



Masterarbeit

Simulation zur koordinierten Netzzustandsbestimmung durch Schaltgeräte von steuerbaren Lasten



Überblick

1. Hintergründe
2. Tool
3. Betrachtete Szenarien
4. Ergebnisse
5. Fazit

Hintergründe

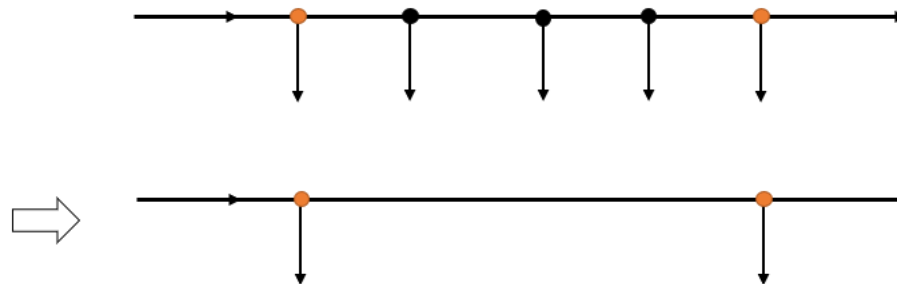
- Energiewende
- Wandel Energieverbrauch
- Dezentraler Verbrauch/ Einspeisung
- Änderung der Netzbelastung im Niederspannungsbereich

Problemstellung

- Netzbelastungen
- Gefahr der Überlastung
- Ermittlung des aktuellen Netzzustand
- Netztopologie unbekannt
- Messpunkte: Anschlusspunkte von Steuerbaren Lasten

Ausgangssituation

- Nur Knoten mit Messpunkt sind bekannt
- Wegfallen von unbekanntem Lasten bei Netzrekonstruktion

