

EMPIRISCHE ERKENNTNISSE ZUR NACHFRAGE NACH LADEINFRASTRUKTUR UND OPTIONEN ZUR LÖSUNG DES REICHWEITENPROBLEMS

Prof. Martin Wietschel Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)



Berlin, 17. Mai 2018

Tagung „Bereitstellung der Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität – Handlungserfordernisse und Forschungsbedarf aus ökonomischer und juristischer Sicht“

Agenda

- Wer nutzt Elektrofahrzeuge (EV)?
- Wo laden Elektrofahrzeuge?
- Welche Optionen zur Reichweitenverlängerung gibt es und wie sind sie zu bewerten?
- Was ist aus einer energiewirtschaftlichen Perspektive zu sagen?
- Was lässt sich schlussfolgern?

Vorgestellt werden Erkenntnisse aus verschiedenen Forschungsprojekten des Fraunhofer ISI

Erstnutzer von EV weisen eine bestimmte Charakteristika auf

Charakteristika¹⁾:

- Mehr Männer und eher jünger
- Höheres Einkommen und Bildung
- Technikaffiner und umweltbewusster
- Haben mehr Kinder
- Längere Wege zur Arbeit
- Kommen eher aus einem kleinstädtischen bis ländlichen Umfeld
- Besitzen eher mehrere Pkws in der Familie
- Nutzen das EV häufig täglich

Ergebnis von Simulationsrechnungen: diese Gruppe weist (neben den gewerblichen Nutzern) auch aus wirtschaftlichen Überlegungen heraus die höchste Attraktivität auf und wird somit auch künftig wahrscheinlich weiter dominieren²⁾



Quellen:

1) Wietschel, M. et al. (2012): Kaufpotenzial für Elektrofahrzeuge bei sogenannten „Early Adoptern“. Studie für das BMWi. Fraunhofer ISI, IREES

Frenzel, I et al. (2015): Erstnutzer von Elektrofahrzeugen in Deutschland - Nutzerprofile, Anschaffung, Fahrzeugnutzung. DLR Institut für Verkehrsforschung,

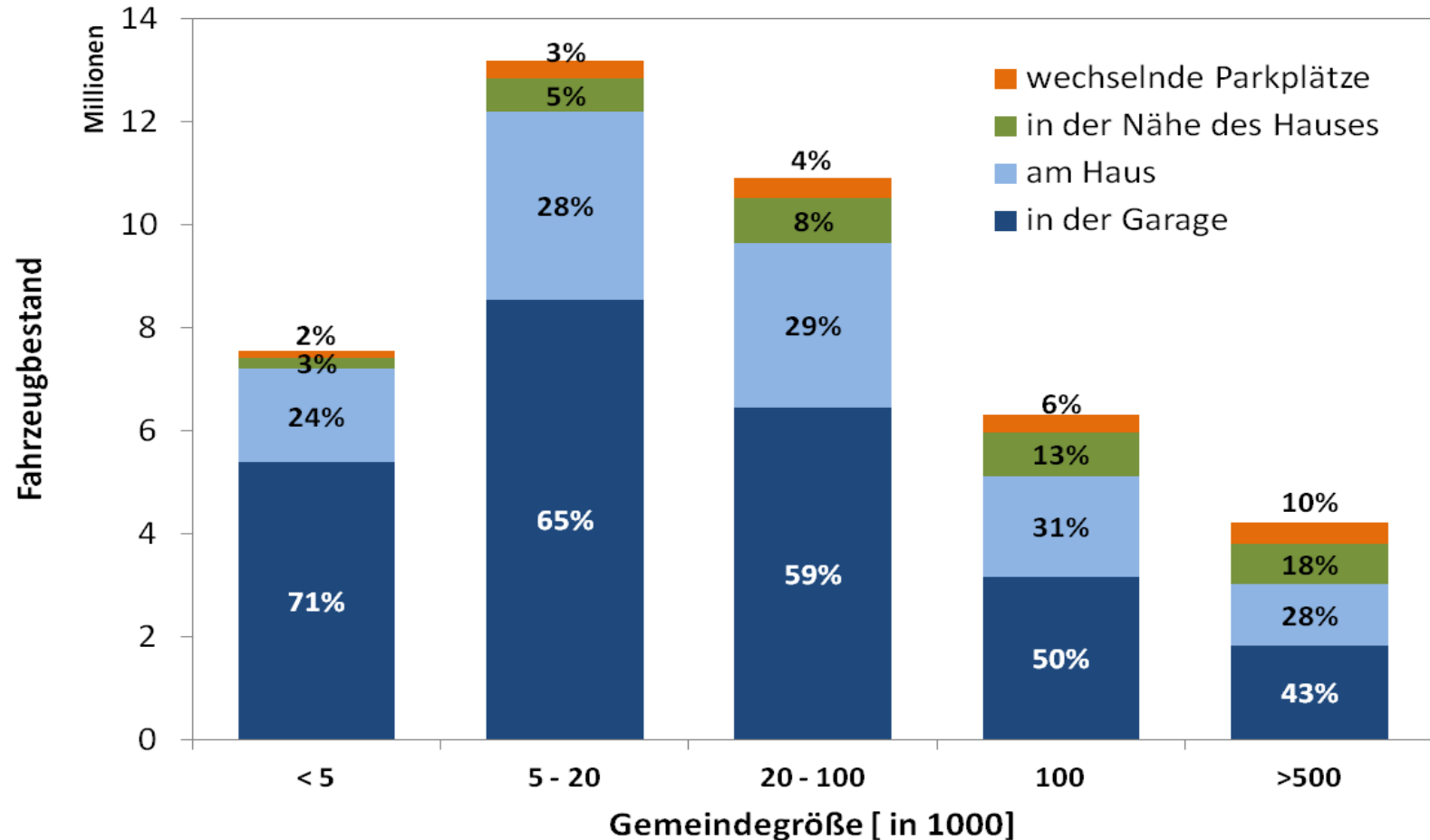
Figenbaum, E, Kolbenstvedt, M.(2016): Learning from Norwegian Battery Electric and Plug-in Hybrid Vehicle users – Results from a survey of vehicle owners. TØI Report 1492/2016

2) Gnann, T. (2015): Market diffusion of plug-in electric vehicles and their charging infrastructure. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.

Wietschel, M.; Plötz, P.; Kühn, A.; Gnann, T. (2013): Markthochlaufsenarien für Elektrofahrzeuge – Kurzfassung. Studie im Auftrag der acatech und der nationalen Plattform Elektromobilität. Karlsruhe: Fraunhofer ISI

Die Mehrzahl der Pkw-Nutzer hat eine Garage/Stellplatz und wohnt außerhalb der Großstädte

Fahrzeugbestand und Anteil der Stellplätze von Fahrzeugen über Nacht nach Gemeindegröße.

