



gefördert durch das Niedersächsische
Ministerium für Wissenschaft und Kultur im
Rahmen des Niedersächsischen Vorab



nachhaltige **energieversorgung** niedersachsen

Methodik für eine nachhaltige Netzausbauplanung im Kontext einer regenerativen Stromversorgung

Christoph Blaufuß, Lutz Hofmann

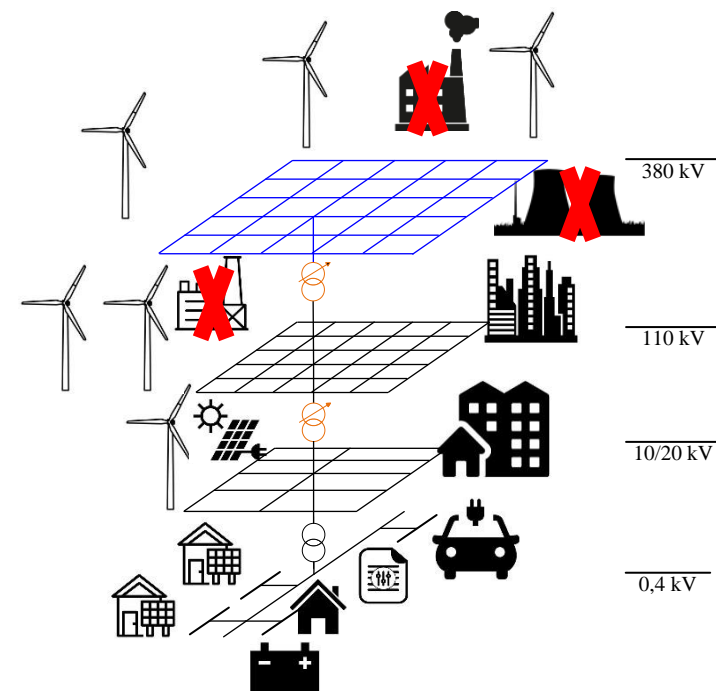
Leibniz Universität Hannover

Institut für Elektrische Energiesysteme

Fachbereich Elektrische Energieversorgung

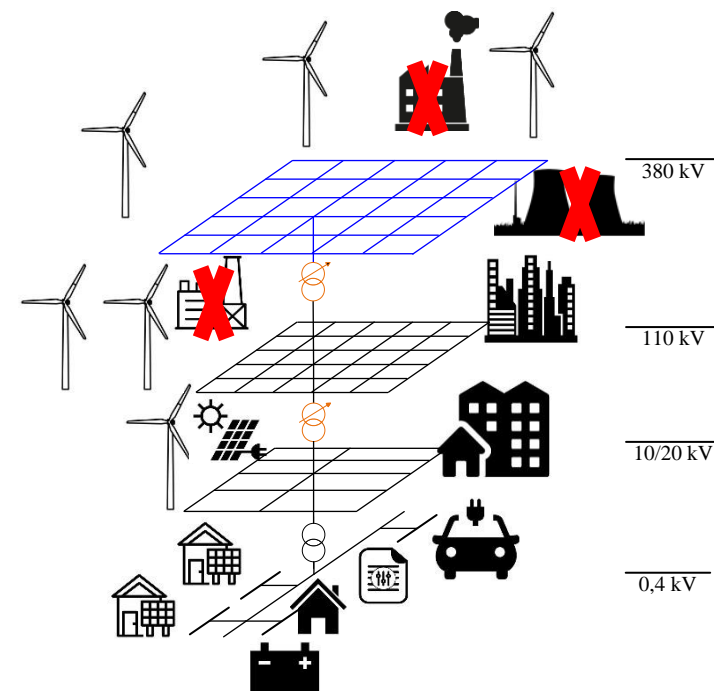
Welche Veränderungen sind im Netz prognostiziert?

- Ersetzen von konventionellen, thermischen Kraftwerken durch regenerative und dezentrale Erzeugungsanlagen
- Integration neuer Lasten bspw. Elektrofahrzeuge und Wärmepumpen
- Einsatz von Speichertechnologien
- Einsatz von Managementsystemen zur Last- und Einspeiseregulierung

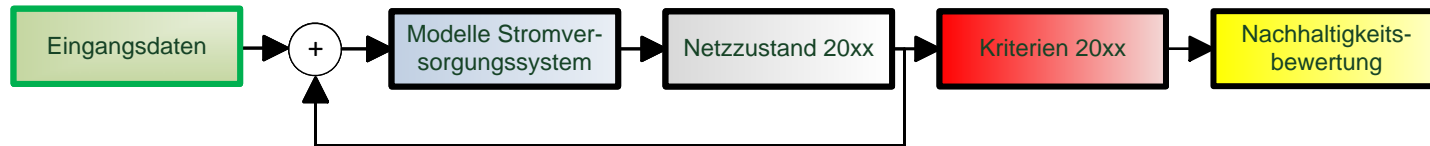


Resultierende Leitfragen:

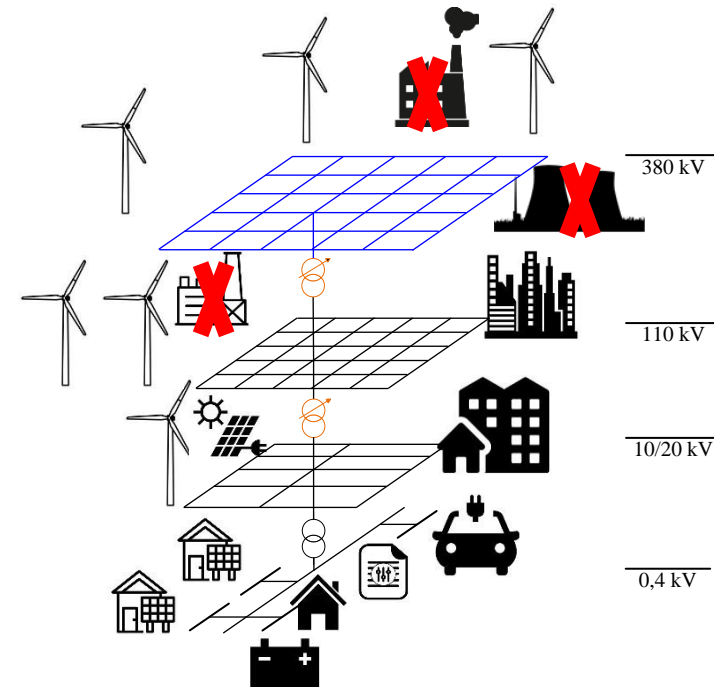
- Wie ist ein nachhaltiges Stromversorgungssystem für Niedersachsen charakterisiert?
 - Welche Energiespeicher werden benötigt?
 - Werden weiterhin konventionelle thermische Kraftwerke benötigt?
- Wie kann ein bedarfsgerechter Netzausbau kostenoptimiert geplant werden?
- Welche Ausbaumethoden und -ansätze erweisen sich langfristig als optimal?
 - Konventioneller Netzausbau
 - Last- und Einspeisemanagement



