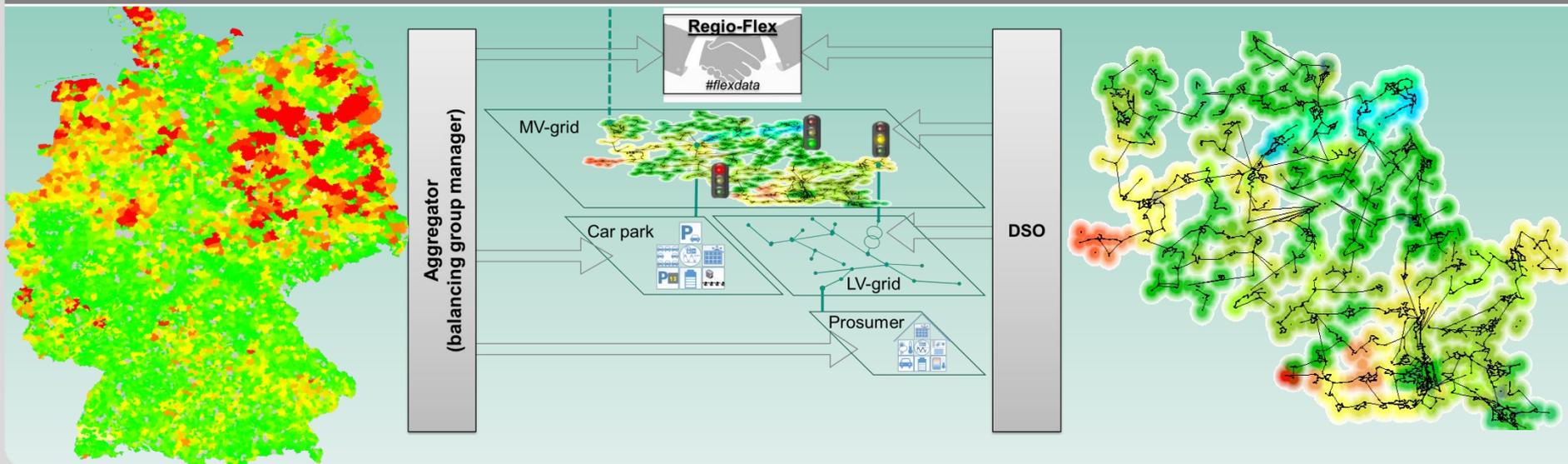


Beitrag privater Haushalte als regionale Flexibilität zur Verteilnetz-Betriebsoptimierung

Martin Uhrig, Michael R. Suriyah, Thomas Leibfried – KIT
Sven Wagner, Bernhard Betz, Johannes Krämer – EWR Netz GmbH

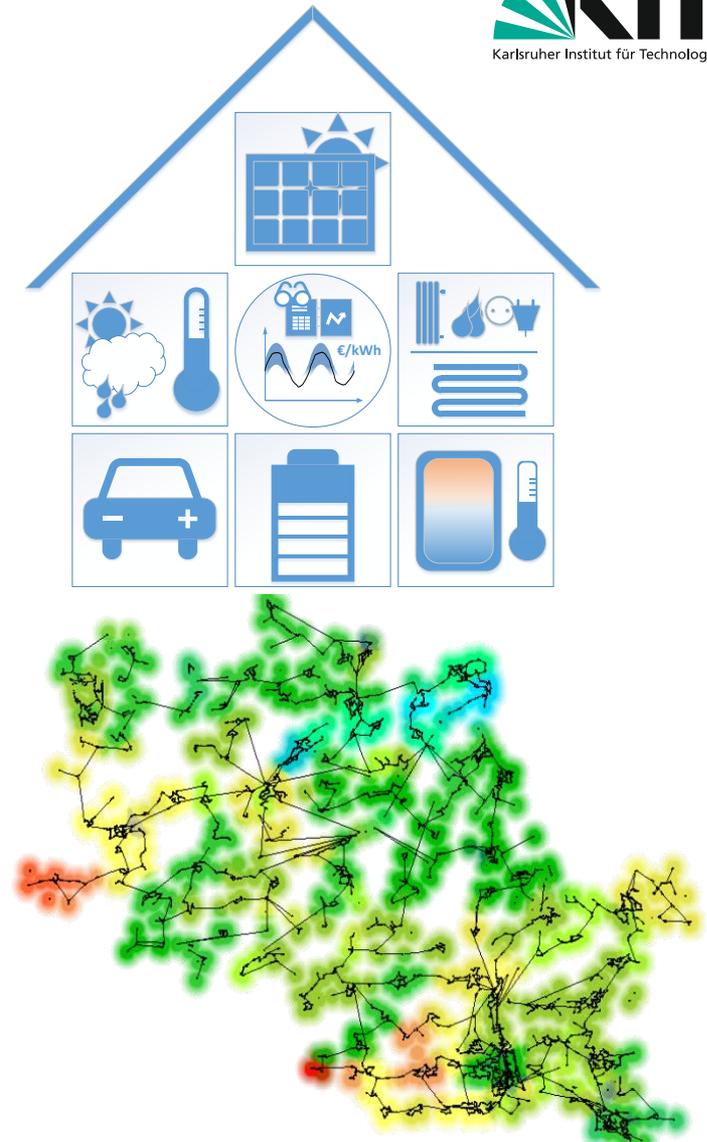
14. Symposium Energieinnovation, Graz, 12.02.2016

INSTITUT FÜR ELEKTROENERGIESYSTEME UND HOCHSPANNUNGSTECHNIK (IEH)



