

Langstreckenelektromobilität in Ballungsräumen - mit 500 Testfahrern in der Metropolregion Rhein-Ruhr -

- 14. Symposium Energieinnovation -

10.02.2016 - 12.02.2016

Prof. Dr.-Ing. Constantinos Sourkounis
Philip Dost, Philipp Spichartz

Institut für Energiesystemtechnik und Leistungsmechatronik
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
Ruhr-Universität Bochum



- Projektüberblick “Langstrecken-Elektromobilität”
- Nutzung von Elektrofahrzeugen im Langstreckeneinsatz
- Einflussfaktoren auf den Energieverbrauch
- Ladeverhalten



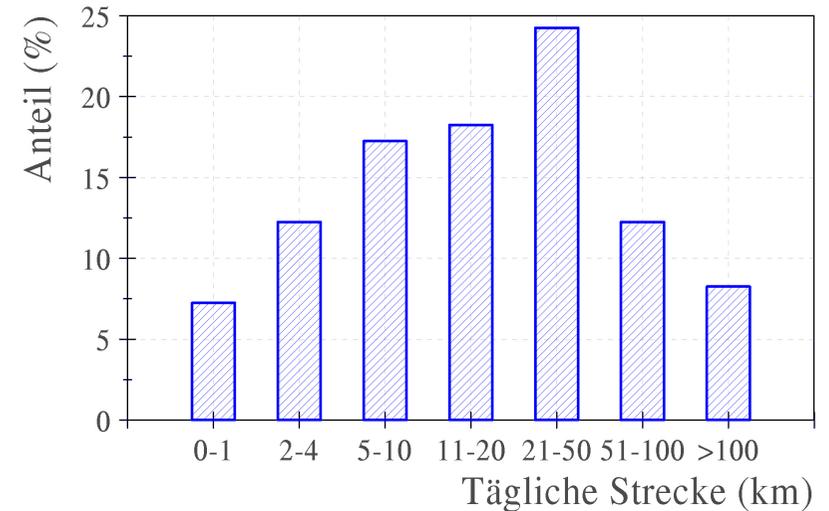
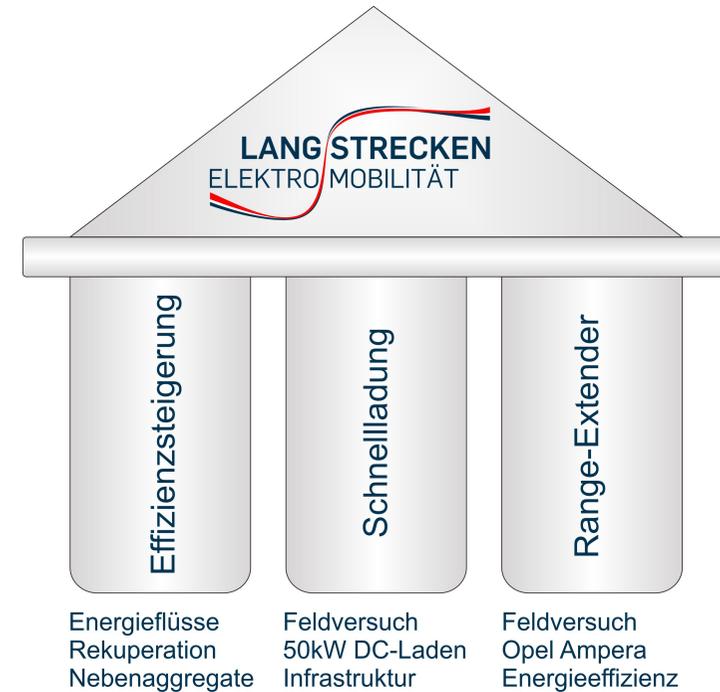
Gefördert durch:



Koordiniert durch:



- **Gegenüberstellung**
 - ▶ Schnellladefähige Fahrzeuge
 - ▶ Range- Extender-Technologie
- **Feldtest**
 - ▶ 350 Mittel- und Langstreckenpendler
 - ▶ Einsatz in Dienstleistungsbetrieben
- **Auswertekriterien**
 - ▶ Akzeptanz
 - ▶ Energieverbrauch
- **Energieeffizienz**
 - ▶ Erforschung von Verbesserungspotenzialen
 - ▶ Ansätze zur Anpassung zukünftiger Entwicklungen an Kundenbedürfnisse



Durchschnittliche Tagesfahrleistung in Deutschland (2002)

- Ruhr-Universität Bochum
- Adam Opel AG
- Delphi Deutschland GmbH
- Franz Rüschkamp GmbH & Co. KG
- GLS Gemeinschaftsbank eG
- Stadtwerke Bochum Holding GmbH
- USB Bochum GmbH
- BP Europe SE/Aral (assoziiert)



Wir leben Autos.



- Fahrzeugflotte
 - ▶ 9 E-Fahrzeuge mit Range-Extender (EREVs)
 - ▶ 10 E-Fahrzeuge mit CHAdeMO-Schnellademöglichkeit (BEVs)
 - ▶ 5 E-Fahrzeuge mit Normalaufladung
- Messtechnische Ausstattung der Fahrzeuge
 - ▶ Sensoren (Ströme, Spannungen, Temperaturen, Drehzahlen, Benzinverbrauch)
 - ▶ GPS-Empfänger
 - ▶ Weitere Fahrzeugsignale
 - ▶ Datenlogger
- Auswahl der Testpersonen
 - ▶ Tagesstrecken von 50 bis 150 km (Schwerpunkt Mittel- und Langstreckenpendler)
 - ▶ Möglichst Schnellademöglichkeit auf oder in der Nähe der täglichen Route
 - ▶ Realitätsnaher Schnitt durch die Gesellschaft (Alter, Beruf, Frauen-/Männeranteil 50 %)
- Fahrzeugvergabe an der Ruhr-Universität Bochum
 - ▶ Testzeitraum für jede Testperson mindestens eine Woche
 - ▶ Direkte Gegenüberstellung der Technologien bei einem Großteil der Testpersonen