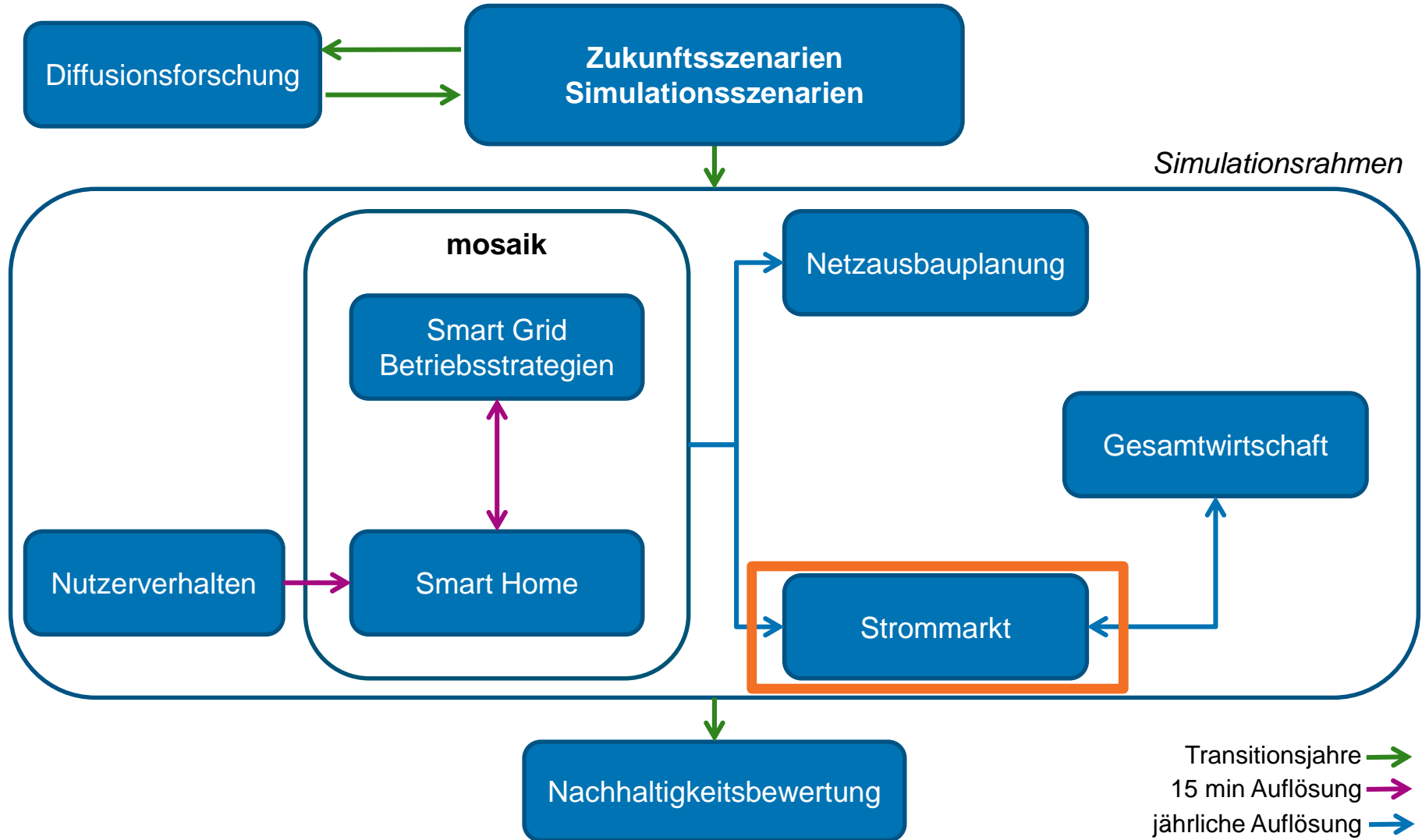
Entwicklung von Modellen zur Nachbildung des Stromversorgungssystems



