

# Elektrische Netze

Blindleistung –  
Nutzung im Stromnetz

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

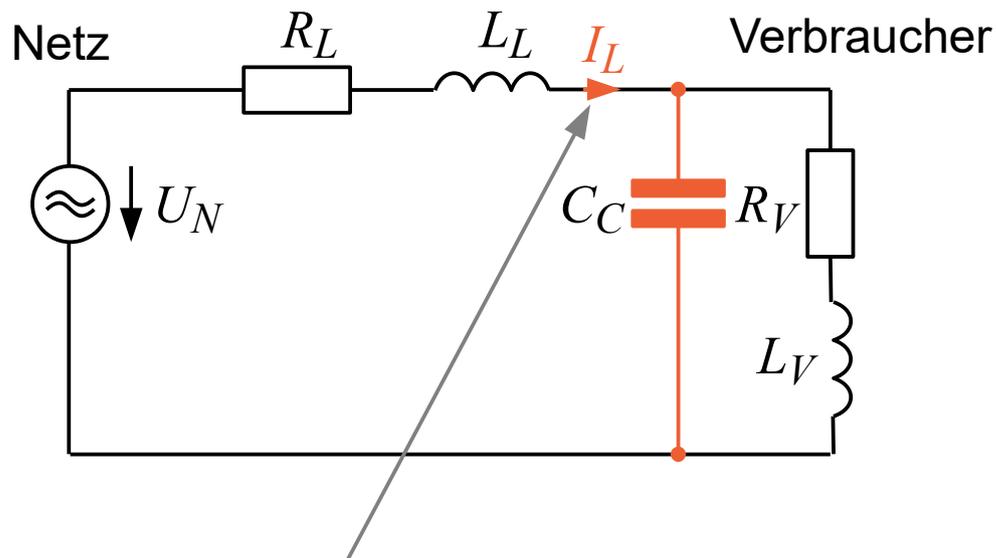


# Blindleistung im Stromnetz

- Blindleistung zur
  - Kompensation und
  - Spannungsregelung
- Blindleistungseigenschaften von Leitungen
- Blindleistung im Übertragungsnetz

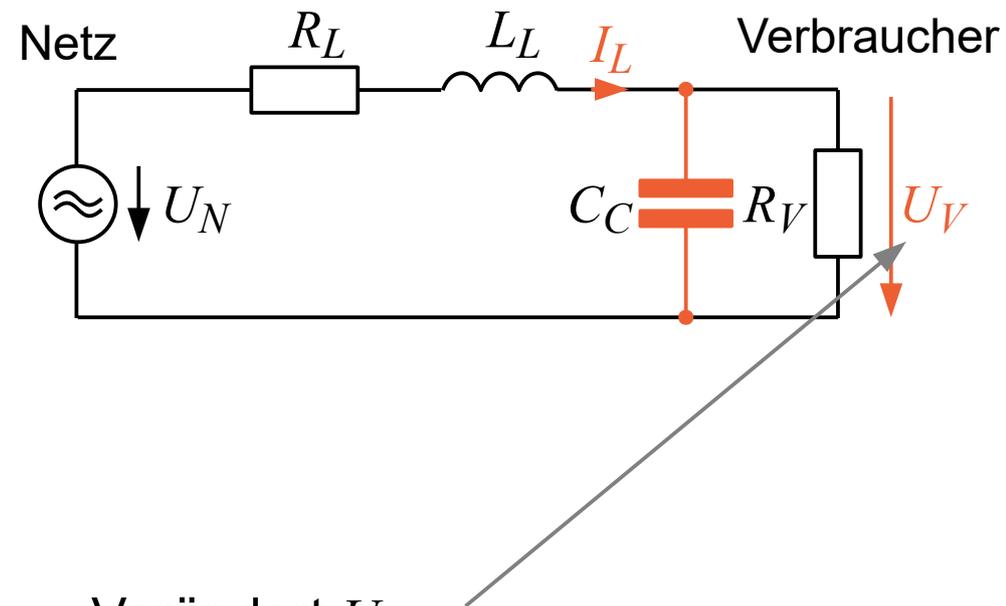
# Verwendung von Blindleistung

## Blindleistungs-Kompensation



Verringert  $I_L$  !

