

Beitrag zum 14. Symposium Energieinnovation

Optimale Ausbauplanung von Verteilnetzen unter Berücksichtigung von Unsicherheiten und innovativen Betriebsmitteln

- Hintergrund und Motivation
- Analyse und Modellbildung
- Verfahrensansatz
- Zusammenfassung und Ausblick

Dipl.-Wirt.-Ing. Julia Ziegeldorf

Graz, 11. Februar 2016



Hintergrund und Motivation

Ausbauplanung für Verteilnetze im Rahmen der Energiewende

■ Herausforderungen

- Integration von dezentralen Erzeugungsanlagen
- Zum Teil hoher Bedarf an Netzverstärkungs-/ Ausbaumaßnahmen
- Hohe Unsicherheit bzgl. der zukünftigen Entwicklung der Netznutzung
 - Robuste Planungsentscheidungen gefordert um Fehlinvestitionen zu vermeiden
- Unsicherheiten im Planungsprozess häufig nur unzureichend abgebildet
 - Planung der Netze für einzelne Entwicklungsszenarien
 - Keine eindeutigen Ausbaumaßnahmen ableitbar

→ Integrierte Betrachtung von Unsicherheiten zur Ableitung robuster Handlungsempfehlungen notwendig

■ Chancen

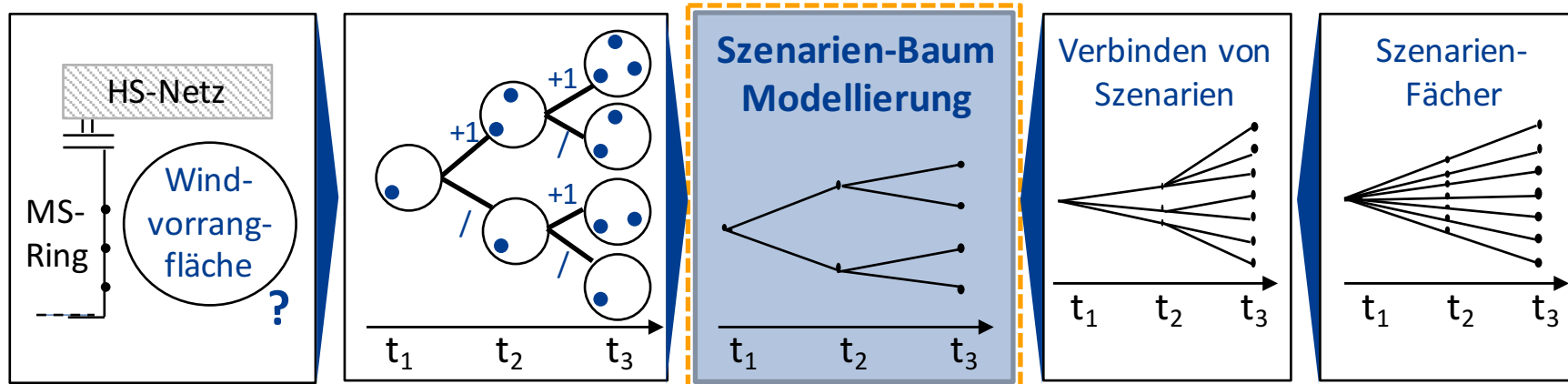
- Neue planerische Freiheitsgrade durch neue Technologien und betriebliche Maßnahmen
- Kurzfristig realisierbar, Ausnutzung von Flexibilität auf Verbraucher/Erzeuger-Seite

→ Rechnergestütztes Planungsoptimierungstool zur integrierten Betrachtung von Unsicherheiten und neuen Technologien im Mittel- und Hochspannungsnetz

Ausbauplanung (1/2)

- Zuverlässiger und sicherer Netzbetrieb bei Versorgung aller Verbraucher und Integration der dezentralen Erzeugungsanlagen
 - Ableitung und Umsetzung von Ausbaumaßnahmen bei Schwachstellen im Netz
- Prognose und Modellierung der Netznutzung notwendig
 - Höhe der installierten Leistung / zeitliche Entwicklung auf regionaler Ebene sehr unsicher
 - Zum Teil stochastische Entwicklung
- Beispiel: von t auf $t+1$ jeweils zwei Entwicklungen <

