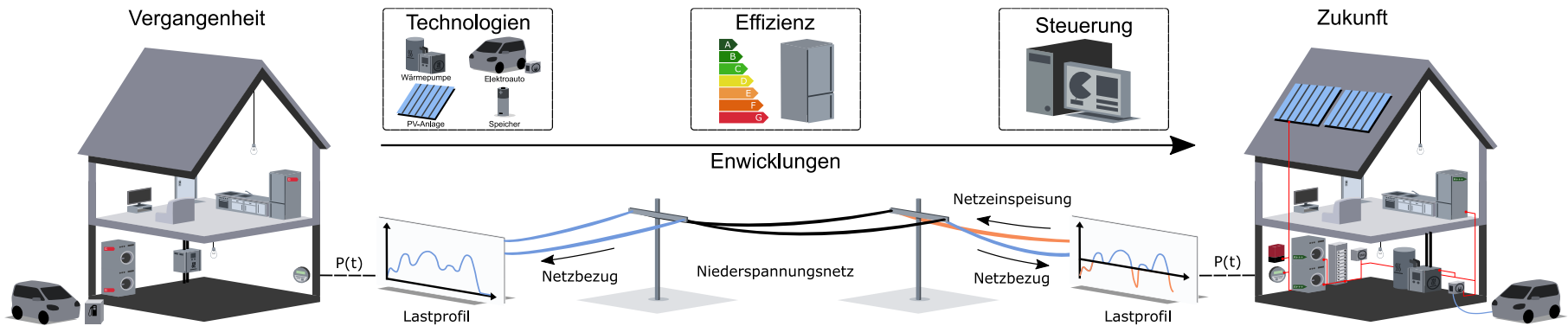




Einsatz netzdienlicher Flexibilität im koordinierten Verteilnetzbetrieb aus elektrischen und thermischen Anlagen in Gebäuden

Christian Reinhold

16. Symposium Energieinnovation am 14.02.2020 in Graz

Agenda

1

Rolle von Prosumern im Verteilnetz

2

Koordinatives Netzbetriebsführungskonzept

3

Modellbasierte Nachbildung

4

Exemplarische Simulation

5

Zusammenfassung und Ausblick

Agenda

1

Rolle von Prosumern im Verteilnetz

2

Koordinatives Netzbetriebsführungskonzept

3

Modellbasierte Nachbildung

4

Exemplarische Simulation

5

Zusammenfassung und Ausblick

Rolle von Prosumern im Verteilnetz

Veränderungen und Treiber

- Neue Technologien zur Deckung des elektrischen und thermischen Bedarfes
- Wachsender Wunsch nach Partizipation an der Energiewende und Unabhängigkeit von Strom- und Energiepreisen
- Integration von Steuerungssystemen in Gebäuden (iMSys)

Entwicklungsphasen

Consumer

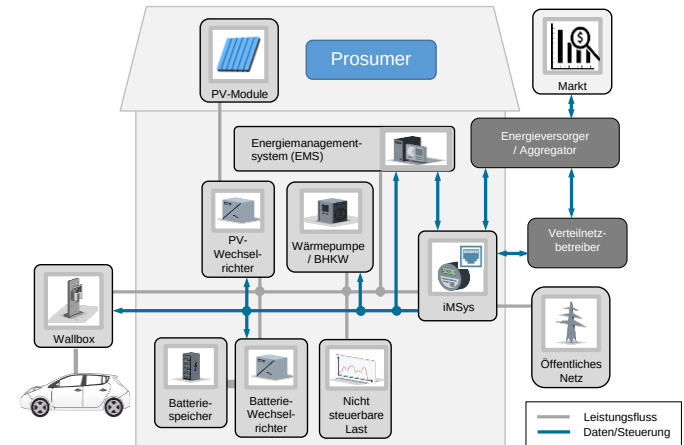
- Reines Verbrauchsverhalten

Prosumer

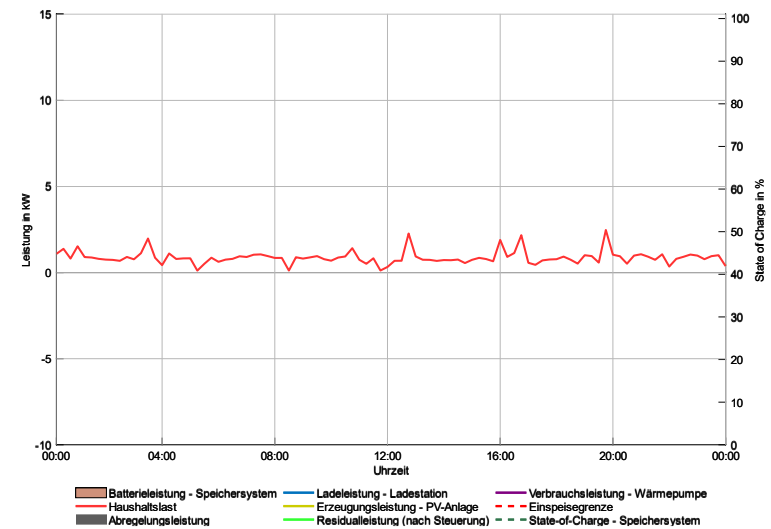
- Versorgung des Bedarfes durch eigene Anlagen mit netzdienlichen Verhalten

