

Einsatz netzdienlicher Flexibilität zur Vermeidung konventionellen Netzausbaus auf Verteilnetzebene

- Einleitung
- Methodisches Vorgehen
- Ergebnisse
- Zusammenfassung

Name: **Kevin Pacco**



Einleitung

Motivation und zentrale Fragestellung

Strukturwandel im Elektrizitätsversorgungssystem

- Zunahme von Anlagen auf Basis erneuerbarer Energien
- Elektrifizierung des Verkehrs- und Wärmesektors
- Zunehmende Belastung der Netzinfrastruktur aufgrund hoher Erzeugungssowie Nachfragespitzen auf der Verteilnetzebene

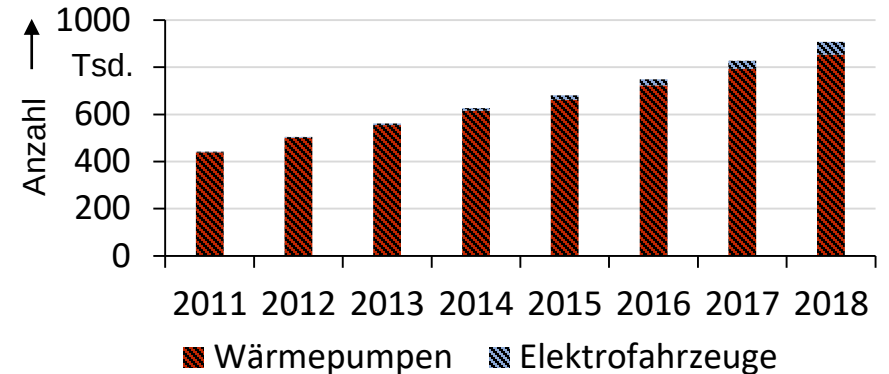
Dezentrales Netzengpassmanagement

- Konventionelle Netzausbaumaßnahmen zur Vermeidung von Netzengpässen möglich, aber häufig mit hohen Investitionsaufwendungen verbunden
- Nutzung von dezentralen Flexibilitätsoptionen zur Vermeidung ineffizienter Netzausbaumaßnahmen vermehrt in Diskussion
- Netzdienliche Flexibilitätsnutzung ebenfalls mit Kosten verbunden

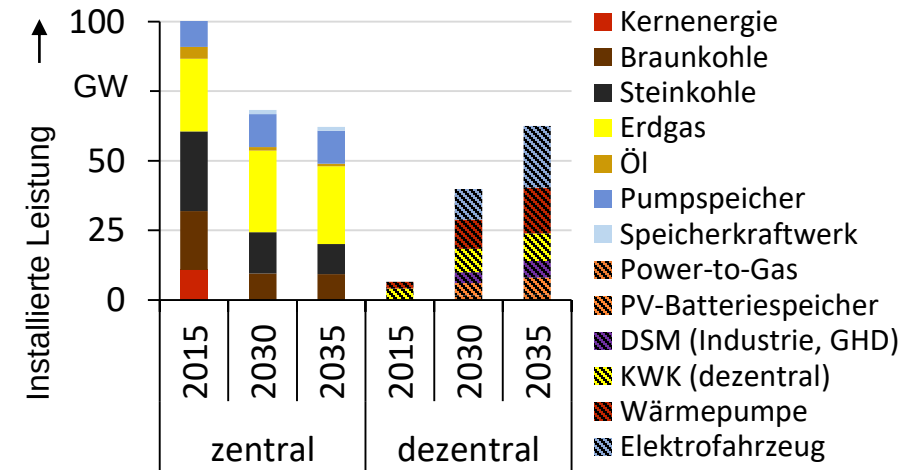
Zentrale Fragestellung

- Welche Kosteneinsparpotentiale ergeben sich durch die netzdienliche Nutzung dezentraler Flexibilitätsoptionen?

