

Elektrotechnik – 1. Einführung

Luft- und Raumfahrttechnik Bachelor, 1. Semester

David Straub

Organisatorisches

-  Moodle-Kurs: tbd
-  Matrix-Raum: tbd
-  Sprechstunde: tbd
-  Literatur
 - Pregla – OPAC
 - Hagmann – OPAC
 - Hering u.a. – online
 - Fischer – online
-  Vorlesungsskript Prof. Palme u.a.: <https://palme.userweb.mwn.de/>
 -  Kapitelnummerierung weicht von diesem Kurs ab (Reihenfolge ist aber gleich!)
-  Prüfung: schriftlich, 60 Minuten, keine Hilfsmittel

So läuft jede Vorlesung ab

- **Montagsaufgabe** (10 min): kleine Aufgabe zur Vorwoche
- Theorie-Blöcke von max. 40 Minuten
- Nach jedem Theorie-Block:  **Sie rechnen selbst** – die Aufgaben sind vom Typ der Prüfungsaufgaben
-  Pause: immer 11:30–11:45
- Mitschreiben: Tafelanschriften ergänzen die Folien und sind prüfungsrelevant

Gliederung des Kurses

1. **Einführung** (Physikalische Größen, Einheiten)
2. **Das elektrische Feld** (Ladungen, Kräfte, Felder, Potential, Spannung, Kondensatoren)
3. **Gleichstrom** (Stromstärke, Widerstand, Stromkreisberechnungen, Energie, Leistung)
4. **Magnetismus** (Feld in Vakuum und Materie, Kräfte, magnetischer Kreis)
5. **Elektromagnetische Induktion** (Induktion, Selbstinduktion, Energie)
6. **Wechselstrom** (Komplexe Wechselstromrechnung, Schaltungen, Leistung, Resonanz)

7. **Drehstrom** (Dreiphasensystem)
8. **Schaltvorgänge** an Kapazitäten und Induktivitäten

1. Einführung

1. Physikalische Größen
2. Internationales Einheitensystem (SI)
3. Rechnen mit Einheiten und Dimensionen

Physikalische Größen

... sind messbare Eigenschaften eines Systems.

Skalare Größen: werden durch einen *Zahlenwert* und eine *Einheit* beschrieben.

$$x = \underbrace{\{x\}}_{\text{Zahlenwert}} \cdot \underbrace{[x]}_{\text{Einheit}}$$

Beispiele:

- $t = 10 \text{ s}$ (Zeit)
- $m = 5 \text{ kg}$ (Masse)
- $\Delta T = -20 \text{ K}$ (Temperaturdifferenz)

Rechnen mit Einheiten

- Nur Größen mit gleichen Einheiten können addiert oder subtrahiert werden

$$x = 2 \text{ m} + 3 \text{ m} = 5 \text{ m}$$

- Bei Multiplikation/Division von Größen werden die Einheiten multipliziert/dividiert

$$v = \frac{s}{t} = \frac{10 \text{ m}}{5 \text{ s}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 7,2 \text{ km/h}$$

Hinweis: im Textsatz werden Einheiten immer aufrecht geschrieben, Variablen *kursiv*.

Vektorielle physikalische Größen

... sind physikalische Größen, die durch einen *Betrag* und eine *Richtung* beschrieben werden. Der Betrag wird durch einen *Zahlenwert* und eine *Einheit* beschrieben.

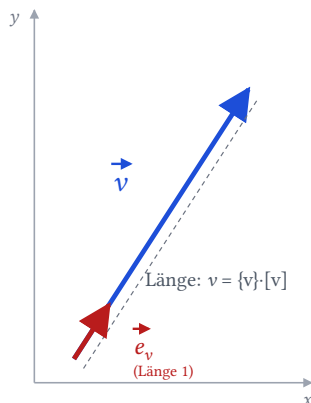
$$\vec{v} \equiv \mathbf{v} = \underbrace{|\vec{v}|}_{\text{Betrag}} \cdot \underbrace{\vec{e}_v}_{\text{Richtung}}$$

$$|\vec{v}| \equiv v = \underbrace{\{v\}}_{\text{Zahlenwert}} \cdot \underbrace{[v]}_{\text{Einheit}}$$

Der Zahlenwert des Betrags ist immer positiv.

Beispiele:

- $\vec{v} = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \vec{e}_x$ (Geschwindigkeit)
- $\vec{a} = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (-\vec{e}_z)$ (Beschleunigung)



Das Internationale Einheitensystem (SI)

Basisgröße	Größensymbol	Dimensionssymbol	Einheit	Einheitenzeichen
Zeit	t	T	Sekunde	s
Länge	l	L	Meter	m
Masse	m	M	Kilogramm	kg
Elektrische Stromstärke	I	I	Ampere	A
Thermodynamische Temperatur	T	Θ	Kelvin	K
Stoffmenge	n	N	Mol	mol
Lichtstärke	I_v	J	Candela	cd

Für die Elektrotechnik zentral: das **Ampere** – alle elektrischen Einheiten bauen darauf auf.

Was ist eigentlich eine Basiseinheit?

