



MESSTECHNIK AI

Prof. Dr. László Juhász

innovativ & lebendig – Bildungsregion DonauWald

Fakultät Elektrotechnik, Medientechnik und Informatik- Vorlesung - Prof. Dr. László Juhász

Zur Person

Prof. Dr. László Juhász

geb. 1970

Lehrgebiet: Mess- und Regelungstechnik

Start: 1.9.2015

Material:

Ergänzendes Material wird hin- und wieder auf dem **iLearn** Plattform der THD verfügbar

iLearn.th-deg.de → Anmelden → [AI3 - Messtechnik](#)

Erreichbarkeit : THD, C-218, Sprechzeiten Donnerstag 9:45-10:45
Tel: 0991 / 3615-532
E-Mail: laszlo.juhasz@th-deg.de



Vorlesungsinhalte: Messtechnik

- 1. Einleitung**
- 2. Grundlagen**
- 3. Messung elektrischer Größen**
- 4. Komponenten**
- 5. Messung nicht-elektrischer Größen**

1. Einleitung: Vorlesungsinhalte

- 1.1 Organisatorisches**
- 1.2 Literaturhinweise**
- 1.3 Physikalische Größen, Einheiten und Vorsätze**

1. Einleitung:

1.2 Literatur zur Vorlesung:

1.2.1 Bücherauswahl

| Autor | Titel | Verlag |
|--------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------|
| W.-J. Becker, K. W. Bonfig, K. Höing | Handbuch Elektrische Messtechnik | Hüthig Verlag |
| K. Bergmann | Elektrische Messtechnik | Vieweg + Teubner |
| R. Felderhoff, U. Freyer | Elektrische und elektronische Messtechnik | Hanser Verlag |
| G. Heyne | Elektronische Messtechnik | Oldenbourg Verlag |
| R. Lerch | Elektrische Messtechnik | Springer Verlag |
| R. Lerch | Elektrische Messtechnik (Übungsbuch) | Springer Verlag |
| Th. Mühl | Einführung in die elektrische Messtechnik | Vieweg + Teubner |
| J. Niebuhr, G. Lindner | Physikalische Messtechnik mit Sensoren | Oldenbourg Verlag |
| R. Parthier | Messtechnik | Vieweg + Teubner |
| W. Pfeiffer | Elektrische Messtechnik | VDE Verlag |
| E. Schröder | Elektrische Messtechnik | Hanser Verlag |
| Wolf-Jürgen Becker, Walter Hofmann | Aufgabensammlung Elektrische Messtechnik | Vieweg+Teubner |
| N. Weichert, M. Wülker | Messtechnik und Messdatenerfassung | Oldenbourg Verlag |

1. Einleitung:

1.2 Literatur zur Vorlesung:

1.2.1 Bücherauswahl



Reinhard Lerch

Elektrische Messtechnik: Analoge, digitale und computergestützte Verfahren

Verlag: Springer; 2012

Sprache: Deutsch

ISBN-10: 3642226086

ISBN-13: 978-3642226083

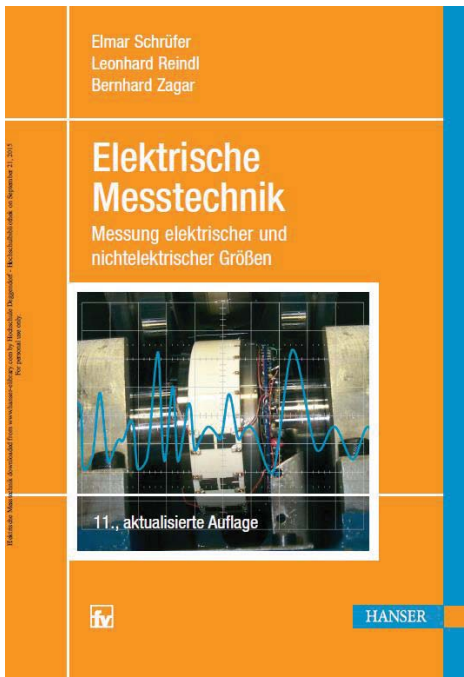
Über das Bibliothek der THD herunterladbar!*

