

# Demand Side Management mit Elektrofahrzeugen – Ausgestaltungsmöglichkeiten und Nutzerakzeptanz

Graz, 16.02.2012

Alexandra-Gwyn Paetz, Patrick Jochem, Wolf Fichtner

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

INSTITUT FÜR INDUSTRIEBETRIEBSLEHRE UND INDUSTRIELLE PRODUKTION (IIP)  
Lehrstuhl für Energiewirtschaft (Prof. Fichtner)





# Das Elektrizitätssystem sieht sich mehreren Herausforderungen gegenüber

## Politische Ziele    Konsequenzen

Atomaus-  
stieg

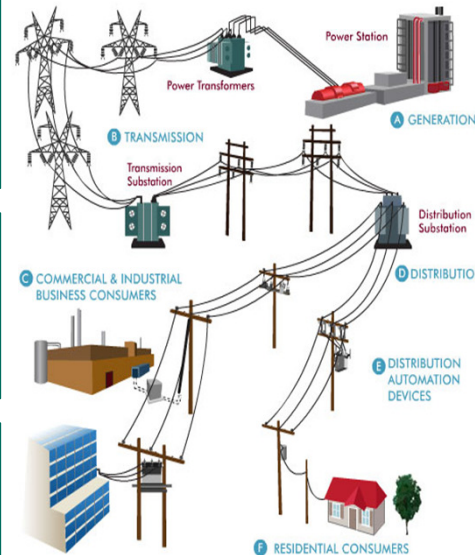
Zunehmende  
Strombereit-  
stellung aus  
erneuerbaren  
Energiequellen

Senkung der  
CO<sub>2</sub>-  
Emissionen

Zunehmend  
dezentrale  
Versorgung

Unabhängig-  
keit vom Öl

Förderung &  
Integration  
elektrisch  
betriebener Pkw  
ins Elektrizitäts-  
system

