

Arbeitsunterlagen zu FOS ET (12.1 und 12.6)

Thomas Maul

Brühlwiesenschule, Hofheim

V 0.1 - im Aufbau

Stand: 7. Oktober 2025

Für eigene Teile gilt:



Teil I

Themenfeld 12.1 - Gleichstromnetzanalyse

Inhalt

Zweipoltheorie (Pflicht)

Überlagerungsverfahren nach Helmholtz
(Pflicht)

Dreieck <-> Stern-Umwandlung (Pflicht)

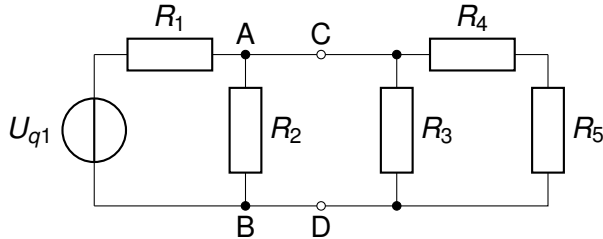
Knoten- und Maschengleichungen
(Pflicht)

Kreisstromverfahren (Pflicht)

Knotenspannungsverfahren (Pflicht)

Zweipole

In der Schaltung unten sollen die Widerstände R_3 bis R_5 als ein virtuelles Bauteil dargestellt werden.



Werte für Berechnung

$$R_1 = 10\Omega$$

$$R_2 = 20\Omega$$

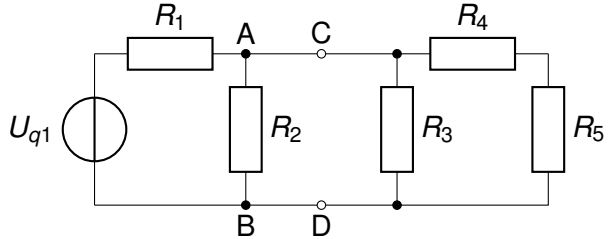
$$R_3 = 30\Omega$$

$$R_4 = 40\Omega$$

$$R_5 = 50\Omega$$

$$U_{q1} = 5V,$$

$$U_{q2} = 12V$$



Berechnung des Ersatzwiderstands

$$R_{45} = R_4 + R_5 \quad (1)$$

$$R_{45} = 40\Omega + 50\Omega \quad (2)$$

$$R_{45} = 90\Omega \quad (3)$$

$$\frac{1}{R_{3||45}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_{45}} \quad (4)$$

$$\frac{1}{R_{3||45}} = \frac{1}{30\Omega} + \frac{1}{90\Omega} \quad (5)$$

$$R_{3||45} = 22,5\Omega \quad (6)$$

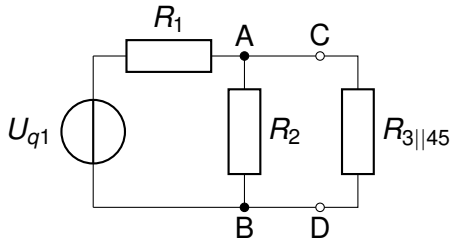


Abbildung: Berechnung
des Erstatwiderstands

Übungen zu Zweipole I

Berechnen Sie jeweils den Ersatzwiderstand zwischen den Klemmen C und D zur Schaltung unten.

a $R_1 = R_2 = 220\Omega$ $R_3 = R_5 = 230\Omega$ $R_4 = 470\Omega$

b $R_1 = R_2 = R_3 = R_5 = 230\Omega$ $R_4 = 470\Omega$

c $R_1 = R_2 = R_4 = R_5 = 230\Omega$ $R_3 = 470\Omega$

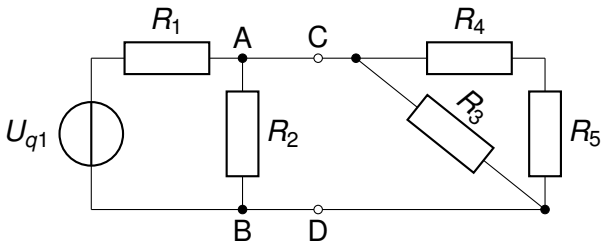


Abbildung: Schaltung zu Übung Ersatzzweipol - Teil 1

Übungen zu Zweipole II

Berechnen Sie jeweils den Ersatzwiderstand zwischen den Klemmen C und D zur Schaltung unten.

