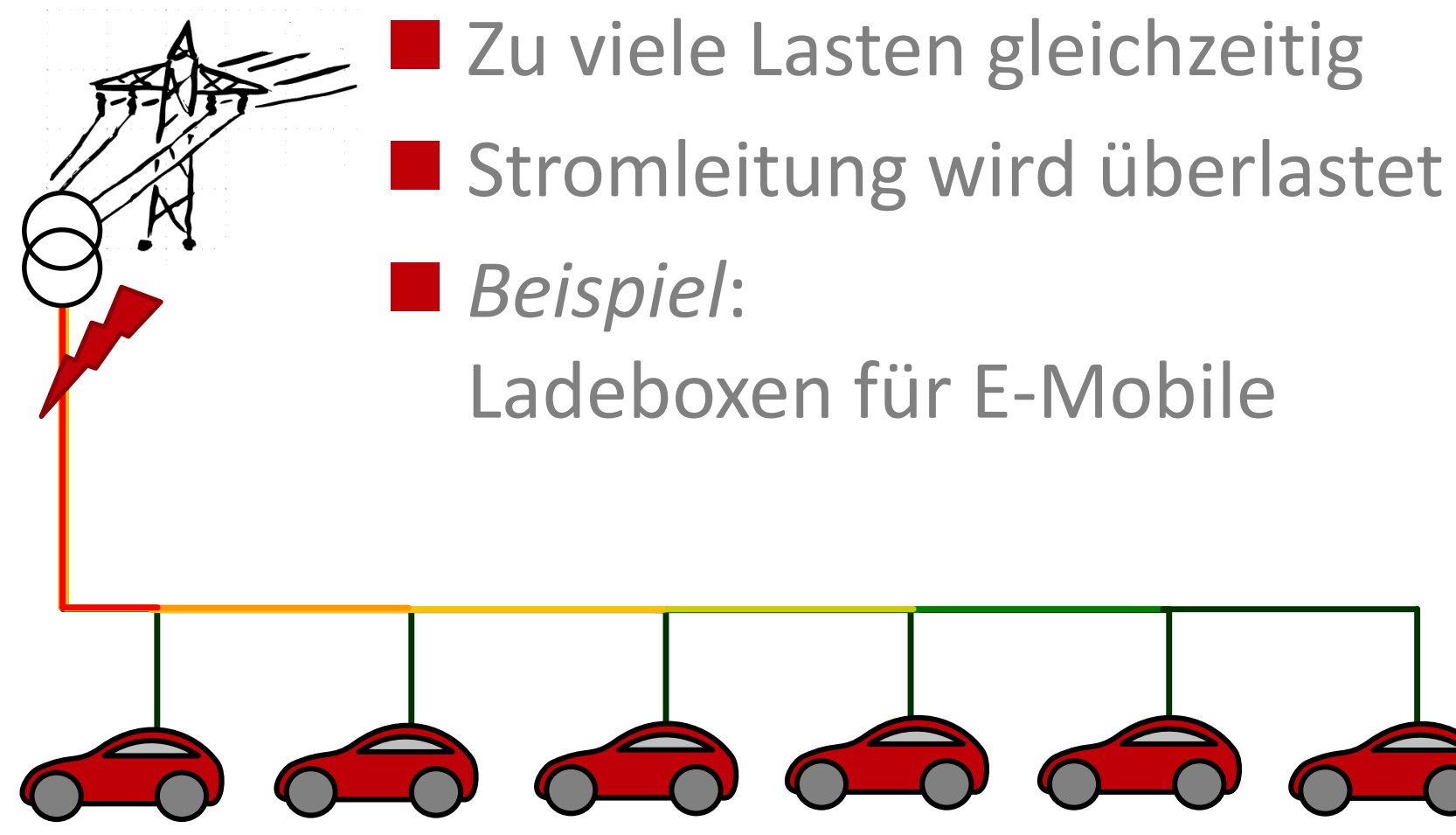


Problem

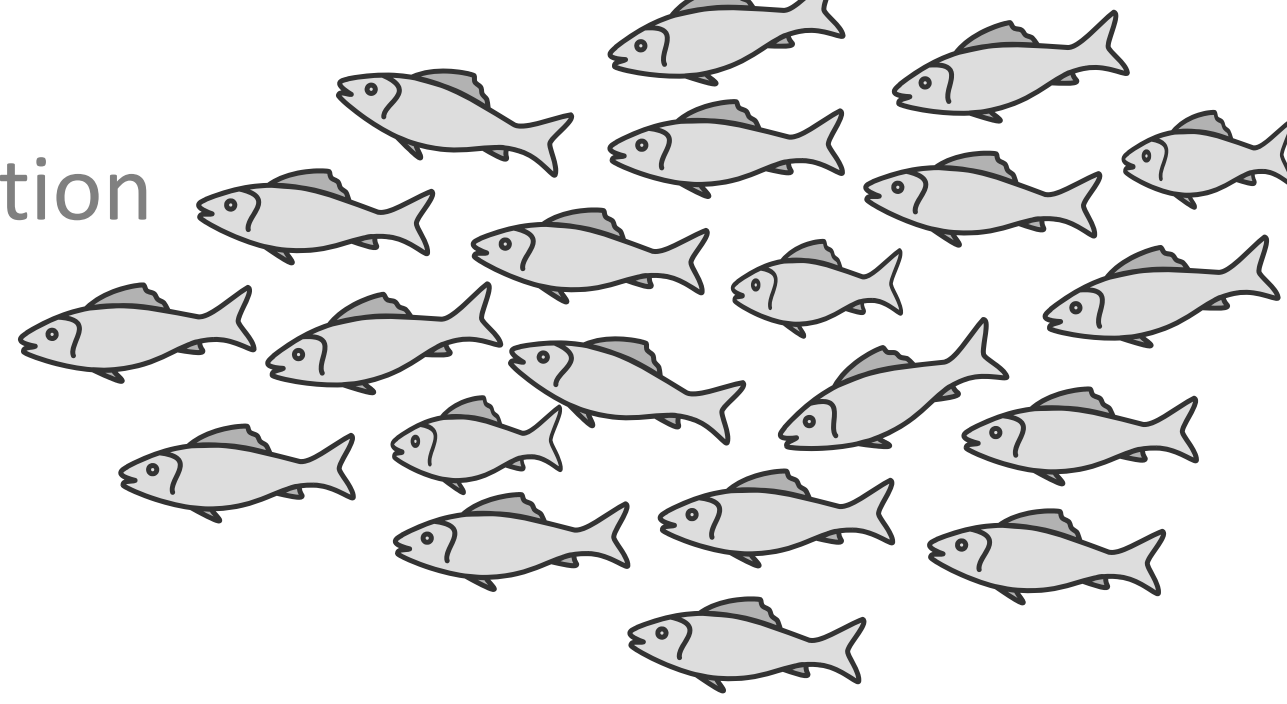


Idee

