

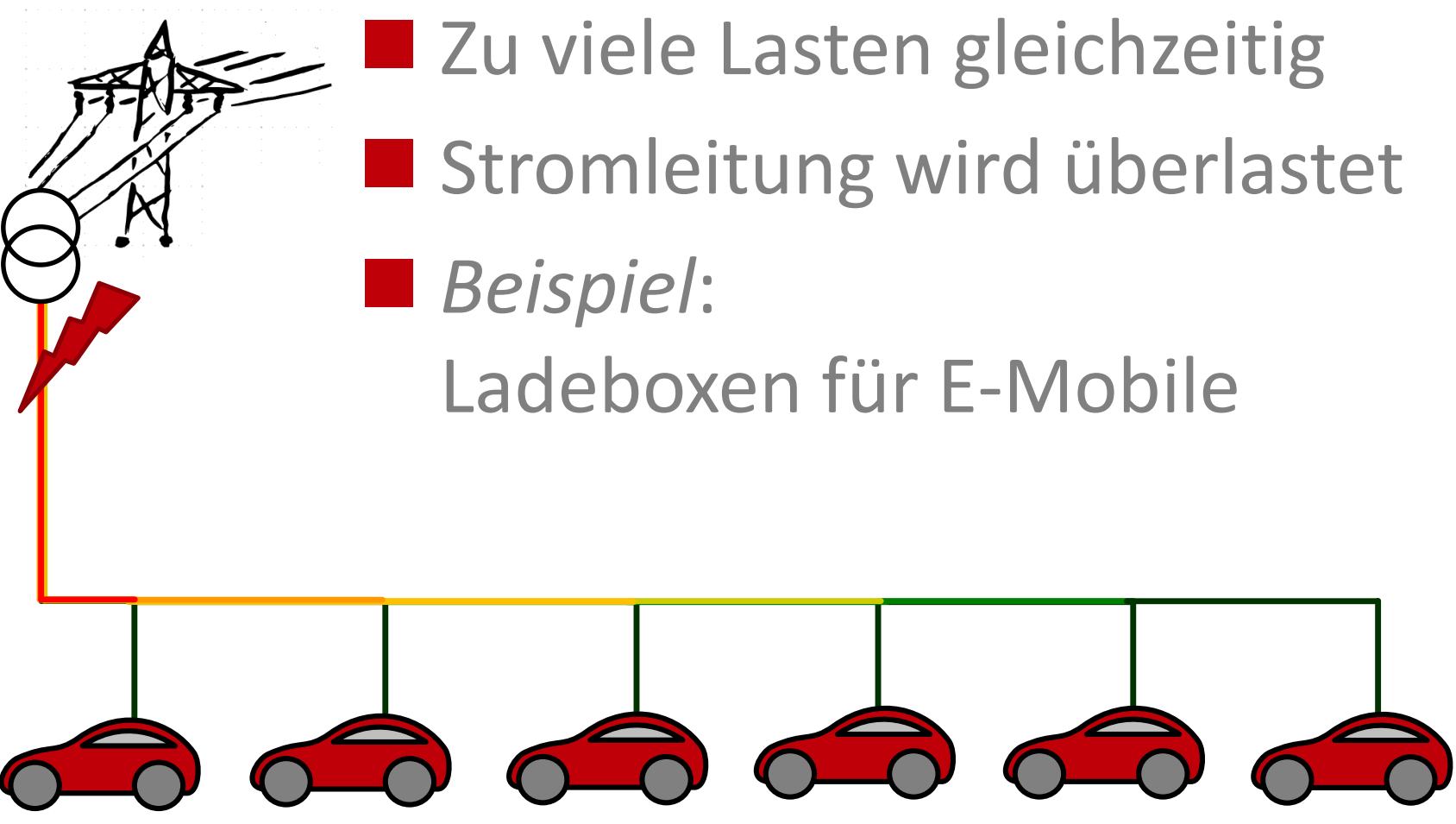
Swarm Grids – Verteilte Stromnetzsteuerung für verteilte erneuerbare Energieerzeugung

Technology
Arts Sciences
TH Köln

Eberhard Waffenschmidt, Christian Hotz, Sergej Baum, Ingo Stadler
TH-Köln, Betzdorferstr. 2, 50679 Köln, eberhard.waffenschmidt@th-koeln.de
Zukünftige Stromnetze, 26.-27. Jan. 2022