a $R_1 = R_2 = 220\Omega$ $R_3 = R_5 = 230\Omega$ $R_4 = 470\Omega$

b $R_1 = R_2 = R_3 = R_5 = 230\Omega$ $R_4 = 470\Omega$

c $R_1 = R_2 = R_4 = R_5 = 230\Omega$ $R_3 = 470\Omega$

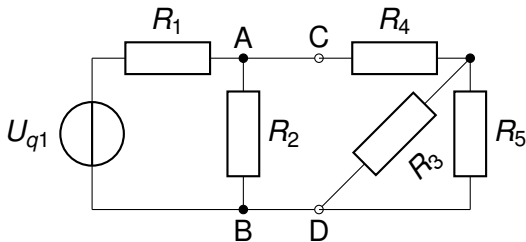


Abbildung: Schaltung zu Übung Ersatzzweipol - Teil 2

Inhalt

Zweipoltheorie (Pflicht)

Überlagerungsverfahren nach Helmholtz (Pflicht)

Nur Quelle U1 aktiv

Nur Quelle U2 aktiv

Dreieck <-> Stern-Umwandlung (Pflicht)

Knoten- und Maschengleichungen (Pflicht)

Kreisstromverfahren (Pflicht)

Knotenspannungsverfahren (Pflicht)

Zwei Spannungsquellen U_1 und U_2

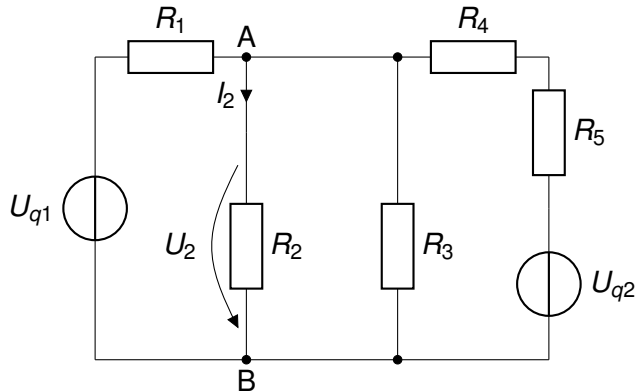


Abbildung: Zwei Quellen aktiv

$$R_1 = 10\Omega, R_2 = 20\Omega, R_3 = 30\Omega, R_4 = 40\Omega, R_5 = 50\Omega$$

Nur Quelle U1 aktiv

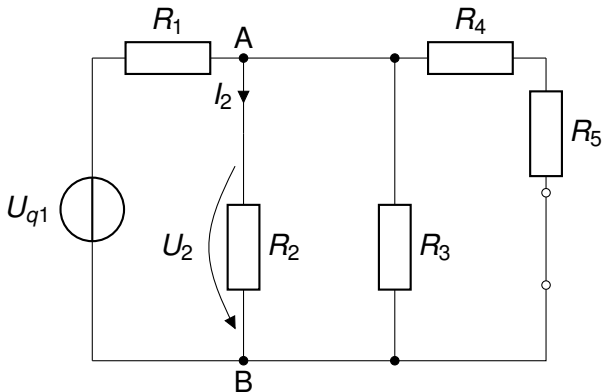


Abbildung: Nur Quelle 1 aktiv

$$R_1 = 10\Omega, R_2 = 20\Omega, R_3 = 30\Omega, R_4 = 40\Omega, R_5 = 50\Omega$$

Berechnung Ersatzwiderstand I

$$U_{2'} = I_2 * R_2 || R_3 || R_4 + R_5 \quad (7)$$

$$U_{2'} = I_2 * \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4 + R_5}} \quad (8)$$

I_2 ist nicht bekannt.

