

# **Grundlagen der Elektrotechnik**

Prof. Dr. Frank Palme

**Einführung**  
**Sommersemester 2024**

# Willkommen!

Herzlich willkommen an der Hochschule München...

## Informationen im Internet

- Moodle-Kurs
- [palme.userweb.mwn.de](http://palme.userweb.mwn.de)

## Sie erreichen mich

- Sprechstunde: Mittwoch 12:00 – 13:00 Uhr, online auf Moodle bzw. R1.099
- telefonisch: 089 / 1265-1123 (bzw. über Handy)
- nur wenn nicht anders möglich per Mail: [frank.palme@hm.edu](mailto:frank.palme@hm.edu)

## Skripten und Prüfungen

- im Internet (s.o.) und als Skript (Fachschaft)



**...und viel Freude und Erfolg bei Ihrem Studium!**

08.03. 2024

# Grundlagen der Elektrotechnik

---

**Heutige Vorlesung: Einführung, Grundlagen**

**Organisatorisches**

**Themen der Vorlesung**

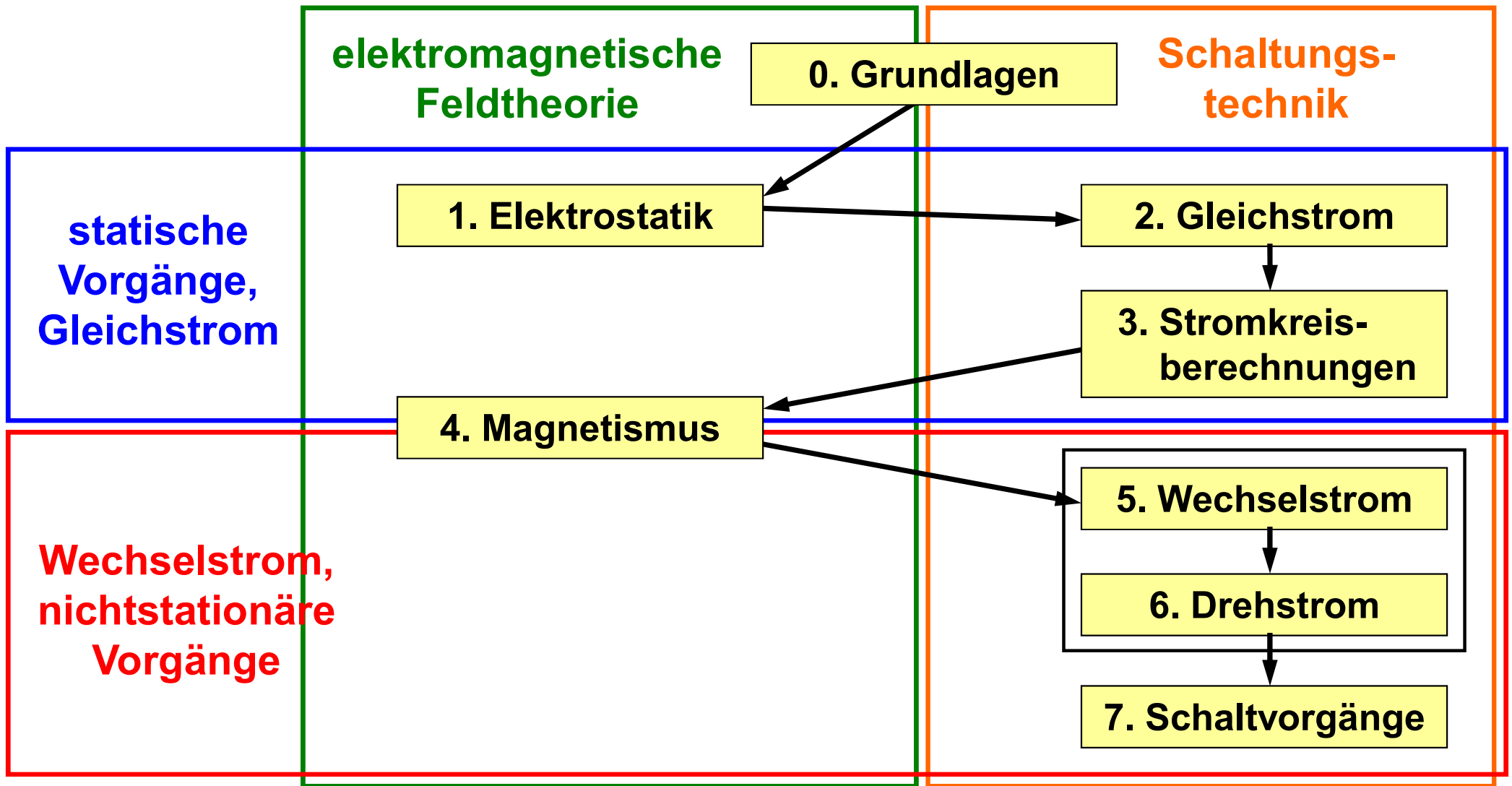
- Systematik und Gliederung

**0. Grundlagen**

- Physikalische Größen
  - Messtechnik
  - Internationales Einheitensystem
  - Skalare und Vektoren

08.03. 2024

# Themen der Vorlesung – Systematik



08.03. 2024

# Themen der Vorlesung – Gliederung

## 0. Grundlagen

- Physikalische Größen, Messtechnik, Internationales Einheitensystem, Skalare und Vektoren

## 1. Elektrostatik

- Ladungen, Kräfte, elektrische Felder, Energie, Potential, Spannung, Kapazität, Kondensatoren

## 2. Gleichstrom

- Stromstärke, Stromdichte, Ohmsches Gesetz, Widerstand und Leitwert, Temperaturabhängigkeit des Widerstands

## 3. Stromkreisberechnungen

- Kirchhoffsche Gesetze, Strom- und Spannungsmessung, Zweipoltheorie, Energie, Leistung, Anpassung, Wirkungsgrad

## 4. Magnetismus

- Magnetisches Feld, Flussdichte, Permeabilität, Kräfte, Durchflutung, magnetischer Kreis, Induktion, Induktivitäten

## 5. Wechselstrom

- Sinusförmige Spannungen und Ströme, komplexe Wechselstromrechnung, Zeigerdiagramme, Wirk- und Blindleistung

## 6. Drehstrom

- Dreiphasensysteme, Stern-/Dreieckschaltung, komplexe Leistung im Drehstromnetz, Blindleistungskompensation

