

# Klassische Physik 2

# Elektrodynamik

SS2013

Johannes Blümer

v09 28. Mai

KIT-Centrum Elementarteilchen- und Astroteilchenphysik KCETA



# Semesterkalender

	KW	Di	Mi	Do
April	15	<b>16</b>		<b>18</b>
April	16	<b>23</b>	Ü	<b>25</b>
April/Mai	17	<b>30</b>	Ü	<b>2</b>
Mai	18	<i>7</i>	Ü	<i>9 F</i>
Mai	19	<b>14</b>	Ü	<b>16</b>
Mai	20	<i>21</i>	Ü	<i>23</i>
Mai/Juni	21	<b>28</b>	Ü	<i>30 F</i>
Juni	22	<b>4</b>	Ü	<b>6</b>
Juni	23	<b>11v</b>	Ü	<i>13</i>
Juni	24	<i>18</i>	Ü	<b>20</b>
Juni	25	<b>25</b>	Ü	<b>27</b>
Juli	26	<b>2</b>	Ü	<b>4</b>
Juli	27	<b>9</b>	Ü	<b>11</b>
Juli	28	<b>16</b>	Ü	<b>18</b>

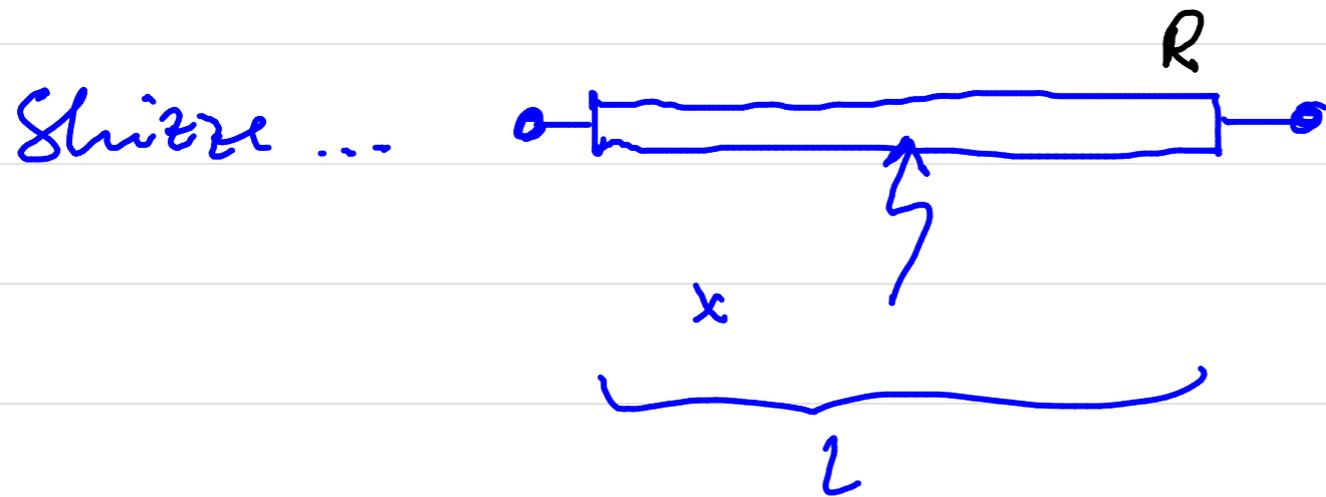
# Inhalt Klass.Phys.II “Elektrodynamik”

1. Elektrostatik
2. Dielektrika
3. Gleichstrom ← heute
4. Elektrische Leitungsmechanismen
5. Statische Magnetfelder
6. Induktion
7. Magnetismus in Materie
8. Wechselstrom
9. Elektromagnetische Wellen
10.  $\Rightarrow$  Optik, Teilchen, erste Quanteneffekte...

