

Zentrales Regelungskonzept zum Engpassmanagement im Verteilnetz mittels gemischt-ganzzahliger nichtlinearer Optimierung

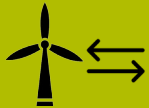


Manuel Schwenke M. Sc., David Nickel B. Sc. (Vortragender), Prof. Dr.-Ing. Jutta Hanson



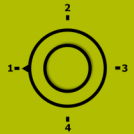
EnWG

Beteiligung von EZA ab 100 kW an Redispatch-Maßnahmen



Zentrale Kommunikation & Regelung

Zentrale Kommunikation und Datenaustausch mit EZA



Diskrete Stufen

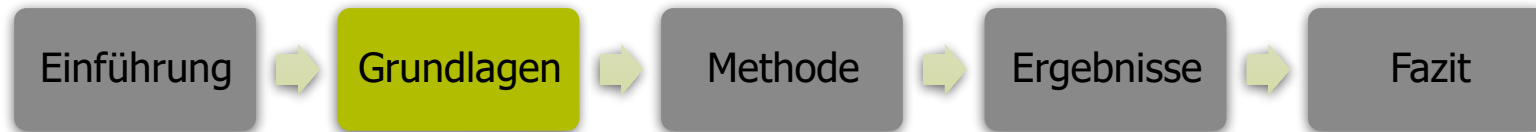
Diskrete Regelstufen und Schalterpositionen



MINLP

Betrachtung von reell-wertigen und diskreten Variablen





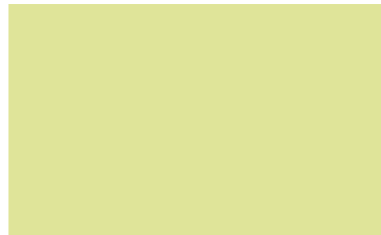
Allgemeine Form eines Optimierungsproblems:



Gleichheits- und Ungleichheitsnebenbedingungen:



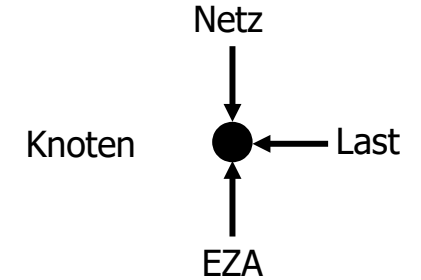
Gemischt-ganzzahliges nichtlineares Optimierungsproblem:



Theoretische Grundlagen

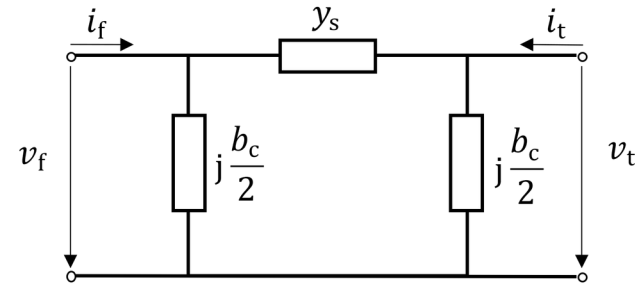
Nebenbedingungen der Lastflussoptimierung: Leistungsbilanz

Lastflussgleichungen Wirk- und Blindleistung im VZS:



Lastflüsse aus dem Netz:

Leitungsauslastung allgemein:





Methode

Ablauf: Wirk- und Blindleistungsregelung zur Vermeidung von Engpässen

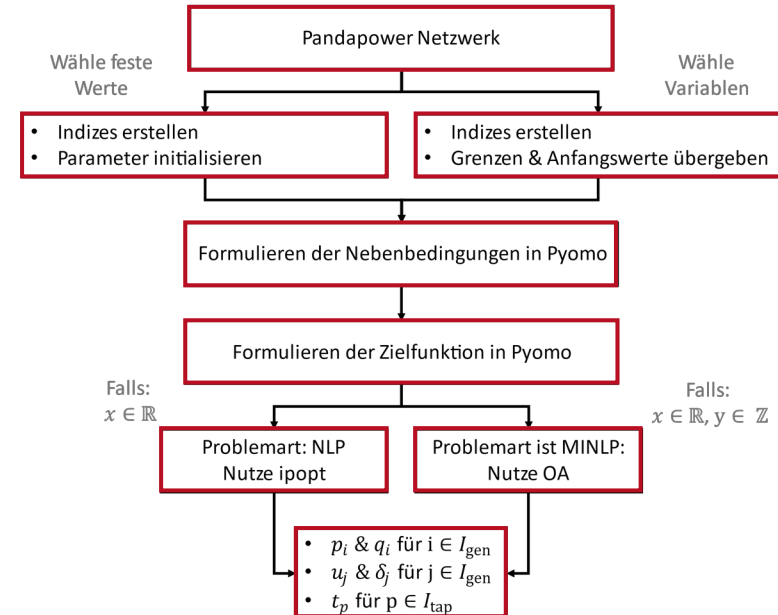


Pandapower:

- Bildet Datengrundlage
- Dient der Netzmodellierung
- OPF-Funktionalität nur für reellwertige Variablen
- Dient als Orientierung

Pyomo:

- Paket zur Lösung von Optimierungsproblemen
- Bietet Vielzahl von Lösungsmethoden
- Einfache Formulierung von Nebenbedingungen und Nutzung der Automatic differentiation zur Bildung von Gradienten- und Hesse-Matrizen



Methode

Umsetzung einer diskreten Wirkleistungsregelung

Modellierung der diskreten Stufen als indexbasierte binäre Variable:

Zuordnung:

Nebenbedingung:

↑ ↑ ↑
Regelbare Knoten
Knotennummer

Beispiel:

→ WKA auf 60 %

Komplexes Übersetzungsverhältnis:

Beeinflussung der Admittanzmatrix:

Lastflussgleichungen	Betriebsmittelauslastung

Methode

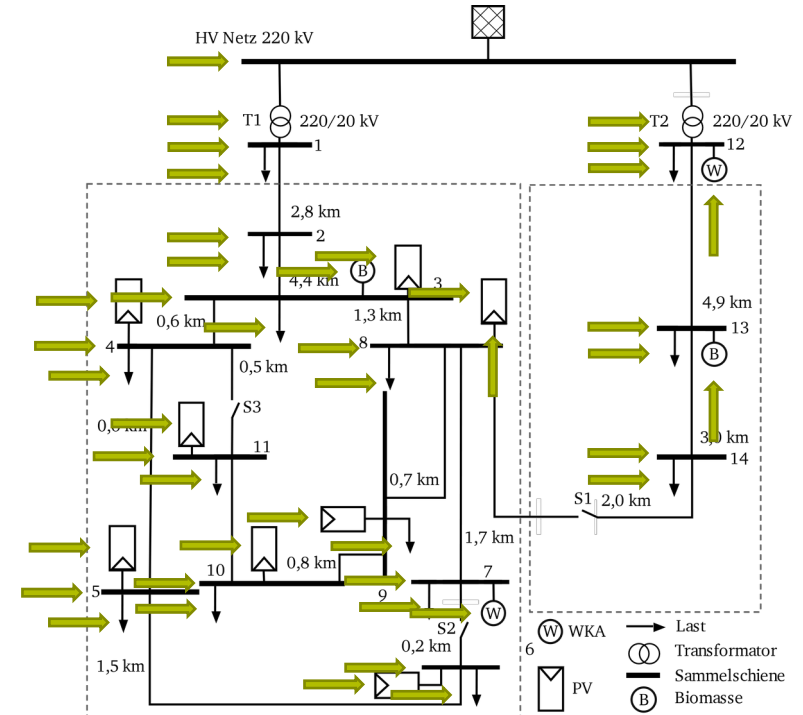
Modifiziertes Cigré-Netzes

Anpassung:

- Süddeutsches Mittelspannungsnetz

Daten:

- 1 Slack
- 14 PQ
- 2 Transformatoren je 25 MVA
- 14 Lasten
- 29 EZA
 - 15 Anlagen Regelbar
 - 14 LV-Anlagen





Zielfunktion & Nebenbedingung:

Lastflussgleichung

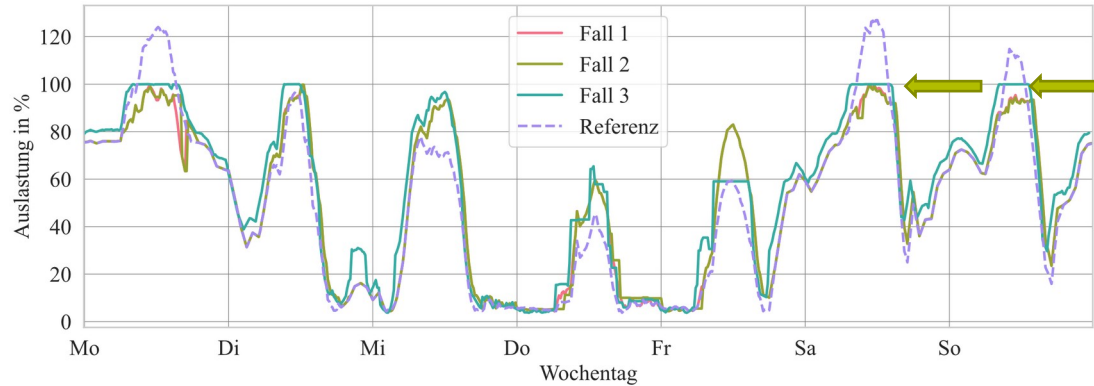
Zweigflüsse

Binäre Regelung

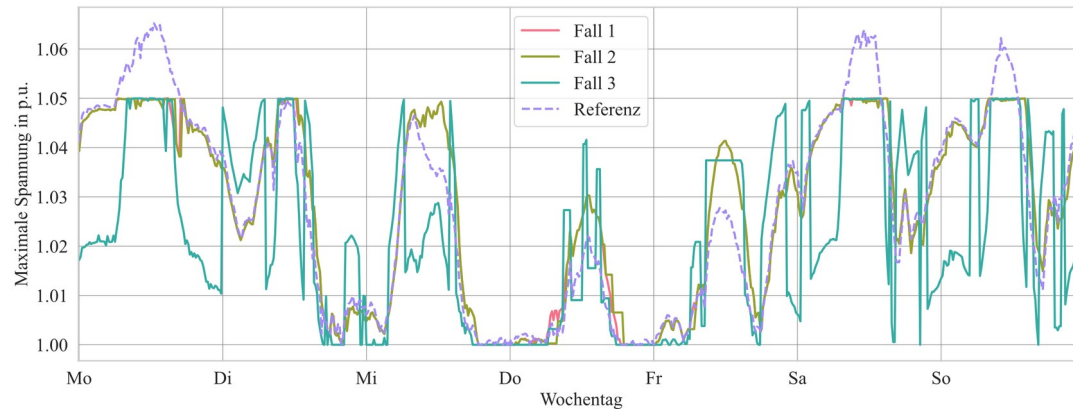
Ergebnisse

Definition der drei Fälle

Auslastung



U_{max}



Fall

Fall 1	Variabel	konstant	
Fall 2	Variabel	Variabel	
Fall 3	Variabel	Variabel	VDE-AR-N 4110

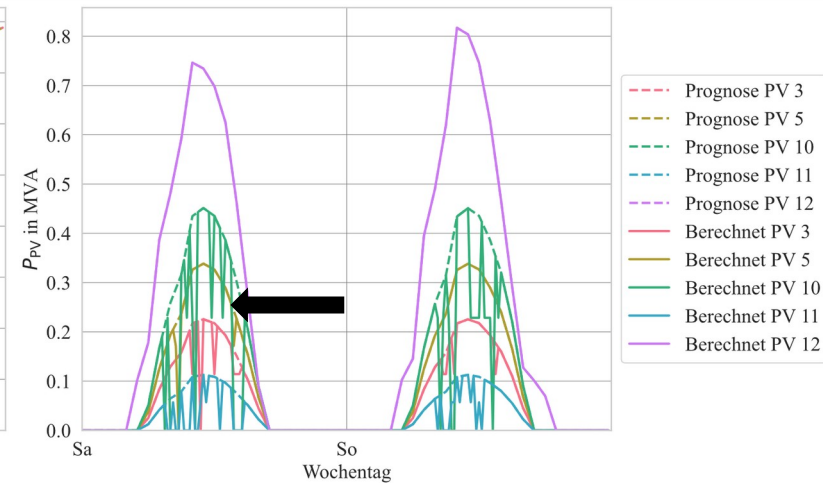
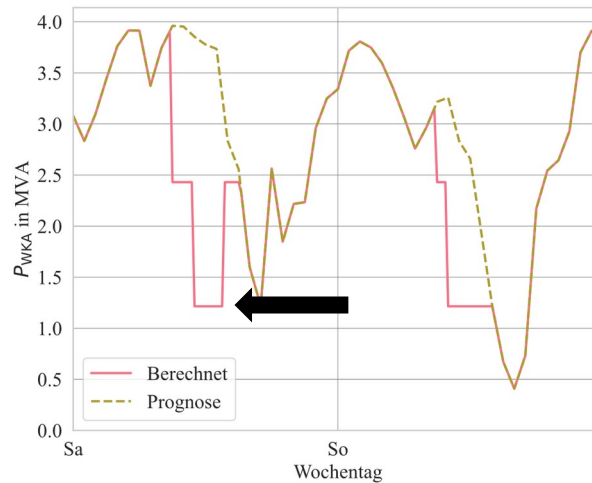
Wirkleistungsabregelung:

Gleichzeitige Einspeisung PV & Wind:

- WKA auf 30 % bzw. 60 % abgeregelt.
- PV wird häufiger abgeregelt.
 - Feinere Stufung durch PV-Anlagen mit kleinerer installierter Wirkleistung.

Fall

Fall 1	variabel	konstant
--------	----------	----------



Wirkleistungsabregelung:

- Ähnliches Verhalten wie in Fall 1.

Stufenschalter:

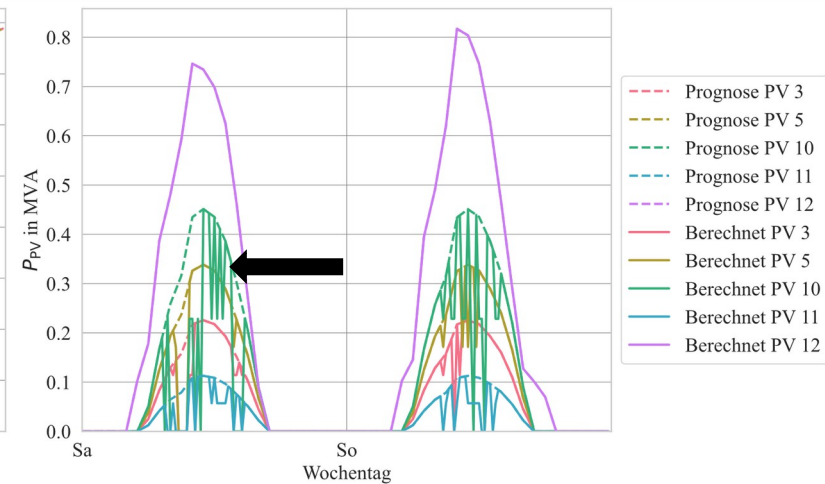
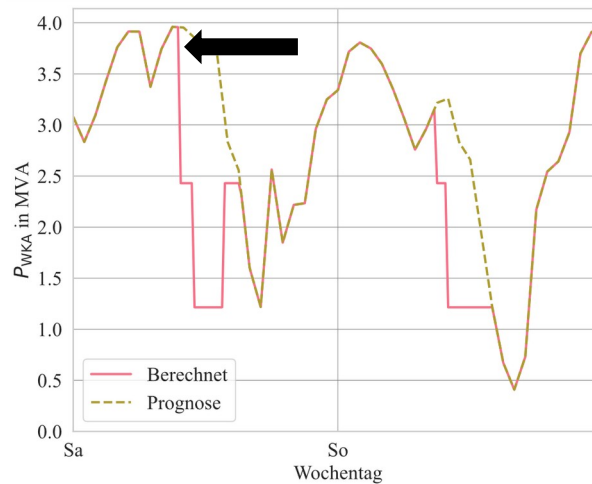
- Keine Schalthandlungen für diesen Fall.

Fall

Fall 2

variabel

variabel



Wirkleistungsabregelung:

Gleichzeitige Einspeisung PV & Wind:

- WKA nur noch auf minimal 60 % abgeregelt (Fall 1 und Fall 2: min. 30 %!).
- PV wird häufiger und in kleineren Stufen abgeregelt.

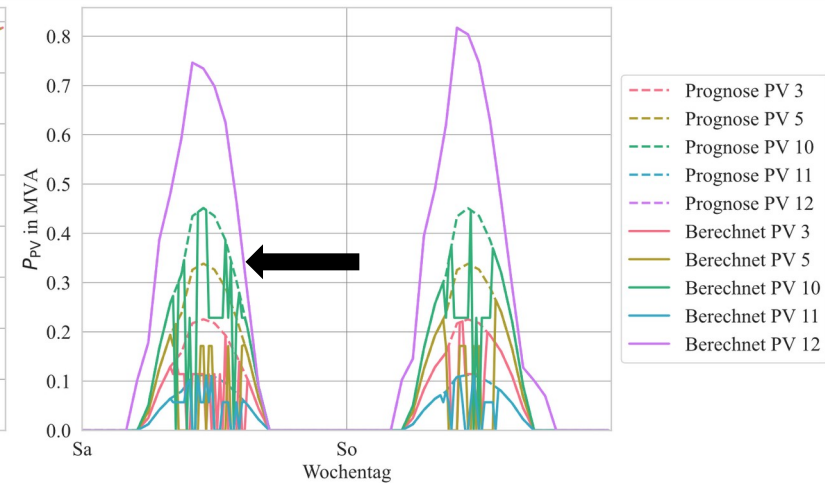
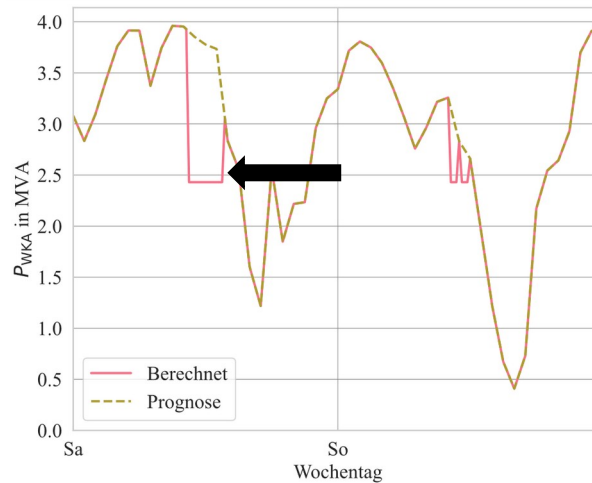
→ **Geringste Abregelung der betrachteten Fälle**

Fall

Fall 3

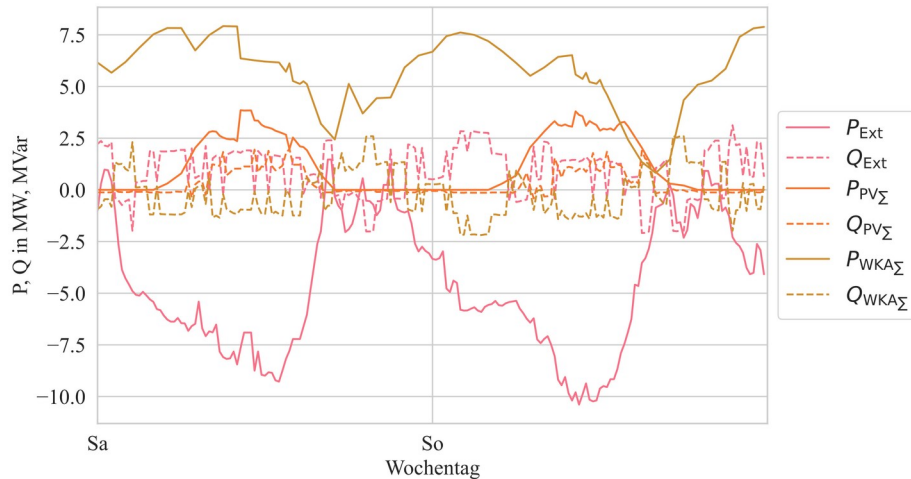
variabel

variabel



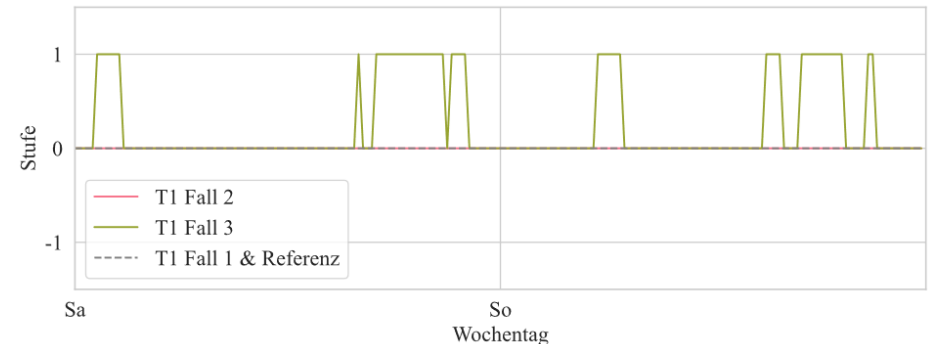
Blindleistungsverlauf:

- Senken der Betriebsspannung, um spannungsbedingte Engpässe vorzubeugen
- Erhöhen der Betriebsspannung, um strombedingte Engpässe vorzubeugen



Transformatorstufenschalter:

- Position (+1) ohne Engpass
- Neutrale Position bei Engpass
 - Begründung: Übersetzung wird verringert, um Spannung anzuheben und Ströme abzusenken.

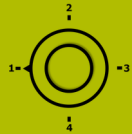






Schnittstelle Pandapower & Pyomo

Pandapower als Datengrundlage für Modellierung in Pyomo



Algorithmus zur diskreten Wirkleistungsregelung

Funktion über indexbasierte binäre Variablen



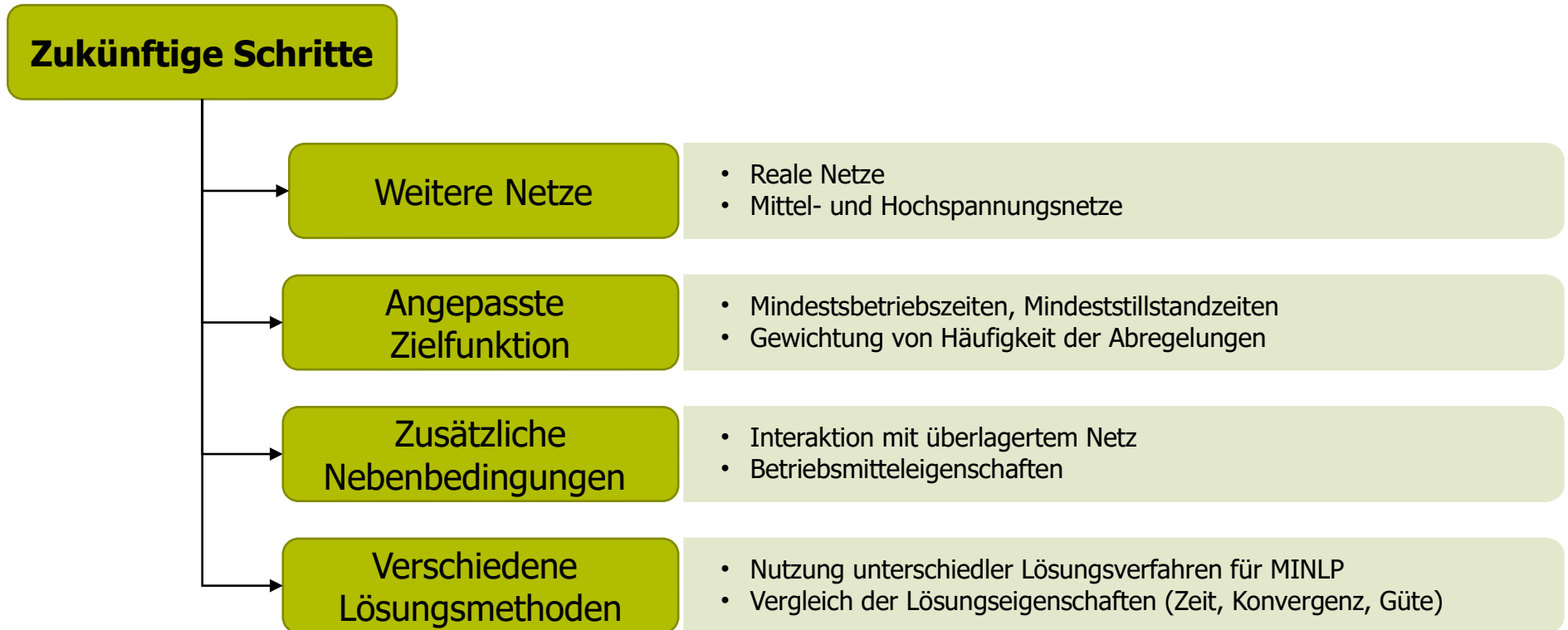
Untersuchung an Testnetz

Cigré-Netzes



Ergebnisse zeigen Funktionalität

Abregelung von EZA für verschiedene Fälle



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Für Fragen stehe ich gerne zur Verfügung!



David Nickel, B.Sc.

Technische Universität Darmstadt

Landgraf-Georg-Straße 4
64283 Darmstadt

E-Mail: david.nickel@hotmail.de
Internet: www.e5.tu-darmstadt.de