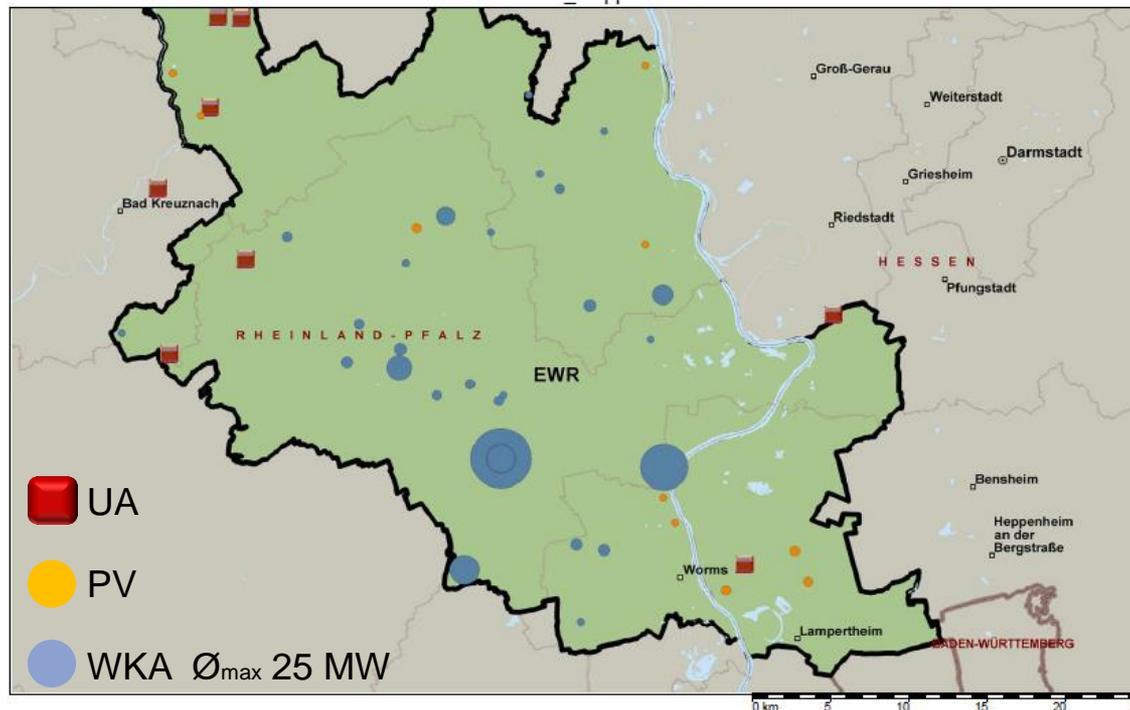
Agenda

- Untersuchtes Netzgebiet
- Modellierung
- Flexibilitäten im Haushalt
- Ausbauszenario für PV-Speicher
- Nutzung der Flexibilitäten im Netz
- Zusammenfassung

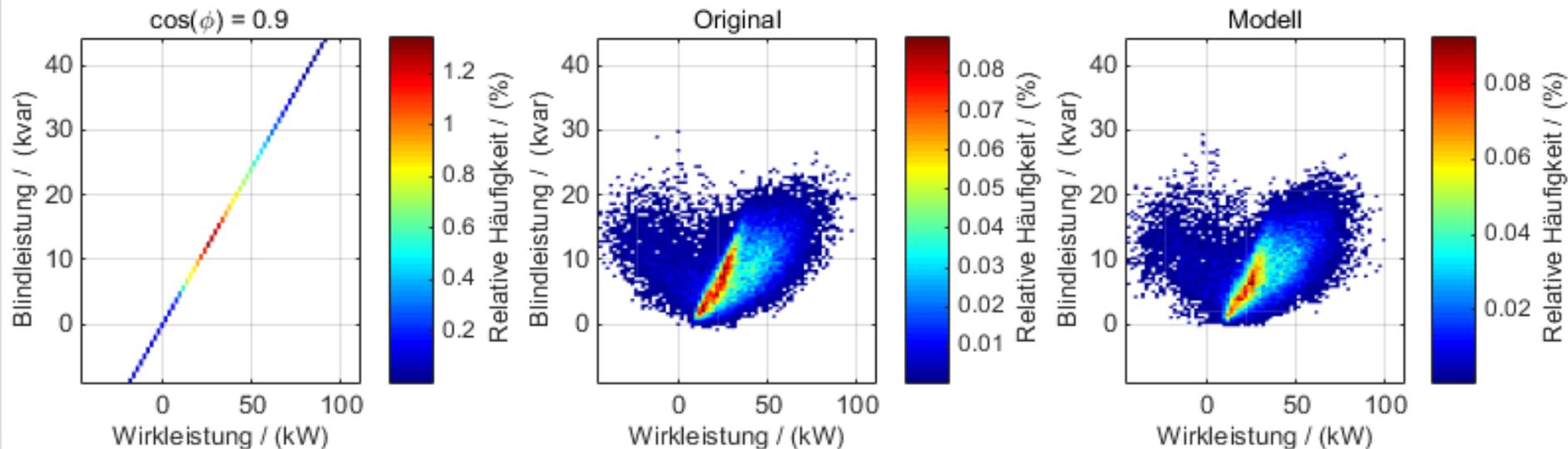


Strukturdaten (2014)

Einwohner	Fläche (geogr. / versorgt) / (km ²)	Umspannanlagen (110/20 kV)	NS-Netze	Jahreshöchstlast / (MW)	EE-Leistung (MS/NS) / (MW)
379.574	1.252 / 172	14	1.850	313	323 / 90



- Berücksichtigung regionaler Siedlungscharakteristika
- Energiebedarf
 - Haushalte: nach Einwohnern
 - Gewerbe/Landwirtschaft: nach Mitarbeitern
- Statistische Modellierung der Profile für Wirk- und Blindleistung