# Ohmscher Widerstand

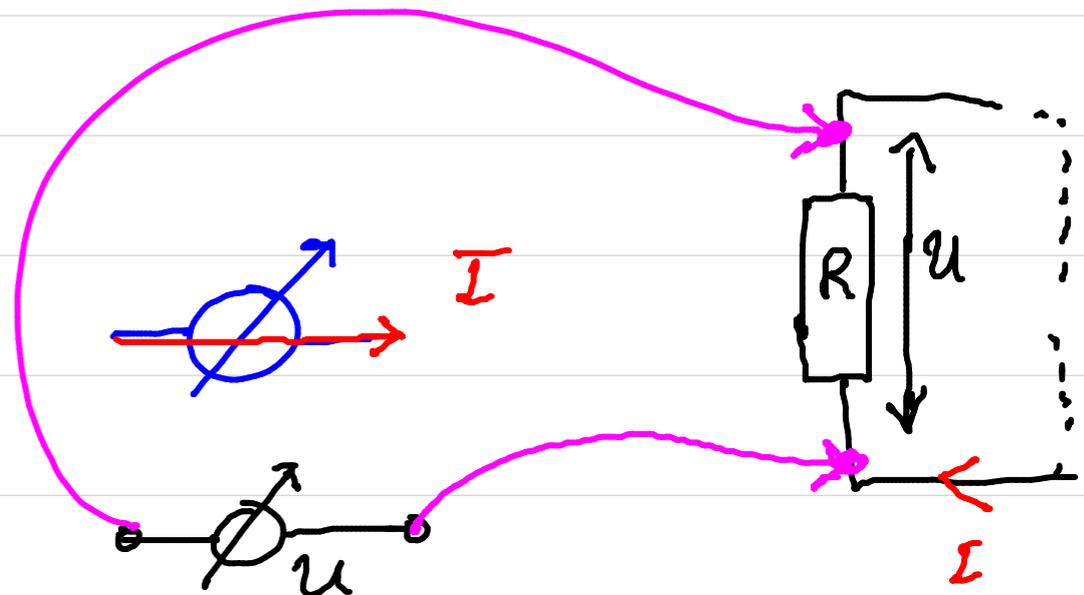
$\sigma_e$  Leitfähigkeit von  $I, U$  unabhängig

Entlang ohmscher Leiter ist das Potential nicht konstant, sondern ein Potentialgefälle liegt vor  
eine " Differenz



$$U(x) = U_1 - U_2 \\ = R \cdot I \cdot \frac{x}{L}$$

Instrumente zur Strommessung  
Spannungsmessung  $I$



„ Am Widerstand fällt die Spannung  $u$  ab [ , wenn der Strom  $I$  fließt ] “  $u=RI$  “

Bild:  $25 \times 10^3 \pm 10\% \rightarrow 25 \text{ k}\Omega$  Widerstand-Farbcode