- BEVs



- EREVs

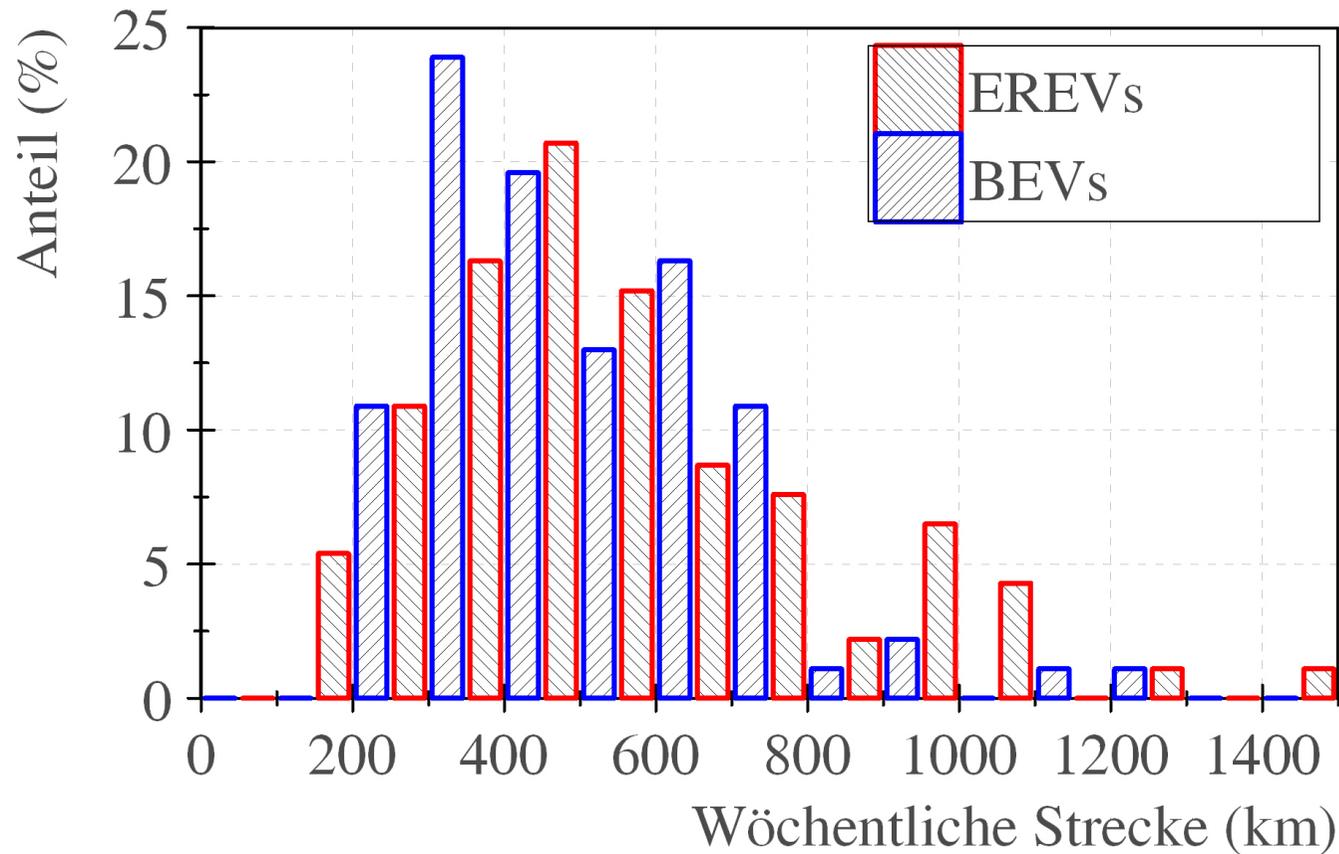


- Laufleistung der Fahrzeuge im Projekt: 785.000 km
- Haupteinsatzgebiet Großraum Ruhrgebiet
(Ein Fahrzeug der GLS Bank zeitweise in Berlin und München)
- Mit Range-Extender auch längere Fahrten uneingeschränkt möglich

- Fahrprofile
 - Ermittlung des tatsächlichen Reichweitenbedarfs
 - Beurteilung einer sinnvollen Antriebsstrang- und Batterieauslegung

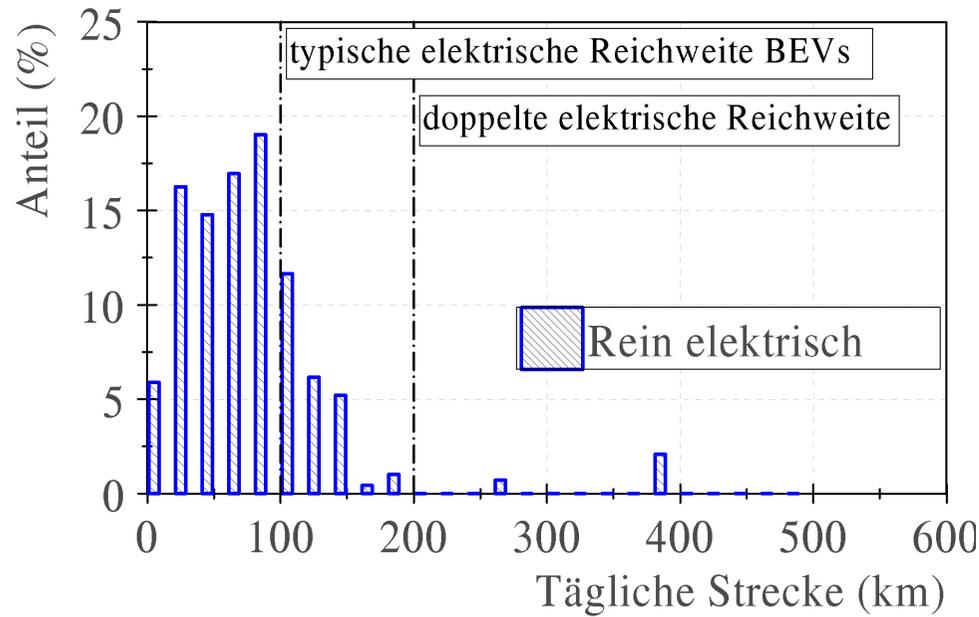
- Energieverbrauch
 - Saisonaler Einfluss
 - Einfluss der Nebenaggregate und der Rekuperation
 - Unterschiede beim Nutzerverhalten je nach Fahrzeugtyp
 - Fahrweise
 - Nutzung von Komfortfunktionen

- Ladeverhalten
 - Ladezeiten, Netzbelastung
 - Nutzung der Schnellladung
 - Einfluss des Range-Extenders auf das Ladeverhalten
 - Ausnutzung der gesamten Batteriekapazität