Berechnung Ersatzwiderstand II

$$U_{q1} = U_1 + U_2 \quad (9)$$

$$U_2 = U_{q1} * \frac{R_2 || R_3 || R_{45}}{R_1 + R_2 || R_3 || R_{45}} \quad (10)$$

Einsetzen I

$$U_{2'} = U_{q1} * \frac{R_2 || R_3 || R_4 || R_5}{R_1 + R_2 || R_3 || R_4 || R_5} \quad (11)$$

$$U_{2'} = U_{q1} * \frac{\frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4 + R_5}}}{R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4 + R_5}}} \quad (12)$$

$$(13)$$

Einsetzen II

$$U_{2'} = U_{q1} * \frac{R_2 || R_3 || R_{45}}{R_1 + R_2 || R_3 || R_{45}}$$

$$U_{2'} = U_{q1} * \frac{\frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4 + R_5}}}{R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4 + R_5}}}$$

$$U_{2'} = 5V * \frac{22,5\Omega}{10\Omega + 22,5\Omega} \quad (14)$$

$$U_{2'} = 5V * 0,69 \quad (15)$$

$$U_{2'} = 3,46V \quad (16)$$

Nur Quelle U2 aktiv

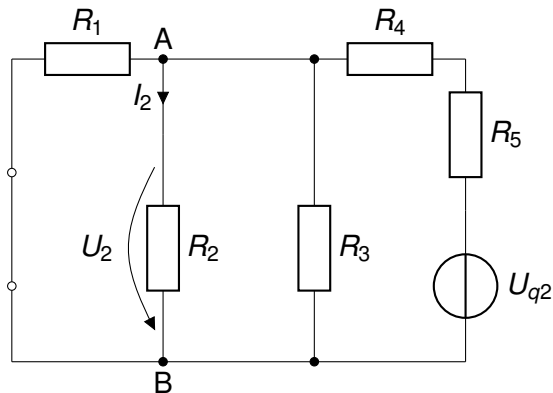


Abbildung: Nur Quelle zwei aktiv

$$R_1 = 10\Omega, R_2 = 20\Omega, R_3 = 30\Omega, R_4 = 40\Omega, R_5 = 50\Omega$$

Quelle 2, Einsetzen I

$$U_{2''} = U_{q2} * \frac{\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}}{R_4 + R_5 + \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}} \quad (17)$$

(18)

Quelle 2, Einsetzen II

$$U_{2''} = U_{q2} * \frac{\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}}{R_4 + R_5 + \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}} \quad (19)$$

$$U_{2''} = 12 \text{ V} * \frac{\frac{1}{\frac{1}{10\Omega} + \frac{1}{20\Omega} + \frac{1}{30\Omega}}}{40\Omega + 50\Omega + \frac{1}{\frac{1}{10\Omega} + \frac{1}{20\Omega} + \frac{1}{30\Omega}}} \quad (20)$$

$$U_{2''} = 0,24 \text{ V} \quad (21)$$

Addition

Zum Abschluss werden die beiden Teilspannungen addiert.

$$U_2 = U_{2'} + U_{2''} \quad (22)$$

$$U_2 = 3,46\text{ V} + 0,24\text{ V} \quad (23)$$

$$U_2 = 3,7\text{ V} \quad (24)$$

Inhalt

Zweipoltheorie (Pflicht)

Überlagerungsverfahren nach Helmholtz (Pflicht)

Dreieck <-> Stern-Umwandlung (Pflicht)

Knoten- und Maschengleichungen (Pflicht)

Kreisstromverfahren (Pflicht)

Knotenspannungsverfahren (Pflicht)

Inhalt

Zweipoltheorie (Pflicht)

Überlagerungsverfahren nach Helmholtz (Pflicht)

Dreieck \leftrightarrow Stern-Umwandlung (Pflicht)

Knoten- und Maschengleichungen (Pflicht)

Kreisstromverfahren (Pflicht)

Knotenspannungsverfahren (Pflicht)

Inhalt

Zweipoltheorie (Pflicht)

Überlagerungsverfahren nach Helmholtz (Pflicht)

Dreieck \leftrightarrow Stern-Umwandlung (Pflicht)

Knoten- und Maschengleichungen (Pflicht)

Kreisstromverfahren (Pflicht)

Knotenspannungsverfahren (Pflicht)

Inhalt

Zweipoltheorie (Pflicht)