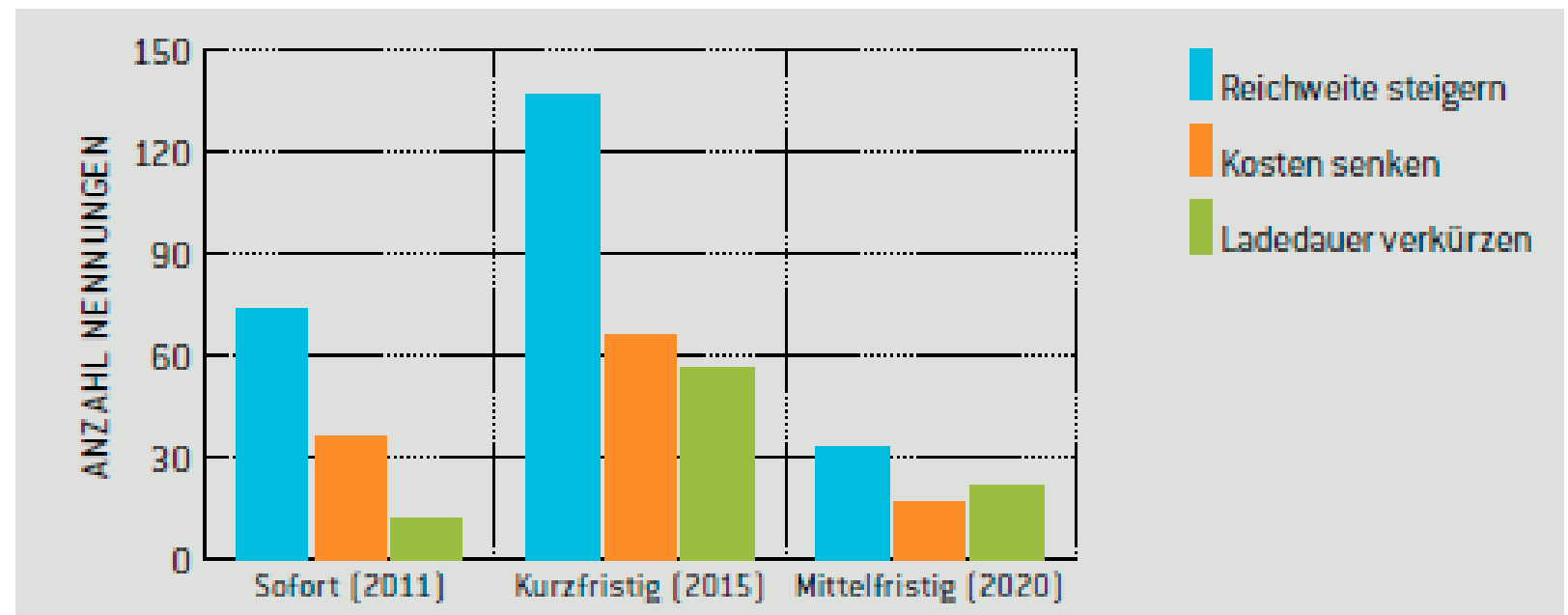


Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus MiD 2002. Die Kategorie "unbekannt / keine Angabe" ist aufgrund von Werten unter einem Prozent nicht dargestellt.

Reichweite und Ladedauer sind Hemmnisse für die Akzeptanz von Elektrofahrzeugen

- Befragungsergebnisse von Privatanutzern
 - Eher mittelmäßige Bewertung von EV bei vielseitiger und flexibler Nutzung von Elektrofahrzeugen (Reichweite, Ladedauer, Transportkapazität)

Antworten von EV-Nutzern auf die Frage: Waskann aus ihrer Sicht an ihren Elektrofahrzeugen verbessert werden, um sie attraktiver zu machen?



Abbildungsquelle: Dütschke, E. et al. (2012): Roadmap zur Kundenakzeptanz – Zentrale Ergebnisse der sozialwissenschaftlichen Begleitforschung in den Modellregionen. Studie für das BMVi und NOW. Fraunhofer ISI

Agenda

- Wer nutzt Elektrofahrzeuge (EV)?
- **Wo laden Elektrofahrzeuge?**
- Welche Optionen zur Reichweitenverlängerung gibt es und wie sind sie zu bewerten?
- Was ist aus einer energiewirtschaftlichen Perspektive zu sagen?
- Was lässt sich schlussfolgern?

Erstnutzer von EV laden überwiegend zu Hause, öffentliches Schnellladen wird aber für die Akzeptanz benötigt

Empirische Erhebung zu Ladeverhalten von EV-Erstnutzern¹⁾:

- Überwiegend zu Hause (50-80% der Ladevorgänge)
- Teilweise bei der Arbeit (15-25% der Ladevorgänge)
- Selten öffentlich und Schnellladen fast nur bei außergewöhnlichen Fahrten (ca. 5% der Ladevorgänge)



- Umfragen zeigen¹⁾:
 - Der Zugang zu Lademöglichkeit am Haus hat den größten Einfluss auf die Kaufentscheidung
- Simulationen zur Fahrtenabdeckung zeigen:
 - Niedrige Ladeleistungen (3,7 KW) am Haus reichen aus
- Auswertungen von Fahrprofilen in Deutschland zeigen³⁾:
- Durchschnitt von Fahrten (Privat-Pkw) über 100 km: 10 mal pro Jahr
- Erhebungen zeigen:
 - Öffentliche Ladeinfrastruktur ist notwendig für die generelle Bereitschaft zum Kauf von EV¹⁾
 - Einen Wunsch nach Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur besteht²⁾
 - Vorhandene öffentliche Ladeinfrastruktur erhöht die jährliche elektrische Fahrleistung¹⁾

Quellen

1) Hardmann, S. et al. (2018): A review of consumer preferences of and interactions with electric vehicle charging infrastructure. In Transport Reserach Part D. (2018), 508 -523. Dort werden

Ergebnisse von verschiedenen Erhebungen zusammengefasst

2) Gnani, T.; Plötz, P.; Globisch, J.; Schneider, U.; Dütschke, E.; Funke, S. Wietschel, M.; Jochem, P.; Heilig, Mi.; Kagerbauer, M.; Reuter-Oppermann, M. (2017): Öffentliche Ladeinfrastruktur

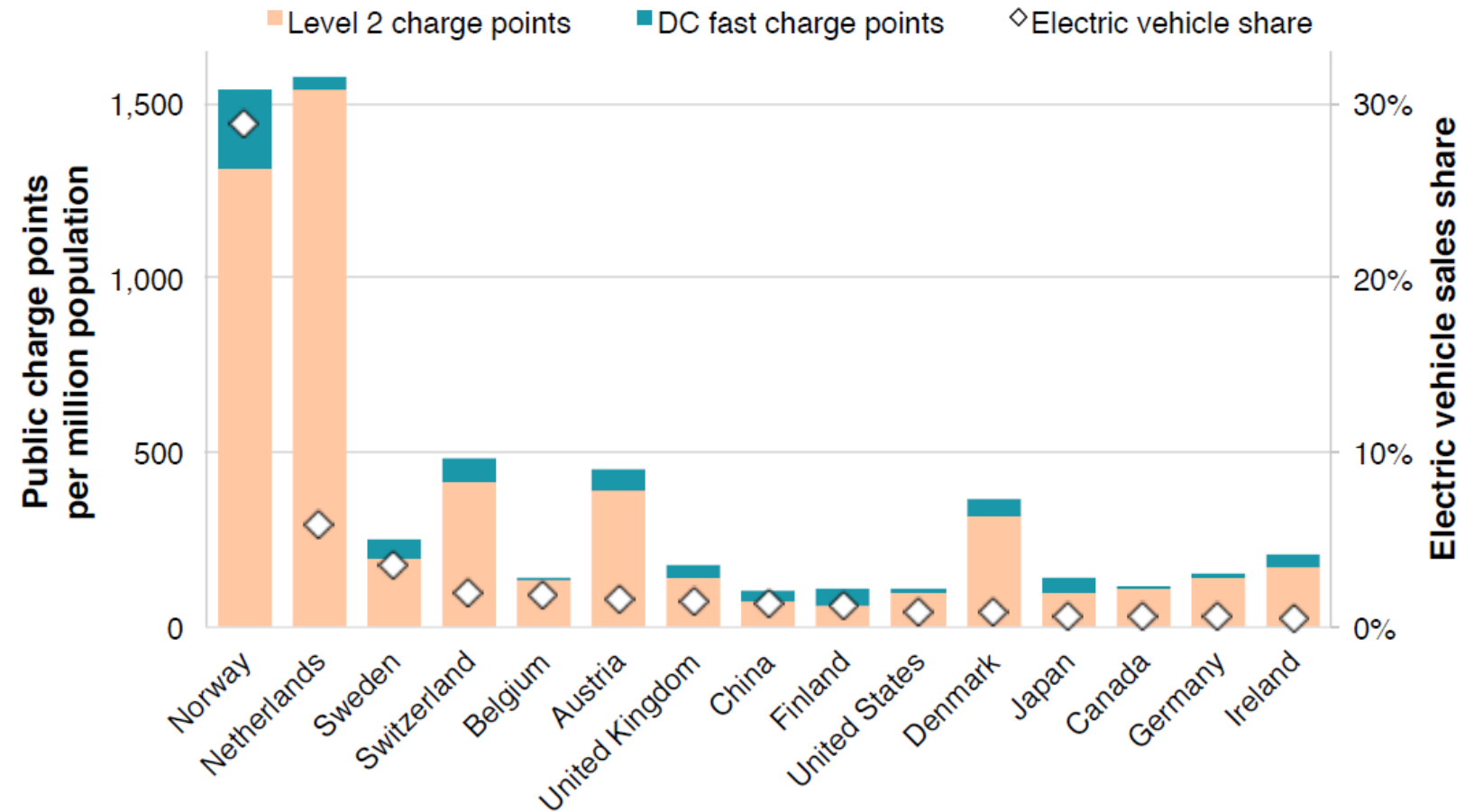
für Elektrofahrzeuge. Ergebnisse der Profiregion Mobilitätssysteme Karlsruhe. Fraunhofer-ISI Karlsruhe

3) Funke, S.Á. (2018) Techno-ökonomische Gesamtbewertung heterogener Maßnahmen zur Verlängerung der Tagesreichweite von batterieelektrischen Fahrzeugen. Dissertation, Universität Kassel. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hebis:34-2018041155288>

Viele Einflussfaktoren beeinflussen den Markterfolg von EV, die öffentliche Ladeinfrastruktur ist eine davon

Öffentliche Ladeinfrastruktur in Relation zum Verkauf von Elektrofahrzeugen

- Öffentliche Ladeinfrastruktur:
 - Beeinflusst die EV-Marktdurchdringung positiv, aber mit großer Bandbreite zwischen den Ländern
 - Fehlende Interoperabilität und mangelnde Preistransparenz gelten als mögliche Barrieren der Nutzung¹⁾
 - Hohe Nutzungskosten reduzieren die Anzahl der Ladevorgänge

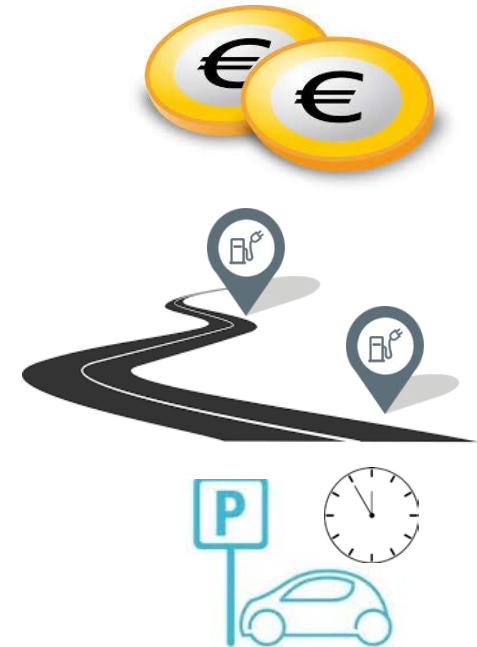


1) Quelle: Hardmann, S. et al. (2018): A review of consumer preferences of and interactions with electric vehicle charging infrastructure. In Transport Research Part D. (2018), 508 -523.

Abbildungsquelle: Hall, D. Lutsey, N. (2017): Global Assessment of Charging Infrastructure Deployment. EVS30 Symposium Stuttgart

Erfragte Mehrpreisbereitschaften für öffentliches Schnellladen sind eher gering

- Ergebnisse einer Umfrage zur Zahlungsbereitschaft (Grundgebühr) für öffentliches Schnellladen¹⁾:
 - Im Durchschnitt nur eine geringe Zahlungsbereitschaft
 - Für Erstnutzern von EV sowie für junge, sehr technikaffine und umweltbewusste Frauen existiert eine höhere Zahlungsbereitschaft
 - Die Ladedauer hat den größten Einfluss auf die Attraktivität für öffentliches Schnellladen
 - Die Existenz von Schnellladeoptionen ist wichtig für die generell Akzeptanz von EV
- Auch in Praxisprojekten mit Umstellung von freies auf bezahltes Laden zeigt sich ein Einbruch der Nutzerzahlen von öffentlichem Laden²⁾



Quellen:

1) Globisch, J.; Plötz, P.; Dütschke, E.; Wietschel, M. (im Erscheinen): Consumer evaluation of public charging infrastructure for electric vehicles. Journal of Energy Challenges and Mechanics. für Auswertung Stuttgart: Ergebnisse des Projekts „Masterplan Schnellladeinfrastruktur Stuttgart“, nach Gnann et al. (2017);

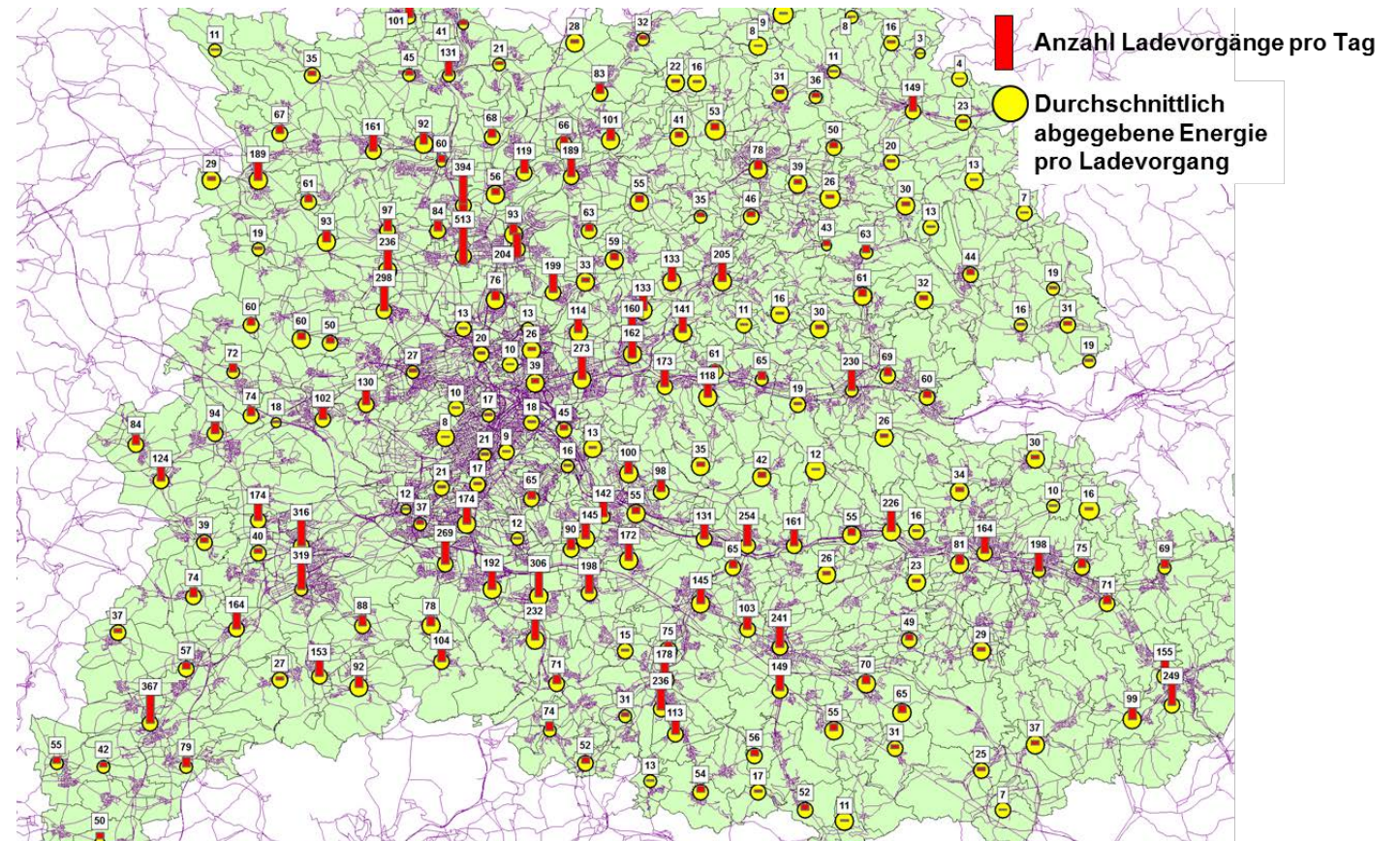
2) Gnann, T.; Plötz, P.; Globisch, J.; Schneider, U.; Dütschke, E.; Funke, S. Wietschel, M.; Jochem, P.; Heilig, Mi.; Kagerbauer, M.; Reuter-Oppermann, M. (2017): Öffentliche Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge. Ergebnisse der Profilergebnregion Mobilitätssysteme Karlsruhe. Fraunhofer-ISI Karlsruhe

Bei rein bedarfsorientierten Analysen: Notwendige Anzahl an Schnellladestationen ist überschaubar

*Anzahl Ladevorgänge je Standort in der Region Stuttgart
Szenario 300 000 BEV– für eine Erreichbarkeit von fünf Minuten*

Beispielsimulation

- Region Stuttgart (2,7 Mio. Einwohnern):
 - Bei 5-Minuten Erreichbarkeit: 218 Schnellladestandorte
 - Bei 10 Minuten Erreichbarkeit: 60 Schnellladestandorte
- Bei Bestand von 200.000 Batteriefahrzeugen:
 - Vier Schnellladepunkte pro Standort bei mittlere Wartezeit von maximal fünf Minuten

