

ELEKTROTECHNISCHE GRUNDLAGEN

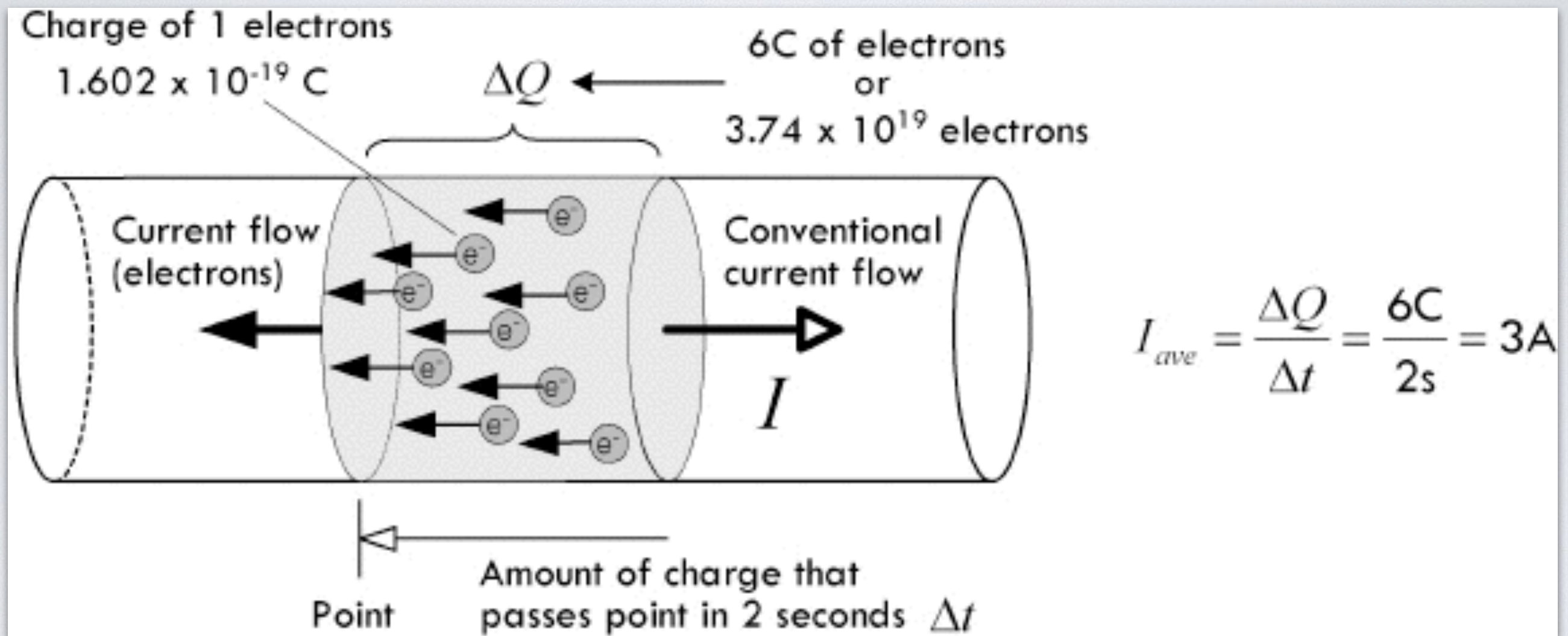
Inhalt heute

- Wiederholung elektrotechnischer Grundlagen
 - Strom, Spannung, Leistung
 - Bauelemente Widerstand, Kondensator, Diode, Transistor

Elektrischer Strom

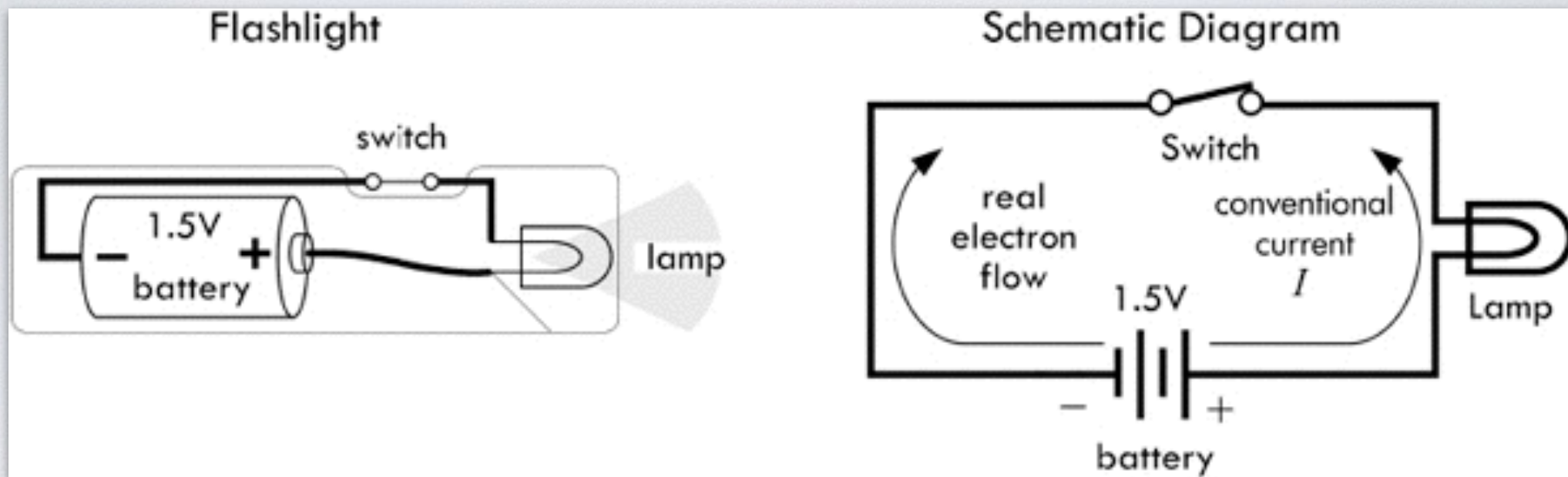
- Ladung eines Elektrons $-e = -1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- Ladung $Q = n e$
- Elektrischer Strom $I = dQ/dt$ (Ladung pro Zeit)
- Stationärer elektrischer Strom $I = Q/t$
- Einheit Ampere $A = C/s$

Elektrischer Strom: Beispiel



Quelle: P. Scherz (2013)

Elektrische Spannung

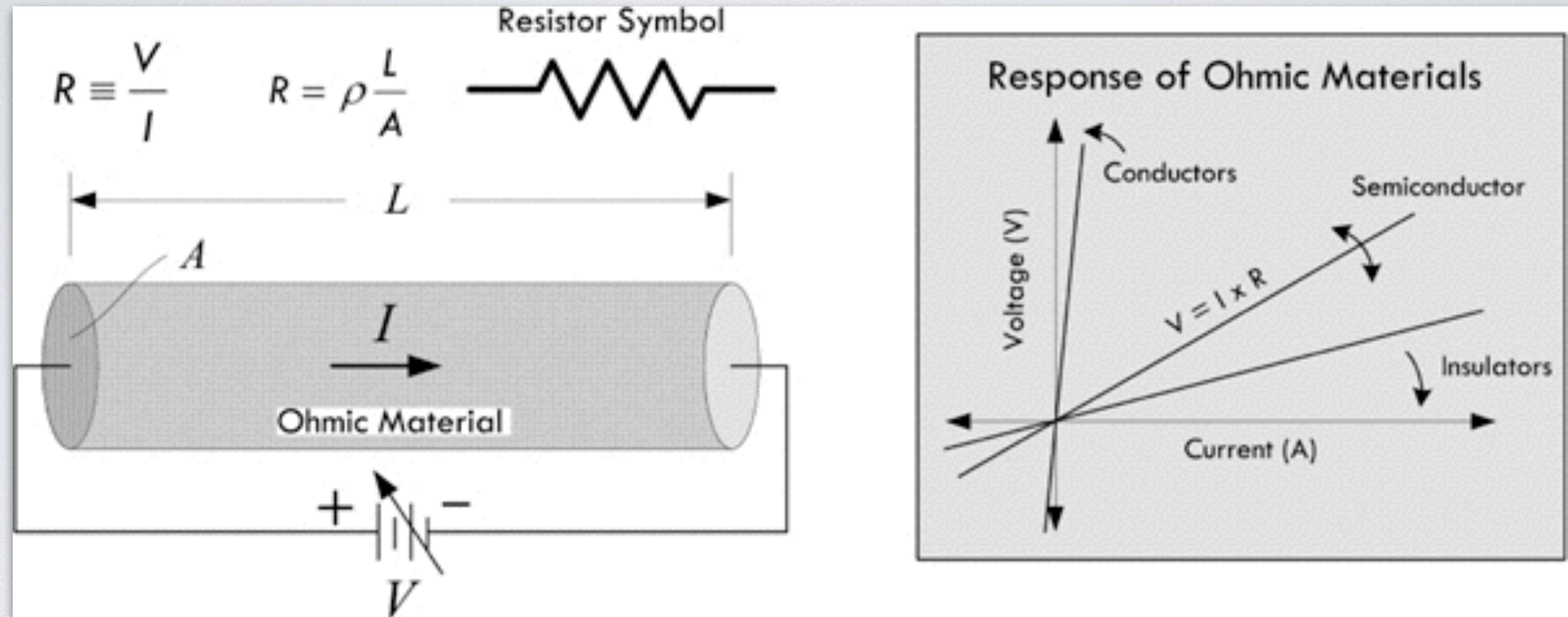


Quelle: P. Scherz (2013)

- Arbeit W_{ab} (zum Transport einer Ladung Q von a nach b)
- Elektrische Spannung $U_{ab} = W_{ab}/Q$
- Leistung $P = dW / dt = U dQ / dt = U I$
- Einheit der Spannung Volt: $V = J / C = W / A$

Achtung: in den folgenden Abbildungen ist V anstelle von U!

