

1 Projektvorhaben

Ergebnisvergleich unterschiedlicher Modellansätze zum Markthochlauf neuer Stromanwendungen und deren Auswirkungen auf die Versorgungssicherheit

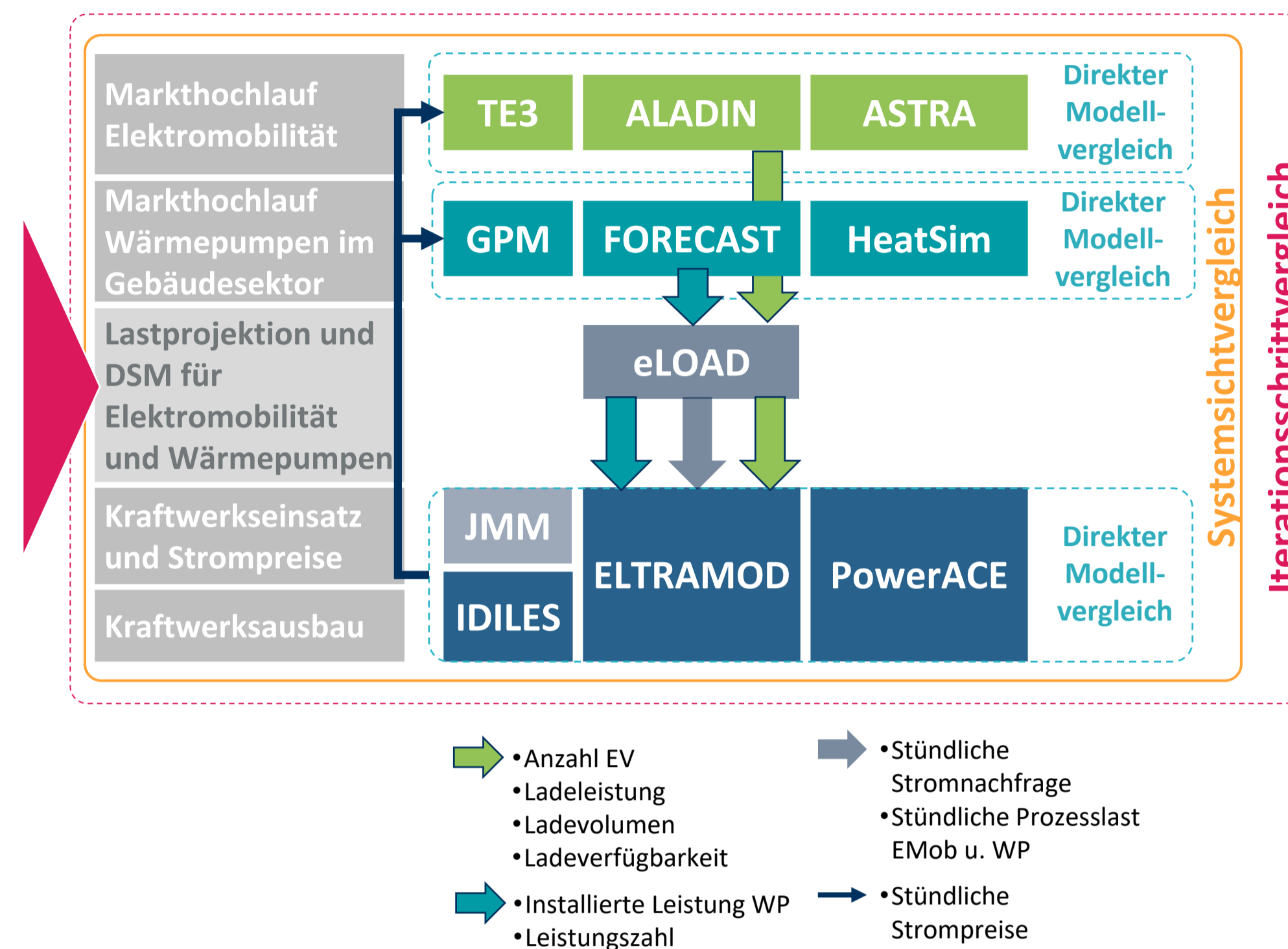
- Fokus auf **Elektromobilität (EMob)** u. **Wärmepumpen (WP)** in **Wohngebäuden**
- Anwendung **verschieden detaillierter Modelle** mit **spezifischem Analysefokus** (Verkehrs-, Wärme-, Stromsektor) und **harmonisierten Eingangsdaten**

Wie wirken sich neue Stromanwendungen auf die Versorgungssicherheit aus?