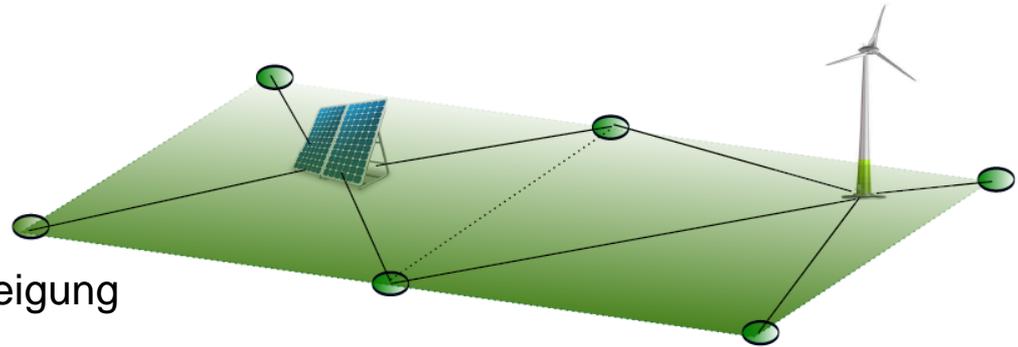


■ Verwendetes Klimamodell: COSMO-CLM*

- Auflösung (zeitlich: 1 h; räumlich: 10 km)
- lineare Interpolation zwischen Referenzpunkten
- 15 min-Auflösung mit statistischem Ansatz

■ Photovoltaik

- Modul-Wirkungsgrade
- Wechselrichter-Wirkungsgrade
- Optimale Südausrichtung, 30° Neigung



■ Windkraft

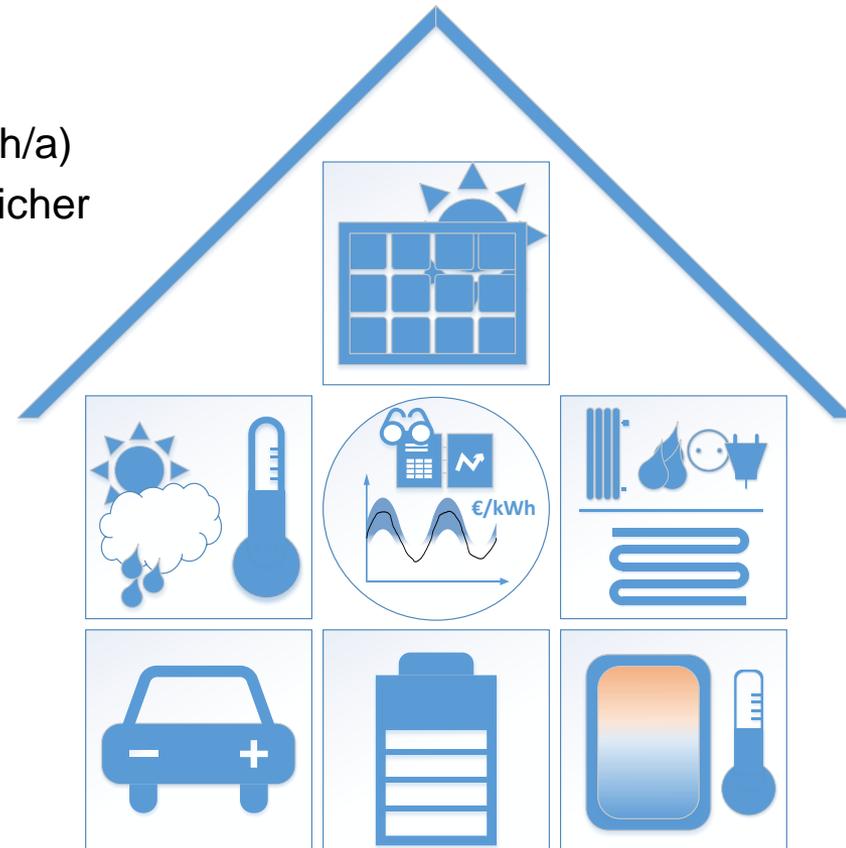
- Umrechnung der Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe
- Statistisches Einspeisemodell
- Anpassung der Parameter auf VLh der Standorte

*bereitgestellt durch KIT-IMK

Modellierung der Flexibilitäten im Haushalt (Szenario 2030)

