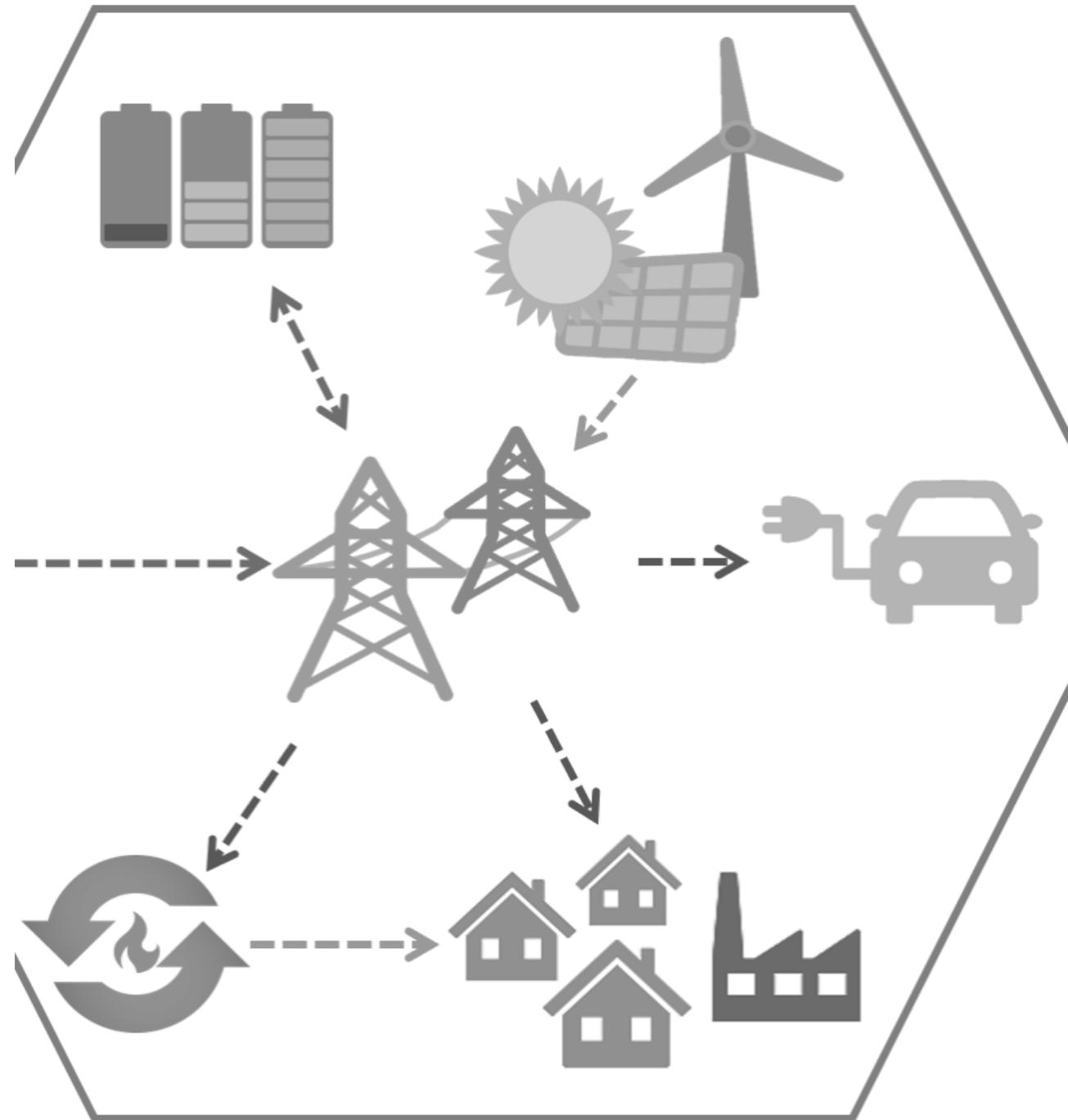


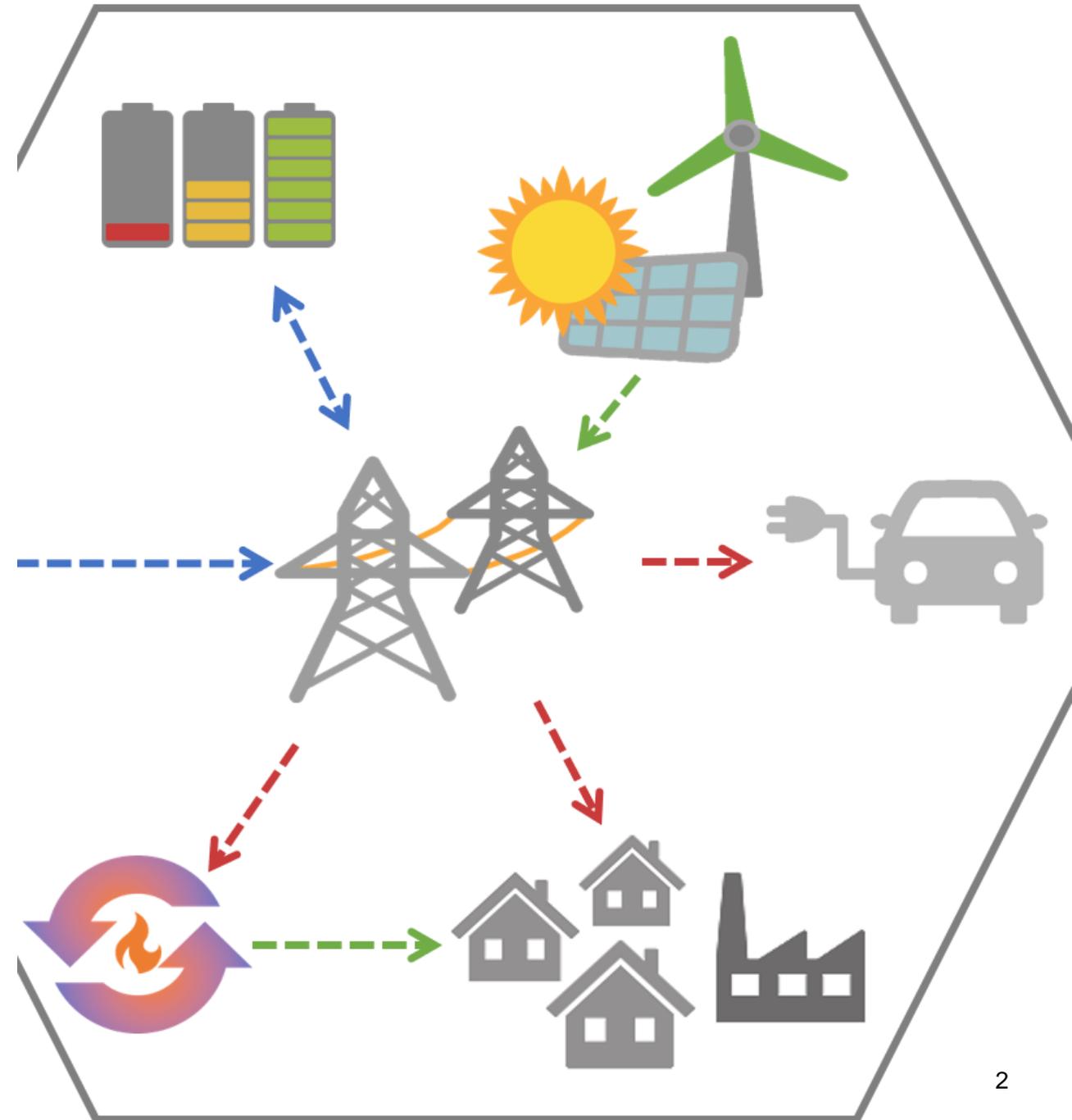
MODELLIERUNG UND WIRKUNG VON ELEKTRISCHEN REGELUNGSSTRATEGIEN UND PROSUMERVERHALTEN IN EINER ENERGIEZELLE