Steuerung durch **Schwarmprinzip**

Gemeinsames Ziel durch

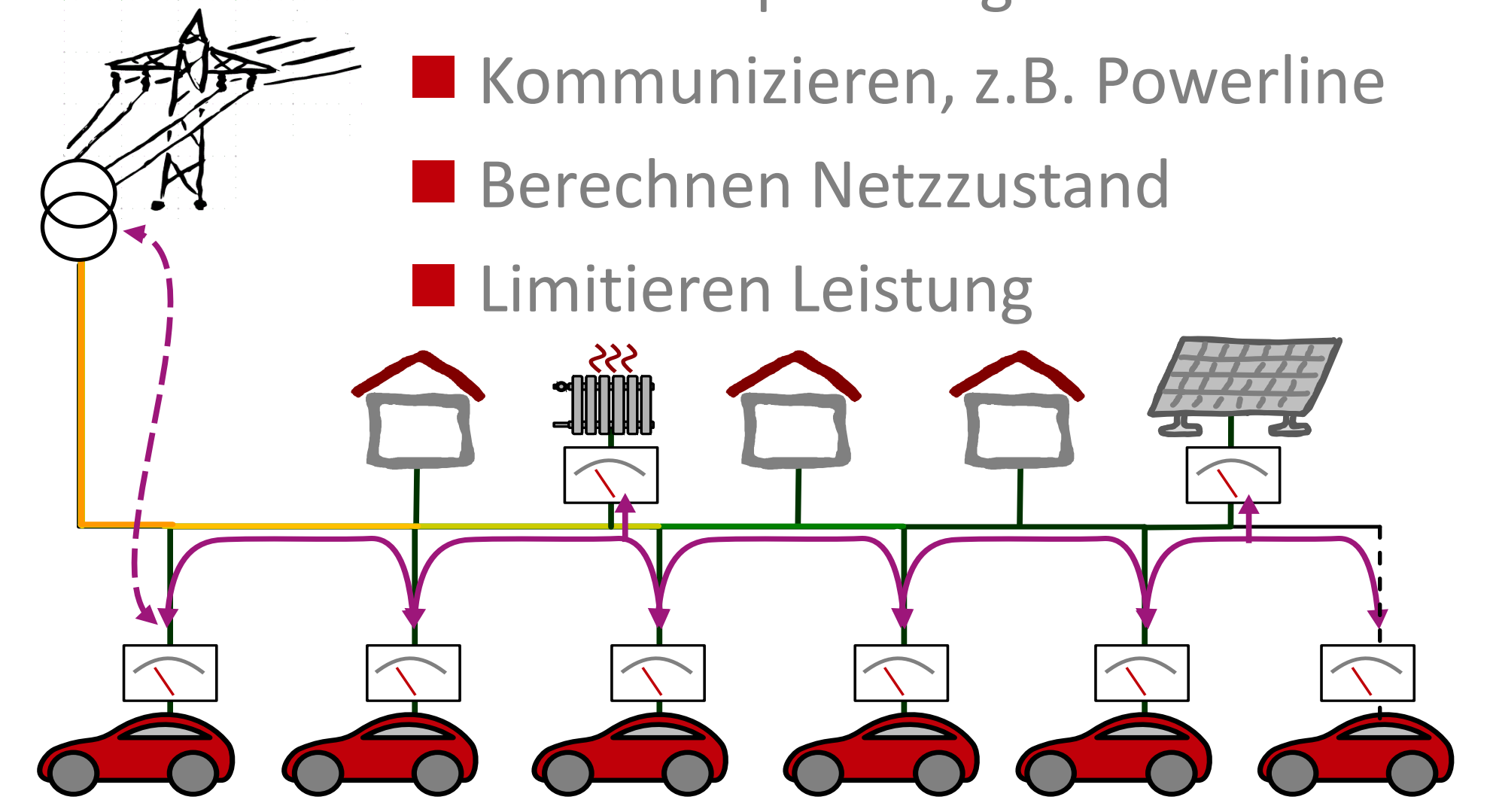
- Messung
- Kommunikation
- Reaktion



Anwendung

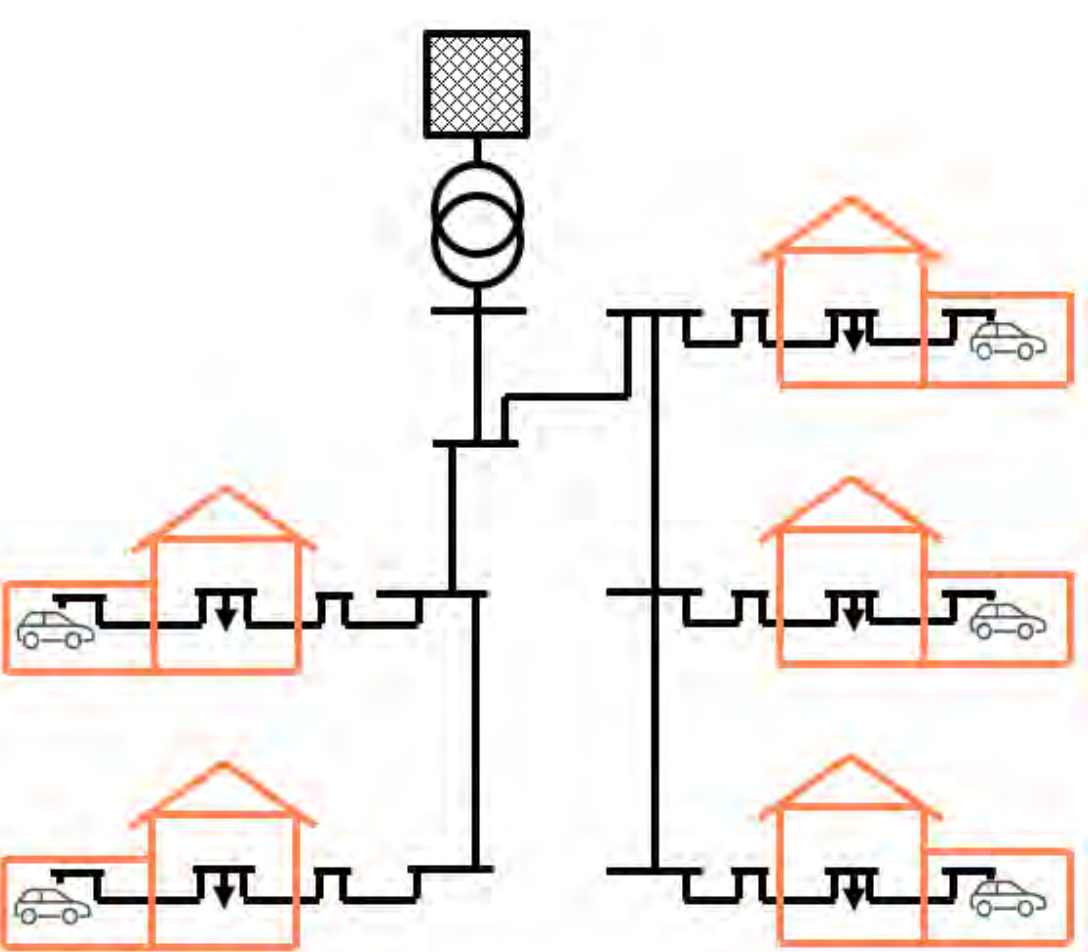
Steuerbare Lasten (z.B. Ladeboxen)

- Messen Spannungen
- Kommunizieren, z.B. Powerline
- Berechnen Netzzustand
- Limitieren Leistung

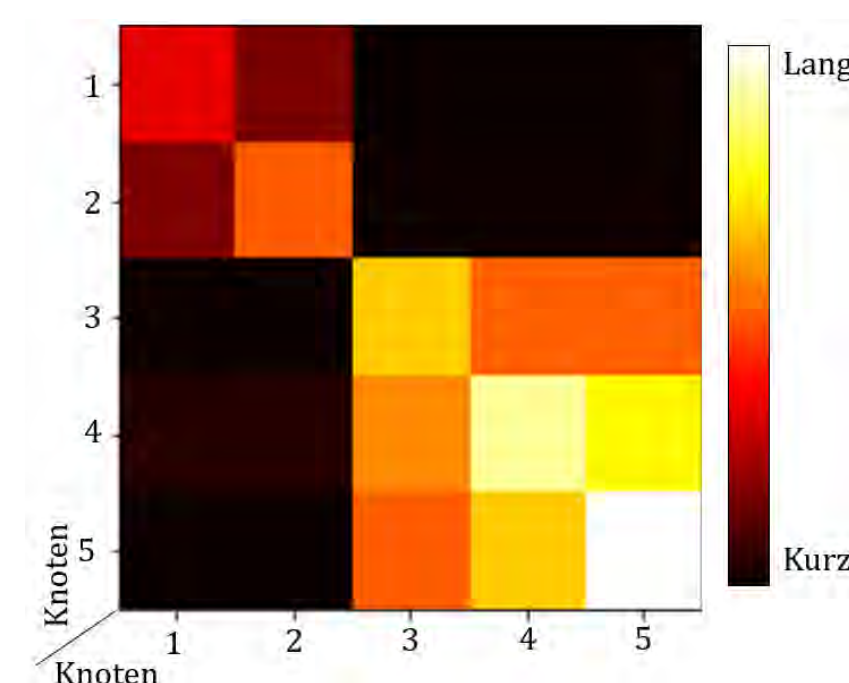


Netz-Topologie-Erkennung

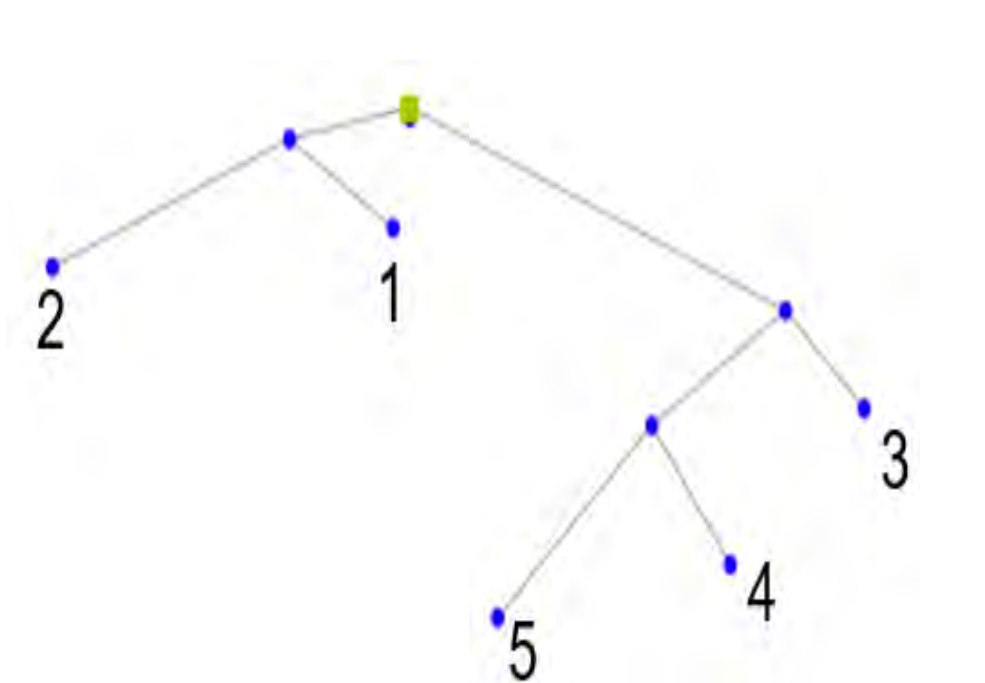
Beispiel-Netz



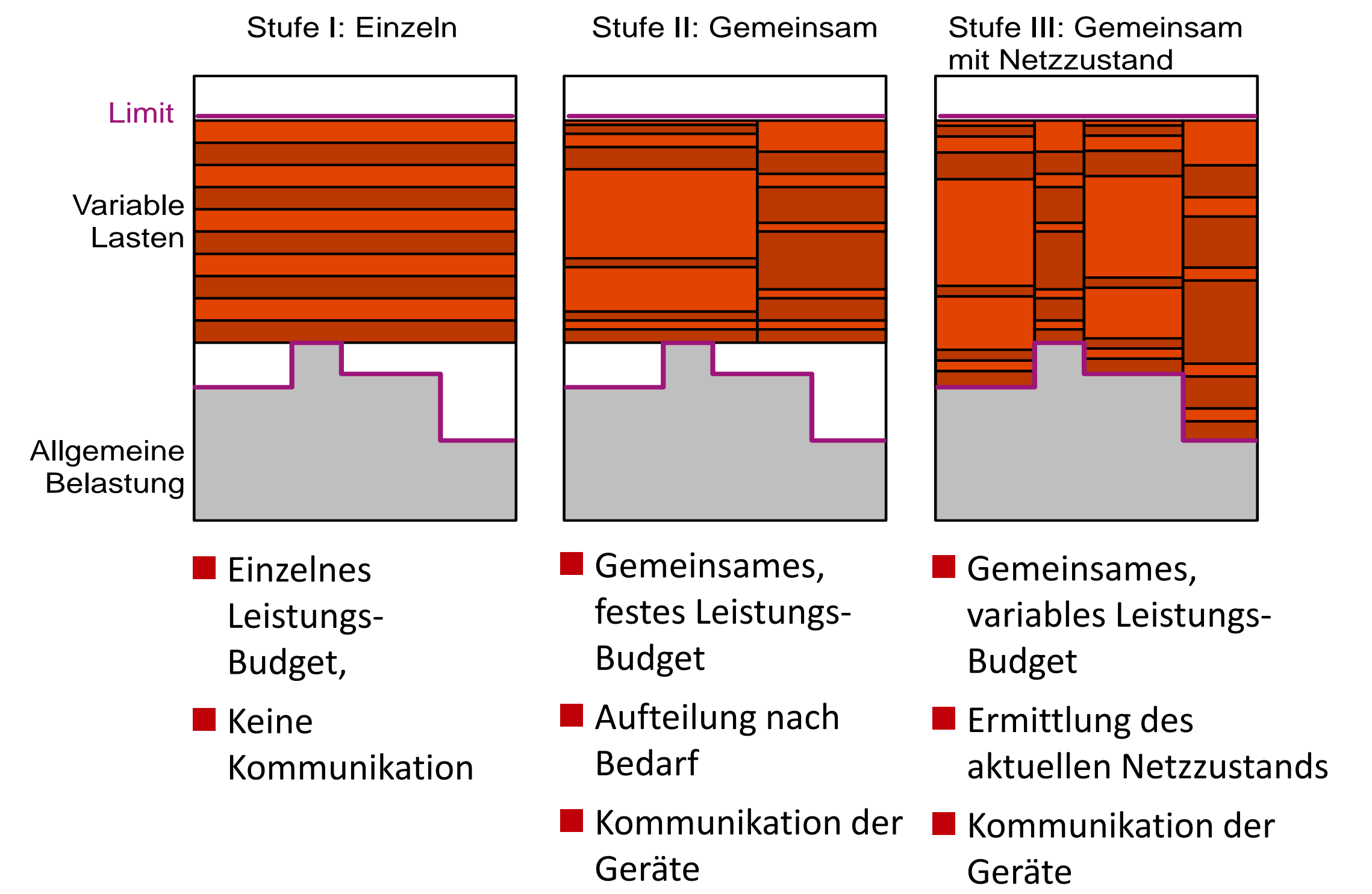
Matrix gemeinsamer Leitungen



Erkannte Netz-Topologie

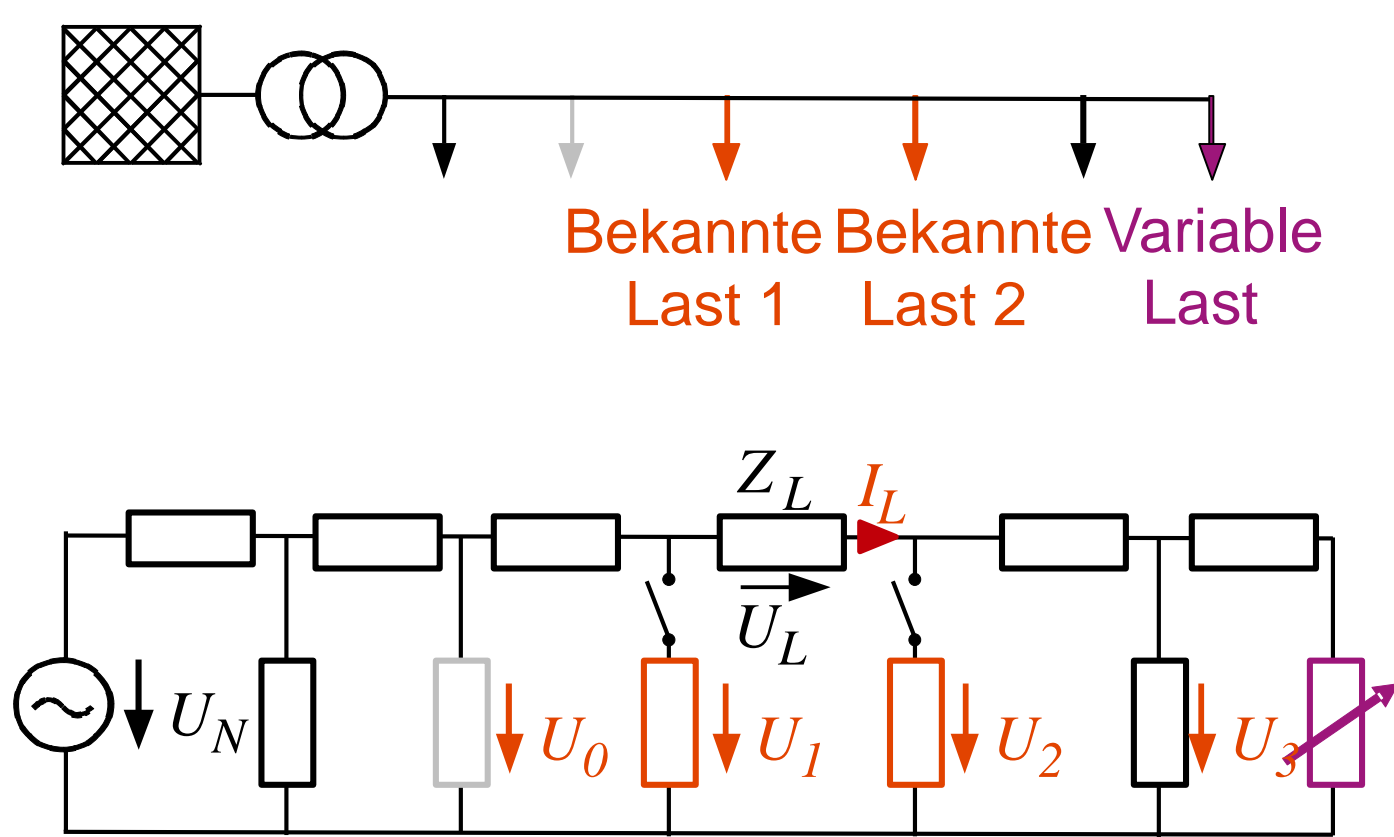


Kommunikation in 3 Stufen

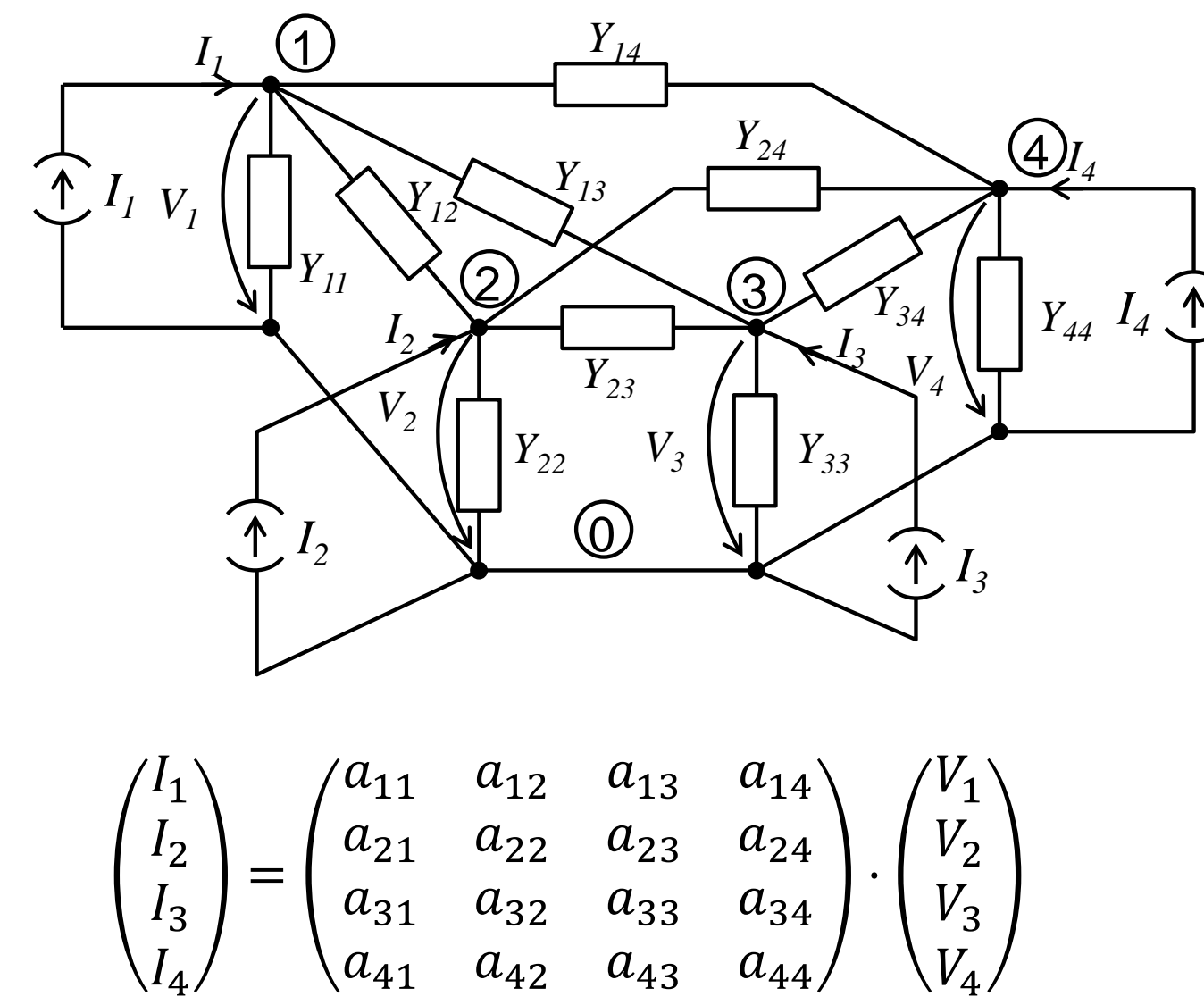


Netz-Zustands-Erkennung

Prinzip mit zwei Knoten



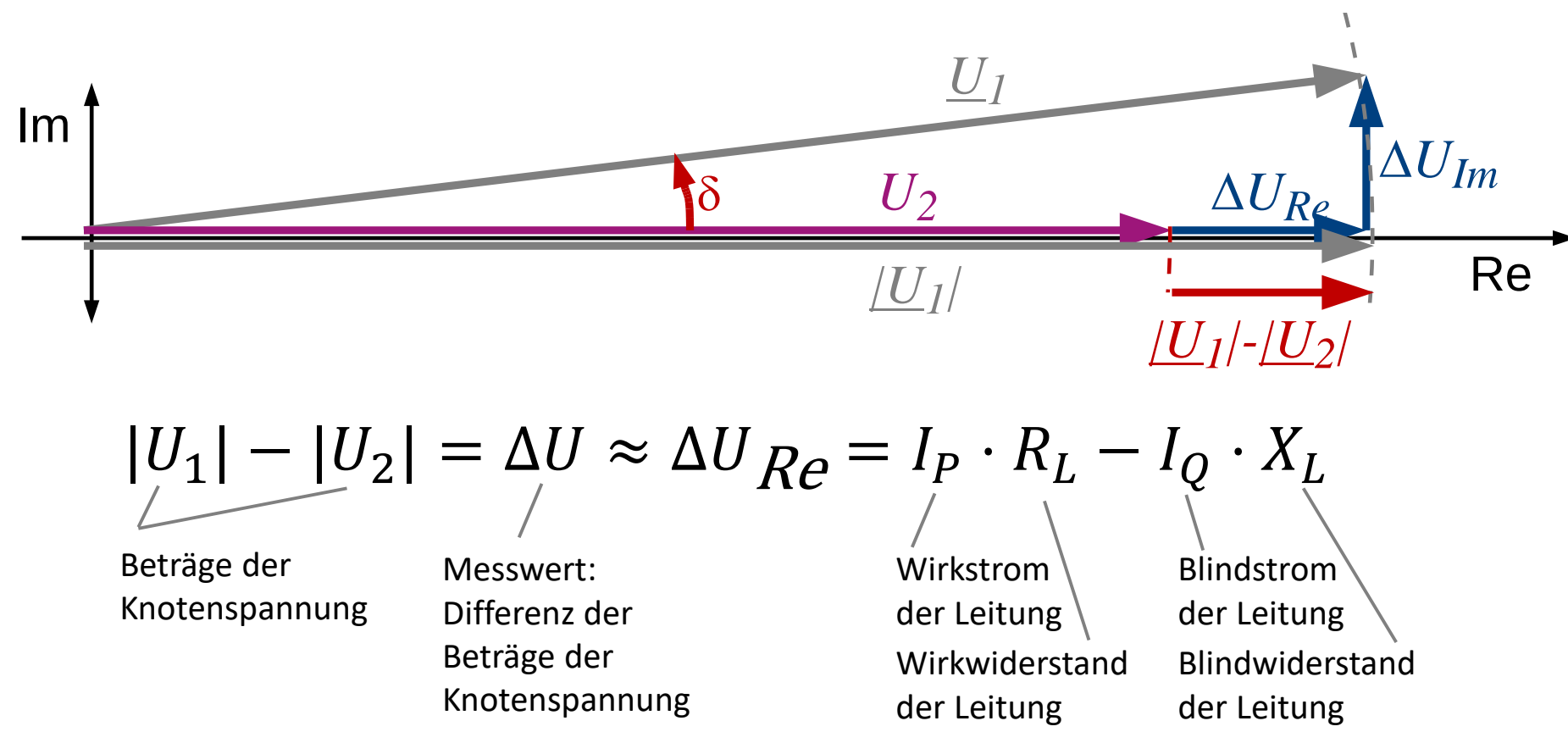
Mehr als zwei Knoten



- 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