Anschlussbegehren WEA $\oplus 1$
 Keine Anschlussbegehren $/$

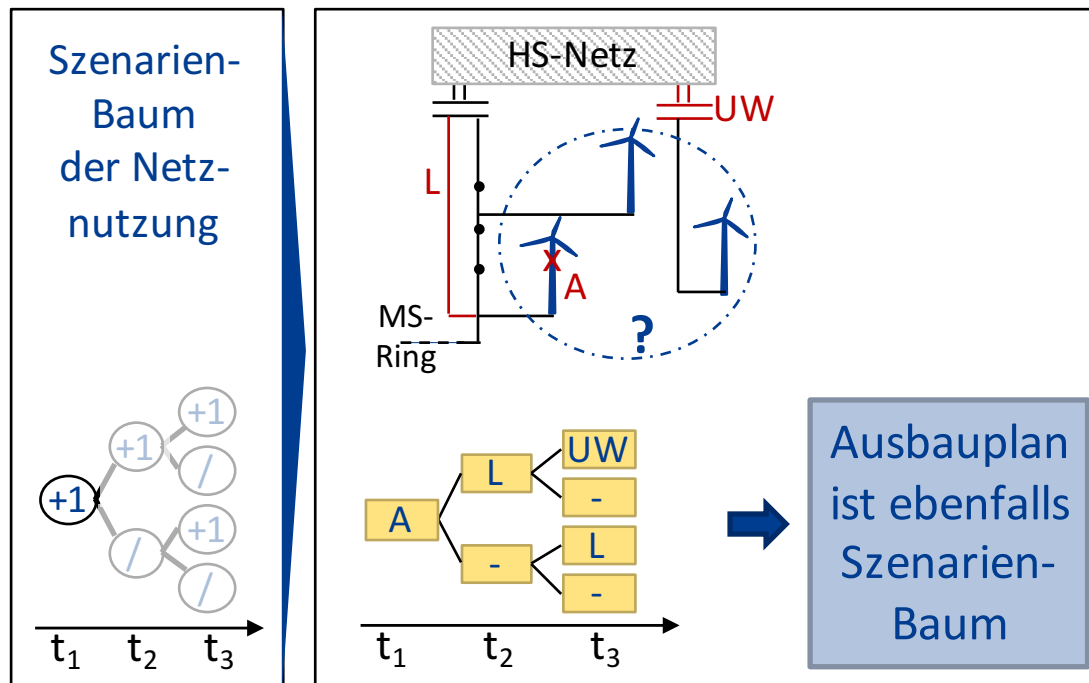


➔ Wie erfolgt zugehöriger Entscheidungsprozess innerhalb der Ausbauplanung?

Ausbauplanung (2/2)

Auswahl von Ausbaumaßnahmen unter Unsicherheit

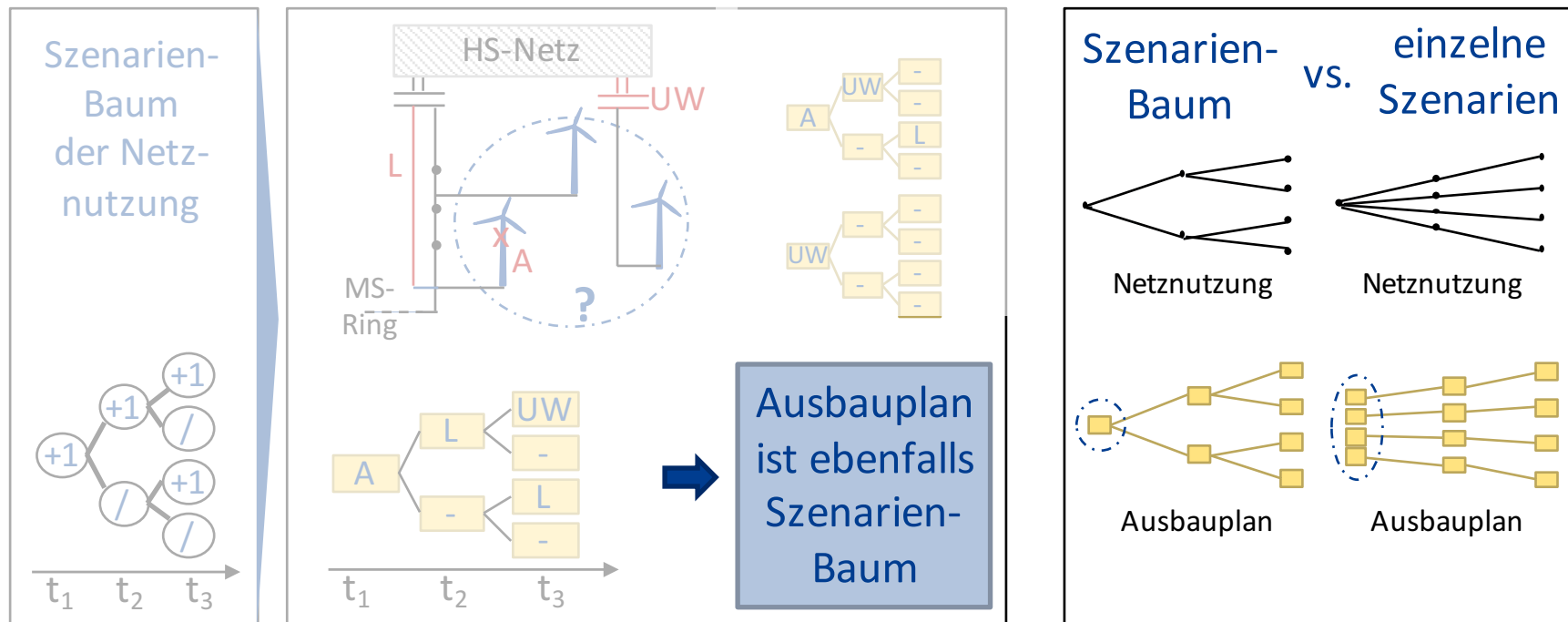
- Investitionsentscheidungen erfolgen stufenweise und rollierend
- Eindeutige Entscheidung für jeweils nächste Maßnahme notwendig



Ausbauplanung (2/2)

Auswahl von Ausbaumaßnahmen unter Unsicherheit

- Investitionsentscheidungen erfolgen stufenweise und rollierend
- Eindeutige Entscheidung für jeweils nächste Maßnahme notwendig



➔ Szenarien-Baum-Modell ermöglicht eindeutige, robuste Entscheidungen

- Aber unterschiedliche Lösungsmöglichkeiten (Szenarien-Bäume) möglich

➔ Optimierungsverfahren zur Ermittlung des Optimums

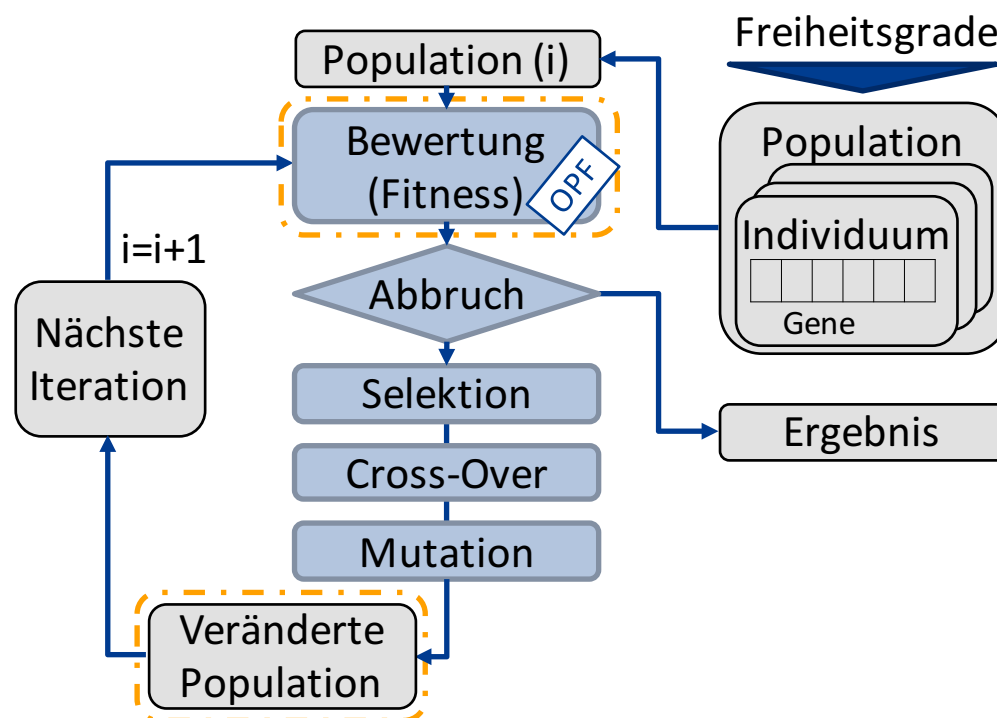
Anforderungen an das Optimierungsverfahren