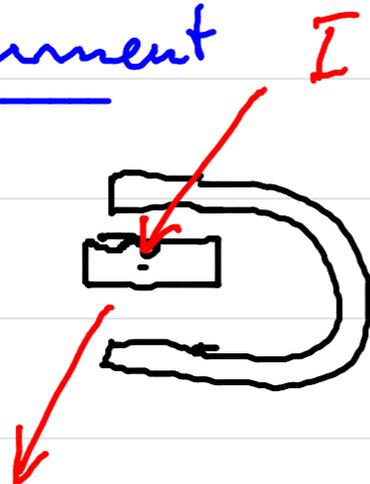
Daten  $\rho, \alpha$

Erinn. Temperaturabhängigkeit

Mechanismen der el. Leitung

Drehspulinstrument

Vorl. Versuch



wgl "Pohl": Magnetfeld wird durch feste Spule erzeugt

Strommessung  $\rightarrow$  Spannungsmessung via  $U = R \cdot I$

## Schaltungen von Widerständen

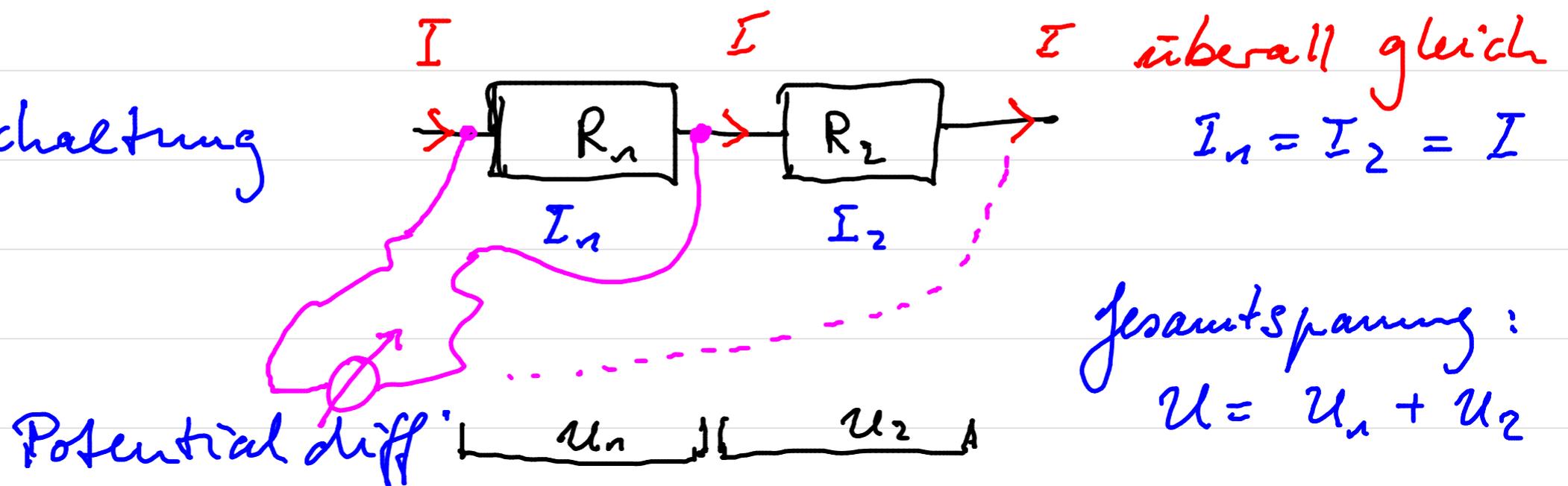
Kirchhoff'sche Regeln! Knotenregel  $\sum I_k = 0$

Maschenregel  $\sum U_i = 0$

Ladungserhaltung

Energieerhaltung

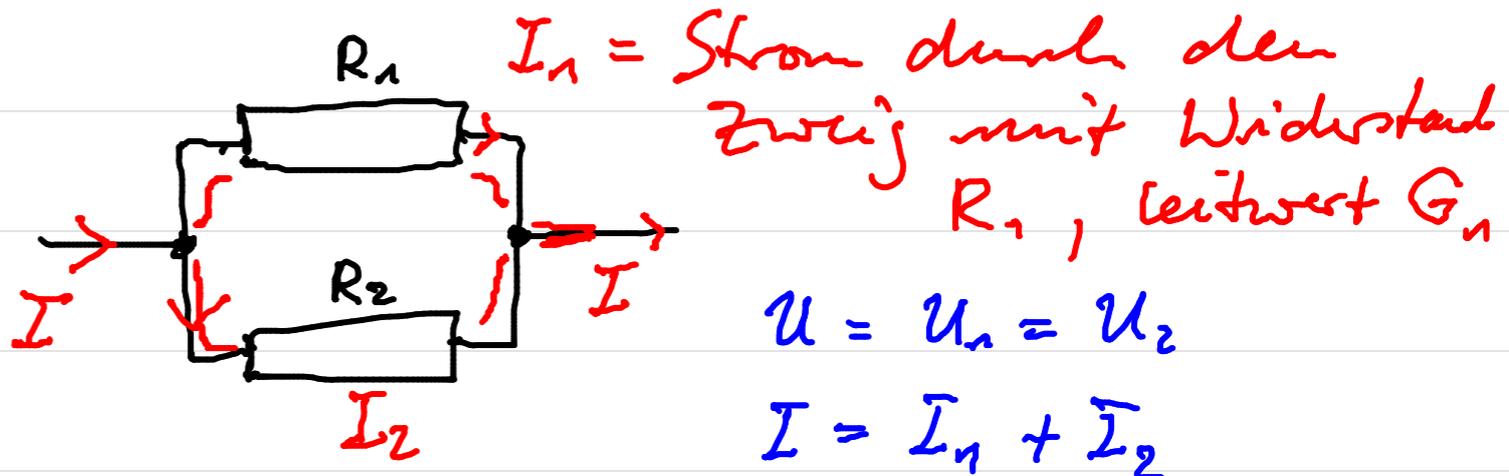
① Serienschaltung  
(Reihen-)



