

Grundlagen der Elektrotechnik

Prof. Dr. Frank Palme

Einführung
Sommersemester 2025

Willkommen!

Herzlich willkommen an der Hochschule München...

Informationen im Internet

- Moodle-Kurs
- 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

Skripten und Prüfungen

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



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

15.03. 2025

Grundlagen der Elektrotechnik

Heutige Vorlesung: Einführung, Grundlagen

Organisatorisches

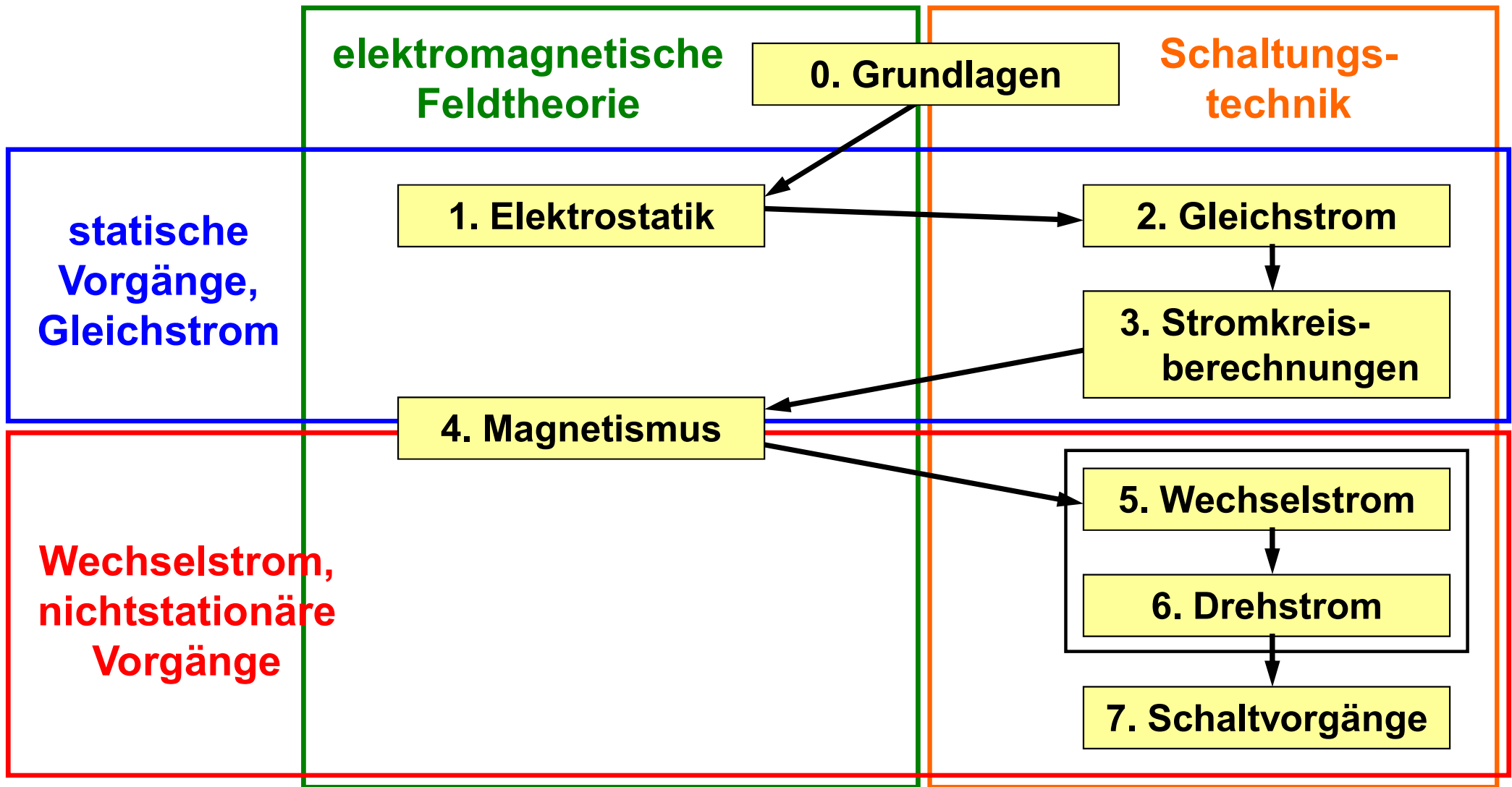
Themen der Vorlesung

- Systematik und Gliederung

0. Grundlagen

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

Themen der Vorlesung – Systematik



15.03. 2025

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

15.03. 2025

Physikalische Größen – Messtechnik

Physikalische Größe

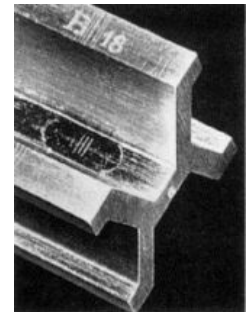
- messbare Eigenschaft eines physikalischen Objekts
- charakterisiert durch **Zahlenwert und Maßeinheit** – sowie Vorstellung über **Messunsicherheit**

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

15.03. 2025

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 | MKS (1889 bis 1954) |
| | Masse | m | Kilogramm | kg | |
| | Zeit | t | Sekunde | s | |
| Elektrotechnik | Stromstärke | I | Ampere | A | MKSA (bis 1960) |
| Thermodynamik | Temperatur | T | Kelvin | K | SI (seit 1960) |
| Chemie | Stoffmenge | n | Mol | mol | |
| Optik | Lichtstärke | I_v | Candela | cd | |

Stromstärke: zentrale elektrotechnische Basisgröße

15.03. 2025

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 | |
| Kraft | Masse • Beschleunigung = Masse • Länge / Zeit ² | F | N = kg·m/s ² | <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"/> |
| Energie | Kraft • Weg = Masse • Länge ² / Zeit ² | 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"/> |
| Leistung | 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"/> |
| Ladung | 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"/> |
| Spannung | 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"/> |
| Widerstand | 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

15.03. 2025

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}

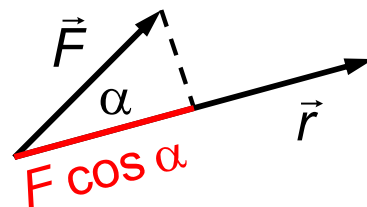
$$\vec{F} = \begin{pmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \end{pmatrix}$$

Rechenregeln

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

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

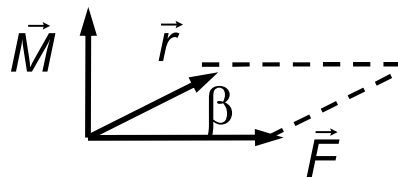
Skalarprodukt



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

Arbeit = Kraft · Weg → Skalar

Vektorprodukt



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

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

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

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

15.03.2025

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**