- Stochastische Optimierung über Szenarien-Baum der Netznutzung
 - Modellierung der Ausbaumaßnahmen (Freiheitsgrade)
 - Betriebliche Maßnahmen, insb. Abregelung von Erzeugungsanlagen
 - Optimale Abregelung durch Optimal Power Flow (OPF) zu ermitteln
 - Maßnahmen zur Netzverstärkung und zum Netzausbau
 - Abbildung ganzzahliger Entscheidungen
 - Prüfung der üblichen technischen Randbedingungen zur Strombelastbarkeit, Spannungsband und Zuverlässigkeit (Nebenbedingungen)
 - Bewertung des Netzausbaus im Sinne der Anreizregulierungsverordnung (Kostenminimierung als Zielfunktion)
 - Barwertmethode zum Vergleich unterschiedliche Ausbaupläne (Realisierungszeitpunkte)
 - Unter Unsicherheit Ermittlung des Erwartungswert μ des Barwertes
 - Flexible Bewertungsmöglichkeit der Kosten (insb. für betriebliche Maßnahmen) aufgrund wechselnder Gesetzeslage notwendig
- Auswahl der Maßnahmen und Jahr der Realisierung zu optimieren

Optimierungsproblem und Verfahrensauswahl

- Komplexes Optimierungsproblem, da
mehrstufig, nichtlinear, gemischt-ganzzahlig, stochastisch
- ➔ Heuristische Optimierungsverfahren geeignet
- Genetischer Algorithmus (GA) für einstufige Planungsprobleme eingesetzt
- **Genetischen Algorithmus
Grundablauf**

Netzplanung	Modell	GA
eine Planungs- entscheidung	ein Frei- heitsgrad	ein Gen- Wert
ein Netz- entwurf	Eine Lösung	ein Indivi- duum
alle möglichen Netzentwürfe	Lösungs- menge	eine Popu- lation
Kosten- minimierung	Ziel- funktion	Fitness- funktion

