

# Elektrische Netze

Netzberechnung –  
Leistungssenken

**Prof. Dr. Eberhard  
Waffenschmidt  
TH-Köln 2023**



# Leistungssenken

- Warum Leistungssenken in Stromnetzen?
- Berechnung von Spannung und Strom bei Leistungssenken
- Iterationsverfahren

# Warum Leistungssenken?

## ■ Hoch- und Höchstspannung:

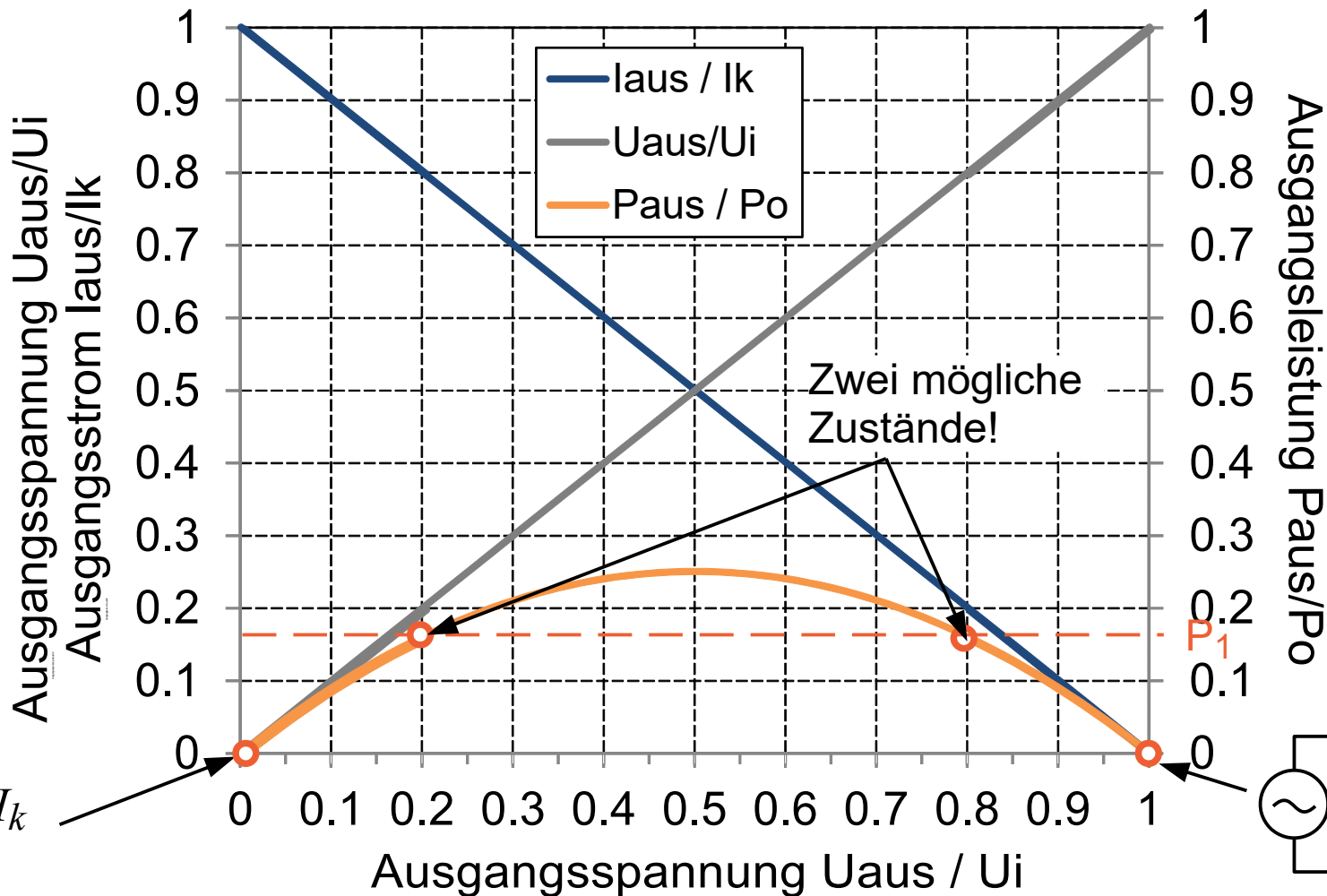
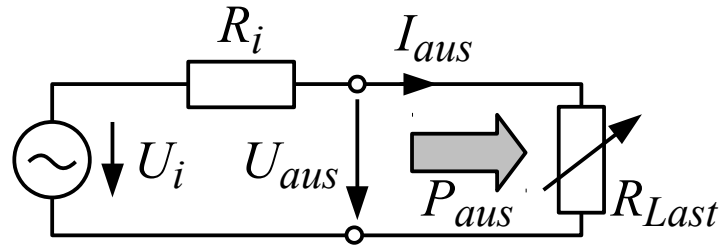
- Lasten sind Mittelspannungsnetze
- Trafos regeln Mittelspannung auf Nennspannung
- Konstante Spannung → konstante Leistung