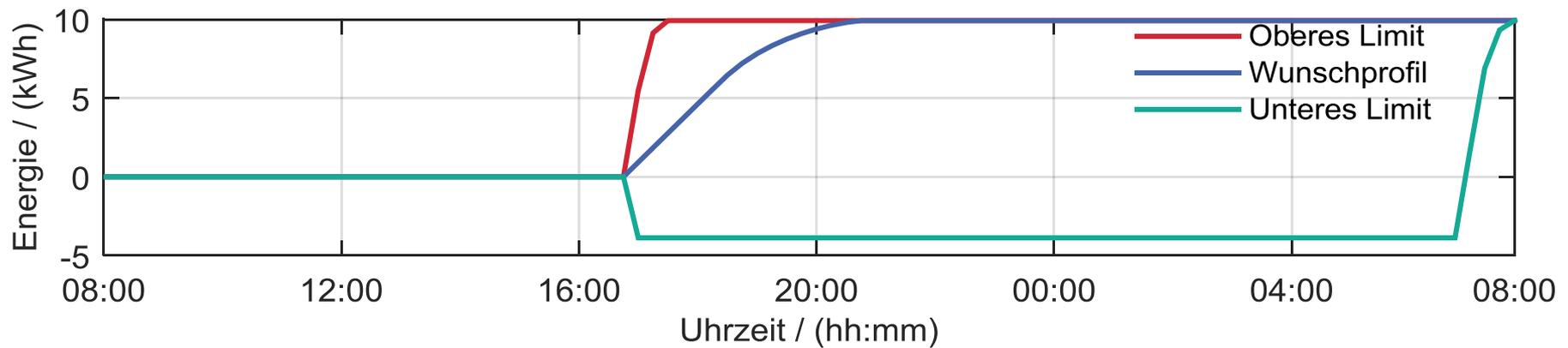
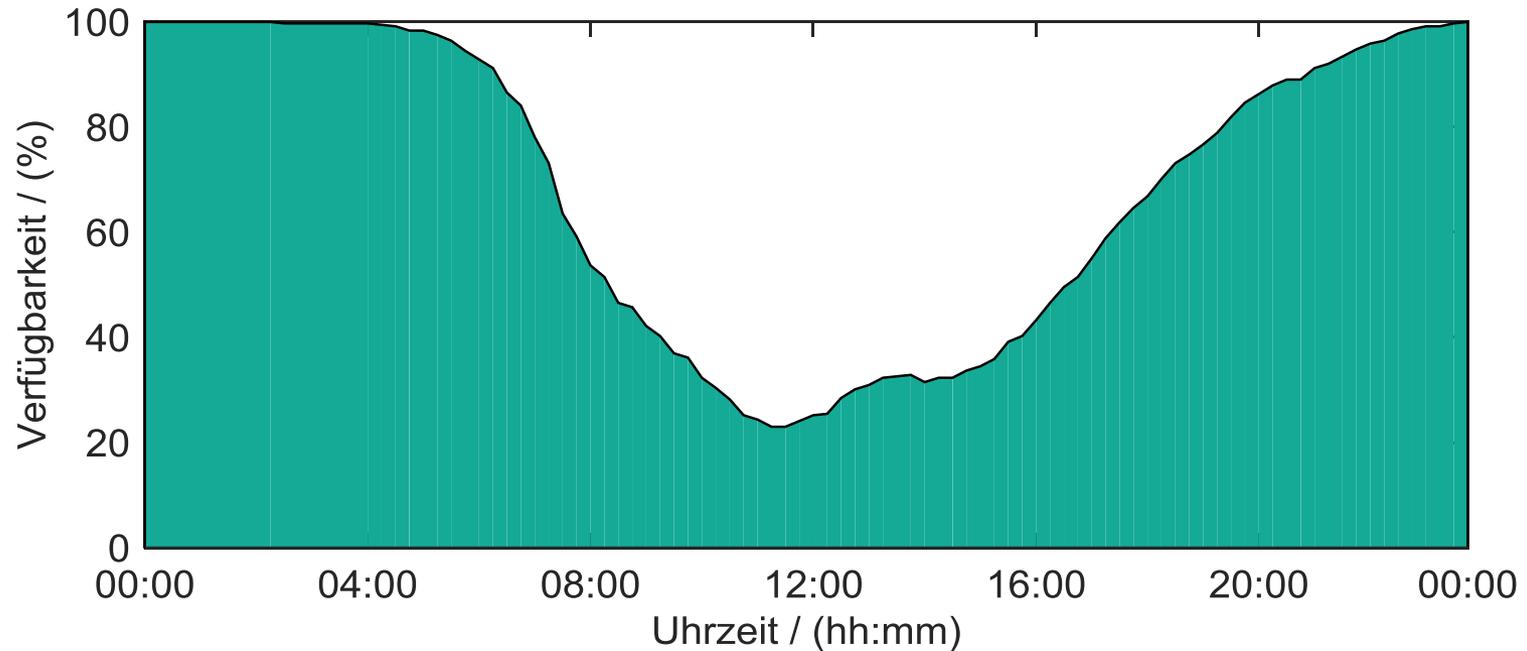
- 4.391 Haushalte (2,5 %)
 - Verbrauch: 1.457-7.626 kWh/a
 - PV-Leistung: 3-20 kWp

- PV-Speicher: \emptyset 4 kWh
- Elektrofahrzeug: \emptyset 15.131 km/a (3026 kWh/a)
- Wärmeversorgung inkl. Warmwasser-Speicher
 - 05 % Elektrospeicherheizung
 - 35 % Blockheizkraftwerk
 - 60 % Wärmepumpe