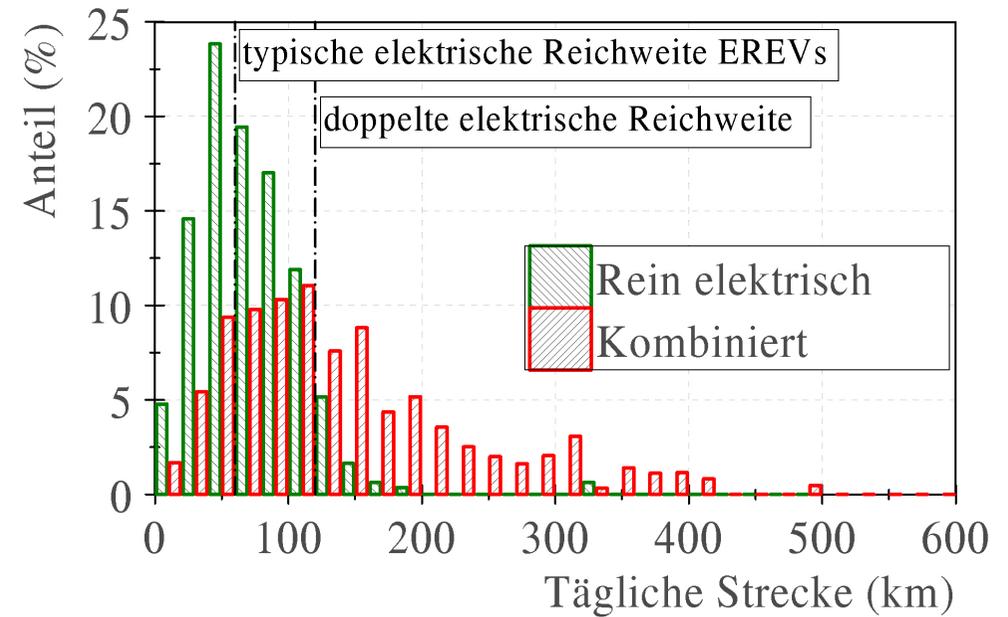


- Aufeinanderfolgende Nutzung von BEV und EREV für je eine Woche
- Direkte Gegenüberstellung durch Fahrzeugwechsel
- Ähnlicher Fahrzeugeinsatz

• BEVs

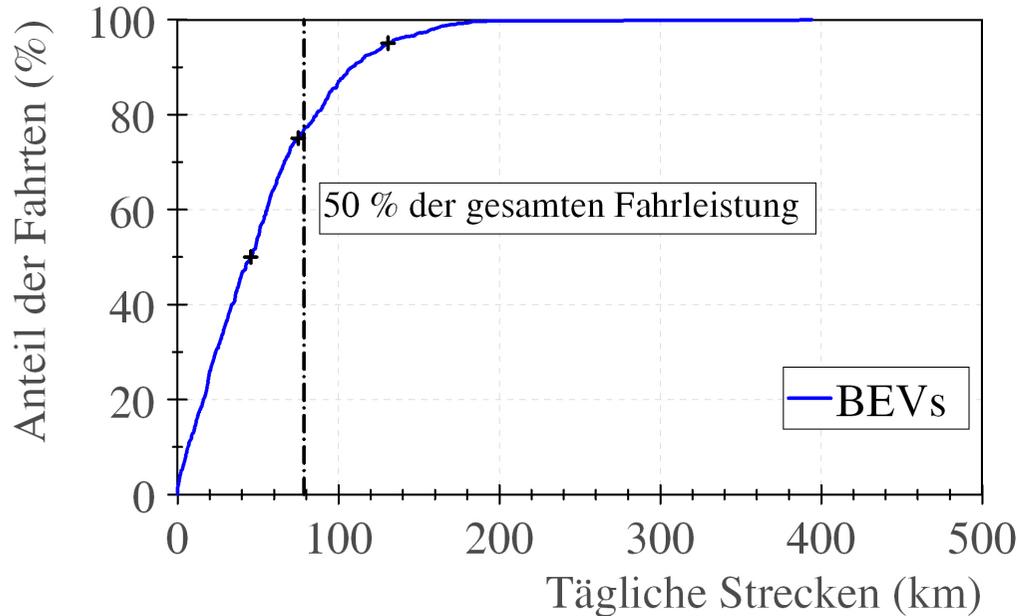


• EREVs

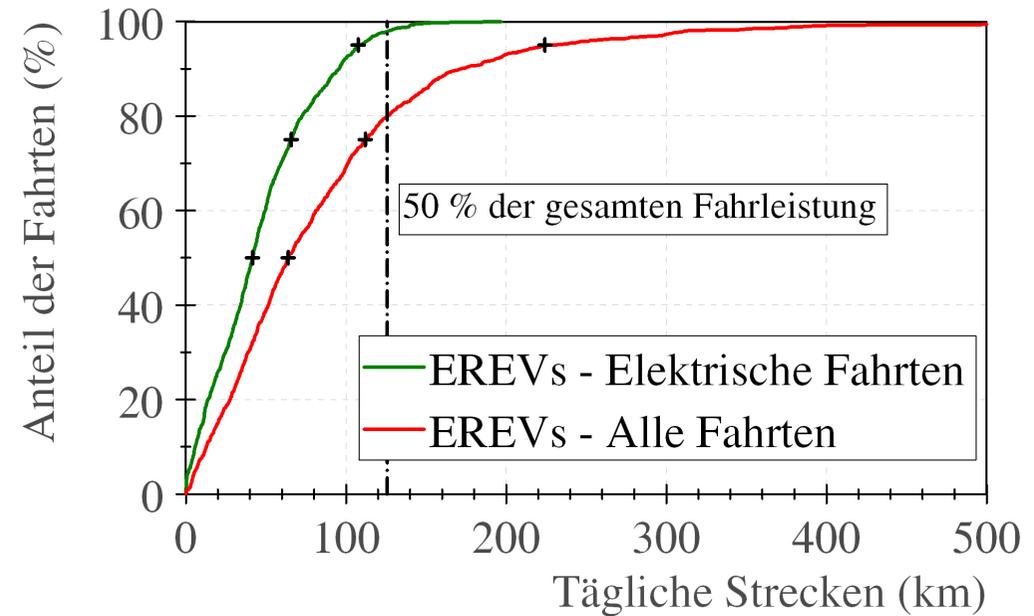


- EREVs erlauben Feststellung des tatsächlichen Reichweitenbedarfs
- Häufig zwei Ladungen pro Tag
- BEVs mit Reichweite von 170 km → echte Fahrzeugalternative