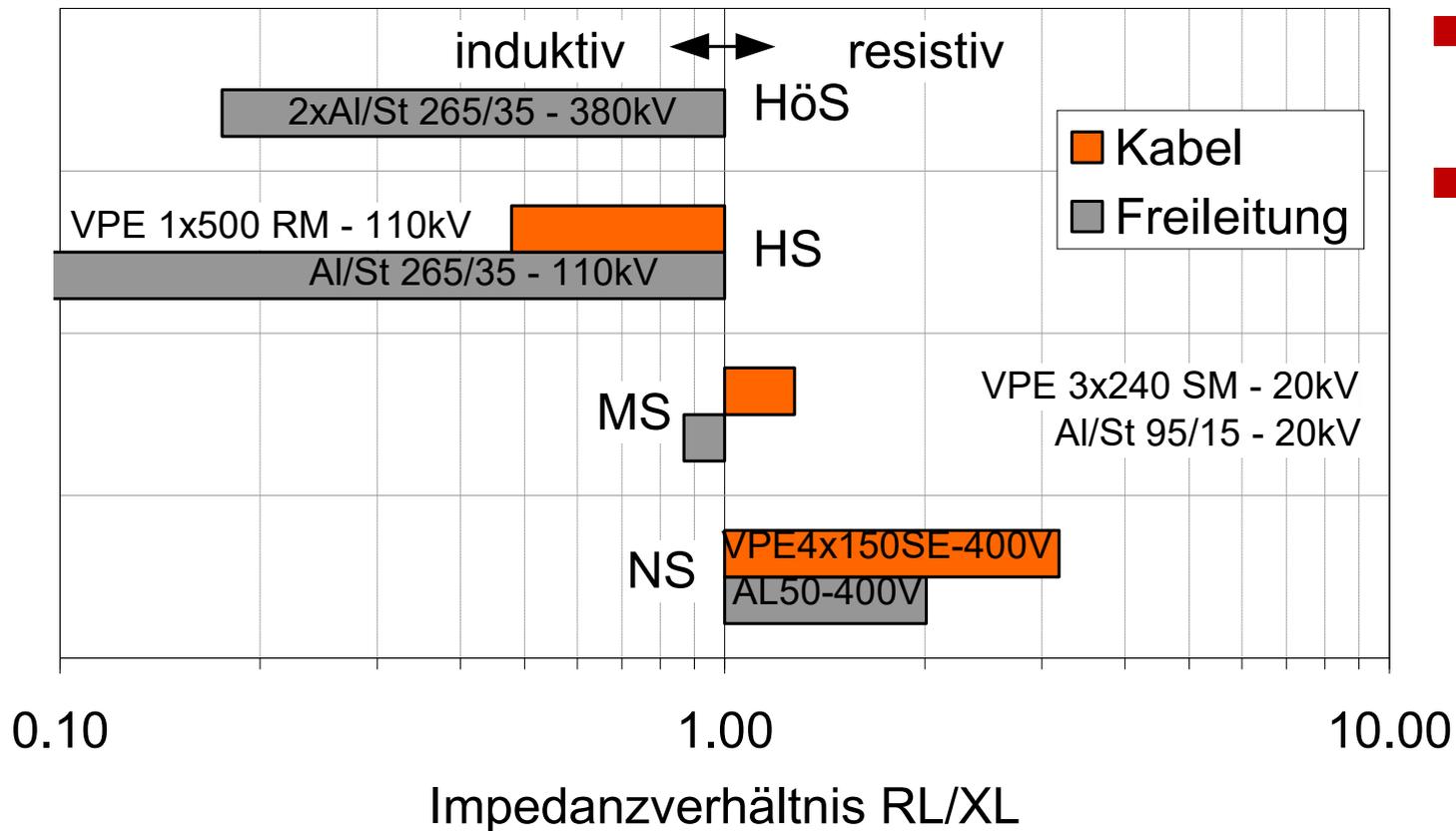
## Blindleistung zur Spannungsregelung



Verändert  $U_V$   
Aber:  
Kann  $I_L$  erhöhen!

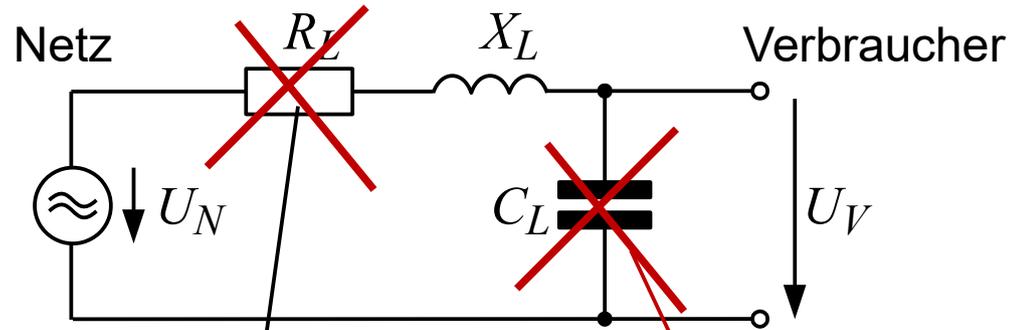
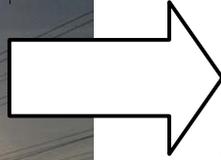
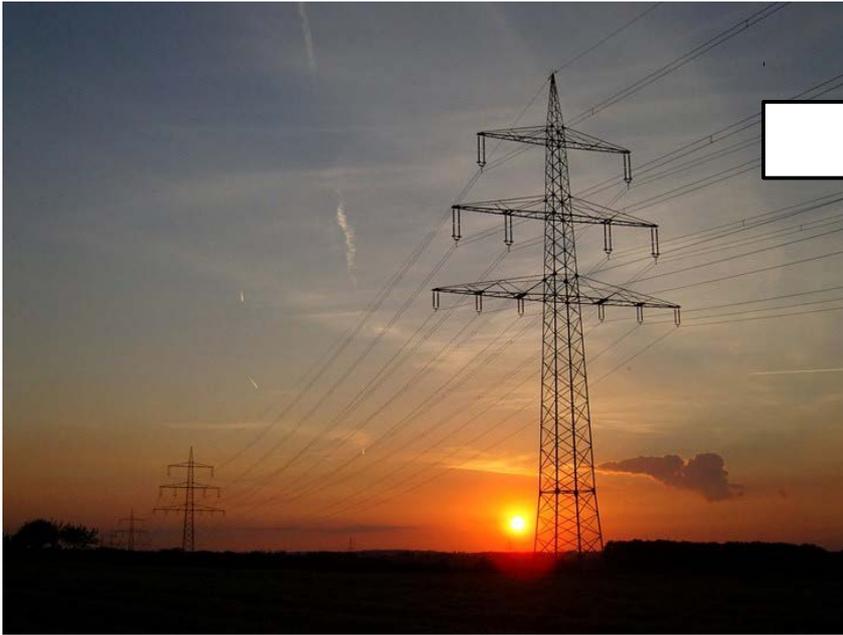
# Resistives und induktives Verhalten

Impedanzverhältnis von Leitungen und Kabeln



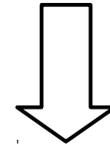
- Übertragungsnetze:
  - Überwiegend induktiv
- Verteilnetze (insbes. NS):
  - Überwiegend resistiv

# Ersatzschaltbild von Leitungen

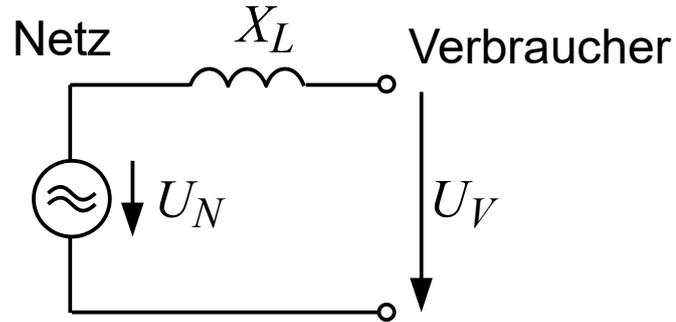


Vernachlässigbar, da  $R_L \ll X_L$  für die meisten Leitungen

Vernachlässigbar unter Last

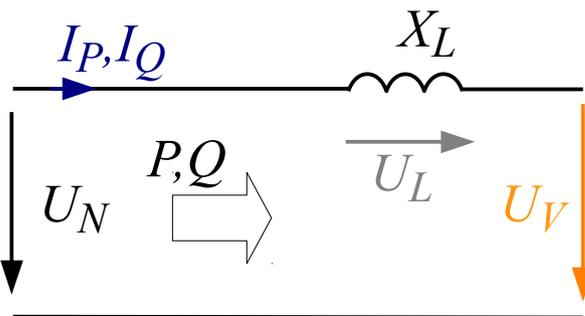


Einfachstes Ersatzschaltbild für Leitung:



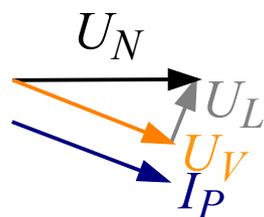
# Spannungsabfall an Leitungen

Leitung im Hochspannungsnetz:



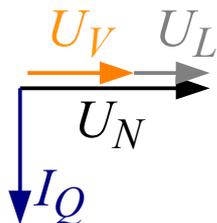
- Überwiegend als Induktivität

Wirkstrom



- Imaginärer Spannungsabfall
- Kaum Änderung der Spannungsamplitude

Blindstrom



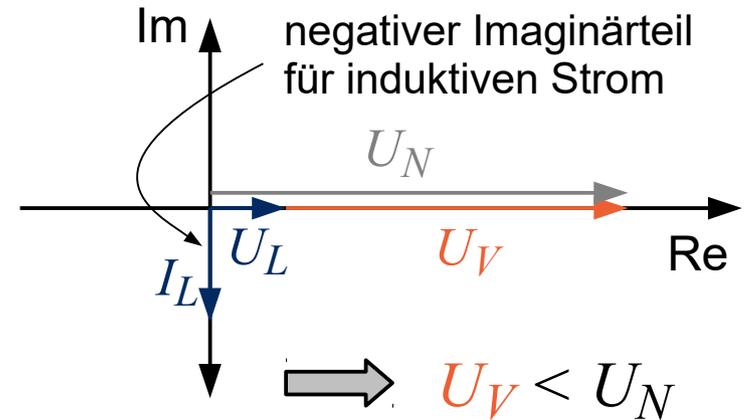
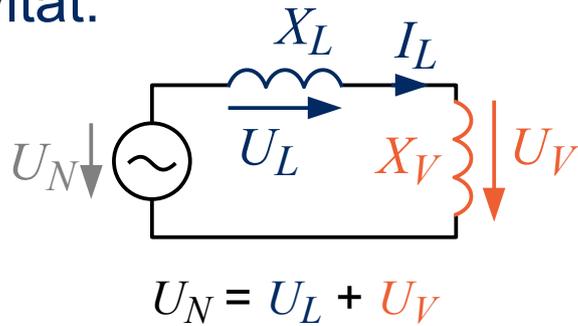
- Realer Spannungsabfall
- Große Amplitudenänderung



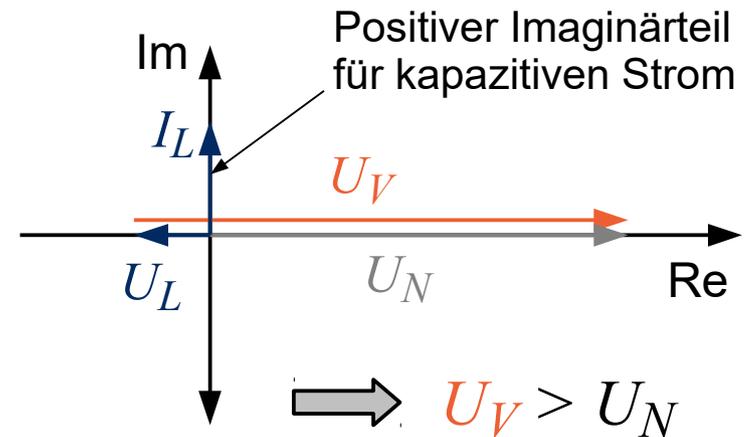
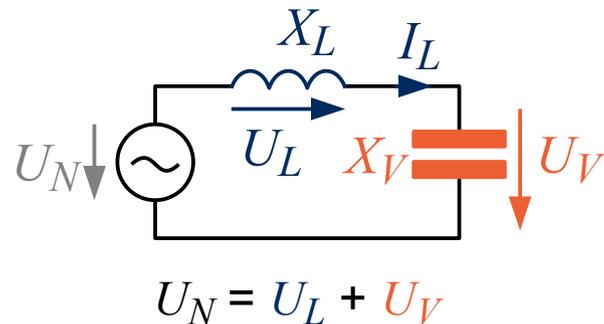
Blindleistung zur Spannungsregelung!

# Blindleistung zur Spannungseinstellung

Induktivität:



Kapazität:



**Induktivität: Spannung sinkt**  
**Kapazität: Spannung steigt**

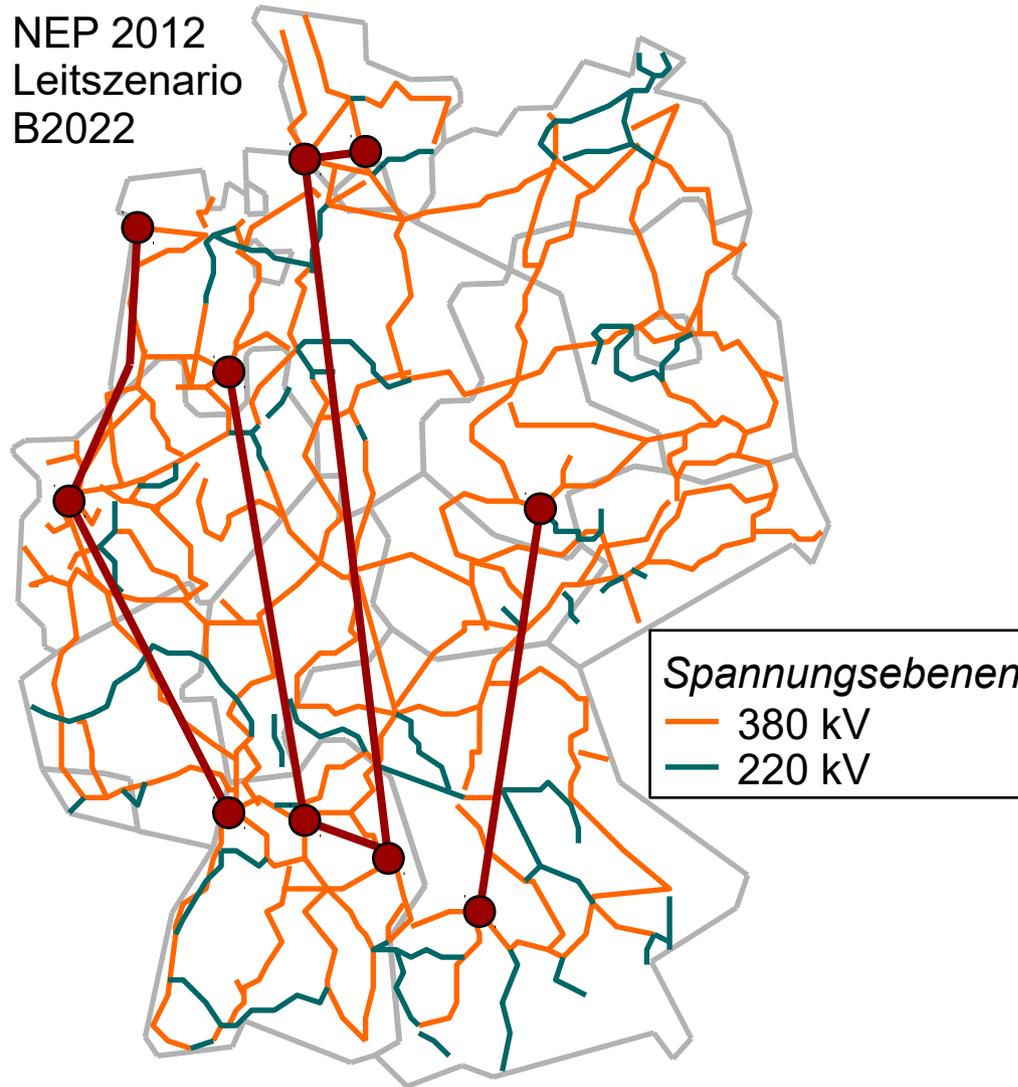
$$|(U_N)| - |(U_V)| \approx \Delta U_{RE} = I_{Re} \cdot R_L - I_{Im} \cdot X_L$$