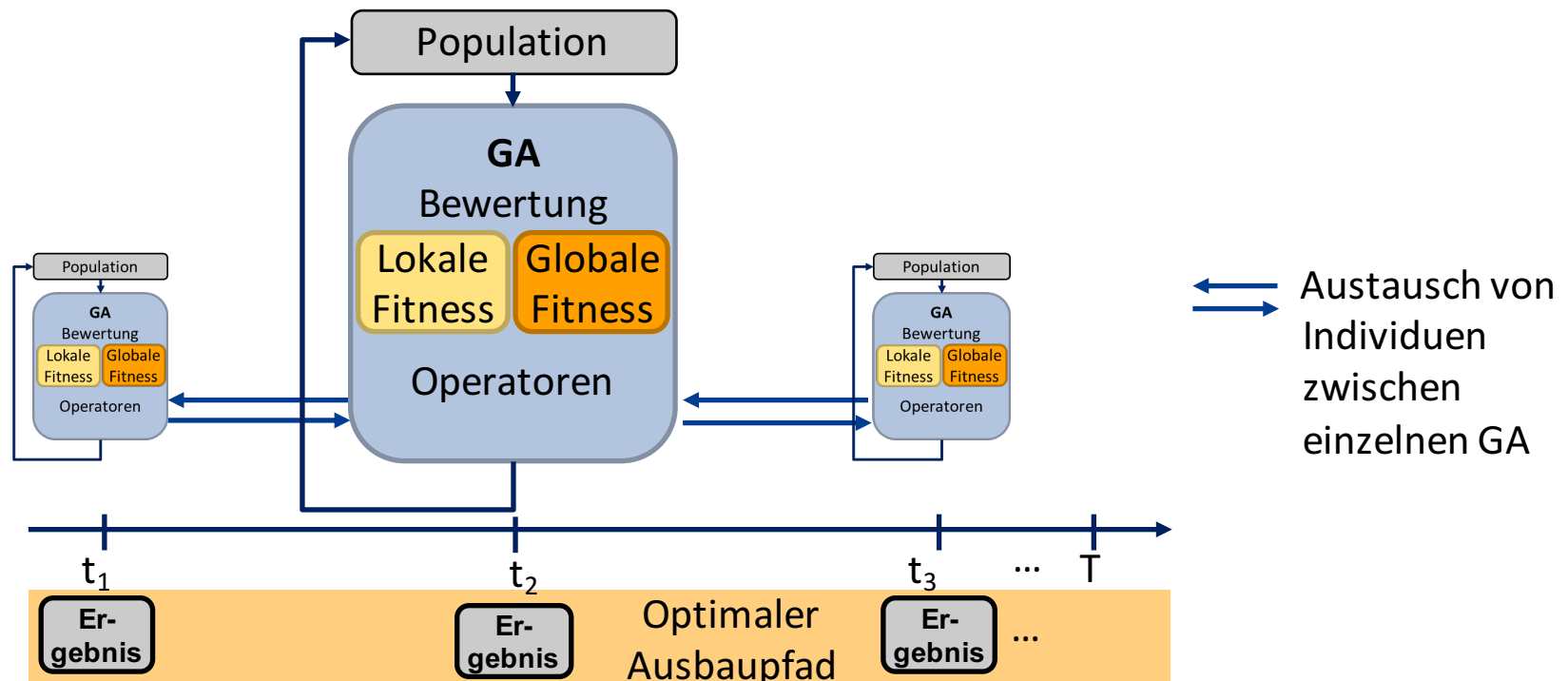


➔ Erweiterung um Mehrstufigkeit und Stochastik

Optimierungsalgorithmus (1/2)

Erweiterung des Grundmodells um die Mehrstufigkeit

- Ausbauplanung betrachtet gesamten Planungszeitraum von t_0 bis T



- Bestimmung zweier Fitness-Werte notwendig

- Annuitätische Gesamtkosten
- Investitions- und Betriebskosten
- $\dot{A} = \sum_{i=1}^n \dot{a}_i * K_i$