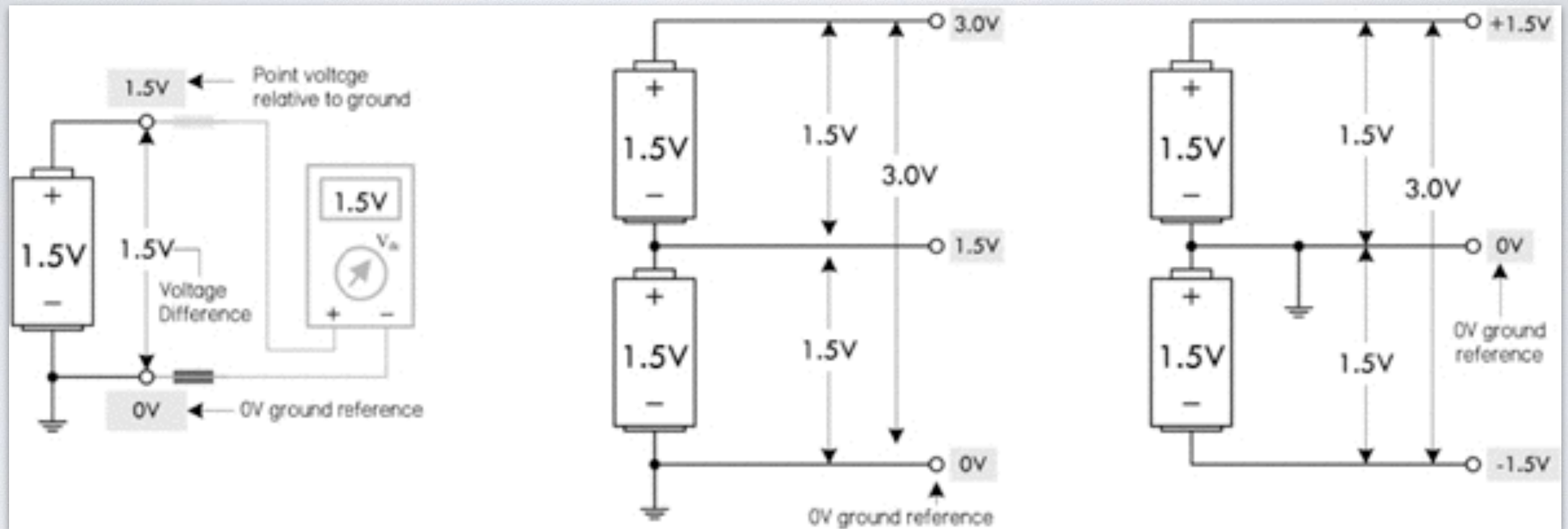
Elektrischer Widerstand und Ohmsches Gesetz



Quelle: P. Scherz (2013)

- Für ohmschen Widerstand $R = U / I$ (Ohmsches Gesetz)
- Einheit Widerstand Ω [Ohm] = V / A

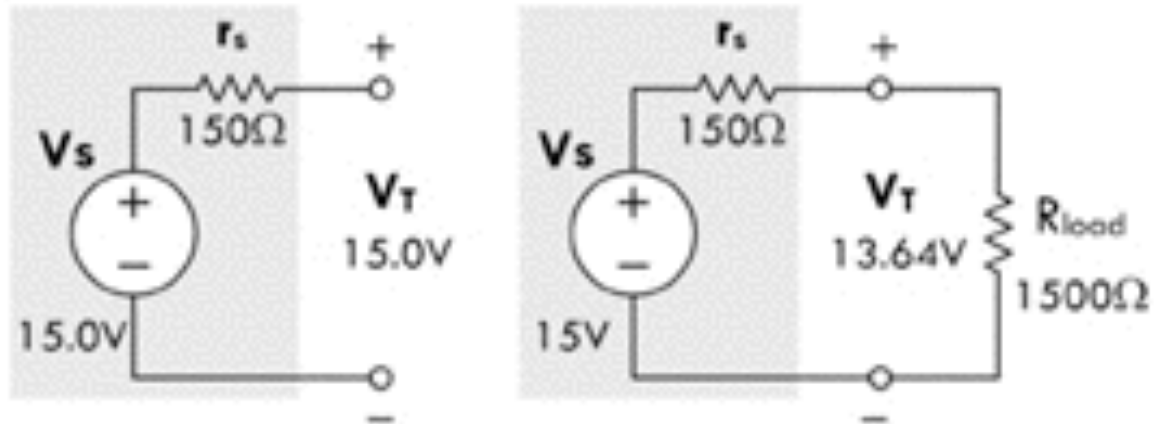
Stromquellen in Schaltung



Quelle: P. Scherz (2013)

