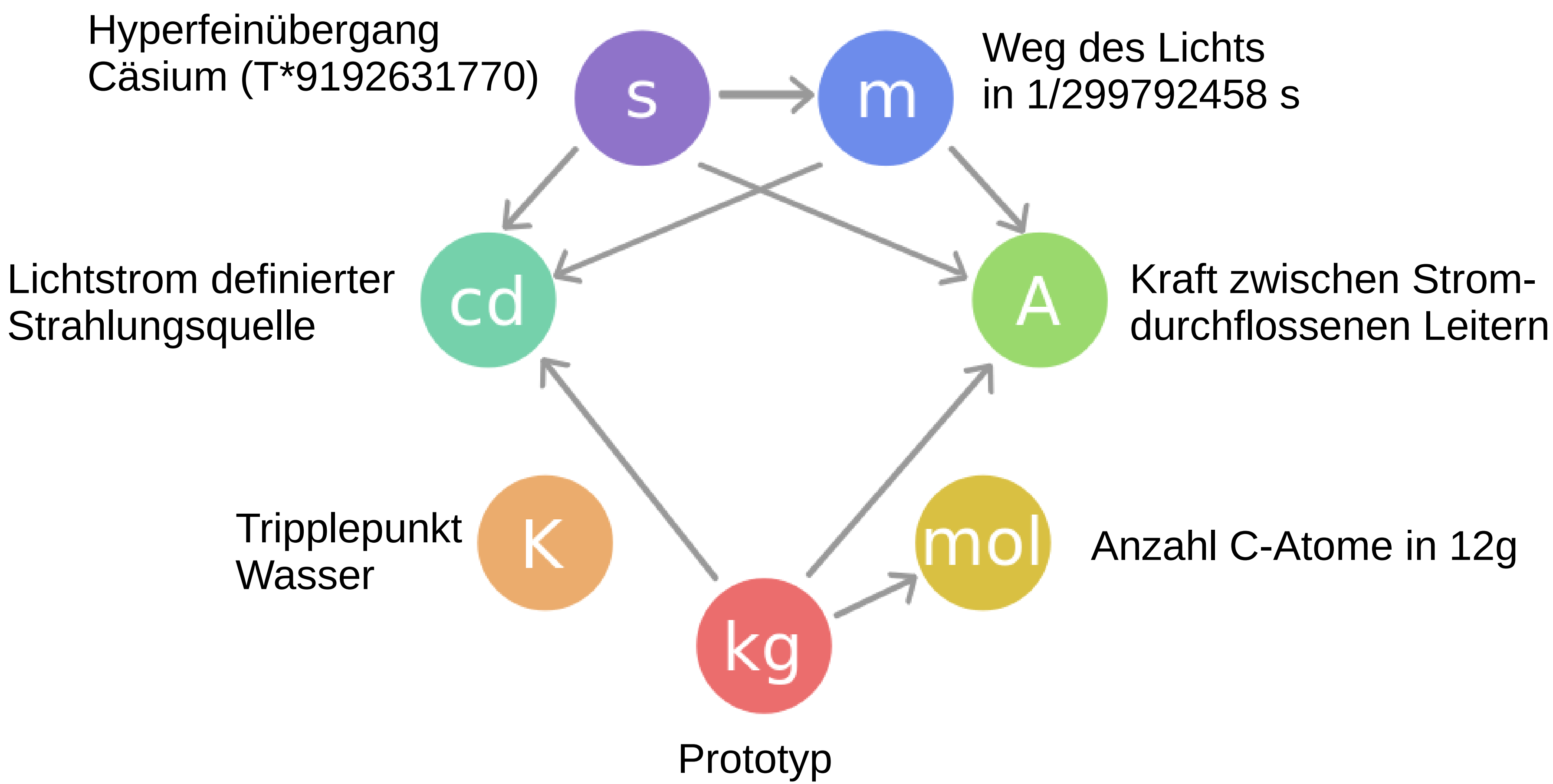
$4.45\,\mathrm{N\,s} \approx 1.0\,\mathrm{lb_f\,s}$ → Navigation um Faktor 4.5 falsch → …

SI-Basis-Einheiten

Größe	Einheit	Zeichen
Länge	Meter	m
Zeit	Sekunde	s
Masse	Kilogramm	kg
Temperatur	Kelvin	K
elektrischer Strom	Ampere	A
Lichtstärke	Candela	cd
Stoffmenge	Mol	mol