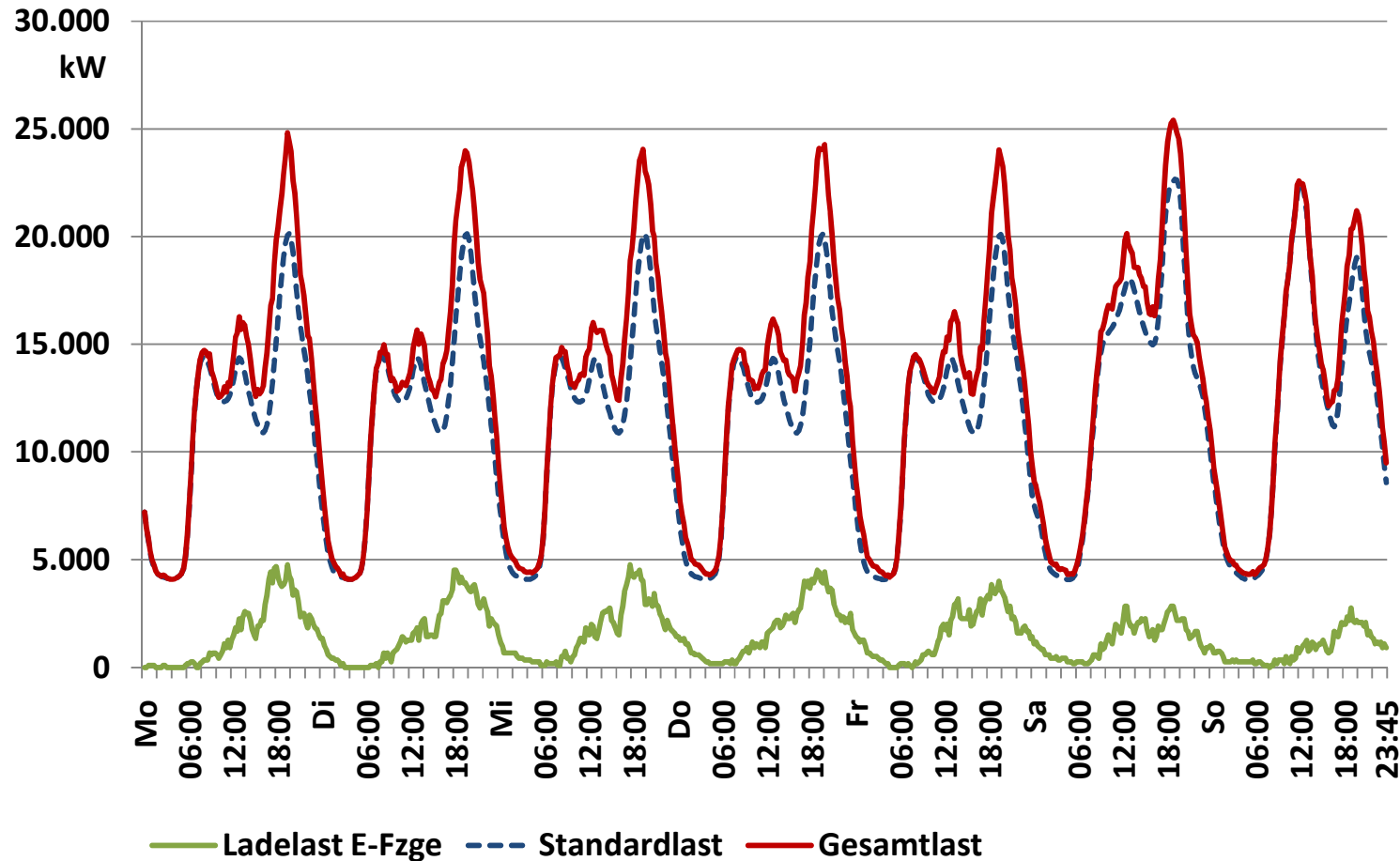


## Herausforderungen

- Harmonisierung der Nachfrage mit (erneuerbarem) Stromangebot
- Zusätzlicher Speicherbedarf

# Handlungsbedarf besteht insbesondere auf lokaler Ebene, wo E-Pkw geladen werden

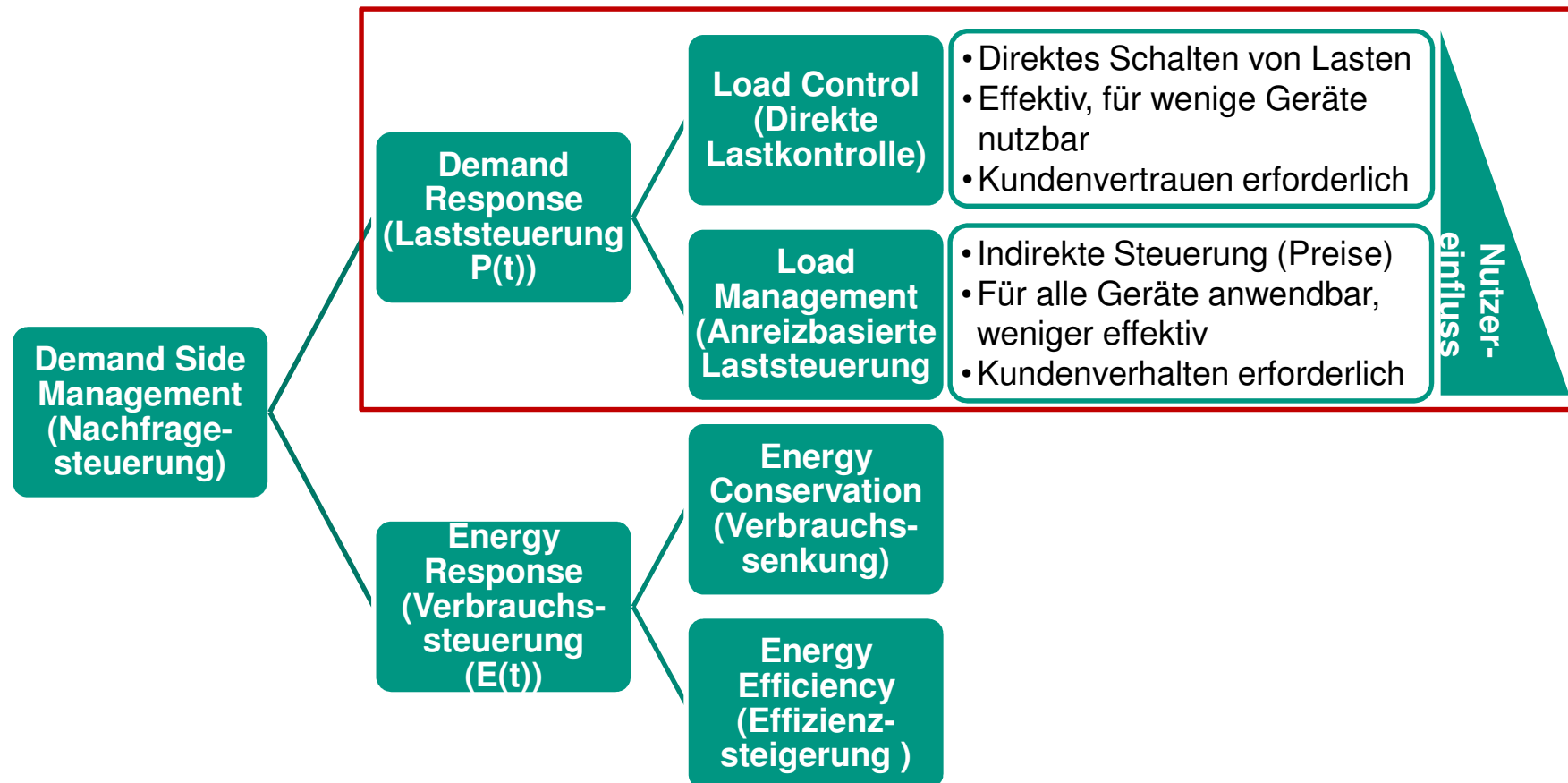
Netzlast mit ungesteuertem Laden von Elektrofahrzeugen in einem beispielhaftem Stadtgebiet