- Modellkopplung:** Spezifische Modelle zur **Nachfrageentwicklung** werden mit **Elektrizitätsmarktmodellen** zu einem **Energie-Modell-System (EMS)** gekoppelt
- Aus den nachfrageseitigen Modellen werden **zukünftig erwartete Lastgänge** für die **Stromanwendungen EMob** sowie **WP** abgeleitet und als **Input** für die **Elektrizitätsmarktmodelle** verwendet
- Analyse der zukünftigen Erzeugungssicherheit** in kritischen Versorgungssituationen (Analyse der Angemessenheit der Erzeugung für die Bewältigung von Perioden mit hoher Residuallast)

2 Übersicht zum dreistufigen Modellvergleich und zur Modellkopplung

- Direkter Modellvergleich**
Vergleich der Modellergebnisse innerhalb der selben Modellgruppe ohne Austausch von Informationen zwischen den Modellgruppen
- Systemsichtvergleich**
Vergleich der Ergebnisse innerhalb der selben Modellgruppe nach einmaligem Austausch von Informationen zwischen den Modellgruppen
- Iterationsschrittvergleich**
Vergleich der Modellergebnisse innerhalb der selben Modellgruppe nach unterschiedlicher Anzahl an Iterationsschritten



Innerhalb von MODEX-EnSAves kooperieren **6 Projektpartner** mit **11 Modellen**

Bereich	Ansatz	Modell	Partner	Modellgruppe	Beschreibung			
Verkehr	System Dynamics Simulation	TE3	KIT	Modellgruppe 1	Entwicklung des Nachfragesektors Verkehr, insbesondere hinsichtlich des Anteils verschiedener (neuer) Antriebstechnologien			
						Agentenbasierte Simulation	ALADIN	ISI
Industrie, GHD, Haushalte, Verkehr	Bottom-up Kohortensimulation	FORECAST	ISI	Modellgruppe 2	Entwicklung der wärmetechnischen Ausstattung und Energiebedarfs im Gebäudesektor			
						Bottom-up Einzelgebäudesimulation	GPM	ESA ²
Wohngebäude	Bottom-up Kohortensimulation	HeatSim	UDE	Modellgruppe 2	eLOAD stl. Lastprofile für (inkl. EMob, WP), vorteilhafte Lastverlagerungen			
						Simulation, partielle Optimierung	eLOAD	ISI
Stromerzeugung	Lineare Optimierung	ELTRAMOD	TUD	Modellgruppe 3	Entwicklung energieträgerspezifischer Stromerzeugungskapazitäten und deren Einsatz			
						Agentenbasierte Simulation	PowerACE	KIT
Stromerzeugung dynamische Einsatzplanung	Lineare Optimierung (Benders Dekomposition)	IDILES	UDE	Modellgruppe 3	Einsatz steuerbarer Anlagen auf Nachfrageseite (EMob, WP)			