Flexumer

- Anlagen in Zweitverwendung (Vermarktung) mit Einsatz zur Systemdienlichkeit



Exemplarische Ausstattungsmerkmale eines Prosumers



Rolle von Prosumern im Verteilnetz

Konzeptstufe 1.0 – Netzverträglich

- Netzeinspeisung (Priorität) und Eigenversorgung
- Spannungshaltung: fester $\cos\phi$, $\cos\phi(P)$
- Stromeinprägender PV-Wechselrichter
- Einspeisemanagement über Rundsteuerempfänger

Konzeptstufe 2.0 – Netzdienlich

- Netzeinspeisung und Eigenversorgung (Priorität)
- Spannungshaltung: fester $\cos\phi$, $\cos\phi(P)$, $Q(U)$
- Stromeinprägender PV-Wechselrichter
- Einspeisemanagement über Rundsteuerempfänger
- Ladung von EKFZ: $\cos\phi$, $\cos\phi(P)$, $P(f)$

Konzeptstufe 3.0 – Systemdienlich

- Eigenversorgung und Flexibilitätseinsatz
- Spannungshaltung: fester $\cos\phi$, $\cos\phi(P)$, $Q(U)$, $Q@Night$
- Stromeinprägender und netzbildender PV-Wechselrichter
- Gezieltes Wirk- und Blindleistungsmanagement über intelligenten Messsystem

Konzeptstufe 1.0: Netzverträglich

Die Sicherstellung der Netzverträglichkeit ermöglicht den Anschluss und Betrieb von (dezentralen) Erzeugungsanlagen (DEA).

Konzeptstufe 2.0: Netzdienlich

Die Sicherstellung der Netzdienlichkeit von Anlagen trägt dazu bei, den Bedarf an Netzausbaumaßnahmen im Verteilnetz zu verringern.

Konzeptstufe 3.0: Systemrelevant / Systembildend

Die hohe Durchdringung des Netzes mit DEAs und Speichersystemen trägt im erheblichem Maße zur Stabilisierung des Gesamtsystems bei.

FNN-Stufenmodell

Agenda

1

Rolle von Prosumern im Verteilnetz

2

Koordinatives Netzbetriebsführungskonzept

3

Modellbasierte Nachbildung

4

Exemplarische Simulation

5

Zusammenfassung und Ausblick

Engpassmanagement im Verteilnetz

Hintergründe

- Verschiebung der Erzeugungskapazitäten und Anlagenpopulation von der Übertragungsebene in die Verteilnetzebene
- 96 % der Windenergieanlagen in der Mittel- und Hochspannung angeschlossen
- Elektrifizierung des Wärmesektors durch Wärmepumpen (880.000)
- 83.000 Elektrofahrzeuge mit 72.000 Ladestation



Vermehrter Inanspruchnahme von Engpassmanagement,
insbesondere VNB

Kosten: 1,4 Milliarden, Abgeregelter Energie: 3,3 TWh (2017)

Gesetzliche Vorgaben zu Engpassmanagement- Prozesse (Q-Cells)

	Übertragungsnetzbetreiber	Verteilnetzbetreiber
Netzbezogene Maßnahmen (§ 13 Abs. 1 EnWG)	Netztopologiemassnahmen	
Marktbezogene Maßnahmen (§ 13 Abs. 1, § 14 a EnWG, AbLaV)	Redispatch, Countertrading	Steuerbare Verbrauchseinrichtungen in Niederspannung (§ 14 a EnWG)
	Abschaltbare und zuschaltbare Lasten (AbLaV)	
	Netz- und Kapazitätsreserve (national)	
	Netzreserve (international)	
Notfallmaßnahmen (§ 13 Abs. 2 EnWG)	Einspeisemanagement	
	Kaskadierte Anlagensteuerung	

Koordinatives Netzbetriebsführungskonzept

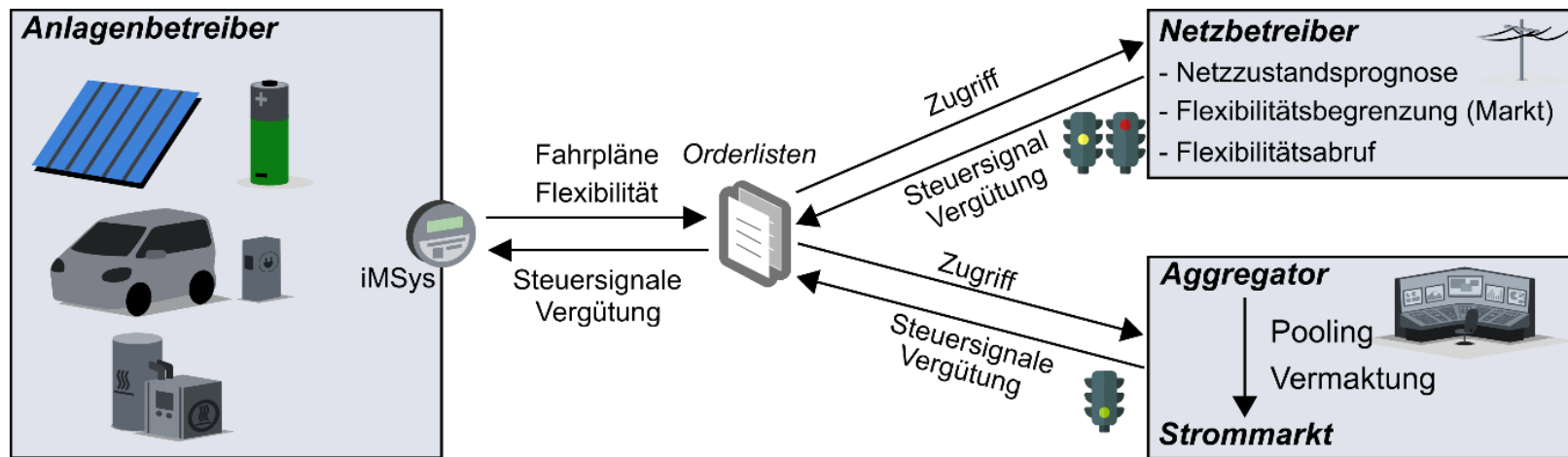
Ziel

- Mögliche Umsetzung zur Verwaltung und Betrieb von dezentralen Flexibilitäten
- Kostenoptimaler Einsatz von Flexibilitäten für Netz und Markt
 - Berücksichtigung der Zielsetzung der Akteure Anlagenbetreiber, Netzbetreiber und Marktteilnehmer