Quelle: Kaschub et al. (2010)



# Demand Side Management kann ein Lösungsweg zur Flexibilisierung der Nachfrage sein



# Einige DSM-Maßnahmen sind zwar gesetzlich verankert, deren Kundenakzeptanz ist aber unklar



2006/32/EC, § 21g EnWG, § 40 EnWG



**Variable Stromtarife:** Angebot von Stromtarifen mit dem Anreiz zur Einsparung und / oder Lastverschiebung ➤ ~ 100 EVUs bieten diese in D an

**Smart Meter:** Einbau in Neubauten wenn technisch und wirtschaftlich umsetzbar ➤ bislang haben wenige HH (außerhalb von Piloten) Smart Meter

**Feedbacksysteme** werden in Pilotregionen noch getestet

Geringes Marktangebot an **intelligenten Haushaltsgeräten / Ladesäulen**

**Automatisierte Energie- und Lastmanagementsysteme** werden derzeit noch erforscht

Wenige **E-Pkw** auf deutschen Straßen zugelassen

Gesetzlicher Rahmen und **Marktrollen** noch nicht definiert

➤ **Effektivität und Kundenakzeptanz, insbesondere für die Elektromobilität noch weitgehend unklar**

**Wie werden Demand Side Management Maßnahmen – insbesondere von „erfahrenen“ Konsumenten – akzeptiert?**

**Welche Motive und Barrieren beeinflussen die Bereitschaft Ladevorgänge zu verschieben?**

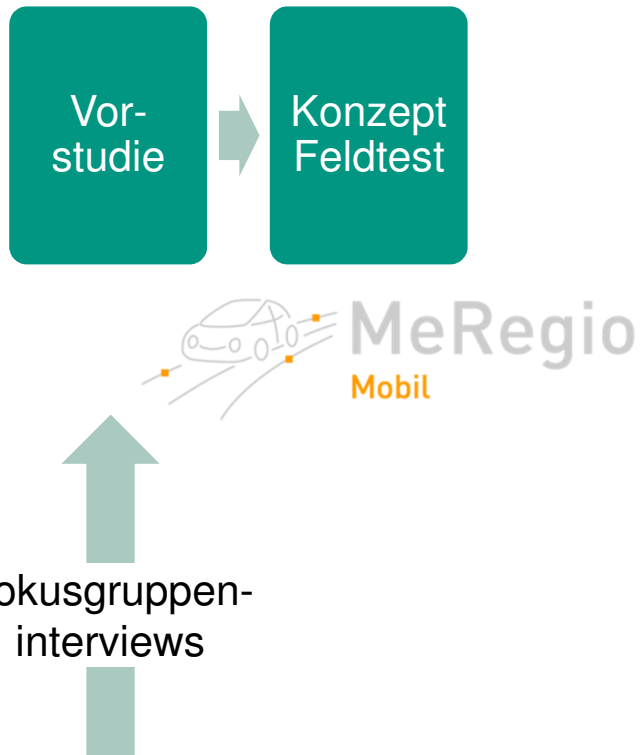
**Wie können DSM-Maßnahmen für Elektrofahrzeuge effektiv ausgestaltet werden?**