# Wie Politiker über Erneuerbare denken



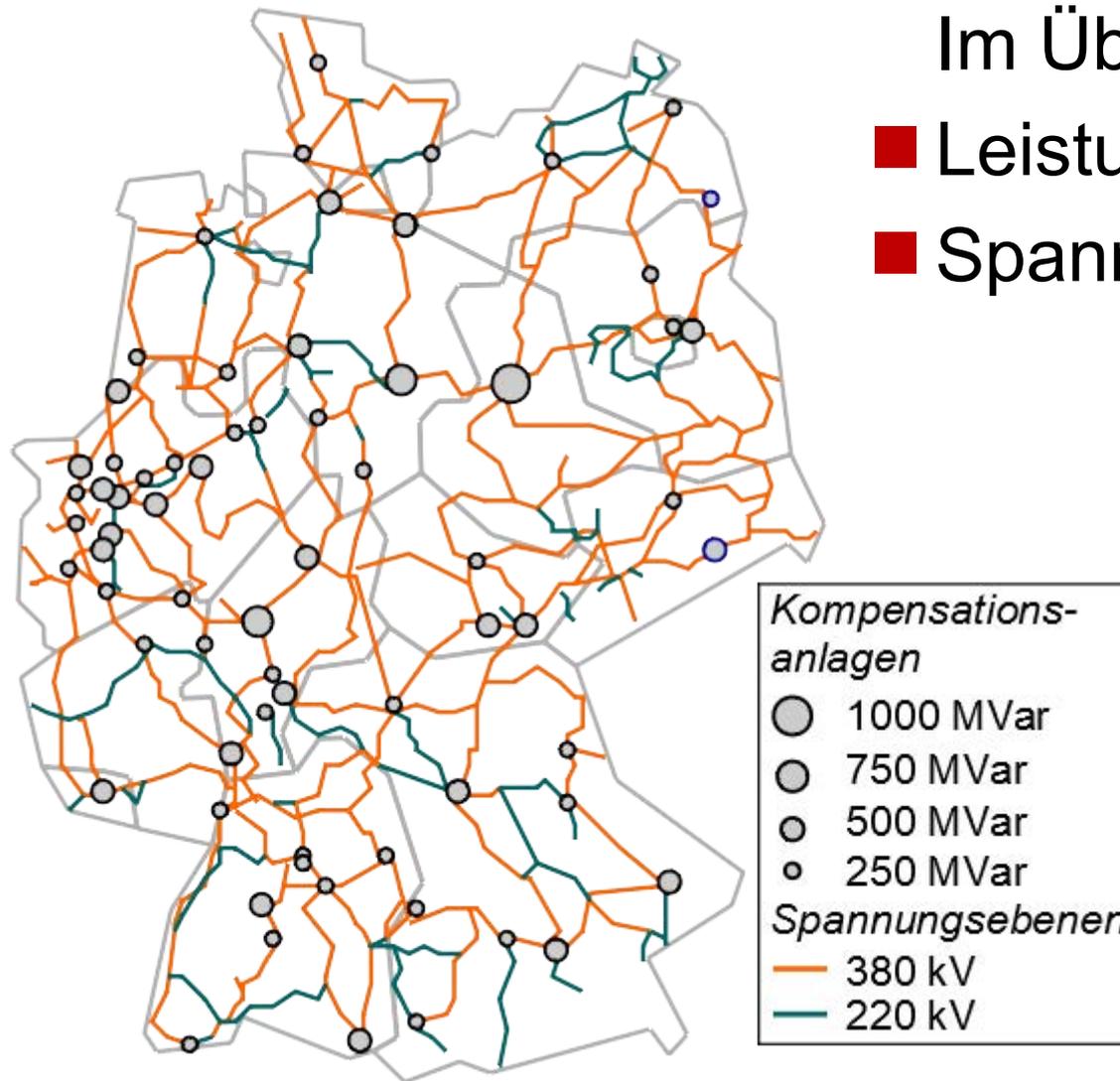
# Lange Leitungen

NEP 2012  
Leitszenario  
B2022



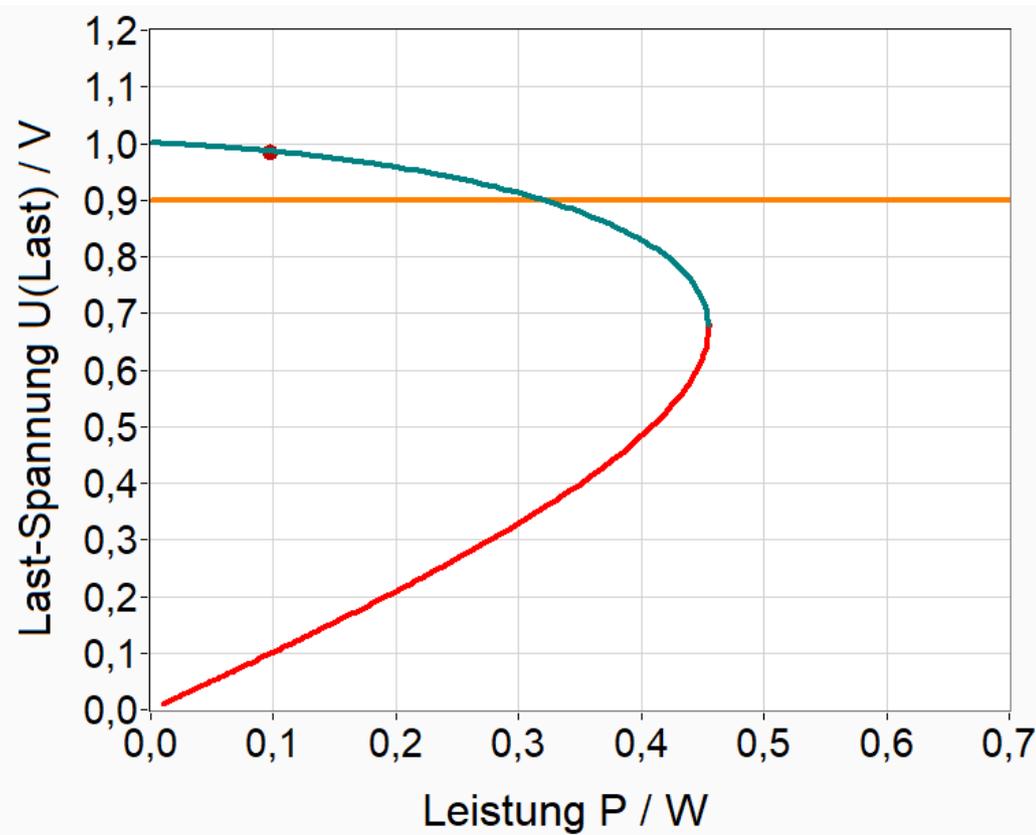
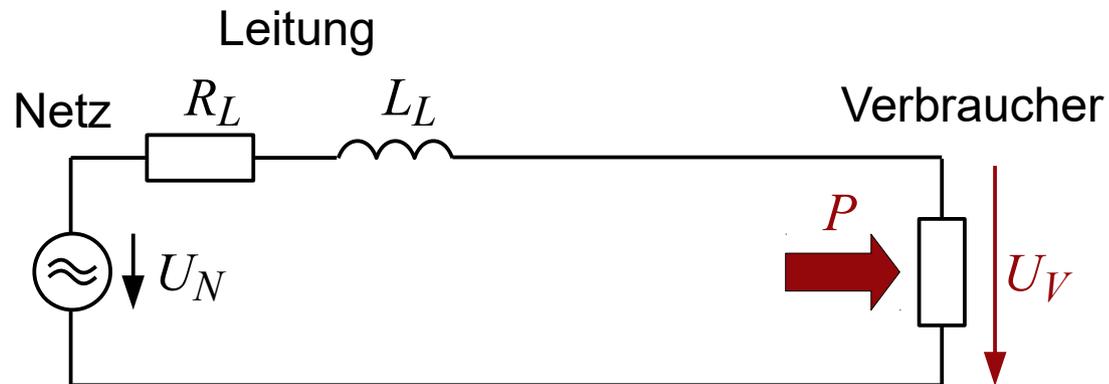