17.02.22 Theresa Liegl

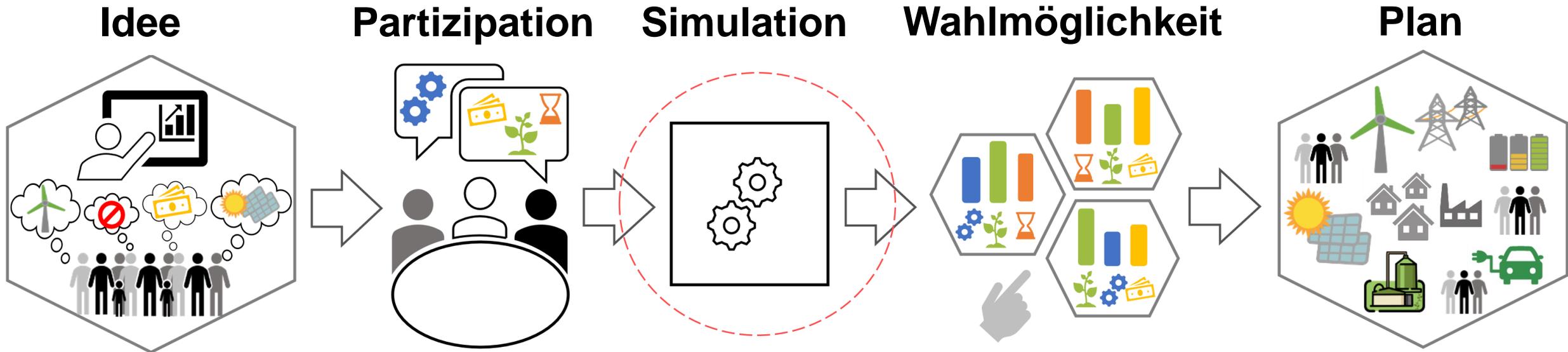


Agenda

1. Motivation und Problemstellung
2. Das opEn-Modell
3. Regelungsstrategien
4. Ergebnisse
5. Diskussion und Fazit

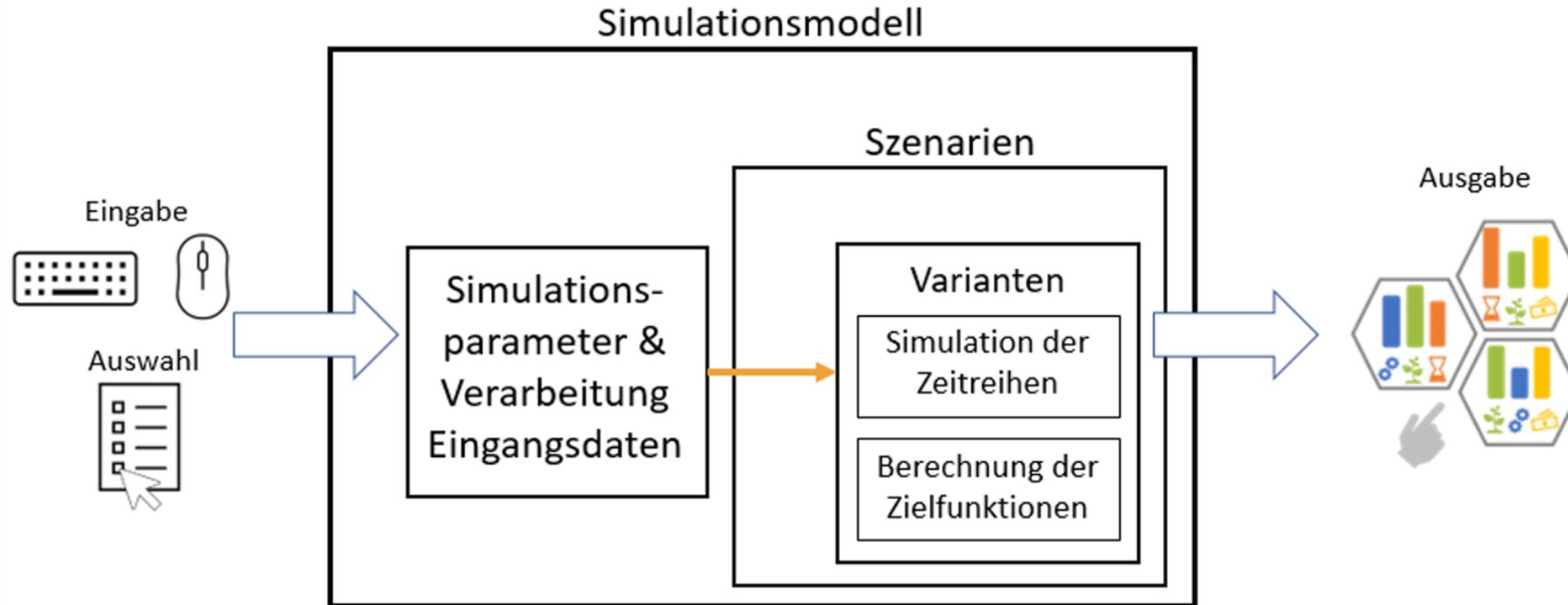


1. Motivation und Problemstellung



2. Das opEn-Modell

Aufbau des Modells

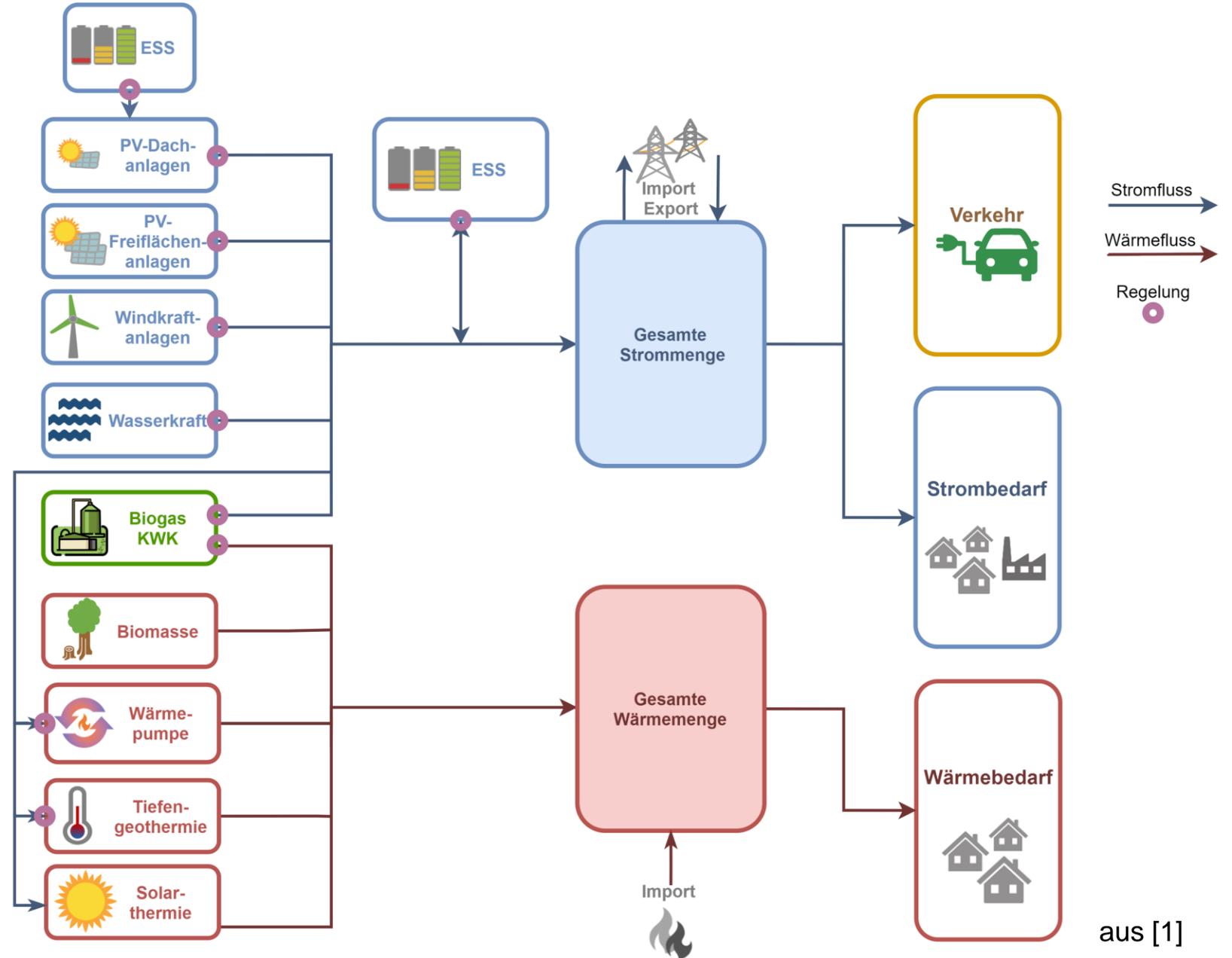


- Besteht aus Eingabe, Verarbeitung, Ausgabe
- Simulationensmodell mit großem Szenarienspektrum
- Zeitreihenbasierte Berechnung des Energiesystems
- Keine Optimierung auf einzelne Systemparameter
- Ausgabe der Ergebnisse mit Wahlmöglichkeiten

2. Das opEn-Modell

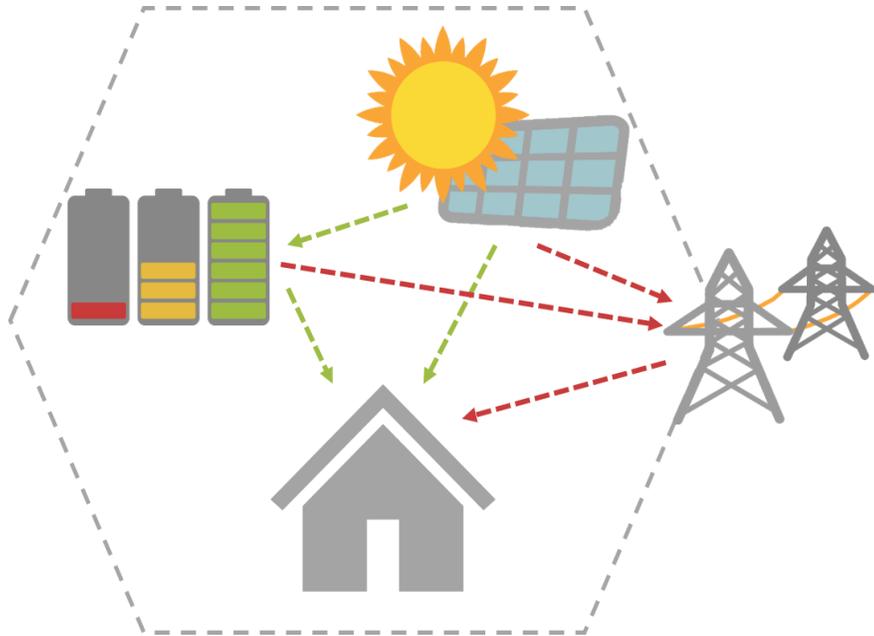
Regeneratives Energiesystem