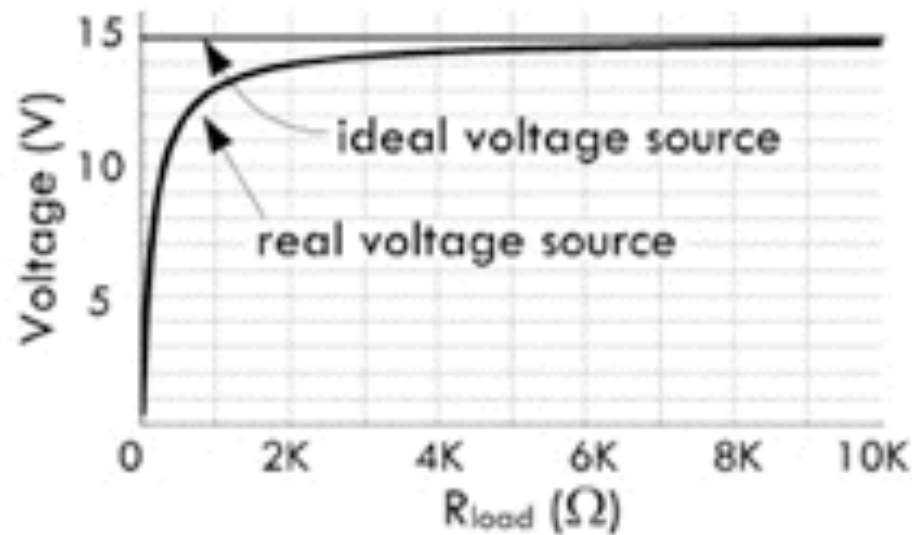
Stromquellen ideal/real

Voltage Source Terminal Voltage

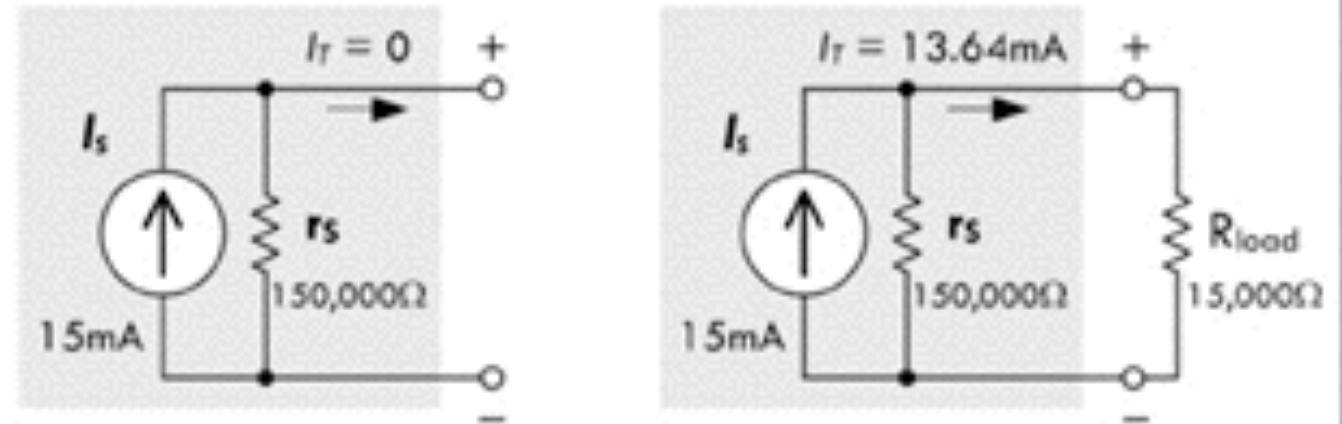


No Load

With Load

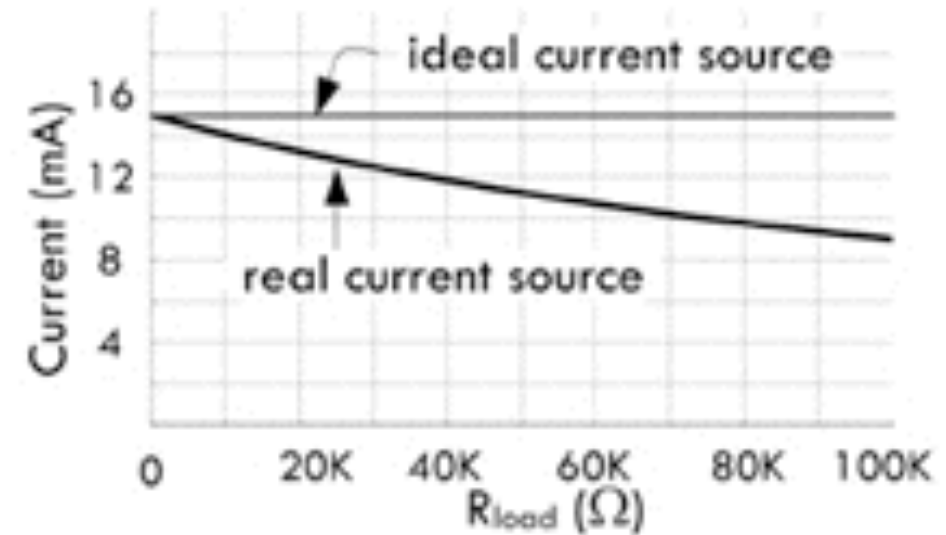


Current Source Terminal Current



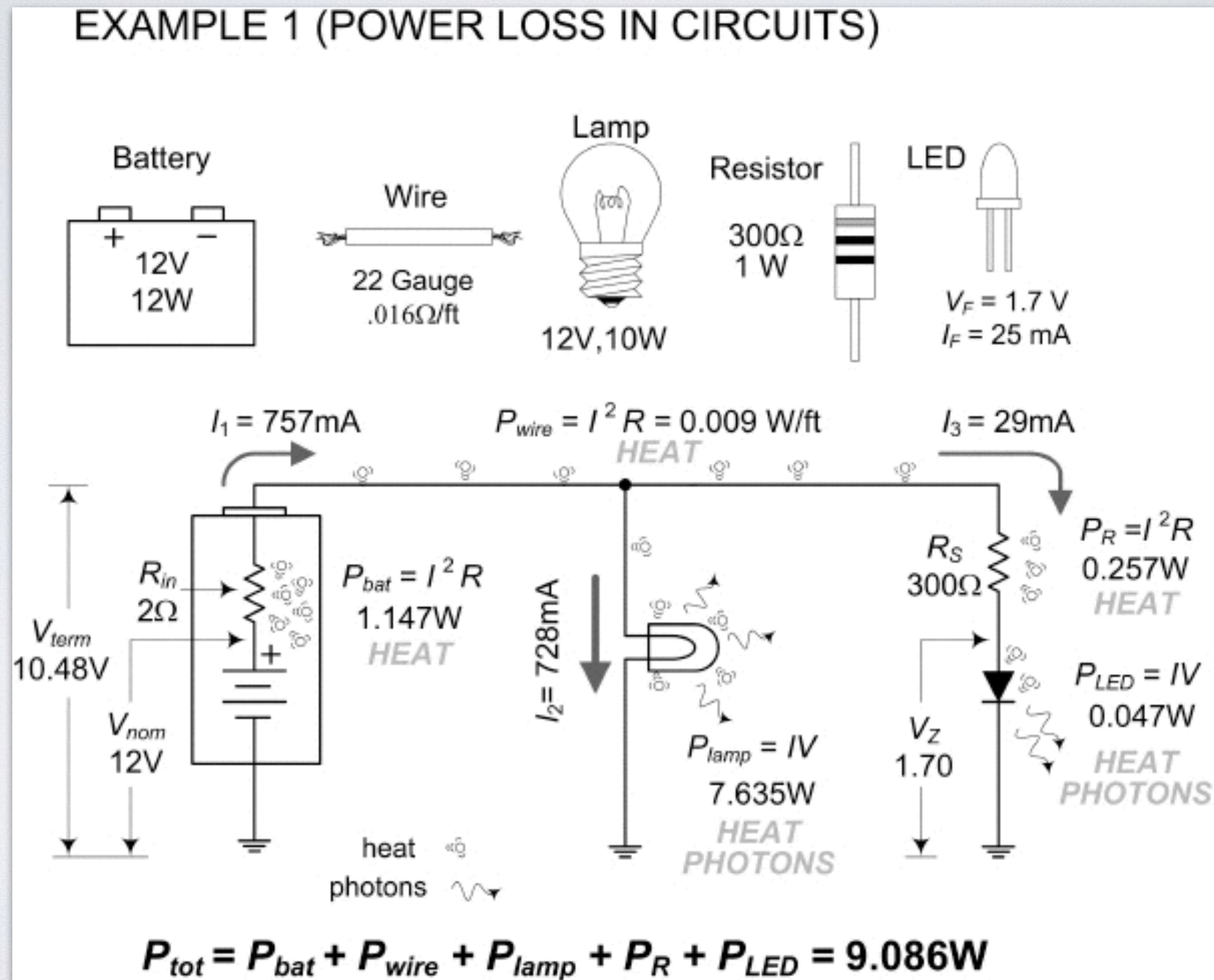
No Load

With Load



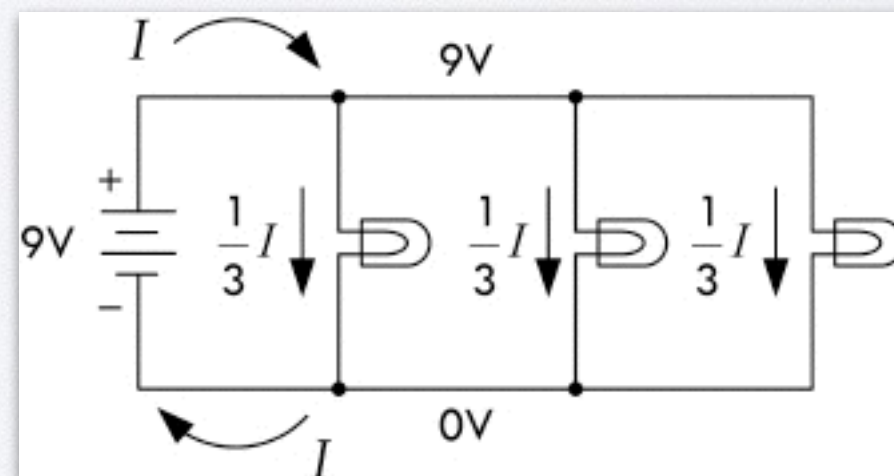
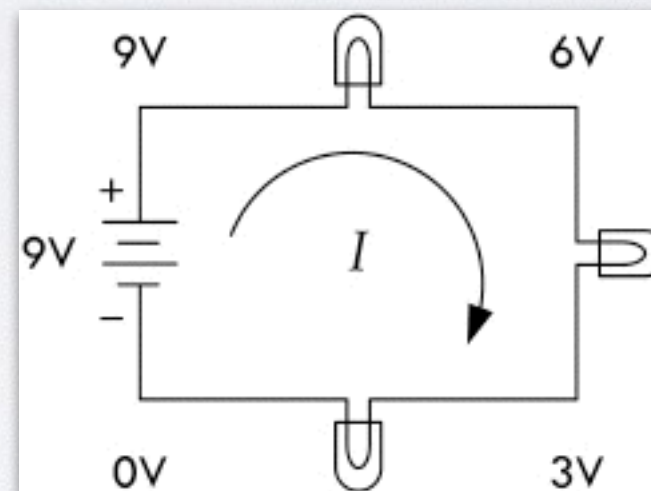
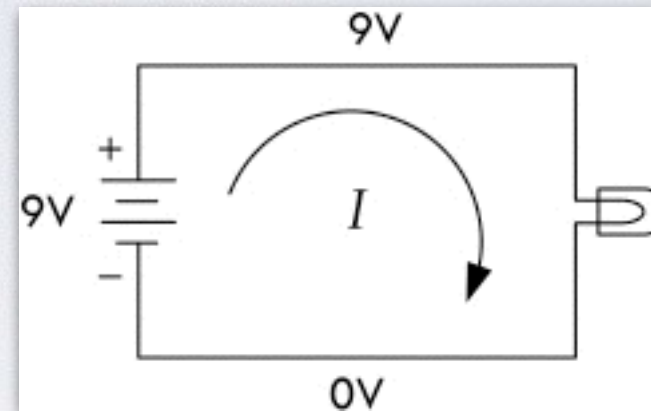
Quelle: P. Scherz (2013)

Energieverlust in Schaltungen



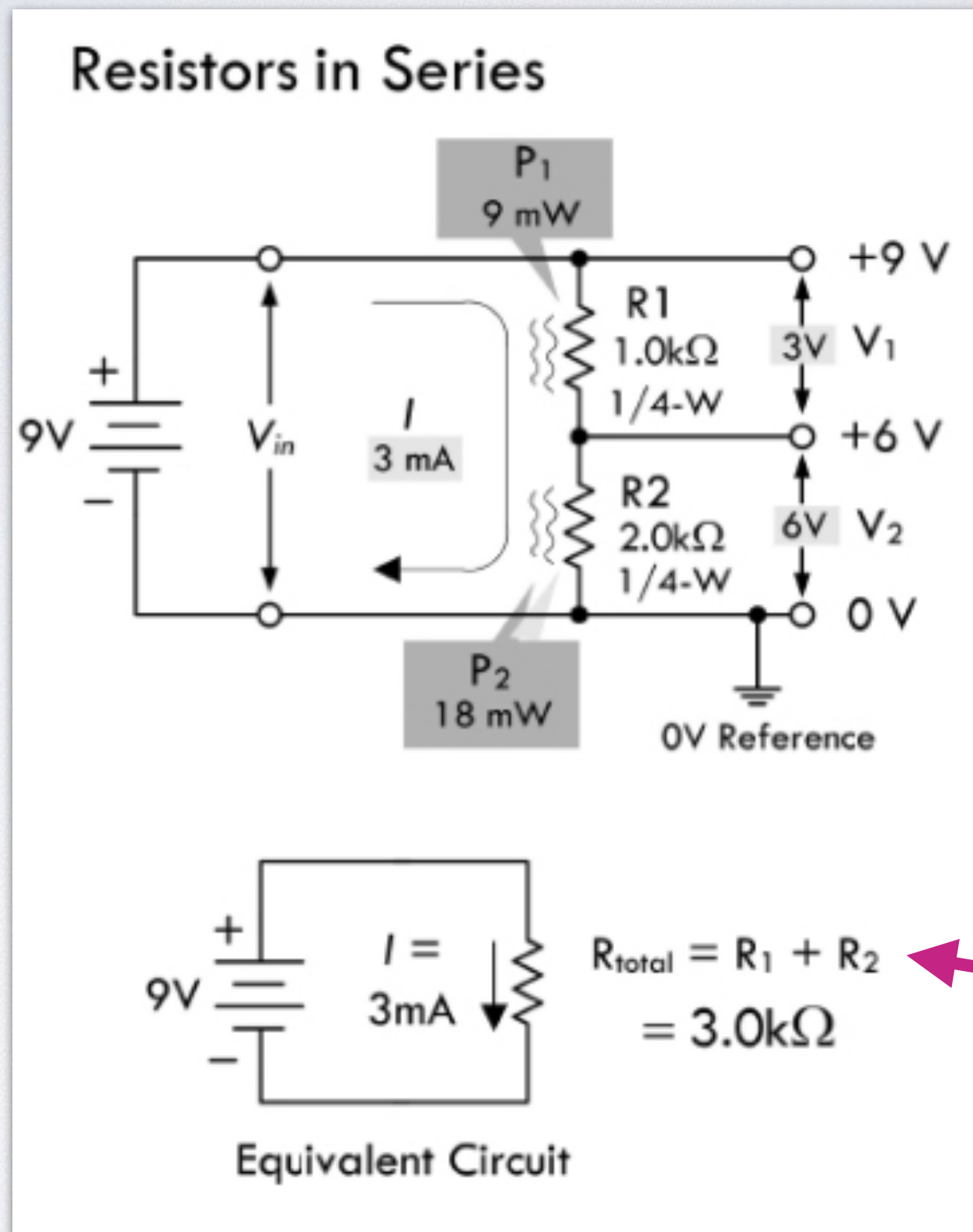
Elektrische Schaltungen

- Grundlegend
- Serienschaltung
- Parallelschaltung



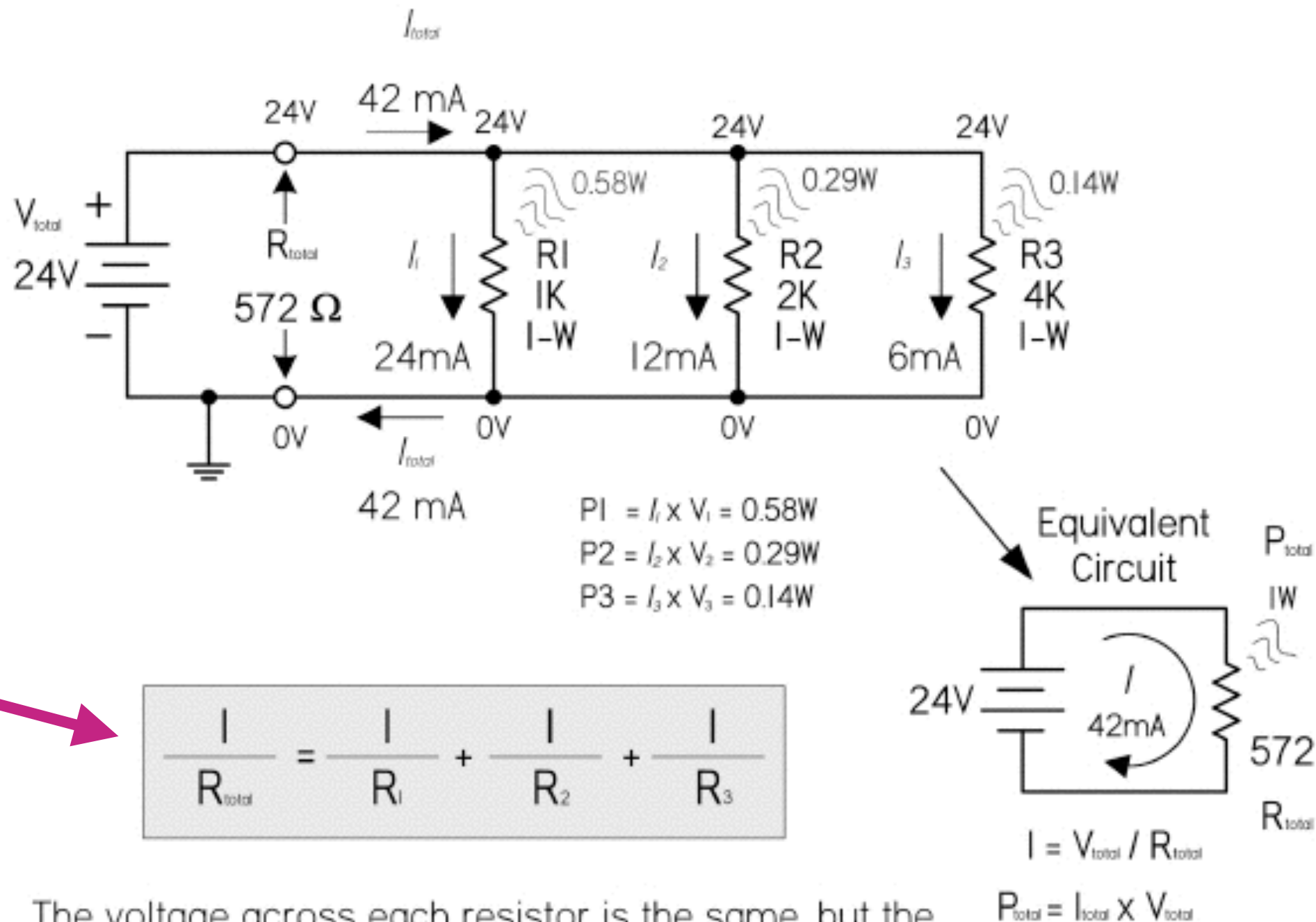
Quelle: P. Scherz (2013)