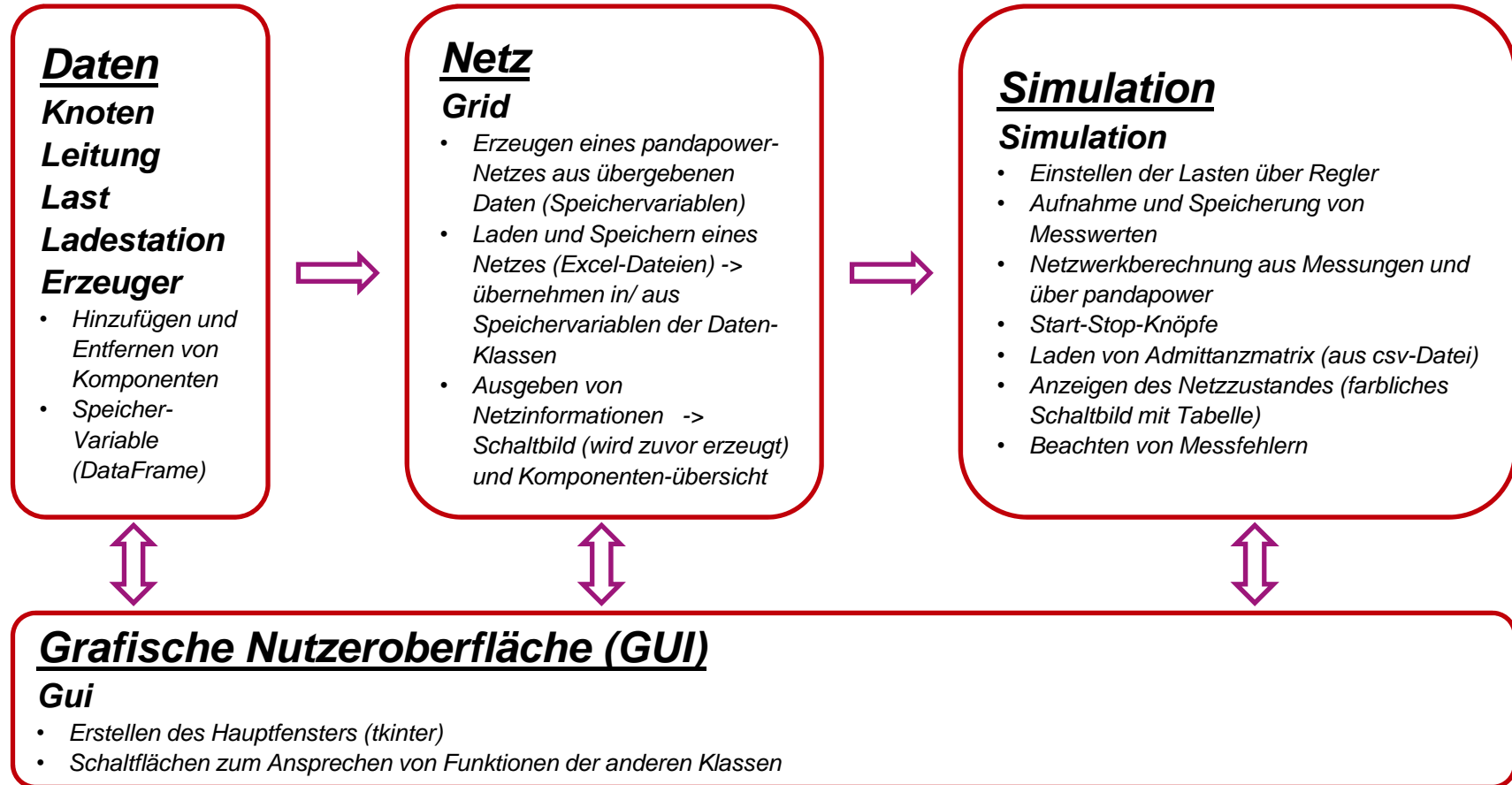


Tool

- Netzzustandsberechnung aus Strom- und Spannungswerten
- Berechnung des tatsächlichen Netzzustandes
- Echtzeitsimulation
- Python
- Pandapower
- Grafische Benutzeroberfläche (GUI)

Struktureller Aufbau des Tools

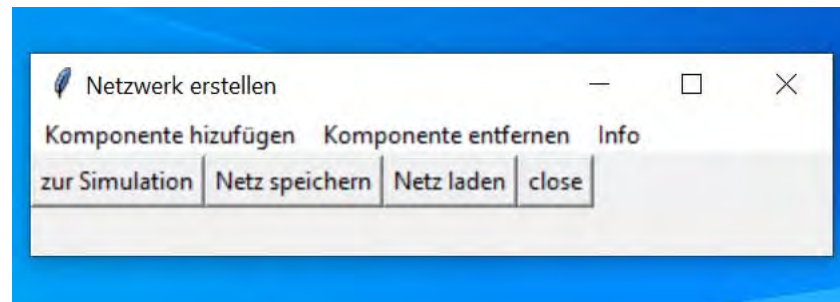
Modularer Aufbau



Alle Klassen enthalten Funktionen der Bibliotheken *tkinter*, *pandas*

Hauptfenster

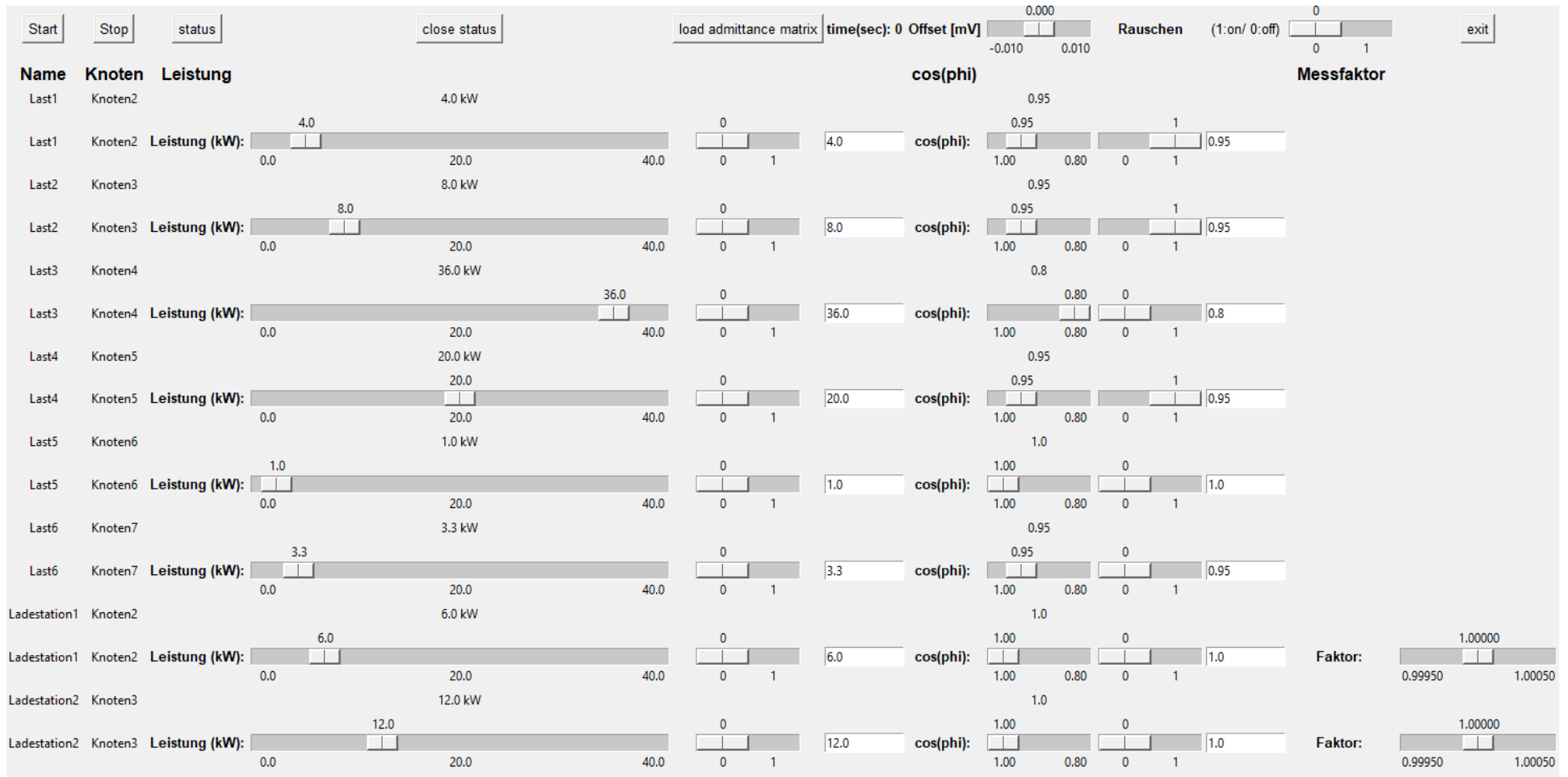
- Erstellen eines Netzes für die Simulation
- Ausgabe von Netzinformationen
- Öffnen des Simulationsfensters