- Übertragbares Ein-Knoten-Modell mit zellularem Ansatz
- Individuelle Eingangsdaten und -parameter für alle Erzeuger und Verbraucher
- Teilweise steuerbare Systemkomponenten



2. Das opEn-Modell

Modellierung von Prosumern



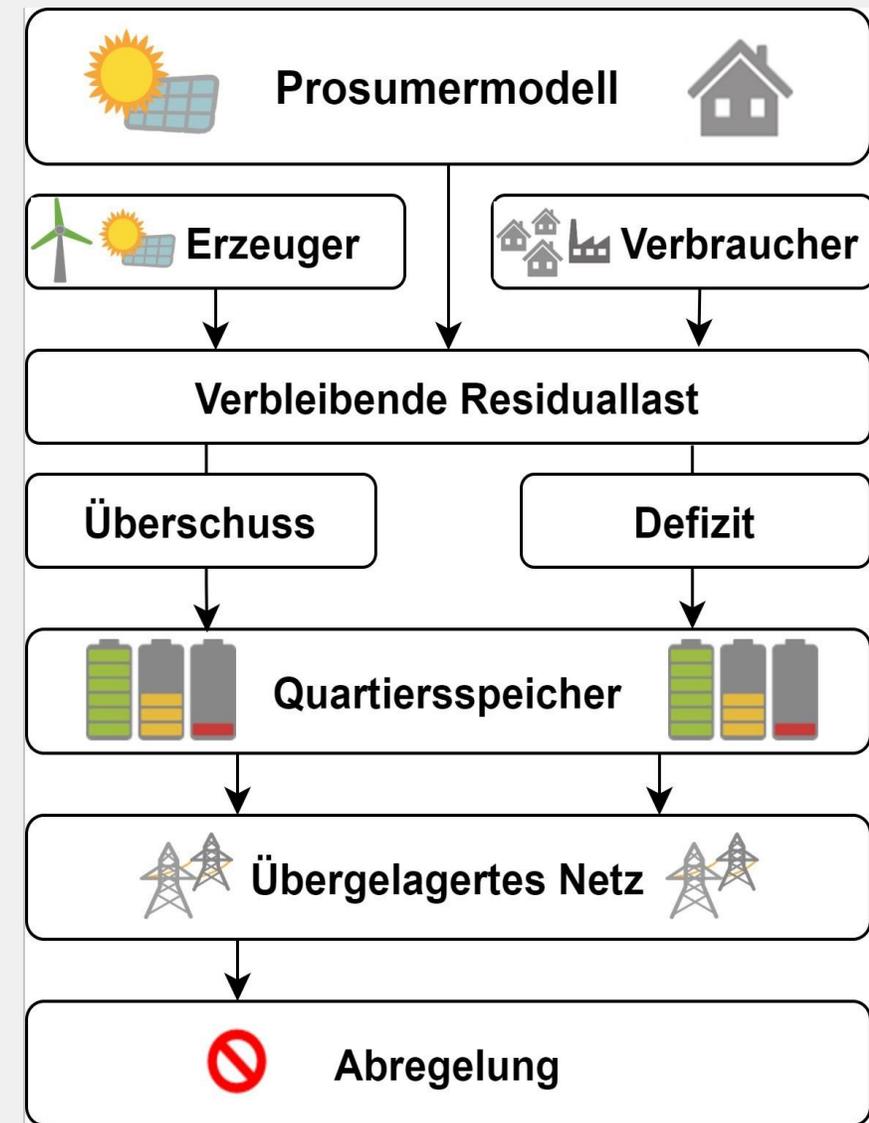
Differenziertere Betrachtung der Privathaushalte mit PV-Dachanlagen und Heimspeicher:

- Realistischere Darstellung durch unregelbare Einspeisung/Last
- Erweiterung des Ein-Knoten-Modells
- Prosumer als weitere Verbrauchergruppe in Energiezelle
- Eigenverbrauchsoptimierung der Heimspeicher
- Eigene Priorisierungsmöglichkeiten
- Erweiterbar durch Wärmepumpen, Solarthermie und Elektromobilität