Widerstände: Serienschaltung



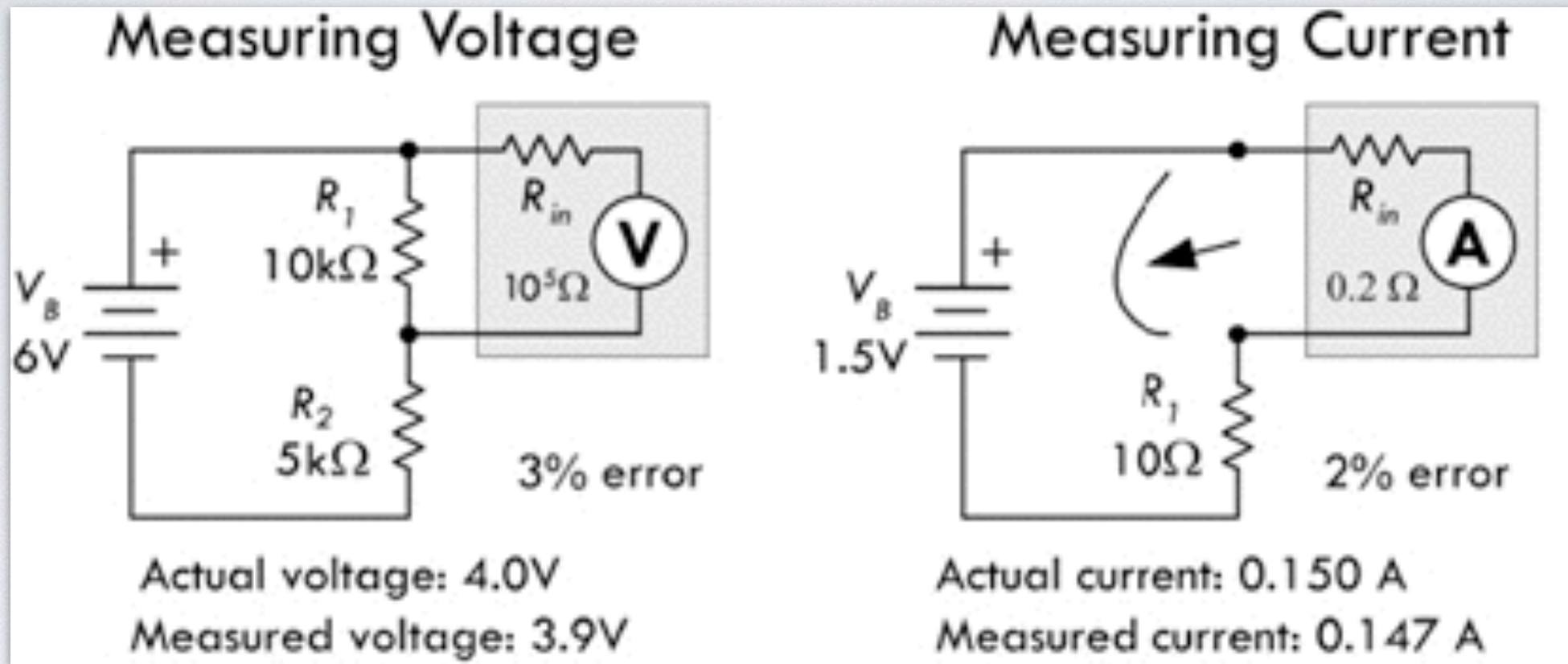
Widerstände seriell / parallel

Resistors in Parallel



The voltage across each resistor is the same, but the current through each resistor will vary with resistance.

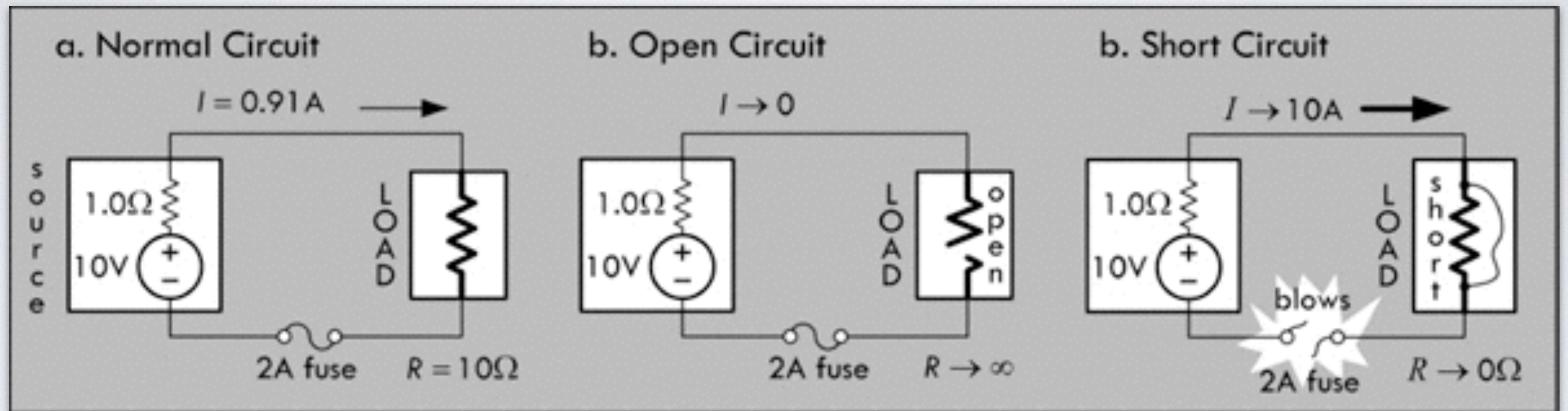
Messen von Spannung und Strom



Quelle: P. Scherz (2013)

- Für Spannung parallel
- Für Strom seriell

Kurzschluß

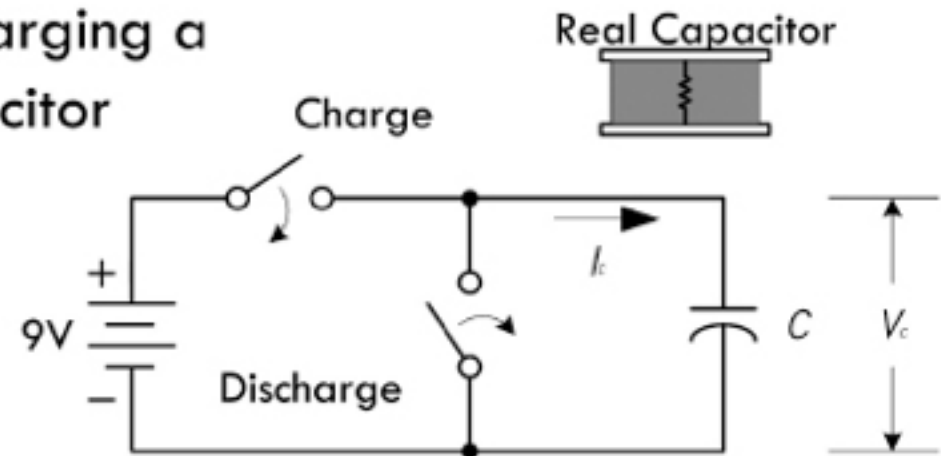


Quelle: P. Scherz (2013)

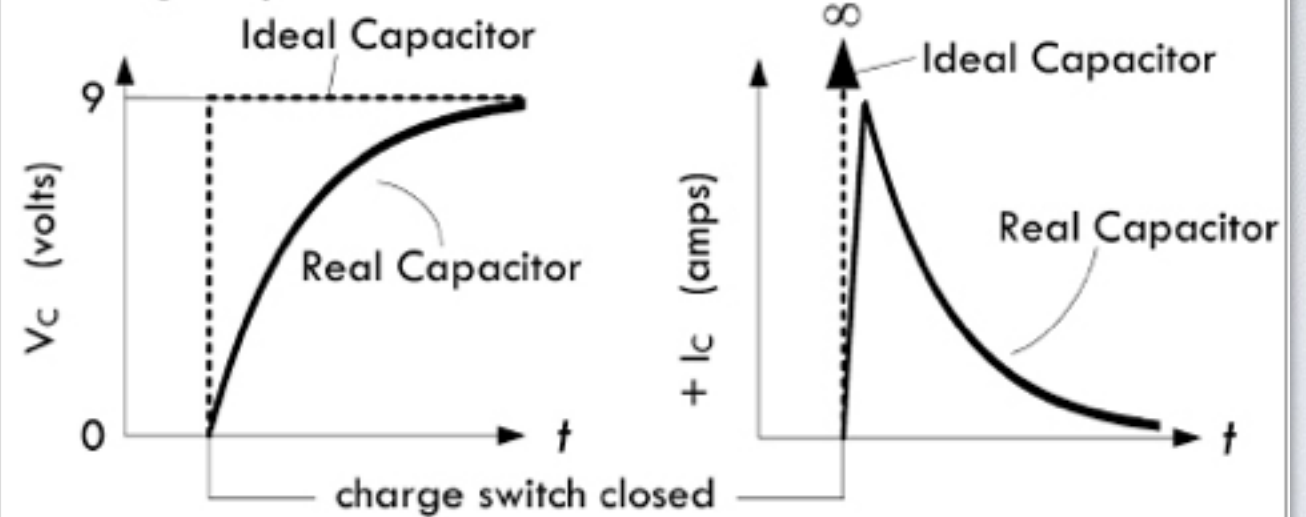
Kondensator

- Lädt und entlädt sich:
- Ladung $Q = C * U$
- Kapazität C
- Einheit Farad $F = C / V$