Anlagenbetreiber: Optimale Einsatzplanung der Anlagen hinsichtlich der Minimierung ihrer Betriebs- und Versorgungskosten, Einsatz von Anlagen in Zweitverwendung mit Zusatzerlösen

Netzbetreiber: Kosteneffizienter Betrieb des Netzes innerhalb von technischen Grenzen

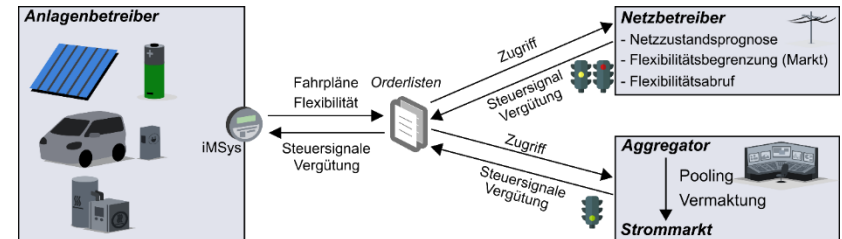
Marktteilnehmer: Optimale Vermarktung von Flexibilitäten an diversen Handelsplätzen



Koordinatives Netzbetriebsführungskonzept

1. Flexibilitätsangebot

- Abhängig von der Anlagencharakteristik werden Flexibilitätsbereiche oder Fahrpläne mit Steuerungsbereichen gemeldet, ggf. Flexibilitätsmodell berücksichtigen



2. Flexibilitätsnachfrage

- Prognose des Netzzustandes mit Hilfe einer Lastflussrechnung hinsichtlich Betriebsmittelauslastung und Spannungsgrenzen
- Einbindung von Last- und Erzeugungsprognosen
- Zuordnung zu der knotenscharfen Netztopologie
- Weitere Informationen: Erbringungszeit, -dauer und Preisinformationen

3. Matching und Flexibilitätsabruf

- Ermittlung der effizientesten Flexibilitätsoptionen zur Behebung des Netzenspasses → Sensitivitätsanalyse
- Gemischt-ganzzahlige Optimierung zur Bestimmung

Allgemein: Preisbildung

- Für Erzeugungstechnologien anhand der spezifischen Stromgestehungskosten
- Für Verbrauchsanlagen sehr abhängig von den Komfortbedürfnissen der Anlagenbetreiber
- Möglichkeit zur Preisdefinition ist die Untersuchung der Grenzkosten für den Einsatz von Flexibilitäten im Vergleich zum Netzausbau oder Einspeisemanagement