3. Feste Betriebsführungshierarchien

Statische Steuerung der Systemkomponenten

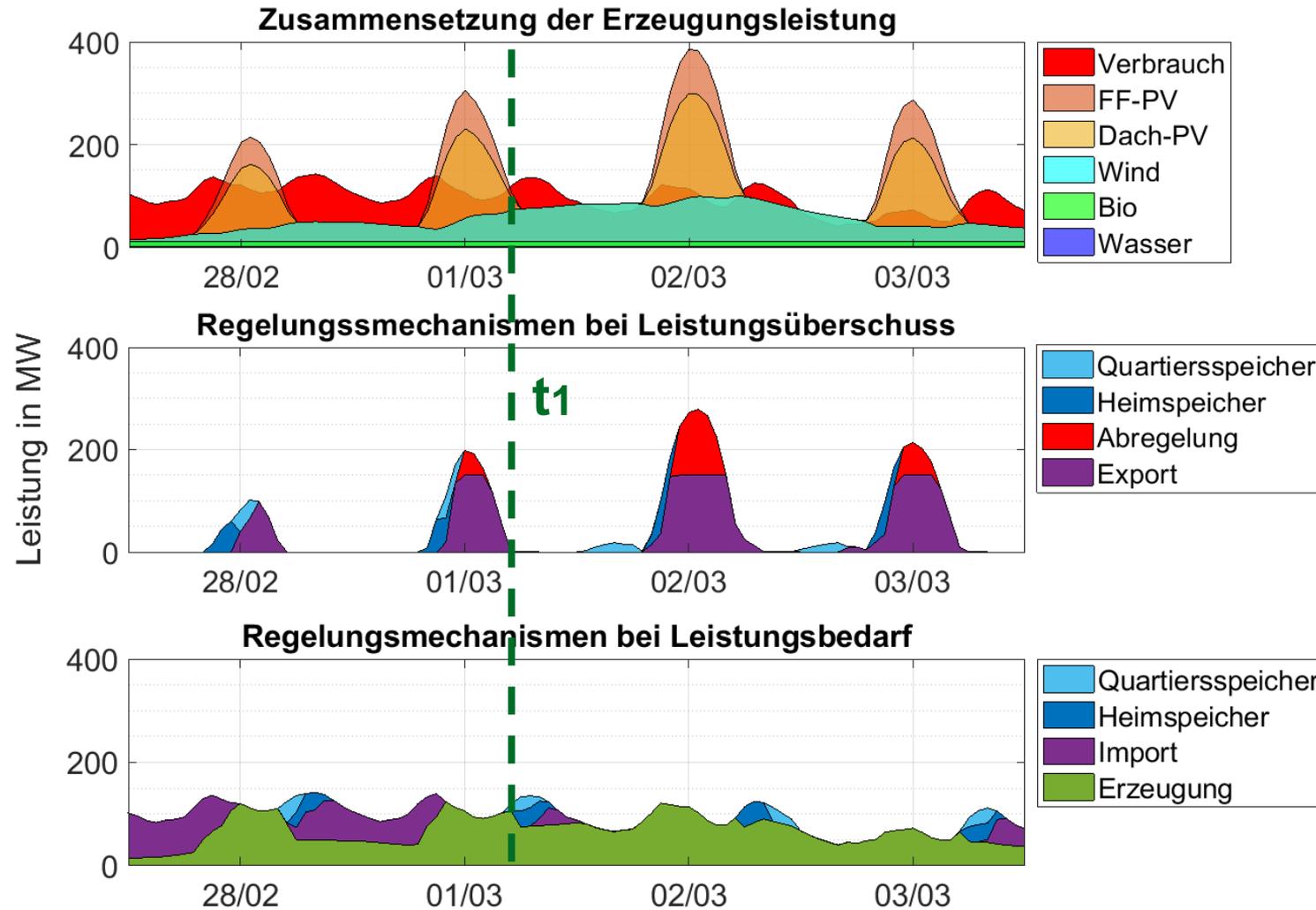
- Prosumer und deren Heimspeicher nicht regelbar
- Wasserkraft und Biomasse (vorerst) als Grundlastkraftwerke
- Residuallast (Leistungsdefizit/ -überschuss der Energiezelle) als entscheidendes Kriterium
- Berücksichtigung der Netzanschlusskapazität
- Variable Priorisierung bei Abregelung der PV-Freiflächen und Windkraftanlagen



angelehnt an [5]

4. Feste Betriebsführungshierarchien

Darstellung anhand von Zeitreihen



$t < t_1$: Überschüssige Prosumer
Einspeisleistung zuerst exportiert, dann
restliche PV-Anlagenleistung abgeregelt

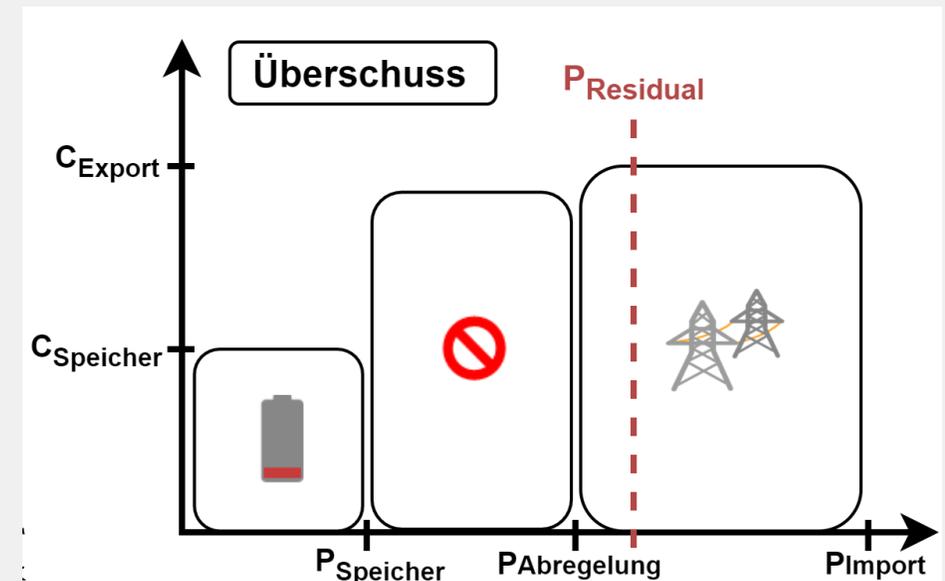
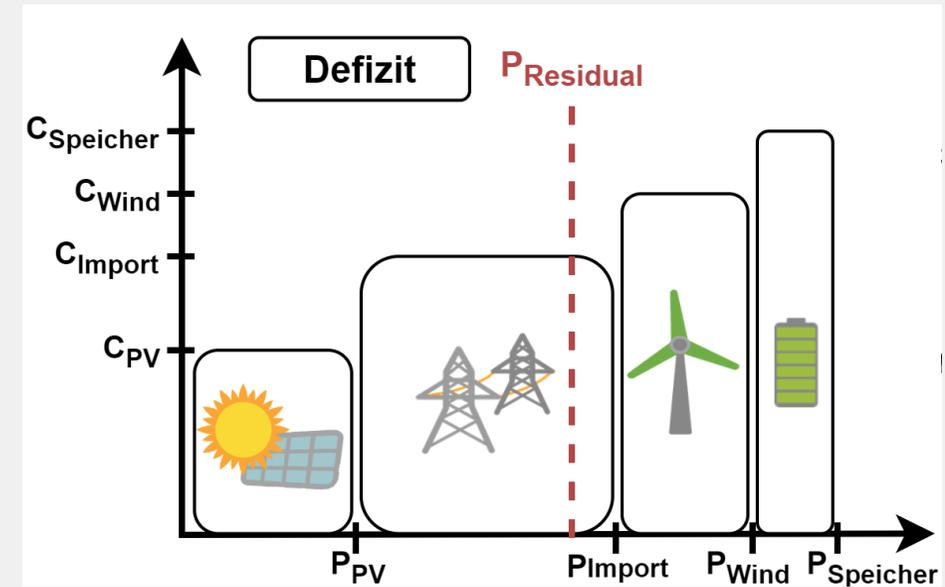
t_1 : Erzeugung = Verbrauch, Speicher geladen