$$\text{Gesamtwiderstand } R_{\text{ges}} = \frac{U_{\text{ges}}}{I_{\text{ges}}} = \frac{U}{I} = \frac{U_1 + U_2}{I} = \frac{U_1}{I} + \frac{U_2}{I}$$

„die Widerstände addieren sich“  $= R_1 + R_2$

② Parallelschaltung



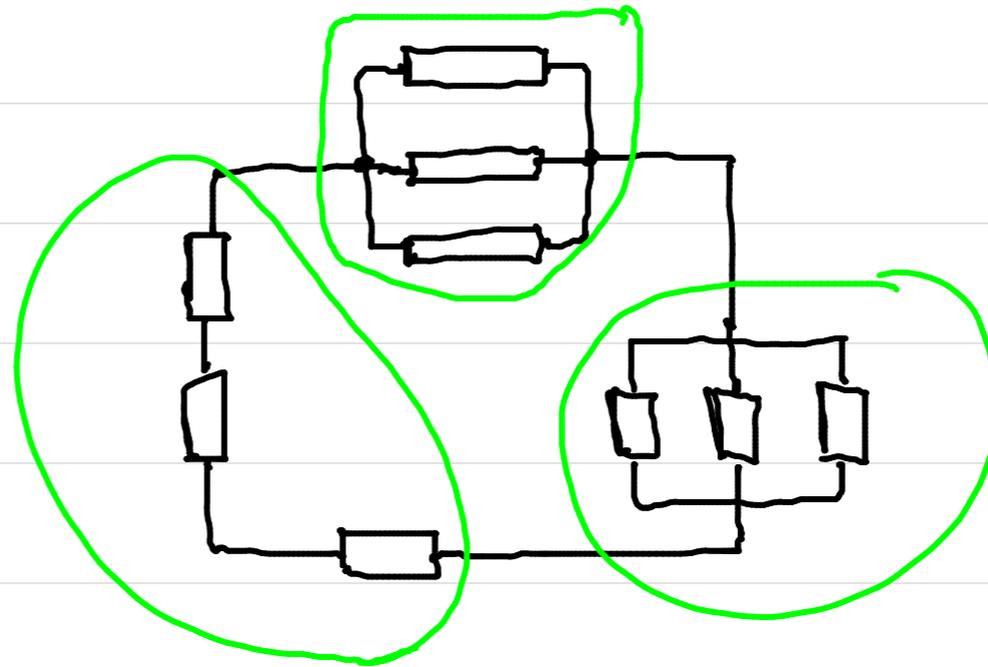
Der Strom teilt sich entsprechend den Leitwerten auf

$$I = I_1 + I_2 = \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} = U \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Ohmsches Gesetz  $= U \cdot \frac{1}{R_{\text{ges}}}$

