

# Elektrische Netze

Drehstrom-  
Transformator

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



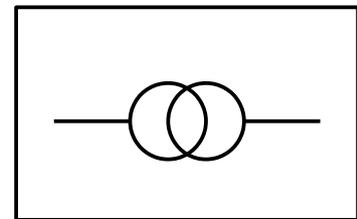
# Drehstrom-Transformator

- Bilder
- Schaltgruppen
- Sternpunkt
- Symmetrische Komponenten beim Transformator
- Ersatzschaltbilder
- Kurzschluss
- Stufung von Transformatoren

# Übertragungsnetz - Transformator



Schaltsymbol



# Ortsnetztrafo



630kVA



Mast-Trafo



Isolatoren



Öltank

# Schaltgruppen von Drehstromtrafos

**Kennbuchstabe:**

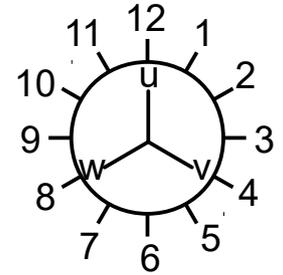
Oberspannung    D    Y    Z    N  
 Unterspannung    d    y    z    n

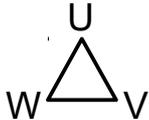
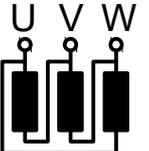
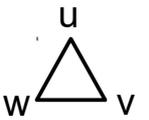
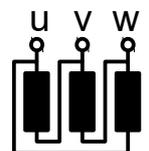
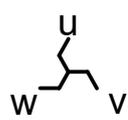
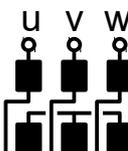
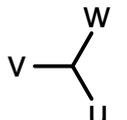
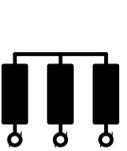
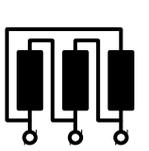
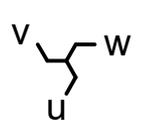
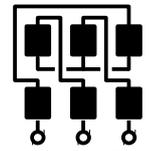
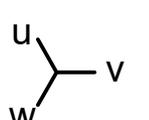
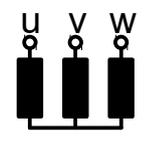
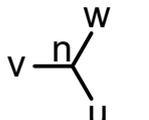
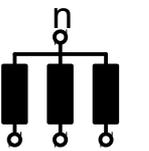
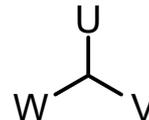
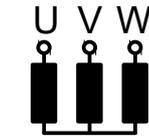
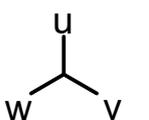
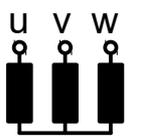
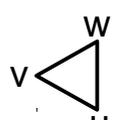
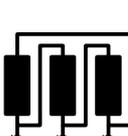
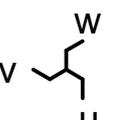
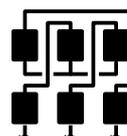
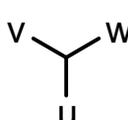
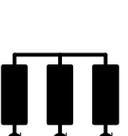
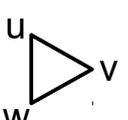
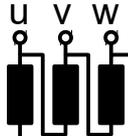
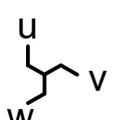
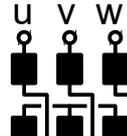
**Wicklungstyp:**

      Sternpunkt  
 herausgeführt

**Kennzahl:** 0..11

ein Punkt entspricht  
 30° Phasenverschiebung  
 zwischen Ober- und Unterspannung,  
 wie bei einer Uhr



Oberspannung	Unterspannung						
 	Dd0	Dz0	Dy5	Dd6	Dz6	Dy11	Dyn5
	 	 	 	 	 	 	 
 	Yy0	Yd5	Yz5	Yy6	Yd11	Yz11	
	 	 	 	 	 	 	

Eigene Grafik nach:

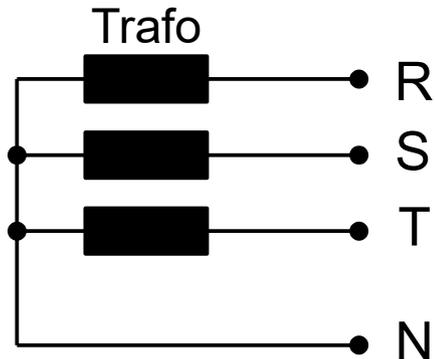
<https://www.iee.tu-clausthal.de/fileadmin/in/downloads/Scripte/S8803K3.pdf>

Prof. E. Waffenschmidt  
 Elektrische Netze

S. 5

# Sternpunkt-Verschaltungen

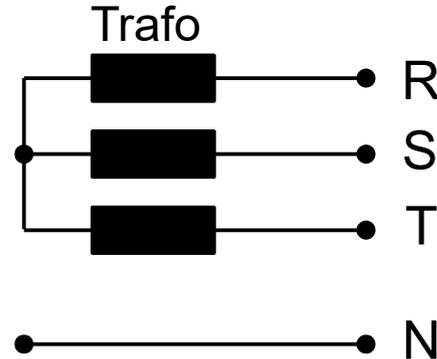
## Niederohmige Sternpunkt-Erdung



### Eigenschaften:

- + Feste Phasenspannung
- + Unsymmetrische Lasten möglich
- \* Üblich in NS-Netzen
- + Einfache Fehlersuche bei Kurzschluss
- Hoher Kurzschlussstrom nach N / Erde

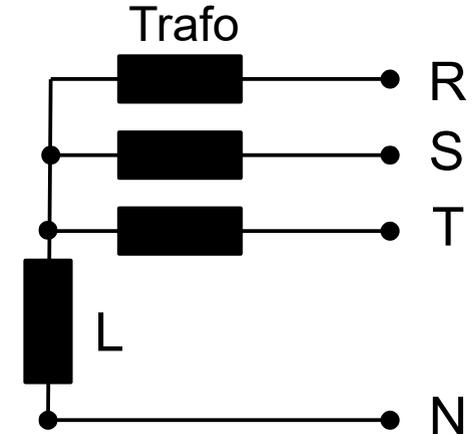
## Isolierter Sternpunkt



### Eigenschaften:

- Sternpunkt floatend
- Kein Verbraucher an N
- + Niedriger Kurzschlussstrom nach N / Erde

## „Gelöschtes“ Netz



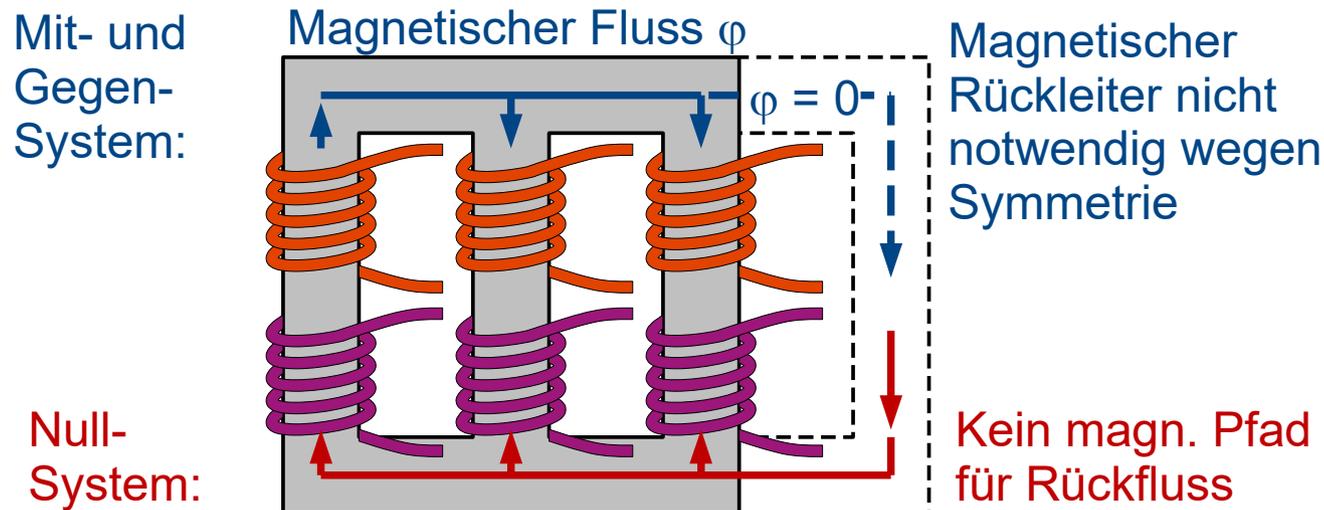
### Eigenschaften:

- Sternpunkt festgelegt
- Kein Verbraucher an N
- + sehr geringer Kurzschlussstrom nach N / Erde

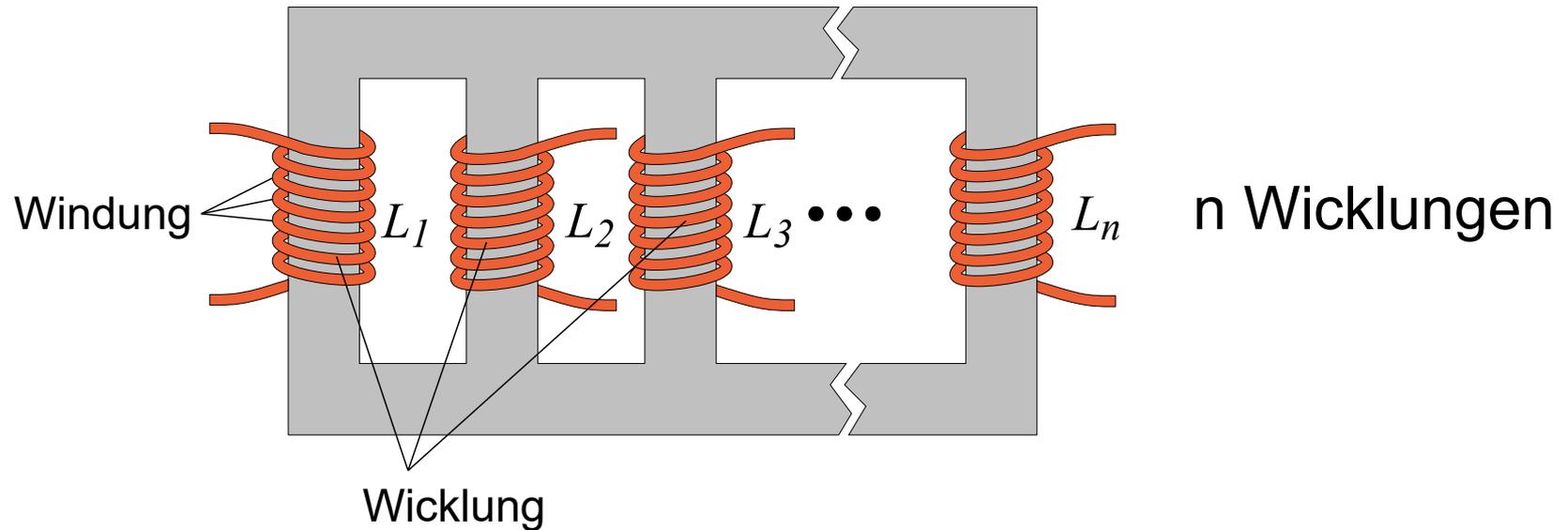
# Symmetrische Komponenten

## Physikalische Bedeutung beim Transformator

- Mit-System = Gegen-System:
  - Wird ganz normal übertragen
- Null-System:
  - Drehstromtrafo kann kein Null-System übertragen