$t > t_1$: Zuerst Speicher entladen, dann Import

4. Dynamische Regelstrategien

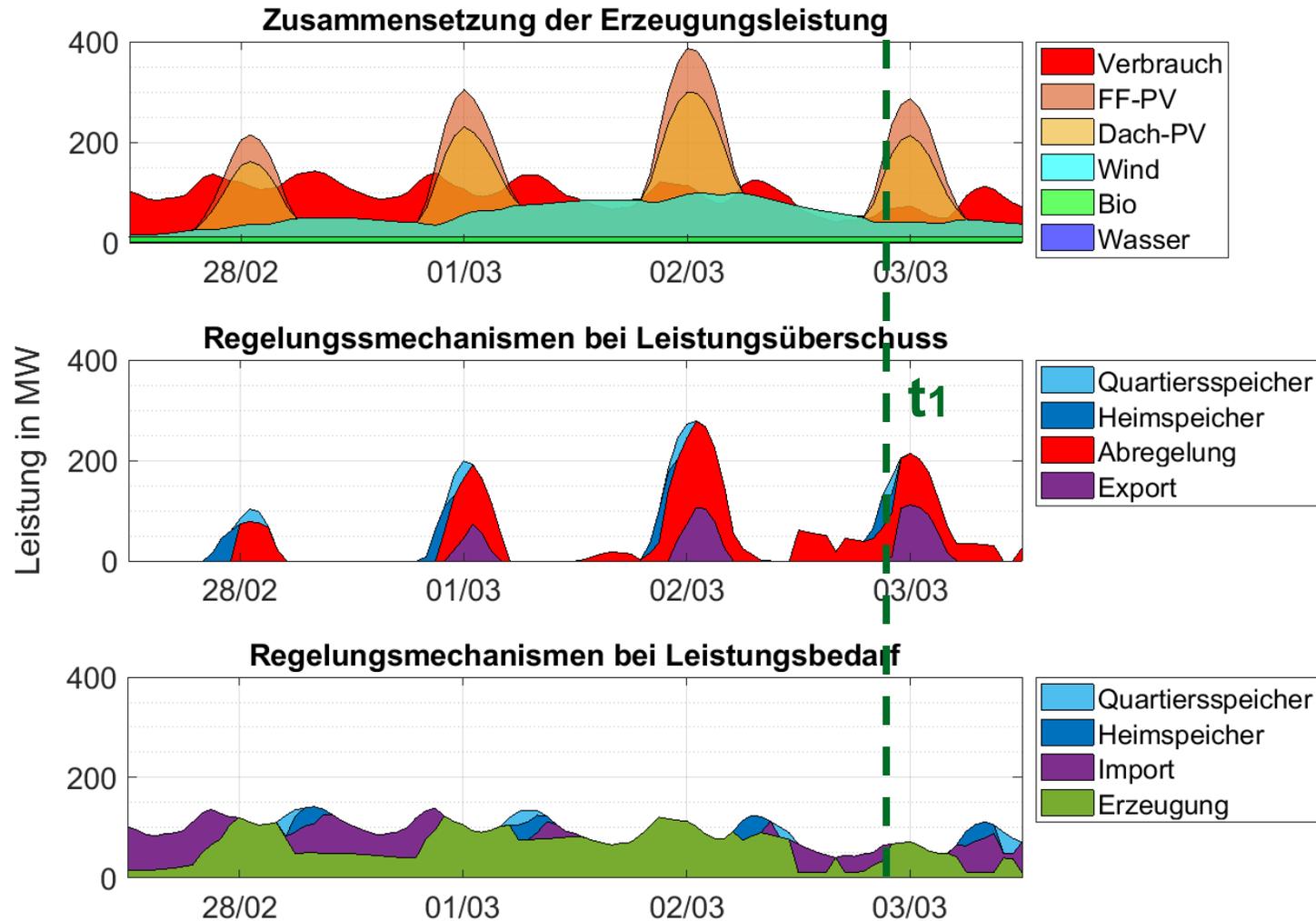
Kostenabhängiges Energiemanagement

- Prosumer und deren Heimspeicher nicht regelbar
- Wasserkraft und Biomasse (vorerst) als Grundlastkraftwerke
- Residuallast und Kosten als entscheidendes Kriterium
 - LCOE für Windkraft und PV-Freiflächenanlagen [6]
 - LCOS für Quartierspeicher [2]
 - Ausgleichsenergiepreis (Annahme für Strommarktpreis) [7]
- Berücksichtigung der Netzanschlusskapazität
- Abregelung der Anlagen abhängig von Preis



5. Dynamische Regelstrategien

Darstellung anhand von Zeitreihen



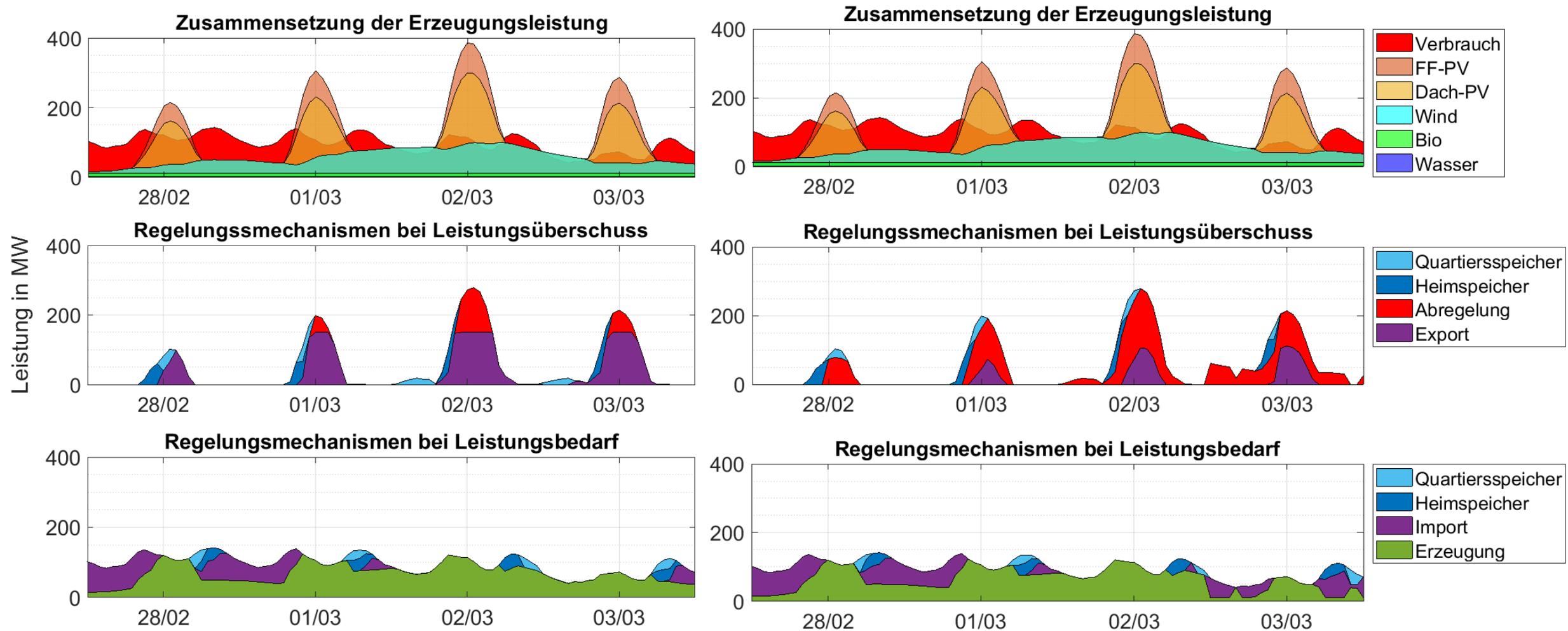
$t < t_1$: Abregelung der Erzeuger und Import von günstigerer Leistung, Heimspeicher voll

t_1 : Volle Eigennutzung der Erzeugung, Quartierspeicher lädt, Export von Prosumerüberschüssen