- Entfernung zwischen Generator und Verbraucher zeitweise größer
- Spannungabfall limitiert übertragbare Leistung
- **Blackout-Risiko:** Spannungskollaps

# Kompensationsanlagen (Phasenschieber)

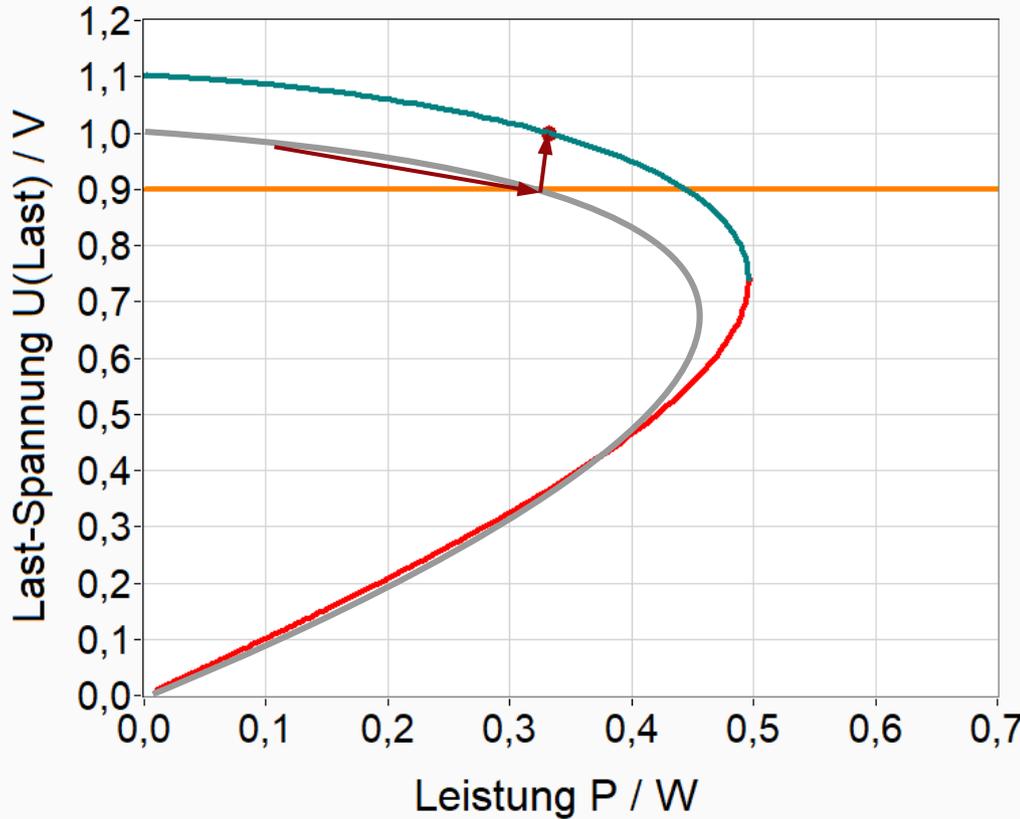
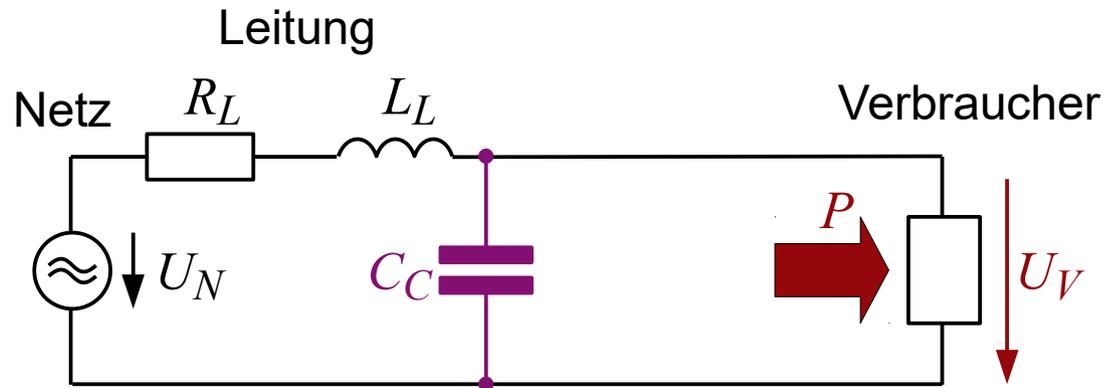