Entwicklung von Wärmepumpen und Elektrofahrzeugen in Deutschland bis 2018



Erwartete Entwicklung in Deutschland [1]



[1] Quelle: Netzentwicklungsplan Strom 2030, Szenario B

Methodisches Vorgehen

Mehrstufige Verfahrenskette

- Methodischer Ansatz im Rahmen des Projekts *Designetz* entwickelt

(1) Einspeise- & Verbrauchsprognose

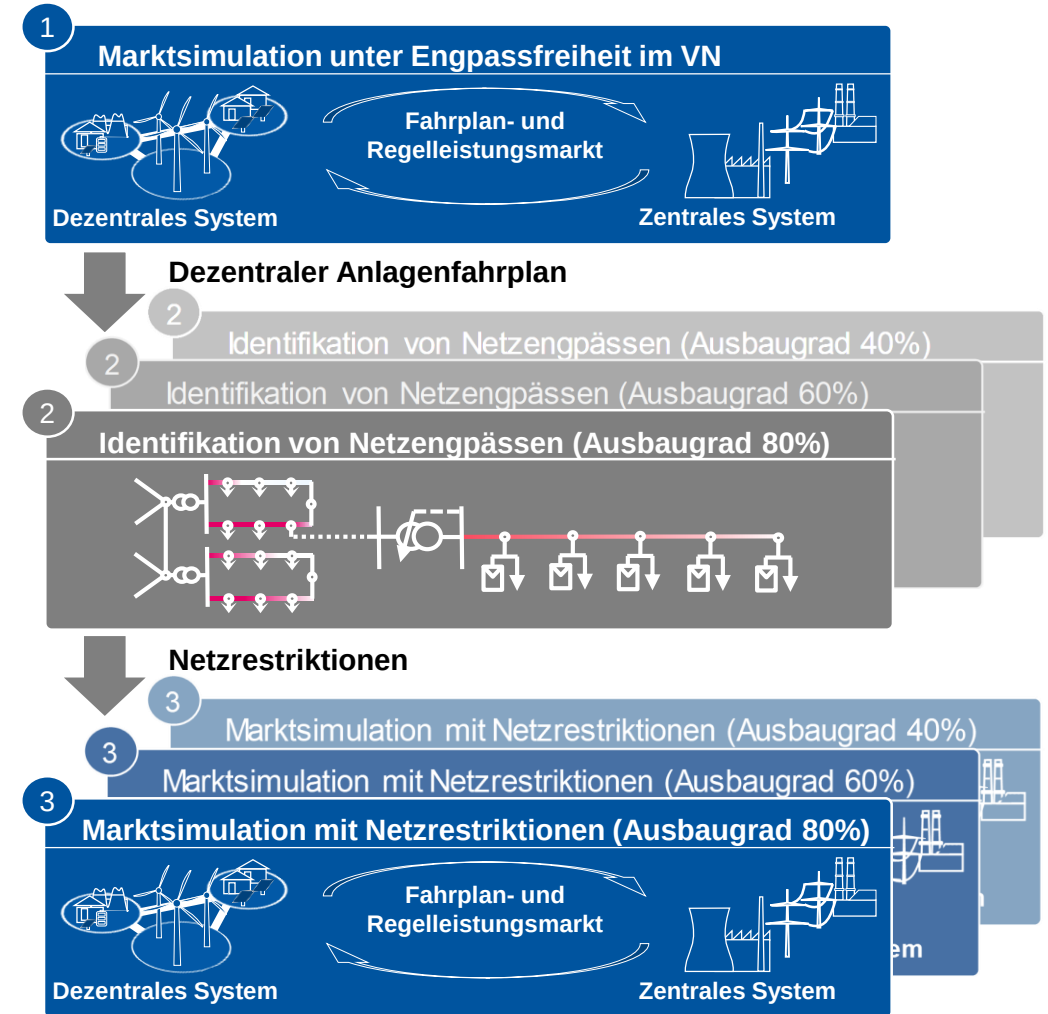
- Annahme von Engpassfreiheit im Verteilnetz (VN)
 - Dezentraler Anlageneinsatz vor Engpassbewirtschaftung
- Grundlage für Netzbetriebs- und Netzausbausimulationen in Stufe 2

(2) Netzausbau und Netzzustandsprognose

- Ableitung unterschiedlicher Netzausbauvarianten
 - Ermittlung von Netzengpässen für Stufe 3
- Annuitätische Netzausbaukosten je Netzausbauvariante