## ■ Niederspannung:

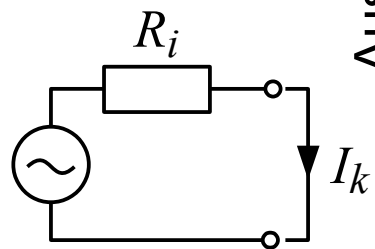
Lasten mit Schaltnetzteilen beziehen Leistung unabhängig von Netzspannung

- Computer, TV
- LED-Lampen
- Ladegeräte

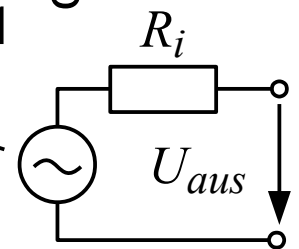
# Leistung an realen Quellen



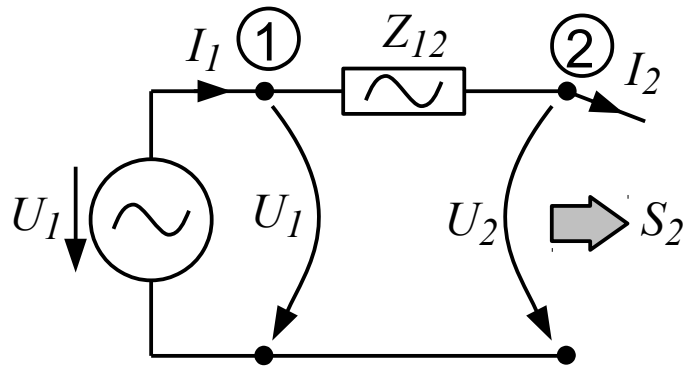
Kurzschluss:  
 $P = 0$



Leerlauf:  
 $P = 0$



# Einzelne Leistungssenken



$$I_2 = \frac{U_1 - U_2}{Z_{12}}$$

$$I_2 = \frac{P_2}{U_2}$$

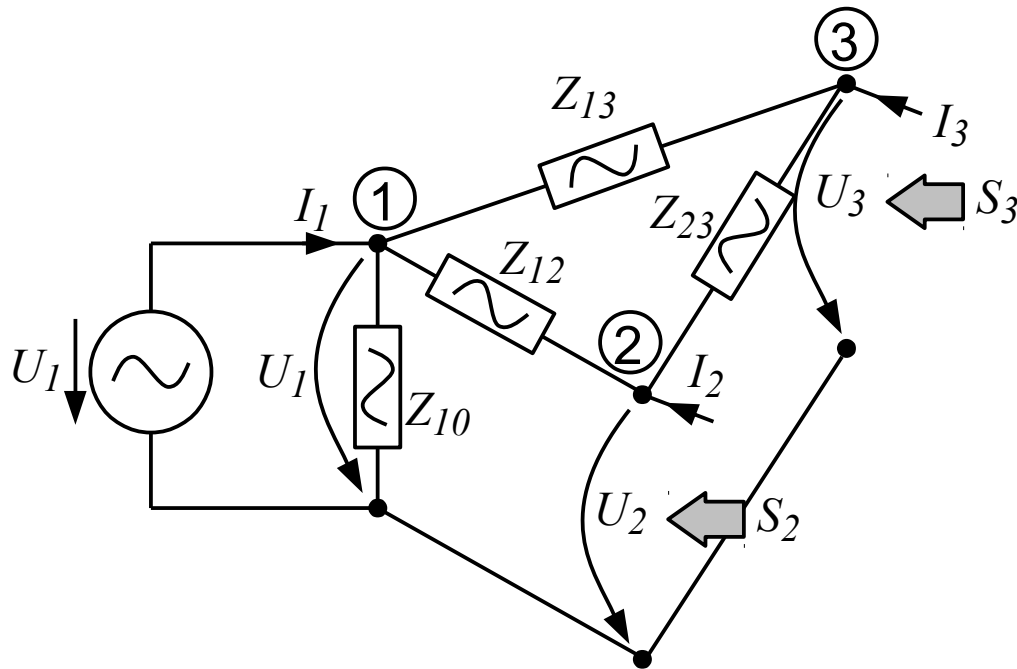
$$U_2^2 - U_1 \cdot U_2 + P_2 \cdot Z_{12} = 0$$

$= p$        $= q$

$$U_2 = +\frac{1}{2} \cdot U_1 \pm \sqrt{\left(\frac{1}{2} \cdot U_1\right)^2 - P_2 \cdot Z_{12}}$$

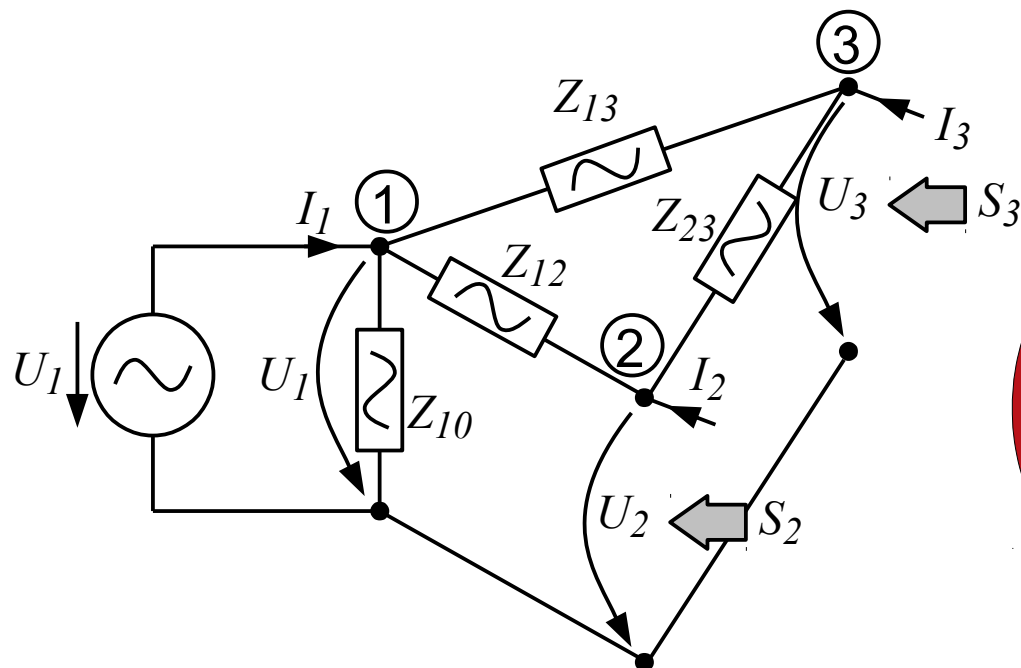
- Bei zwei Knoten ist die Spannung analytisch berechenbar
- Ergebnis: Quadratische Gleichung
- Lösbar mit p-q-Formel

# Leistungssenken im Netzwerk



- Mehr als zwei Knoten:
- Nichtlineares Gleichungssystem
- Nur iterativ lösbar

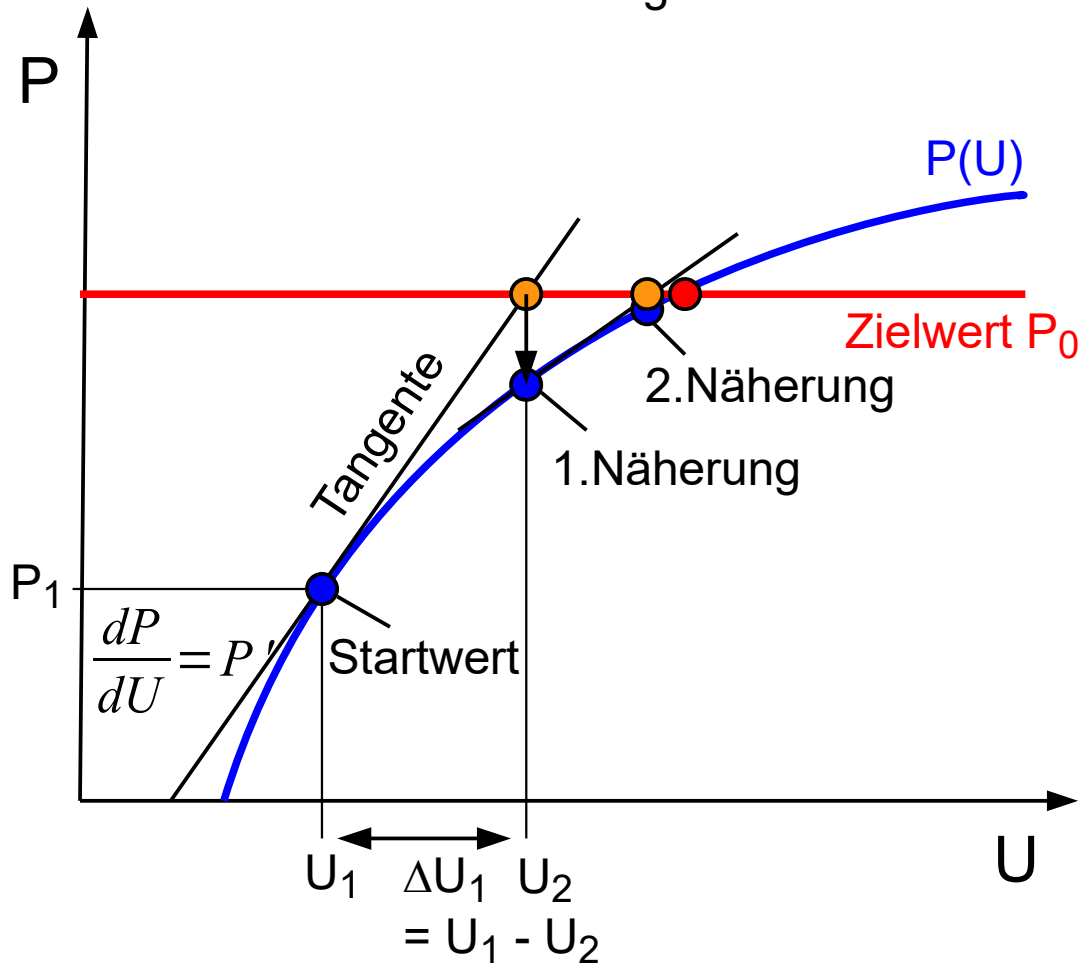
# Strom-Iterationsverfahren



- Leistungen vorgeben
- Startwerte für Knotenströme aus Nennspannung
- Spannungen berechnen
- Verbesserte Werte für Ströme aus berechneten Spannungen
- Beenden, wenn Differenz zum letzten Wert klein genug ist.

# Iteration nach Newton-Raphson

1-dimensional:  
Newton'sches Näherungsverfahren



Eindimensional:

$$U_2 = U_1 - \Delta U_1$$

$$= U_1 - \frac{1}{P_1'} \cdot (P_1 - P_0)$$

Mehrdimensional:

$$U_1 \rightarrow \begin{pmatrix} U_{1,1} \\ U_{2,1} \\ \vdots \\ U_{n,1} \end{pmatrix} \quad P_1 \rightarrow \begin{pmatrix} P_{1,1} \\ P_{2,1} \\ \vdots \\ P_{n,1} \end{pmatrix}$$

$$P_1' \rightarrow J \quad \frac{1}{P_1'} \rightarrow J^{-1}$$

Jakobi-Matrix

$$\vec{U}_2 = \vec{U}_1 - J^{-1} \cdot (\vec{P}_1 - \vec{P}_0)$$



# 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](mailto: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/>