*Funktioniert nur aus der Hochschulnetz oder durch VPN

1. Einleitung:

1.2 Literatur zur Vorlesung:

1.2.1 Bücherauswahl



Elmar Schröder, Leonhard M. Reindl, Bernhard Zagar

Elektrische Messtechnik: Messung elektrischer und nichtelektrischer Größen

Verlag: Carl Hanser Verlag GmbH, 2014

Sprache: Deutsch

ISBN-10: 3446442081

ISBN-13: 978-3446442085

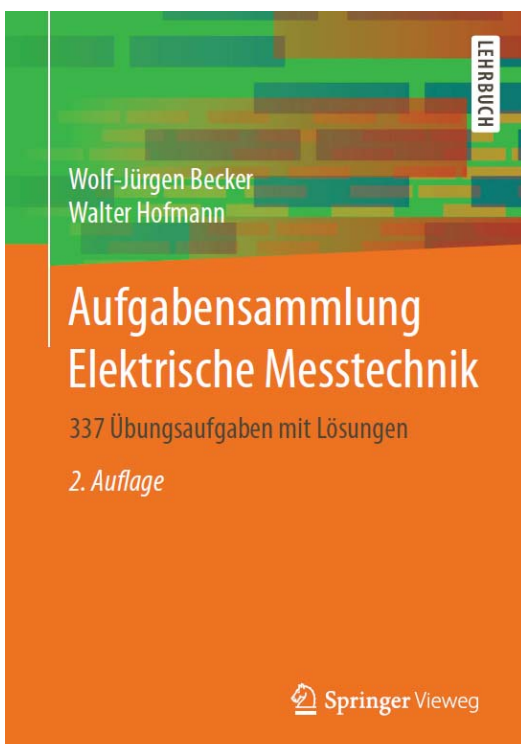
Über das Bibliothek der THD herunterladbar!*

*Funktioniert nur aus der Hochschulnetz oder durch VPN

1. Einleitung:

1.2 Literatur zur Vorlesung:

1.2.1 Bücherauswahl



Wolf-Jürgen Becker, Walter Hofmann

Aufgabensammlung Elektrische Messtechnik: 337 Übungsaufgaben mit Lösungen

Verlag: Vieweg+Teubner Verlag, 2014

Sprache: Deutsch

ISBN: 978-3-658-05155-6 (Print)

978-3-658-05156-3 (Online)

Über das Bibliothek der THD herunterladbar!*

*Funktioniert nur aus der Hochschulnetz oder durch VPN

1. Einleitung:

1.2 Literatur zur Vorlesung:

1.2.1 Bücherauswahl



*Reinhard Lerch, Manfred Kaltenbacher,
Franz Lindinger, Alexander Sutor*

Elektrische Messtechnik: Übungsbuch

Verlag: Springer; Auflage: 2. Aufl. (27.
September 2004)

Sprache: Deutsch

ISBN-10: 3540218831

ISBN-13: 978-3540218838

**Auch als E-Book (PDF ohne DRM
Kopierschutz) verfügbar**

<http://www.springer.com/de/book/9783540264378>

1. Einleitung:

1.2 Literatur zur Vorlesung:

1.2.2 Normen (IEC 60617, Auszug)

| | | | |
|--|-------------------------|--|---------------------------------|
| | Ideale Stromquelle | | Voltmeter |
| | Ideale Spannungsquelle | | Amperemeter (für Blindstrom) |
| | Spannungswandler, allg. | | Veränderbarer Widerstand |
| | Diode | | Induktivität |

1. Einleitung:

1.2 Literatur zur Vorlesung:

1.2.1a Motivation

Der Begriff des Messens

Voraussetzungen

- Existenz eines Zahlensystems
- Definition einer Messgröße
- Festlegung der Einheit

Elektrische Messtechnik

- Rein elektrische Größen
- Nicht-elektrische Größen

Teilaufgaben

- Gewinnung des Messsignals
- Verarbeitung und Übertragung des Messsignals
- Darstellung, Dokumentation und Speicherung der Messwerte