3 Direkter Modellvergleich

MG1 – Verkehrsmodelle

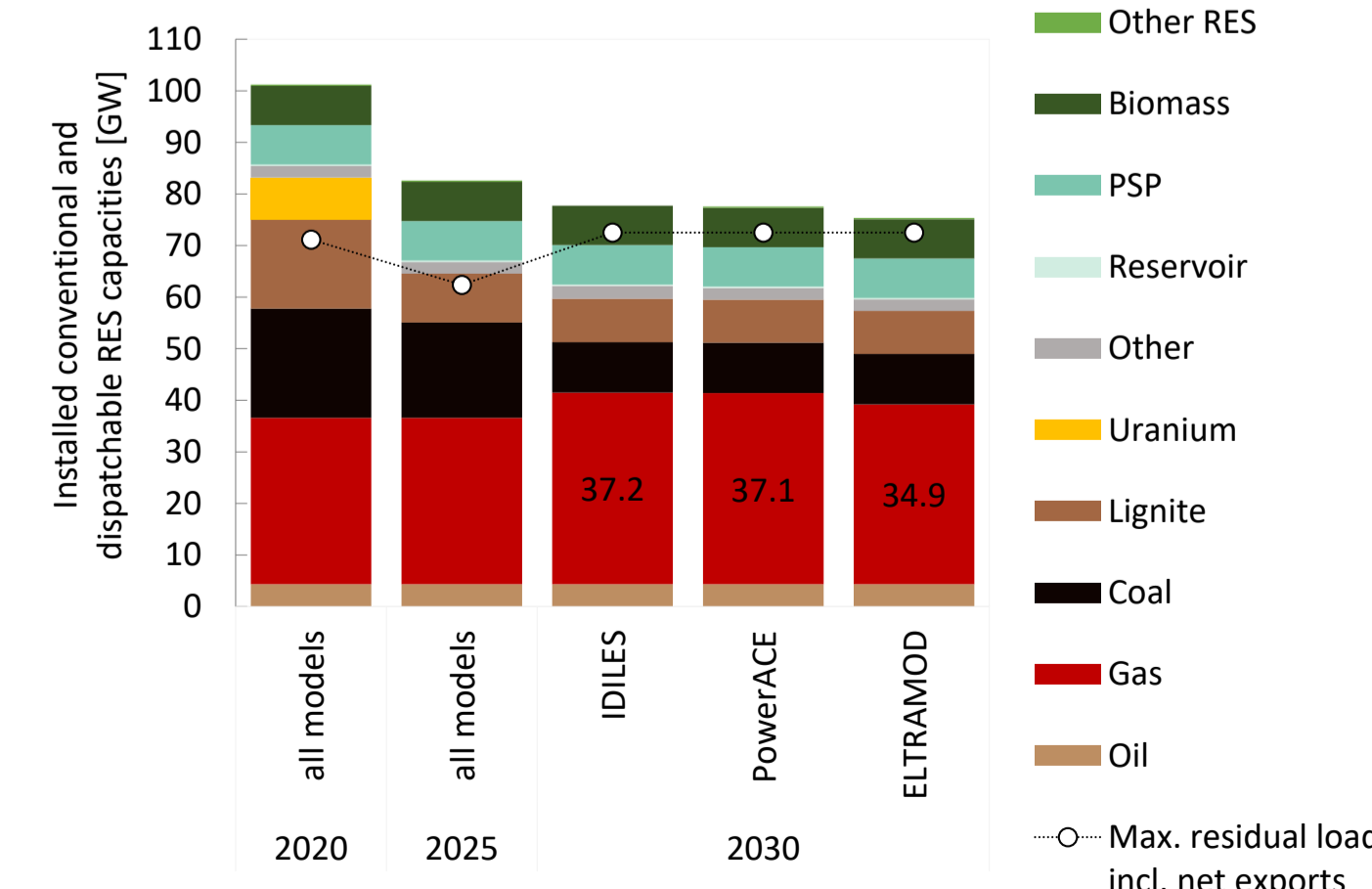
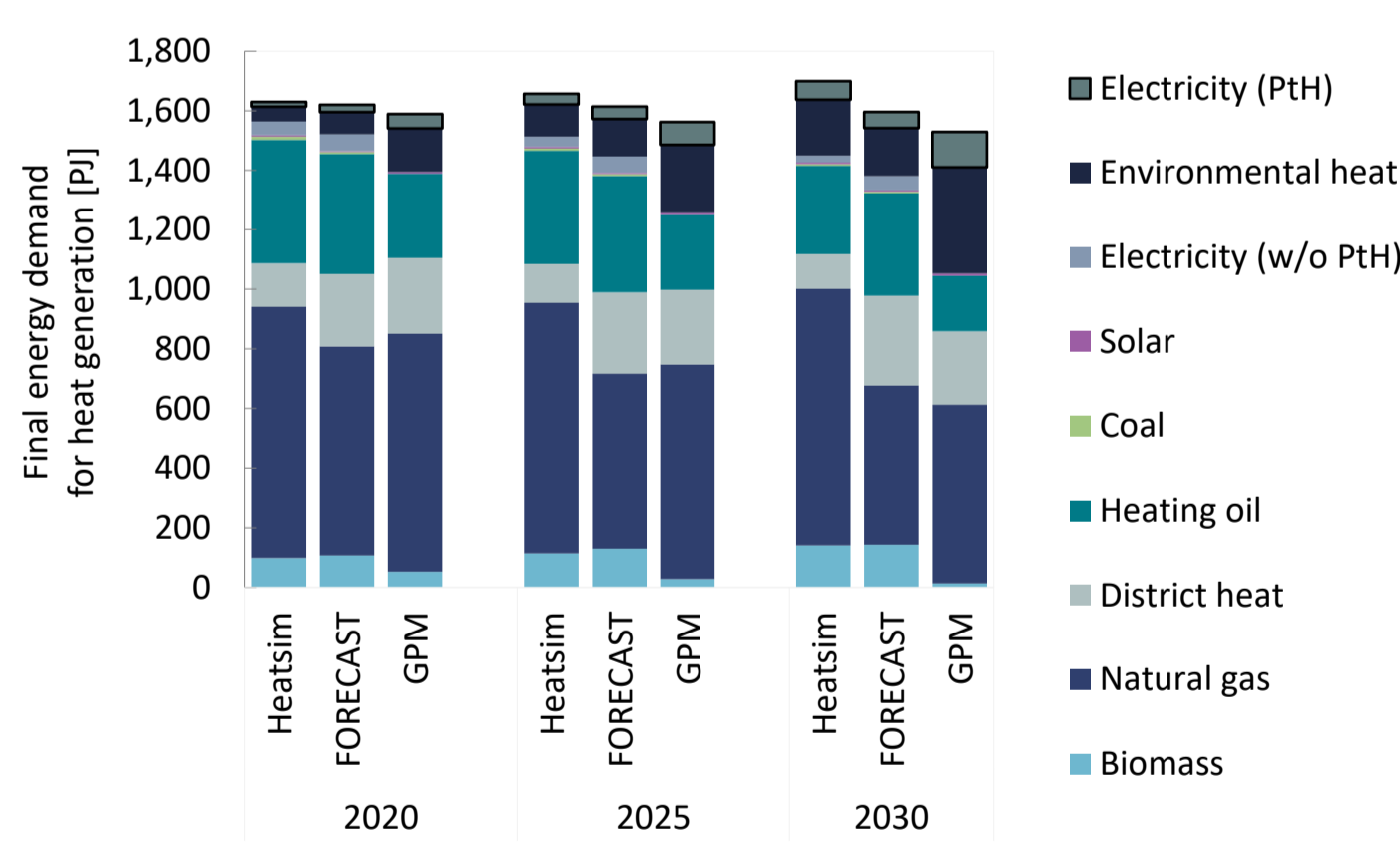
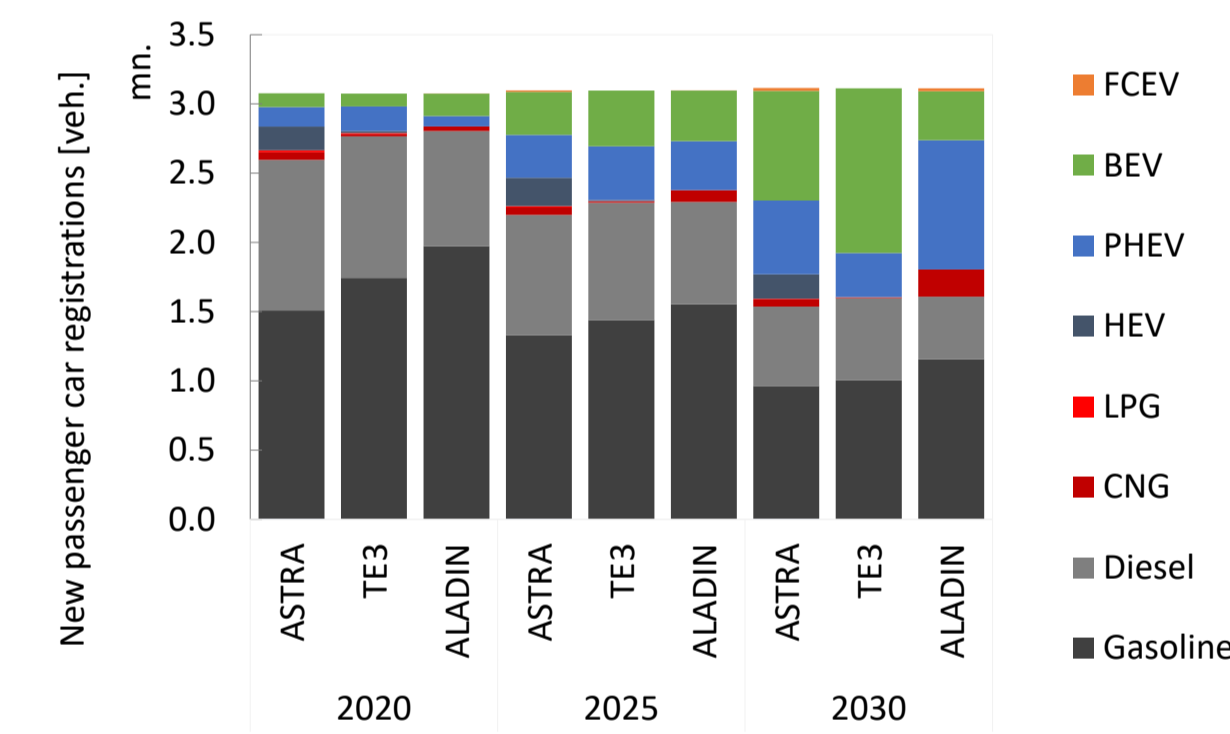
- Alternative Antriebe ersetzen Dieselfahrzeuge (Hälfte der Neuzulassungen in 2030)
- Große Anteile von Elektrofahrzeugen in den Verkäufen (30-50% in 2030) führen zu Rückgang der Gesamtenergienachfrage (20-25%)
- Ursachen für Ergebnisunterschiede:**
 - Modellierung des Nutzerverhaltens** unterschiedlich, großer Einfluss auf Kaufentscheidung