Problem



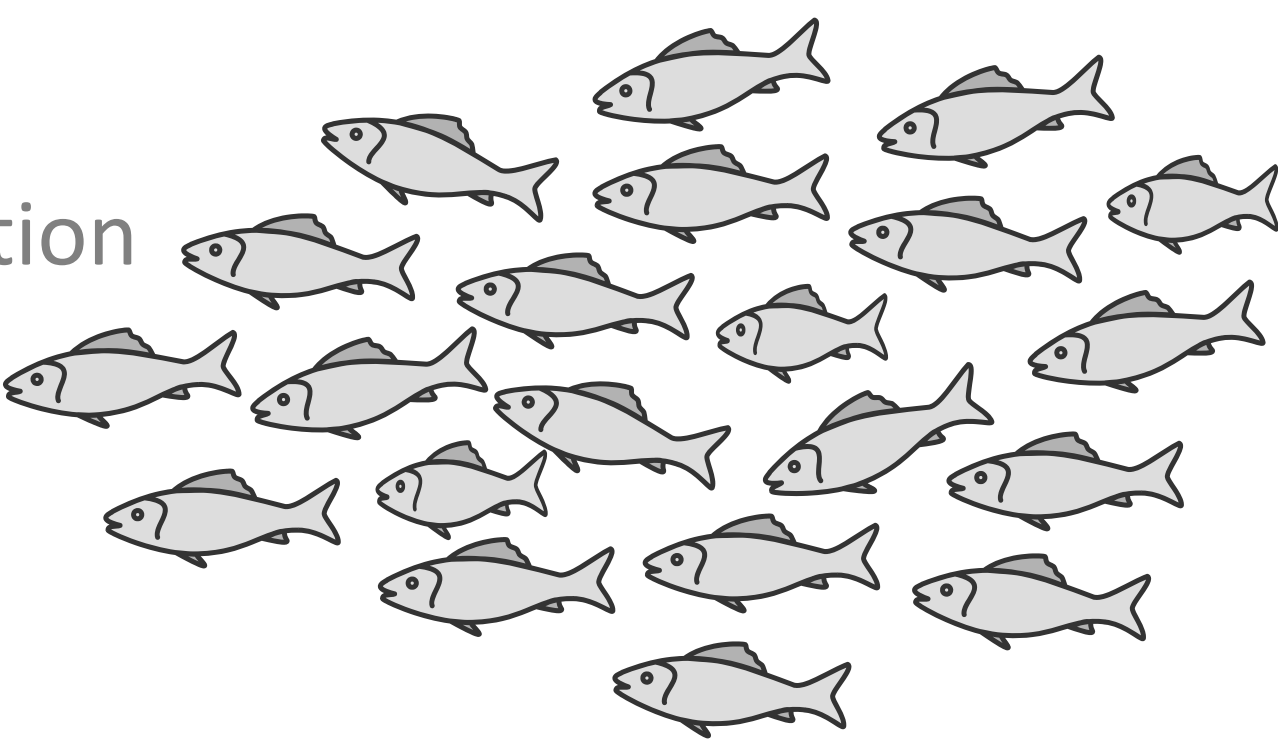
- Zu viele Lasten gleichzeitig
- Stromleitung wird überlastet
- *Beispiel:* Ladeboxen für E-Mobile