(3) Markt- und netzdienlicher Betrieb

- Markt- und netzdienlicher Einsatz dezentraler Flexibilität
 - Berücksichtigung der VN-Engpässe
- Kosten netzdienlicher Flexibilität je Netzausbauvariante



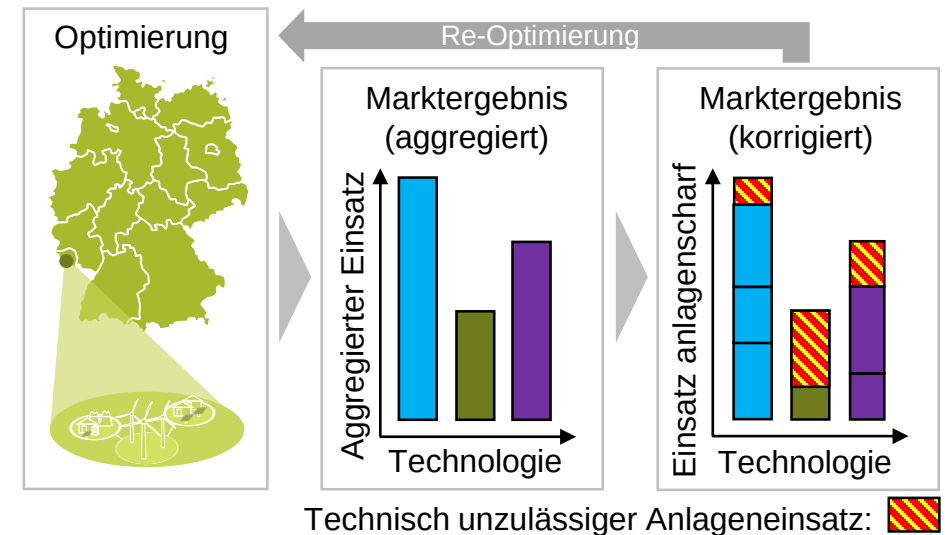
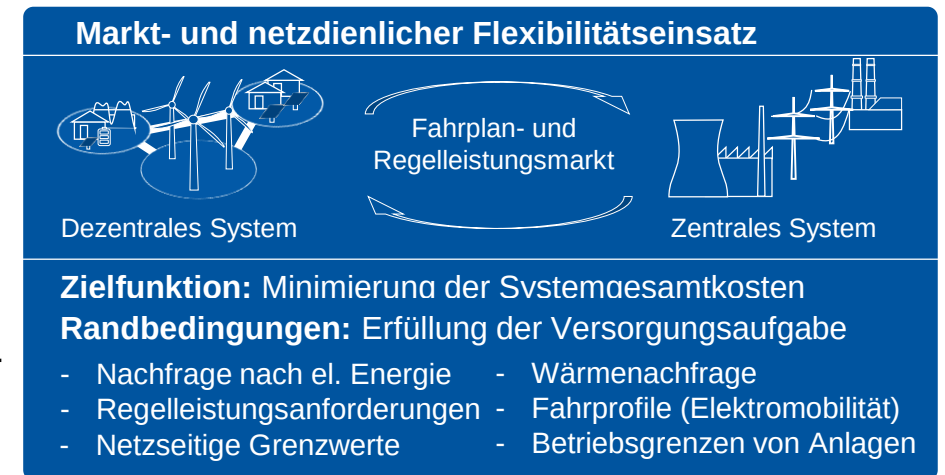
Methodisches Vorgehen

Gesamtwirtschaftliches Verfahren – Stufe 1 und 3

- Gesamtwirtschaftliche Marktsimulation auf Basis einer Systemgesamtkostenminimierung über ein Jahr in stündlicher Auflösung
- Gemeinsame Erfüllung der Versorgungsaufgabe durch zentrale und dezentrale Flexibilitätsoptionen
- Anlagenscharfe Modellierung dezentraler Flexibilitätsoptionen auf Erzeuger- als auch auf Nachfrageseite
- Berücksichtigung netzseitiger Restriktionen in Stufe 3 der mehrstufigen Verfahrenskette