MG2 – Gebäudepark-/Wärmemarktmodelle

- Ursachen für Ergebnisunterschiede:**
 - Aggregationsniveau** der Eingangsdaten (Gebäude- u. Heizungsbestand, Anzahl der Agenten GPM)
 - Modellierungslogik** der Investitionsentscheidungen (Agenten mit multiplen Präferenzen vs. uniformer Investor mit kostenbasierten Präferenzen)
 - Logik für die Substitution** von Technologien (technische vs. ökon. Nutzungsdauer; Sanierungssynergien)
 - Detailgrad** Diffusionsrestriktionen (z.B. Potenziale, Verfügbarkeit)

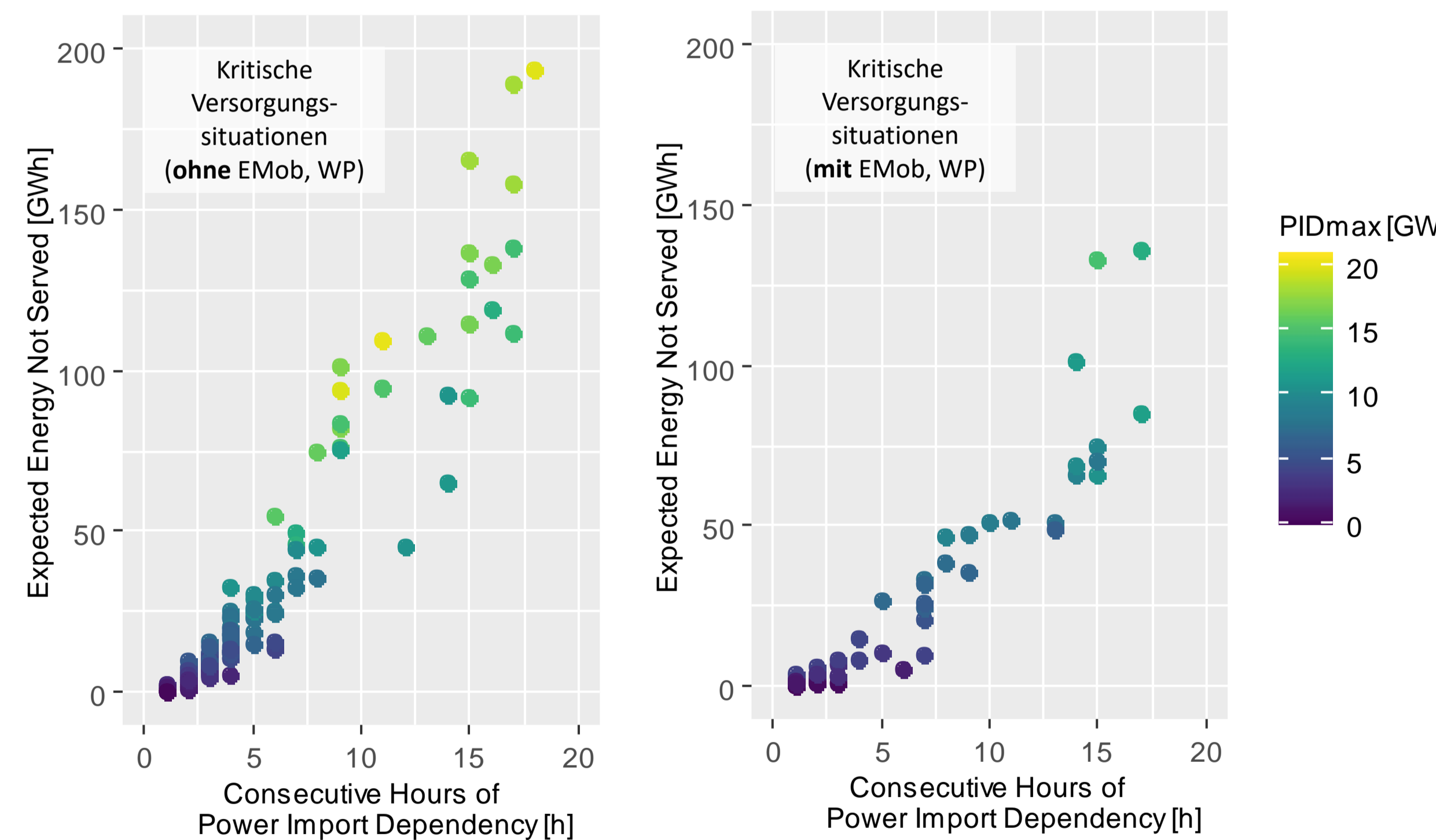
MG3 – Strommarktmodelle

- Spätestens ab **2030** Investitionen in zusätzliche **GuD-KW**
- Durch die Berücksichtigung von **Regelleistung** investieren IDILES-JMM und PowerACE mehr als ELTRAMOD
- Kleinere Unterschiede in der Erzeugungsstruktur, im Speichereinsatz und in den Strompreisen
- Ursachen für Ergebnisunterschiede (u.a.):**
 - Mathematischer Ansatz** (lineare Optimierung vs. agenten-basierte Simulation)
 - Myopische / perfekte Voraussicht** (1 Jahr) vs. **rollierende Planung**