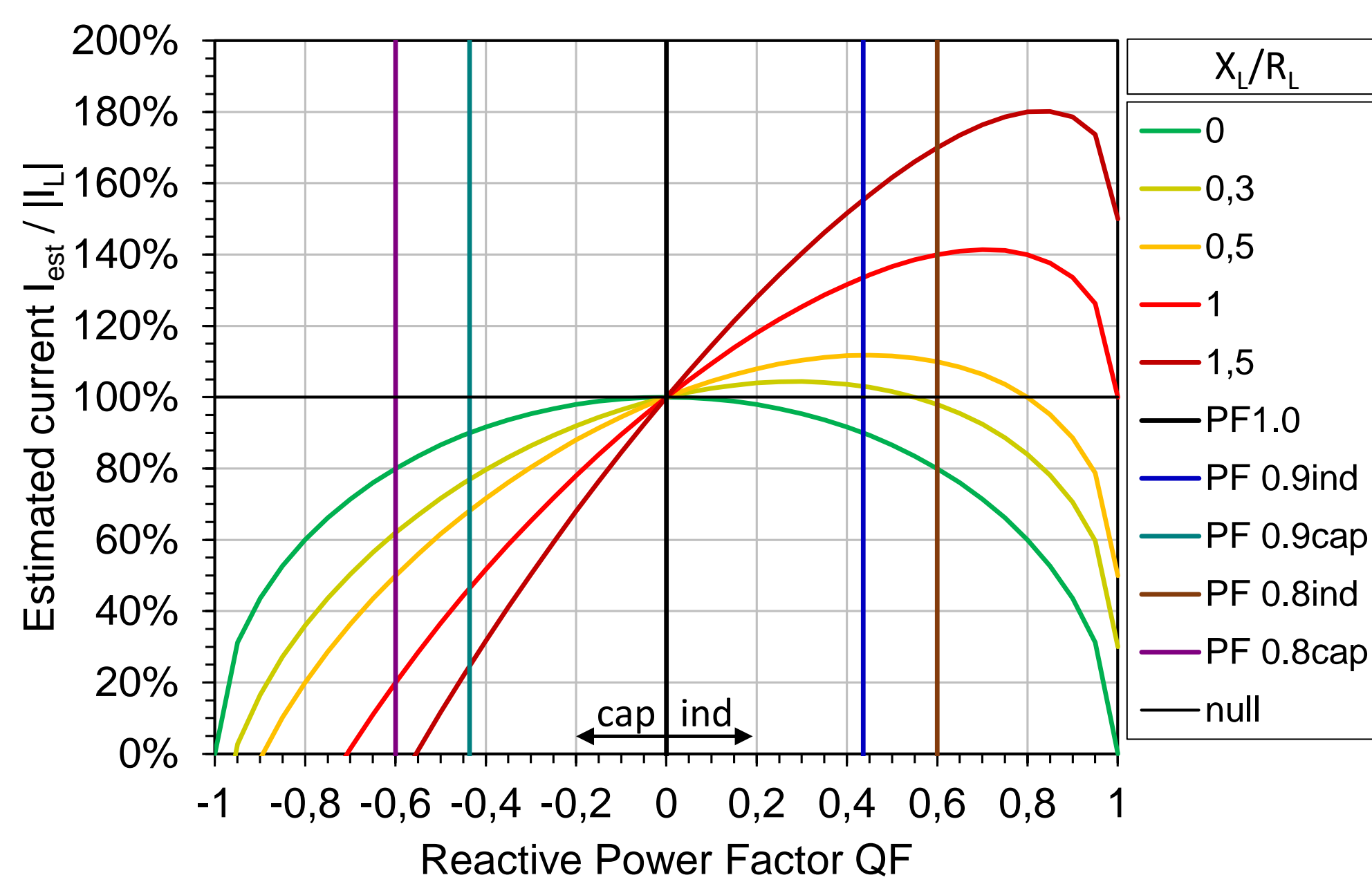
Spannungsdifferenz zwischen zwei Knoten



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