Agenda

1

Rolle von Prosumern im Verteilnetz

2

Koordinatives Netzbetriebsführungskonzept

3

Modellbasierte Nachbildung

4

Exemplarische Simulation

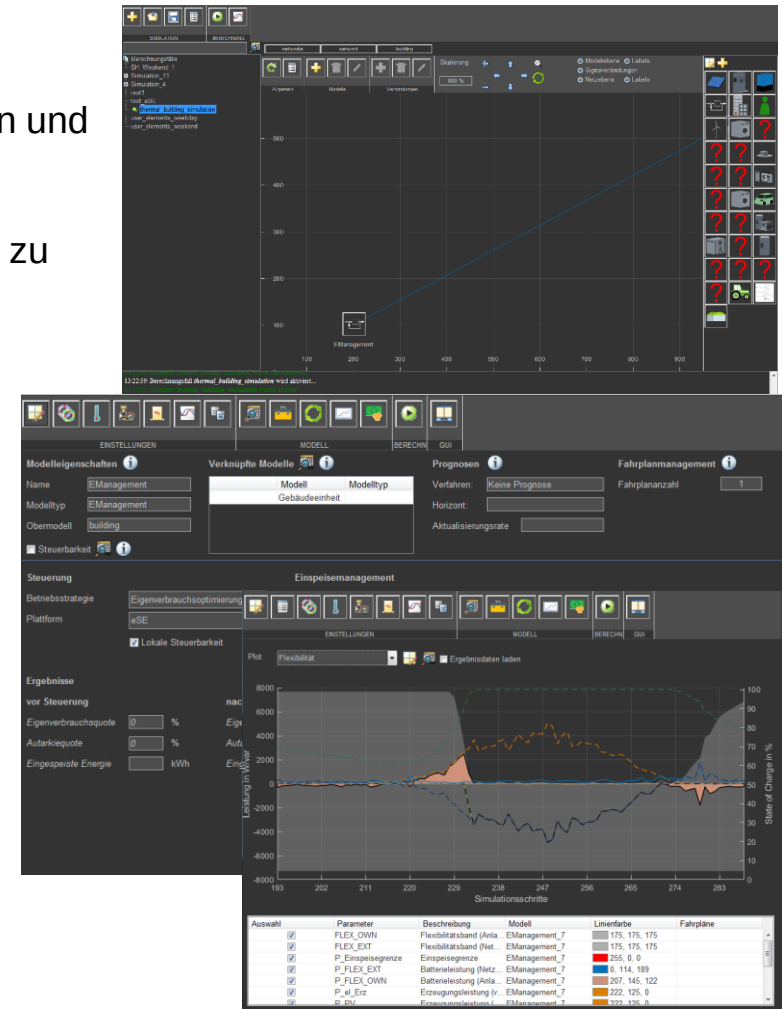
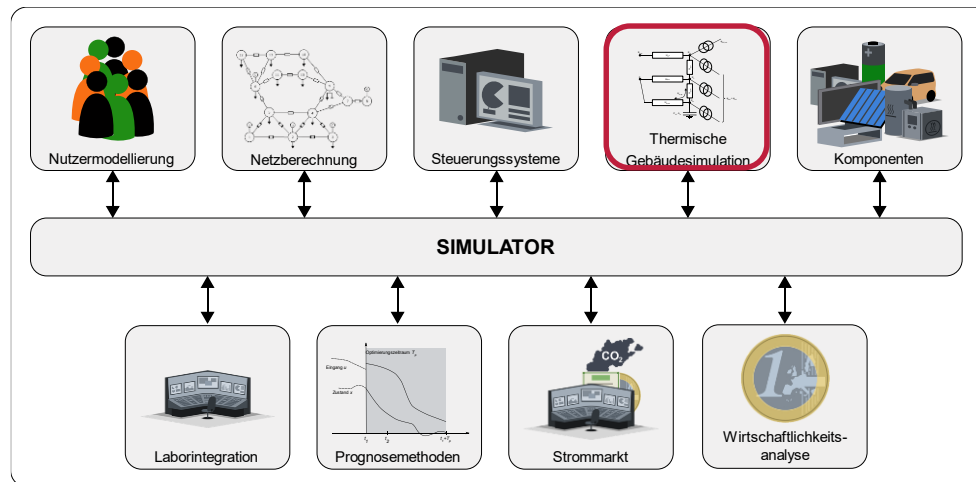
5

Zusammenfassung und Ausblick

Modellbasierte Nachbildung mit eSE

eSE - elenia Simulation Environment

- MATLAB-basierte Simulationsumgebung für die Untersuchung von elektrischen und thermischen Anlagen und deren Verhalten
- Flexible Kopplungen einzelner Anlagen und Steuerungssystemen um umfangreiche Gesamtsysteme zu modellieren und zu bewerten
- Entwicklung im *Forschungsprojektes NEDS Nachhaltige Energieversorgung Niedersachsen*



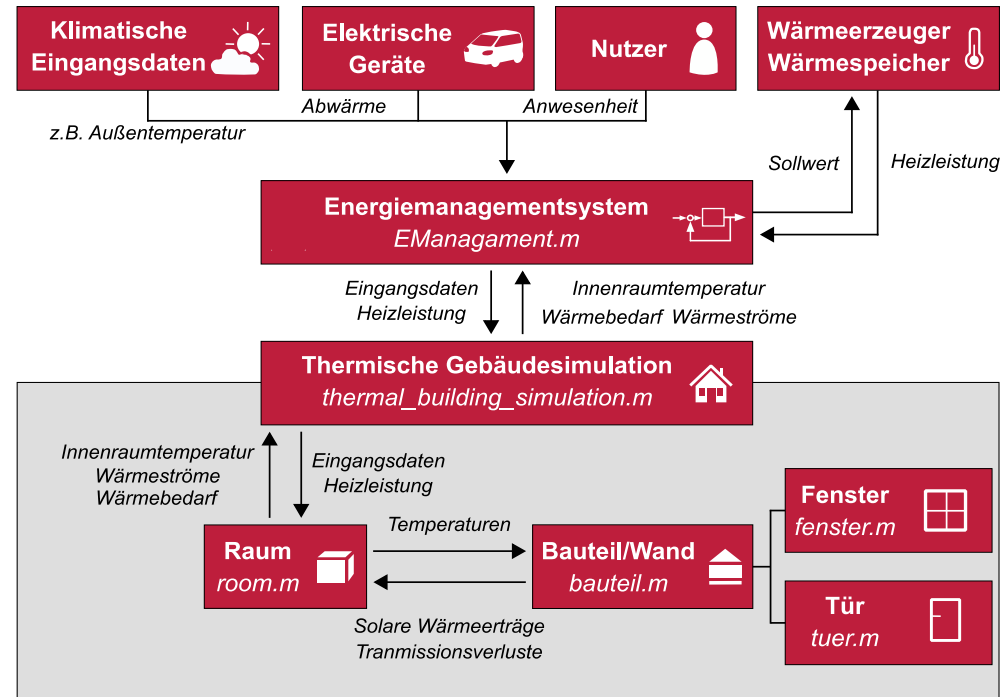
Thermische Gebäudesimulation - Struktur

Ziel

- Modelltechnische Abbildung der thermischen Verhältnisse von Gebäuden in Form eines Steady-State-Modells
- Raumbezogenen Temperaturen, Wärmeverlusten, Wärmebedarf und Wärmeströme
- zeitabhängige Bestimmung von Flexibilitätspotentialen

Umsetzung

- Umsetzung der Berechnungsanweisungen nach DIN EN ISO 13790:2008
- Modularer klassenbasierter Aufbau
- Energiemanagement als Schnittstelle zwischen der thermischen Gebäudesimulation und externen Datenquellen
- Ergebnisaggregation in der thermischen Gebäudesimulation und Weiterleitung an das EMS