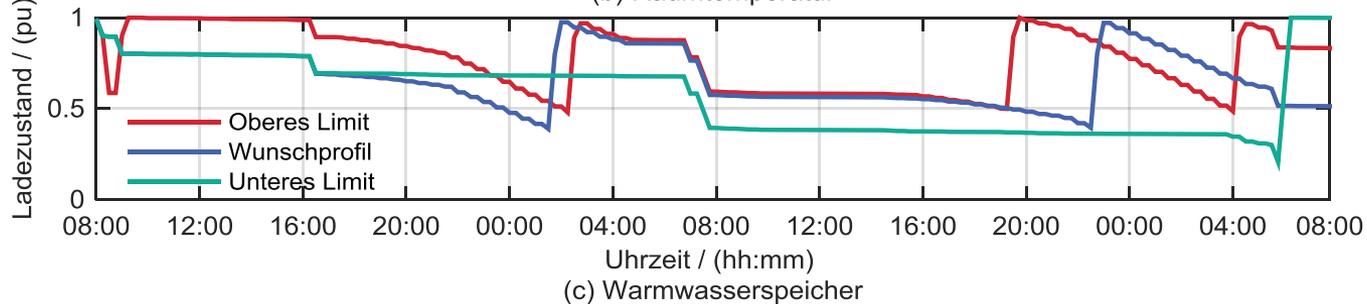
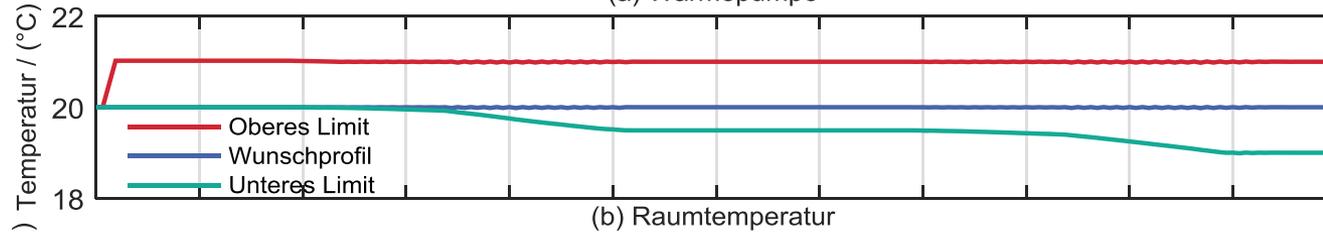
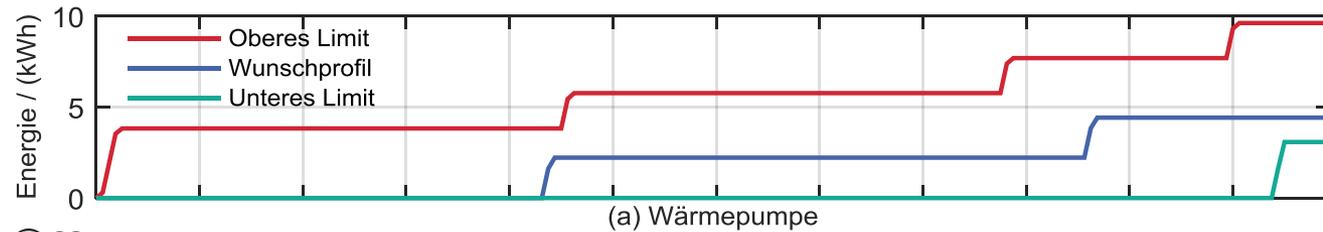
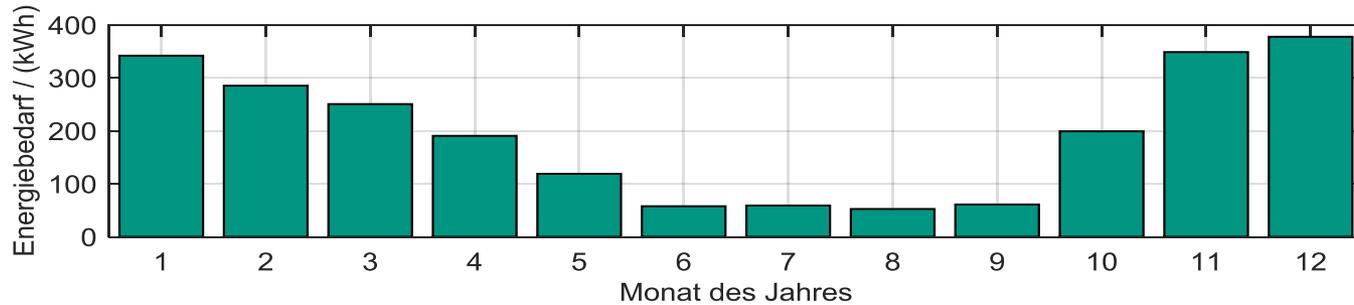


Gebäude-Isolationsstandard		
	Heizenergiebedarf	Anteil
EFH 1978	83 kWh/(m ² ·a)	11 %
EFH 2009	36 kWh/(m ² ·a)	33 %
EFH 2013	20 kWh/(m ² ·a)	56 %

Flexibilitäten im Haushalt I/III: Elektrofahrzeug

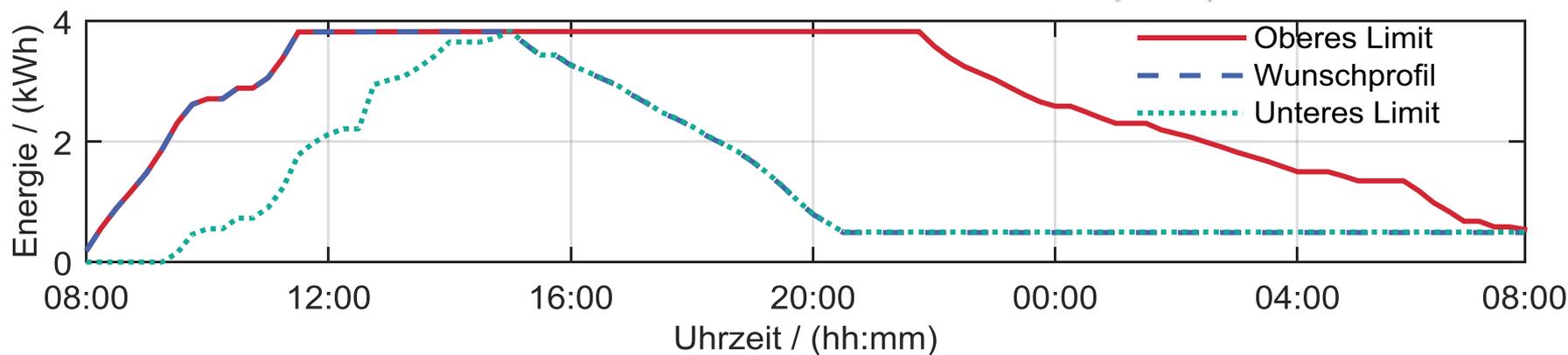
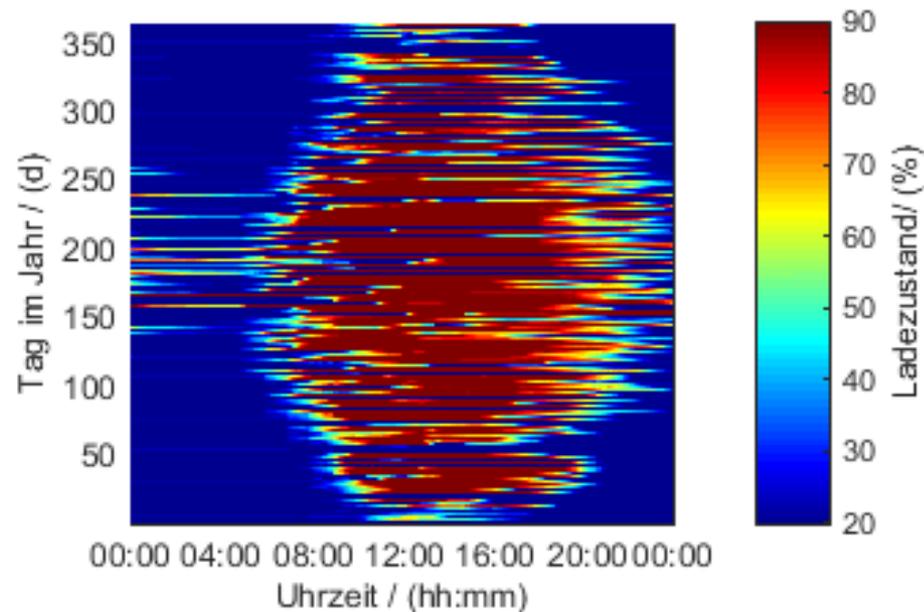
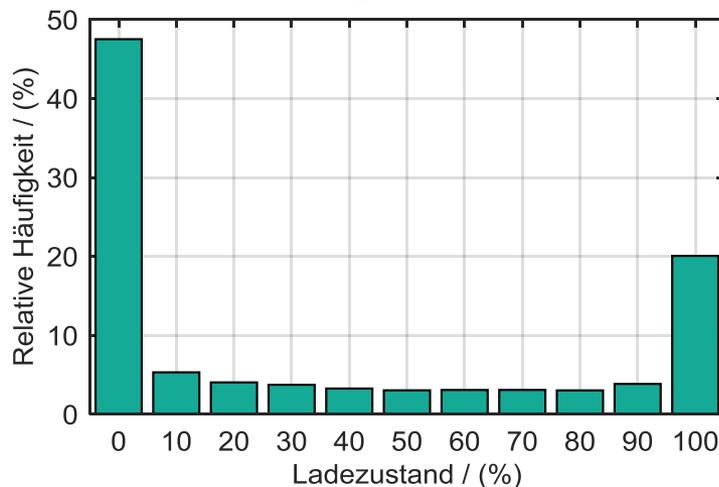


Flexibilitäten im Haushalt II/III: Wärmeversorgung



Flexibilitäten im Haushalt III/III: PV-Speicher

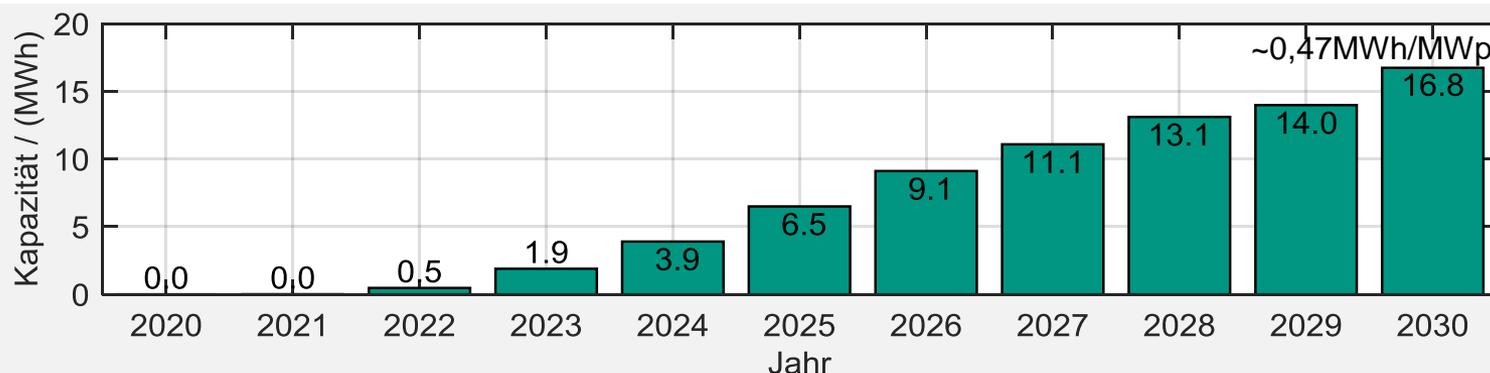
- 2721 Betriebsstunden pro Jahr
- 6039 h/a außer Betrieb



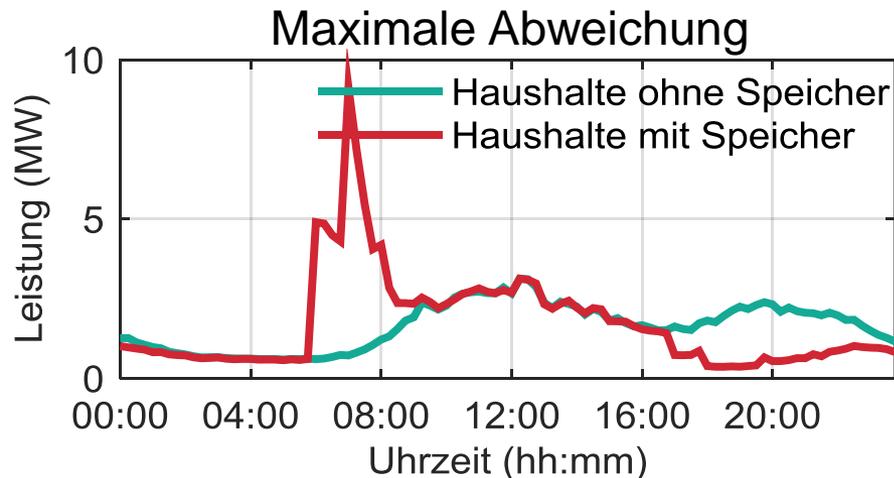
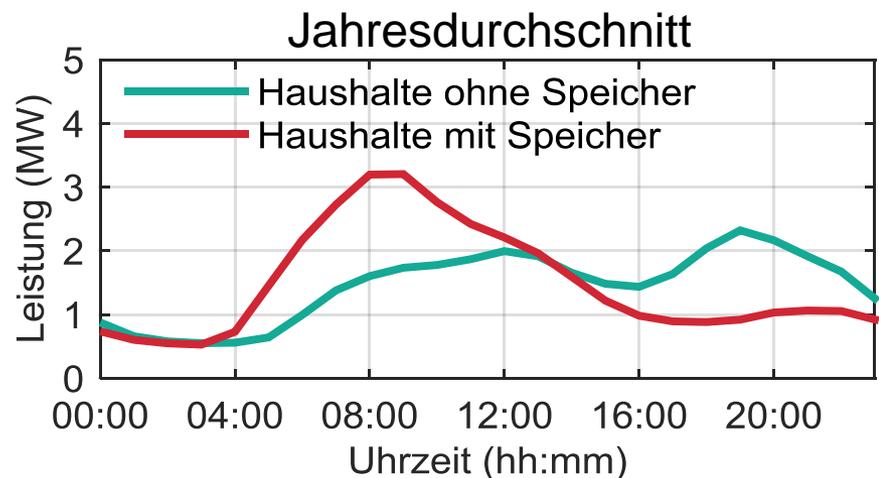
Ausbauszenario für PV-Speichersysteme

Strompreis 2015	28 ct/kWh (+2 %/a)
EEG-Vergütung 2015*	12 ct/kWh (-10 %/a)
Kalkulationszins	2 %/a
Variable Speicherkosten 2015	1000 €/kWh (-8 %/a)
Speicher-Fixkosten 2015	3000 €/kWh (-2 %/a)

*Vernachlässigung
tatsächliches
Installationsjahr
→Neusysteme



Angepasster Parameter		Installierte Kapazität 2030	Haushalte mit PV-Speicher 2030	Frühester Zubau	Maximaler Zubau
Referenzszenario		16,8 MWh	69,5 %	2021	2030
Fixkosten:	-1 %/a	14,5 MWh	54,2 %	2022	2026
Variable Kosten:	-5 %/a	10,7 MWh	45,2 %	2023	2028
Variable Kosten:	-10 %/a	21,0 MWh	86,5 %	2021	2029
PV-Vergütung bis 2029:	38,86 ct/kWh	19,8 MWh	81,7 %	2025	2030
Strompreissteigerung:	+1 %/a	10,8 MWh	38,6 %	2023	2029
Strompreissteigerung:	+3 %/a	20,3 MWh	94,0 %	2020	2027
Kalkulationszins:	4 %	12,9 MWh	48,6 %	2023	2028



	Bezogene Energie	Autarkie	Netzentgelte (@7ct/kWh)
Ohne PV & Speicher	12,7 GWh/a	--	889.000 €
Mit PV ohne Speicher	7,4 GWh/a	42 %	518.000 €
Mit PV und Speicher	4,3 GWh/a	66 %	301.000 €

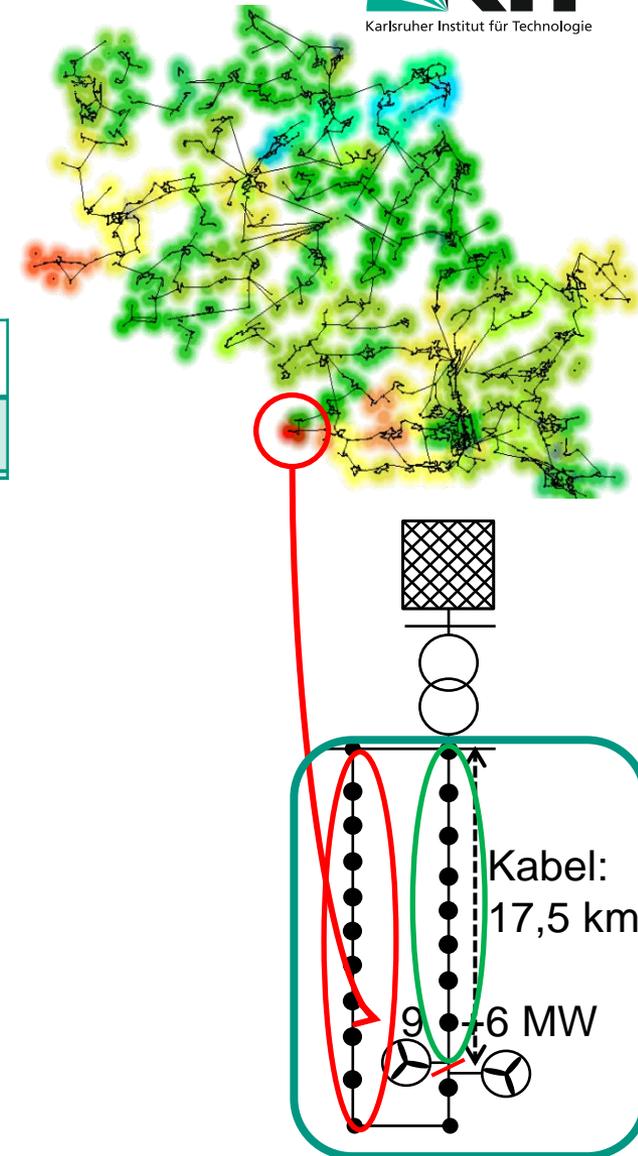
Netzbetriebsoptimierung

Fallbeispiel: Windpark 15 MW (172 h/a)

- 62 Niederspannungsnetze
 - 253/10.500 flexible Haushalte (2,4%)
- Sonntagmorgen Anfang November

	Vorher	Nachher	$\cos(\varphi) = 0,95$
Spannungsfall	1,67 kV	1,4 kV	1,17 kV
Elektrofahrzeuge (186/253)	7,4 kW	4,1 MW	
Wärmeversorgung	460,4 kW	3,1 MW	
PV-Speicher	387,7 kW	1,1 MW	
Gesamt	855,5 kW	8,3 MW	

- Maximale Leitungsentlastung: **33 Prozentpunkte**
- Maximale Mehrbelastung: **37 Prozentpunkte**
 - Berücksichtigung von Netztopologie bei Einteilung von „Flexibilitäts-Zellen“

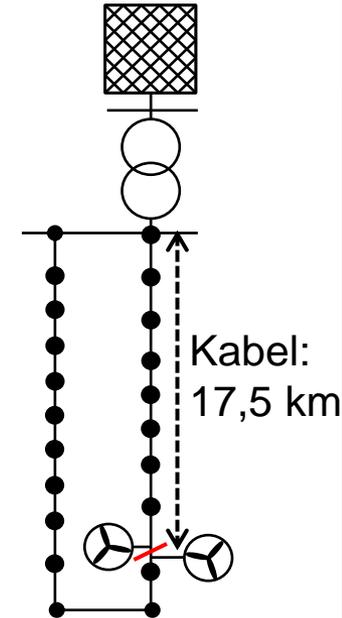


Kosten pro Flexibilitätsabruf

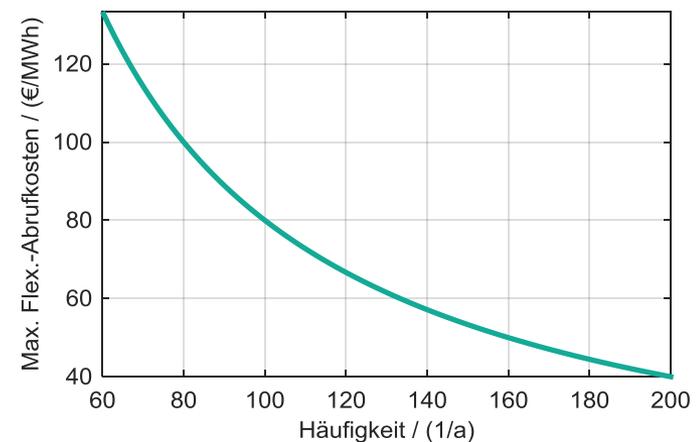
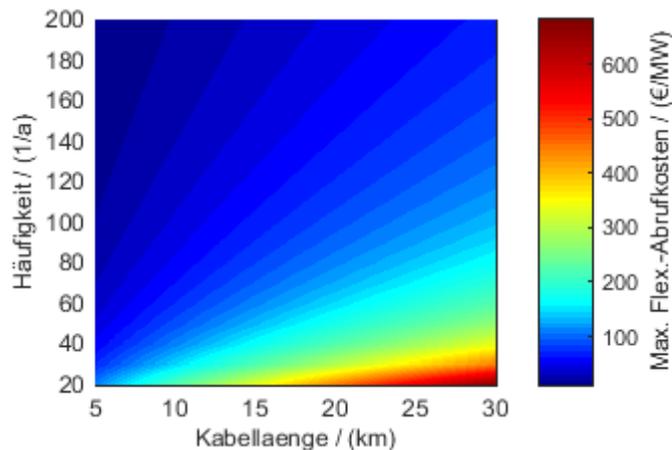
Fallbeispiel: Netzverstärkung wegen Repowering

■ Netzbetreiber

- Kabelausbau: 150 mm² auf 240 mm² (+3,5 MW)
- Ausbaukosten einer Strecke: 17,5 km • 80.000 €/km
- Maximale Flexibilitätskosten: 46,5 €/MWh (172 h/a)
(alternativ zu Einspeisemanagement?)



Haushalt	Wärmepumpe	Elektrofahrzeug
Verbrauch	2.454 kWh	3.297 kWh
Reduzierte Netzeingelte (§14a EnWG)	122 € _{netto}	158 € _{netto}
Flexibilitätskosten (172 h/a • P _{max})	10,9 Ct/kWh	4,2 Ct/kWh



■ Flexibilitäten im Haushalt

■ Wärmepumpe

- 80 % des Energiebedarfs im Winterhalbjahr

→ Freiheitsgrade durch Variation von Raumtemperatur und Ladezustandsgrenzen

■ Elektrofahrzeuge

→ Abends und nachts Potential zur Bereitstellung von Flexibilität

■ PV-Speicher (Ø 4 kWh bis 2030 ; ~0,47MWh/MWp)

- 30 %/a in Betrieb, 50 %/a entladen & 20 %/a vollgeladen

→ zusätzliche Anwendungen können Wirtschaftlichkeit verbessern

- Erhöhung der Autarkie durch PV-Speicher

→ Umverteilung der Netzentgelte

■ Flexibilitäten im Netz

■ Angepasste Lastprognose für PV-Speicher & Elektrofahrzeuge

■ Berücksichtigung der Netztopologie bei Einteilung von Flexibilitäts-Zellen

■ Flexibilitäts-Abrufkosten abhängig von Abrufhäufigkeit und Netzausbaukosten

→ Mögliche Alternative/Ergänzung zu Netzausbau/Einspeisemanagement

→ Anreize für Endkunden: Erlöse zumind. im Bereich der Einsparungen durch red. Netzentgelte

Vielen Dank für Ihr Interesse

Martin Uhrig
T: +49 721 608-43065
E: martin.uhrig@kit.edu
I: www.ieh.kit.edu

INSTITUT FÜR ELEKTROENERGIESYSTEME UND HOCHSPANNUNGSTECHNIK (IEH)