# Agenda

- Methodische Vorgehensweise
- Ergebnisse
- Ausblick



# Zur Analyse des Nutzerakzeptanz ist ein mehrstufiges Vorgehen gewählt worden



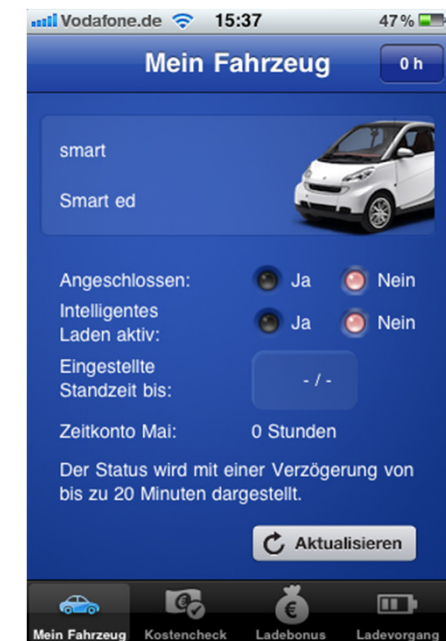
# Die DSM-Maßnahmen sind im Feldtest modular eingesetzt worden

## 1 Phase 1: Preisanreiz

- Zweistufiger Ladestromtarif
- 22,31 Ct/kWh; 19,31 Ct/kWh
- Ladesäulen zu Hause (Wallbox) sowie 32 Stück im (halb-)öffentlichen Raum in den Städten Karlsruhe und Stuttgart

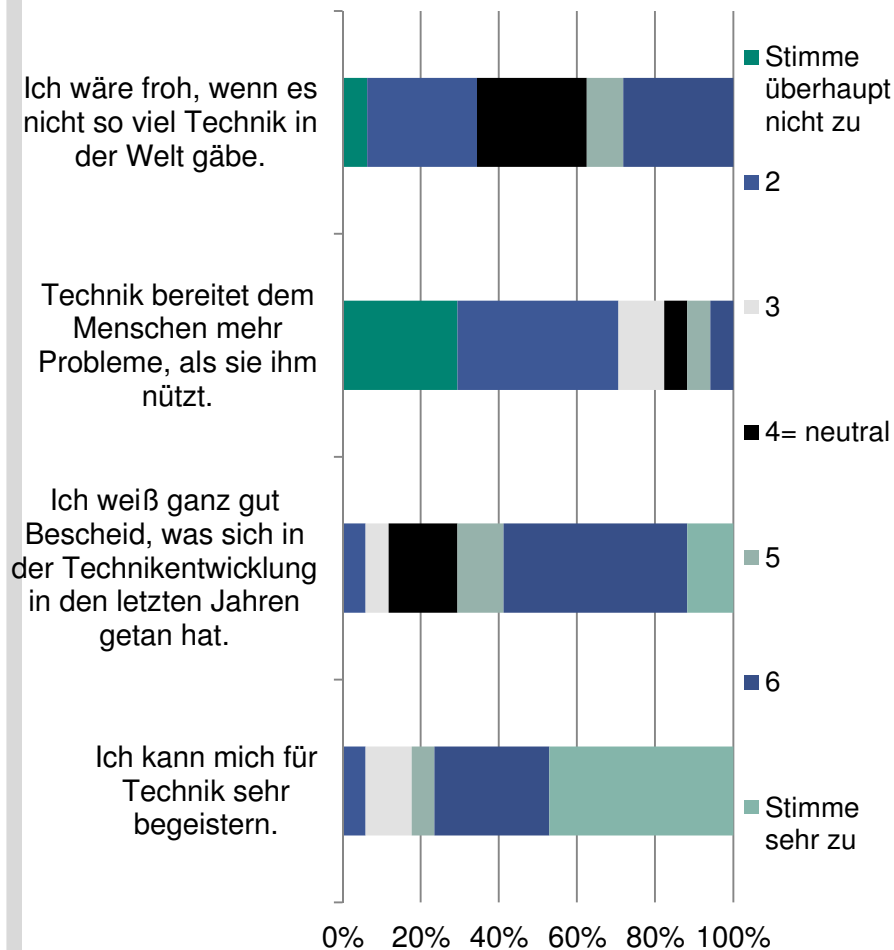
## 2 Phase 2: Intelligentes Lademanagement (ILM)

- Automatisierter Ladevorgang nach vorheriger Anmeldung
- Anmeldung der Ladevorgänge über Smartphone Anwendung
- Anzahl Ladevorgänge wurden auf Ladezeitkonto gesammelt (entspricht einem zusätzlichen Rabatt auf Ladestrom am Monatsende)