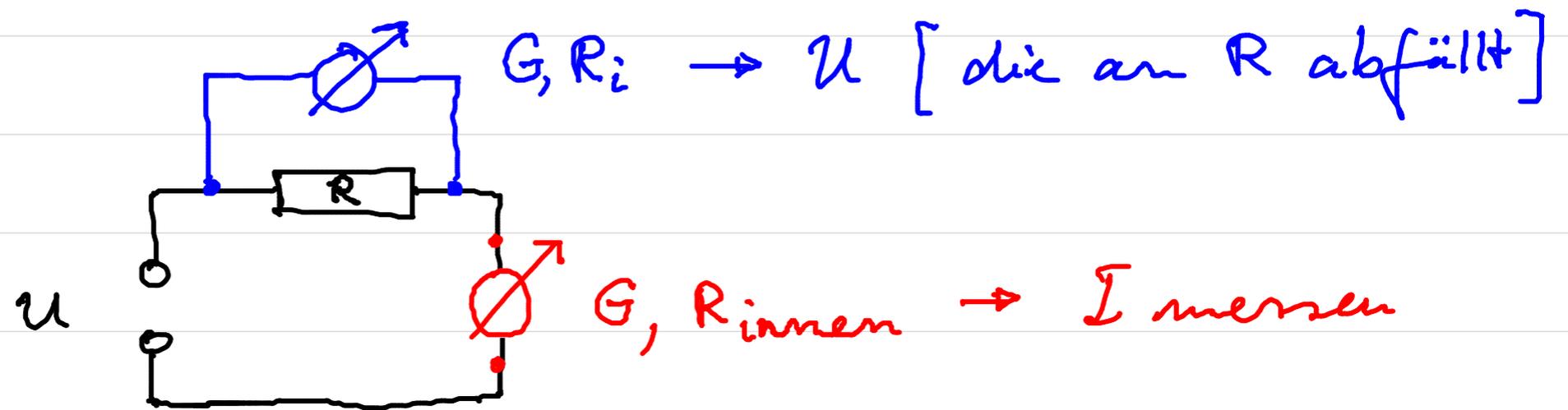
↳  $\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$  „die Leitwerte addieren sich“:  $G = G_1 + G_2$