Simulation

- Echtzeitsimulation
- Übernahme von Daten aus Simulationsfenster
- Anpassung der Leistungen und Leistungsfaktoren
- Berechnung tatsächlicher und rekonstruierter Netzzustand
- Ergebnisse werden gespeichert

Simulationsfenster



Ergebnisse Simulation

- Lasten (P&S)
 - Netz als Excel-Datei
 - Spannung an Netzknoten
 - Strom auf Leitungen
 - Messungen an Ladestationen
 - Ergebnisse aus Messwerten
- Leitungs- und Lastströme

Ergebnisse aus Messwerten

- Aufgenommene Messwerte:
 - Spannungen an Anschlusspunkten
 - Bezogener Strom
- Phasenlage unbekannt → Beträge
- Leitungsparameter und Ladestationen über Admittanzmatrix eingebunden (Beträge)
- Netzströme aus Spannungen und Admittanzen

Durchführung einer Messreihe

1. Erstellen des Netzes (Laden oder über Menu-Leiste)
2. Durchführen 1. Simulation (ohne Admittanzmatrix)
3. Manuelles erstellen der Admittanzmatrix (als csv) aus Messergebnissen & Leitungsparametern (ohne $\cos(\varphi)$)
4. Schließen und erneutes öffnen des Simulationsfensters
→ Simulationsergebnisse werden separat gespeichert
5. Laden der Admittanzmatrix
6. Durchführen der 2. Simulation

Untersuchungen

- Einfluss verschiedener Parameter auf Genauigkeit der Netzzustandsbestimmung
- Aufbau von Netzen zur Untersuchung
- 10 Szenarien
- Zuerst rein reell
- Imaginäre Komponenten (Leitungsimpedanzen, Lasten)
- Anzahl und Position der Messpunkte
- Messfehler

Übersicht Szenarien

Nr.	Leitungen	Lasten	Messfehler	Untersuchung
1	rein reell	rein reell	keine	Einfluss von Lasten zwischen Ladestationen
2	rein reell	rein reell	keine	Einfluss von Abstand der Last zu Ladestationen
3	mit Blindanteil	rein reell	keine	Einfluss der Blindwiderstandsbeläge
4	mit Blindanteil	rein reell	keine	Einfluss von Blindwiderständen und Lasten zwischen zwei Ladestationen
5	verschiedene mit Blindanteil	rein reell	keine	Einfluss verschiedener Leitungstypen
6	mit Blindanteil	rein reell	keine	Einfluss von Blindwiderständen und Lasten zwischen mehreren Ladestationen
7	mit Blindanteil	rein reell	keine	Einfluss mehrere Netzstränge mit unterschiedlicher Belastung
8	mit Blindanteil	mit Blindanteil	keine	Einfluss von Blindleistung
9	mit Blindanteil	mit Blindanteil	keine	Einfluss von Lasten mit Blindleistung zwischen Ladestationen
10	rein reell	rein reell	Rauschen	Einfluss von Messfehlern bei Spannungsmessung