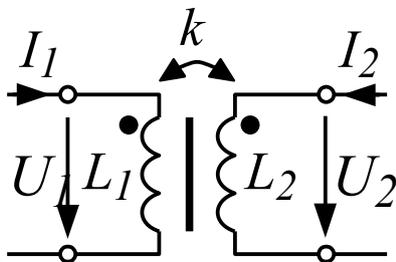
# Transformator mit vielen Wicklungen



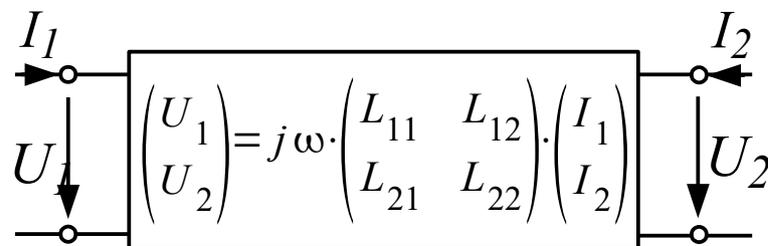
$$\begin{pmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ \vdots \\ U_n \end{pmatrix} = j\omega \cdot \begin{pmatrix} L_{11} & L_{12} & L_{13} & \cdots & L_{1n} \\ L_{21} & L_{22} & L_{23} & \cdots & L_{2n} \\ L_{31} & L_{32} & L_{33} & \cdots & L_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ L_{n1} & L_{n2} & L_{n3} & \cdots & L_{nn} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ \vdots \\ I_n \end{pmatrix}$$

mit  $L_{ij} = L_{ji}$

# Einphasige Ersatzschaltbilder

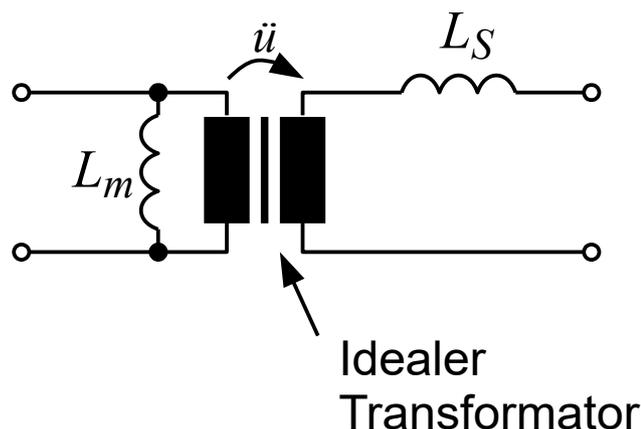


Repräsentation durch:



$$k = \frac{L_{12}}{\sqrt{L_{11} \cdot L_{22}}}$$

oder:



$$L_S = \sigma \cdot L_2$$

$$L_m = L_1$$

$$\tilde{i} = n \cdot k$$

Streufaktor:

$$\sigma = 1 - k^2$$

$$n = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \left( \approx \frac{N_2}{N_1} \right)$$

Oder weitere Ersatzschaltbilder...

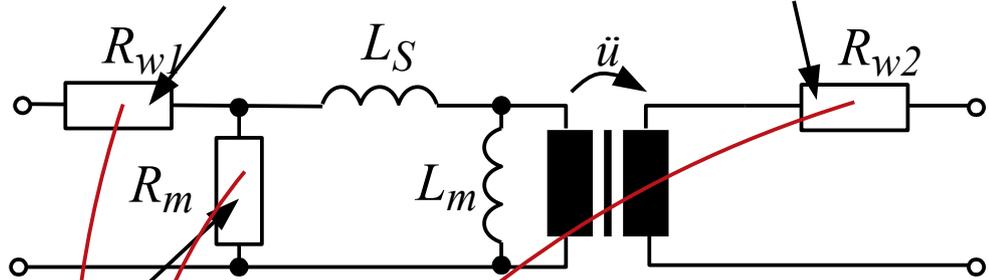
# Ersatzschaltbild mit ohmschen Verlusten