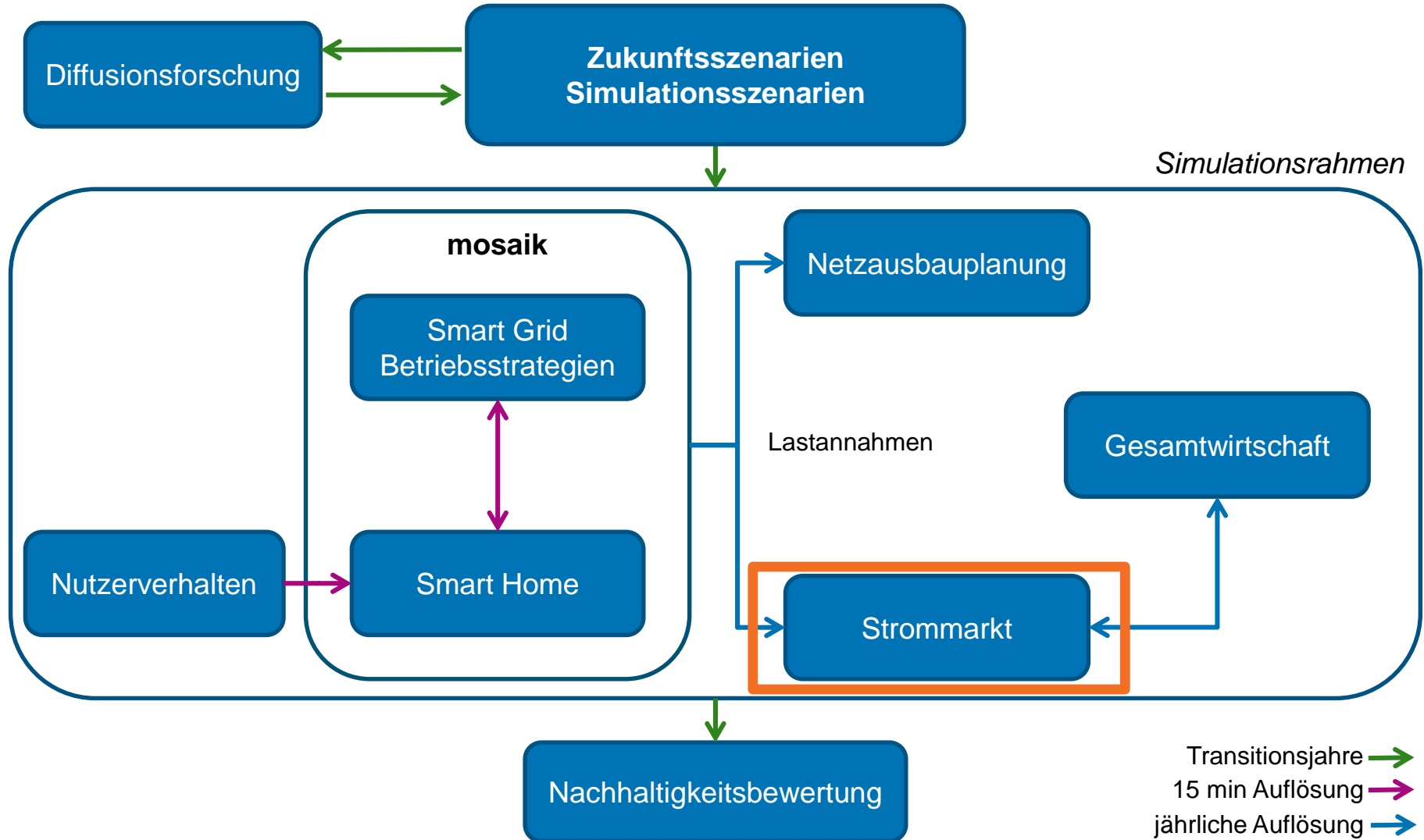
- Strommarkt
- Netzausbauplanung
- **Kriterien:** Strommix, CO₂-Emission, Wirkungsgrad, Stromgestehungskosten, Netzausbaukosten, Netzverluste und Stromkreislängen