22.04.2021

Masterthesis

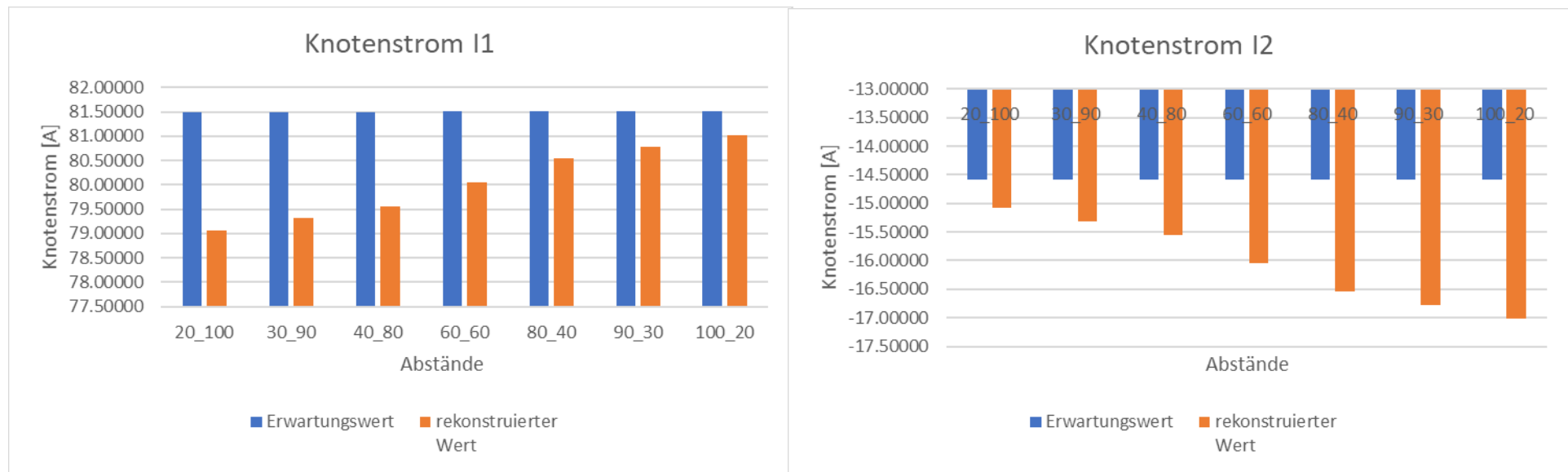
Simulation zur koordinierten Netzzustandsbestimmung durch Schaltgeräte von steuerbaren Lasten

Von Philipp Schaaf

Technology
Arts Sciences
TH Köln

Rein reelles Netz

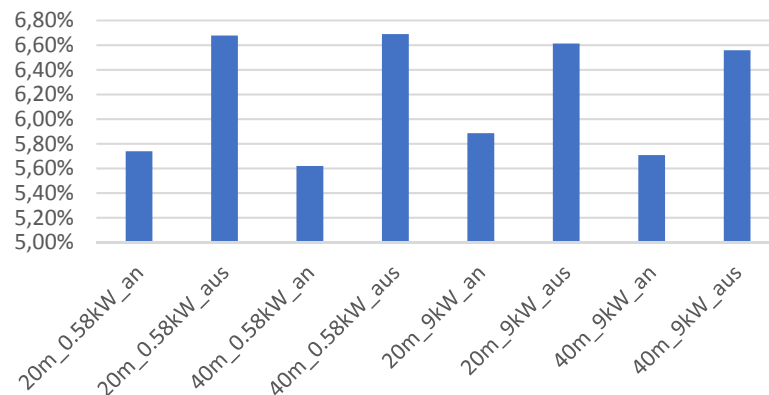
- Abweichung durch Lasten zwischen Ladestationen
- Abweichung der Knotenströme ist abhängig vom Abstand der Last zur Ladestation



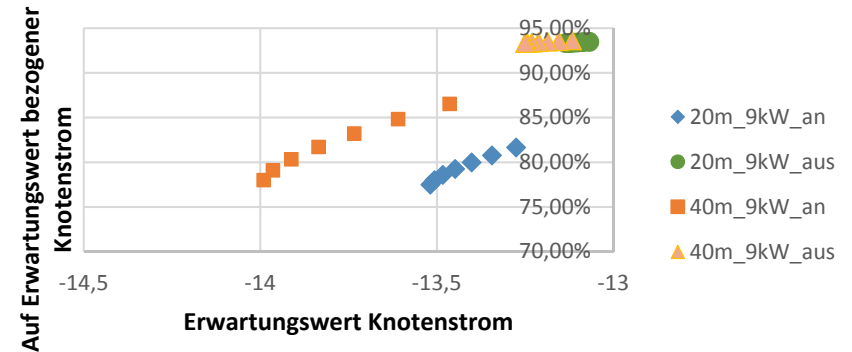
Reale Leitungen

- Knotenströme abhängig von Blindleistungsverlusten
- An Knoten 1 unter 7%
- Leitungsströme 6,2 - 6,7%