- Im Übertragungsnetz zur
- Leistungsfluss-Regelung
  - Spannungs-Regelung

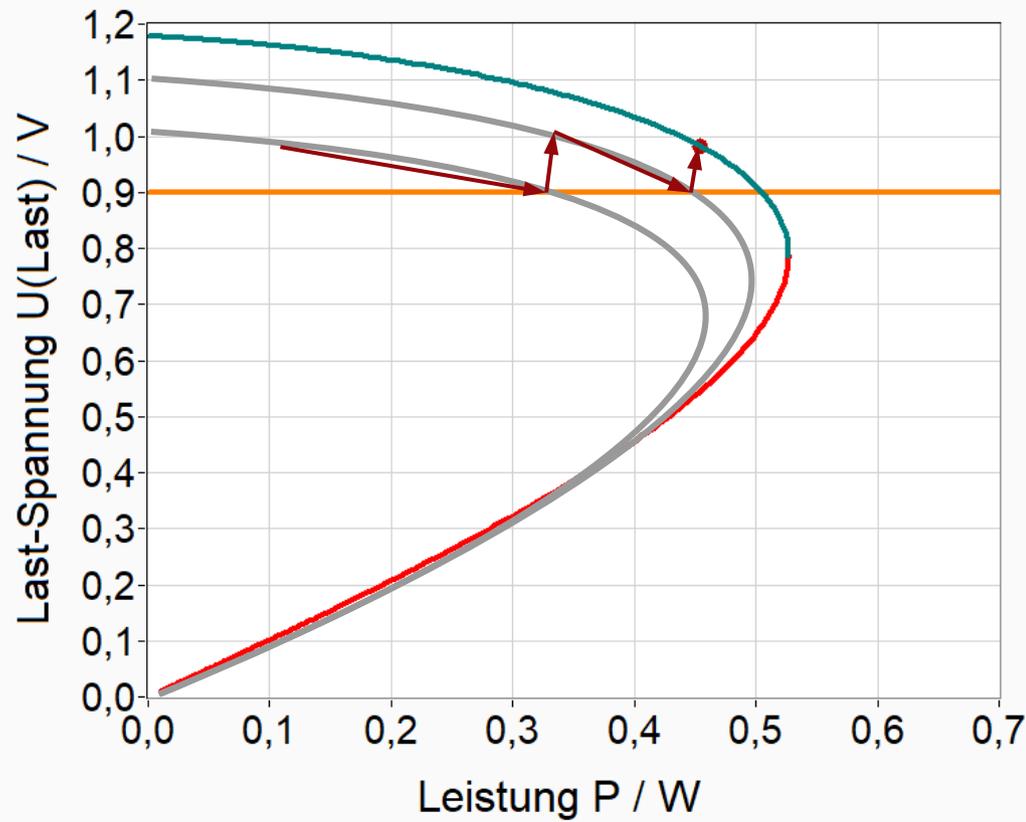
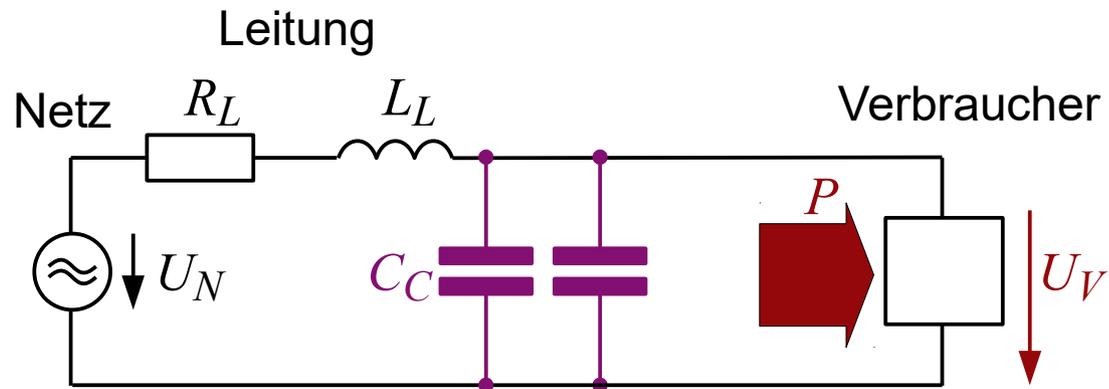
# Spannung an langen Leitungen