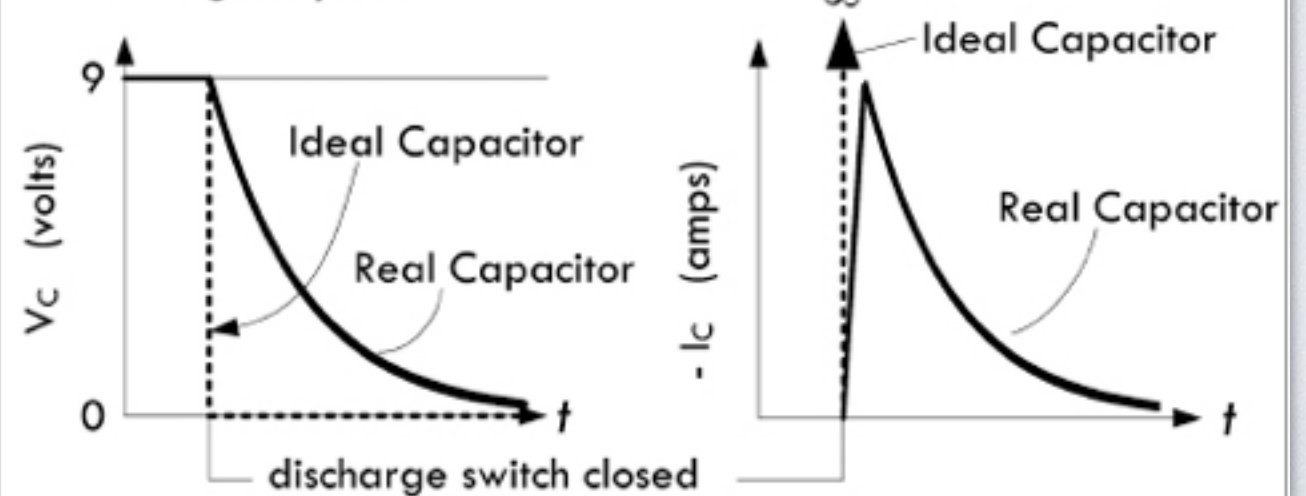
Charging and Discharging a Capacitor



Charge Cycle

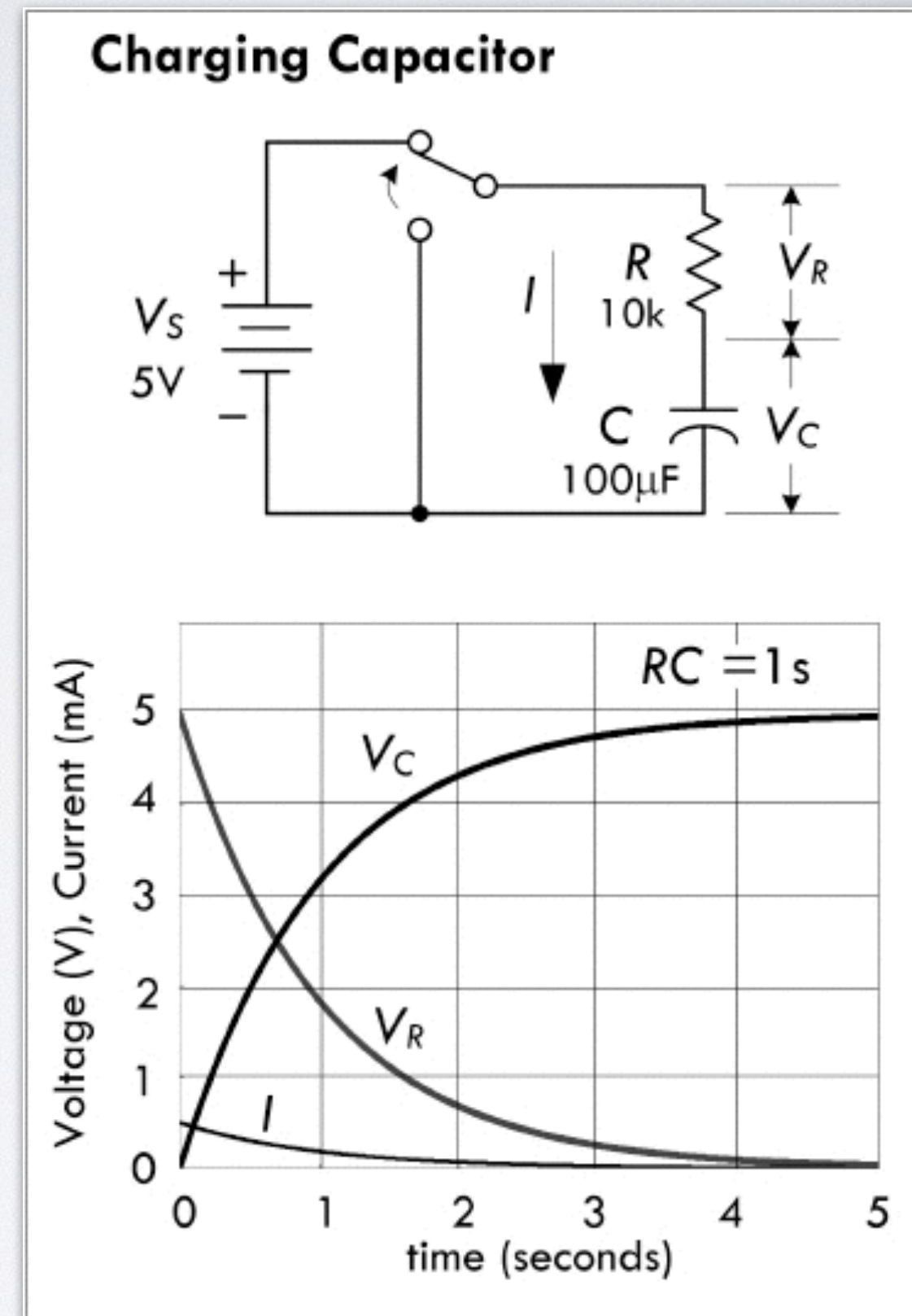


Discharge Cycle



Ladevorgang am Kondensator

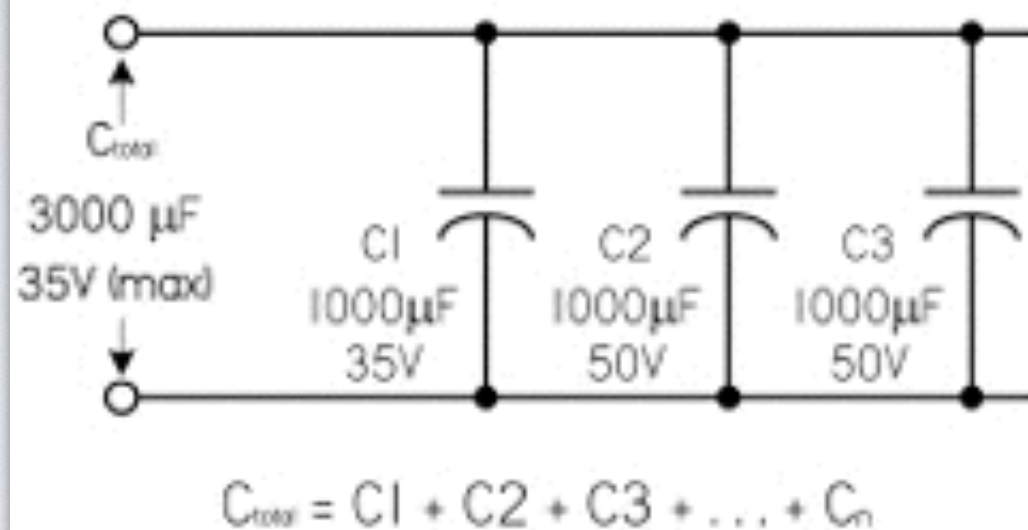
- Spannung am Widerstand:
 - $U_R(t) = U_0 e^{-t/RC}$
- Spannung am Kondensator:
 - $U_C(t) = U_0 (1 - e^{-t/RC})$
- Entladung entsprechend



Kondensatoren parallel / seriell

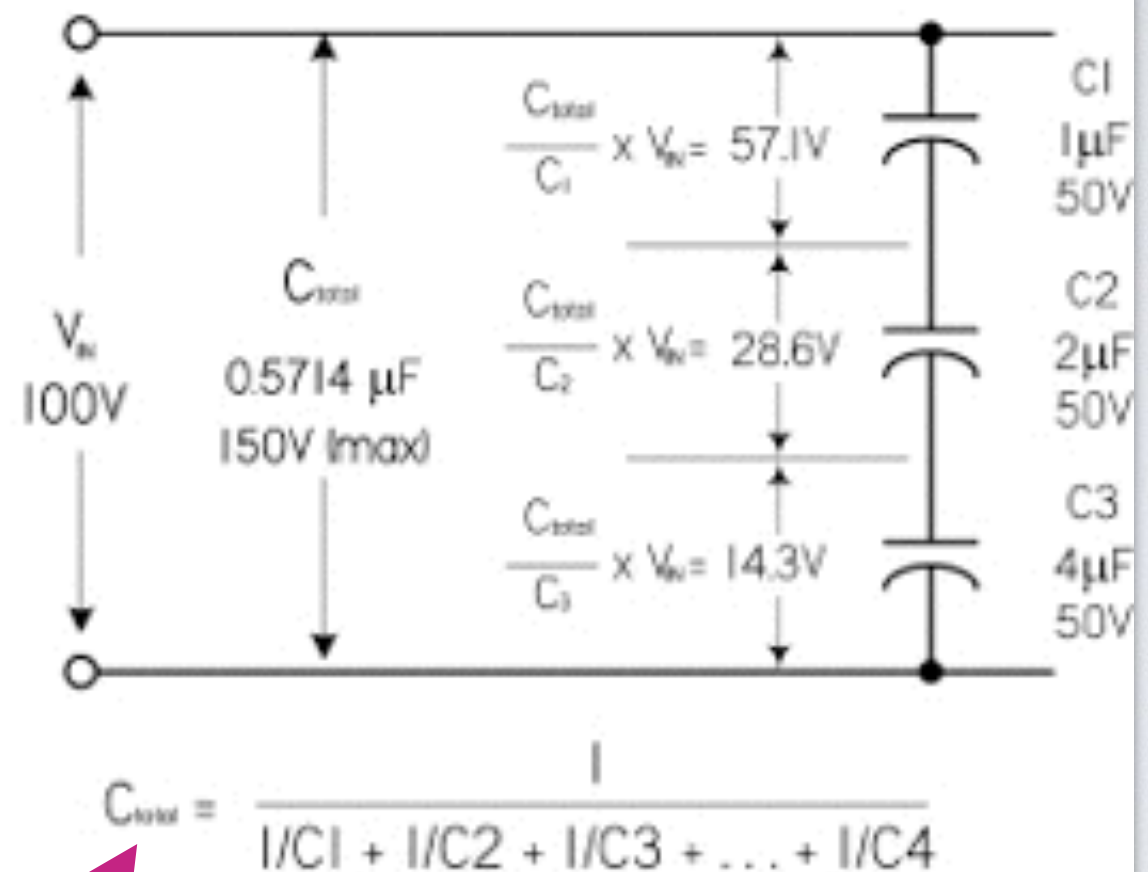
Capacitors In Parallel

Increases the total capacitance, but limits max. voltage rating to that of smallest rated capacitor.