SI-Basiseinheiten

Definitionen und Abhängigkeiten



Grafik aus Wikipedia

Vorsätze für Maßeinheiten

Vorsilbe	Abkürzung	Faktor		
Exa-	E	10^{18}	=	1 000 000 000 000 000 000
Peta-	P	10^{15}	=	1 000 000 000 000 000
Tera-	T	10^{12}	=	1 000 000 000 000
Giga-	G	10^{9}	=	1 000 000 000
Mega-	M	10^{6}	=	1 000 000
Kilo-	k	10^{3}	=	1 000
Hekto-	h	10^{2}	=	100
Deka-	da	10^{1}	=	10
-	-	10^{0}	=	1
Dezi-	d	10^{-1}	=	0,1
Zenti-	c	10^{-2}	=	0,01
Milli-	m	10^{-3}	=	0,001
Mikro-	μ	10^{-6}	=	0,000 001
Nano-	n	10^{-9}	=	0,000 000 001
Piko-	p	10^{-12}	=	0,000 000 000 001
Femto-	f	10^{-15}	=	0,000 000 000 000 001
Atto-	a	10^{-18}	=	0,000 000 000 000 000 001

Vorsätze für Maßeinheiten

Welche Umrechnung ist korrekt?

a) $10\,\mu\text{m} = 1000\,\text{nm}$

b) $10\,\mu\text{m} = 0{,}01\,\text{mm}$

c) $10\,\mu\text{m} = 10^{-6}\,\text{m}$

d) $10\,\mu\text{m} = 0{,}01\,\text{nm}$

-	-	10^0	$=$	1
Dezi-	d	10^{-1}	$=$	$0{,}1$
Zenti-	c	10^{-2}	$=$	$0{,}01$
Milli-	m	10^{-3}	$=$	$0{,}001$
Mikro-	μ	10^{-6}	$=$	$0{,}000\,001$
Nano-	n	10^{-9}	$=$	$0{,}000\,000\,001$
Piko-	p	10^{-12}	$=$	$0{,}000\,000\,000\,001$

Abgeleitete Einheiten im SI-System

Jede physikalische Messgröße kann als Produkt der Basiseinheiten dargestellt werden:

$$[X] = a\,\mathrm{m}^{n_1}\,\mathrm{s}^{n_2}\,\mathrm{kg}^{n_3}\,\mathrm{K}^{n_4}\,\mathrm{A}^{n_5}\,\mathrm{cd}^{n_6}\,\mathrm{mol}^{n_7}$$

Für $a = 1$ handelt es sich um eine kohärente SI-Einheit.

Abgeleitete Einheiten im SI-System

Jede physikalische Messgröße kann als Produkt der Basiseinheiten dargestellt werden:

$$[X] = a\,\mathrm{m}^{n_1}\,\mathrm{s}^{n_2}\,\mathrm{kg}^{n_3}\,\mathrm{K}^{n_4}\,\mathrm{A}^{n_5}\,\mathrm{cd}^{n_6}\,\mathrm{mol}^{n_7}$$

Für $a = 1$ handelt es sich um eine kohärente SI-Einheit.

Beispiele:

- Geschwindigkeit $[v] = \mathrm{m\,s}^{-1} = \dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
- Kraft $[F] = \mathrm{kg\,m\,s}^{-2} = \dfrac{\mathrm{kg\,m}}{s^2} = N$

Abgeleitete Einheiten im SI-System

Jede physikalische Messgröße kann als Produkt der Basiseinheiten dargestellt werden:

$$[X] = a\,\mathrm{m}^{n_1}\,\mathrm{s}^{n_2}\,\mathrm{kg}^{n_3}\,\mathrm{K}^{n_4}\,\mathrm{A}^{n_5}\,\mathrm{cd}^{n_6}\,\mathrm{mol}^{n_7}$$

Für $a = 1$ handelt es sich um eine kohärente SI-Einheit.

Beispiele:

- Geschwindigkeit $[v] = \mathrm{m\,s}^{-1} = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
- Kraft $[F] = \mathrm{kg\,m\,s}^{-2} = \frac{\mathrm{kg\,m}}{s^2} = N$

„Newton“ ist abgeleitete SI-Einheit

Rechnen mit Einheiten

Beispiel: Umrechnung von m/s nach km/h $10\,\mathrm{m/s} = \ldots\,\mathrm{km/h}$

Trick: mit neutralen Brüchen multiplizieren

$$10\,\mathrm{m/s} = 10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\;\underbrace{\frac{1\,\mathrm{km}}{1000\,\mathrm{m}}}_{1}\;\underbrace{\frac{3600\,\mathrm{s}}{1\,\mathrm{h}}}_{1} = 36\,\mathrm{km/h}$$

Hinweis: immer mit Einheiten rechnen!