## 7. Schaltvorgänge

- Differentialgleichungen, Schaltvorgänge an Kapazitäten und Induktivitäten

08.03. 2024

# Physikalische Größen – Messtechnik

## Physikalische Größe

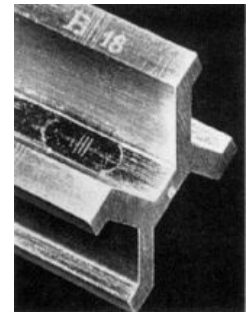
- messbare Eigenschaft eines physikalischen Objekts
- charakterisiert durch **Zahlenwert und Maßeinheit** – sowie Vorstellung über **Messunsicherheit**

## Messen

- Beobachten und Quantifizieren der physikalischen Größe durch **Vergleich mit Maßeinheit**

## Maßeinheit

- Definition durch
  - **Maßverkörperung** (traditionell)  
Beispiel: **Urmeter** (Platin-Iridium Prototyp, *BIPM* 1889:  $1 \text{ m} \pm 0,1 \text{ } \mu\text{m}$  typ.)
  - Rückführung auf **Fundamentalkonstanten** (bevorzugt)  
Beispiel: *The **metre** is the length of the path travelled by light in vacuum during a time interval of  $1/299792458$  of a second* (*BIPM* 1983)
- Systematisierung durch **Einheitensystem**: Mindestmenge von Basisgrößen und Basiseinheiten



Quelle: Kreis Herford

08.03. 2024

# Physikalische Größen – Internationales Einheitensystem

## Internationales Einheitensystem (SI, *Système International d'Unités*)

- Einführung 1960 durch **BIPM** (Bureau international des poids et mesures, Paris)
- mittlerweile am weitesten verbreiteter **weltweiter Standard**
- jeweils **nationale Umsetzung**. BRD: **PTB** (Physikalisch-Technische Bundesanstalt)

## SI-Basisgrößen

- 7 **unabhängige SI-Basisgrößen** (seit 2019 alle über **Fundamentalkonstanten** – auch Masse)

Gebiet	Basisgröße	Symbol	Basiseinheit	Symbol	
Mechanik	Länge	$l$	Meter	m	<b>MKS</b> (1889 bis 1954)
	Masse	$m$	Kilogramm	kg	
	Zeit	$t$	Sekunde	s	
Elektrotechnik	<b>Stromstärke</b>	$I$	Ampere	A	<b>MKSA (bis 1960)</b>
Thermodynamik	<b>Temperatur</b>	$T$	Kelvin	K	<b>SI (seit 1960)</b>
Chemie	<b>Stoffmenge</b>	$n$	Mol	mol	
Optik	<b>Lichtstärke</b>	$I_v$	Candela	cd	