Überlagerungsverfahren nach Helmholtz (Pflicht)

Dreieck <-> Stern-Umwandlung (Pflicht)

Knoten- und Maschengleichungen (Pflicht)

Kreisstromverfahren (Pflicht)

Knotenspannungsverfahren (Pflicht)

Teil II

Themenfeld 12.6 - Elektrisches und magnetisches Feld



Teil II

Themenfeld 12.6 - Elektrisches und magnetisches Feld



Inhalt

Ladungen, Kräfte

Energieerhaltung und Einheit

Abmaße von Ladungen

Vektoren

Elektrische Feldstärke

Überlagerung von elektrischen Feldern

Kondensator (Pflicht)

Auf- und Entladung (Pflicht)

Induktion (Pflicht)

Magnetischer Fluss (Φ) (Pflicht)

Flussdichte (Pflicht)

Spule (Pflicht)

Ein- und Ausschaltvorgang (Pflicht)

Literatur

Elektronen und Atome

- Die Materie besteht aus Atomen.
- Kern: Protonen und Neutronen, Hülle: Elektronen
- Bei Leitern: Elektronen ‚mobil‘, bei Nichtleitern fest(er)
- Reibung von 2 Nichtleitern (Stoff und Glasstab) \Rightarrow Ladungstrennung

Katze mit Styroporflocken



Abbildung: Katze mit Styroporflocken

Anziehung und Abstoßung von Ladungen

- gleichnamige Ladungen stoßen sich ab.
- ungleichnamige Ladungen ziehen sich an.
- bei Elektrostatik gibt es keine Bewegung, nur Kräfte

Inhalt

Ladungen, Kräfte

Energieerhaltung und Einheit

Abmaße von Ladungen

Vektoren

Elektrische Feldstärke

Überlagerung von elektrischen Feldern

Kondensator (Pflicht)

Auf- und Entladung (Pflicht)

Induktion (Pflicht)

Magnetischer Fluss (Φ) (Pflicht)

Flussdichte (Pflicht)

Spule (Pflicht)

Ein- und Ausschaltvorgang (Pflicht)

Literatur

Energieerhaltung und Einheit

- Energieerhaltung
- Elektrische Ladung Coulomb (C) gemessen
- $1\text{ C} = 1\text{ As}$.
- Elementarladung $e = 1,602 \cdot 10^{-19}\text{ C}$
- Kräfte zwischen Ladungen
- Anziehung (+ -) und Abstoßung (+ +), (- -)



Ladungen, Kräfte
ooo

Einheiten
oo

Ladungen
●o

Vektoren
oooo

E-Feld
o

Überlagerung E
o

Kondensator
o

Induktion
o

Spule
o

Literatur
o

Inhalt

Ladungen, Kräfte

Energieerhaltung und Einheit

Abmaße von Ladungen

Vektoren

Elektrische Feldstärke

Überlagerung von elektrischen Feldern

Kondensator (Pflicht)

Auf- und Entladung (Pflicht)

Induktion (Pflicht)

Magnetischer Fluss (Phi) (Pflicht)

Flussdichte (Pflicht)

Spule (Pflicht)

Ein- und Ausschaltvorgang (Pflicht)

Literatur

Abmaße von Ladungen

Punktladung unendlich klein

Linienladung dünne Linie, z.B. Draht

Flächenladung gleichmäßig auf der Fläche

Raumladung gleichmäßig im Raum

Inhalt

Ladungen, Kräfte

Energieerhaltung und Einheit

Abmaße von Ladungen

Vektoren

Elektrische Feldstärke

Überlagerung von elektrischen Feldern

Kondensator (Pflicht)

Auf- und Entladung (Pflicht)

Induktion (Pflicht)

Magnetischer Fluss (Φ) (Pflicht)

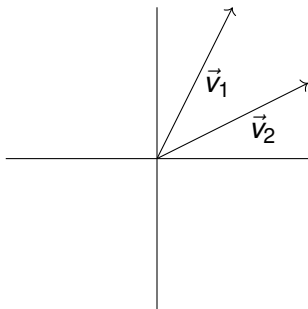
Flussdichte (Pflicht)