# Stichprobenbeschreibung

## Stichprobenbeschreibung



- 14 von 15 Haushalten nehmen an der Befragung teil (9 m / 5 w; 33-59 J.)
- Sieben „MeRegio“-Haushalte (variabler Haushaltsstromtarif)
- Vier Haushalte mit eigener PV-Anlage
- Wohnhaft im Eigentum außerhalb des Stadtzentrums
- Hohe Fahrzeugausstattung (mind. 2 Pkw);  $\frac{2}{3}$  haben Vorerfahrungen mit alternativ betriebenen Pkw
- 53% Akademiker mit hohem Einkommen
- Ökologisch-orientiert und technik-affin

# Agenda

- Methodische Vorgehensweise
- Ergebnisse
- Ausblick

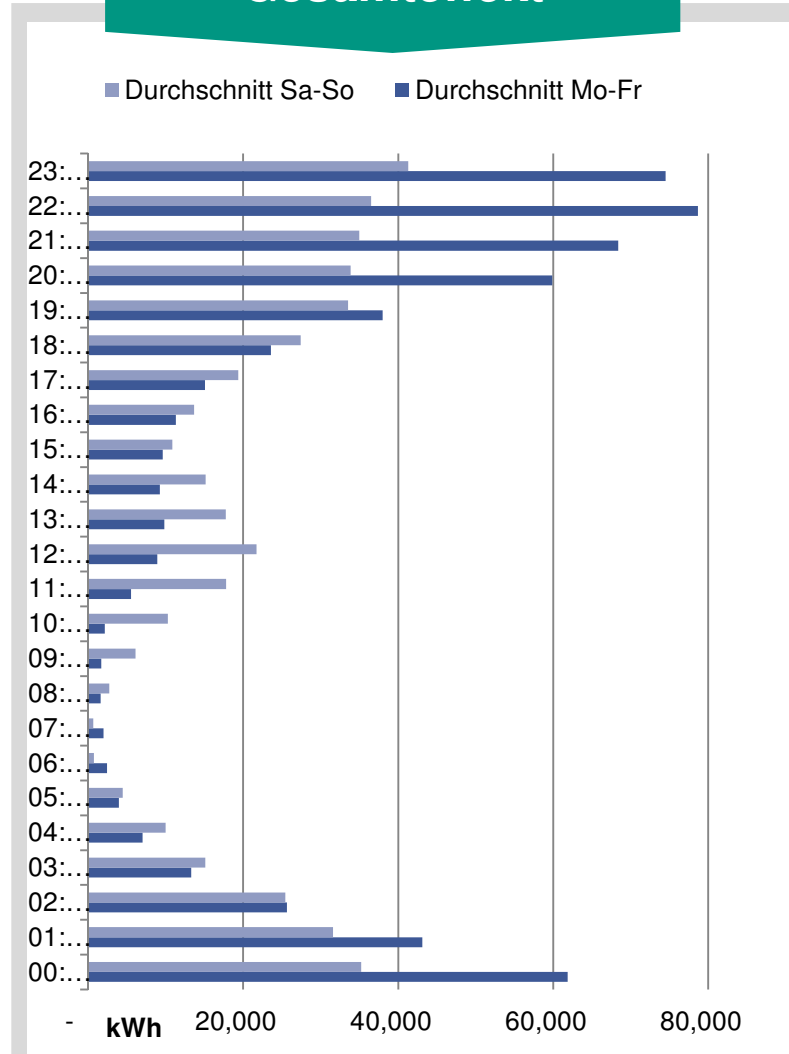
# Die E-Pkw wurden hauptsächlich nach der letzten Fahrt des Tages zu Hause geladen

## Gesamteffekt

Ladeverhalten

Ladestromtarif

Intelligentes Lade-  
management



- 85% der Ladevorgänge an der Wallbox (zu Hause)
- Durchschnittl. über 12 Stunden an der „eingesteckt“
- Haupt-Ladestrategie: Laden nach der letzten Fahrt des Tages (i.d.R. Heimfahrt von der Arbeit)
- Etwas mehr Flexibilität an den Wochenenden

# Die Bereitschaft zur Ladelastverlagerung ist vorhanden, der Stromtarif zeigt aber geringe Wirkung

## Wirkung Preisanreiz

Ladeverhalten

Ladestromtarif

Intelligentes  
Lade-  
management

- Generelle Bereitschaft zur Ladelastverlagerung vorhanden
- Vier Teilnehmer setzen diese nach eigenen Angaben auch um
- Zentrales Motiv liegt in der ökologischen Nachhaltigkeit
- Preisliche Motive spielen nur bei den „erfahrenen“ Teilnehmern eine Rolle
- Andere Anreize (bspw. Loyalty-Programme) finden keine Zustimmung
- Hauptbarrieren sind kognitiver Mehraufwand und Bequemlichkeit
- Eigenerzeugung überlagert preisliche Anreize
- Wunsch nach automatisierter Ladesäule bei allen Befragten