Capacitors In Series

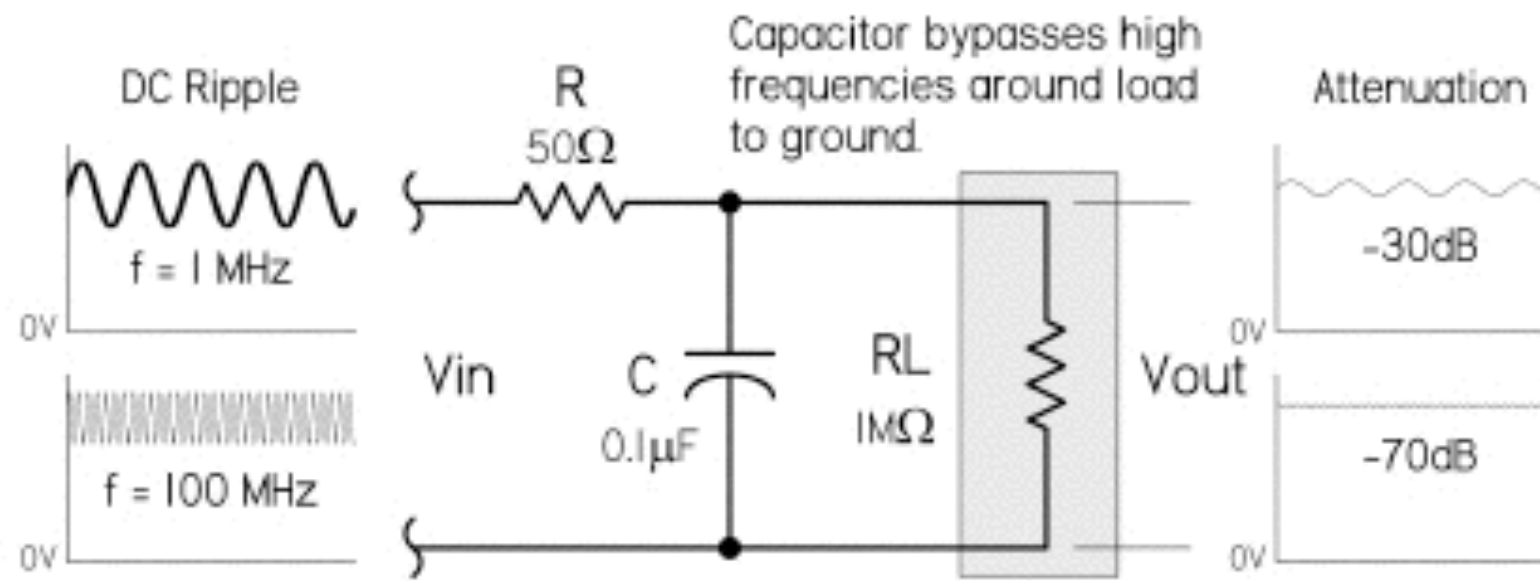
Increases max voltage rating, but decreases capacitance.



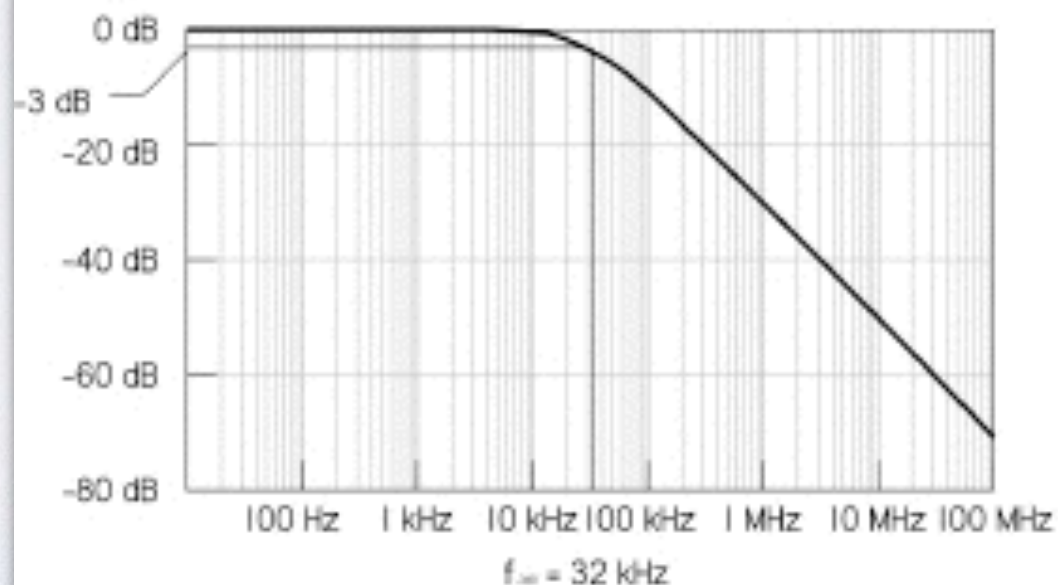
Quelle: P. Scherz (2013)

RC-Tiefpass

Bypassing (Low-Pass Filter)



Signal Attenuation vs. Frequency



Cutoff or -3dB frequency:

$$f_C = f_{-3dB} = \frac{1}{2\pi RC}$$

Attenuation :

$$A = \left| \frac{V_{out}}{V_{in}} \right| = \frac{1}{\sqrt{1 + (2\pi fRC)^2}}$$

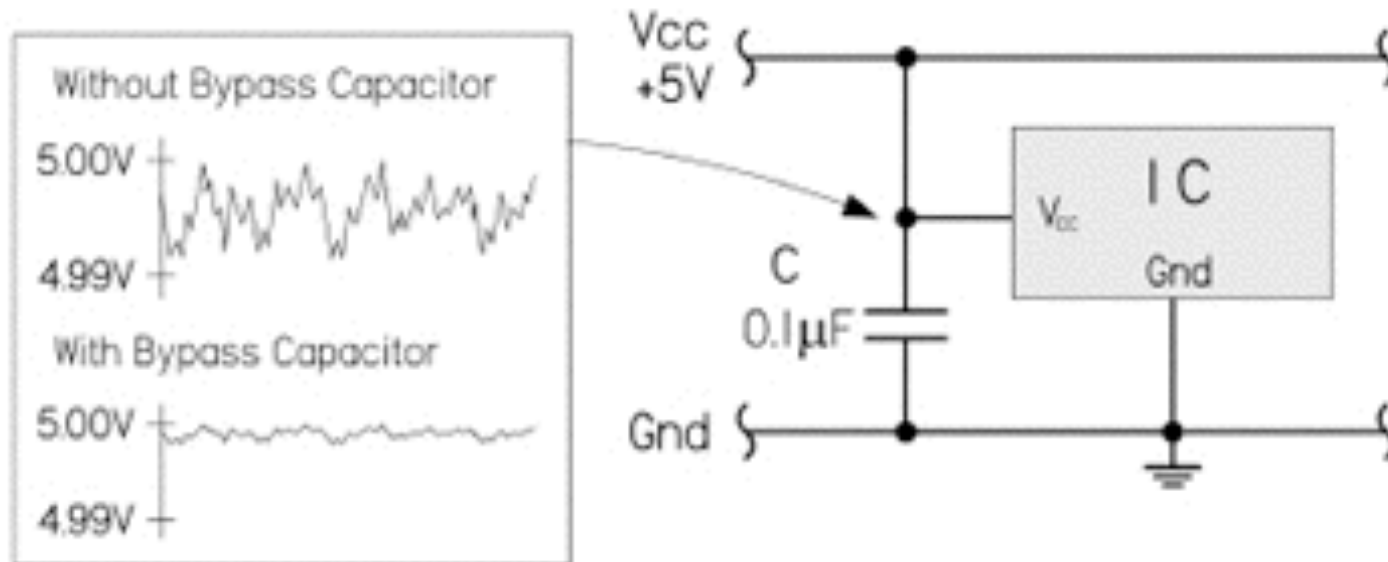
$$A_{dB} = 20 \log A \quad (\text{in decibels})$$

Phase shift:

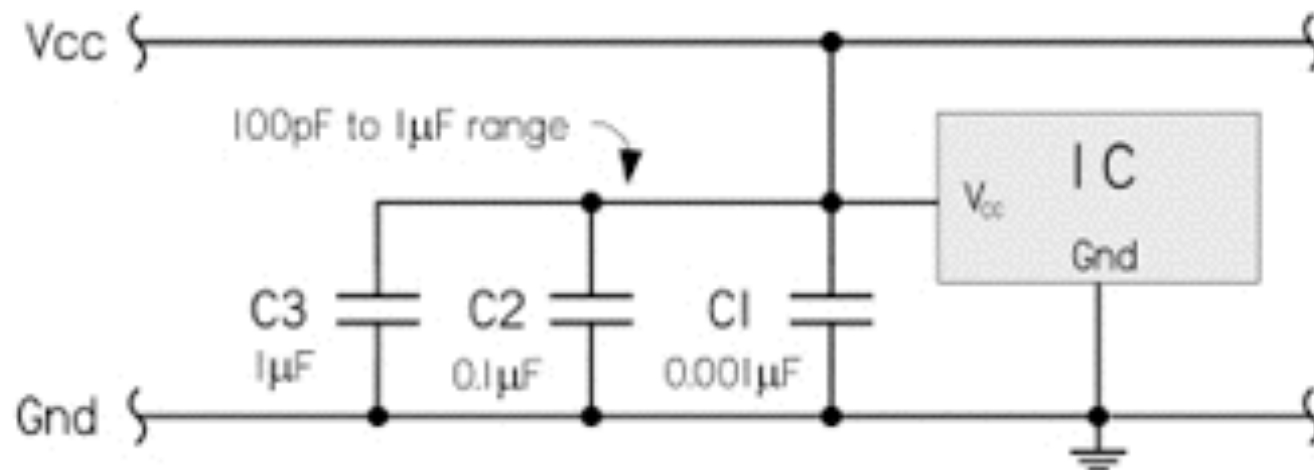
$$\phi = \tan^{-1}(1 / 2\pi fRC)$$

Tiefpass / Schaltungsschutz

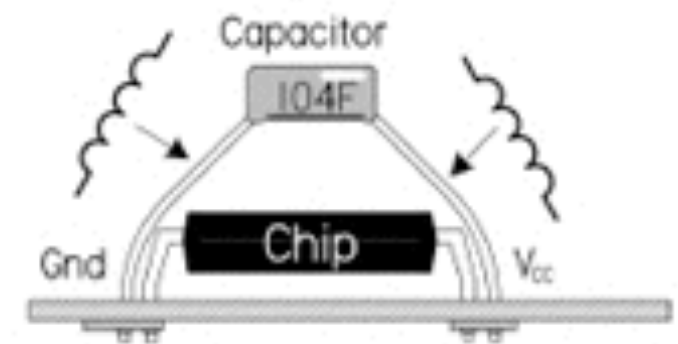
Bypassing Undesired Supply Ripple to Ground



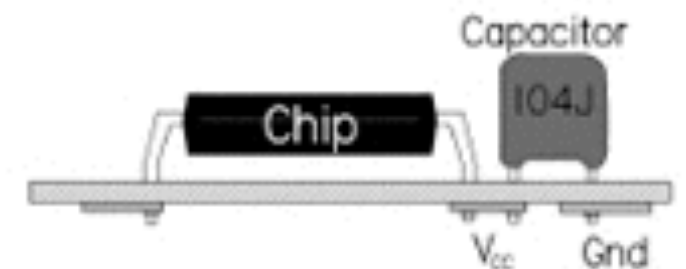
Multiple Bypass Capacitors for Complex Supply Ripple



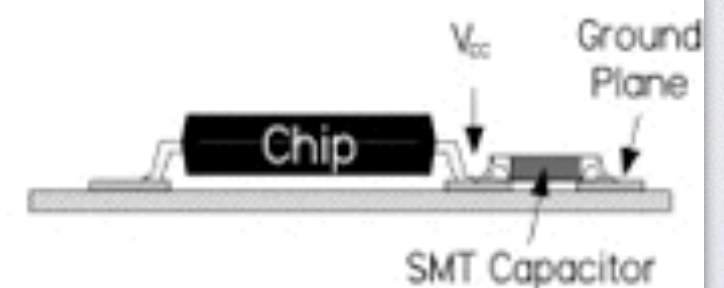
High lead inductance (bad)



