

Integration von flexiblen E-Pkw-Ladevorgängen in das agentenbasierte Energiemarktmodell PowerACE

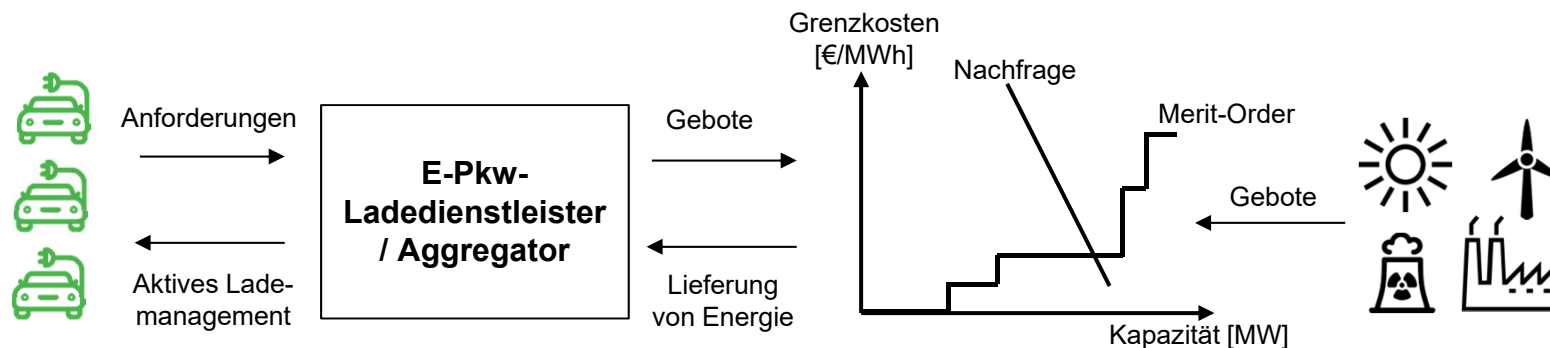
Patrick Jochem, Christian Will, Axel Ensslen, Florian Zimmermann, Christoph Fraunholz,
Dogan Keles, Wolf Fichtner

Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion (IIP)
Lehrstuhl für Energiewirtschaft (Prof. W. Fichtner)



Motivation und Forschungsfrage

- Der Transportsektor hat bisher nicht zu Treibhausgasemissionsminderungen beigetragen (Creutzig et al., 2015).
- E-Pkw werden als Teil der Lösung zur Reduktion anthropogener Treibhausgasemissionen gesehen (Creutzig et al., 2015).
- Eine intelligente Integration von E-Pkw in das Energiesystem erscheint hierfür unabdingbar (Jochem, 2016).
- E-Pkw-Ladedienstleister spielen dabei eine wichtige Rolle (Niesten & Alkemade, 2016).



Quelle der Piktogramme: freepik.com

■ Forschungsfrage:

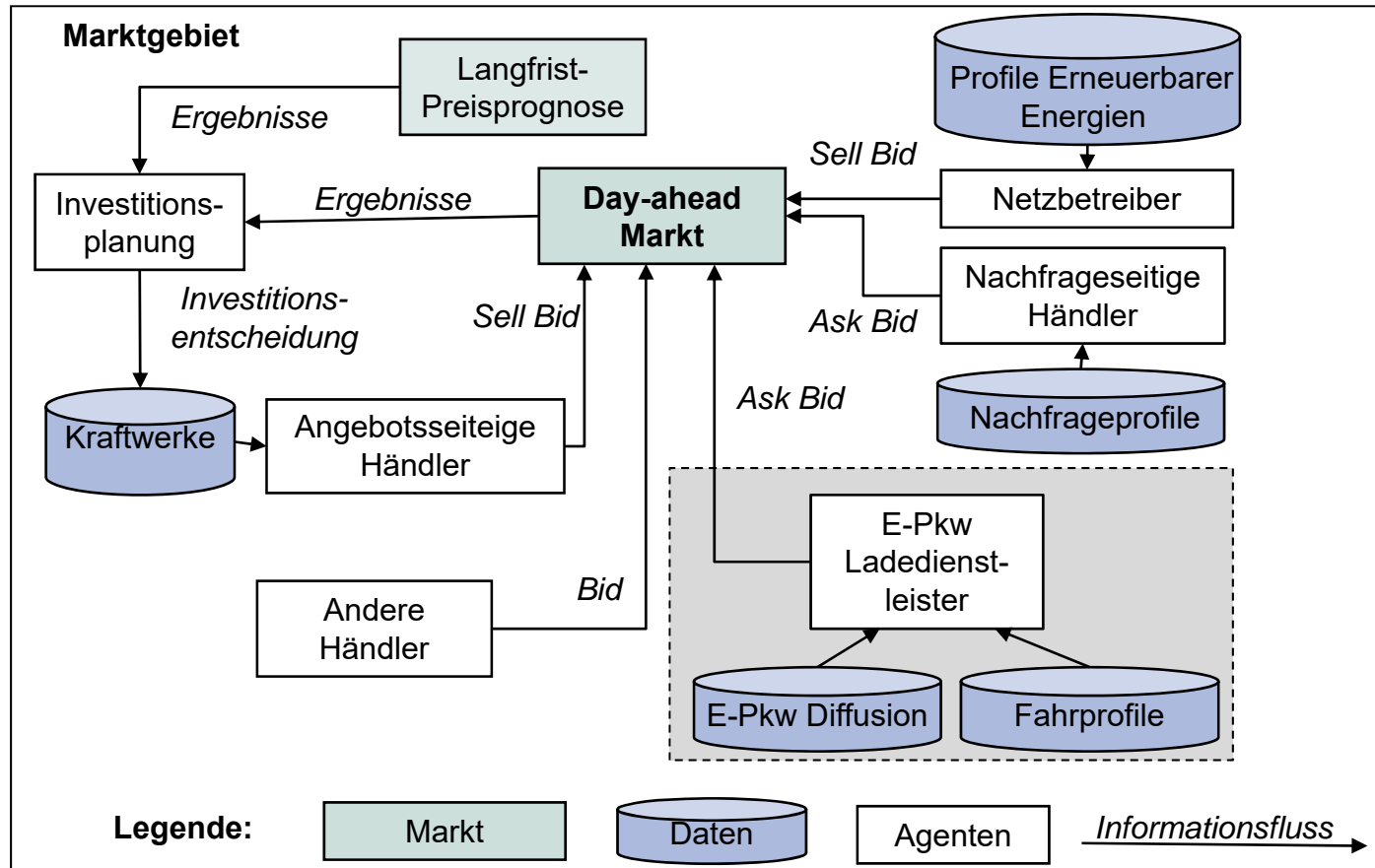
Welchen Einfluss haben EE-fokussierte unidirektionale Ladeservices (preisoptimiert vs. EE-optimiert) auf den EE-Anteil des Ladestroms?



Agenda

- Motivation und Forschungsfrage
- Agentenbasiertes Energiemarktmodell PowerACE
- Ladestrategien und Annahmen
- Vorläufige Ergebnisse (wieviel EE werden benötigt, um Kunden 100% EE-Ladestrom zu garantieren?)
- Fazit & offene Fragen

PowerACE



Basierend auf Ensslen et al. (2018)

- PowerACE-Modell (Genoese, 2010; Keles et al., 2016; Ringler, 2017)
- inkl. E-Pkw-Ladedienstleister (Ensslen et al., 2018).

Annahmen und Ladestrategien

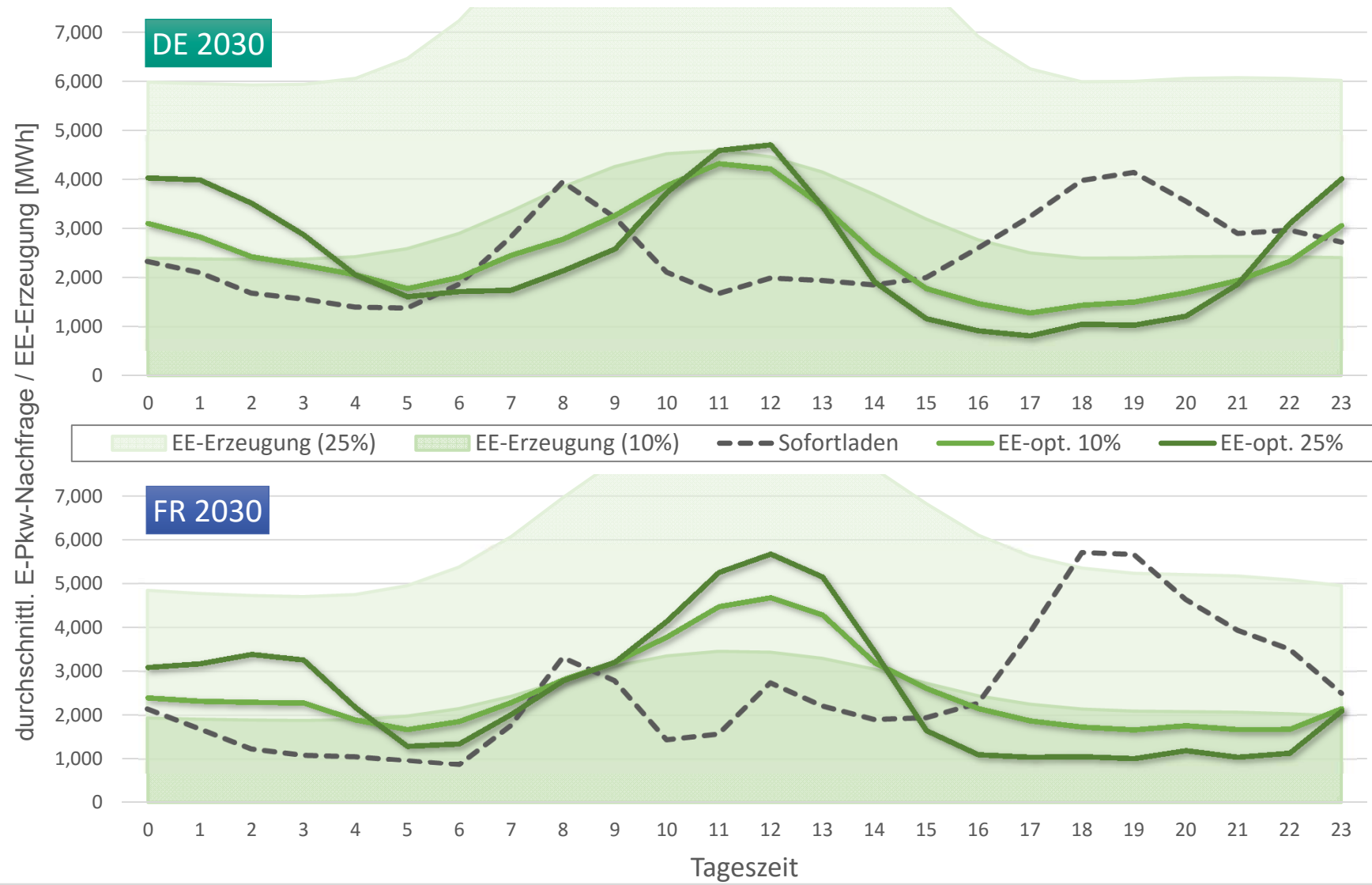
- E-Pkw-spezifische Annahmen (Ensslen et al., 2019):
 - Batteriekapazität: 60 kWh
 - Ladeleistung: 3,7 kW zu Hause und am Arbeitsplatz
 - Verbrauch: 0,2 kWh/km
 - Mindestreichweite¹: 100 km, d. h. 20 kWh
 - Betrachtung des Jahres 2030, 6 Mio. E-Pkw in F&D

- Untersuchte Ladestrategien:
 - Direktes Laden / Sofortladen
 - Preisoptimiertes Laden (Day-Ahead-Market | inkl. Mindestreichweite)
 - EE-optimiertes Laden:
 - Variante A: 10%_t der EE-Einspeisung als Herkunftsnachweise (HKN) verfügbar
 - Variante B: 25%_t der EE-Einspeisung als Herkunftsnachweise (HKN) verfügbar