*„Ich gehe immer um 22.00 Uhr hinaus, um das Fahrzeug zu laden. Die Stromampel ist in 95 % aller Fälle dann grün.“*

*„Wenn ich schon so viel Geld für das Elektroauto ausbebe, dann kommt es jetzt auf ein paar Cent rauf oder runter auch nicht an.“*



# Die automatisierte Ladelösung erleichterte den Umgang mit dem zeitvariablen Ladestromtarif

## Umgang mit Automatik

Ladeverhalten

Ladestromtarif

Intelligentes  
Lade-  
management

- ILM erleichtert den Umgang mit Ladestromtarif
- Fixes Vergütungsmodell (für Standzeiten) leicht verständlich
- ILM erfordert aber zusätzliche „Handgriffe“ am Smartphone
- ILM wird aufgrund ökologischer Motive regelmäßig genutzt...
- ...allerdings auch regelmäßig überprüft – geringes Vertrauen in automatisierte Lösung
- „Angst“ um Lebensdauer der Batterie
- Wunsch nach Ladesäulen am Arbeitsplatz

*„Also RFID Karte dran heben, Ladeklappe wird freigemacht, ich muss den Mennekes Stecker rein, dann muss ich es am Fahrzeug auch noch haben, dann muss ich auch noch am iPhone irgendwelche Abfahrtsdaten eingeben, das wird dann vielleicht dem ein oder anderen einfach zu viel des Guten.“*

## Lessons Learned

- Lademöglichkeiten in den Haushalten von zentraler Bedeutung – gleichzeitig noch Ausbaupotenzial für Lademöglichkeiten am Arbeitsplatz
- Monetäre Anreize spielen eine untergeordnete Rolle bei der „Lade-Entscheidung“ – Tarife werden kaum berücksichtigt (müssen verstanden werden)
- Bereitschaft den Ladezeitpunkt zu variieren grundsätzlich bei allen vorhanden
- Ökologische Motive als Kerntreiber – bisherigen Erkenntnisse zeigen entgegengesetzte Motivation für den Umgang im Haushalt
- Alltagsroutinen wirken einschränkend und erfordern für E-Pkw – genauso wie im für bestimmte Haushaltsgeräte – automatisierte Lösungen
- Noch geringes Vertrauen in automatisierte Optionen aufgrund
  - Technik: Zuverlässigkeit der IKT
  - Batterie: Angst um Lebensdauer→ Kundensupport und aktive Kommunikation von zentraler Bedeutung
- Ladesteuerung darf die Kaufentscheidung für E-Pkw nicht negativ beeinflussen

# Agenda

- Methodische Vorgehensweise
- Ergebnisse
- Ausblick

# Ausblick auf weitere Untersuchungen in den kommenden Monaten



- Integrierte Betrachtung von Haushalt und Elektromobilität
- Test verschiedener Anreizsysteme (über zweistufigen Ladestromtarif hinaus) mit automatisierten Optionen
- Test mehrerer Ladestrategien (über zeitversetztes Laden hinaus)
- Experimentelles Umfeld im Smart Home

- Betrachtung einer anderen Zielgruppe
- Erweiterung um zweirädrige Elektrofahrzeuge (E-Bikes)
- Detaillierte Analyse des Mobilitätsverhaltens (mittels GPS)
- Ausloten von ausschöpfbaren „Lade“-Lastverschiebepotenzialen
- Feldversuch kleineren Umfangs (ca. 3 Monate)











# Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Alexandra-Gwyn Paetz  
Wissenschaftliche Mitarbeiterin  
Lehrstuhl für Energiewirtschaft  
+49 721 608 44669  
alexandra-gwyn.paetz@kit.edu

Prof. Dr. Wolf Fichtner  
Institutsleiter und Lehrstuhlinhaber  
Lehrstuhl für Energiewirtschaft  
+49 721 608 44460  
wolf.fichtner@kit.edu

INSTITUT FÜR INDUSTRIEBETRIEBSLEHRE UND INDUSTRIELLE PRODUKTION (IIP)  
Lehrstuhl für Energiewirtschaft (Prof. Fichtner)