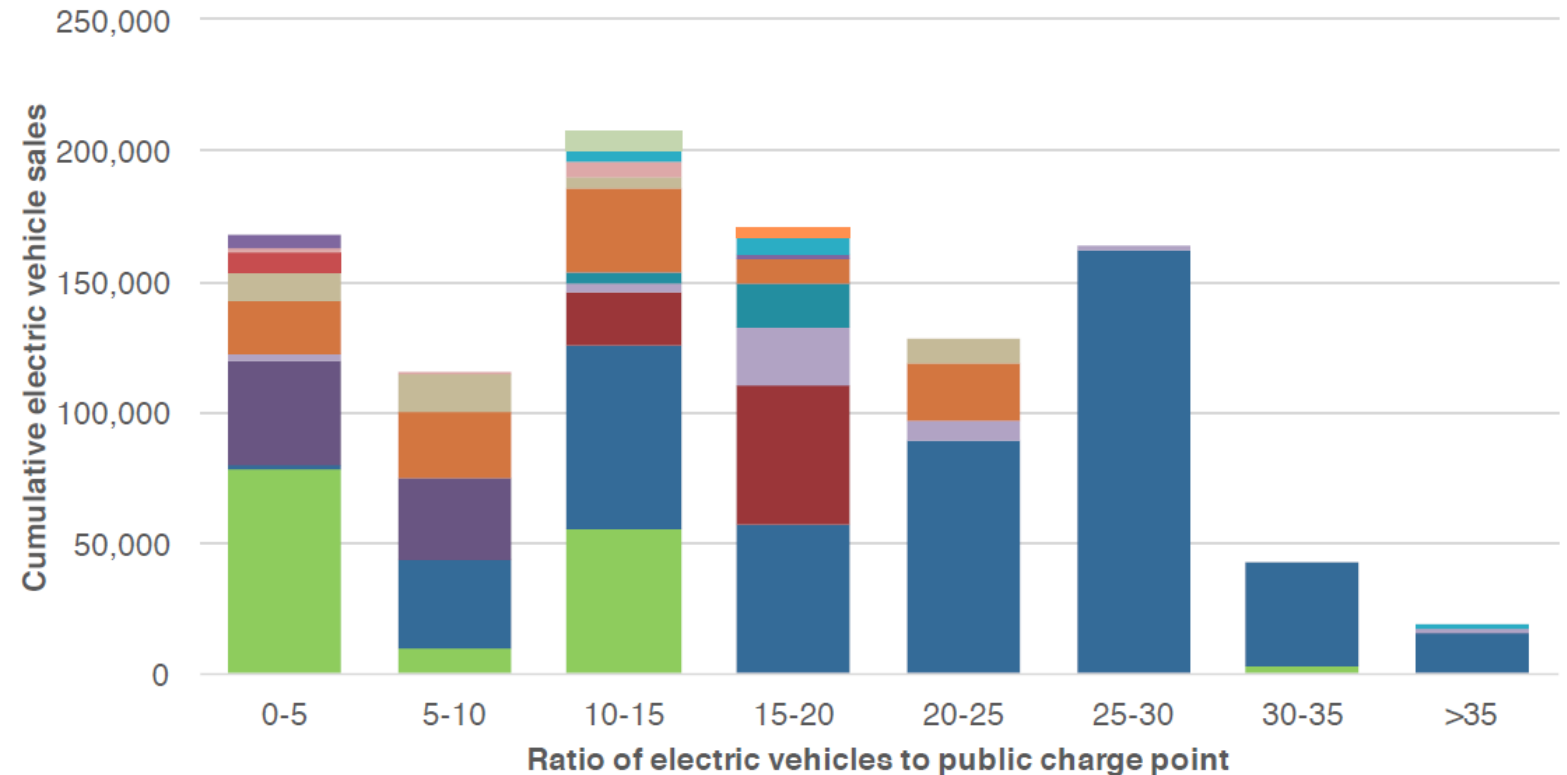


Quelle: für Auswertung Stuttgart: Ergebnisse des Projekts „Masterplan Schnellladeinfrastruktur Stuttgart“, nach Gnann et al. (2017); Gnann, T.; Plötz, P.; Globisch, J.; Schneider, U.; Dütschke, E.; Funke, S. Wietschel, M.; Jochem, P.; Heilig, Mi.; Kagerbauer, M.; Reuter-Oppermann, M. (2017): Öffentliche Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge. Ergebnisse der Profilerregion Mobilitätssysteme Karlsruhe. Fraunhofer-ISI Karlsruhe

Sowie vergleichbare Ergebnisse zusammengefasst in: Hardmann, S. et al. (2018): A review of consumer preferences of and interactions with electric vehicle charging infrastructure. In Transport Research Part D. (2018), 508 -523.

Öffentliche Ladeinfrastruktur in Ballungszentren wirkt sich nur bedingt auf die Marktpenetration von EV aus

Verschiedene Ballungszentren in:



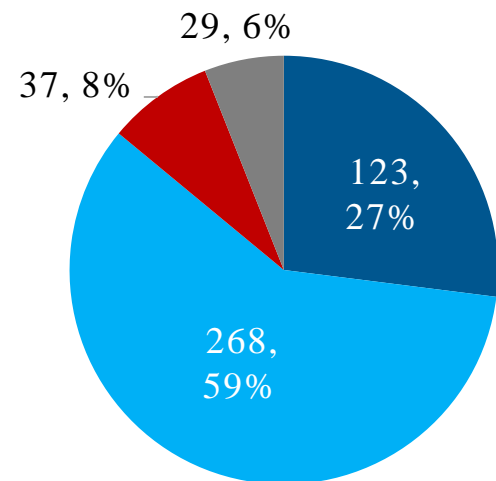
EV Marktpenetration im Verhältnis von EV Anzahl zu öffentlichen Ladepunkten

- Länderspezifika wie Möglichkeiten zum Laden zu Hause sind zu berücksichtigen

Kommunen sollten deutlich stärker eine Strategie zum Aufbau der Ladeinfrastruktur entwickeln

Ergebnisse einer Kommunenbefragung in Deutschland

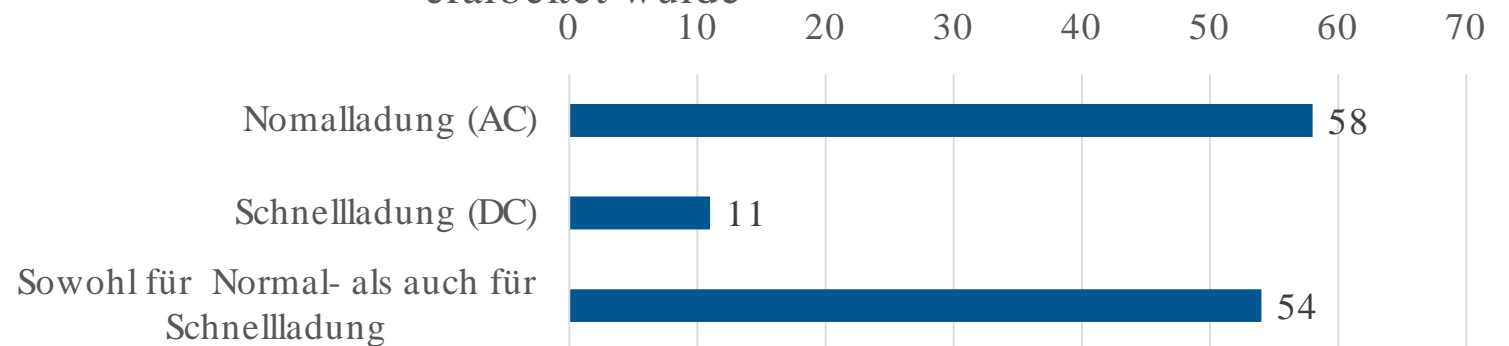
Kommunen mit LIS



- 86 % der Kommunen haben LIS

- LIS-Strategie und Ausbau
- LIS-Ausbau ohne Strategie
- nur LIS-Strategie ohne Ausbau
- keine LIS-Strategie oder Ausbau

Arten von LIS, für die eine Strategie/Bedarfsabschätzung erarbeitet wurde



Quelle Fraunhofer ISI: Städtebefragung, Förderprogramm Elektromobilität vor Ort, Begleitforschung Vernetzte Mobilität

Agenda

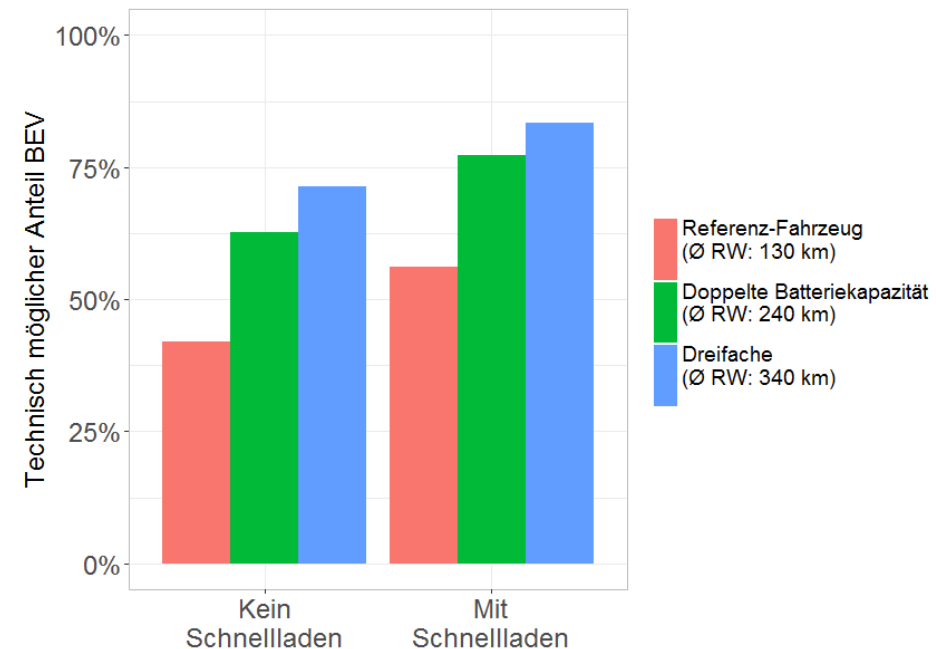
- Wer nutzt Elektrofahrzeuge (EV)?
- Wo laden Elektrofahrzeuge?
- **Welche Optionen zur Reichweitenverlängerung gibt es und wie sind sie zu bewerten?**
- Was ist aus einer energiewirtschaftlichen Perspektive zu sagen?
- Was lässt sich schlussfolgern?

Zur Erhöhung der BEV-Nutzung kann man in höhere Batteriekapazitäten oder in Schnellladeinfrastruktur investieren

Optionen zur Lösung des Reichweitenproblems

- Erhöhung Batteriekapazität
 - Fahrzeugseitige Maßnahme
 - Hohe Batteriekosten
 - Erhöhung des Fahrzeuggewichts
- Ausbau öffentliche Ladeinfrastruktur
 - Öffentliche Maßnahme
 - Anfänglich nicht ausgelastet
 - Bedarf muss quantifiziert werden
- Senkung Fahrenergiebedarf
 - Fahrzeugseitige Maßnahmen
 - Aerodynamik, Gewicht etc.
 - Als Effizienzmaßnahme interessant, nicht für Reichweitenproblematik
 - Daher nicht gezeigt

Auswirkungen der Batteriekapazität und von Schnellladen auf BEV-Nutzungsmöglichkeiten (BEV: Rein batterieelektrische Fahrzeuge)



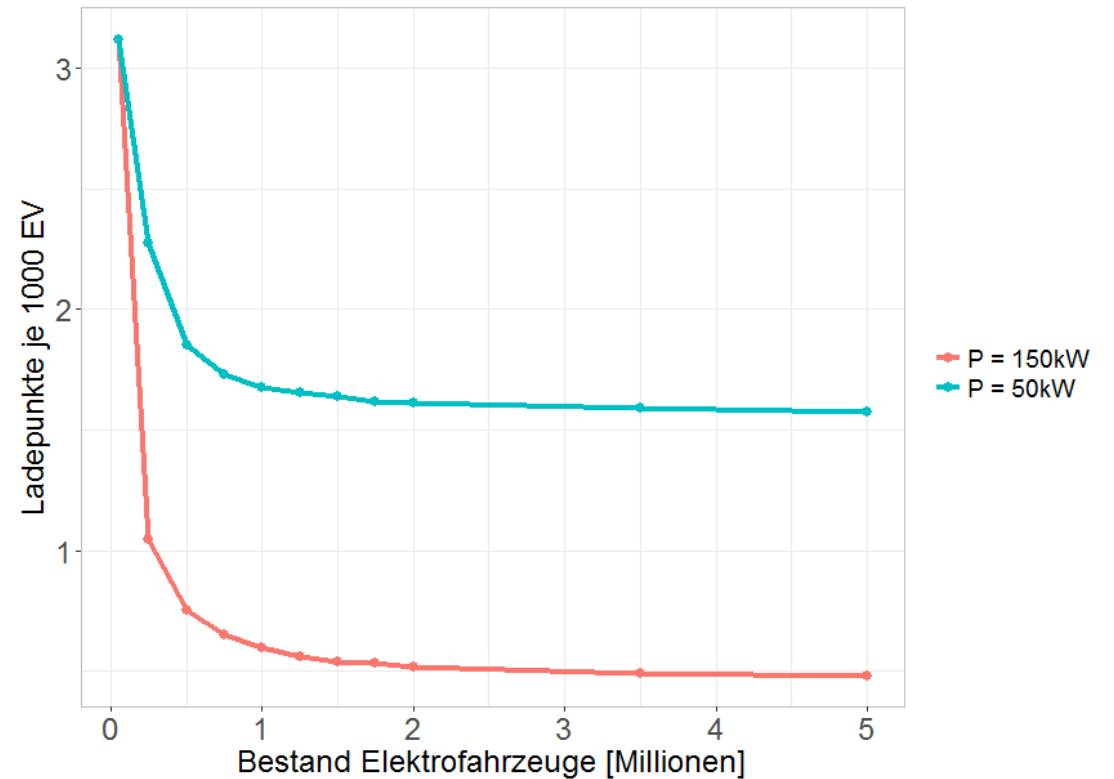
Betrachtung des Wirtschaftsverkehrs mit hohen Anforderungen