Idee

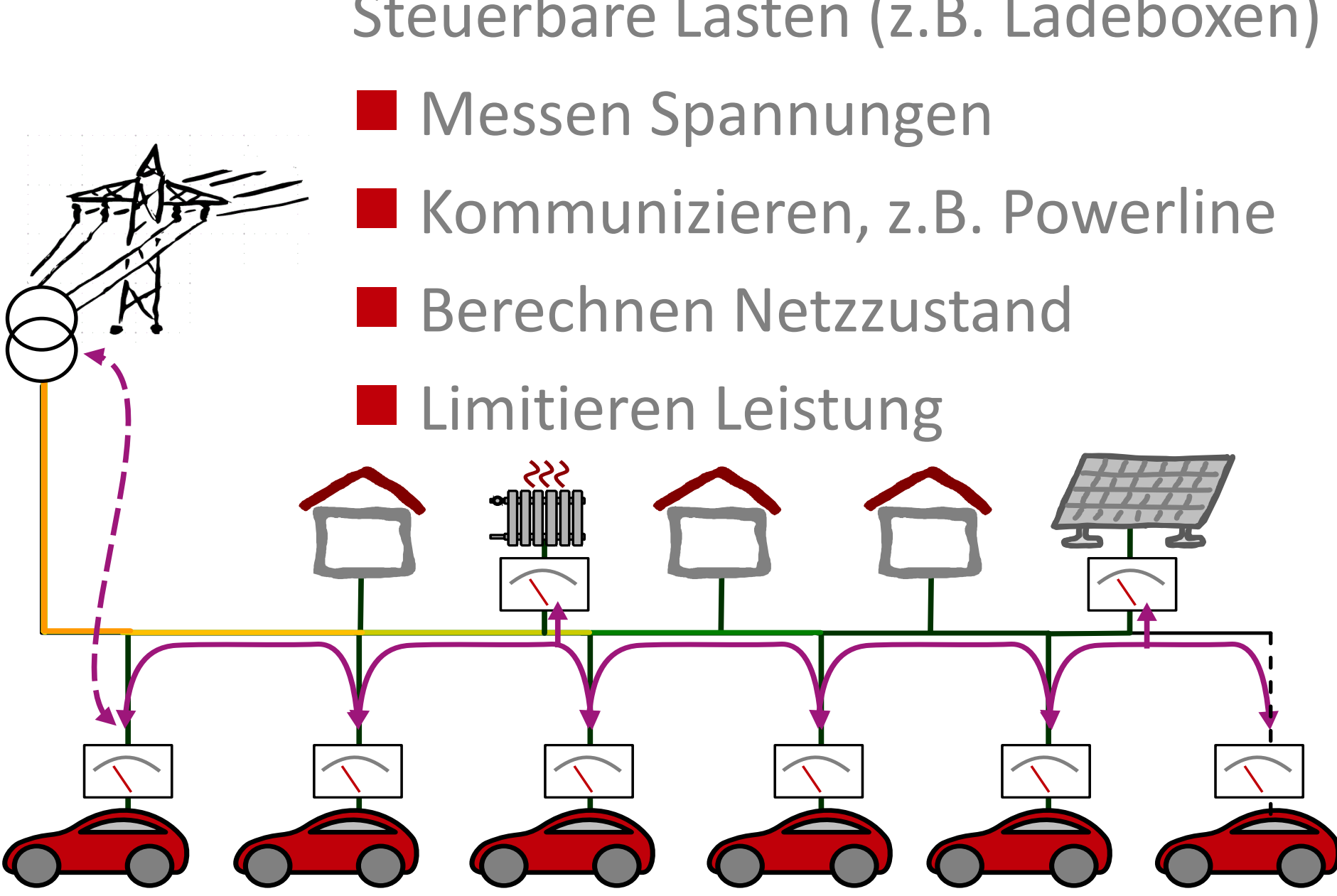
- Steuerung durch **Schwarmprinzip**

Gemeinsames Ziel durch

- Messung
- Kommunikation
- Reaktion



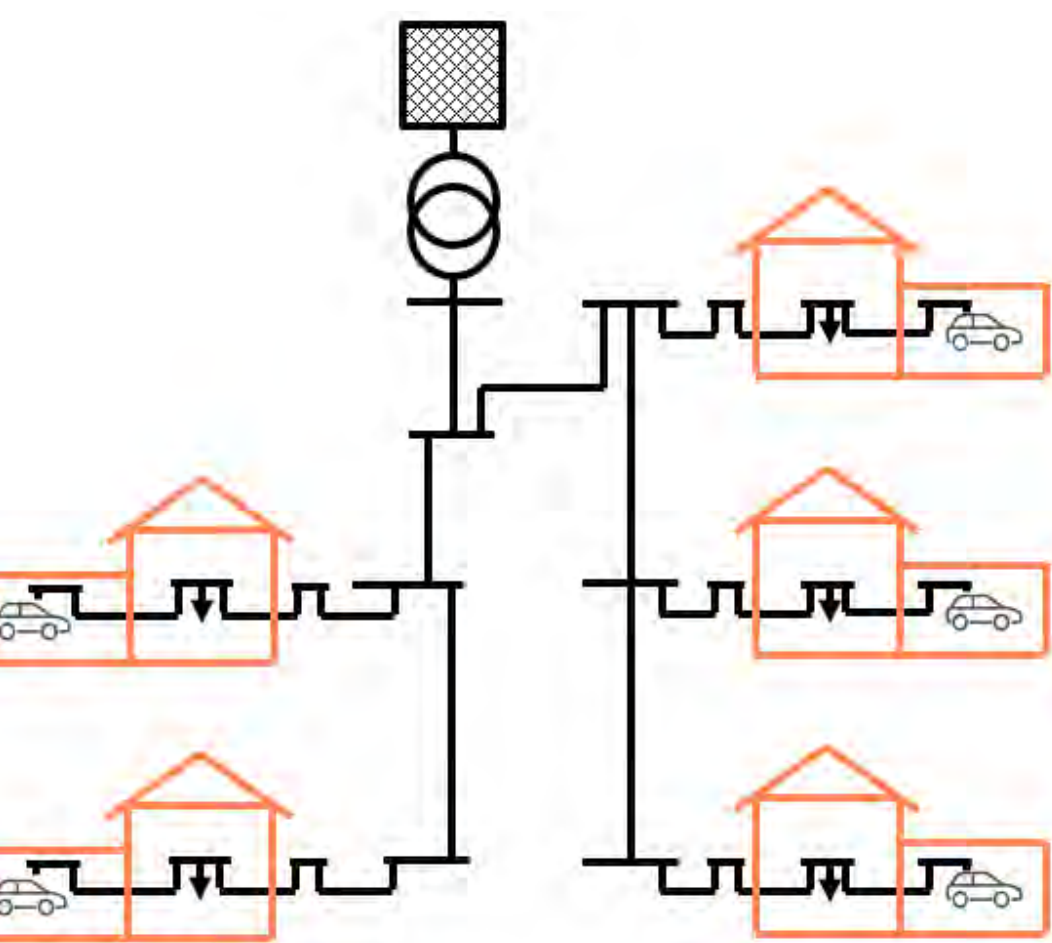
Anwendung



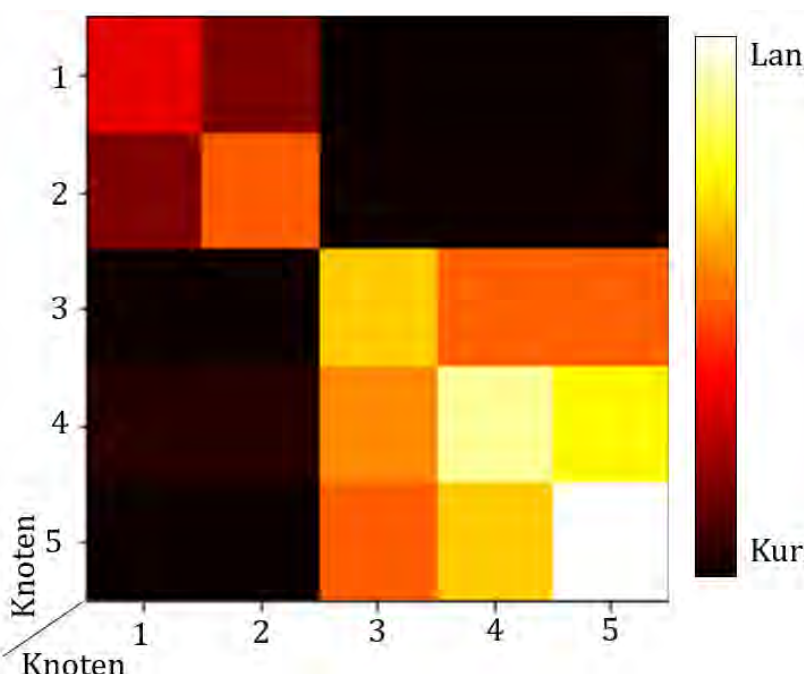
- Steuerbare Lasten (z.B. Ladeboxen)
- Messen Spannungen
- Kommunizieren, z.B. Powerline
- Berechnen Netzzustand
- Limitieren Leistung