- Ein guter Plausibilitäts-Check für Korrektheit der verwendeten Formel (Achtung: kein „Beweis" für Richtigkeit, aber Indikator bei Fehlern)
- Viele Funktionen erwarten Argumente ohne Einheit $\log, \ln, \exp, \ldots$
- Summanden müssen die gleichen Einheiten haben

1.2 Energie

Energieformen

- Mechanische Energie → Potentielle Energie
  → Kinetische Energie
- Wärmeenergie
- Elektrostatische/dynamische Energie
- Chemische Energie
- Lichtenergie (Lichtquanten $E_{\mathrm{photon}} = h\nu$)
- Relativistische Energie ($E_{\mathrm{masse}} = mc^2$)

Umwandlung zwischen Energieformen

Beispiele:

Generator: mechanische Energie → elektrische Energie

Elektromotor: elektrische Energie → mechanische Energie

elektrische Heizung: elektrische Energie → Wärmeenergie

einfache Verbrennung: chemische Energie → Wärmeenergie

Verbrennungsmotor: chemische Energie → mechanische Energie

Batterie: chemische Energie → elektrische Energie

Akkumulator: elektrische Energie → chemische Energie → el. Energie

Energieerhaltungssatz

In einem abgeschlossenen System
ist die Summe aller Energien
über die Zeit konstant.

Einheiten der Energie

Haupteinheit: Joule (= Newtonmeter = Wattsekunde)

$$1\,\mathrm{J} = 1\,\mathrm{Nm} = 1\,\mathrm{Ws}$$

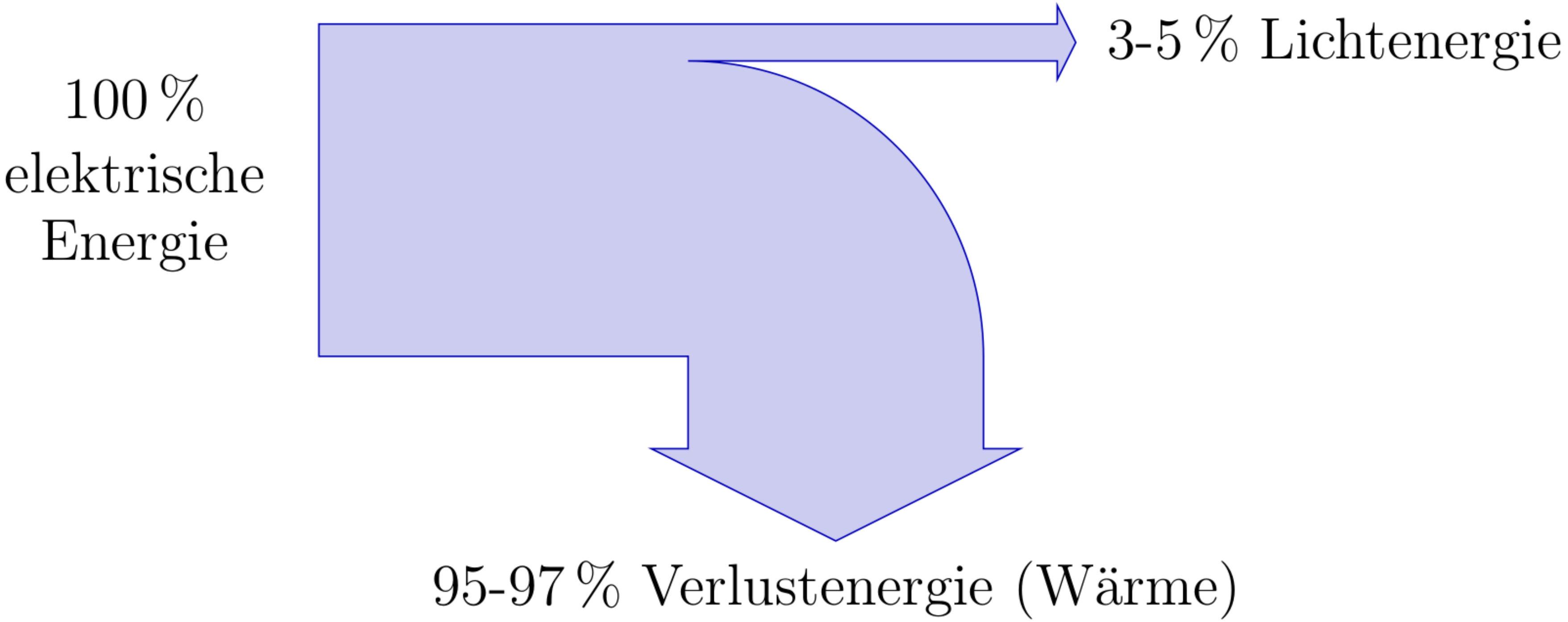
Weitere Einheiten (Auswahl)