Wicklungsverluste  
Primärseite

$$P_{w1} = 3 \cdot I_1^2 \cdot R_{w1}$$

Wicklungsverluste  
Sekundärseite

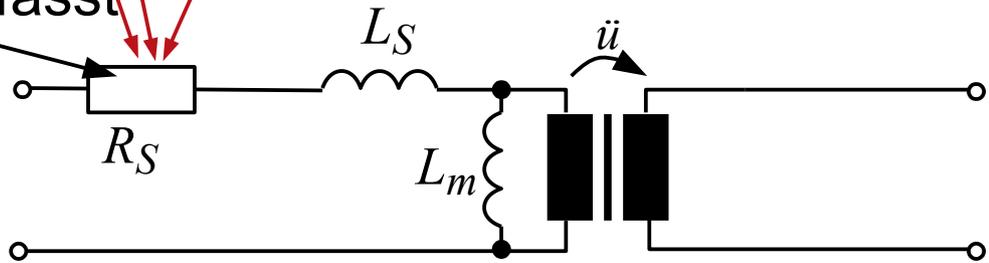
$$P_{w2} = 3 \cdot I_2^2 \cdot R_{w2}$$



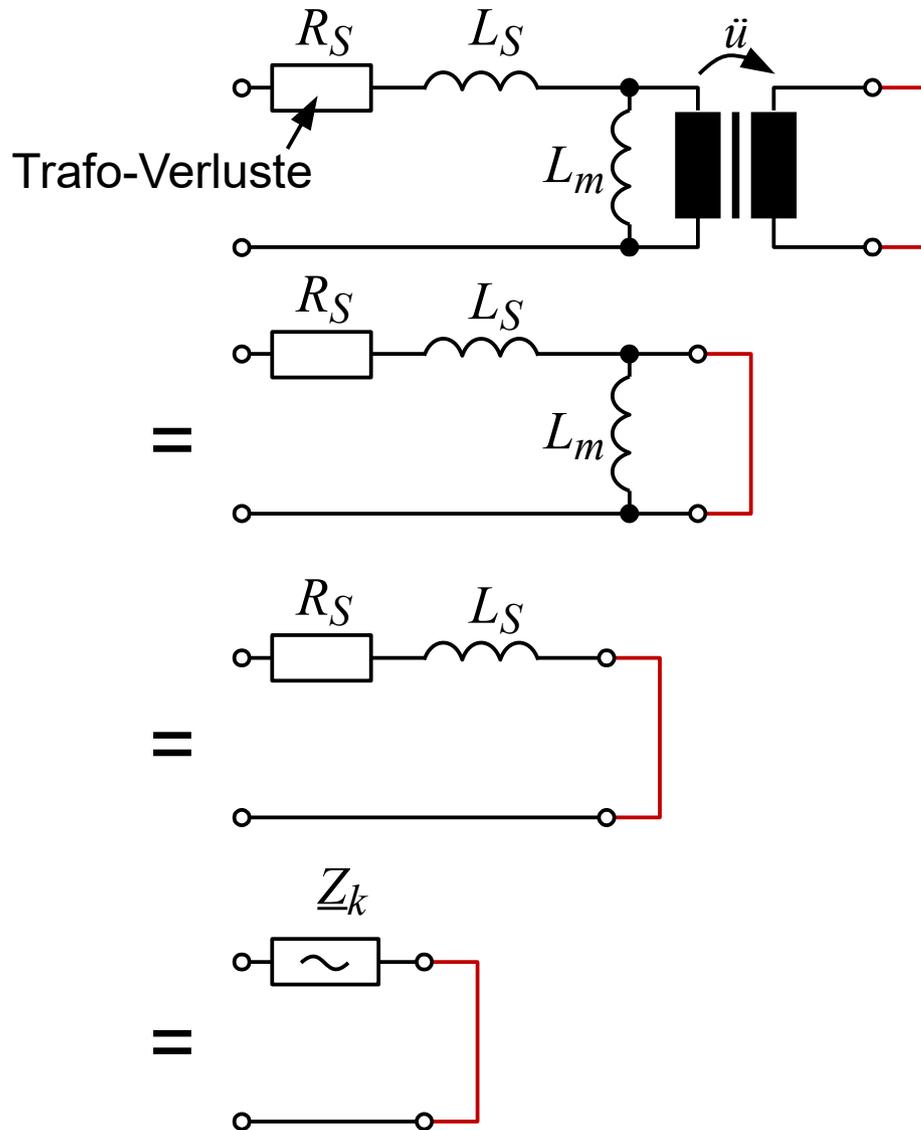
Magnetisierungs-  
verluste

$$P_m = U_N^2 / R_m$$

Alle Verluste  
zusammengefasst



# Transformator: Kurzschluss



Einphasiges Ersatzschaltbild

Die Kurzschluss-Spannung  $U_k$  ist die verkettete Spannung bei Nennstrom  $I_N$  und kurzgeschlossenem Ausgang:

$$U_k = \sqrt{3} \cdot I_N \cdot Z_k$$

Kenngroße:

Kurzschluss-Spannungsverhältnis  $u$ :

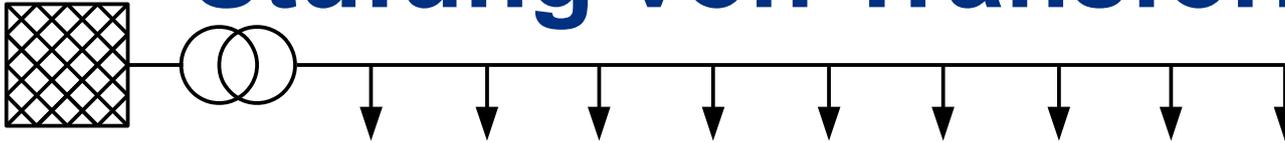
$$u = \frac{U_k}{U_N} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_N \cdot Z_k}{U_N} = \frac{S_N \cdot Z_k}{U_N^2}$$

$$u = u_R + j \cdot u_k = \frac{S_N}{U_N^2} \cdot (R_S + jX_S)$$

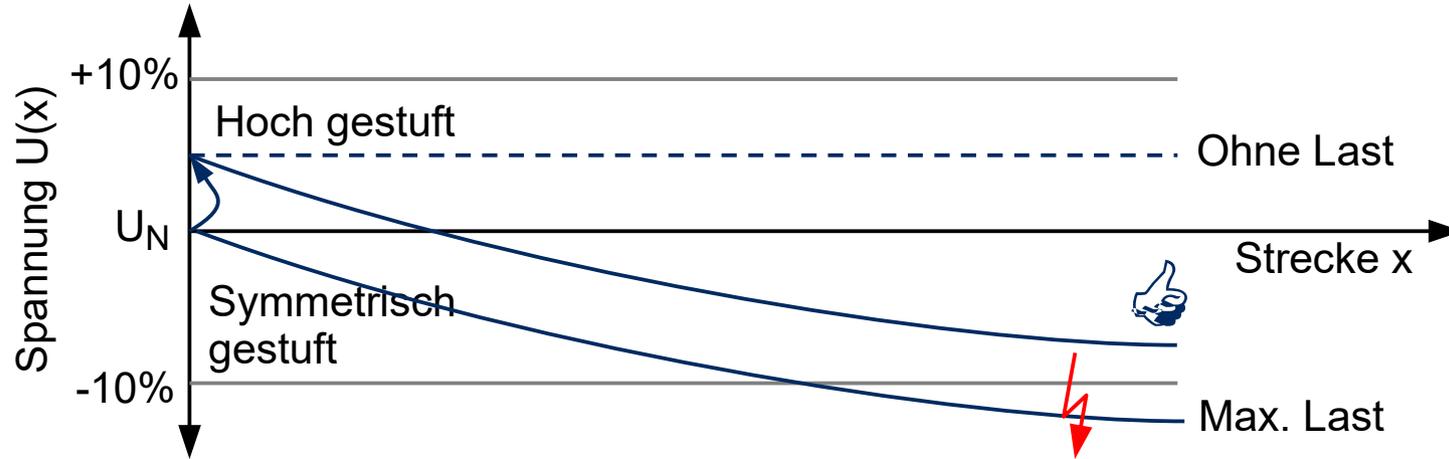
$$\underline{Z}_S = \frac{u_k \cdot U_N^2}{S_N}$$