Iterative Aggregations- & Disaggregations-Ansatz

- Aggregierte Optimierung dezentraler Anlagen im Gesamtsystem unter Vernachlässigung anlagenscharfer Grenzen
- Aufteilung des aggregierten Marktergebnisses auf einzelne Anlagen und Überprüfung technischer Restriktionen
- ➔ Bei Grenzwertverletzungen: Korrektur des aggregierten Marktergebnisses und Re-Optimierung im Gesamtsystem



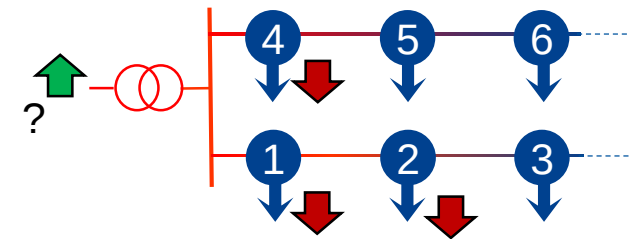
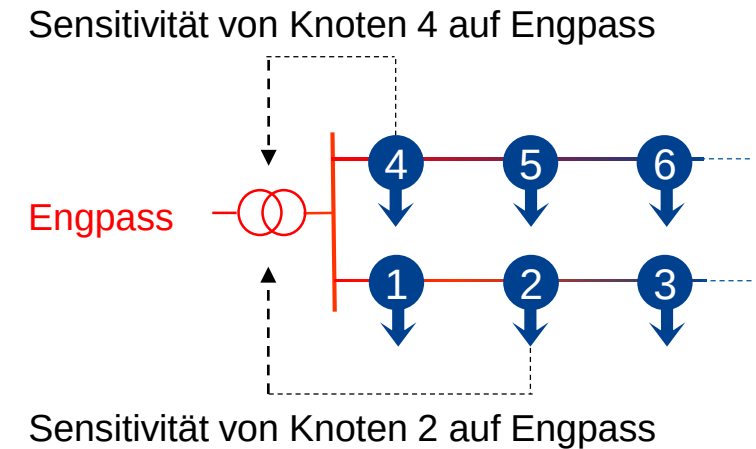
Netzdienliche Flexibilitätsnutzung – Stufe 3

Dezentrales Netzengpassmanagement

- Umsetzung des dezentralen Netzengpassmanagements durch Einbeziehen netzseitiger Restriktionen in das Optimierungsproblem der gesamtwirtschaftlichen Marktsimulation
- Zusätzliche Restriktionen führen zu einer Veränderung der Fahrpläne dezentraler Anlagen gegenüber der Marktsimulation aus Stufe 1
- ➔ Ermittlung des netzdienlichen Flexibilitätseinsatzes durch Vergleich von Stufe 1 und 3 möglich

Kosten netzdienlicher Flexibilität

- Veränderung dezentraler Anlageneinsätze führt zu einer energetischen Verlagerung im Gesamtsystem, welche ggf. auch den Betrieb zentraler Kraftwerke beeinflusst
- Veränderung der Stromerzeugungskosten gegenüber Stufe 1 zu erwarten
- ➔ Veränderung der Stromerzeugungskosten begründet eine Opportunität am zentralen Strommarkt und spiegelt damit die gesamtwirtschaftlichen Kosten netzdienlicher Flexibilitätsnutzung wider



Netzsimulation – Stufe 2 (I/II)

Ableitung von Netzausbauvarianten

- Lastflussberechnung auf Basis dezentraler Anlageneinsätze aus Stufe 1 der mehrstufigen Verfahrenskette
 - Getrennte Simulation einzelner Spannungsebenen
 - Aufteilung des zulässigen Spannungsbandes auf die Hoch-, Mittel- und Niederspannungsebene
- ➔ Identifikation von strom- und spannungsbedingten Engpässen im Verteilnetz
- Ermittlung von Netzausbaumaßnahmen unter Berücksichtigung unterschiedlicher Erschließungsgrade netzdienlicher Flexibilität
 - Abweichung von Wirkleistungsfahrplänen einzelner dezentraler Anlagen im Rahmen der Netzausbausimulation möglich
 - Flexibilisierungsfaktor gibt vor, um wieviel der Betriebspunkt einer dezentralen Flexibilitätsoption verändert werden darf
- ➔ Ableitung unterschiedlicher Netzausbauvarianten auf Basis unterschiedlicher Erschließungsgrade netzdienlicher Flexibilität