Struktur des Moduls thermischen Gebäudesimulation

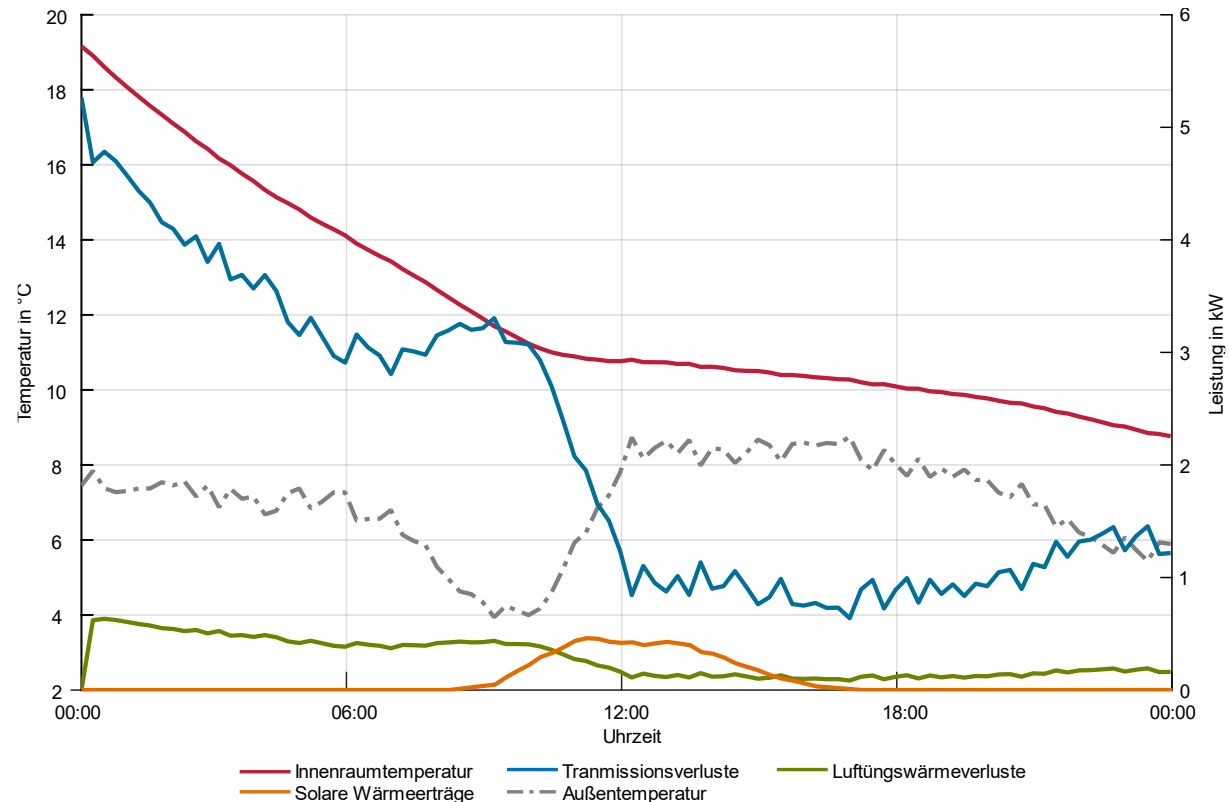
Thermische Gebäudesimulation - Testsimulation

Rahmenbedingungen

- Einzonen-Modell bestehend aus vier Wänden, Dach und Boden
- Keine Externe Wärmezufuhr über einen angeschlossenen Wärmeerzeuger (Wärmepumpe, Heizkessel etc.)
- Gebäudedaten aus TABULA für ein Einfamilienhaus

Simulation

- Innenraumtemperatur nähert sich an die Außentemperatur an
- Absinken der Transmissionsverluste wegen geringerer Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenbereich



Temperatur- und Leistungsverläufe einer Testsimulation für einen Raum

Agenda

1

Rolle von Prosumern im Verteilnetz

2

Koordinatives Netzbetriebsführungskonzept

3

Modellbasierte Nachbildung

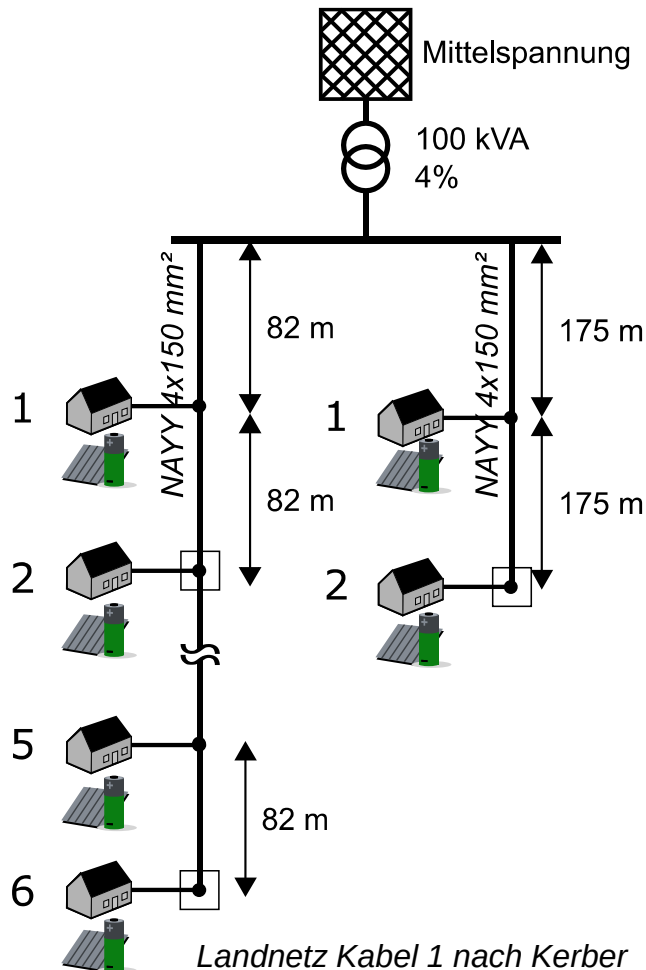
4

Exemplarische Simulation

5

Zusammenfassung und Ausblick

Exemplarisches Simulationsszenario



Komponentenpool

- Haushaltsverbrauch → zufälliges repräsentatives Lastprofil (HTW-Profile)
- PV-Dachanlage mit geeigneter Dimensionierung
- Speichersystem mit geeigneter Dimensionierung
- Feste Einspeisegrenze 70 % zur Netzentlastung

Steuerungsstrategie

- Eigenverbrauchsoptimierung der Gebäude mit Abregelung der PV-Anlagen bei Grenzüberschreitung
- Dezentral auftretende Abregelungsleistung auf Netzebene vermeiden
- Handel der gepoolten Speicherflexibilität am Strommarkt (z.B. Intraday-Markt) mit Aktionsgrenzen
 - Restriktion: gesamte Flexibilität wird vermarktet

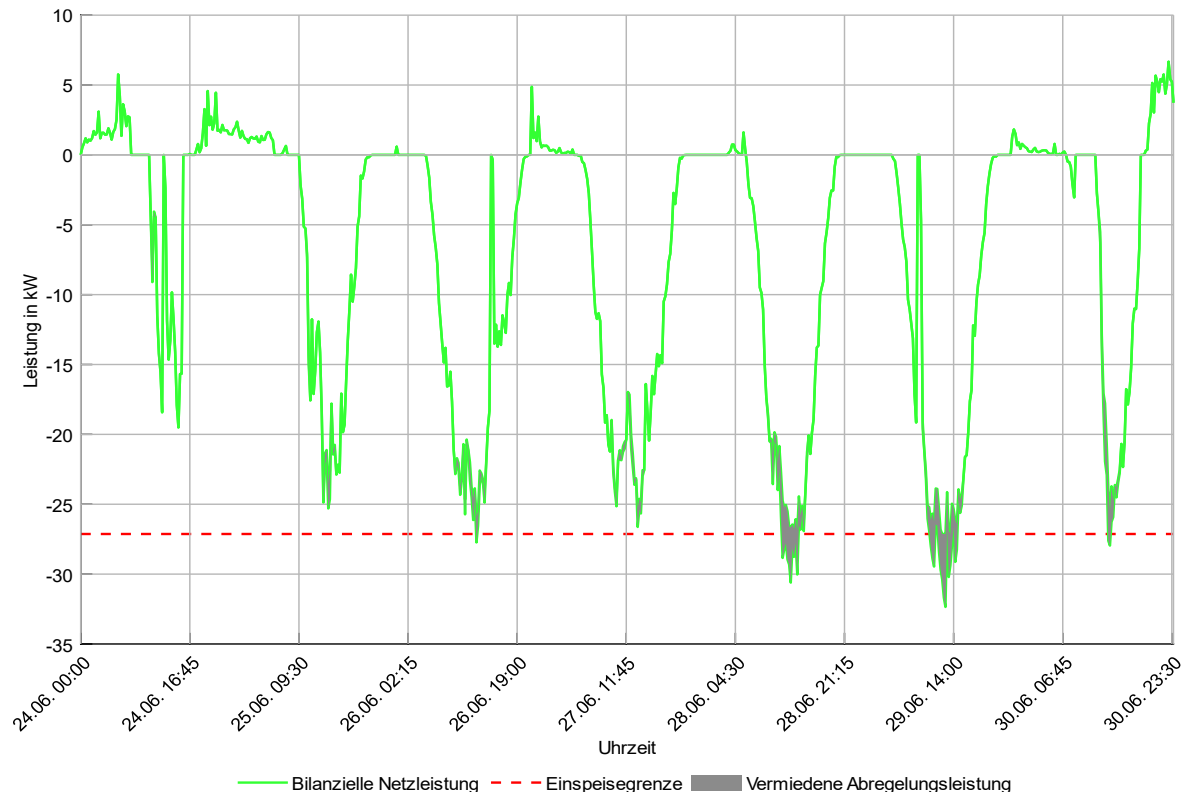
Simulationsparameter

- Simulationsdauer: 21.06.2030 bis 28.06.2030
- Schrittweite: minütlich

Vermiedene Abregelungsverluste

Verwaltung der dezentralen Einspeisegrenzen auf Netzebene

- Dynamische Anpassung der Einspeisegrenze abhängig von der Netzsituation
- Ausschöpfung der Einspeisepotential aus regenerativen Quellen
- Höhere Ausnutzung des Netzgebietes bei gleichzeitiger Einhaltung der Grenzwerte