● BEVs



● EREVs



	BEVs	EREVs
Gesamtstrecke	19.586 km	28.018 km
- davon elektrisch gefahren	19.586 km	14.861 km (53 %)
Elektrischer Energieverbrauch vor dem Ladegerät	2.903 kWh (14,8 kWh/100 km)	3.210 kWh (21,6 kWh/100 km)
Benzinverbrauch (im Range-Extender-Betrieb)	-	937 l (7,1 l/100 km)

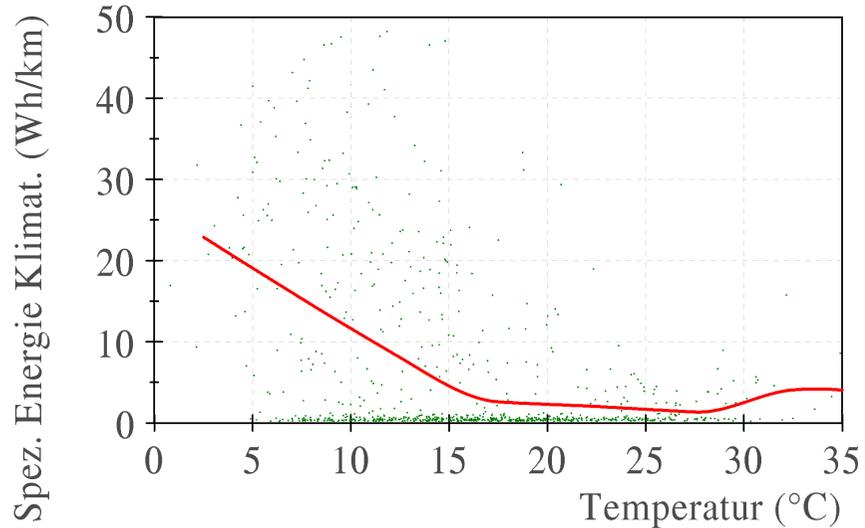
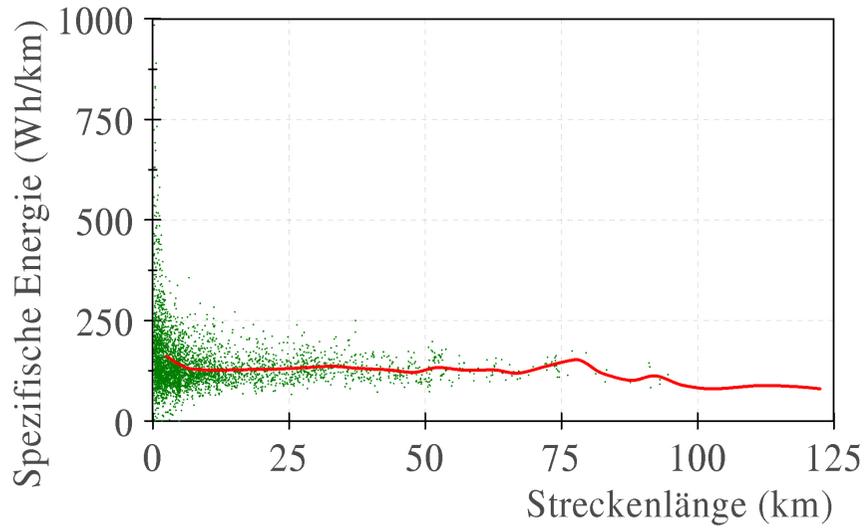
● Überdurchschnittliche tägliche Fahrleistung der Testfahrer

- ▶ Durchschnitt in Deutschland: 50 % unter 20 km
- ▶ BEVs in LEM: 50 % über 46 km
- ▶ EREVs in LEM: 50 % über 64 km

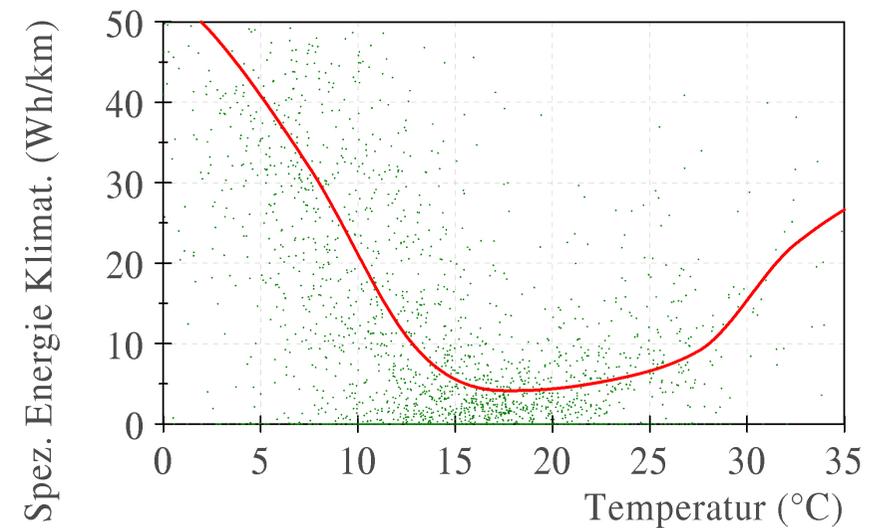
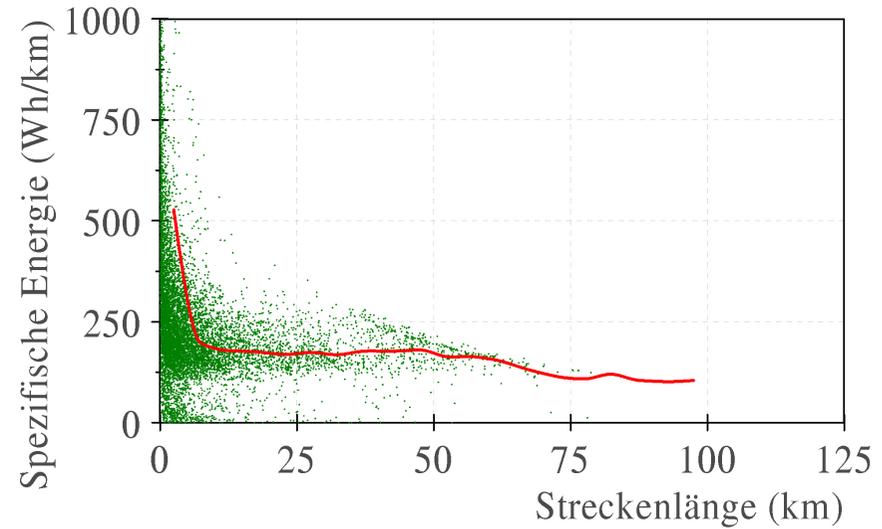
● EREVs haben fast 50 % Range-Extender Betrieb