$t > t_1$: Quartierspeicher voll, Anstieg der Abregel- und Exportleistung

5. Dynamische Regelstrategien

Direkter Vergleich der Zeitreihen



4. Analysen der Betriebsweisen

Vorstellung der Untersuchungsszenarien

6 Untersuchungsszenarien
mit zusätzlichem Zubau von Heim- und Quartierspeicher

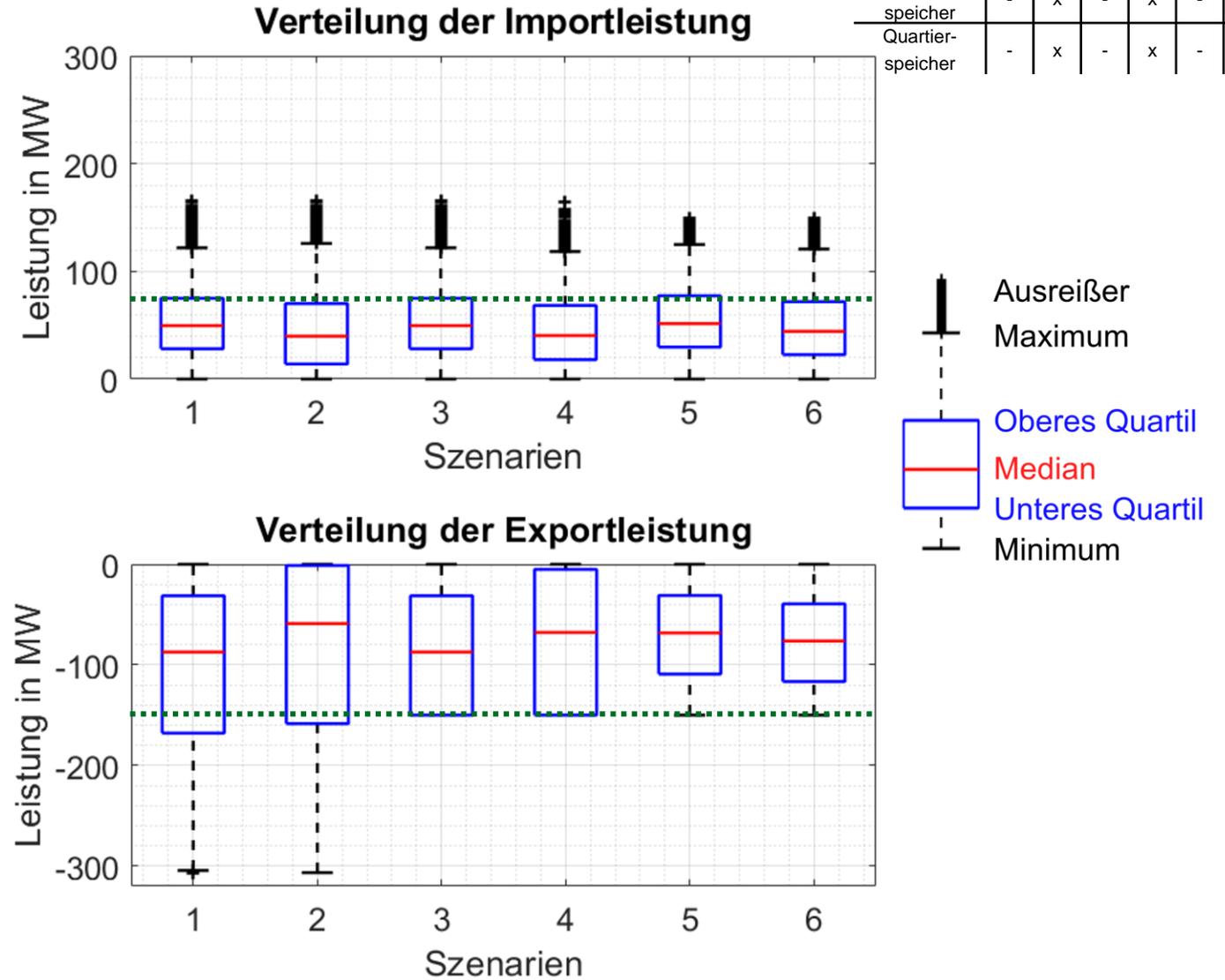
Szenario	1	2	3	4	5	6
Regelung	keine		statisch		dynamisch	
Heimspeicher	-	x	-	x	-	x
Quartierspeicher	-	x	-	x	-	x

Basierend auf Ausbauziel 2030 des Landkreises Ebersberg (Referenzsystem) [8]

Szenario	1	2	3	4	5	6
Regelung	keine		statisch		dynamisch	
Heim-speicher	-	x	-	x	-	x
Quartier-speicher	-	x	-	x	-	x

6.1 Gegenüberstellung Import- und Exportleistung

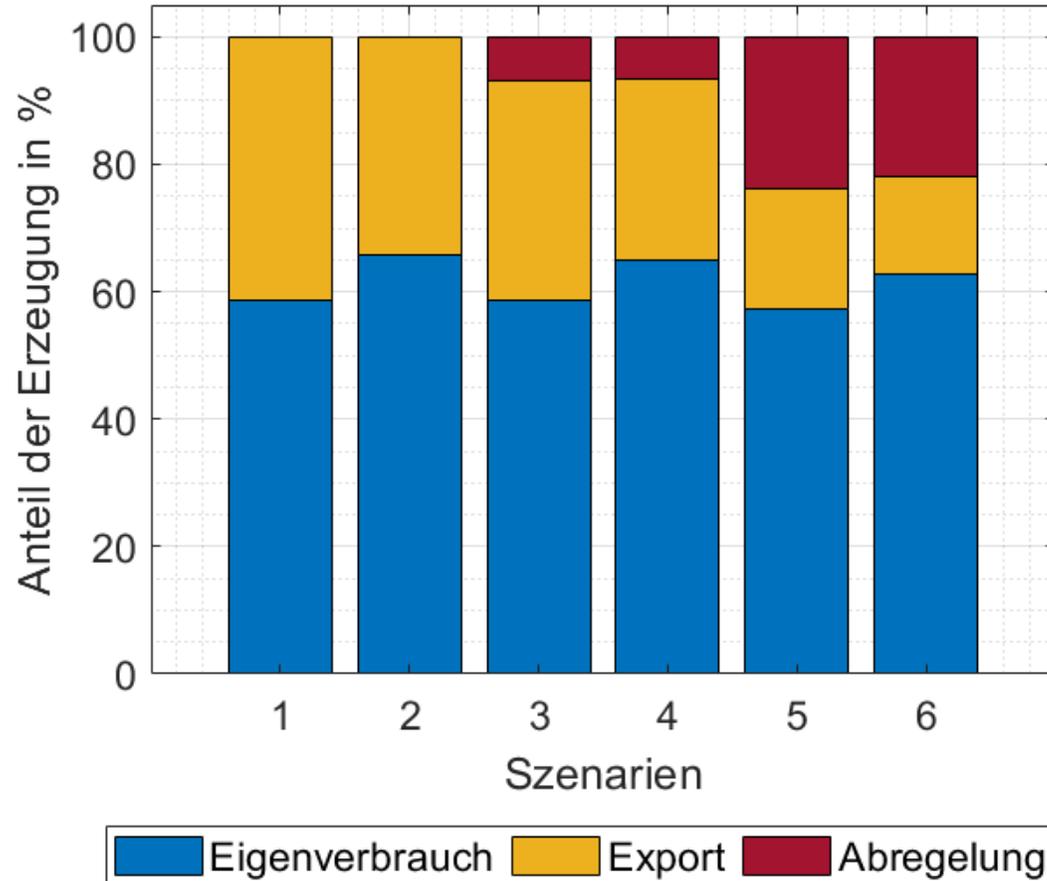
- Durch Zubau von Speichern nur minimale Senkung (7-10 MW) der Importleistung (Median)
- Kaum Änderung der Importleistung durch Anlagenregelung
- Ohne Regelung: Exportleistung weit über Netzanschlusskapazität → Ausbau
- Exportleistung oftmals maximale Netzanschlusskapazität bei Nutzung statischer Betriebsführungshierarchie
- Bei einer dynamischen Regelung liegt Großteil der Exportleistungswerte zwischen 30-110 MW