$U_N$  = Nennspannung,  $S_N$  = Nennleistung

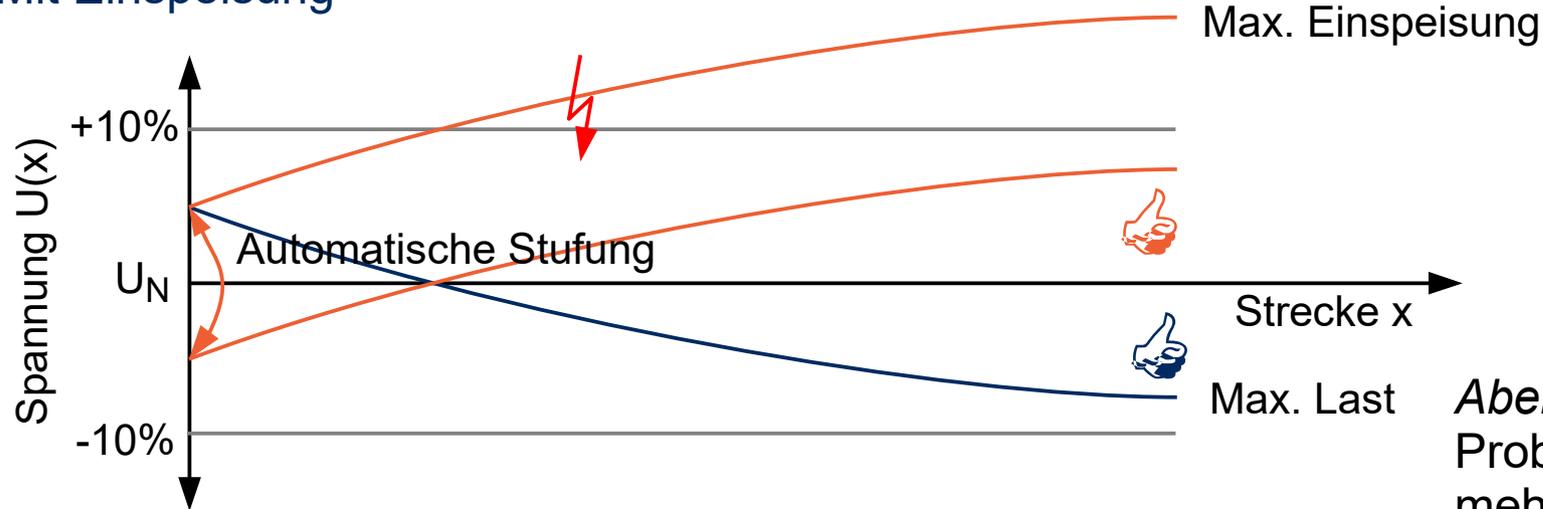
# Stufung von Transformatoren



Ohne Einspeisung



Mit Einspeisung



*Aber:*  
Problem bei  
mehreren Strängen!

# Regelbarer Ortsnetztransformator (RONT)



# 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/>