- ▶ Hoher Benzinverbrauch

● BEVs

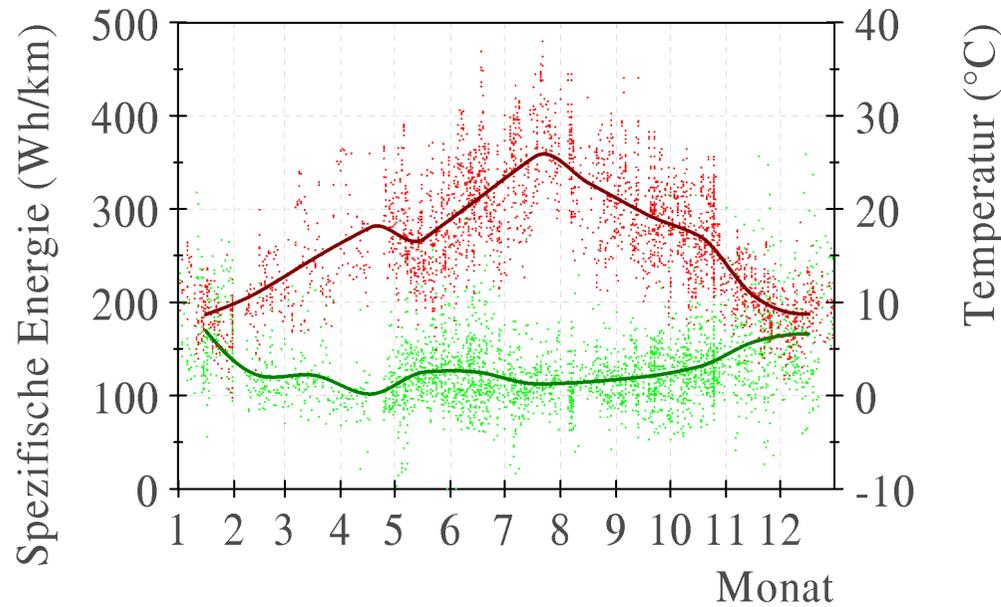


● EREVs

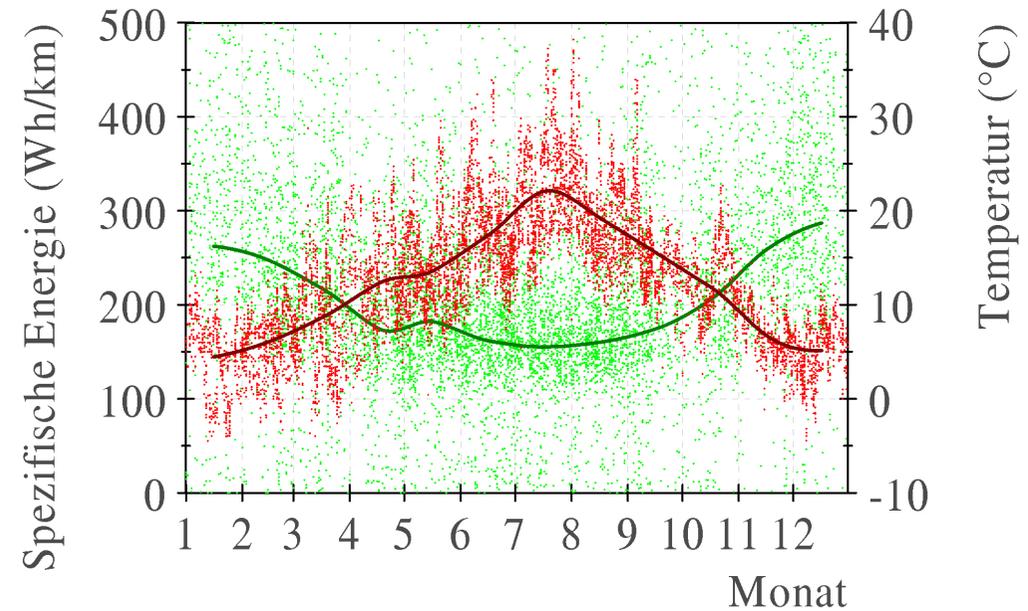


- Hoher Verbrauch bei Kurzstrecken: Klimatisierung, Nebenaggregate
- Kalte und warme Temperaturen führen zu Mehrverbrauch

● BEVs



● EREVs

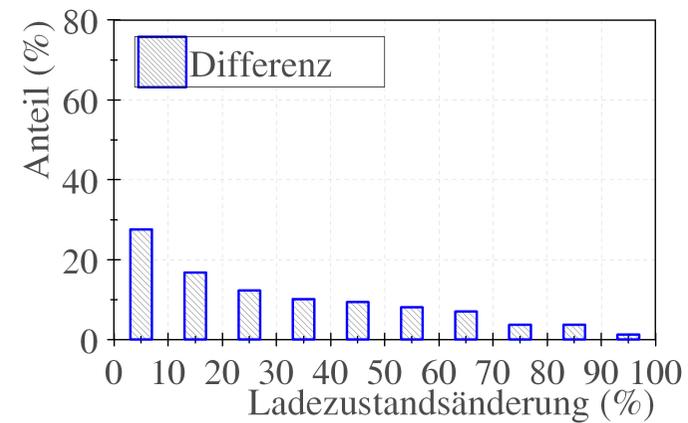
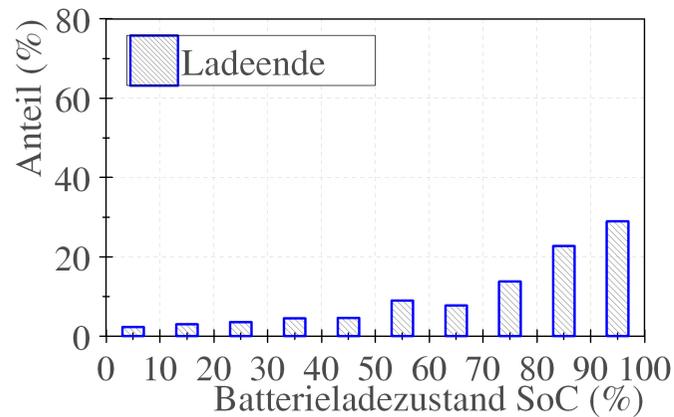
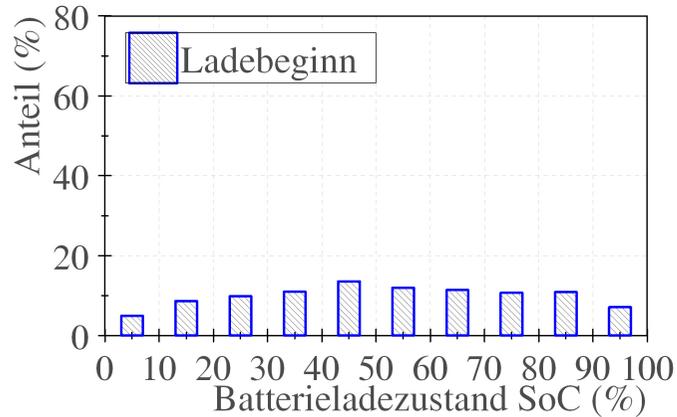