6.2 Eigenverbrauch und Abregelung regenerativer Energien

Szenario	1	2	3	4	5	6
Regelung	keine		statisch		dynamisch	
Heimspeicher	-	x	-	x	-	x
Quartierspeicher	-	x	-	x	-	x

Verwendung der regenerativ erzeugten Energie



- Höherer Eigenverbrauch der regenerativ erzeugten Energie bei Szenarien mit Speichereinsatz
- Durch Integration der Regelungsstrategien steigt Anteil der Abregelung und sinkt Anteil des Exports
- Eigenverbrauch bei dynamischer Regelstrategie kleiner, da Import und Abregelung zeitweise kostengünstiger
- Ohne Berücksichtigung von Regelung müsste Netzanschlusskapazität erhöht werden

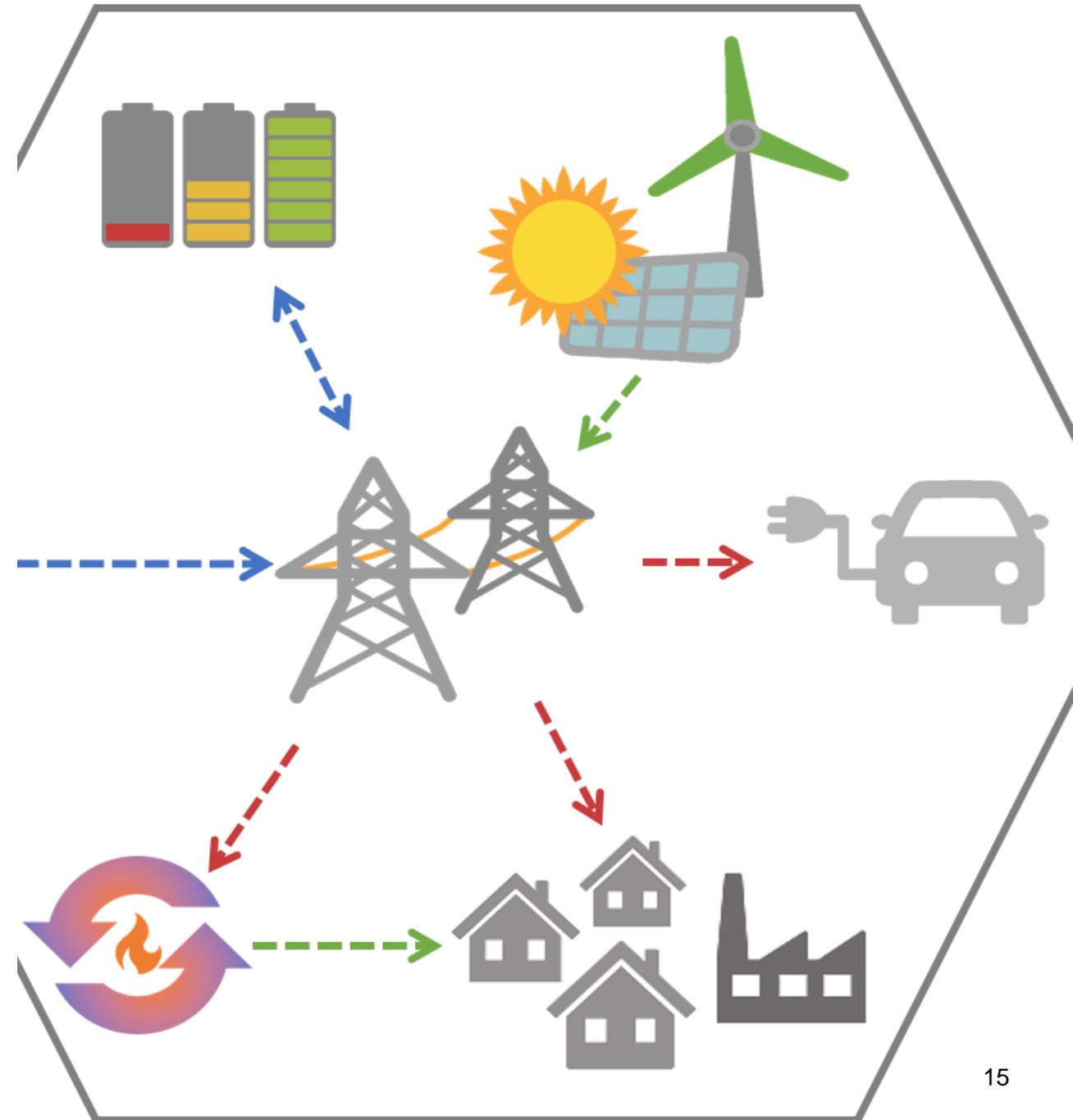
7. Diskussion und Fazit

- **Prosumer:** Sind nicht regelbar und verursachen bei großem PV-Ausbau Lastspitzen
- **Statische Betriebsführungshierarchie:** Abregelung der regenerativen Energie bei Berücksichtigung der Netzanschlusskapazität
- **Dynamische Regelung:** Realitätsnahe Betrachtung des Energiesystems, aber viel Abregelung durch rein ökonomische Optimierung

Zukünftig

- Voraussicht über weitere Entwicklung der Energieerzeugung oder Preise notwendig
- Reduktion der Abregelung durch weitere Flexibilisierung der Verbraucher und Sektorenkopplung