1. Einleitung:

1.2 Literatur zur Vorlesung:

1.2.1a Motivation

Ziele beim Messen

- Sicherstellen der Genauigkeit (Kalibrierung)
- Verrechnung (Energie, Masse, Stückzahl)
- Prüfung
- Qualitätssicherung (z.B. Materialprüfung)
- Regelung
- Optimierung
- Überwachung (z.B. Schadensfrüherkennung)
- Meldung / Abschaltung (Schutzsystem)
- Mustererkennung (Gestalt, Oberfläche, Geräusch)

1. Einleitung:

1.2 Literatur zur Vorlesung:

1.2.1b Begriffe

Maßsystemen, Einheiten, Naturkonstanten

Physikalische Größe = Zahlenwert · Einheit

Man ist bestrebt, die Einheiten durch unvergängliche atomare Größen zu definieren, die an jedem Ort und zu jeder Zeit mit hoher Genauigkeit bestimmt werden können.

| Naturkonstante | Zeichen | Zahlenwert | Einheit |
|--------------------------------|-----------------|-------------------------|--------------------------------|
| Elektrische Elementarladung | e_0 | $1,6022 \cdot 10^{-19}$ | As |
| Elektrische Feldkonstante | ε_0 | $8,8542 \cdot 10^{-12}$ | $\text{AsV}^{-1}\text{m}^{-1}$ |
| Lichtgeschwindigkeit im Vakuum | c_0 | 299 792 458 | ms^{-1} |
| Magnetische Feldkonstante | μ_0 | $1,2566 \cdot 10^{-6}$ | $\text{VsA}^{-1}\text{m}^{-1}$ |
| Masse des Elektrons | m_0 | $9,1095 \cdot 10^{-31}$ | kg |
| Plancksches Wirkungsquantum | h | $6,6262 \cdot 10^{-34}$ | Js |

1. Einleitung:

1.2 Literatur zur Vorlesung:

1.2.1b Begriffe

- **Messen** ist der experimentelle Vorgang, durch den ein spezieller Wert (**Messwert**) einer physikalischen Größe (**Messgröße**) als Vielfaches (**Maßzahl**) einer Einheit oder eines Bezugswertes ermittelt wird.
- **Messprinzip** heißt die physikalische Erscheinung, die bei der Messung benutzt wird.
- Ein **Messgerät** liefert Messwerte und deren Verknüpfungen.
- Als **Hilfsgeräte** werden Komponenten bezeichnet, die nicht unmittelbar der Aufnahme, Umformung oder der Ausgabe von Messwerten dienen.
- Eine **Messeinrichtung** besteht aus einem oder mehreren zusammenhängenden Messgeräten mit den Zusatzeinrichtungen, die ein Ganzes bilden.
- **Messsignale** stellen Messgrößen im Signalflussweg der Messeinrichtung durch zugeordnete physikalische Größen dar.
- Das **Messergebnis** ist ein Wert, der i.Allg. aus mehreren Messwerten einer physikalischen Größe ermittelt wird. Ein einzelner Messwert kann auch das Ergebnis sein.

1. Einleitung:

1.3 Physikalische Größen, Einheiten u. Vorsätze:

1.3.1 Basisgrößen

| Größe | Formelzeichen | Basis-einheit | Abk. d. Einheit | Definition der Basiseinheit |
|-------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Zeit | t | Sekunde | s | Vielfaches der Periodendauer eines atomaren Übergangs |
| Masse | m | Kilogramm | kg | Masse eines Eichkörpers |
| Länge | l | Meter | m | Streckenlänge, die Licht in def. Zeit zurücklegt |
| Temperatur | T | Kelvin | K | Bruchteil der Wassertemperatur am Tripelpunkt |
| Stromstärke | I | Ampere | A | Stromstärke, die zwischen 2 Leitern def. Kraft erzeugt |
| Lichtstärke | I_L | Candela | cd | Lichtstärke einer Strahlungsquelle mit def. Frequenz und Strahlstärke |
| Stoffmenge | n | Mol | mol | Stoffmenge wie Atomanzahl in def. Masse vom ^{12}C |