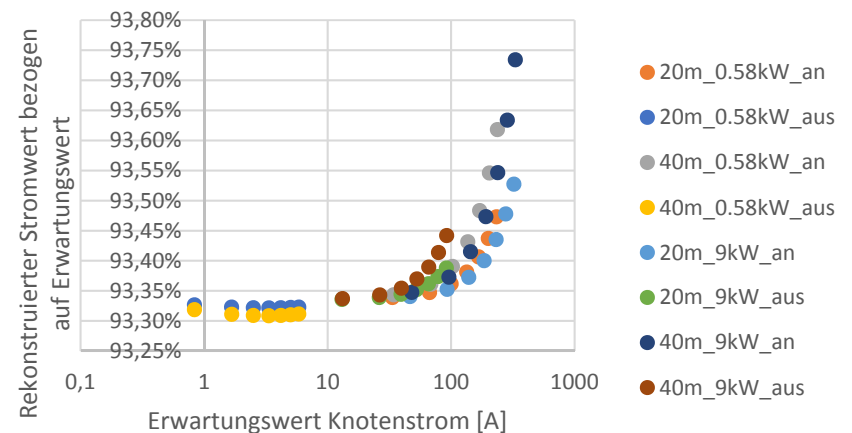
Prozentuale Abweichung der Ströme an Knoten 1



Abweichung der Lastströme
9 kW Hausanschlusslast

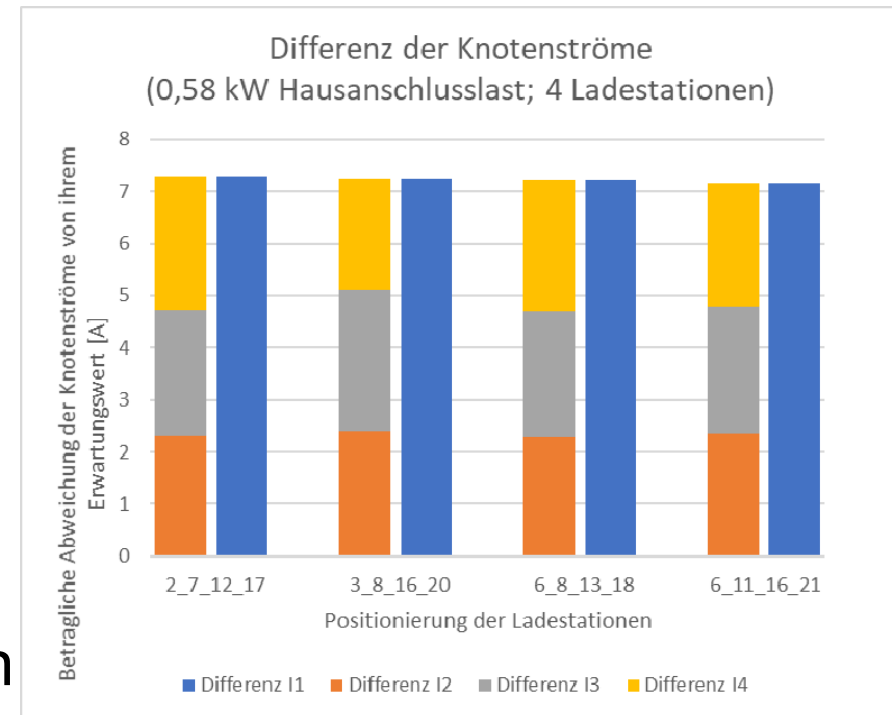


Leitungsströme logarithmisch



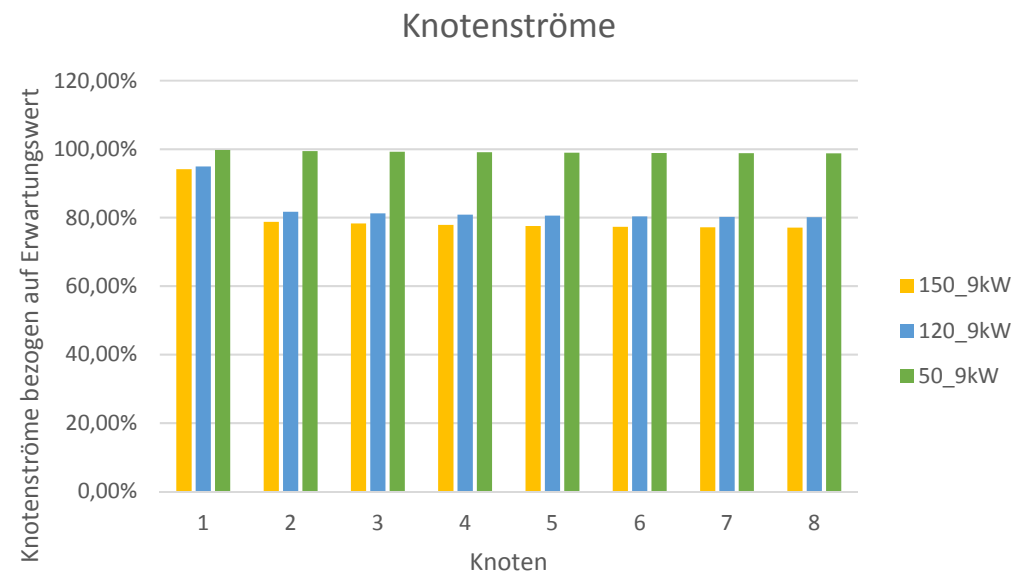
Reale Leitungen

- Lasten zwischen Ladestationen
- Abweichung des Knotenstromes am ersten Knoten eines Stranges entspricht Summe der Abweichungen der restlichen Knotenströme
- Leitungsströme weichen weiterhin relativ konstant ab