Spule (Pflicht)

Ein- und Ausschaltvorgang (Pflicht)

Literatur

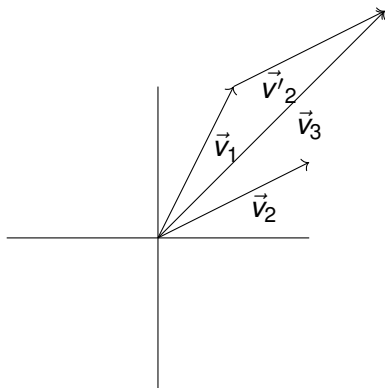
Vektoren



$$\vec{v}_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} \text{ und } \vec{v}_2 = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Abbildung: Zwei Vektoren in zweidimensionalen Raum

Addition von Vektoren



$$\vec{v}_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}, \vec{v}_2 = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \end{pmatrix}, \vec{v}'_2 = \vec{v}_2 \text{ und } \vec{v}_3 = \begin{pmatrix} 3 \\ 3 \end{pmatrix}$$

Abbildung: Zwei Vektoren in zweidimensionalen Raum

Kraft als Vektor, Spannung

- Kraft $\hat{=}$ Vektor
- Richtung, Betrag
- Addition
- Spannung $\hat{=}$ Spannung zwischen 2 Punkten
- auch im Raum (E-Feld)

Inhalt

Ladungen, Kräfte

Energieerhaltung und Einheit

Abmaße von Ladungen

Vektoren

Elektrische Feldstärke

Überlagerung von elektrischen Feldern

Kondensator (Pflicht)

Auf- und Entladung (Pflicht)

Induktion (Pflicht)

Magnetischer Fluss (Φ) (Pflicht)

Flussdichte (Pflicht)

Spule (Pflicht)

Ein- und Ausschaltvorgang (Pflicht)

Literatur

Inhalt

Ladungen, Kräfte

Energieerhaltung und Einheit

Abmaße von Ladungen

Vektoren

Elektrische Feldstärke

Überlagerung von elektrischen Feldern

Kondensator (Pflicht)

Auf- und Entladung (Pflicht)

Induktion (Pflicht)

Magnetischer Fluss (Φ) (Pflicht)

Flussdichte (Pflicht)

Spule (Pflicht)

Ein- und Ausschaltvorgang (Pflicht)

Literatur

Inhalt

Ladungen, Kräfte

Energieerhaltung und Einheit

Abmaße von Ladungen

Vektoren

Elektrische Feldstärke

Überlagerung von elektrischen Feldern

Kondensator (Pflicht)

Auf- und Entladung (Pflicht)

Induktion (Pflicht)

Magnetischer Fluss (Φ) (Pflicht)

Flussdichte (Pflicht)

Spule (Pflicht)

Ein- und Ausschaltvorgang (Pflicht)

Literatur

Inhalt

Ladungen, Kräfte

Energieerhaltung und Einheit

Abmaße von Ladungen

Vektoren

Elektrische Feldstärke

Überlagerung von elektrischen Feldern

Kondensator (Pflicht)

Auf- und Entladung (Pflicht)

Induktion (Pflicht)

Magnetischer Fluss (Φ) (Pflicht)

Flussdichte (Pflicht)

Spule (Pflicht)

Ein- und Ausschaltvorgang (Pflicht)

Literatur

Inhalt

Ladungen, Kräfte

Energieerhaltung und Einheit

Abmaße von Ladungen

Vektoren

Elektrische Feldstärke

Überlagerung von elektrischen Feldern

Kondensator (Pflicht)

Auf- und Entladung (Pflicht)

Induktion (Pflicht)

Magnetischer Fluss (Φ) (Pflicht)

Flussdichte (Pflicht)

Spule (Pflicht)

Ein- und Ausschaltvorgang (Pflicht)

Literatur

Literatur

[Wikibooks](https://de.wikibooks.org/wiki/Elektrostatik) <https://de.wikibooks.org/wiki/Elektrostatik>

[Marinescu, Marlene](#) Elektrische und magnetische Felder, Eine praxisorientierte Einführung; A 3 (2012); Springer