1. Einleitung:

1.3 Physikalische Größen, Einheiten u. Vorsätze:

1.3.2 Vorsätze > 1

| Faktor | Vorsatz | Vorsatzzeichen | Beispiele |
|-----------|---------|----------------|------------------------------------------------------------------------|
| 10^1 | Deka | da | |
| 10^2 | Hekto | h | Durchschnittlicher jährlicher Bierkonsum pro Kopf in Bayern = 1,554 hl |
| 10^3 | Kilo | k | Gesamtlänge der deutschen Autobahn = 12700 km |
| 10^6 | Mega | M | Nettoleistung Isar II = 1410 MW |
| 10^9 | Giga | G | durchschnittliche Energie eines Blitzes = 1,5 GJ |
| 10^{12} | Tera | T | Abstand Sonne – Saturn = 1,4 Tm |
| 10^{15} | Peta | P | Jährlicher Primärenergieverbrauch in Bayern = 1978 PJ |
| 10^{18} | Exa | E | Jährlicher Primärenergieverbrauch in Deutschland = 13,842 EJ |

1. Einleitung:

1.3 Physikalische Größen, Einheiten u. Vorsätze:

1.3.3 Vorsätze < 1

| Faktor | Vorsatz | Vorsatz- zeichen | Beispiele |
|------------|---------|---------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 10^{-1} | Dezi | d | Maximal zugelassene Breite und Tiefe von Fußballtorpfosten = 1,2 dm |
| 10^{-2} | Centi | c | Durchmesser der 1-€-Münze = 2,325 cm |
| 10^{-3} | Milli | m | Dicke der 1-€-Münze = 2,33 mm |
| 10^{-6} | Mikro | μ | Größe von Bakterien $\sim \mu\text{m}$ |
| 10^{-9} | Nano | n | typische Größe von organischen Molekülen = 20 nm |
| 10^{-12} | Piko | p | Kapazität von Kondensatoren $\sim \text{pF}$ |
| 10^{-15} | Femto | f | Pulsdauer von Hochleistungslaser = 100 fs |
| 10^{-18} | Atto | a | Dauer ultrakurzer Lichtpulse = 650 as |

1. Einleitung:

1.3 Physikalische Größen, Einheiten u. Vorsätze:

1.3.4 Abgeleitete Größen (Elektromagnetismus/ Auswahl)

| Größe | Formel- zeichen | Kohärente Einheiten | Basis- Einheiten | Bemerkungen |
|------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Ladung | q, Q | C | $\text{A} \cdot \text{s}$ | q : Ladung eines Ladungsträgers, Q : Gesamtladung |
| Spannung | u, U | $V = \frac{W}{A}$ | $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3 \cdot \text{A}}$ | u : t -abh. Spannung $u(t)$; U : Spannungswert |
| (Ohmscher) Widerstand | R | $\Omega = \frac{V}{A}$ | $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3 \cdot \text{A}^2}$ | |
| Arbeit, Energie | W | $J = V \cdot A \cdot s = W \cdot s$ | $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$ | 1 eV = 1,6022 $\cdot 10^{-19}$ J |
| Leistung | P | $W = V \cdot A = \frac{J}{s}$ | $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3}$ | |
| Elektrische Feldstärke | E | $\frac{N}{C} = \frac{V}{m}$ | $\frac{\text{kg}}{\text{A} \cdot \text{s}^3}$ | |
| Kapazität | C | $F = \frac{C}{V}$ | $\frac{\text{A}^2 \cdot \text{s}^4}{\text{m}^2 \cdot \text{kg}}$ | |
| Magnetische Feldstärke | B | $T = \frac{N \cdot s}{C \cdot m} = \frac{V \cdot s}{m^2}$ | $\frac{\text{kg}}{\text{A} \cdot \text{s}^2}$ | 1 G = 10^{-4} T |
| Magnetischer Fluss | Φ | $\text{Wb} = V \cdot s = T \cdot \text{m}^2$ | $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{A} \cdot \text{s}^4}$ | |
| Induktivität | L | $H = \frac{V \cdot s}{A} = \frac{\text{Wb}}{A}$ | $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{A}^2 \cdot \text{s}^4}$ | |