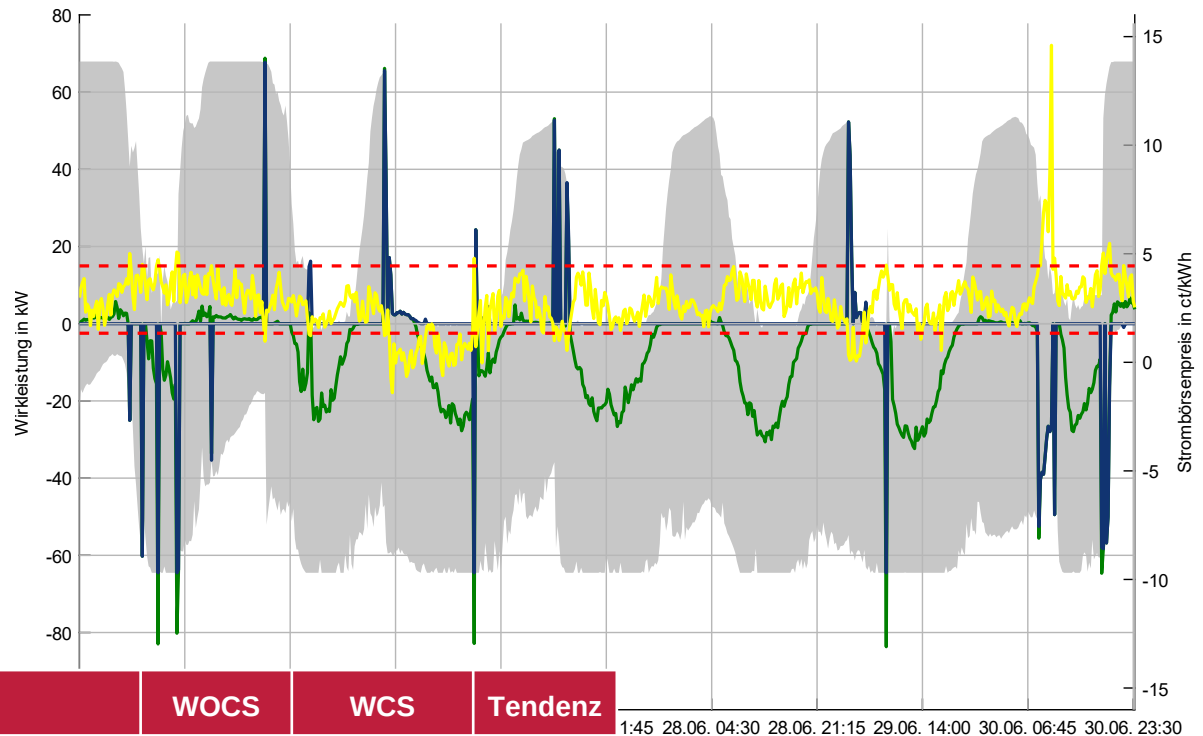


Akteur	Eigenschaft	WOCS	WCS	Tendenz
Anlagenbetreiber	Abregelungsenergie	38,74 kWh	0 kWh	↓
	PV-Erzeugungsenergie in MWh	1,97 MWh	2,02 MWh	↑

Vermarktung und Netzbelastung

Vermarktung von Speicherflexibilität

- Anstieg von Leistungsspitzen und Leistungsgradienten
- Höhere Netzbelastung und Netzauslastung
- Neue Erlösquellen durch die Vermarktung von Flexibilität
- Unmittelbare Auswirkung der globalen Vermarktung auf das lokale Netz
 - Handelbare Flexibilität zwingend durch die Steuerung begrenzen



Akteur	Eigenschaft	WOCS	WCS	Tendenz
Netzbetreiber	Netzverluste	6,24 kWh	12,98 kWh	↑
	Maximale Transformatorauslastung	26,94 %	81,85 %	↑
Marktteilnehmer	Verkaufte Energie am Strommarkt	0 kWh	262,04 kWh	↑
	Eingekaufte Energie am Strommarkt	0 kWh	148,17 kWh	↑
	Handelsbilanz in €	0 €	52,20 €	↑

1:45 28.06. 04:30 28.06. 21:15 29.06. 14:00 30.06. 06:45 30.06. 23:30
 eit
 Netzleistung — Gehandelte Leistung
 eis — Einkaufspreis

Agenda

1

Rolle von Prosumern im Verteilnetz

2

Koordinatives Netzbetriebsführungskonzept

3

Modellbasierte Nachbildung

4

Exemplarische Simulation

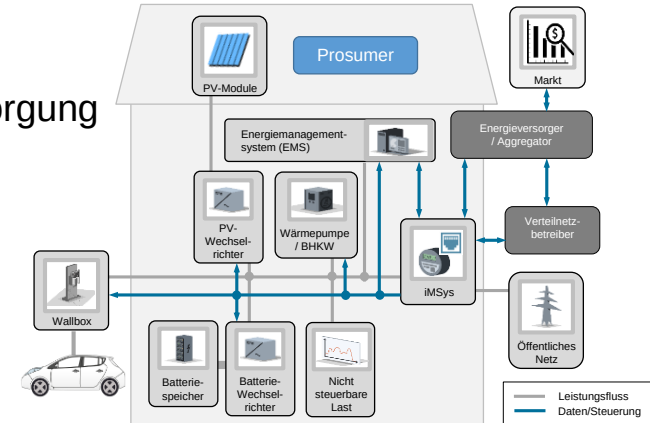
5

Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung und Ausblick

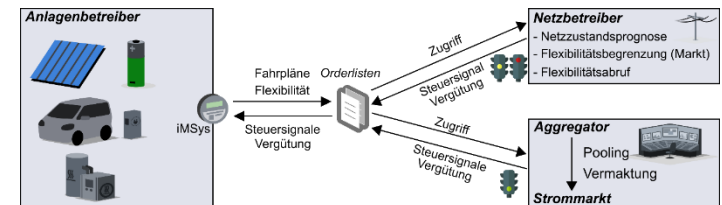
Rolle von Prosumern im Verteilnetz

- Wachsendes Aufgabenportfolio für Endverbraucher
- Neue Technologien zur thermischen und elektrischen Versorgung
- Entwicklung: Consumer → Prosumer → Flexumer
- Weitere Geschäftsmodelle neben Einspeisung und Eigenverbrauchsoptimierung
- Zukünftige Einbindung in einen koordinierten Netzbetrieb und Teilnahme am Strommarkt