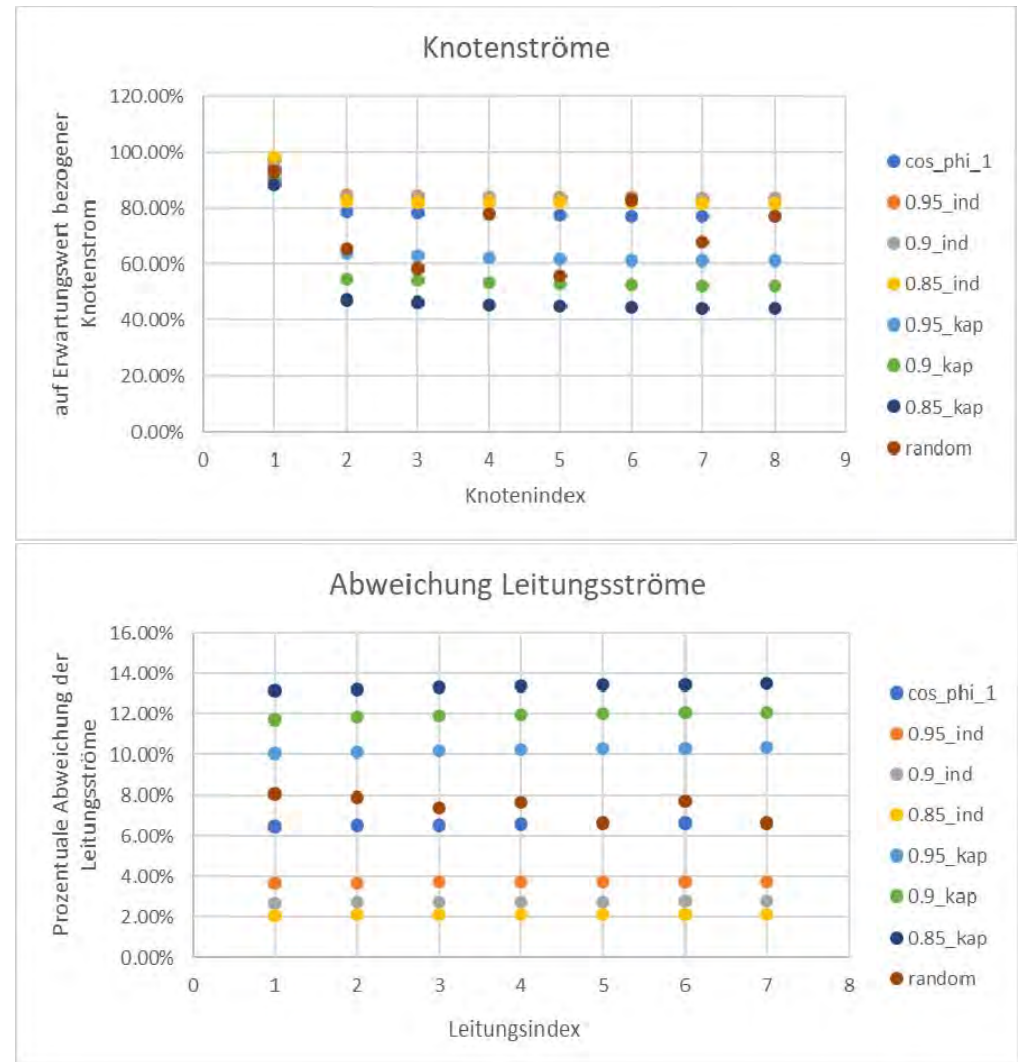
Verschiedene Leitungstypen

- Abweichungen abhängig von Beschaffenheit des Leitungstyps (Blindkomponenten)