Systemsichtvergleich

Versorgungssicherheitsindikatoren DE 2030



- Häufiger auftretende kritische Versorgungssituationen ohne** Lastglättung der Stromanwendungen **EMob** und **WP** (Abb. links)
- Residuallastglättung erfolgt durch optimale Lastverschiebung von Elektromobilität (Ladestrategien) und Wärmepumpen mittels Wärmespeichern
- EMob und WP vermindern kritische Versorgungssituationen** (Abb. rechts)
 - Reduktion von kritischen Versorgungssituationen mit Importabhängigkeit (Stunden mit PID*↓ und PIDmax ↓)
 - Reduktion nicht-gewährleisteter, aber benötigter Erzeugungsmengen (EENS*↓)
- Weiteres Potenzial zur Reduktion kritischer Versorgungssituationen durch Einsatz von Pumpspeichern und anderen Flexibilitätsoptionen

*PID ... Power Import Dependency, *EENS ... Expected Energy Not Served

Iterationsschrittvergleich

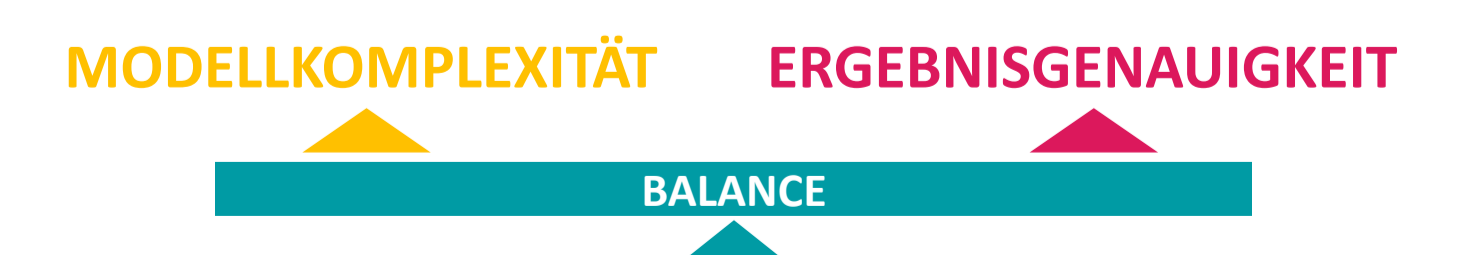
Ergebniskonvergenz der Mehrfachiterationen

- Nach **3 Iterationsschleifen** erscheinen Ergebnisse robust
- Geringe stdl. Strompreisänderung von IT2 vs. IT3 (**MAE** 0.37 EUR/MWh, **RMSE** 1.53 EUR/MWh)
- Gründe für schnelle Ergebniskonvergenz**
 - Weitergabe **weniger Austauschparameter**
 - Verwendung von einem **durchschnittlichen Endkunden-Strompreis pro Jahr** in MG1 und MG2, dadurch wenige Änderungen
 - Großhandelsstrompreis** (MG3) hat einen **geringen Hebel** (ca. 23% vom Endkundenstrompreis), daher zeigen sich EMob- und WP-Diffusion **wenig strompreissensitiv** in den Iterationsschritten
- Zukünftig Preisanreize (z.B. stdl. Volatilität der Strompreise) an Endkunden weitergeben, um Investitionsanreize für Flexibilitätsoptionen zu schaffen

Ergebnisse

4 Lessons Learned

- Hoher Zeit- und Abstimmungsaufwand** für Harmonisierung der Eingangsdaten
- Reduzierung von Modellkomplexität** zur Identifikation relevanter Modellunterschiede
- Hohe Transparenz** in der Modellierung sollte Standard sein (Open Source Modellierungscode und Eingangsdaten)
- Zentrale Datenverwaltung** und **-konfiguration** von entscheidender Bedeutung (Data Warehouse für Upload und Download von Eingangs-/Ergebnisdaten insbes. bei Modellkopplungen)
- Ziel von Modellvergleichen ist Herausstellung von **Stärken** und **Eigenschaften** der einzelnen Modelle
- Identifikation von **Verbesserungsmöglichkeiten** eigener Modelle



Schlussfolgerung