Quelle: Funke, S.Á. (2018) Techno-ökonomische Gesamtbewertung heterogener Maßnahmen zur Verlängerung der Tagesreichweite von batterieelektrischen Fahrzeugen. Dissertation, Universität Kassel. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hebis:34-2018041155288>

Auch diese Analysen zeigen: Bedarf an Schnell-ladeinfrastruktur in Deutschland insgesamt überschaubar

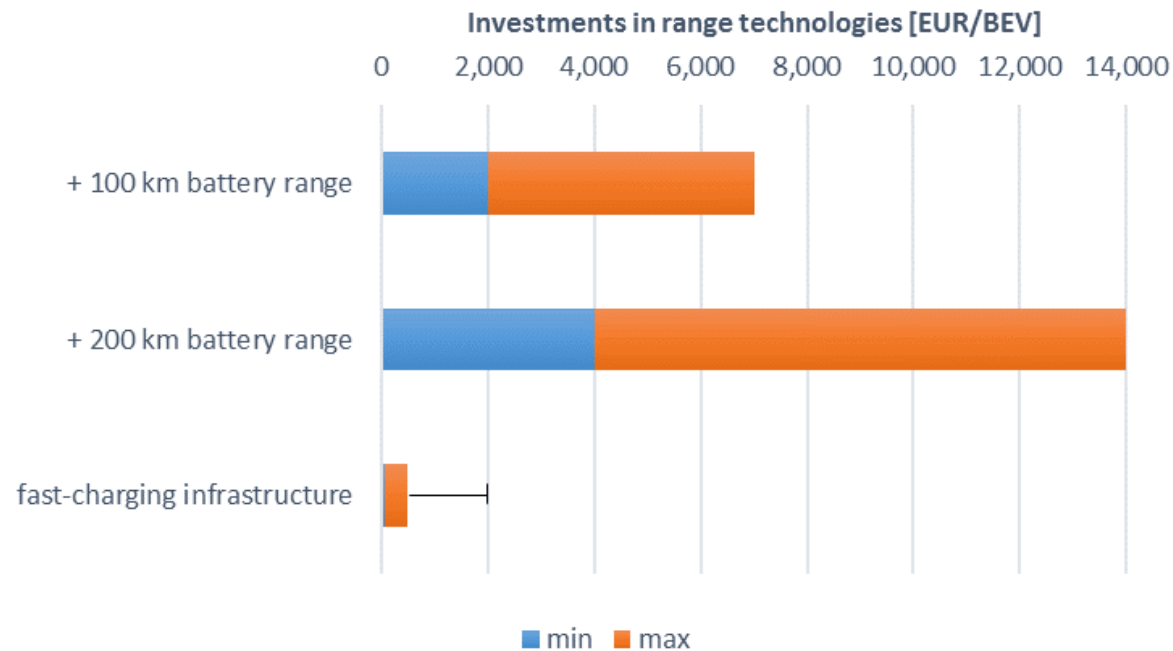
- Sehr geringe spezifische Infrastrukturbedarfe von <math><1</math> Ladepunkt je 1.000 EV möglich bei sehr optimistischen Annahmen
- Aktuelle Situation in Deutschland: ca. 30 Ladepunkte je 1.000 BEV (IEA,2017)
- Ladeinfrastruktur mit hohen Ladeleistungen sind mittelfristig günstiger

Ladepunkte in Verhältnis zum Bestand



Die Investition in Ladeinfrastruktur ist günstiger als die Investition in Batteriekapazitäten

Vergleich der Investitionen

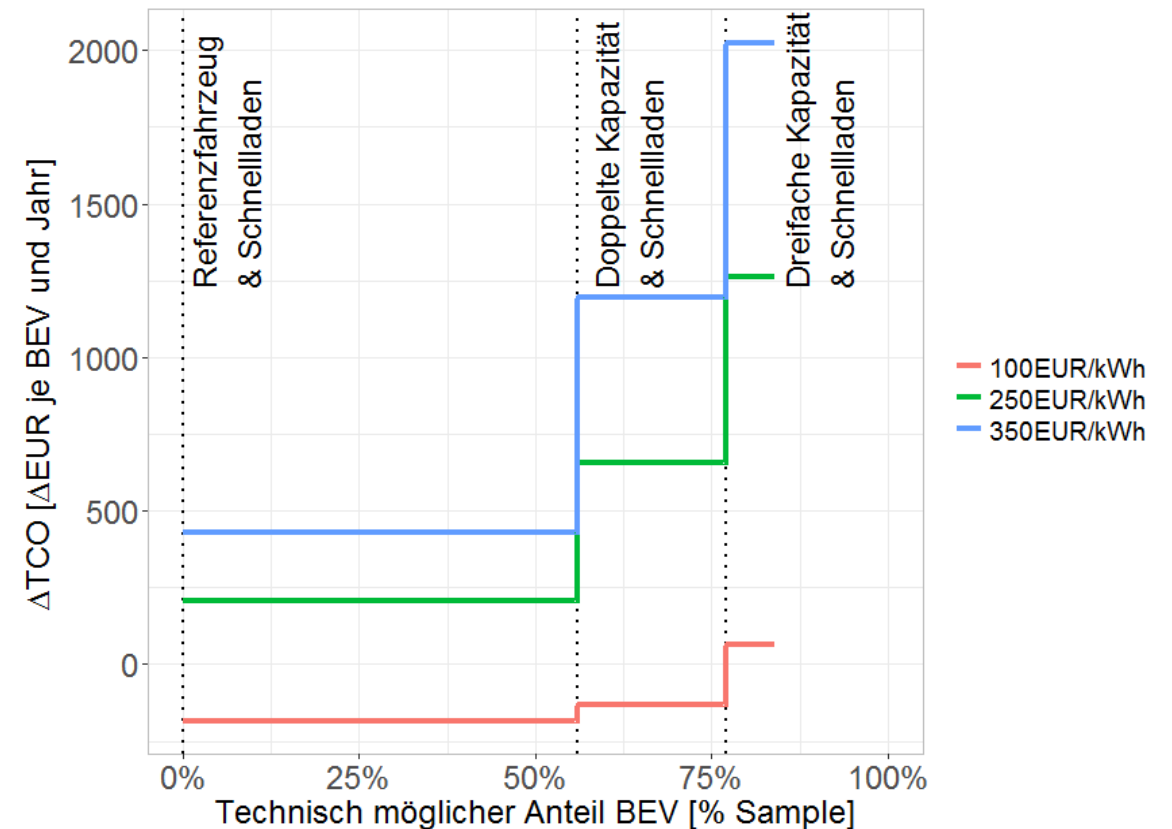


- Spezifische Investitionen in Schnellladeinfrastruktur gering, auch bei heutiger Situation
- Investitionen in größere Batteriekapazitäten mittelfristig vergleichsweise sehr hoch