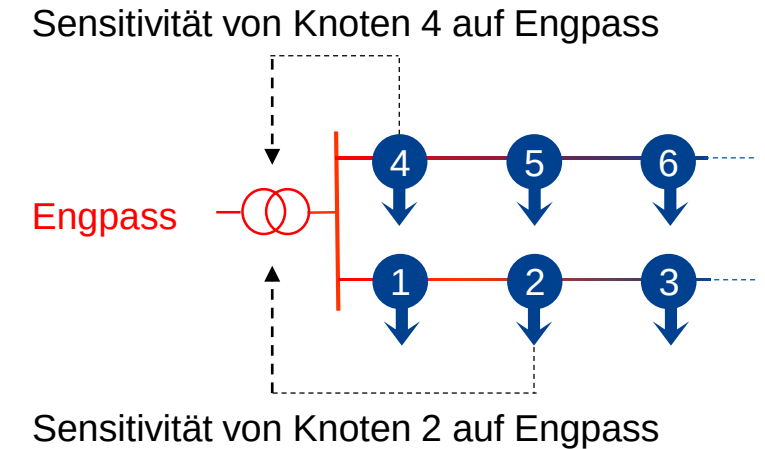
Spannungsebene	Spannungsband
Hochspannung	± 6 kV
Mittelspannung	± 4 %
Niederspannung	± 4 %

Verfügbare Netzausbaumaßnahmen
• Austausch von Transformatoren
• Hinzufügen paralleler Transformatoren
• Auftrennen von Leitungssträngen zur Behebung von Spannungsgrenzwertverletzungen
• Austausch von Leitungen
• Hinzufügen paralleler Leitungen

Netzsimulation – Stufe 2 (II/II)

Übergabe von Netzengpassinformationen an die Marktsimulation

- Lastflussberechnung sowie Identifikation von strom- und spannungsbedingten Engpässen im Verteilnetz je Netzausbauvariante
 - Je höher der angenommene Erschließungsgrad netzdienlicher Flexibilität desto geringer die Anzahl an Netzengpässen
 - Ableitung der Sensitivität dezentraler Anlagen auf die identifizierten Engpässe über Jacobi-Matrix
 - Formulierung von Netzrestriktionen zu jedem Engpass und Übergabe an dritte Verfahrensstufe
- ➔ Netzrestriktionen schränken den Betriebsbereich dezentraler Anlagen in der dritten Verfahrensstufe ein



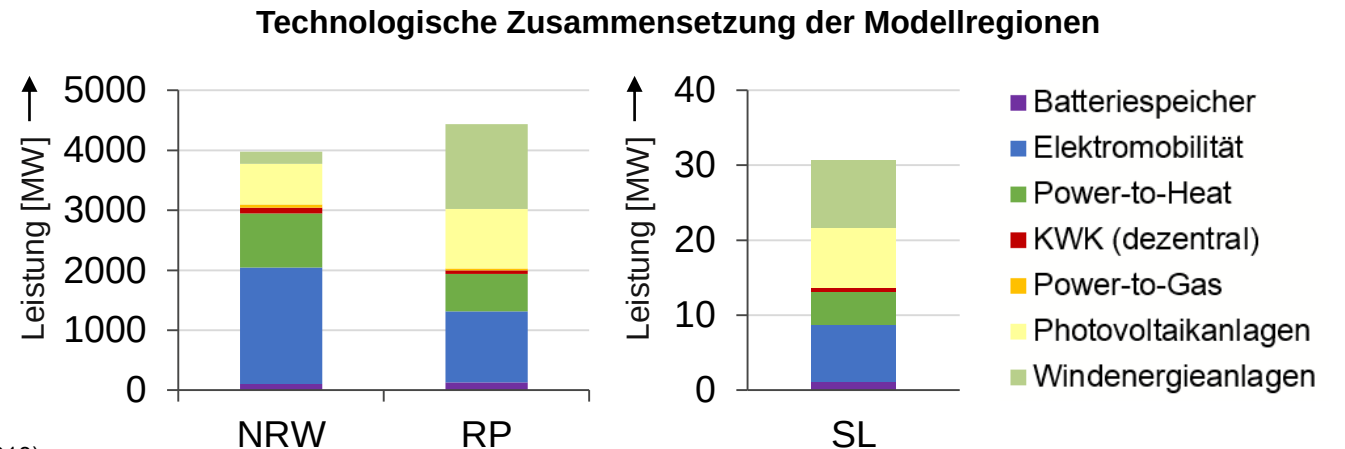
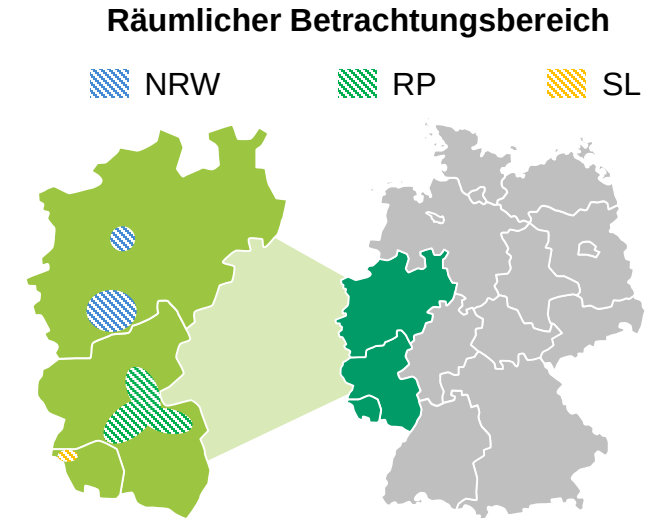
Ergebnisse