- Kilowattstunde (kWh)
- Kalorie (cal)
- Elektronenvolt (eV)

Sankey-Diagramme

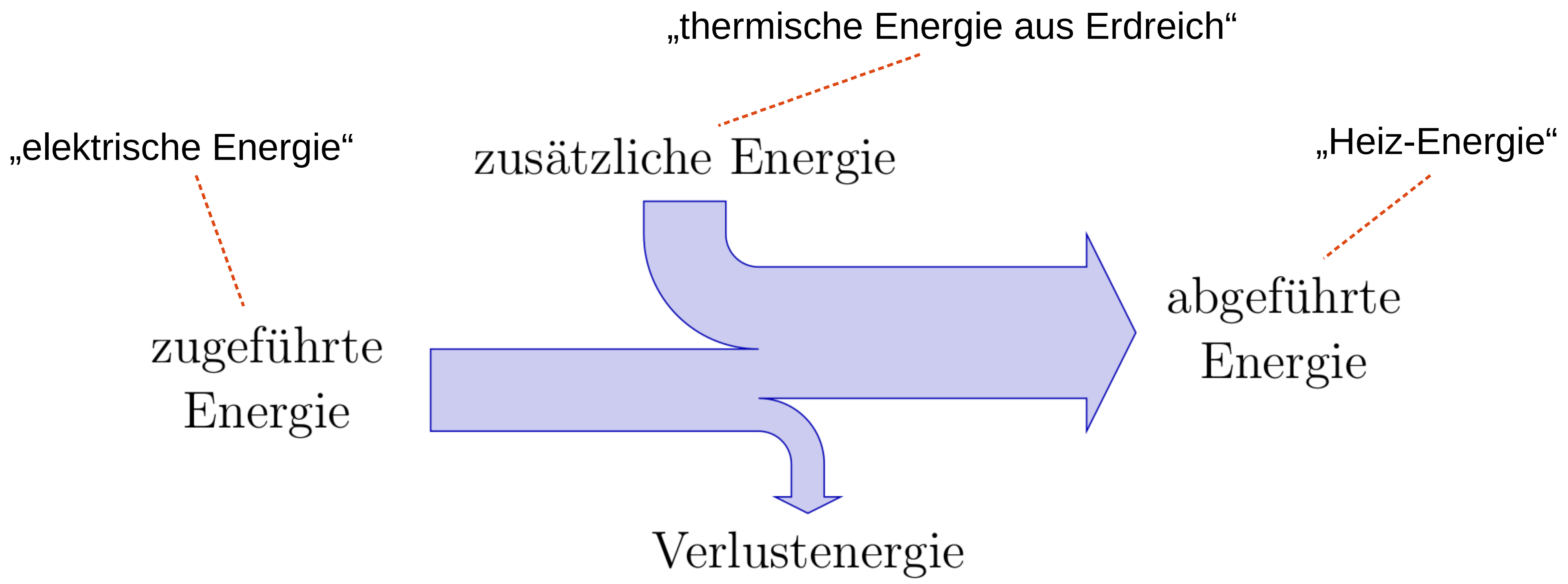
Darstellung von Energieflüssen, v.a. Verluste (=ungewollter Energiefluss)

