

Lernzettel

Kirchhoffsche Sätze in komplexen Netzwerken:
KCL, KVL, Superposition, Äquivalente
Schaltungen

Universität:	Technische Universität Berlin
Kurs/Modul:	Elektrische Netzwerke
Erstellungsdatum:	September 20, 2025



Zielorientierte Lerninhalte, kostenlos!
Entdecke zugeschnittene Materialien für deine Kurse:

<https://study.AllWeCanLearn.com>

Elektrische Netzwerke

Lernzettel: Kirchhoffsche Sätze in komplexen Netzwerken KCL, KVL, Superposition, Äquivalente Schaltungen

(1) Kirchhoffsche Knotenregel (KCL).

Die Summe der Ströme, die zu einem Knoten hin- bzw. herausfließen, ist Null.

Formel (allgemein):

$$\sum_k I_k = 0.$$

Anwendungshinweis.

- Ströme I_k werden nach einer einheitlichen Vorzeichenkonvention gezählt (z. B. strömend aus dem Knoten).
- In komplexen Netzwerken mit komplexen Strömen bzw. Impedanzen gilt KCL analog mit komplexen Größen:

$$\sum_k I_k = 0 \quad \text{mit } I_k \in \mathbb{C}.$$

(2) Kirchhoffsche Maschenregel (KVL).

In jeder geschlossenen Schleife ist die Summe der Spannungen Null.

Formel (allgemein):

$$\sum_m V_m = 0.$$

Anwendungshinweis.

- Die Vorzeichen der Spannungen folgen der Schleifenrichtung.
- Auch hier gilt im Frequenzbereich bzw. mit Impedanzen analog:

$$\sum_m Z_m I_m = 0 \quad \text{für eine Schleife mit Impedanzen } Z_m.$$

(3) Superposition.

Bei linearen Netzwerken ist die Gesamtantwort die Summe der Antworten jeder einzelnen Quelle.

$$v = \sum_j v^{(j)}, \quad i = \sum_j i^{(j)}.$$

Vorgehen (Quellen-Überlagerung, linear):

- Alle unabhängigen Spannungsquellen deaktivieren: Kurzschließen.
- Alle unabhängigen Stromquellen deaktivieren: Öffnen.
- Netz nur mit der jeweiligen Quelle berechnen, Beitragswerte addieren.

Hinweis.

- Überlagerung gilt nur für lineare Bauteile (R, L, C) und lineare Quellen.
- Nicht direkt anwendbar bei nichtlinearen Bauteilen oder Quellen mit Begrenzung.

(4) Äquivalente Schaltungen (Thevenin/Norton).

Zweipolige Lasten lassen sich durch äquivalente Quellen ersetzen, sodass dieselbe Terminalspannung bzw. derselbe Terminalstrom entsteht.

Thevenin-Äquivalent: Zwei-terminalen Netz

$$V_{\text{th}}, \quad R_{\text{th}} \quad \text{mit} \quad V_L = V_{\text{th}} \frac{R_L}{R_{\text{th}} + R_L}.$$

Berechnung von Thevenin:

$$V_{\text{th}} = V_{\text{oc}} \quad (\text{Open-Circuit voltage})$$

$$R_{\text{th}} = \left. \frac{V}{I} \right|_{\text{Quelle(n) deaktiviert, Last entfernt}} = \frac{V_{\text{oc}}}{I_{\text{sc}}} \quad (\text{falls } I_{\text{sc}} \text{ bekannt})$$

Norton-Äquivalent:

$$I_N = I_{\text{sc}}, \quad R_N = R_{\text{th}}, \quad V_L = I_N R_L = I_{\text{sc}} R_L.$$

Zusammenhang Thevenin/Norton.

$$V_{\text{th}} = I_N R_{\text{th}}, \quad I_N = \frac{V_{\text{th}}}{R_{\text{th}}}.$$

Anwendungshinweis.

- Thevenin/Norton gelten auch in Netzwerken mit komplexen Impedanzen (AC), indem man Impedanzen statt Widerstände verwendet.
- Die Gleichung $V_L = V_{\text{th}} \frac{R_L}{R_{\text{th}} + R_L}$ bleibt analog.

Hinweise zur praktischen Anwendung im Kurs.

- Die Sätze gelten in passiven linearen Netzwerken und für lineare Zeit- bzw. Frequenzdarstellungen.
- Bei transienter Analyse finden KCL/KVL entsprechend der Zeitfunktion Anwendung.
- Für große Netzwerke helfen Ersatzschaltungen (Thevenin/Norton) beim Computing von Lastverhalten.