**Stromstärke: zentrale elektrotechnische Basisgröße**

08.03. 2024

# Physikalische Größen – Internationales Einheitensystem

## abgeleitete SI-Größen

- **kohärente** Ableitung aus SI-Basisgrößen (keine Umrechnungsfaktoren)
- 22 davon mit **eigener Bezeichnung**. Beispiel: Hertz (Hz), Newton (N), Volt (V)

abgeleitete Größe	Definition	Symbol	Einheit	SI-Basisgrößen				abgeleitete SI-Größen						
				Masse	Länge	Zeit	Stromstärke	Kraft	Energie	Leistung	Ladung	Spannung	Widerstand	
<b>Kraft</b>	Masse • Beschleunigung = Masse • Länge / Zeit <sup>2</sup>	F	N = kg·m/s <sup>2</sup>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Energie</b>	Kraft • Weg = Masse • Länge <sup>2</sup> / Zeit <sup>2</sup>	W	J = N·m = V·A·s	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Leistung</b>	Energie / Zeit	P	W = J/s = V·A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Ladung</b>	Stromstärke • Zeit	Q	C = As	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Spannung</b>	Leistung / Stromstärke	U	V = W/A = J/C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Widerstand</b>	Spannung / Stromstärke	R	Ω = V/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## SI-Vorsätze zur Dezimalskalierung

- **Dezimalfaktoren**  $10^n$  (ganzzahliges  $n$ ) halten Größenangaben in einer praktikablen Größenordnung. Beispiele: kV =  $10^3$  V, MΩ =  $10^6$  Ω, mA =  $10^{-3}$  A, μF =  $10^{-6}$  F, nC =  $10^{-9}$  C

08.03. 2024



# Physikalische Größen – Skalare und Vektoren

## Skalar

- Physikalische Größe charakterisiert durch **Betrag** (Zahlenwert • Einheit)  $m = 1 \text{ kg}$

## Vektor

- Physikalische Größe charakterisiert durch **Betrag** (Zahlenwert • Einheit) und **Richtung** im Raum. Beispiele: Kraft  $\vec{F}$ , Geschwindigkeit  $\vec{v}$ , Feldstärke  $\vec{E}$

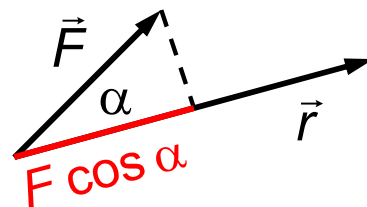
$$\vec{F} = \begin{pmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \end{pmatrix}$$

### Rechenregeln

– Betrag  $F = |\vec{F}| = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2}$

– Multiplikation mit Skalar  $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$

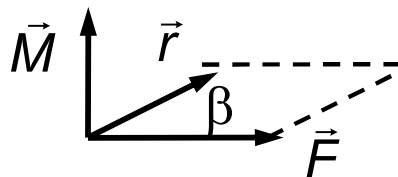
### Skalarprodukt



$$W = \vec{F} \cdot \vec{r} = |\vec{F}| \cdot |\vec{r}| \cdot \cos \alpha = F \cdot r \cdot \cos \alpha$$

Arbeit = Kraft · Weg → Skalar

### Vektorprodukt



$$\vec{M} = \vec{F} \times \vec{r} \rightarrow \text{Vektor}$$

$$\vec{M} \perp \vec{F}, \vec{M} \perp \vec{r}$$

$$|\vec{M}| = F \cdot r \cdot \sin \beta$$

$$\vec{M} = \vec{F} \times \vec{r} = \begin{pmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} r_x \\ r_y \\ r_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} F_y r_z - F_z r_y \\ F_z r_x - F_x r_z \\ F_x r_y - F_y r_x \end{pmatrix}$$

08.03.2024

# Elektrostatik – Ladungen, Kräfte und Felder

## Heutige Vorlesung: Ladungen, Kräfte, Felder

### Elektrische Ladungen

- Ursprung
- Kräfte zwischen Ladungen → **Coulombsches Gesetz**

### Elektrisches Feld

- im Vakuum
- in der Materie → **Verschiebungsdichte**

**Berechnung von Ladungen über die Verschiebungsdichte**  
→ **Satz von Gauß**