Netz-Topologie-Erkennung

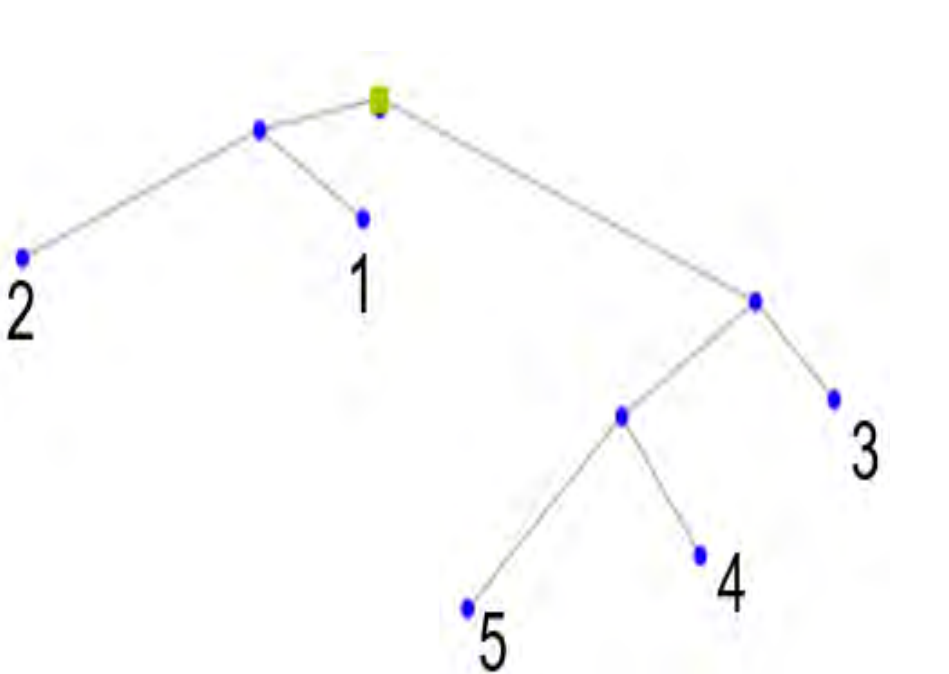
Beispiel-Netz



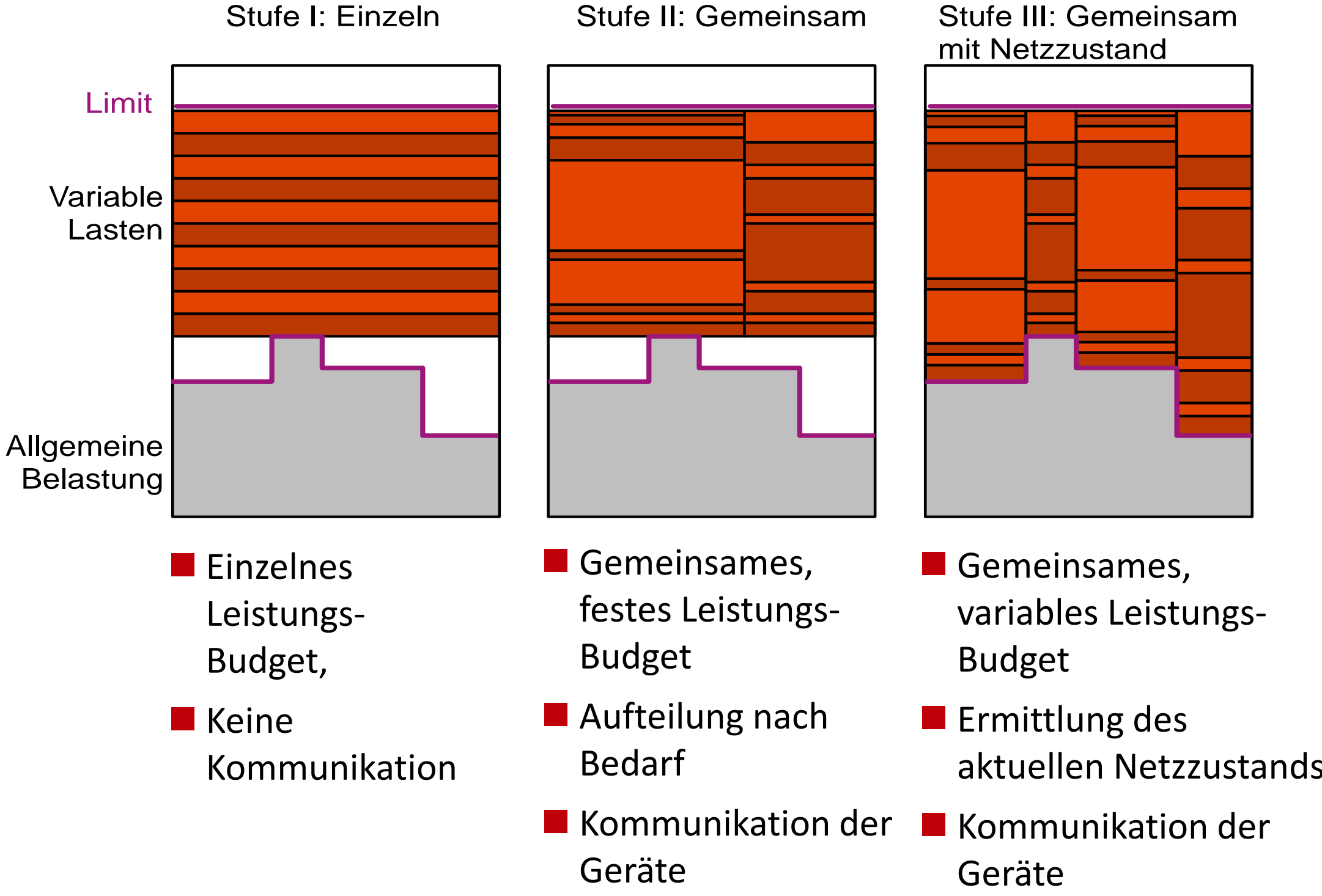
Matrix gemeinsamer Leitungen



Erkannte Netz-Topologie

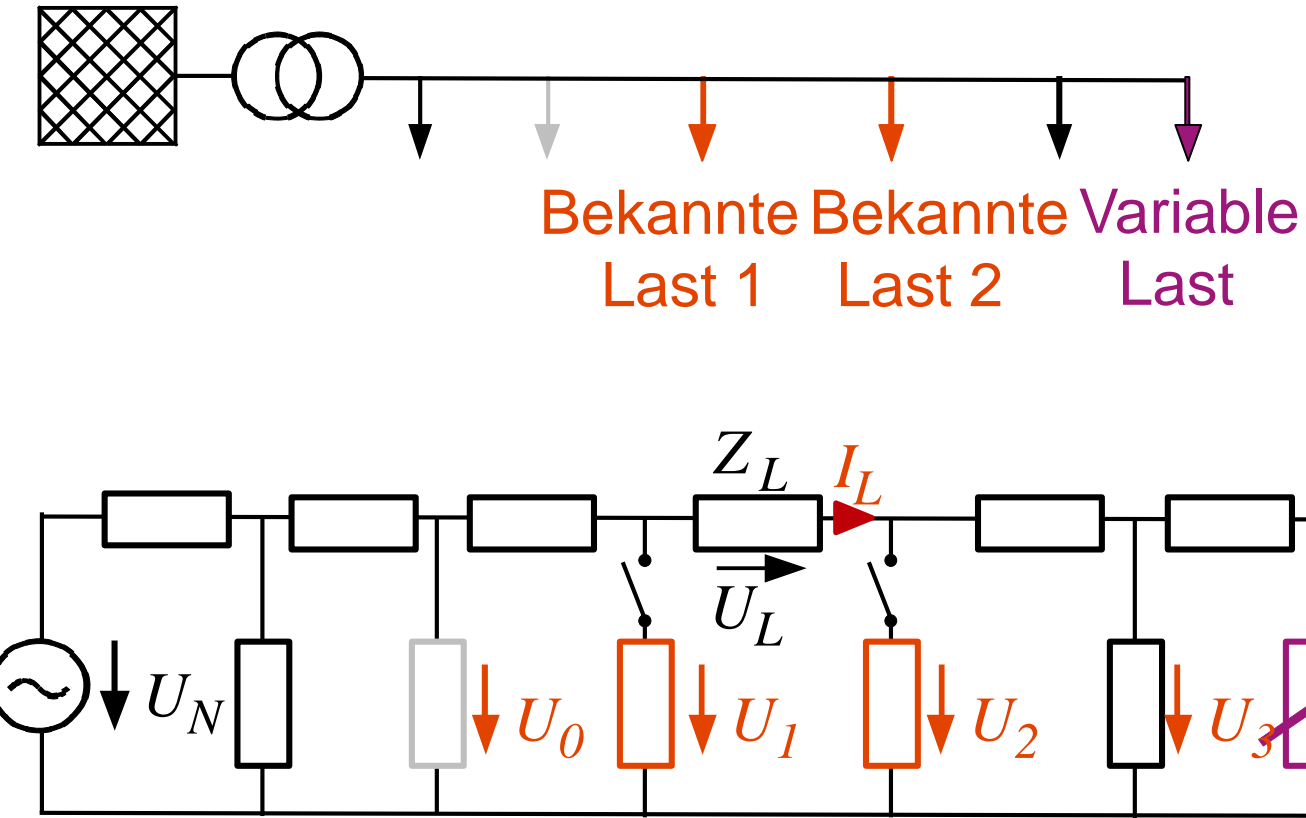


Kommunikation in 3 Stufen



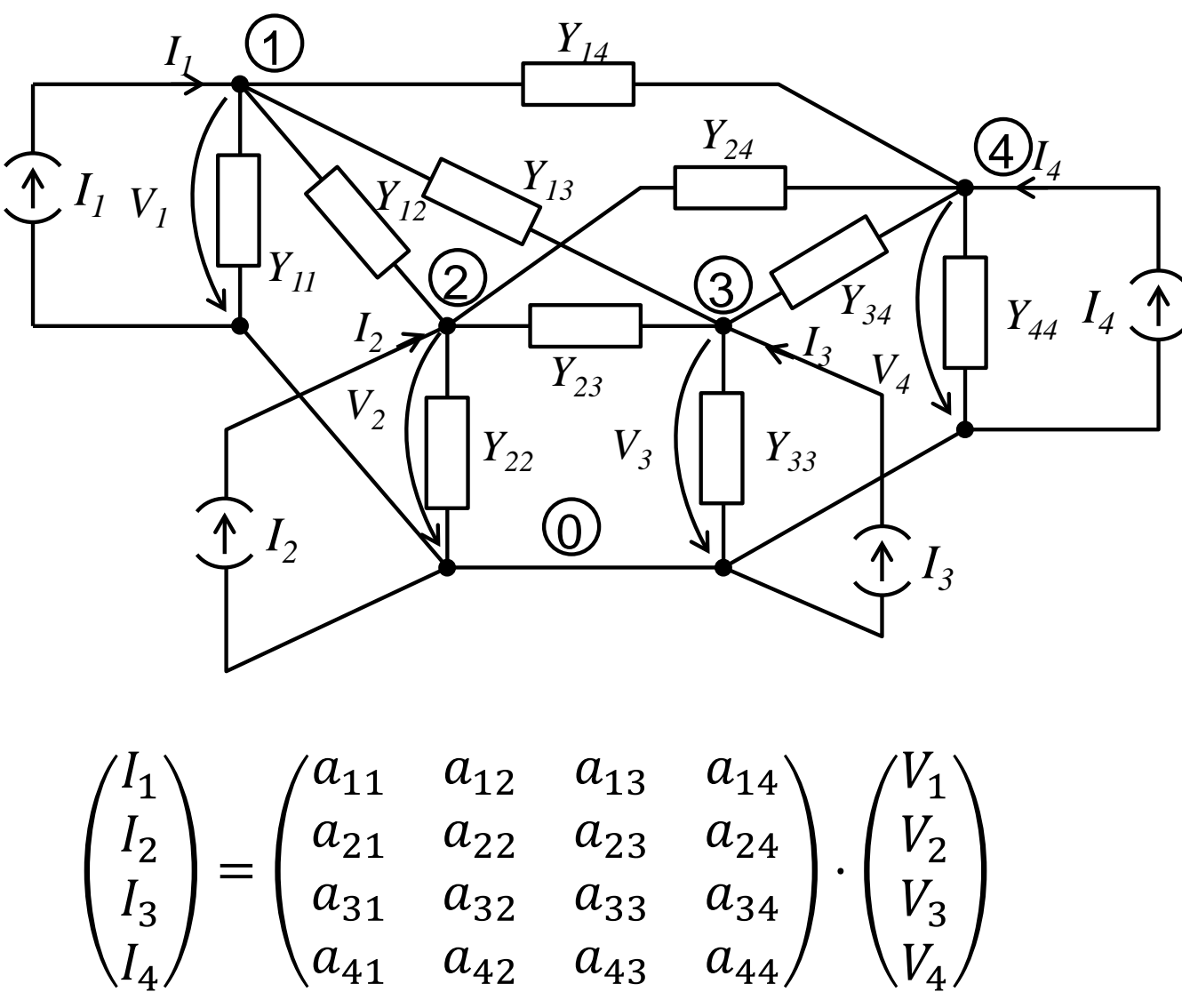
Netz-Zustands-Erkennung

Prinzip mit zwei Knoten



- Spannung an zwei Knoten
- => Spannungsdifferenz
- => Leitungsstrom