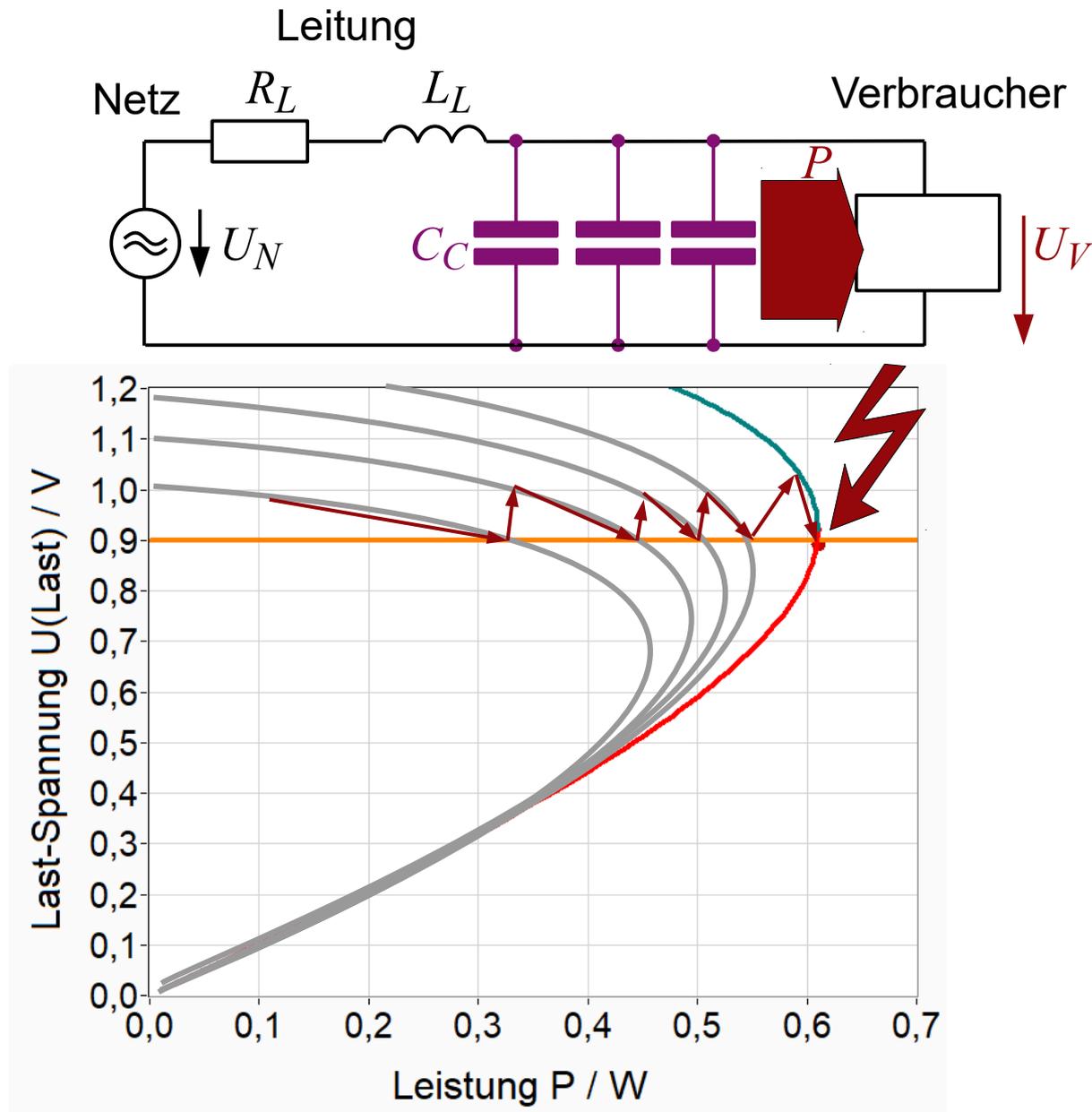
# Spannung an langen Leitungen



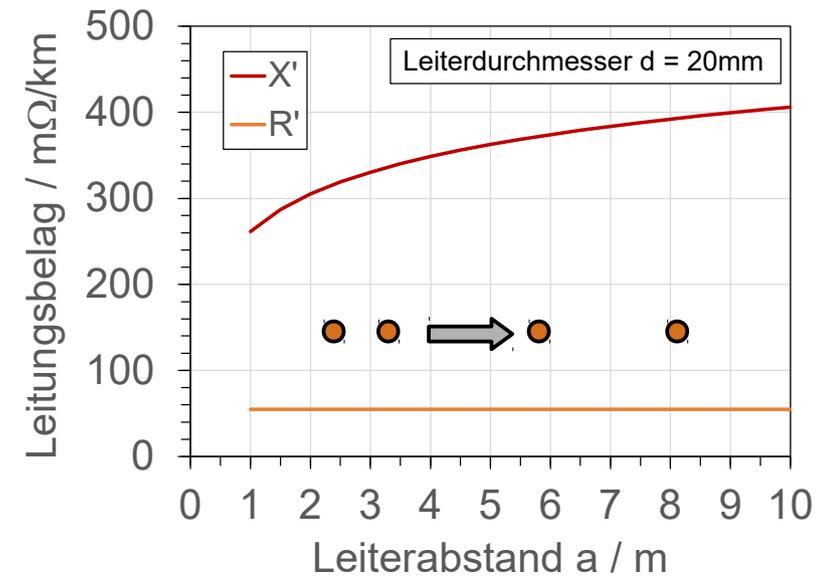
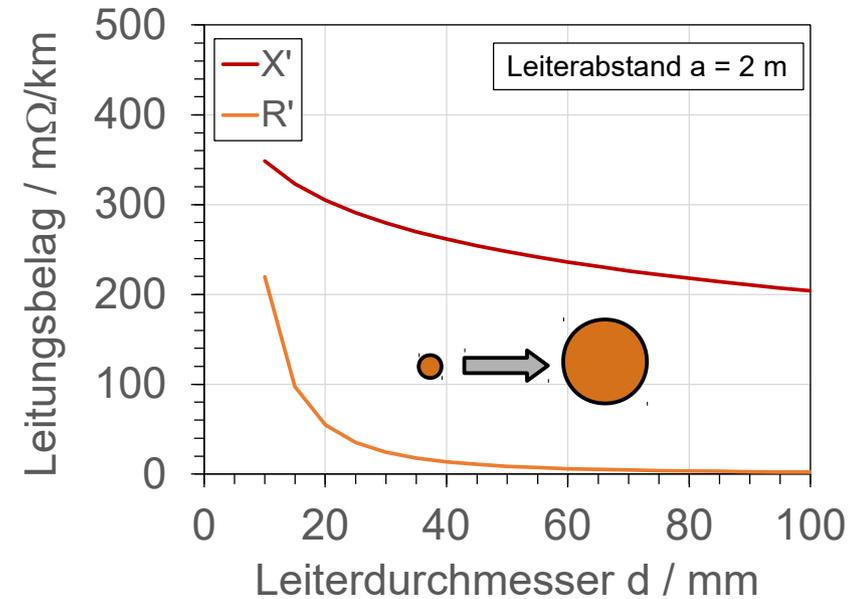
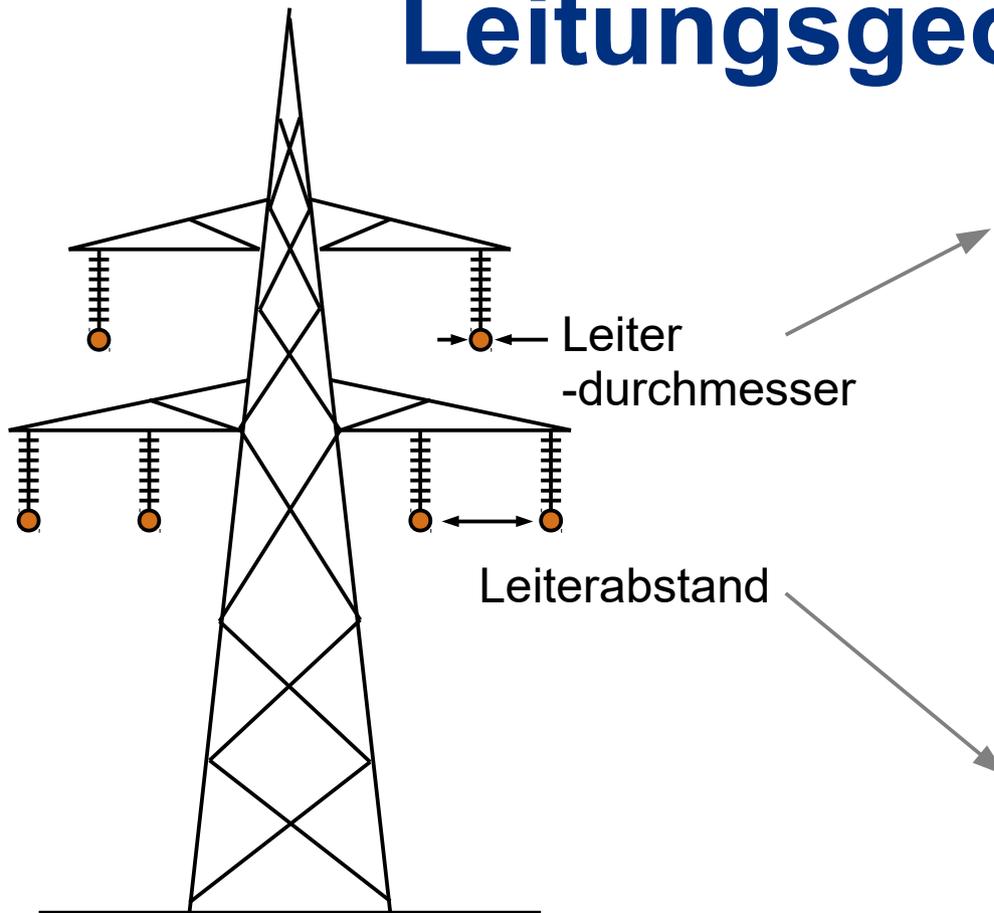
# Spannung an langen Leitungen