Better to keep leads short



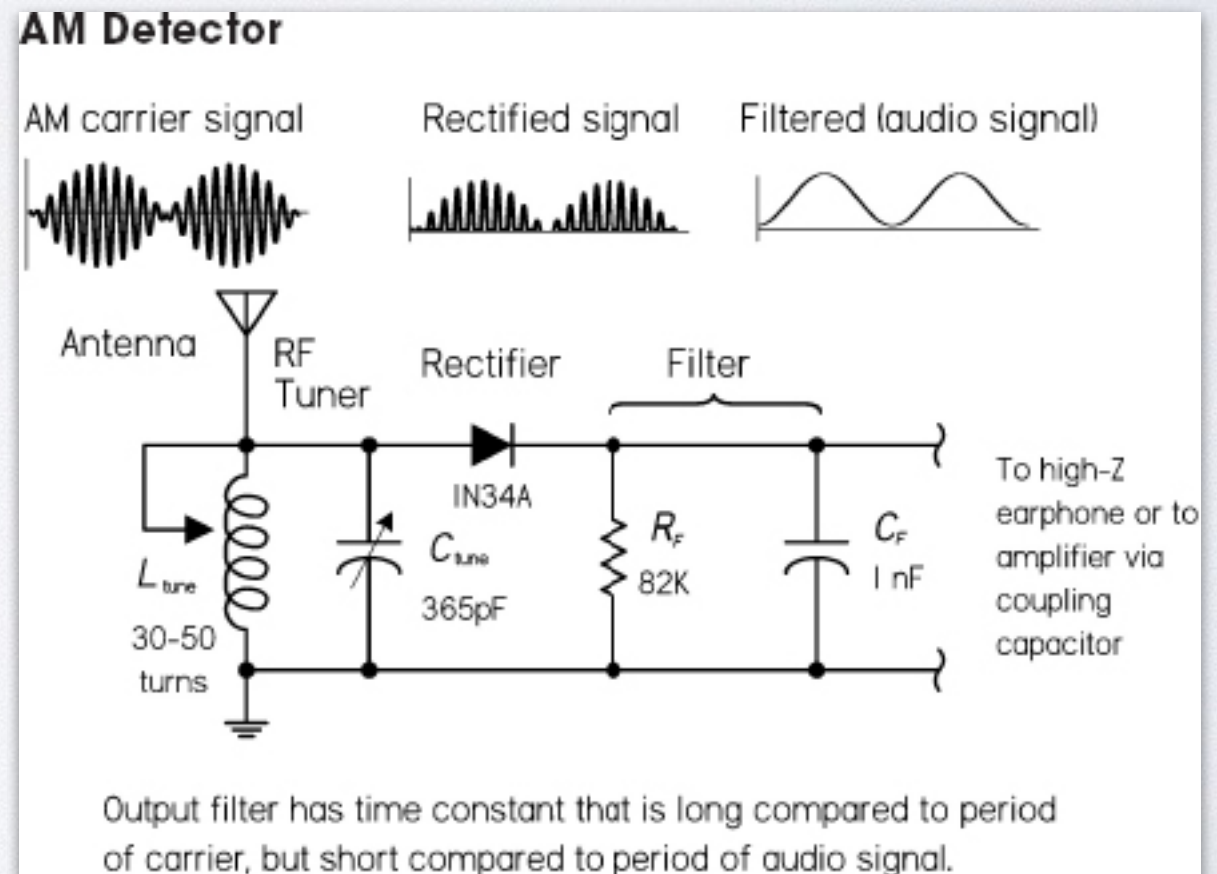
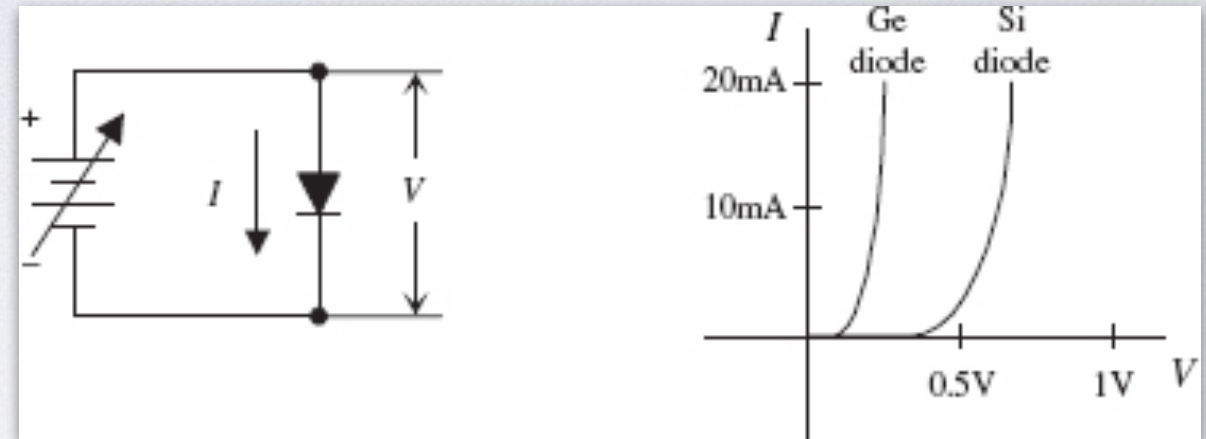
SMT capacitors are ideal



Quelle: P. Scherz (2013)

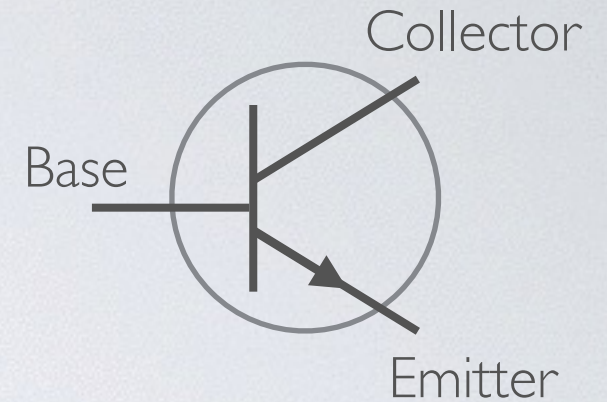
Diode

- Lässt Strom nur in einer Richtung durch:
 - von Anode zur Kathode
 - bei Mindestspannung
- LED = Light Emitting Diode

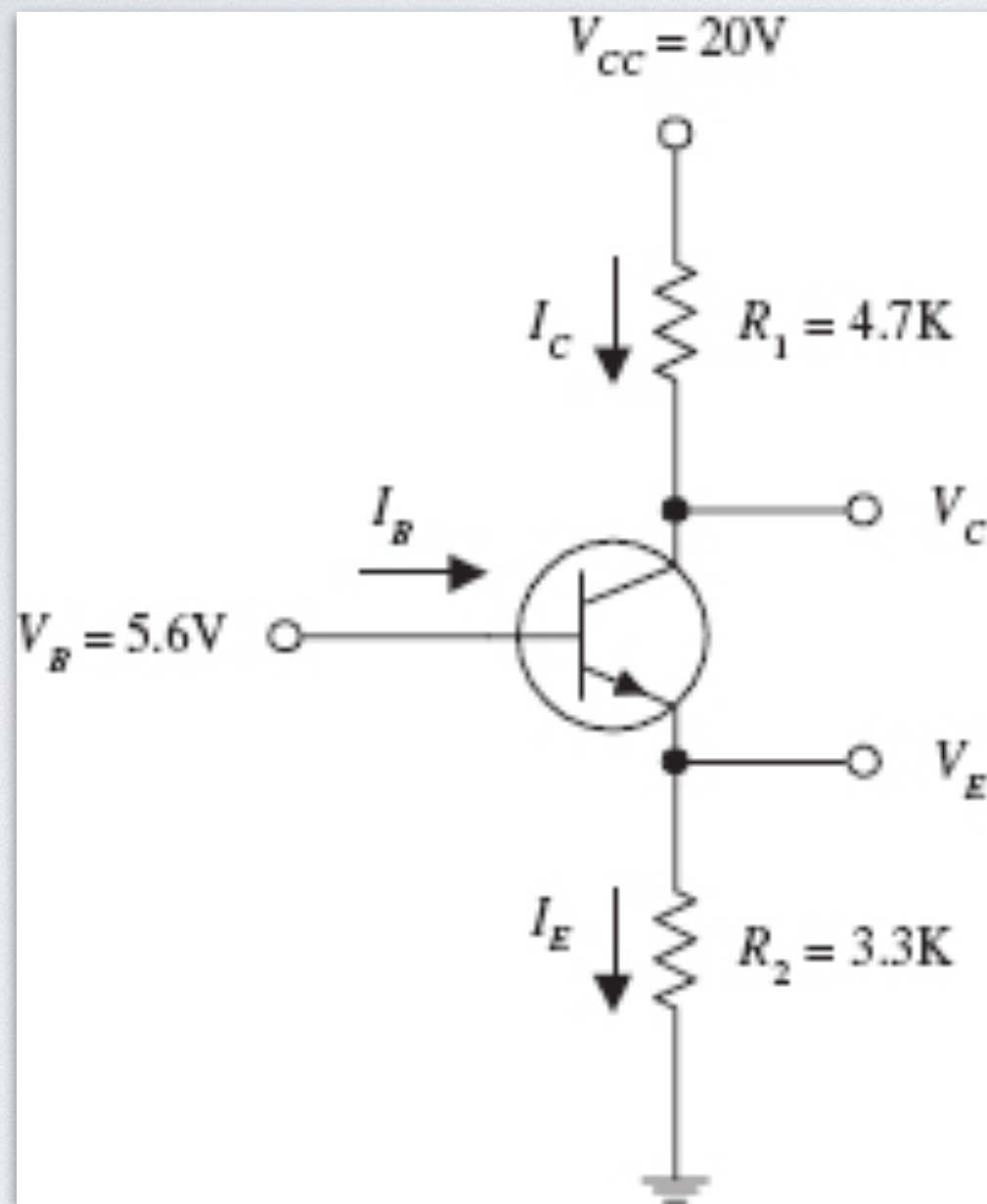


Transistor (npn)

- Halbleiter anwendbar als Schalter oder Verstärker
- Hier Betrachtung von npn-Transistoren als Schalter:
 - drei Anschlüsse: Base, Collector und Emitter
 - kein Strom an Base: auch kein Strom von Collector zu Emitter
 - Strom über bestimmte Schwelle (z.B. 0,6 V): Strom von Base zu Emitter und Collector zu Emitter
 - Für Anwendung:
 - Spannung an Collector muss größer als Spannung am Emitter sein.
 - Spannung an Base ist (z.B. 0,6 V bei Siliziumtransistoren) größer als die Spannung am Emitter.



Transistor (npn): Beispiel



$$V_E = V_B - 0.6\text{ V}$$

$$V_E = 5.6\text{ V} - 0.6\text{ V} = 5.0\text{ V}$$

$$I_E = \frac{V_E - 0\text{ V}}{R_2} = \frac{5.0\text{ V}}{3300\ \Omega} = 1.5\text{ mA}$$

$$I_B = \frac{I_E}{(1 + h_{FE})} = \frac{1.5\text{ mA}}{(1 + 100)} = 0.015\text{ mA}$$

$$I_C = I_E - I_B \approx I_E = 1.5\text{ mA}$$

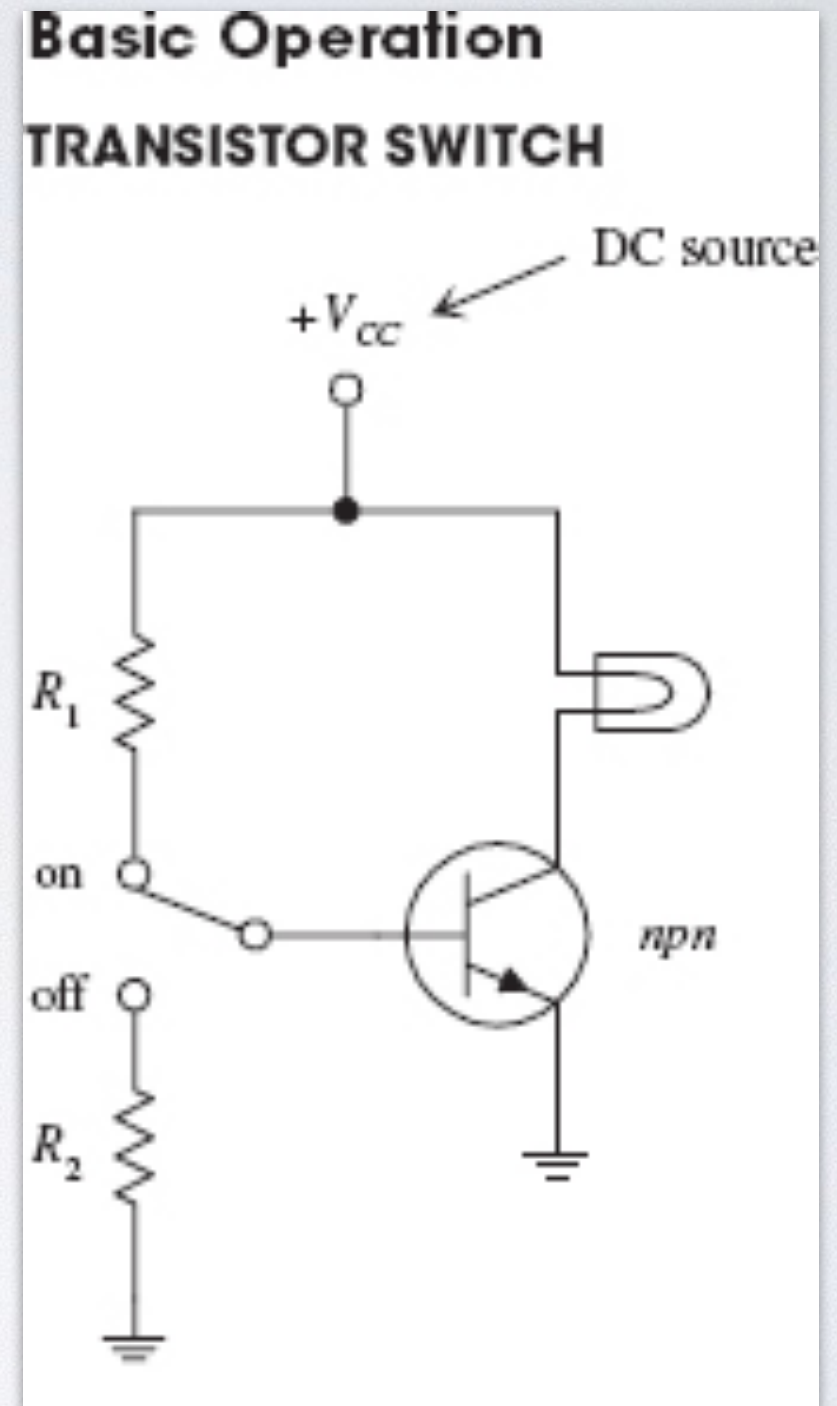
$$V_C = V_{CC} - I_C R_1$$

$$V_C = 20\text{ V} - (1.5\text{ mA})(4700\ \Omega)$$

$$V_C = 13\text{ V}$$

Transistor (npn) als Schalter

- Der Base-Eingang schaltet den Strom von dem Collector-Eingang zum Emitter-Ausgang.



Quelle: P. Scherz (2013)

Bauelemente im Praktikum (Teil)


Base

- 1x Arduino
- 1x USB Cable
- 1x Breadboard
- 1x Wiring Set
- 1x Project Box

Outputs

- 1x Servo Motor
- 1x LED RGB
- 2x LED green
- 2x LED red
- 2x LED yellow
- 1x Piezo Buzzer

Support

8x	Resistor	220	
4x	Resistor	1.1k	
4x	Resistor	10k	
4x	Resistor	100k	
1x	Resistor	1m	
1x	Resistor	5,1m	
2x	Transistor (NPN)		
1x	Relay		
1x	MOSFET (Power)		
2x	Diode (Rectifier)		
1x	Diode (Zener)		

Inputs

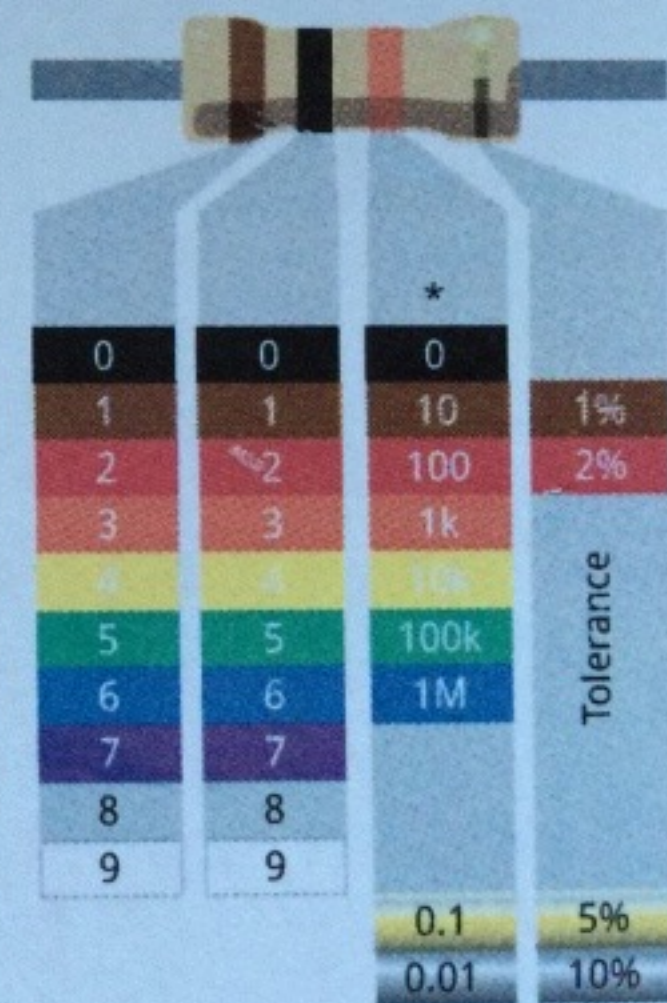
- 1x Rotary Knob (Potentiometer)
- 2x Push-Button
- 1x Tilt Sensor
- 1x Light Sensor (LDR)
- 1x Temperature Sensor

Attention:



The Temperature Sensor looks almost like the Transistors but is labeled with LM35. It's marked with a white dot on top.

Resistor Code

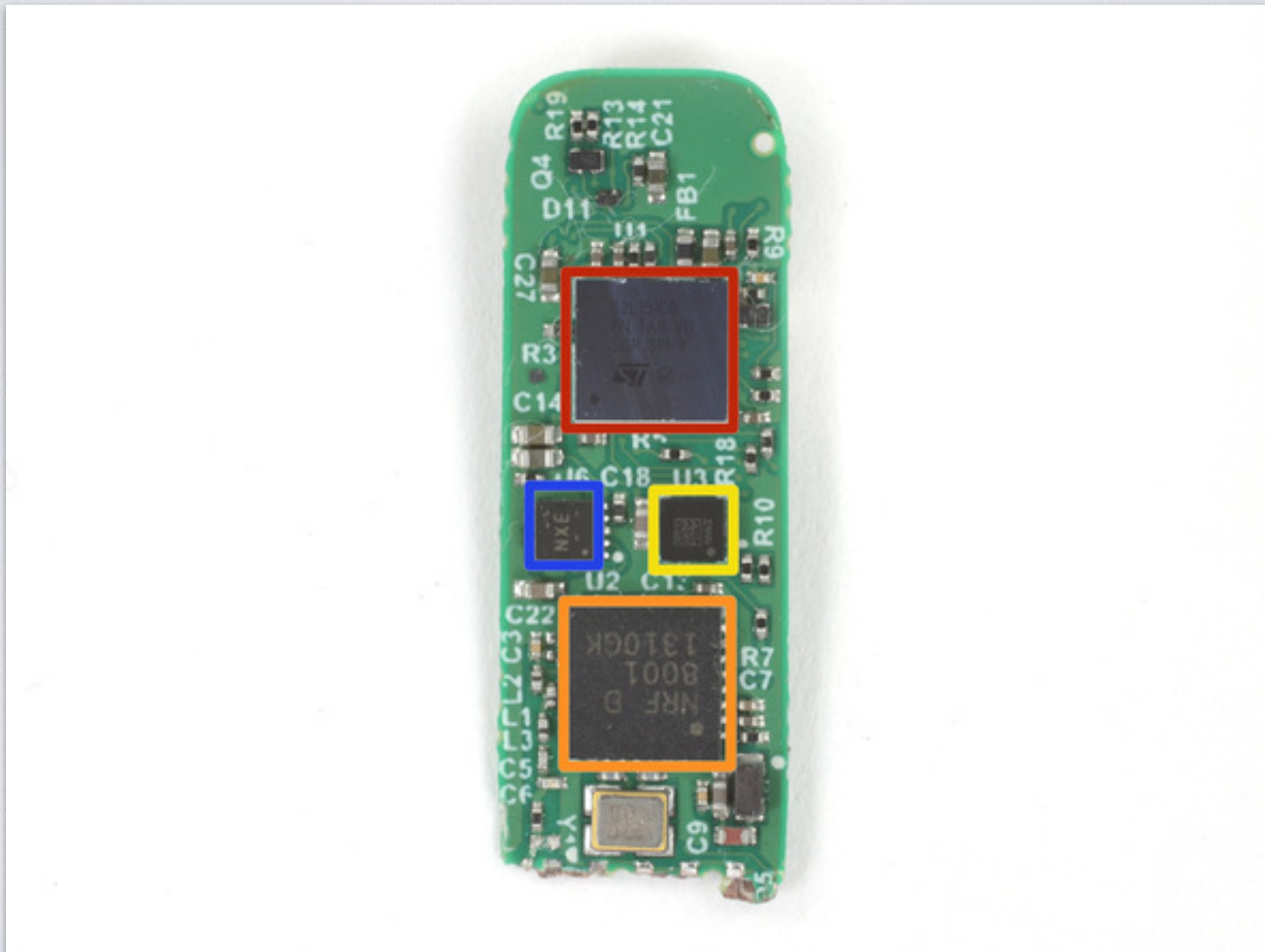


For more information check <http://fritzing.org/starterkit-instructions>

Zusammenfassung

- Kenntnisse über (einige) Grundlagen der Elektrotechnik
 - zum Verständnis von Bauelementen und einfachen Schaltungen
 - für die Anwendung im Praktikum.

Schrittzähler - Teardown



Quelle: <https://de.ifixit.com/Teardown/Fitbit+Flex+Teardown/16050>

Literatur

- P. Scherz, *Practical Electronics for Inventors*, 3rd ed. McGraw-Hill, 2013
- E. Bartmann, *Die elektronische Welt mit Arduino entdecken*, 2. Auflage, O'Reilly, 2014
- H. Czichos, M. Hennecke, *Hütte. Das Ingenieurwissen*, Springer, 32. Auflage, Springer, 2004