Beispiel: klassische Glühlampe



Sankey-Diagramme

- Breite der Pfeile gibt relativen Energieanteil an
- Beispiel: Wärmepumpe

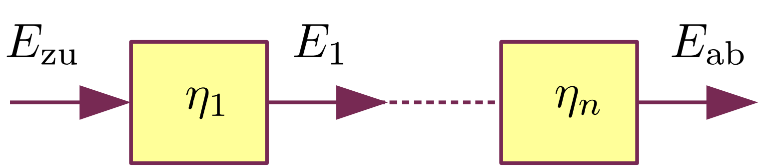


Wirkungsgrad

Definition Wirkungsgrad

$$\boxed{\eta = \frac{E_{\text{abgeführt}}}{E_{\text{zugeführt}}}}$$

- Energieerhaltung gilt trotzdem, da durch Verluste kein abgeschlossenes System betrachtet wird.
- Wirkungsgrade >100% sind eigentlich nicht möglich, bei Wärmepumpe etc. spricht man eher von Leistungszahl $\epsilon = \frac{E_{\text{abgeführt}}}{E_{\text{zugeführt}}}$ oder COP (coefficient of performance).
- **Gesamtwirkungsgrad** („Hintereinanderschalten“ von Systemen)



$$\eta_{\text{ges}} = \frac{E_{\text{ab}}}{\cancel{E_1}} \frac{\cancel{E_1}}{E_{\text{zu}}} = \eta_1\, \eta_2$$

$$\Rightarrow \boxed{\eta_{\text{ges}} = \eta_1\, \eta_2 \cdots \eta_n}$$

Frage zu Wirkungsgrad

Ein Elektromotor habe einen Wirkungsgrad von 80%, das angeflanschte Getriebe einen Verlust von 10%. Wie groß ist der Gesamtwirkungsgrad des Antriebs?

a) 70%

b) 72%

c) 80%

d) 90%

1.3 Vektoren

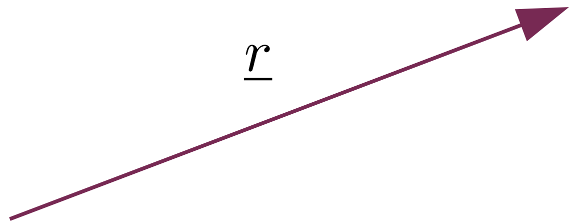
1.3 Vektoren

Es gibt in der Physik

- skalare Größen: z.B. Masse, Ladung, ...
- **vektorielle** Größen: z.B. Geschwindigkeit, Beschleunigung

haben **Betrag** und **Richtung** --> Darstellung als **Vektor**

Vektor



1.3 Vektoren

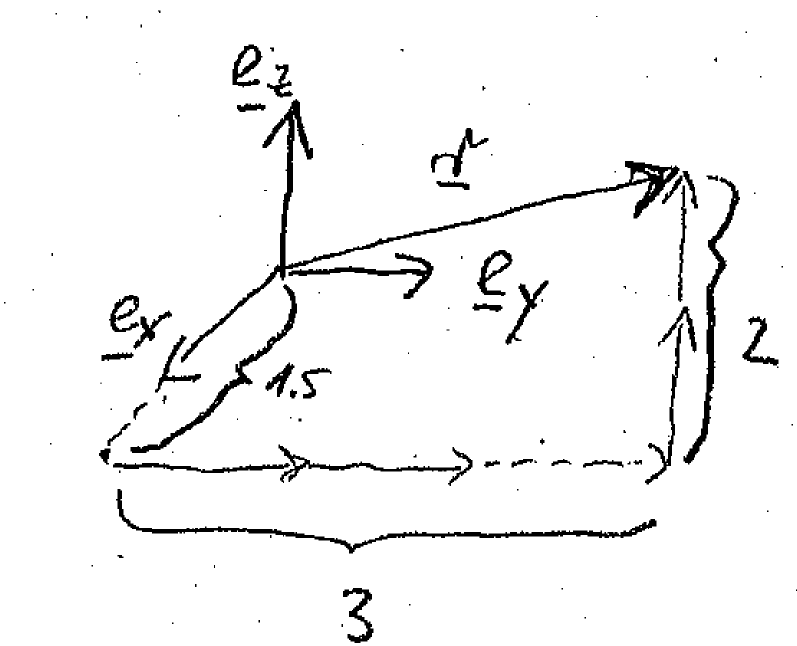
Darstellung in kartesischen Koordinaten

$$\underline{r} = \begin{pmatrix} r_x \\ r_y \\ r_z \end{pmatrix}$$

Gehe r_x Einheiten in $\underline{e}_x$ Richtung, dann
gehe r_y Einheiten in $\underline{e}_y$ Richtung, dann
gehe r_z Einheiten in $\underline{e}_z$ Richtung.