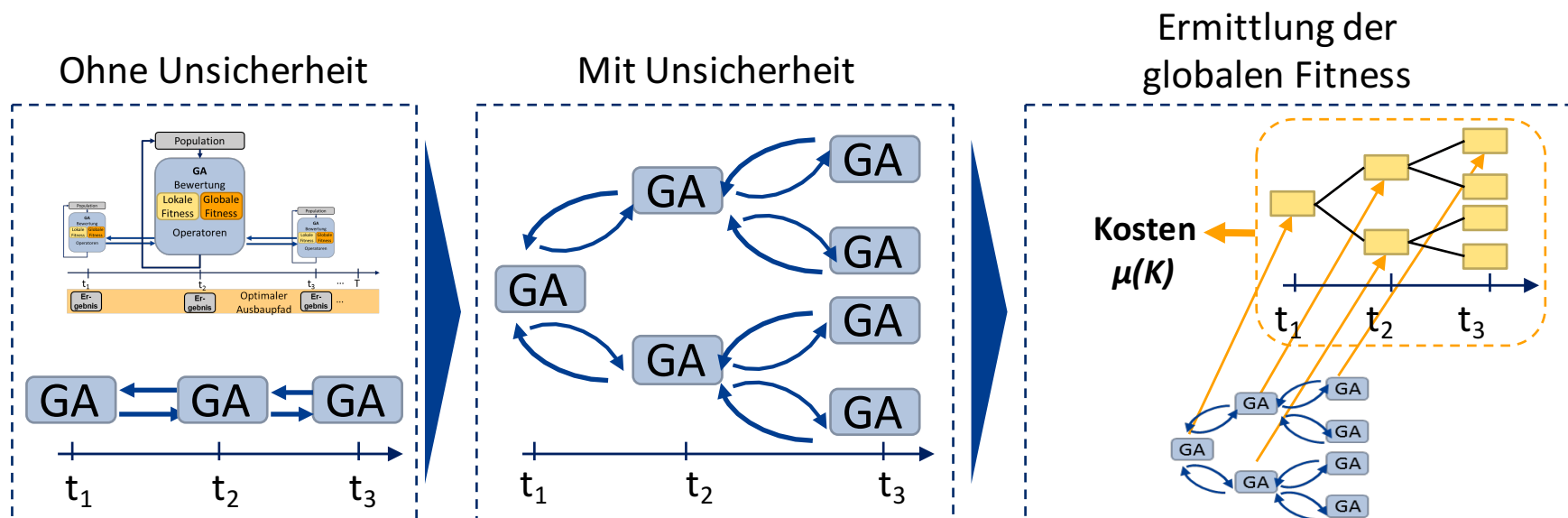
- Barwert der Gesamtkosten des Ausbaupfades über alle Jahre (incl. Abbau- / Umbaukosten)
- $K = \sum_{t=t_0}^T \frac{K_t}{(1+i)^t}$

$i = 1, \dots, n$: Ausbaumaßnahmen K_i : Kosten für Maßnahme i \dot{a} : Annuitätsfaktor von Maßnahme i

Optimierungsalgorithmus (2/2)

Erweiterung des Grundmodells um die Unsicherheit

- Zusätzliche Kopplungen um Szenarien-Abschnitte zu berücksichtigen



- Bestimmung der globalen Fitness unter Unsicherheit deutlich komplexer
 - Jeweils Ermittlung des Erwartungswertes der Kosten über alle Szenarien
 - $$\mu(K) = \sum_{s=1}^S p_s * \sum_{t=t_0}^T \frac{K_{t,s}}{(1+i)^t}$$
 - Szenarien-Baum der Ausbaumaßnahmen (Lösung) entsteht durch Kombinieren der Individuen der einzelnen GA erstellen → Vielzählige Kombinationen zu bewerten

➔ Methodik zur Ermittlung der besten Kombinationen in jeder Iteration notwendig

Zusammenfassung

■ Hintergrund und Motivation

- Investition in Netzausbau zur Integration der EE-Anlagen erforderlich
- Hohe Unsicherheit der zukünftigen Entwicklung der Netznutzung
- Ziel ist Ableitung robuster Handlungsempfehlungen

■ Mehrstufiges, stochastisches Optimierungsverfahren

- Modell des Szenarien-Baums für unsichere Entwicklung der Netznutzung
- Erweiterung eines Genetischen Algorithmus
- Berücksichtigung neuer planerischer Freiheitsgrade
- Bestimmung einer lokalen und globalen Fitness zur Steuerung des Iterationsprozesses
- Parallelisierung planerischer Grundfunktionalitäten

■ Ausblick

- Entwicklung des Optimierungsverfahrens innerhalb laufenden Forschungsprojektes zur robusten Ausbauplanung
- Anwendung auf praxisübliche Planungsprobleme der Mittel- und Hochspannungsebene

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Julia Ziegeldorf

FGH e.V., Abteilung Systemstudien

E-Mail: julia.ziegeldorf@fgh-ma.de

Teil: +49 (0)241 997-857-26

Forschungsprojekt: „Optimale Verteilnetze für die Energiewende“