Koordinatives Netzbetriebsführungskonzept

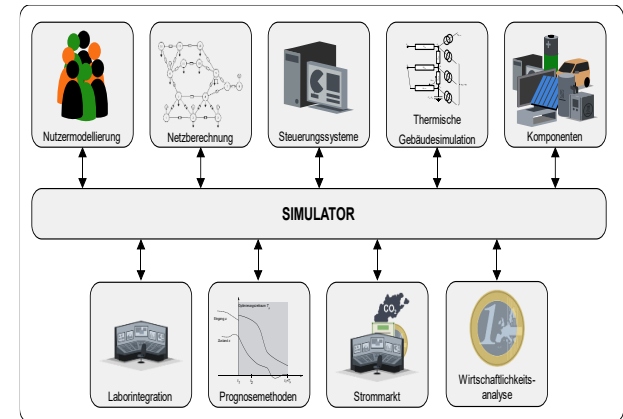
- Vorstellung eines Netzsteuerungssystems zur Koordination der dezentralen Flexibilitäten unter Berücksichtigung der Zielsetzungen der Akteure
- Erläuterung des schematischen Prozesses
 - Angebot, Nachfrage, Matching, Abruf, Preisgestaltung
- Umsetzung von unterschiedlichen Präferenzen der Akteure



Zusammenfassung und Ausblick

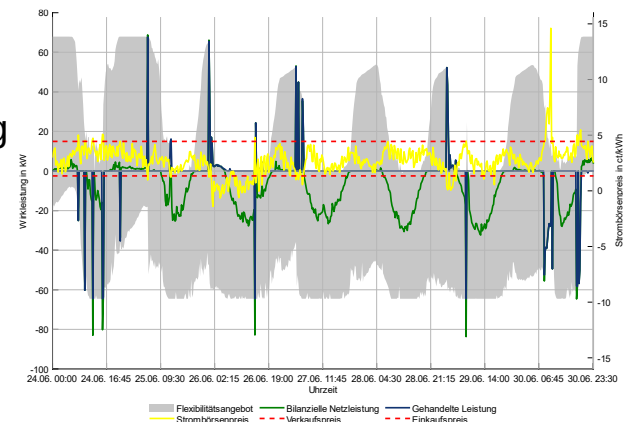
Modellbasierte Nachbildung

- Neues Modul in eSE - *Thermische Gebäudesimulation*
- Modelltechnische Abbildung der thermischen Verhältnisse innerhalb unterschiedlicher Gebäudestrukturen in Form eines Steady-State-Modells
- Berechnungen von raumbezogenen Temperaturen, Wärmeverlusten, Wärmebedarf und Wärmeströme
- zeitabhängige Bestimmung von Flexibilitätspotentialen



Exemplarische Simulation

- Erster simulativer Test des Netzbetriebsführungskonzeptes
- Koordinativer Prozess zur Vermeidung von Abregelungsleistung und vereinfachte Vermarktung von Speicherflexibilität
- Vermarktbare Flexibilität an die Netzrestriktionen anpassen und ggf. begrenzen
- Positive Effekte beim Anlagenbetreiber, Netzbetreiber und Marktteilnehmer



Zusammenfassung und Ausblick

Weiterentwicklung in Forschungsprojekten

flexess

- Identifikation von Anwendungsbereichen für Flexibilitätsmanagement und Untersuchung geeigneter Technologien anhand von vier Fallstudien (Haushalte, GHD, Industrie und Elektromobilität)
- Ganzheitliche Untersuchung: Simulationsstudien und Labor- und Feldtests
- **Erweiterung des Netzbetriebsführungskonzept um ein optimiertes Aggregatorverhalten und ein parametrierbares Strommarktmodell**



SiNED

- Weiterentwicklung der bisherigen Systemdienstleistungen (SDL) für den sicheren Betrieb zukünftiger Stromnetze bei fortschreitender Energiewende und digitaler Transformation
- Beleuchtung von system-, netztechnischen sowie informationstechnischen Aspekten der SDL als auch die damit einhergehenden wirtschaftlichen und energierechtlichen Fragestellungen
- **Erweiterung des Netzbetriebsführungskonzept um die Verwaltung von Blindleistung auf Netzebene und lokal am Netzverknüpfungspunkt**



Netprosum2030

- Entwicklung einer multifunktionalen, hochkompakten und hocheffizienten Leistungselektronik-Einheit für Prosumer mit Einsatz von 2nd-Life-HV-Fahrzeugbatterien als stationäre Speicherlösung
- **Charakterisierung des Netzsystemverhalten von Prosumern im Rahmen von Labor- und Simulationsuntersuchungen**



Kontakt & Danksagung

**Vielen Dank für
Ihre
Aufmerksamkeit!**

Christian Reinhold, M.Sc.

TU Braunschweig

Institut für Hochspannungstechnik und elektrische Energieanlagen - elenia

Telefon: +49 (0) 531 / 391 9716

Mail: c.reinhold@tu-braunschweig.de