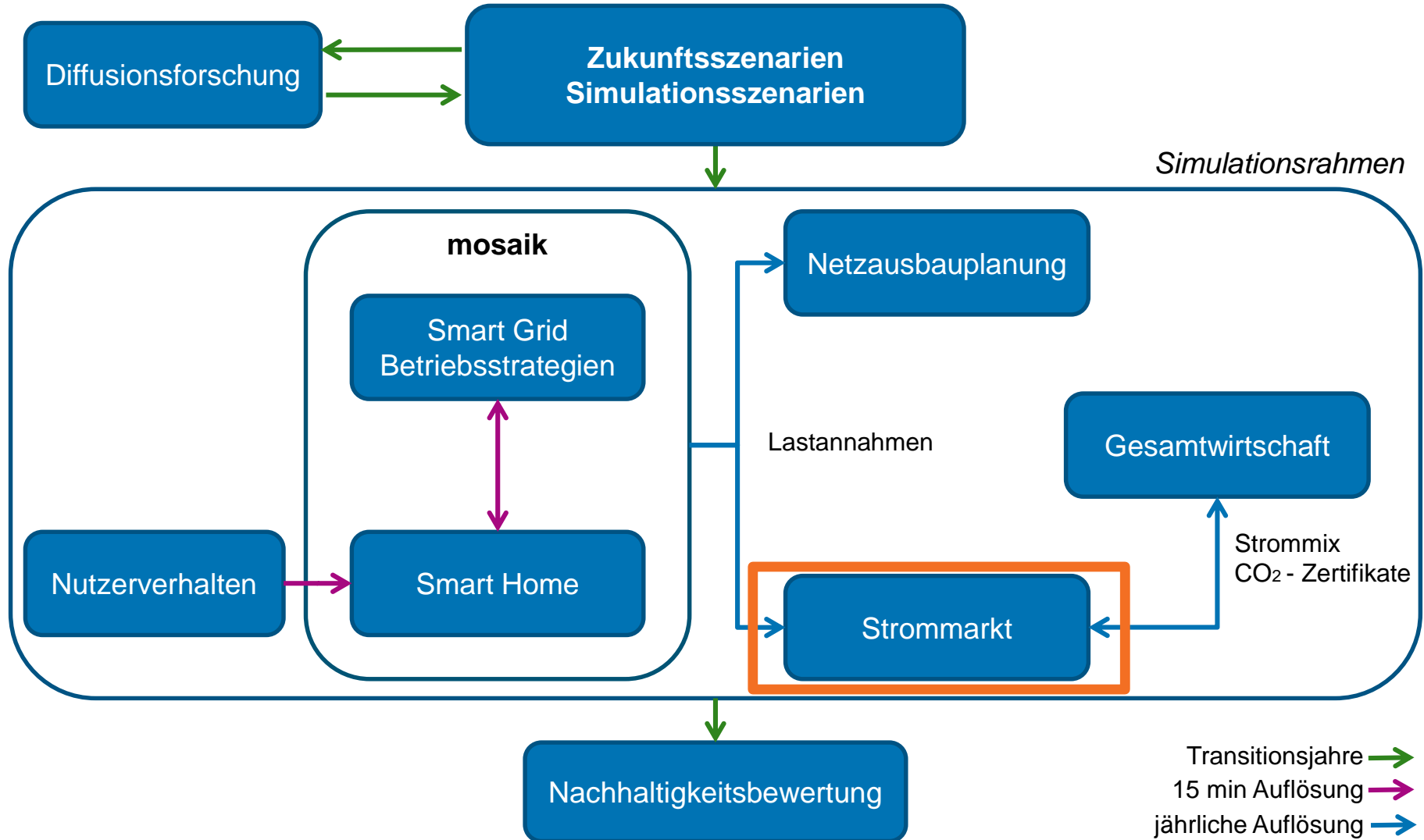
Einordnung in das Gesamtprojekt



Einordnung in das Gesamtprojekt

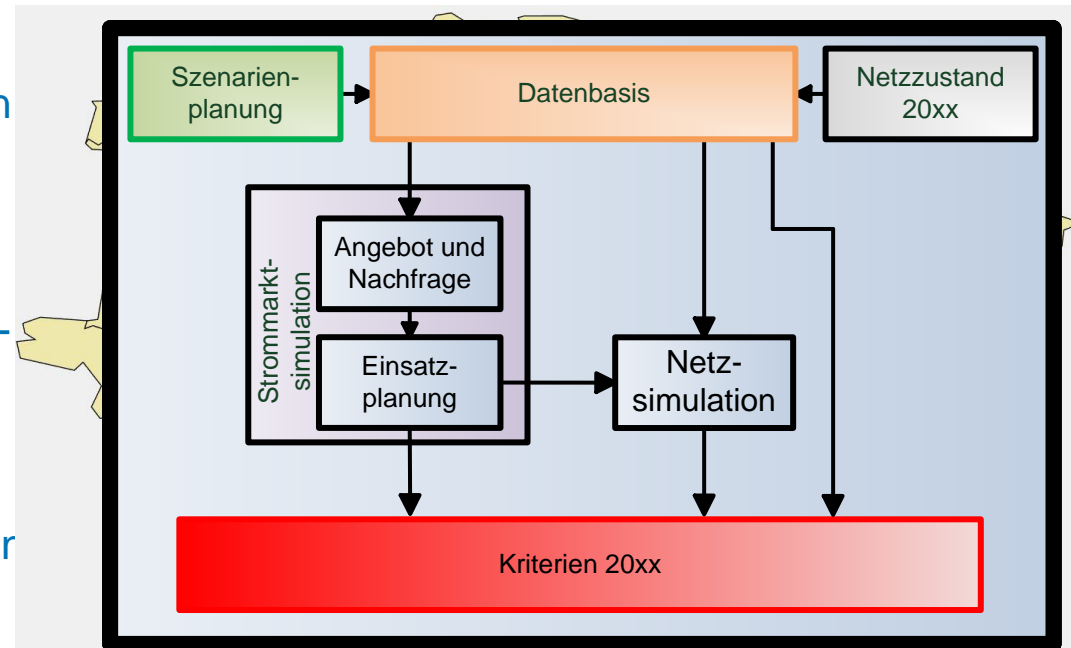


Einordnung in das Gesamtprojekt

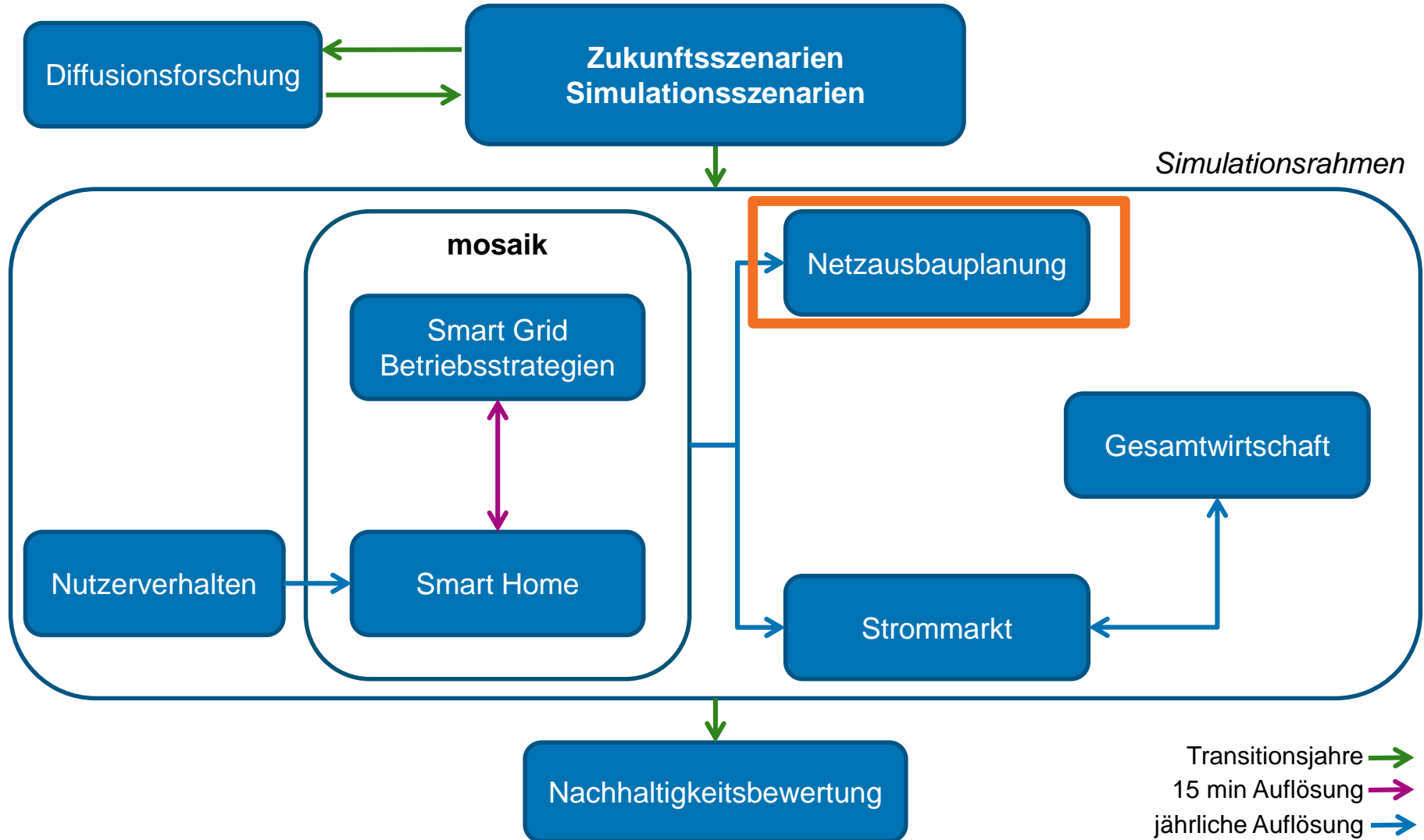


Strommarkt – Integrierte Netz- und Strommarktsimulation

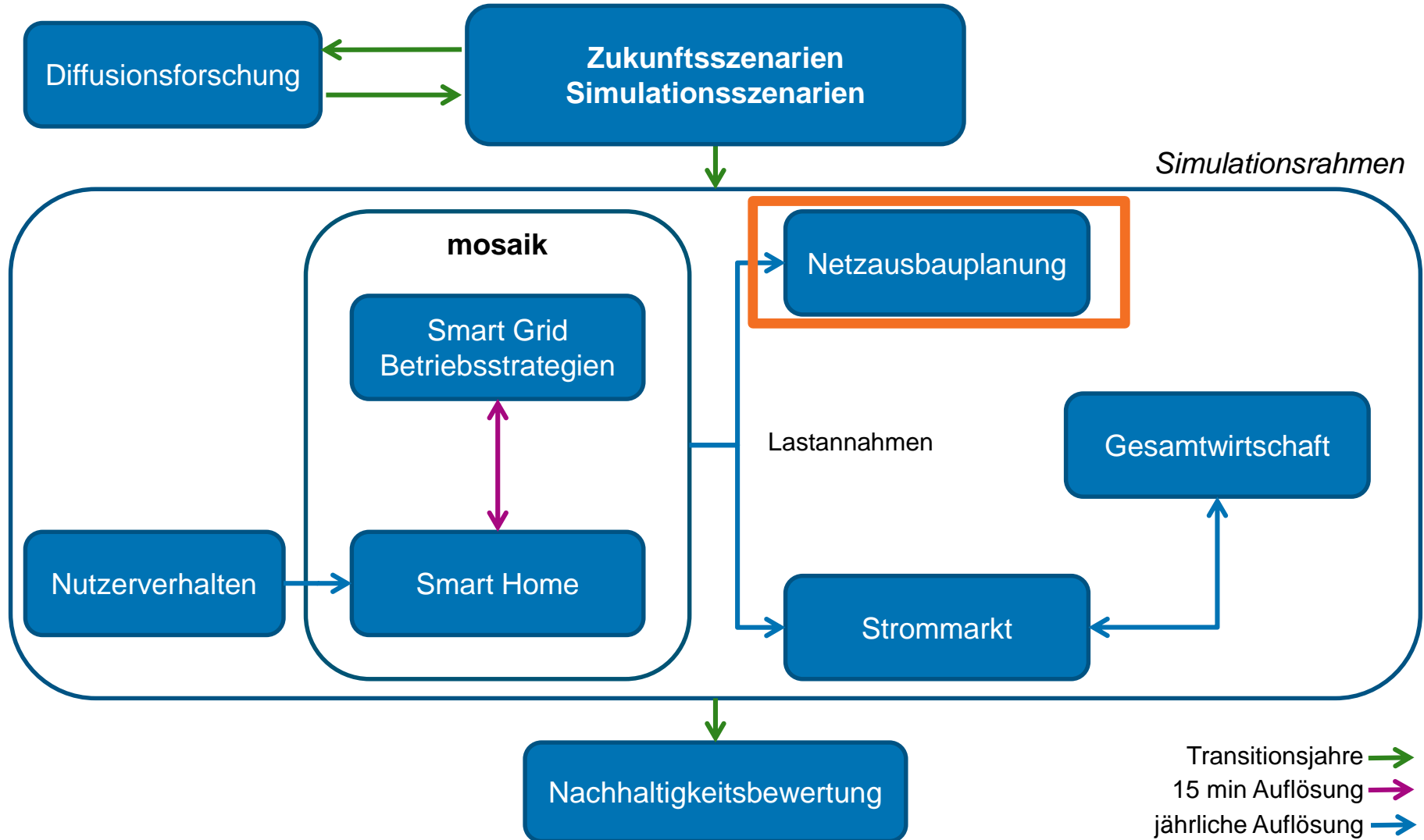
- Separation des niedersächsischen Übertragungsnetz
- Definition Schnittstellen zu benachbarten Netzgebieten
- Strommarktsimulation
 - Bestimmung angebotener und nachgefragter Energie für jeden Zeitschritt
 - Vorrang einspeisung Erneuerbarer Energien
 - Berücksichtigung von Speicher- und Kuppelkapazitäten
 - Berechnung: Kraftwerks- und Speichereinsatzplanung durch Lösen eines linearen Optimierungsproblems
- Netzsimulation
 - Berechnung von Leistungsflüssen, Knotenspannungen und Verlustleistungen
- Berechnung: Kriterien 20xx