Die Investition in Ladeinfrastruktur lässt sich auch als Geschäftsmodell darstellen (bei bedarfsoptimierten Aufbau)

*Differenz-Total Cost of Ownership (TCO)
von einem BEV zu einem
zu konventionellen Fahrzeug*

- Schnellladen immer Teil der kostenoptimalen Lösung
 - Aufpreis auf Strom von 4-15 ct je kWh für wirtschaftlichen Betrieb von Schnellladeinfrastruktur ausreichend (je nach Ladeleistung)
 - Bei einer durchschn. Auslastung von 13% bis 28%
- Batteriekapazitäten von ca. 50 kWh für viele Nutzer ausreichend



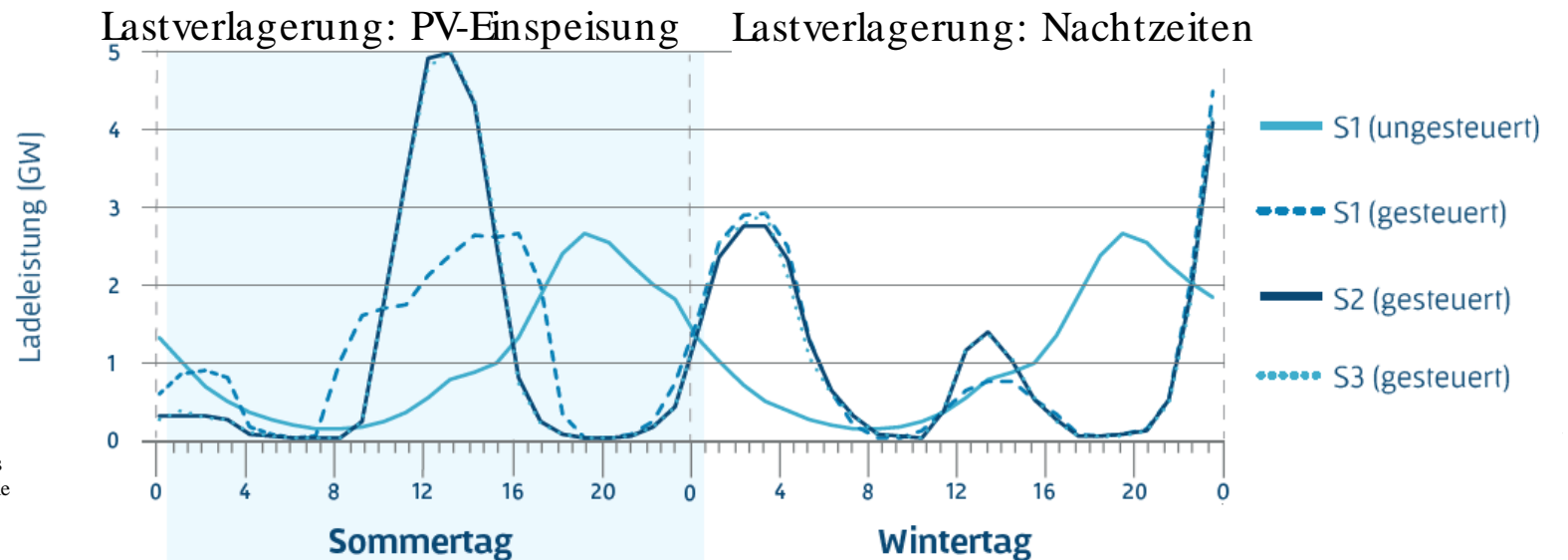
Agenda

- Wer nutzt Elektrofahrzeuge (EV)?
- Wo laden Elektrofahrzeuge?
- Welche Optionen zur Reichweitenverlängerung gibt es und wie sind sie zu bewerten?
- **Was ist aus einer energiewirtschaftlichen Perspektive zu sagen?**
- Was lässt sich schlussfolgern?

Eine intelligente Ladeinfrastruktur zu Hause und am Arbeitsplatz ist sinnvoll

Strombedarf von Elektrofahrzeugen an einem Dienstag im Sommer und Winter bei ungesteuertem und gesteuertem Laden

- Szenario S1: Nur Ladeinfrastruktur zu Hause (oder gewerbliche Fahrzeuge am Firmenstandort)
- Szenario S2: Privatanutzern zusätzlich Lademöglichkeiten bei der Arbeit (3,7 kW)
- Szenario S3: zusätzlich öffentliche Ladesäulen (3,7 kW)



Agenda

- Wer nutzt Elektrofahrzeuge (EV)?
- Wo laden Elektrofahrzeuge?
- Welche Optionen zur Reichweitenverlängerung gibt es und wie sind sie zu bewerten?
- Was ist aus einer energiewirtschaftlichen Perspektive zu sagen?
- **Was lässt sich schlussfolgern?**

Was lässt sich schlussfolgern?

- Die Leute laden heute und künftig überwiegend zu Hause und am Arbeitsplatz, künftig ergänzt durch halböffentlichen Bereich
- Eine **intelligente** Ladeinfrastruktur sollte hier aufgebaut werden (ökonomisch wie ökologisch sinnvoll)
- Eine öffentliche Schnellladeinfrastruktur ist eine notwendige (Akzeptanz) und sinnvolle (elektrische Reichweite) Ergänzung des Ladeangebots
- Und bei entsprechender Auslastung auch als Geschäftsmodell darstellbar
- Rein bedarfsorientiert ist die notwendige Anzahl an öffentlicher Schnellladeinfrastruktur überschaubar
 - Allerdings zeigen Nutzerwünsche höheren Bedarf
 - Aber die Zahlungsbereitschaft ist derzeit niedrig
 - Der Einfluss des Komforts ist zu beachten (wenig Wissen hier vorhanden)
- Rein ökonomisch ist der Ausbau der öffentlichen Schnellladeinfrastruktur günstiger als die Ausdehnung der Batteriekapazität oder von Effizienzmaßnahmen (auch hier stellt sich Komfortfrage)
- Öffentliches Langsamladen (Laternenparker) ist wirtschaftlich nicht sinnvoll (teuer, fehlendes Geschäftsmodell), ökologisch wenig zielführend und in der jetzigen Marktpenetrationsphase nicht notwendig – Kommunen haben hier Beratungsbedarf