# Spannung an langen Leitungen



# Leitungsgeometrie



Leitungsreaktanz kann durch Optimierung der Geometrie nicht signifikant geändert werden!

Lösungen:

- Parallele Leitungen
- Gleichstrom (HGÜ)

# 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:*

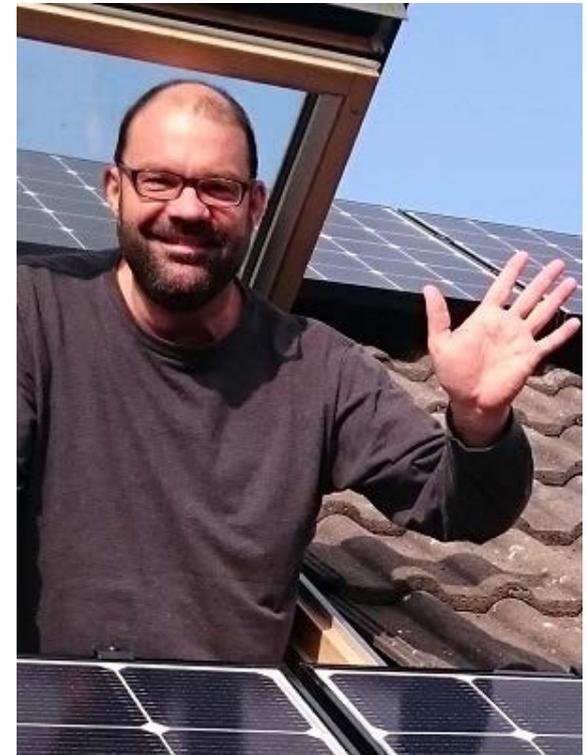
- Das Material teilen und bearbeiten

*Unter folgenden Bedingungen:*

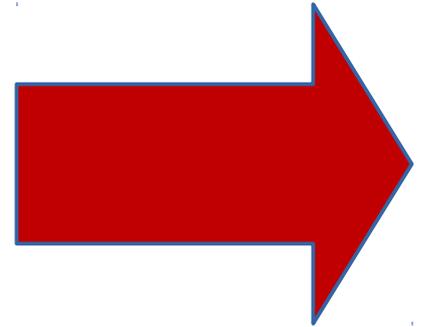
- Namensnennung
- Nicht für kommerzielle Zwecke
- Weitergabe unter gleichen Bedingungen

*Details siehe:*

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



# Anhang



# Anhang: Kabel- und Freileitungsdaten

<i>Typ</i>	<i>Bezeichnung</i>	<i>Anwendungsbereich</i>	<i>max. Nennspannung / kV</i>	<i>Widerstandsbelag / [mOhm/km]</i>	<i>Induktivitätsbelag / [uH/km]</i>	<i>Induktive Reaktanz bei 50Hz / [mOhm/km]</i>	<i>Impedanzverhältnis R/XL</i>
Freileitung	2xAl/St 265/35	Höchstspannung	380	55	1000	314.2	0.18
Freileitung	Al/St 265/35	Hochspannung	110	10	1200	377.0	0.027
AC-Kabel	VPE 1x500 RM	Hochspannung	110	60	400	125.7	0.48
Freileitung	Al/St 95/15	Mittelspannung	20	300	1100	345.6	0.87
AC-Kabel	VPE 3x240 SM	Mittelspannung	20	120	300	94.2	1.27
Freileitung	Al 50	Niederspannung	0.4	600	950	298.5	2.01
AC-Kabel	VPE 4x150 SE	Niederspannung	0.4	200	200	62.8	3.18