Einordnung in das Gesamtprojekt



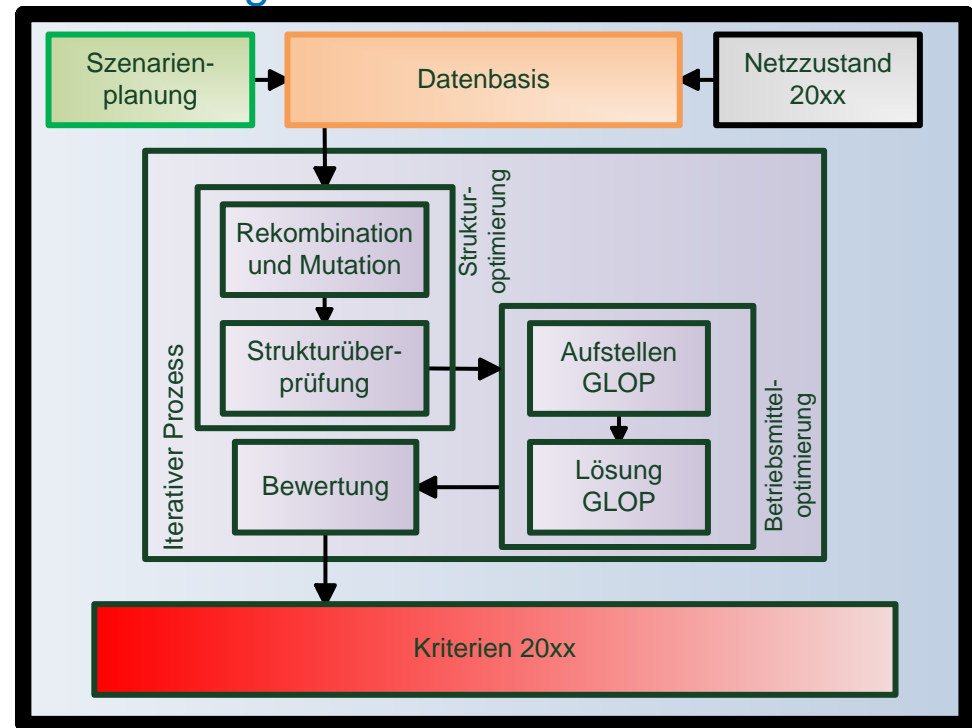
Einordnung in das Gesamtprojekt



Netzausbauplanung – Ebenenübergreifender Netzplanungsalgorithmus

Ansatz: Heuristische Netzplanungsalgorithmen

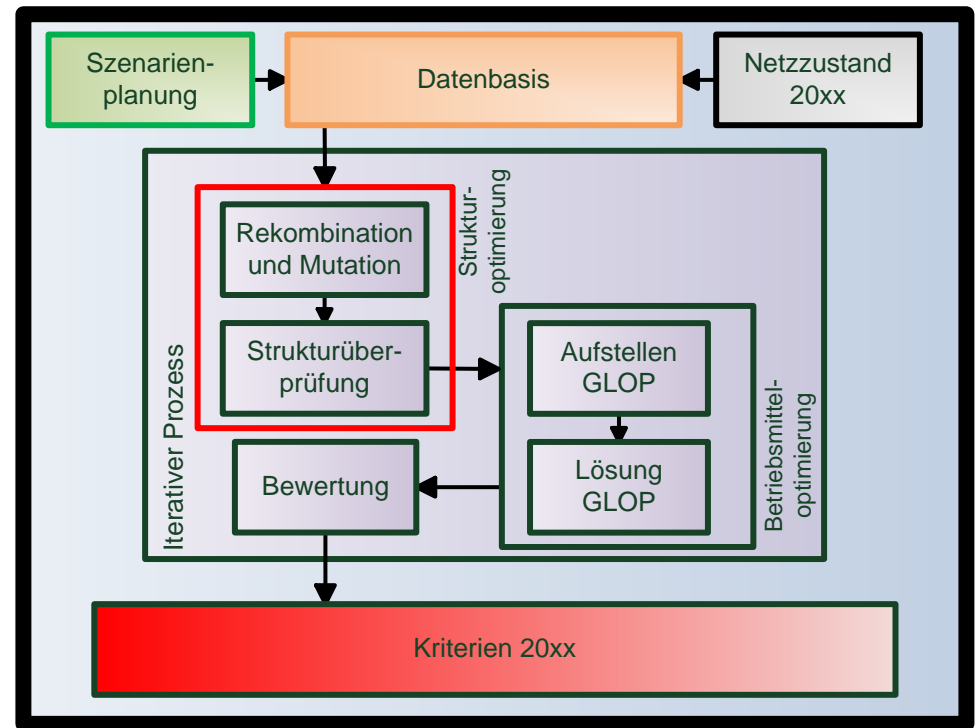
- Zusammenhängende Planung von Hoch- und Mittelspannungsnetzen
 - Nutzung zusätzlicher planerischer Freiheitsgrade
- Entwicklung eines hybriden Algorithmus:
 - Evolutionäre Heuristiken
 - Lineare Optimierung (GLOP)
 - Verknüpfung in einen iterativen Prozess
- Steigerung der Lösungsgüte
 - Optimales Ergebnis in der Betriebsmittelauslegung
 - Höhere Vergleichbarkeit in der Strukturoptimierung
- Durchführung einer Graue- und Grüne-Wiese Planung



Netzausbauplanung – Ebenenübergreifender Netzplanungsalgorithmus

Strukturoptimierung

- Optimierung Leitungsverbindungen
 - Berücksichtigung von Stichverbindungen
 - Berücksichtigung von Randnetzen
- Standortoptimierung von Netzstationen
 - Verschiebung
 - Neueröffnung
 - Schließung
- Optimierung von Schaltanlagenkonzepten



Netzausbauplanung – Ebenenübergreifender Netzplanungsalgorithmus

Betriebsmitteloptimierung

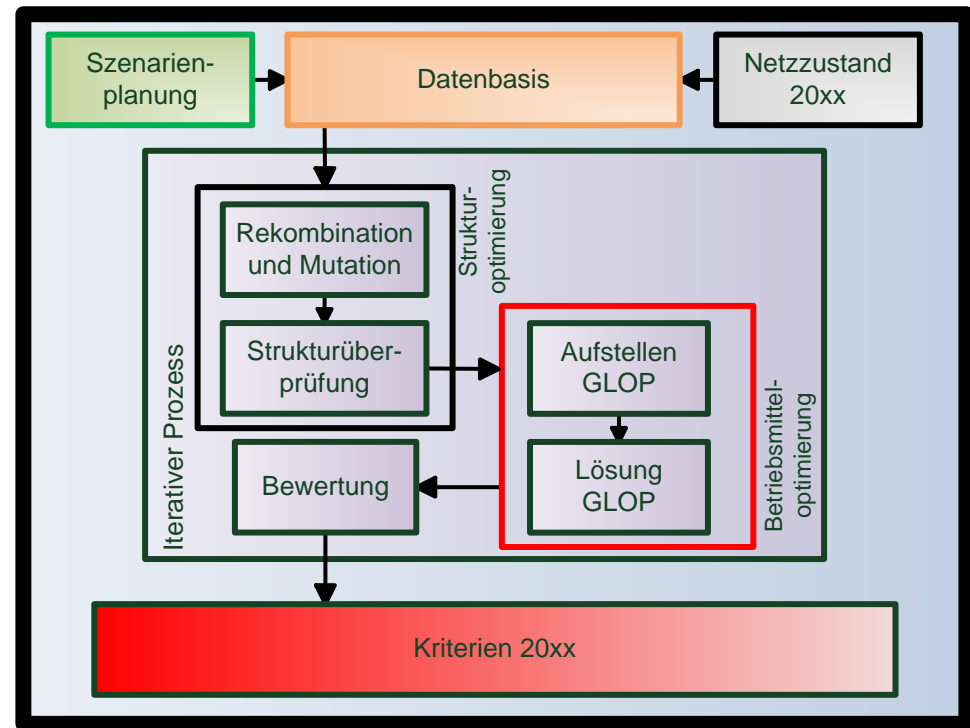
Relevante Auslegungsfälle:

- (n-0) – Betriebszustand
- (n-1) – Betriebszustand

Freiheitsgrade:

- Betriebsführungskonzepte von Erzeugungsanlagen
 - untererregte Einspeisung
 - Spitzenkappung
- Reservestellung benachbarter Stationen oder Randnetzen
- Einsatz steuerbarer Betriebsmittel

- Konfiguration von Leitungs- und Transformatortypen

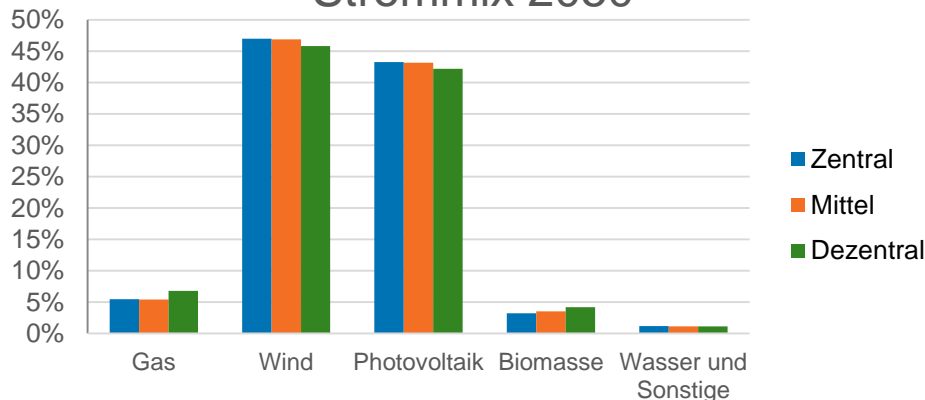


Integrierte Netz- und Strommarktsimulation

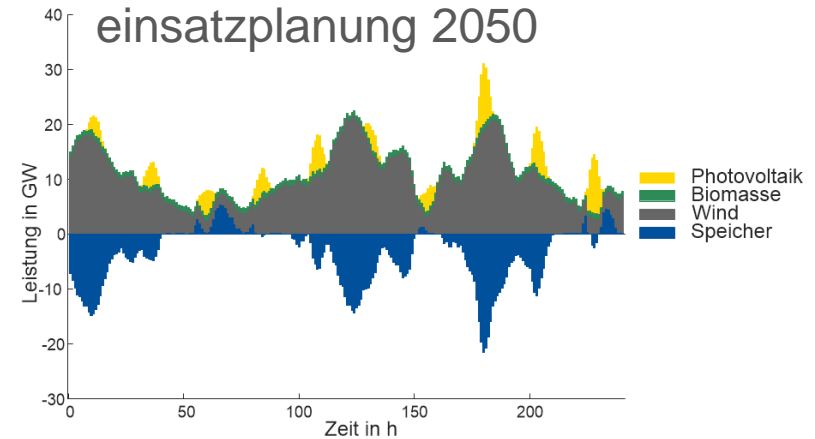
- Hohe volatile Einspeisung der Erneuerbaren Energien
- Hoher Energieüberschuss
- Verwendung von saisonaler Speicher
- Energiemangel