rot: Umgebungstemperatur

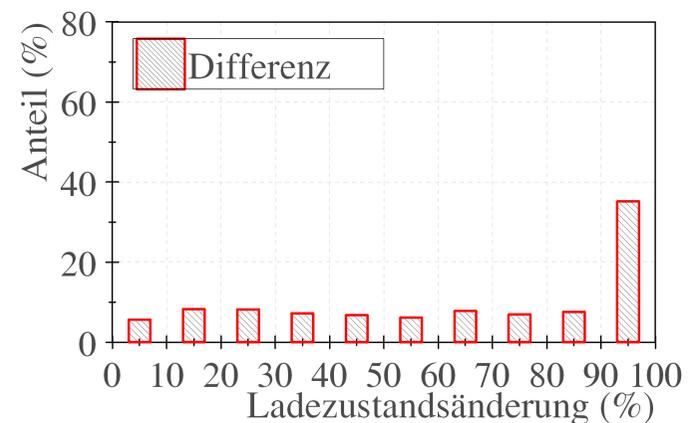
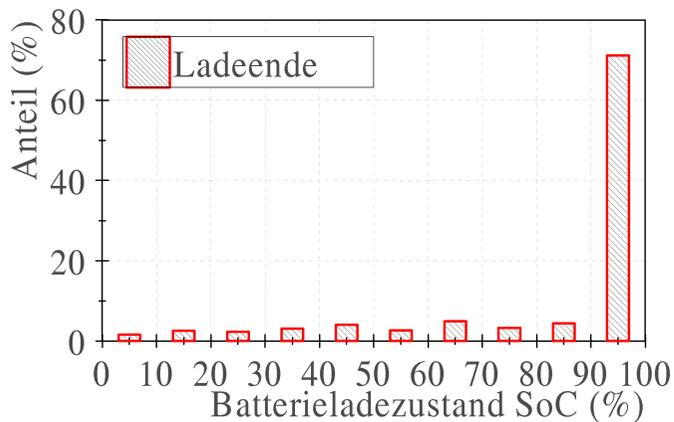
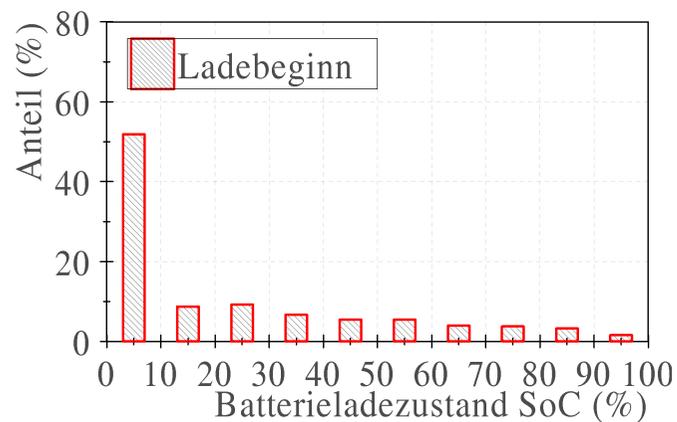
grün: Spezifischer Energieverbrauch

- Im Winter unter 10 °C fast 50 % mehr Verbrauch als im Sommer bei 25°C
- Generell geringerer Verbrauch bei BEVs
 - Leichteres Fahrzeug
 - Weniger Ausstattung und geringere Antriebsleistung

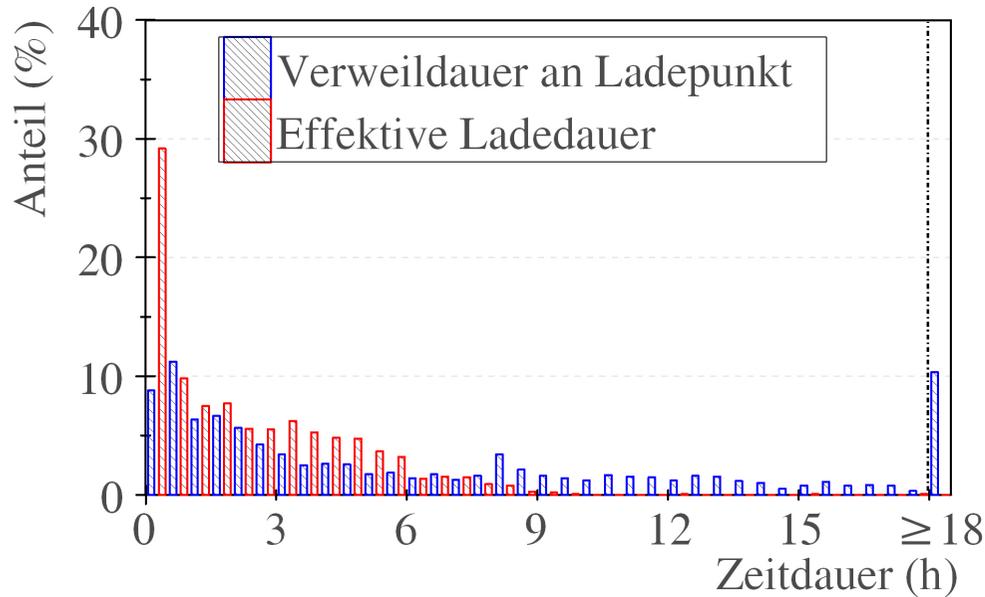
- BEVs: Ladeende oft unter 90% wegen Schnellladevorgängen