¹ Mindestreichweite aus einer Nutzerbefragung. Nur oberhalb dieser Mindestreichweite wird Ladeflexibilität angeboten



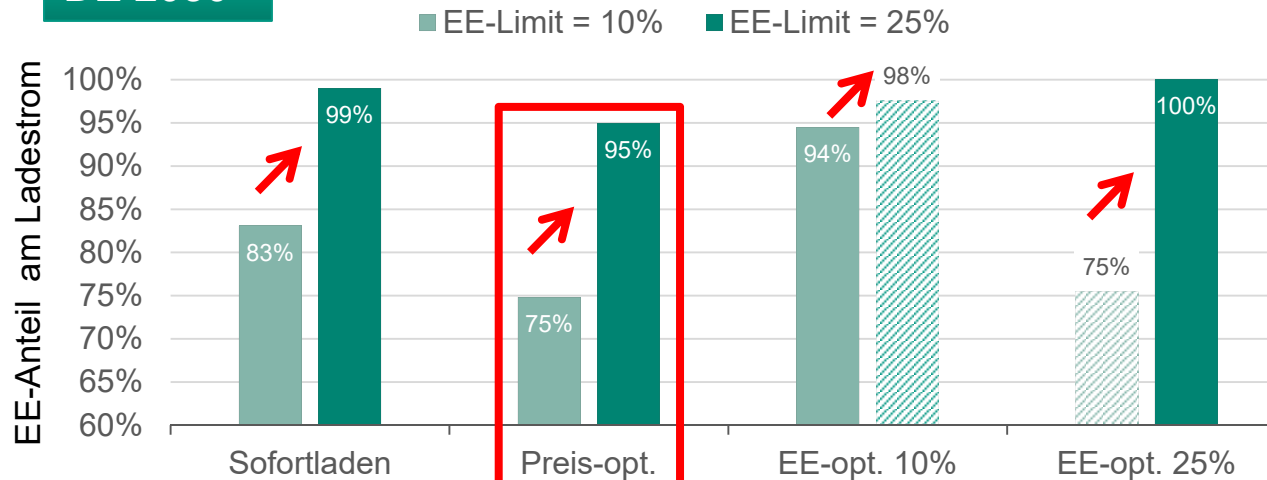
Ladebedarf der untersuchten Ladestrategien



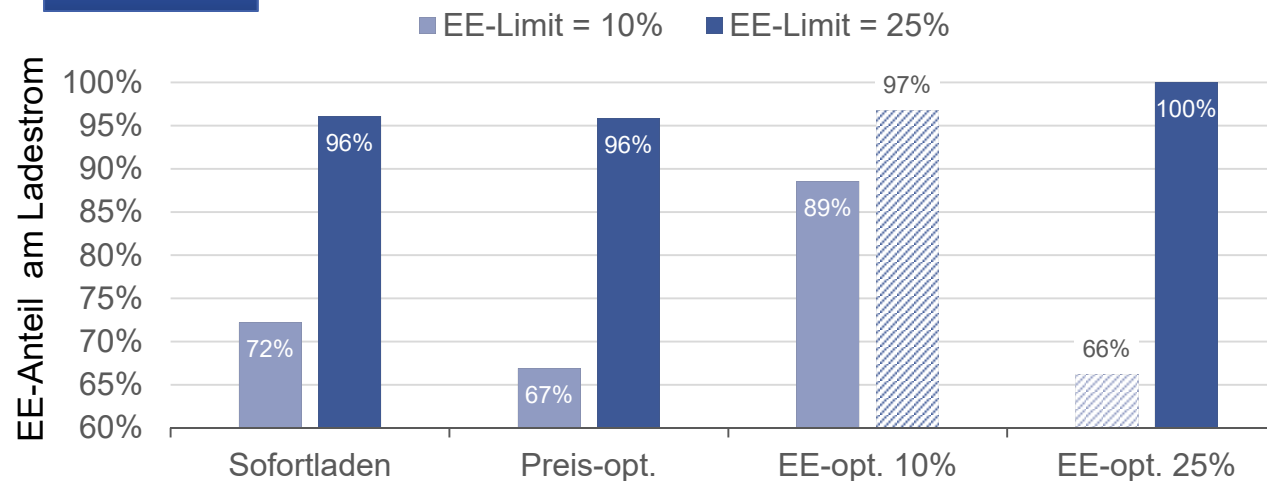
Vorl. Ergebnisse – angebotsbezogen (HKN)



DE 2030



FR 2030



Ausschöpfung des (stündl.) EE-Limits

- Preisgesteuertes Laden von E-Pkw hat den geringsten EE-Anteil
- Je höher der Anteil EE, der für das Laden der E-Pkw verwendet werden kann, desto höher der Anteil EE am Laden der E-Pkw.
- Wenn ca. 10 – 30 GW EE pro Land für E-Pkw reserviert werden, kann der Ladestrom (fast) vollständig aus EE gedeckt werden.
- Kaum nationale Unterschiede

EE-Anteil: 44% D und 38% F

Fazit und offene Fragen

Fazit

- Bereits mit ca. 10 bis 30 GW EE (Mix aus Sonne und Wind) kann nahezu der gesamte Ladestrom für 2030 aus Grünstrom garantiert werden.
- Sofortiges Laden kommt in unserer Analyse bereits relativ nah an die Ergebnisse des optimierten, gesteuerten Ladens.

Offene Fragen:

- Zahlungsbereitschaften der Kunden und Auswirkungen auf Aggregator?
- Auswirkungen von CO₂-Minimierung anstelle von EE-Maximierung?
- Konkrete Einführung der Herkunftsnachweise?



Literatur

- Creutzig, F.; Jochem, P.; Edelenbosch, O. Y.; Mattauach, L.; Vuuren, D. P. van; McCollum, D.; Minx, J. (2015): Transport: A roadblock to climate change mitigation? *Science* 350 (6263), 911–912, doi:10.1126/science.aac8033.
- Ensslen, A.; Will, C.; Jochem, P. (2019): Simulating Electric Vehicle Diffusion and Charging Activities in France and Germany. *EVS32 Proceedings*, May 19–22, Lyon.
- Ensslen, A.; Ringler, P.; Dörr, L.; Jochem, P.; Fichtner, W. (2018): Incentivizing smart charging: Modeling charging tariffs for electric vehicles in German and French electricity markets, *Energy Research & Social Science* 42, 112–126.
- Genoese, M. (2010): *Energiewirtschaftliche Analysen des deutschen Strommarkts mit agentenbasierter Simulation*, Nomos Verlag, Baden-Baden, ISBN 978-3-8329-6016-2.
- Jochem, P. (2016): *Electric mobility & energy systems: a techno-economic impact analysis of electric vehicles on the energy systems*, Habilitation, KIT, Karlsruhe.
- Keles, D.; Bublitz, A.; Zimmermann, F.; Genoese, M.; Fichtner, W. (2016): Analysis of design options for the electricity market: The German case, *Applied Energy* 183, 884–901, doi:10.1016/j.apenergy.2016.08.189.
- Niesten, E.; Alkemedde, F. (2016): How is value created and captured in smart grids? A review of the literature and an analysis of pilot projects, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 53, 629–638.
- Ringler, P. (2017): Erzeugungssicherheit und Wohlfahrt in gekoppelten Elektrizitätsmärkten, Dissertation, KIT, Karlsruhe, doi: 10.5445/IR/1000064573

Backup: Integration von flexiblen E-Pkw-Ladevorgängen in das agentenbasierte Energiemarktmodell PowerACE

Patrick Jochem, Christian Will, Axel Ensslen, Florian Zimmermann, Christoph Fraunholz,
Dogan Keles, Wolf Fichtner

Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion (IIP)
Lehrstuhl für Energiewirtschaft (Prof. W. Fichtner)



Fragen?
jochem@kit.edu