Vergleich der Alternativen

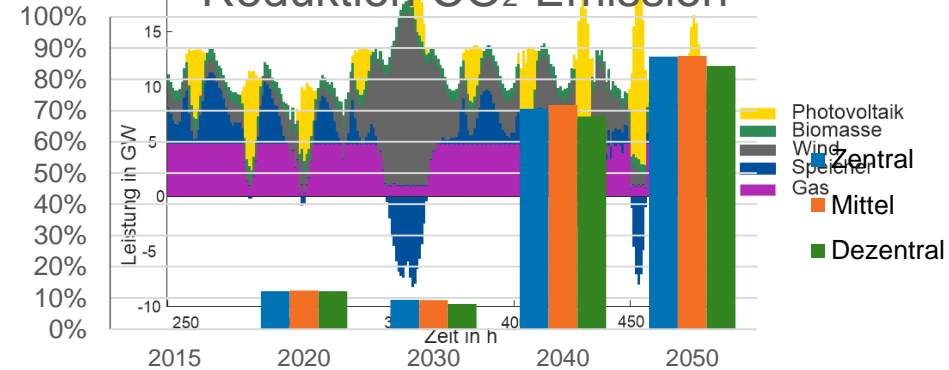
Strommix 2050



Kraftwerks- und Speichereinsatzplanung 2050



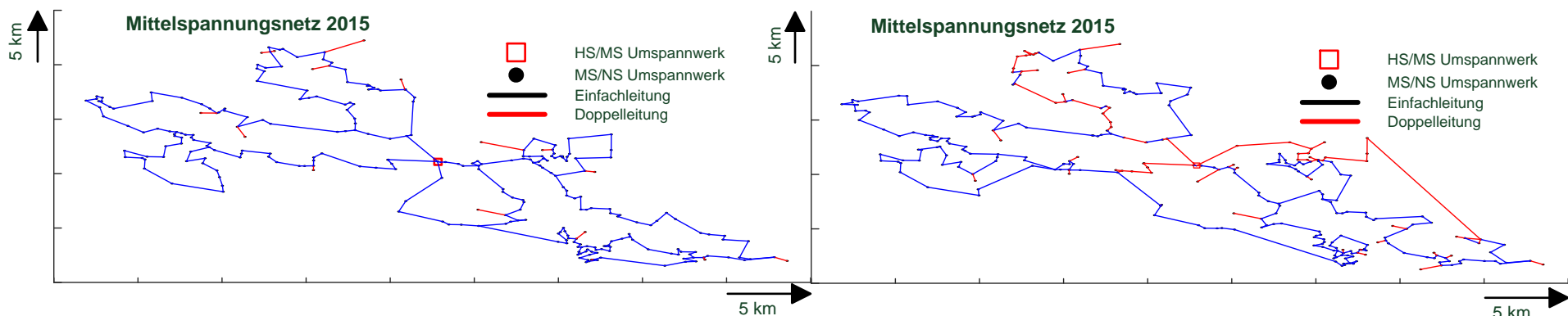
Reduktion CO₂-Emission



Ergebnis der optimierten Transition des Mittelspannungsnetzes

2015

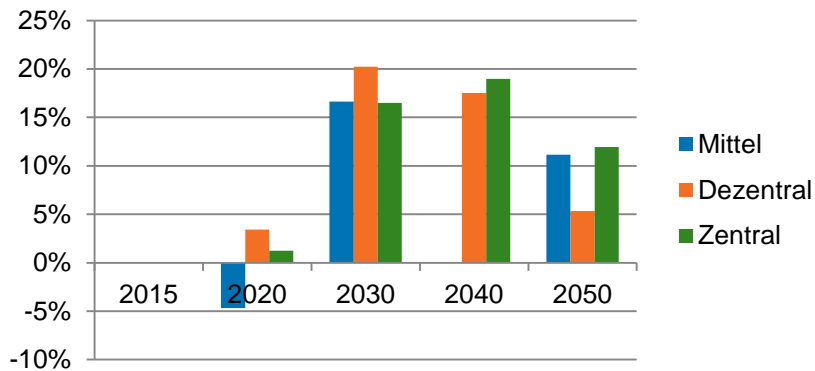
2050



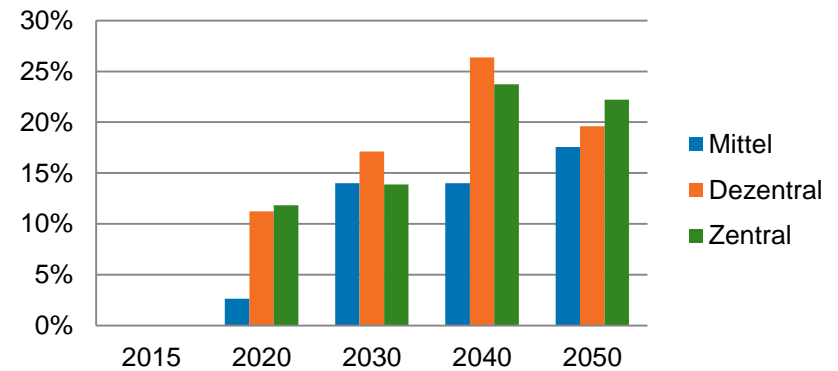
- Verstärkung von Leitungssystemen
 - Verstärkung der Leitungssystemen am Umspannwerk
- Umstrukturierung des Netzes
 - Anpassung der durchschnittlichen Ringgrößen

Vergleich der Alternativen im Hoch- und Mittelspannungsnetz

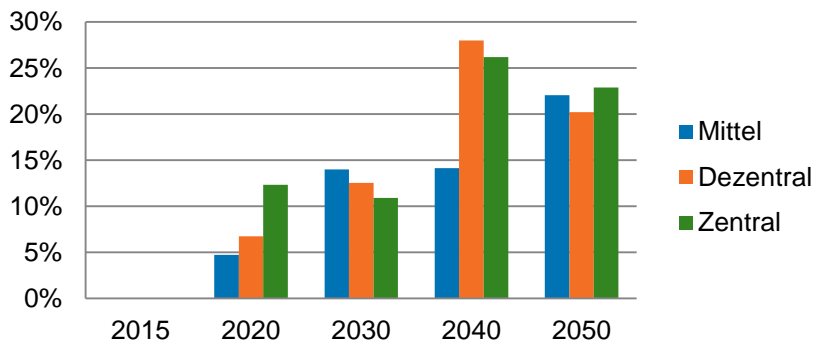
Jahreskosten HS-Netz



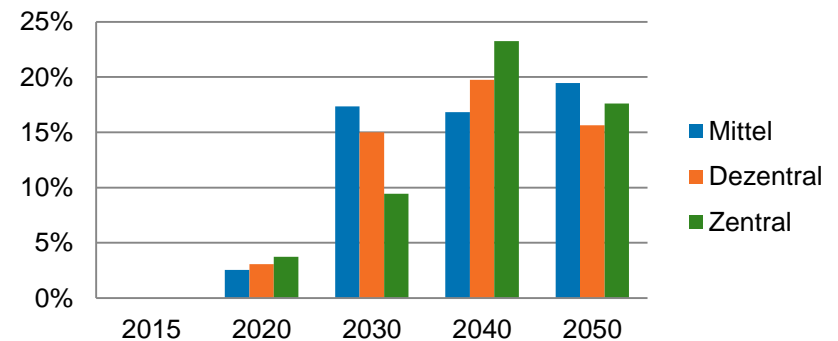
Systemlänge HS-Netz



Jahreskosten MS-Netz



Systemlänge MS-Netz



- Entwicklung von Modellen zur Transformation des zukünftigen Stromversorgungssystems
 - Integrierte Netz- und Strommarktsimulation (INES)
 - Ebenenübergreifender Netzplanungsalgorithmus (ENPA)
 - Optimierter Netzausbau von Hoch- und Mittelspannungsnetzen
 - Entwicklung eines hybriden Algorithmus zur Struktur- und Betriebsmitteloptimierung
 - Grüne- und Graue-Wiese Planung
- Modularer Aufbau und Kopplung mit interdisziplinären Modellen
- Bewertung des Stromversorgungssystems anhand aufgezeigter Kriterien
 - Bsp. Strommix, CO₂-Emission, Wirkungsgrad



gefördert durch das Niedersächsische
Ministerium für Wissenschaft und Kultur im
Rahmen des Niedersächsischen Vorab



nachhaltige **energieversorgung** niedersachsen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

blaufuss@ifes.uni-hannover.de

Fachbereich Elektrische Energieversorgung
Institut für Elektrische Energiesysteme
Leibniz Universität Hannover

www.neds-niedersachsen.de