Beispiel

$$\underline{r} = \begin{pmatrix} 1{,}5 \\ 3 \\ 2 \end{pmatrix}$$



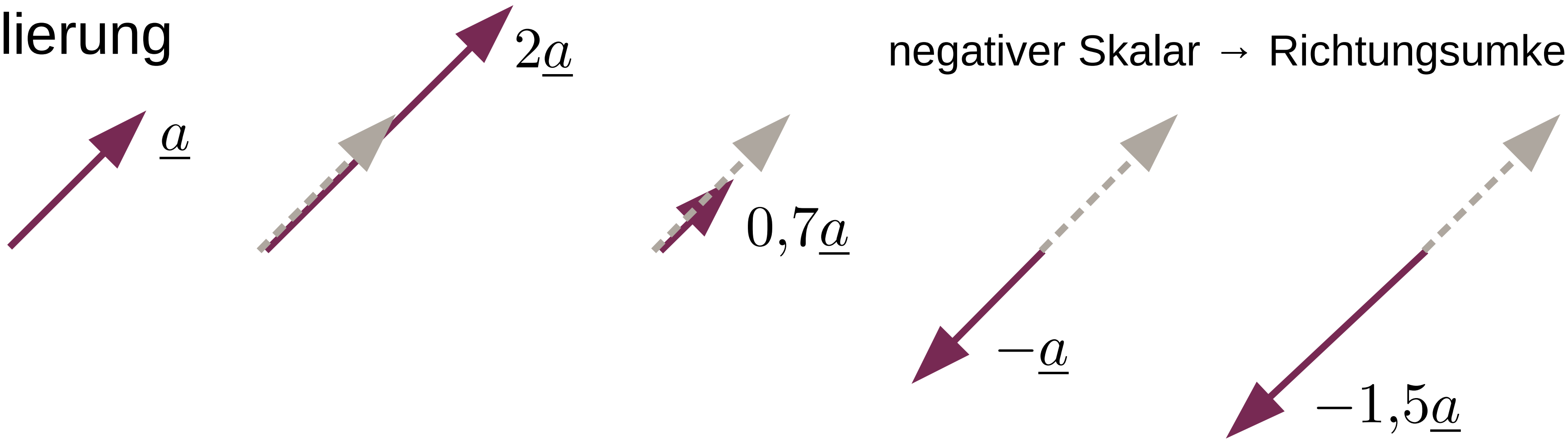
$\underline{e}_x$ $\underline{e}_y$ $\underline{e}_z$ bilden rechtshändiges Koordinatensystem

Daumen - Zeigefinger - Mittelfinger
der <u>rechten</u> Hand

1.3.2 Multiplikation Vektor mit Skalar

Skalierung

negativer Skalar → Richtungsumkehr



In kartesischen Koordinaten

$$\underline{b} = k\,\underline{a} \quad \rightsquigarrow \quad \begin{pmatrix} b_x \\ b_y \end{pmatrix} = k \begin{pmatrix} a_x \\ a_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k\,a_x \\ k\,a_y \end{pmatrix}$$

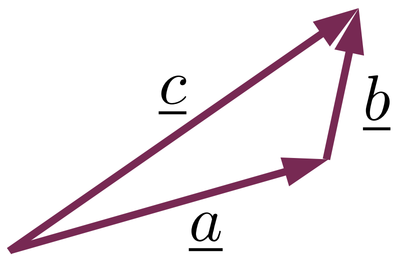
d.h. $\begin{aligned} b_x &= k\,a_x \\ b_y &= k\,a_y \end{aligned}$

Beispiel

$$3 \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \cdot 1 \\ 3 \cdot 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \\ 6 \end{pmatrix}$$

1.3.3 Addition von Vektoren

„Hintereinandersetzen“ von Vektoren



$$\Longleftrightarrow \qquad \underline{c} = \underline{a} + \underline{b}$$

In kartesischen Koordinaten

$$\begin{pmatrix} c_x \\ c_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_x \\ a_y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_x \\ b_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_x + b_x \\ a_y + b_y \end{pmatrix}$$

d.h.

$$\begin{aligned} c_x &= a_x + b_x \\ c_y &= a_y + b_y \end{aligned}$$

Beispiel

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \end{pmatrix}$$

1.3 Vektoren

Hinweis

- Tutorial auch auf: https://viamint.haw-hamburg.de