Untersuchungsprogramm

- Zentrale sowie dezentrale Anlagenleistungen gemäß dem Designetz-Szenario „Grüne Welt“^[1] für das Betrachtungsjahr 2035
- Annahme einer vollständigen Flexibilitäterschließung

Räumlicher Betrachtungsbereich

- Zentrale Ebene: Fokus auf Erzeugungssystem in Deutschland
 - Grenzüberschreitender Handel mit dem Ausland wird berücksichtigt
 - Keine Berücksichtigung der Wechselwirkungen zwischen dezentralen Anlagen in Deutschland und dem Ausland
- Dezentrale Ebene: Modellregionen in Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und Saarland
 - 2 Hochspannungsnetze
 - 10 Mittelspannungsnetze
 - 31 Niederspannungsnetze



[1] „Designetz: Erster Baustein – Szenarien für 2035“, Energiewirtschaftliche Tagesfragen 68. Jg. (2018)

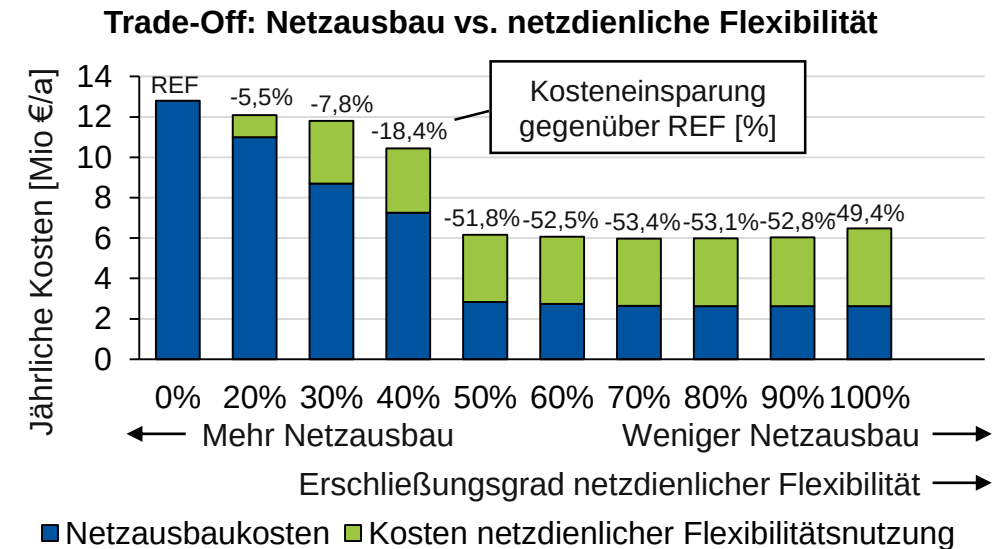
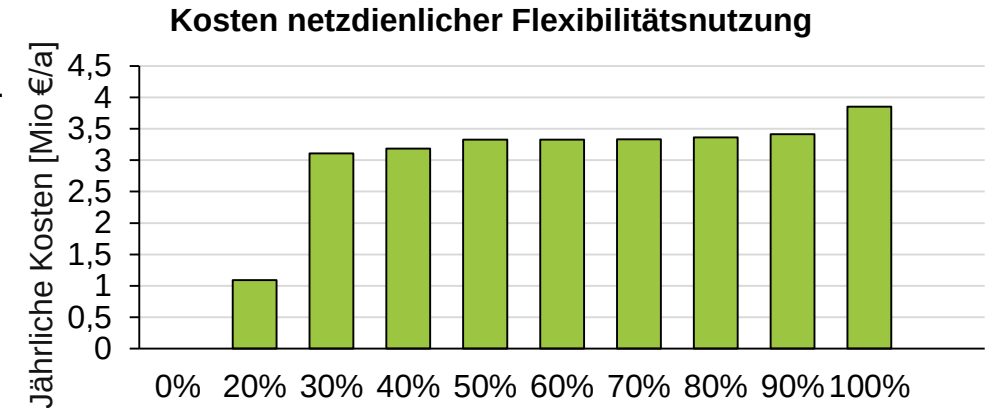
Ergebnisse