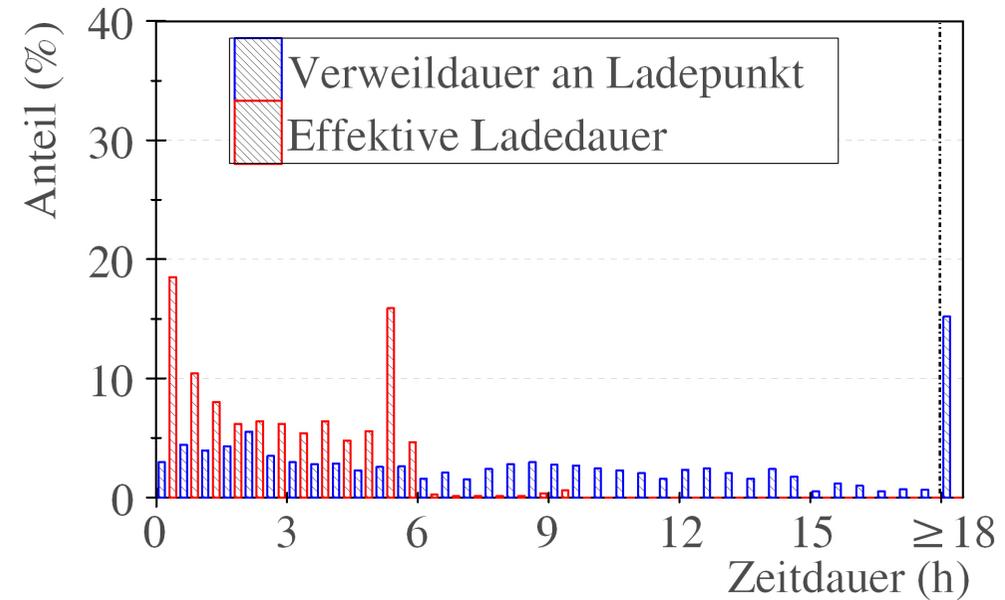
- EREVs: Häufig vollständige (Ent-)Ladungen wegen verfügbarem Range-Extender



● BEV



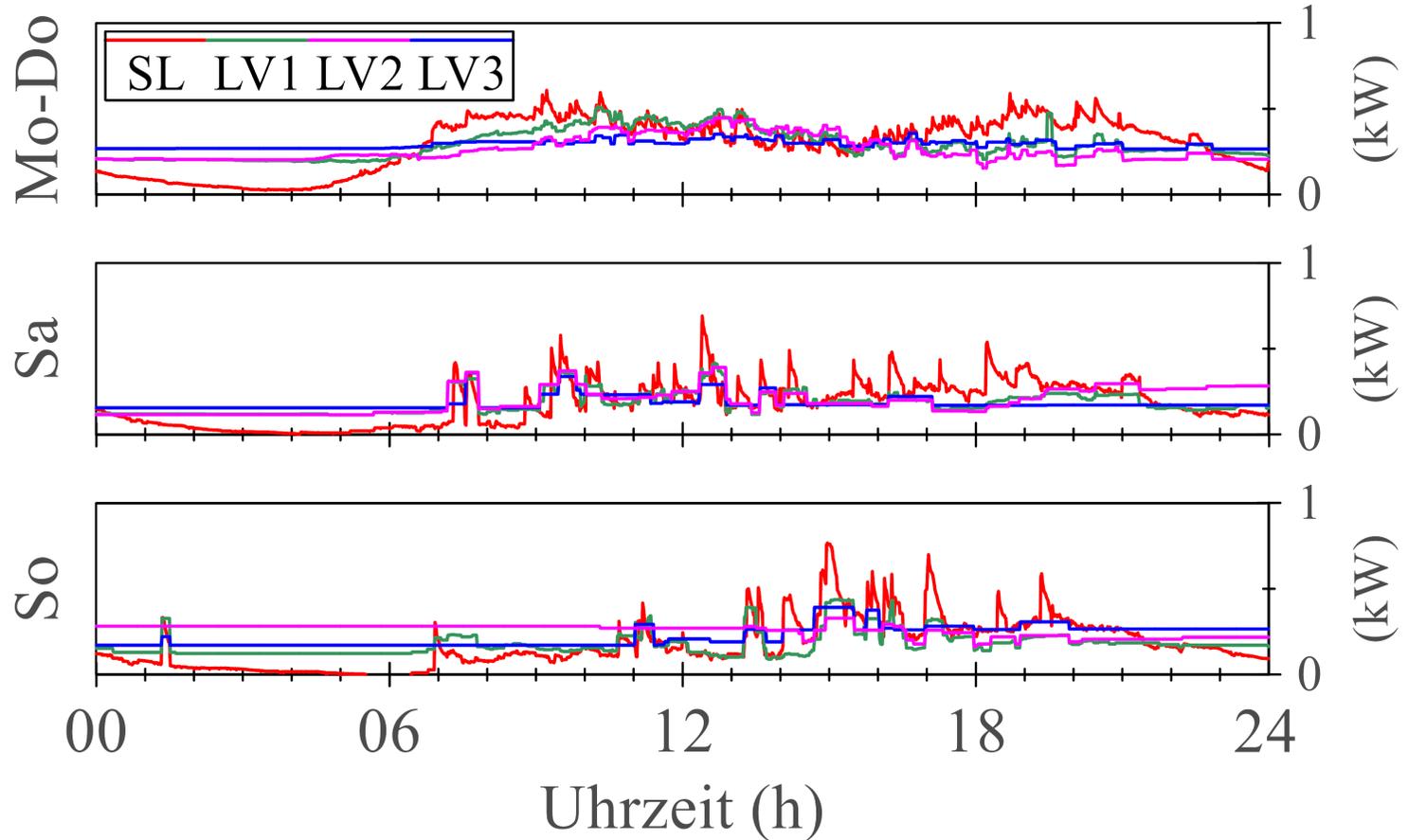
● EREV



- Standzeit an einem Ladepunkt oftmals deutlich höher als effektive Ladedauer
- Fahrzeuge im Mittel über 50 % der Tageszeit an einem Ladepunkt
- Im Mittel nur etwa 16 % der Tageszeit effektive Aufladung
- Hohes Potenzial für Lastverschiebung oder Lastverteilung