Seit 2019 ist jede Basiseinheit über **exakt festgelegte Naturkonstanten** definiert – kein Urmeter, kein Urkilogramm mehr:

Konstante	Beschreibung	Exakter Wert	Einheit
$\Delta\nu_{\text{Cs}}$	Strahlung des Caesium-Atoms	9 192 631 770	Hz
c	Lichtgeschwindigkeit	299 792 458	m/s
h	Planck-Konstante	$6,62607015 \times 10^{-34}$	J·s
e	Elementarladung	$1,602176634 \times 10^{-19}$	C
k_B	Boltzmann-Konstante	$1,380649 \times 10^{-23}$	J/K
N_A	Avogadro-Konstante	$6,02214076 \times 10^{23}$	mol ⁻¹
K_{cd}	Photometrisches Strahlungsäquivalent	683	lm/W

Abgeleitete Einheiten

Von den Basisgrößen lassen sich durch mathematische Operationen abgeleitete Einheiten bilden.

Beispiele für abgeleitete Einheiten:

- **Kraft:** $\vec{F} = m \cdot \vec{a} \quad [F] = [m] \cdot [\vec{a}] = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \text{N (Newton)}$
- **Energie/Arbeit:** $W = F \cdot s \quad [W] = \text{N} \cdot \text{m} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = \text{J (Joule)}$
- **Leistung:** $P = \frac{\Delta W}{\Delta t} \quad [P] = \frac{[W]}{[t]} = \frac{\text{J}}{\text{s}} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3} = \text{W (Watt)}$

Basiseinheiten: herleiten statt auswendig lernen

Jede elektrische Einheit lässt sich auf die sieben Basiseinheiten zurückführen:

Elektrische Größe	Formelzeichen	Einheit	Basiseinheiten
Kraft	F	N	$\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
Kapazität	C	F	?
Induktivität	L	H	?
Magn. Flussdichte	B	T	?

Strategie: nicht auswendig lernen, sondern aus einer bekannten Formel herleiten (z.B. $[F] = [m] \cdot [a]$).

Diese Tabelle füllt sich im Laufe des Semesters – am Ende jedes Kapitels ergänzen wir sie.

SI-Präfixe

Faktor	Name	Präfix	Faktor	Name	Präfix
10^{-1}	Dezi	d	10^1	Deka	da
10^{-2}	Zenti	c	10^2	Hekto	h
10^{-3}	Milli	m	10^3	Kilo	k
10^{-6}	Mikro	μ	10^6	Mega	M
10^{-9}	Nano	n	10^9	Giga	G
10^{-12}	Piko	p	10^{12}	Tera	T

In der Elektrotechnik alltäglich: μF , nF , pF (Kondensatoren), mH (Spulen), $\text{k}\Omega$, $\text{M}\Omega$ (Widerstände), mA , kV , MW ...



Aufgabe 1: Einheiten

- Rechnen Sie um: $v = 108 \text{ km/h}$ in m/s .
- Die kinetische Energie ist $E = \frac{1}{2}mv^2$. Drücken Sie die Einheit von E in Basiseinheiten aus und zeigen Sie: das ist genau 1 J.
- Ein Triebwerk leistet $P = 30 \text{ MW}$ für $t = 2$ Minuten. Wie viel Energie in Joule?

Dimensionsanalyse

Die **Dimension** (dritte Spalte der SI-Tabelle) beschreibt, wie eine Größe aus den Grundgrößen zusammengesetzt ist – unabhängig von Einheit und Zahlenwert.

Beispiele:

- Geschwindigkeit: $\dim[v] = \frac{\text{L}}{\text{T}}$
- Kraft: $\dim[F] = \text{M} \cdot \frac{\text{L}}{\text{T}^2}$
- Winkel: $\dim[\varphi] = \frac{\text{L}}{\text{L}} = 1$ (dimensionslos)

Beide Seiten einer Gleichung müssen dieselbe Dimension haben!

→ Der schnellste Fehler-Check überhaupt: am Ende jeder Rechnung die Einheiten prüfen.



Nicht-SI-Einheiten in der Luftfahrt

Immer noch weit verbreitet:

- Flughöhe in **Fuß** 
 - 1 ft = 0,3048 m

- Entfernung in **Seemeilen** 
 - 1 NM = 1852 m
- Geschwindigkeit in **Knoten** 
 - 1 kt = 1 NM/h = 1,852 km/h



Mars Climate Orbiter

Was passiert, wenn man Einheiten verwechselt:

<https://www.youtube.com/watch?v=MfavzjbZzl8>

Zusammenfassung: Einführung

- Physikalische Größe = Zahlenwert × Einheit; Vektoren zusätzlich mit Richtung
- 7 SI-Basiseinheiten – für uns zentral: das **Ampere**
- Abgeleitete Einheiten aus Formeln herleiten können (N, J, W, ...)
- Dimensionsanalyse: beide Seiten einer Gleichung müssen dieselbe Dimension haben → Fehler-Check
- SI-Präfixe von p bis T sicher beherrschen
- Luftfahrt: ft, NM, kt – Umrechnung in SI

Nächstes Kapitel: Das elektrische Feld – Ladungen, Kräfte und warum der Blitz einschlägt ⚡