1. Einleitung:

1.3 Physikalische Größen, Einheiten u. Vorsätze:

1.3.5 Griechische Buchstaben

| Name | Buchstaben | Verwendung |
|---------|---------------------|------------------------------|
| Alpha | A, α | Winkel, Winkelbeschleunigung |
| Beta | B, β | Winkel |
| Gamma | Γ, γ | Winkel, Wichte |
| Delta | Δ, δ | Winkel |
| Epsilon | E, ε | Influenzkonstante, Dehnung |
| Zeta | Z, ζ | Widerstandsbeiwert |
| Eta | H, η | Wirkungsgrad |
| Theta | Θ, ϑ | Winkel |
| Jota | I, ι | |
| Kappa | K, κ | Adiabatexponent |
| Lambda | Λ, λ | Wellenlänge |
| My | M, μ | Induktionskonstante |

| Name | Buchstaben | Verwendung |
|---------|------------------|----------------------------|
| Ny | N, ν | Frequenz |
| Xi | Ξ, ξ | Schallauslenkung |
| Omikron | O, o | |
| Pi | Π, π | |
| Rho | P, ρ | Dichte |
| Sigma | Σ, σ | Stefan-Boltzmann-Konstante |
| Tau | T, τ | Zeit |
| Ypsilon | Y, υ | |
| Phi | Φ, φ | Winkel |
| Chi | X, χ | Suszeptibilität |
| Psi | Ψ, ψ | |
| Omega | Ω, ω | Kreisfrequenz |

Empfohlene Literatur für die Einleitung

| Autor | Titel | Verlag |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------|
| R. Lerch | Elektrische Messtechnik Kapitel 1 und 2 | Springer Verlag |
| E. Schrüfer L. Reindl B. Zagar | Elektrische Messtechnik Kapitel 1.1 und 1.2 | Hanser Verlag |

2. Grundlagen: Vorlesungsinhalte

- 2.1 Elektrotechnische Grundlagen
- 2.2 Grundstruktur von Messeinrichtungen
- 2.3 Genauigkeitskriterien
- 2.4 Übertragungsverhalten von Messgliedern
- 2.5 Messfehler und Messunsicherheiten

2. Grundlagen: 2.1 Elektrotechnische Grundlagen: 2.1.1 Wiederholung (Auswahl)

- **Knotensatz** (1. Kirchhoffsches Gesetz, Gesetz von der Stromsumme):

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0$$

- **Maschensatz** (2. Kirchhoffsches Gesetz, Gesetz von der Spannungssumme):

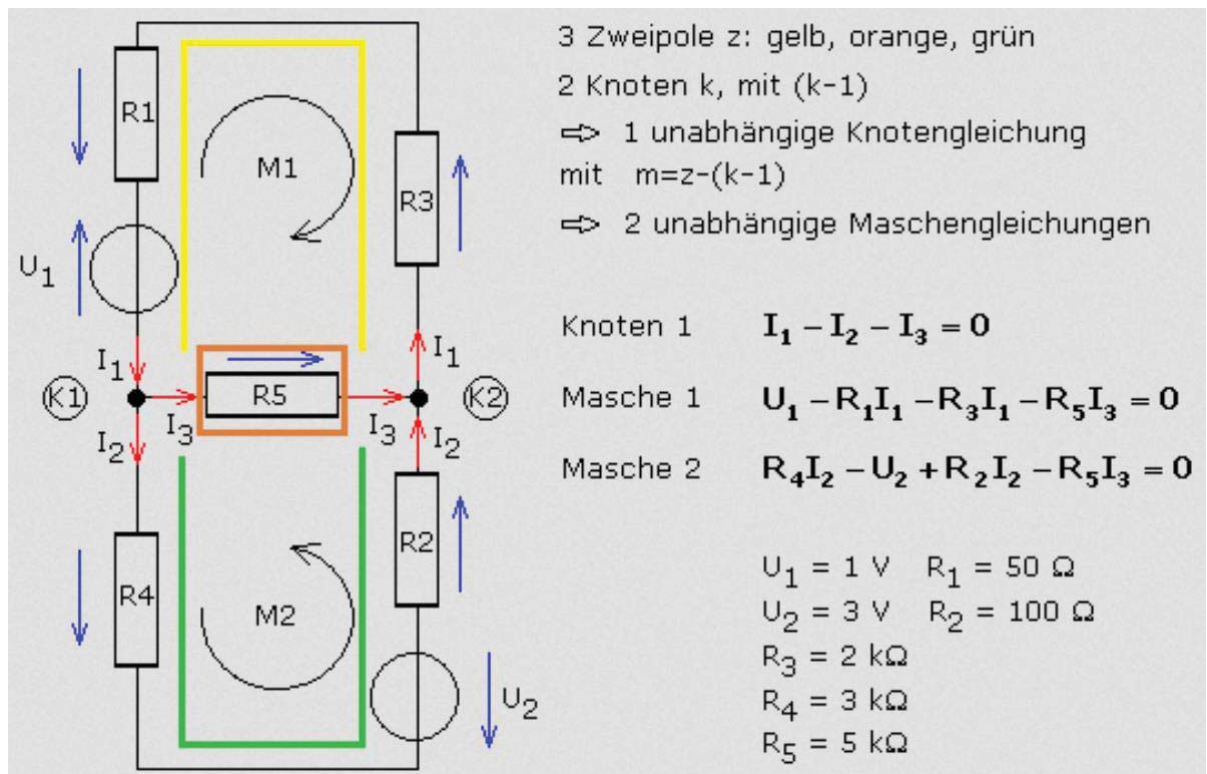
$$\sum_{i=1}^n U_i = 0$$

- **Zweigstromanalyse**
- **Überlagerungsverfahren** (Superpositionsverfahren)
- **Thévenin- und Norton-Äquivalent**

2. Grundlagen:

2.1 Elektrotechnische Grundlagen:

2.1.1 Wiederholung (Zweigstromanalyse)



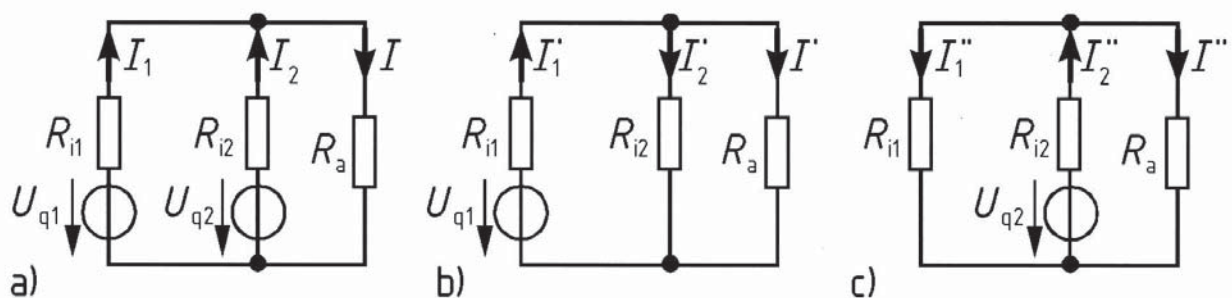
Quelle:

<http://elektroniktutor.oszkim.de/analogtechnik/netzwerk.html>

2. Grundlagen:

2.1 Elektrotechnische Grundlagen:

2.1.1 Wiederholung (Überlagerungsverfahren)



Überlagerungssatz / Anwendungsbeispiel

a) Schaltung, b) Teilschaltung 1, c) Teilschaltung 2

(aus: H. Frohne et al: Moeller Grundlagen der Elektrotechnik)