Normierte Ladeenergieverteilung eines BEVs (160 Fahrzeuge/Nutzer)

● BEVs



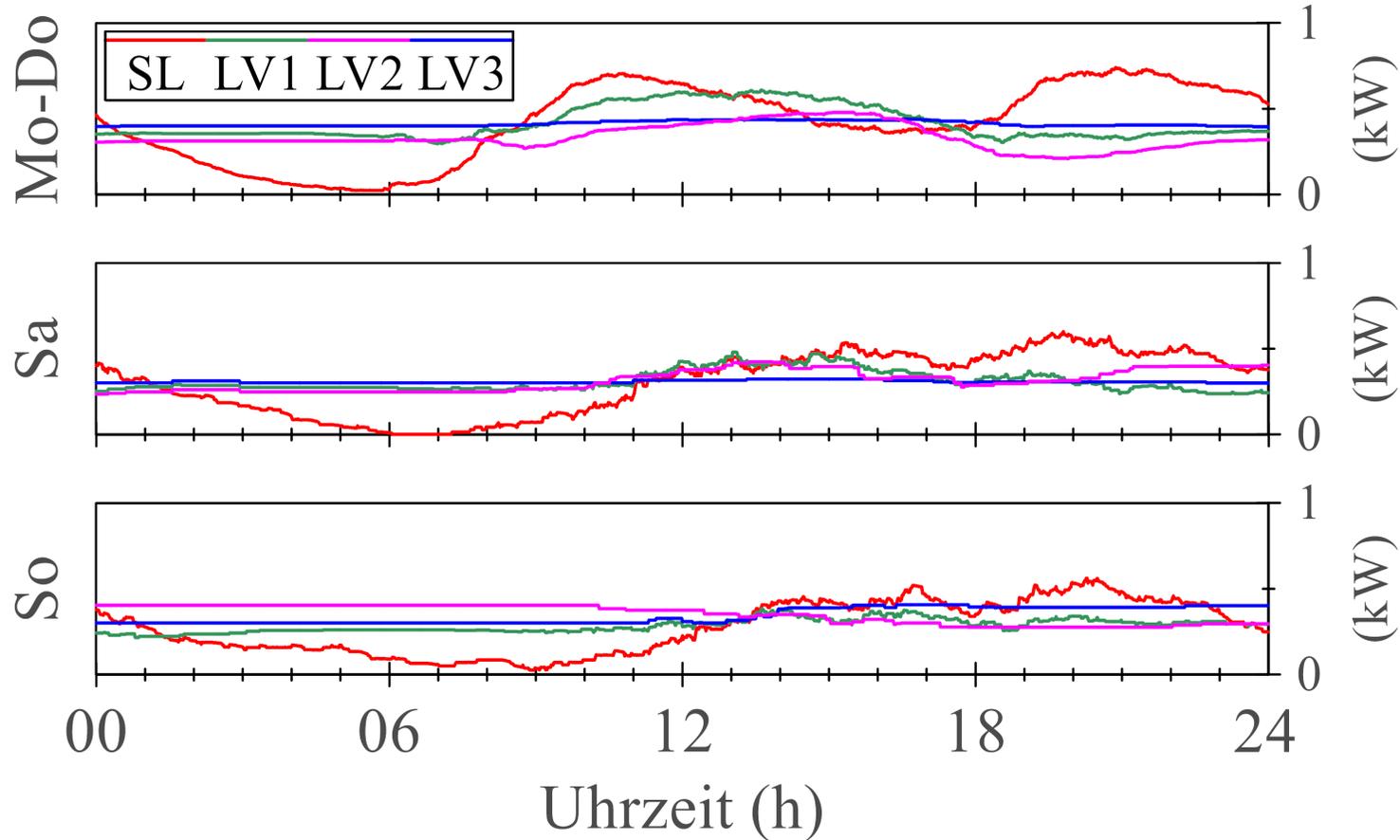
- SL: Standard-Ladung (Messdaten)
- LV1: Ladeenergieverteilung mit Angabe der Abfahrtszeit
 - Variation der Ladeleistung und -dauer
- LV2: Ladeenergieverteilung mit Austausch unter ladenden Fahrzeugen
 - Variation der Ladeleistung, -dauer und des -zeitpunkts
- LV3: Ladeenergieverteilung mit Ladeprognose
 - Variation der Ladeleistung, -dauer und des -zeitpunkts

- Reduzierung der Lastspitzen durch Ladeenergieverteilung
- Lastspitzen durch Schnellladevorgänge nicht vollständig zu glätten

↓
Wachsender
Informationsbedarf

Normierte Ladeenergieverteilung eines EREV's (160 Fahrzeuge/Nutzer)

● EREV's



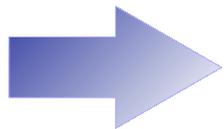
- SL: Standard-Ladung (Messdaten)
- LV1: Ladeenergieverteilung mit Angabe der Abfahrtszeit
 - Variation der Ladeleistung und -dauer
- LV2: Ladeenergieverteilung mit Austausch unter ladenden Fahrzeugen
 - Variation der Ladeleistung, -dauer und des -zeitpunkts
- LV3: Ladeenergieverteilung mit Ladeprognose
 - Variation der Ladeleistung, -dauer und des -zeitpunkts



Wachsender
Informationsbedarf

- Abendlastspitze bereits durch Standzeitangabe (LV1) auf Nacht verteilt
- Nahezu vollständig homogener Tagesverlauf bei hohem Informationsaustausch

- Projekt LEM - Vorreiter unter den bundesgeförderten Projekten hinsichtlich Sichtbarkeit und Repräsentation von Elektrofahrzeugen
- Mit über 500 Langzeitprobanden und einem Multiplikator von 30 wurden mehr als 15000 Menschen erreicht
- Gesellschaftsrelevanter Schnitt bei den Testpersonen (z.B. 50% Frauenanteil)
- 5% der Probanden sind nach Projektteilnahme Besitzer eines E-Fahrzeugs
- Über 30% der Probanden denken über die Neuanschaffung eines E-Fahrzeugs nach (weitere 25% sobald die Fahrzeuge günstiger werden)



Elektrofahrzeugtechnik eignet sich für den Durchschnittsberufspendler ohne nennenswerte Einschränkungen

Erforderliche Dichte und Art der Ladeinfrastruktur müssen noch erarbeitet werden

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit