

Elektrische Netze

Netzberechnung –
Netzstrahl per
Hand berechnen

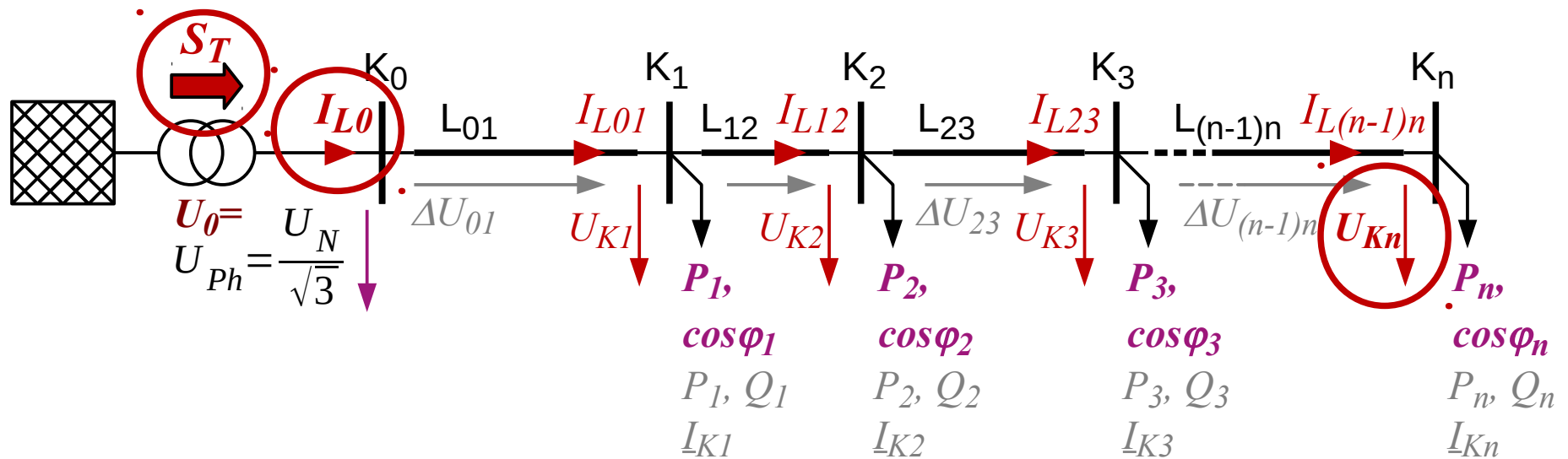
**Prof. Dr. Eberhard
Waffenschmidt
TH-Köln 2022**



Netzberechnung - Netzstrahl

- Netz-Größen an einem Netzstrahl per Hand berechnen:
 - Leistung am Transformator
 - Ströme auf den Leitungen
 - Spannungen an den Knoten
- Impedanzen im Stromnetz

Netzberechnung



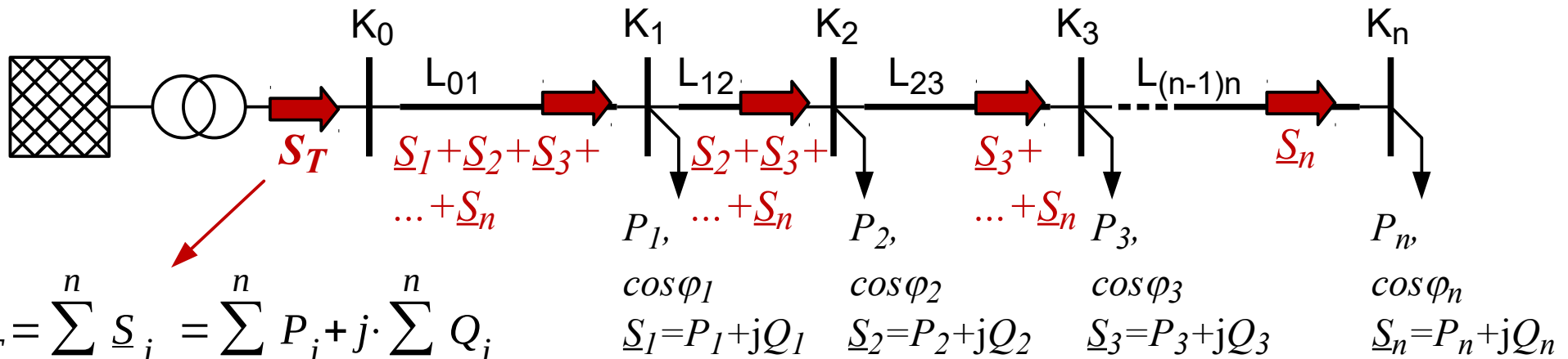
Gegebene Größen

- $P_1 \dots P_n$ Wirkleistungen an Knoten
- $\cos \varphi_1 \dots \cos \varphi_n$ Leistungsfaktor der Knoten-Leistungen
- U_N Netzspannung

Gesuchte Größen

- S_T Trafo-Scheinleistung
- I_{L0} Max. Leitungs-Strom
- U_{Kn} Extreme Knoten-Spannung

Scheinleistung



Vereinfachung: Keine Verluste

$$|S| = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad \text{und} \quad |S| = \frac{P}{\cos \varphi}$$

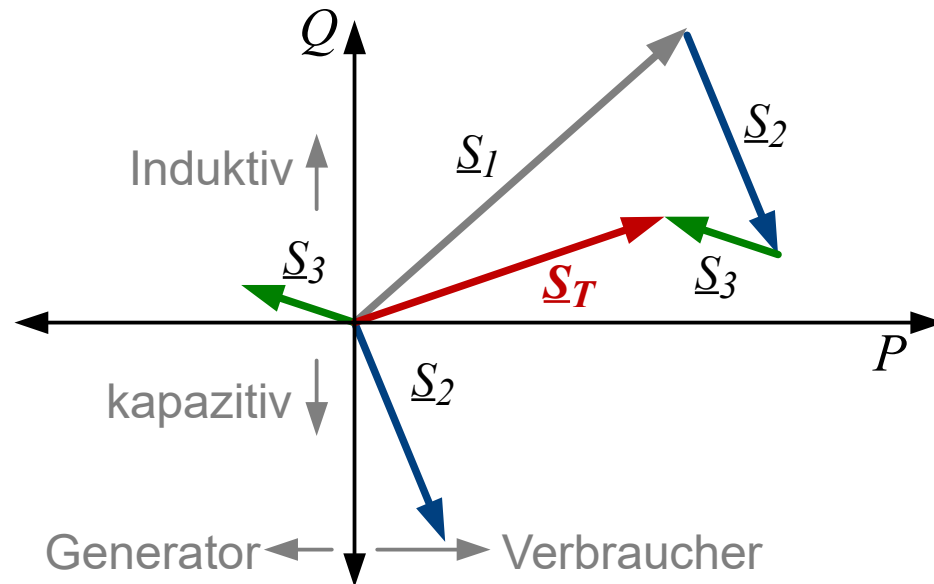
$$\Rightarrow Q = P \cdot \sqrt{\frac{1}{(\cos \varphi)^2} - 1}$$

Oder wenn $|S|$ gegeben:

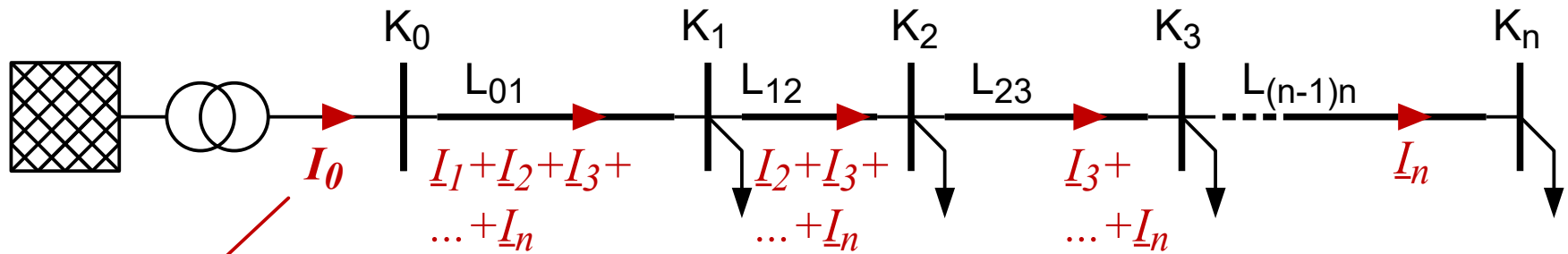
$$P = |S| \cdot \cos \varphi$$

$$Q = |S| \cdot \sqrt{1 - (\cos \varphi)^2}$$

Achtung: Komplex addieren!



Ströme



$$\underline{I}_0 = \sum_{i=1}^n \underline{I}_i = \sum_{i=1}^n \text{Re}(\underline{I}_i) + j \cdot \sum_{i=1}^n \text{Im}(\underline{I}_i)$$

$$\underline{I}_1 = \text{Re}(\underline{I}_1) + j\text{Im}(\underline{I}_1) \quad \underline{I}_2 = \text{Re}(\underline{I}_2) + j\text{Im}(\underline{I}_2) \quad \underline{I}_3 = \text{Re}(\underline{I}_3) + j\text{Im}(\underline{I}_3) \quad \underline{I}_n = \text{Re}(\underline{I}_n) + j\text{Im}(\underline{I}_n)$$

Vereinfachung:
Überall Nennspannung

Achtung: Komplex addieren!

$$|I| = \sqrt{\text{Re}(I)^2 + \text{Im}(I)^2}$$

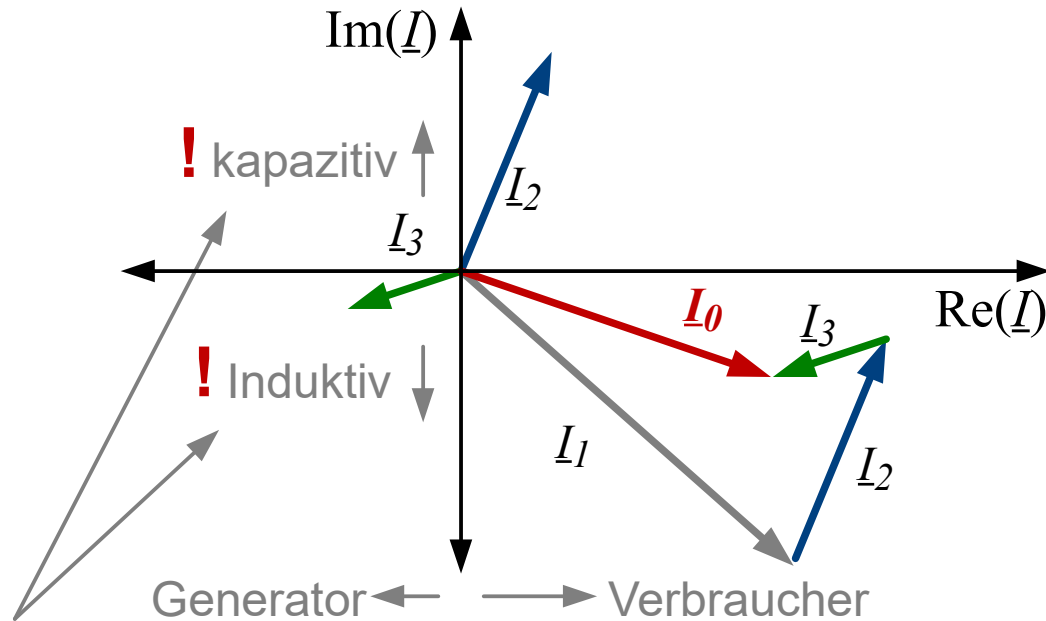
$\underline{S} = \underline{U} \cdot \underline{I}^*$, bei Drehstrom gilt aber:

$$\underline{S} = 3 \cdot \underline{U}_{ph} \cdot \underline{I}_{ph}^* = \sqrt{3} \cdot \underline{U}_N \cdot \underline{I}_{ph}^*$$

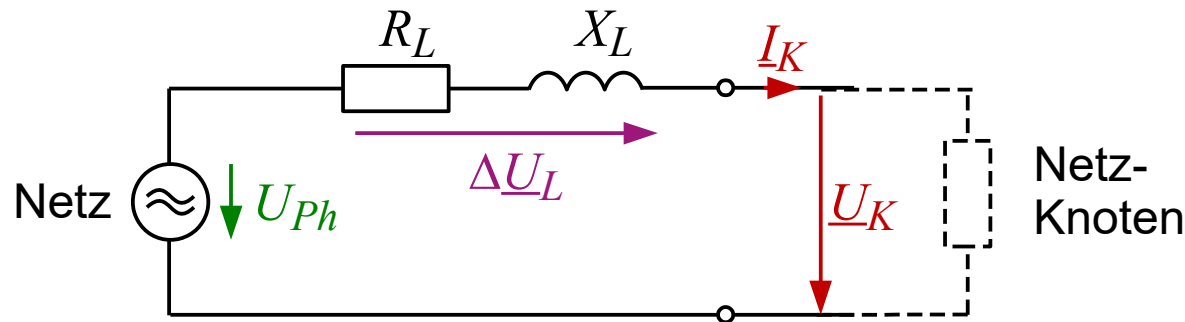
$$\Rightarrow \text{Re}(I) = \frac{P}{3 \cdot U_{Ph}} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_N}$$

$$\Rightarrow \text{Im}(I) = \frac{Q}{3 \cdot U_{Ph}} = \frac{Q}{\sqrt{3} \cdot U_N}$$

wegen konjugiert komplex



Spannungsfall



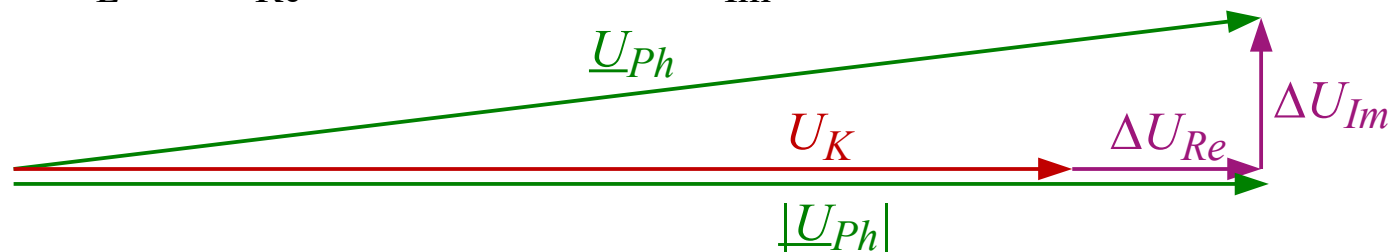
Beschreibung der Leitung mit Induktivität und Widerstand

$$\Delta \underline{U}_L = \underline{I}_K \cdot \underline{Z}_L \quad \text{und} \quad \underline{I}_K = I_{\text{Re}} + j \cdot I_{\text{Im}}$$

$$\Delta \underline{U}_L = (I_{\text{Re}} + j I_{\text{Im}}) \cdot (R_L + j X_L)$$

$$\Delta \underline{U}_L = \underbrace{(I_{\text{Re}} \cdot R_L - I_{\text{Im}} \cdot X_L)}_{\Delta U_{\text{Re}}} + j \cdot \underbrace{(I_{\text{Im}} \cdot R_L + I_{\text{Re}} \cdot X_L)}_{\Delta U_{\text{Im}}}$$

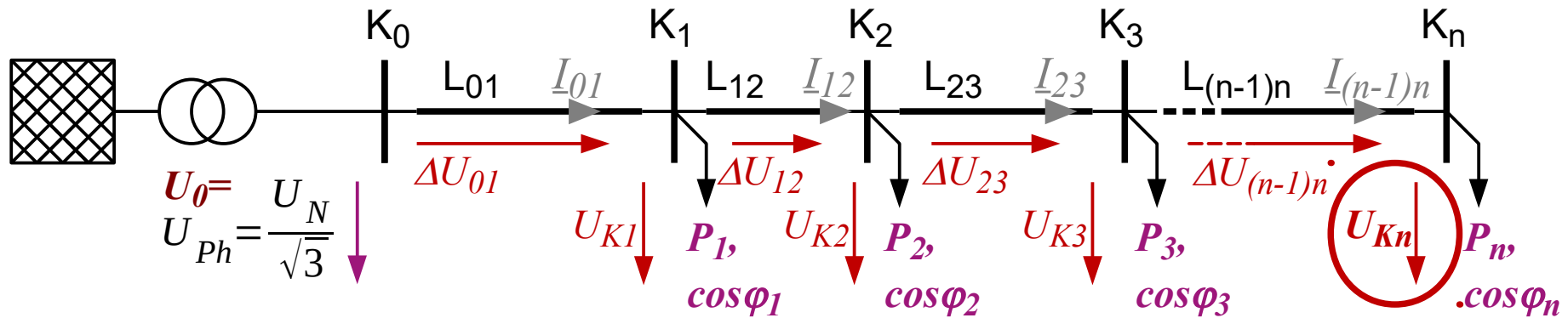
$$\Delta \underline{U}_L = \Delta U_{\text{Re}} + j \cdot \Delta U_{\text{Im}}$$



Es ist zu sehen: $|U_{Ph}| \approx |U_K| + \Delta U_{\text{Re}}$

$$\Rightarrow |U_{Ph}| - |U_K| \approx \Delta U_{\text{Re}} = I_{\text{Re}} \cdot R_L - I_{\text{Im}} \cdot X_L$$

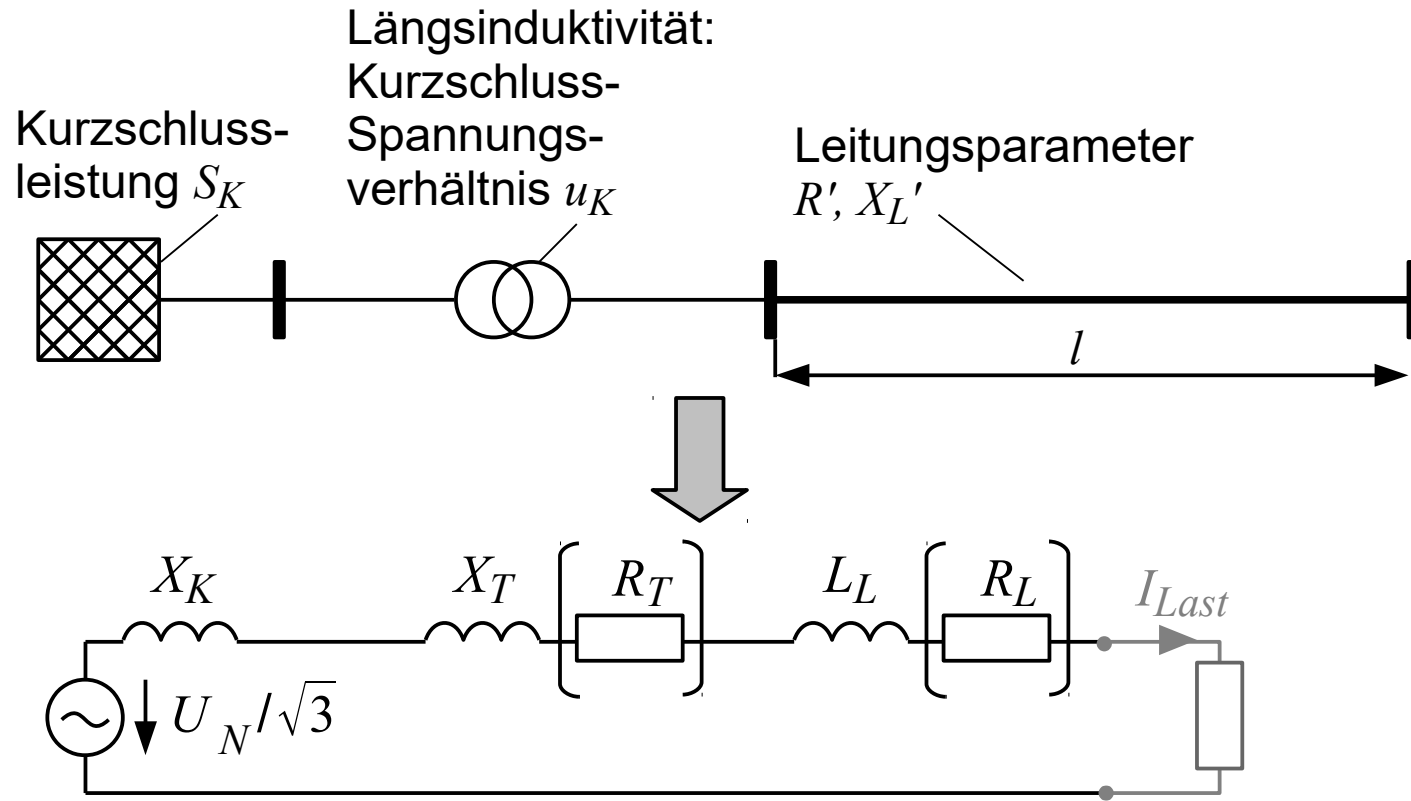
Spannung am ganzen Netzstrang



$$U_{Kn} = U_0 - \sum_{i=1}^n \Delta U_{(i-1)i}$$

$$U_{Kn} = U_0 - \sum_{i=1}^n [\operatorname{Re}(\underline{I}_{(i-1)i}) \cdot R_{(i-1)i}] - [\operatorname{Im}(\underline{I}_{(i-1)i}) \cdot X_{(i-1)i}]$$

Impedanzen zur Leitungsberechnung



$$X_K = \frac{U_N^2}{S_K}$$

$$\begin{aligned} \underline{Z}_T &= R_T + jX_T \\ &= \underline{u}_K \cdot \frac{U_N^2}{S_N} \end{aligned}$$

$$R_L = R' \cdot l$$

$$X_L = X_L' \cdot l = 2\pi f \cdot L' \cdot l$$

Kontakt

Prof. Dr. Eberhard Waffenschmidt

Professur Elektrische Netze

Fakultät für Informations-, Medien- und Elektrotechnik (F07)

Technische Hochschule Köln

Betzdorferstraße 2, Raum ZO 9-19

50679 Köln, Deutschland

Tel. +49 221 8275 2020

eberhard.waffenschmidt@th-koeln.de

<https://www.th-koeln.de/personen/eberhard.waffenschmidt/>

Lizenzbedingungen:

Diese Präsentation zur Vorlesung *Elektrische Netze* wird veröffentlicht von Eberhard Waffenschmidt unter der

Common Creatives Lizenz cc by nc sa



Sie dürfen:

- Das Material teilen und bearbeiten

Unter folgenden Bedingungen:

- Namensnennung

- Nicht für kommerzielle Zwecke

- Weitergabe unter gleichen Bedingungen

Details siehe:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/de/>