Verschachtelte Netzwerke: in Teilbereiche zerlegen



Voltmeter, Amperemeter

$R_i$  endlicher Innenwiderstand



Amperemeter müssen niederohmig sein  
 Voltmeter - " - hoch - " -

\* Wheatstone'sche Brücke : Nullabgleich des Brückenstroms  $\Rightarrow R_x$

$$\frac{R_2}{R_3} = \frac{L-x}{x}$$

$$R_x = R_1 \frac{L-x}{x}$$

$x \leftarrow$  Abgleich

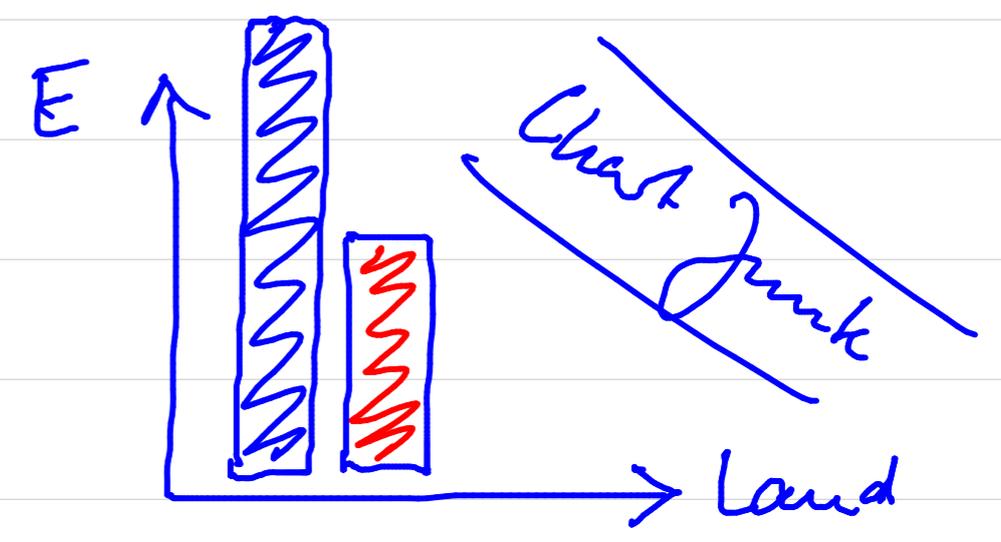
$$L = 1000$$

$$R_1 = R_{Schubert} = 7 \Omega$$

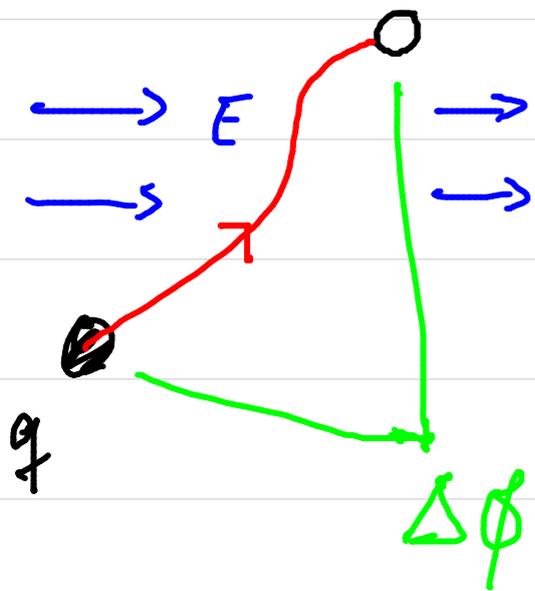
$$x_{ab} \approx 805$$

$$E_1 = 5$$

$$E_2 = 2.5$$



# Energie u. Leistung des el. Stroms



für freie Ladungsträger: pot.  $\leftrightarrow$  hin. Energie

$$W = Q \cdot \Delta\phi = Q \cdot U$$

in Leitern: "elekt. Energie"

- $\Rightarrow$  Wärme im Leiter Glühbirne
- $\Leftrightarrow$  mechan. Arbeit Drehsp.
- $\Leftrightarrow$  chem. Arbeit Batterie

Leistung:

$$P = \frac{dW}{dt} = \dot{W} = \frac{d}{dt}(Q \cdot U) = \dot{Q}U + Q\dot{U}$$

$U = \text{konst [Ann.]}$

Energieumsatz pro Zeiteinheit

$$\equiv I$$

$$\dot{U} = 0$$

Also  $P = I \cdot U = I^2 R = \frac{U^2}{R}$  "Joule'sches Gesetz" (\*)

$$[P] = 1 \text{ Watt (W)} = \frac{1 \text{ Joule}}{\text{s}}$$

P hängt quadratisch von  $U, I$  ab

mikroskopische Begriffe:

$$p = \text{Leistungs-dichte} = \frac{P}{V} = \frac{P}{A \cdot d} = \frac{I \cdot U}{A \cdot d} = j \cdot E$$

↳ "Kosten"

$$p = j \cdot E \quad \text{vgl. ohmsche Leiter} \quad j = \sigma E$$

$$\rightarrow p = \sigma E^2 = \frac{j^2}{\sigma} \quad \text{komplementär zu } (*)$$

Vertiefung Leistungsbegriff  $\rightarrow$  Anpassung / Skizze

Frage:  $\{U_0, R_i\}$  reale Spannungsquelle,  $R$  Verbraucher

Lösung:  $R = 0$ : Kurzschluss

$$\left[ \begin{array}{l} R = \infty, \quad P = I^2 \cdot R \quad I \rightarrow 0 \quad \rightarrow \quad P = 0 \\ R = R_i \quad \rightarrow \quad P = \max \end{array} \right.$$