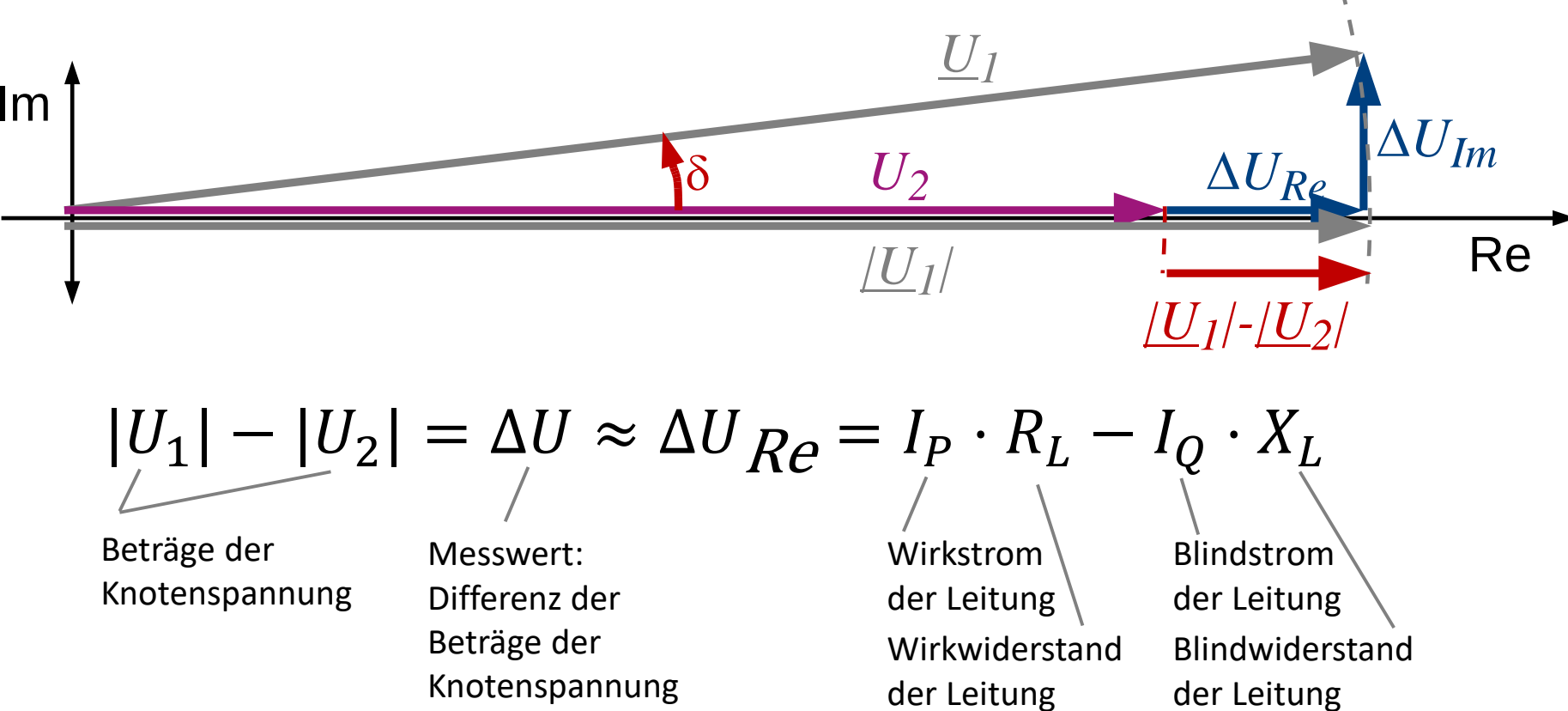
Mehr als zwei Knoten



- Admittanzmatrix aus Knotenpotentialverfahren
- n bekannte Spannungen und Lastströme
- Umformen des Gleichungssystems
- => Ströme und Spannungen an n ungemessenen Knoten

Netz-Zustands-Erkennung mit Spannungsmessung ohne Spannungswinkel

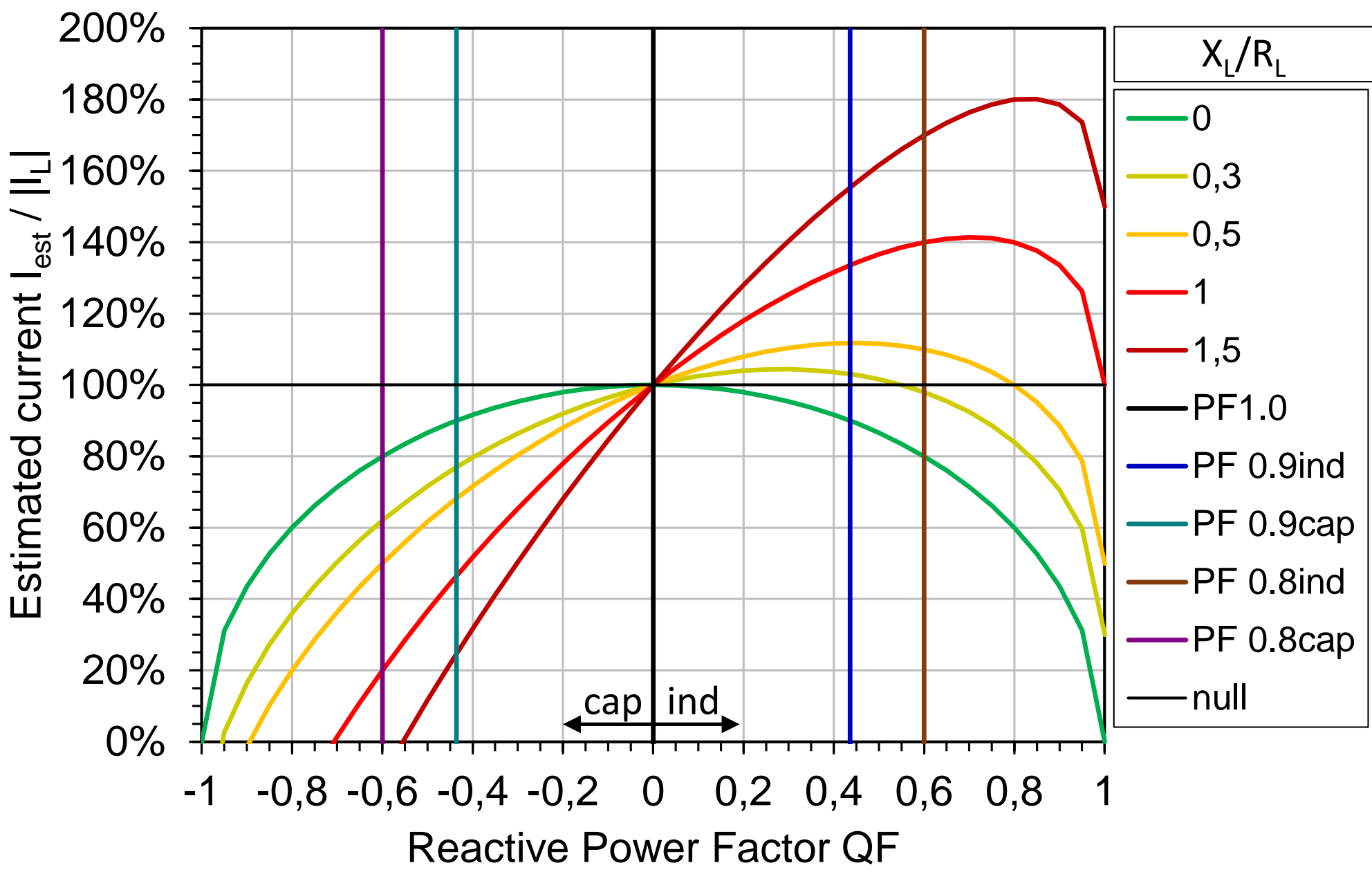
Spannungsdifferenz zwischen zwei Knoten



Fehler bei falscher Annahme von reellem Leitungsstrom:

$$\frac{I_{Lest}}{|I_L|} \approx \sqrt{1 - QF^2} + QF \cdot \frac{X_L}{R_L}$$

Geschätzter Leitungsstrom bezogen auf tatsächlichen Leitungsstrom



- Typische Verhältnisse X_L/R_L
 - Niederspannung: 0,3...0,5
 - Mittelspannung: 1,0
 - Hochspannung: 3..10
- Niederspannung:
 - Induktive Ströme: Abweichung <10%
 - Kapazitive Ströme: relevant nur bei kleinen Leistungen
 - => Leitungsstrom-Schätzung ohne Spannungswinkel möglich
- Mittel- und Hochspannung:
 - Spannungswinkelmessung notwendig

Zusammenfassung

Dezentrale Netzsteuerung durch Schwarmprinzip

- Messung
- Kommunikation
- Reaktion

Konkrete Umsetzung

- Kommunikation mit Powerline
- Netz-Topologie-Erkennung
- Netz-Zustands-Erkennung

Vorteile

- Resilient
- Keine Investition notwendig in zentrales Steuersystem
- Schnell umsetzbar

Teil des Forschungsprojektes PROGRESSUS

Gefördert durch:
Bundesministerium für Bildung und Forschung, Rahmenprogramm der Bundesregierung für Forschung und Innovation 2016-2020 "Mikroelektronik aus Deutschland - Innovationstreiber der Digitalisierung", Förderkennzeichen 16ME0006 sowie
Fördermittel der EU, RPME- ECSEL Joint Undertaking, Electronic Components and Systems for European Leadership Joint Undertaking under grant agreement No 876868. This Joint Undertaking receives support from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme and Germany, Netherlands, Spain, Italy, Slovakia."



Kontakt:
Prof. Dr. Eberhard Waffenschmidt
TH-Köln,
Betzdorferstr. 2, 50679 Köln,
eberhard.waffenschmidt@th-koeln.de
+49 221 8275 2020
<https://www.th-koeln.de/personen/eberhard.waffenschmidt/>
oder
www.100-pro-erneuerbare.com