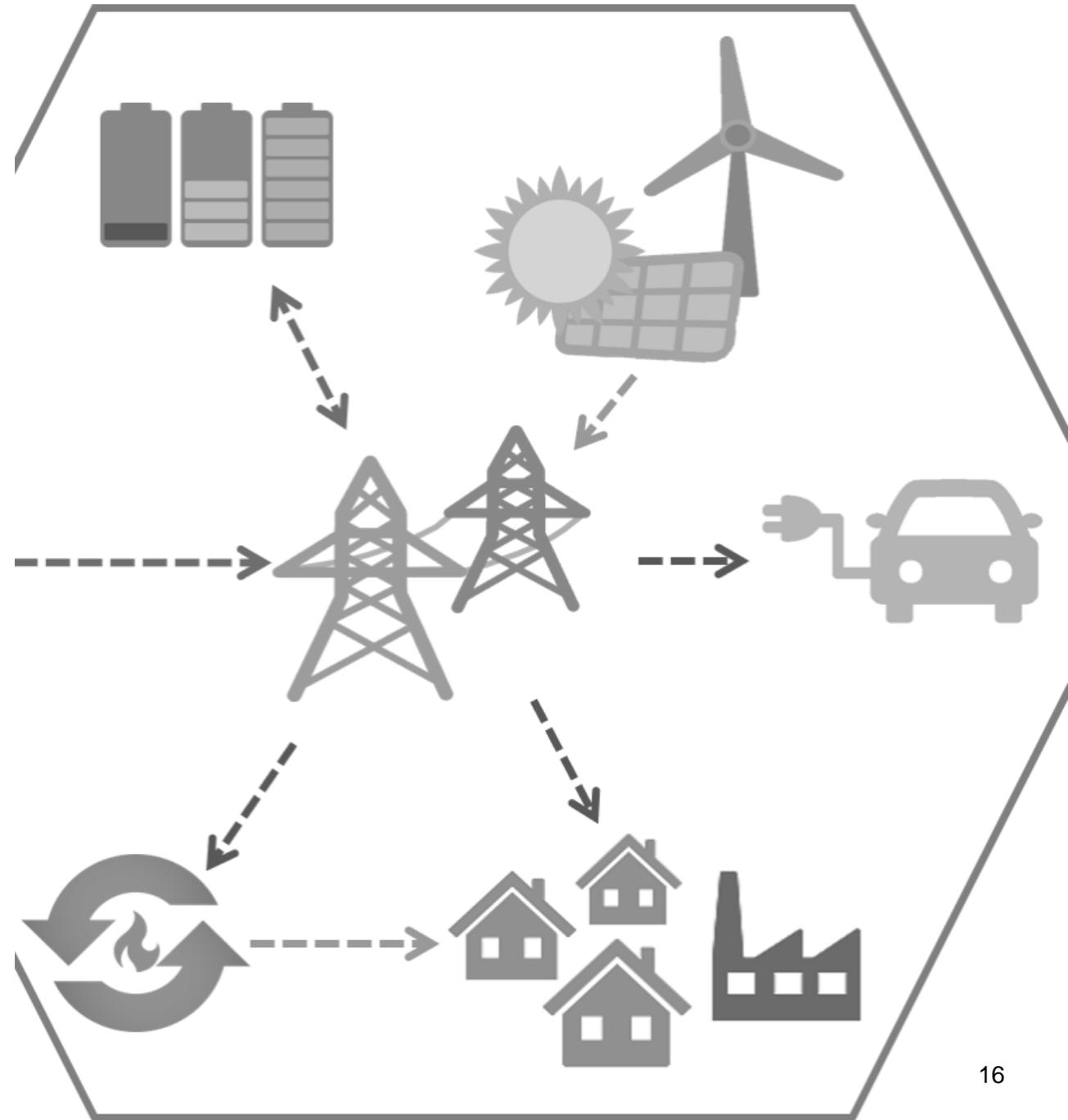
→ **Detaillierte Modellierung notwendig für Systeme mit hohem Ausbaugrad flexibler Erzeuger und Verbraucher**



opEn questions?

Ich freue mich auf Ihre Rückmeldung.

M.Sc. Theresa Liegl
theresa.liegl@hm.edu



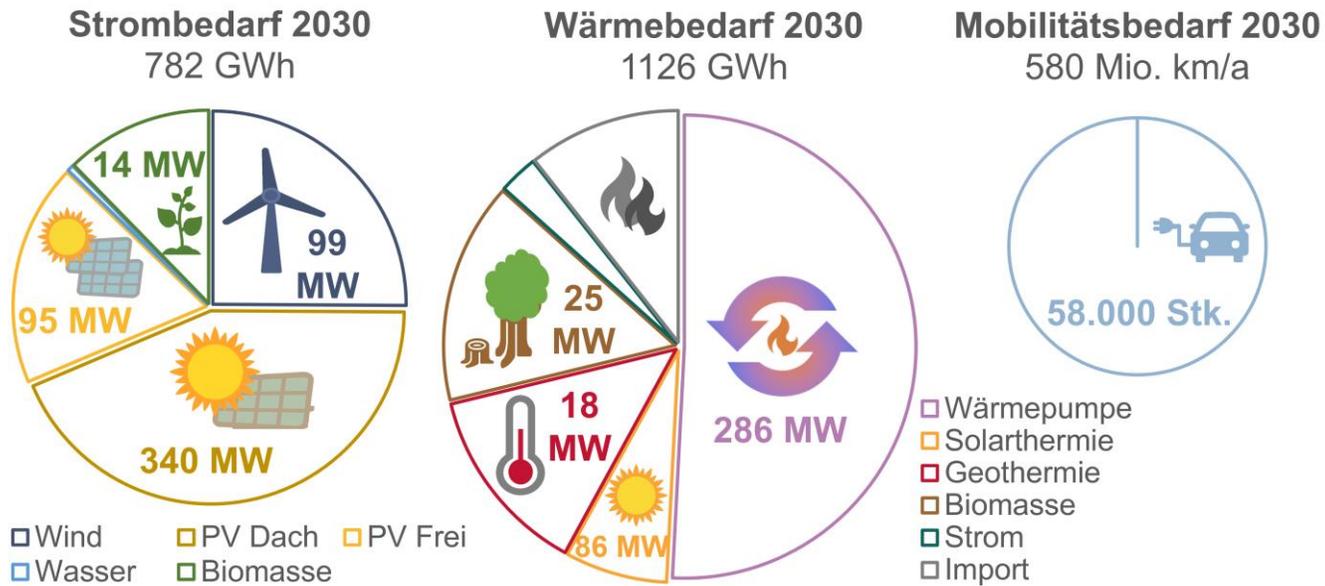
Referenzen

- [1] T. Liegl und u.a., „Entwicklung einer generisch multikriteriellen Auslegung und automatisierten Modellierung von Energiezellen,“ in Tagungsband des 36. Symposium Photovoltaische Solarenergie 2021, 2021.
- [2] M. Ram und u.a., „Global Energy System based on 100% Renewable Energy – Power, Heat, Transport and Desalination Sectors,“ Berlin, 2019.
- [3] Energietechnische Gesellschaft im VDE (ETG), „Der Zellulare Ansatz - Grundlage einer erfolgreichen, regionenübergreifenden Energiewende,“ VDE, Frankfurt am Main, 2015.
- [4] J. Weniger und u.a., „Dezentrale Solarstromspeicher für die Energiewende,“ 2015.
- [5] B. Erlach und u.a., „Optimierungsmodell REMod-D.,“ Schriftenreihe Energiesysteme der Zukunft,, 2017.
- [6] Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme ISE, „Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien,“ Freiburg, 2018.
- [7] Tennet TSO GmbH, „Preise für Ausgleichsenergie,“ [Online]. Available: <https://www.tennet.eu/de/strommarkt/strommarkt-in-deutschland/bilanz>. [Zugriff am 10 Oktober 2021].
- [8] Energieagentur Ebersberg-München GmbH, „Zweite Treibhausgasbilanz - Berichtsjahr 2018 - Landkreis Ebersberg,“ Ebersberg, 2020.

Anhang

Vorstellung der Untersuchungsszenarien

Ausbauziel 2030 des Landkreises Ebersberg (Referenzsystem) als Basis



Daten angelehnt an [8]

6 Untersuchungsszenarien mit zusätzlichem Zubau von Heim- und Quartierspeicher

Szenario	1	2	3	4	5	6
Regelung	keine		statisch		dynamisch	
Heimspeicher	-	x	-	x	-	x
Quartierspeicher	-	x	-	x	-	x