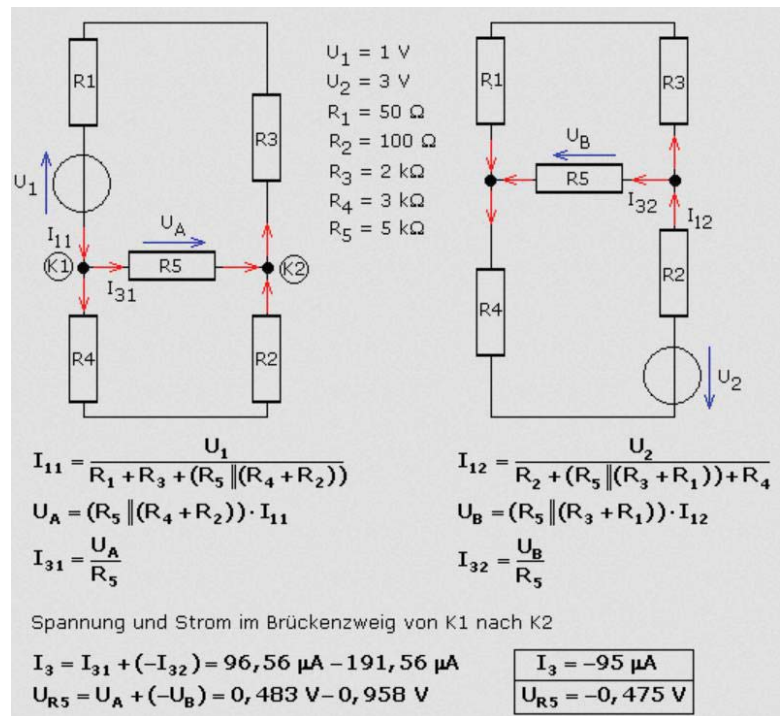
Siehe auch:

<http://elektroniktutor.oszkim.de/analogtechnik/netzwerk.html>

2. Grundlagen:

2.1 Elektrotechnische Grundlagen:

2.1.1 Wiederholung (Überlagerungsverfahren)



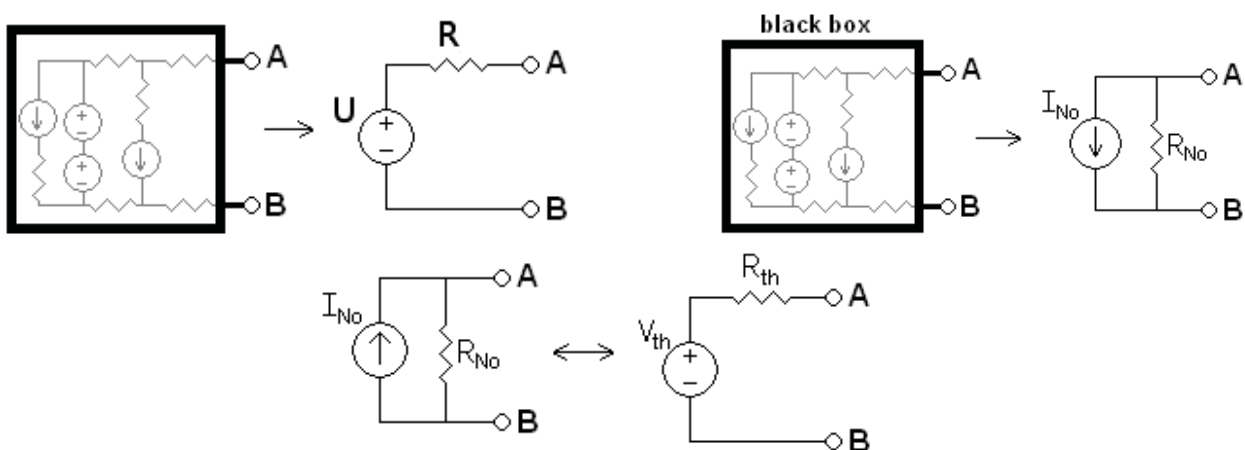
Quelle:

<http://elektroniktutor.oszkim.de/analogtechnik/netzwerk.html>

2. Grundlagen:

2.1 Elektrotechnische Grundlagen:

2.1.1 Wiederholung Thévenin-Äquivalent



Thévenin und Norton-Äquivalent

Siehe auch:

http://elektroniktutor.oszkim.de/analogtechnik/u_ersatz.html

http://elektroniktutor.oszkim.de/analogtechnik/i_ersatz.html