Lösungsraum

- Untersuchung unterschiedlicher Netzausbauvarianten mit Erschließungsgraden netzdienlicher Flexibilität zwischen 0 % und 100 %

Annuitätische Netzausbaukosten vs. Kosten netzdienlicher Flexibilität

- Bei steigendem Erschließungsgrad netzdienlicher Flexibilität ist eine Reduktion der Netzausbaukosten bei gleichzeitigem Anstieg der Kosten netzdienlicher Flexibilität zu erkennen
 - Halbierung der Kosten bei einem Erschließungsgrad von 50 %
 - Abnehmender Grenznutzen der Flexibilität ab Erschließungsgrad von 50 % zu beobachten
 - Summe der Kosten bei einem Erschließungsgrad von 70 % minimal
 - Umgesetztes Volumen an netzdienlichen Maßnahmen: 335,4 GWh/a
- ➔ Kostensenkungspotential durch Berücksichtigung netzdienlicher Flexibilitätsoptionen in der Netzausbauplanung in der betrachteten Fokusregion vorhanden



Zusammenfassung

Motivation und zentrale Fragestellung

- Nutzung von dezentralen Flexibilitätsoptionen zur Vermeidung ineffizienter Netzausbaumaßnahmen vermehrt in Diskussion
- Welche Kosteneinsparpotentiale ergeben sich durch die netzdienliche Nutzung dezentraler Flexibilitätsoptionen?

Methodisches Vorgehen

- Mehrstufige Verfahrenskette:
 - (1) Einspeise- & Verbrauchsprognose: Ermittlung dezentraler Anlageneinsätze ohne Berücksichtigung netzseitiger Einschränkungen
 - (2) Netzausbau und Netzzustandsprognose: Ableitung von Netzausbauvarianten und Netzrestriktionen
 - (3) Markt- und netzdienlicher Betrieb: Ermittlung des netzdienlichen Einsatzes dezentraler Flexibilitätsoptionen

Ergebnisse

- Halbierung der Kosten bei einem Erschließungsgrad von 50 %
- Abnehmender Grenznutzen der Flexibilität ab Erschließungsgrad von 50 % zu beobachten
- Kostensenkungspotential durch Berücksichtigung netzdienlicher Flexibilitätsoptionen in der Netzausbauplanung in der betrachteten Fokusregion vorhanden

**Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit**



Kevin Pacco

RWTH Aachen University

Institut für Elektrische Anlagen & Netze,
Digitalisierung und Energiewirtschaft
Übertragungsnetze und Energiewirtschaft

Tel. +49 (0) 241 / 80 97885
k.pacco@iaew.rwth-aachen.de