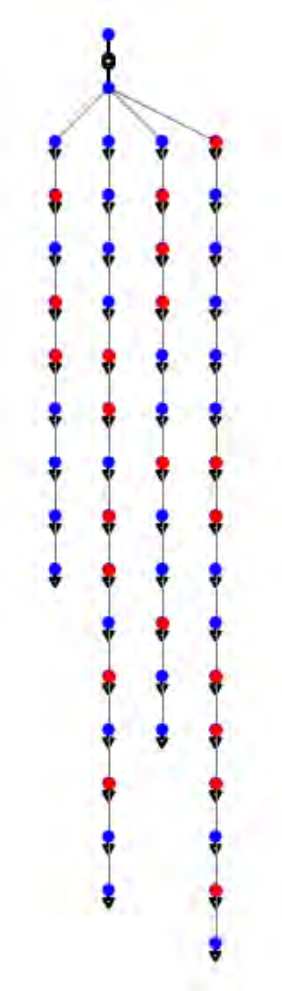
Blindleistung

- Lasten mit Blindanteil
- Induktiv Blindleistung
→ geringere Abweichungen
- Überlagerung mit Blindleistungsverlusten auf Leitungen



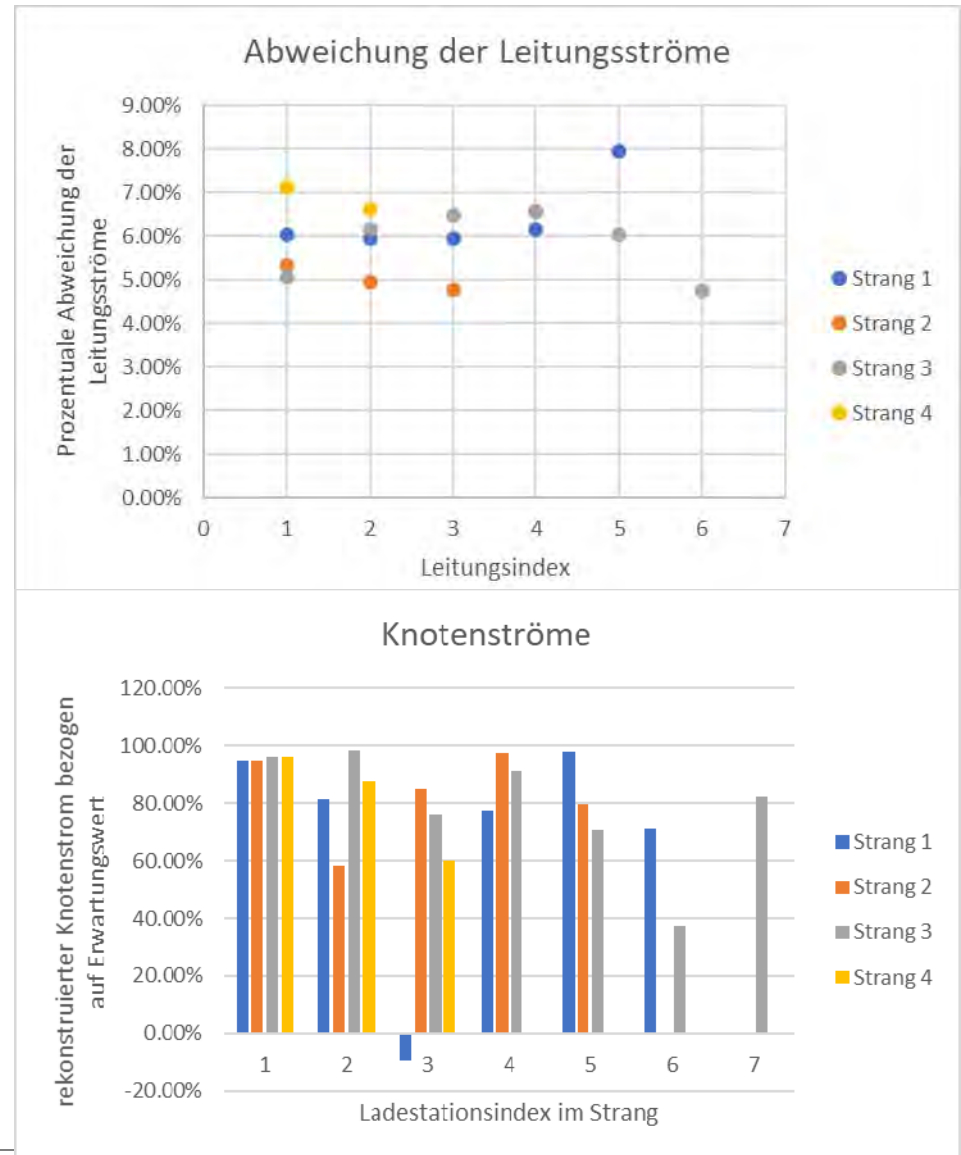
Reales Netz

- Reales Netz
- Anzahl der Netzstränge zufällig
- Anzahl der Netzknoten zufällig
- Lasten zufällig mit Blindleistungsanteil
- Reale Leitungen zufällige Länge
- Position und Leistung der Ladestationen zufällig



Reales Netz

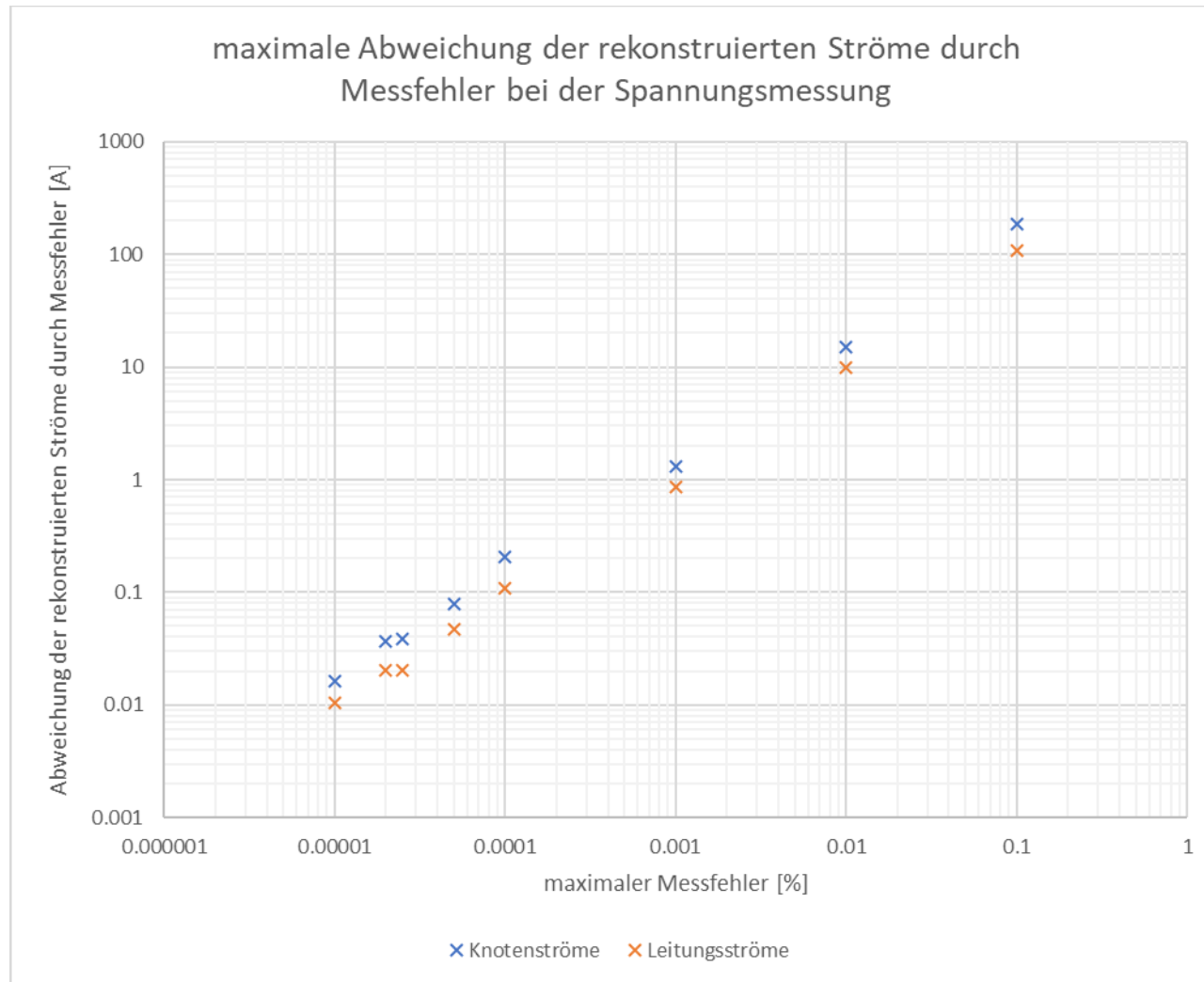
- Abweichung Leitungsströme unter 8%
- Abweichung Knotenströme sehr hoch
- Knoten 1: Knotenstrom lässt sich relativ genau bestimmen (max. 5,3%)



Messfehler

- Zufälliger Messfehler bei Spannungsmessung
- Maximaler Fehler wird vorgegeben
- Mehrere Messreihen (selber Fehlerbereich)
- Abweichungen von fehlerfreien Betrachtung

Messfehler



Fazit

- Bei rein reellen Netzen kann der Netzzustand sehr genau bestimmt werden
- Imaginäre Komponenten verursachen teilweise sehr große Abweichungen (bei Lastströmen)
- Durch Messfehler können ebenfalls große Abweichungen entstehen
→ hohe Messgenauigkeit erforderlich

Fazit

- Leitungsströme lassen sich relativ genau bestimmen (Abweichung maximal 13,5%)
- Zuleitungsstrom an Knoten 1 lässt sich relativ genau bestimmen (Abweichung von maximal 12%)
- Bei reinen Bezugsnetzen ausreichend zur Prüfung auf Überlastung des Netzes

Ende

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Für Fragen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung

