

Use Case
PV-Eigenverbrauchs-
optimierung
Executive Summary

Bidirektionales Lademanagement - BDL

Autoren:

Vincenz Regener (vregener@ffe.de)

Adrian Ostermann (aostermann@ffe.de)

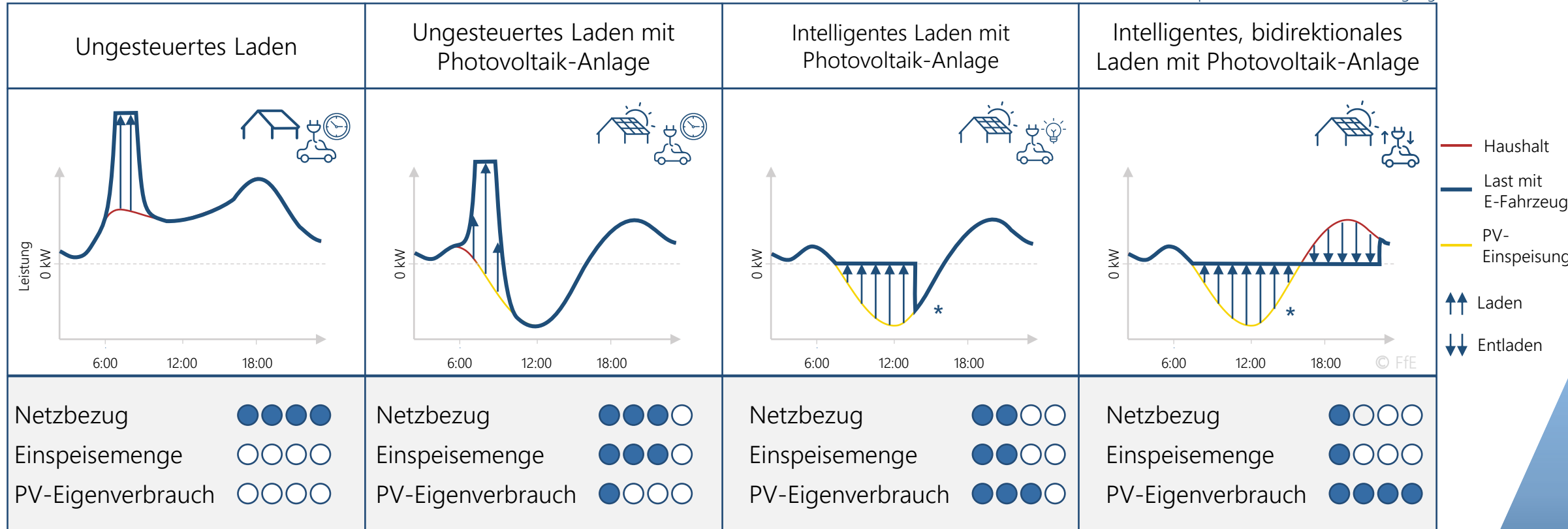
Mehr Infos unter

<https://bdl-auswertungen.de/>

PV-Eigenverbrauchsoptimierung – Vom Referenzfall zum intelligenten, bidirektionalen Laden (BDL)



* Durch Entladen im BDL Fall steht bilanziell mehr Batteriekapazität für PV-Strom zur Verfügung



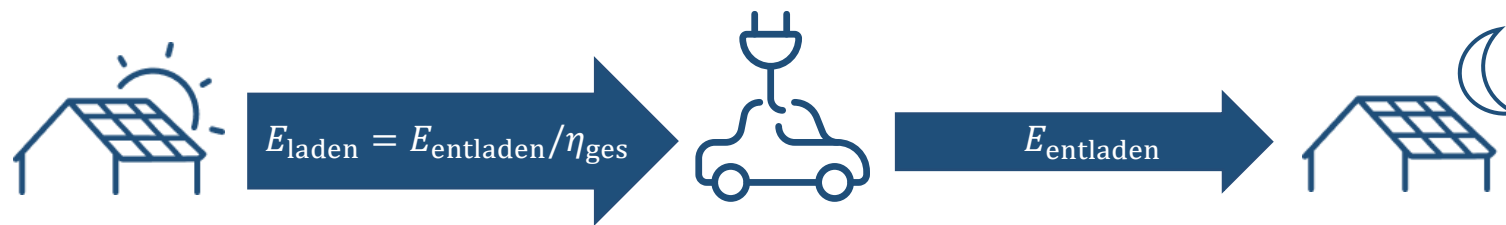
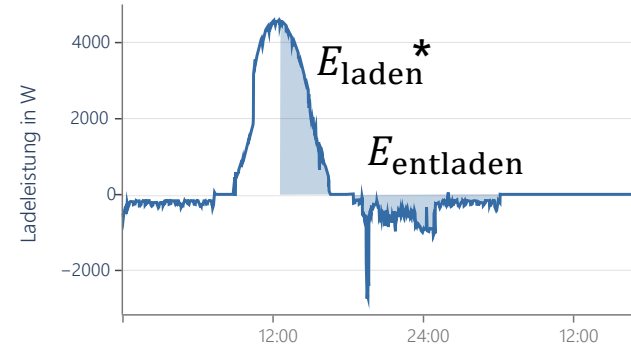
Durch BDL können Netzbezug und PV-Rückspeisung reduziert und somit Stromkosten gegenüber dem ungesteuertem Laden eingespart werden.

Einsparungen durch den PV Use Case: Eine Abschätzung



Methodik

$$\text{Einsparungen} = \underbrace{c_{\text{Strom}} E_{\text{entladen}}}_{\text{Vermiedener Stromerwerb}} - \underbrace{c_{\text{Feedin}} E_{\text{laden}}}_{\text{Entgangene Einspeisevergütung}}$$



* E_{laden} bezieht sich nur auf den Anteil der Ladeenergie, der nicht zum Fahren verwendet wird.

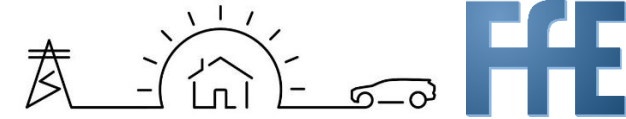


Die vier Pilotkund:innen, die dauerhaft am PV Use Case teilgenommen haben, konnten nach ca. einem Jahr Laufzeit durch Rückspeisen aus dem Fahrzeug durchschnittlich **116 €** oder **7,5 %** ihrer Stromkosten einsparen.

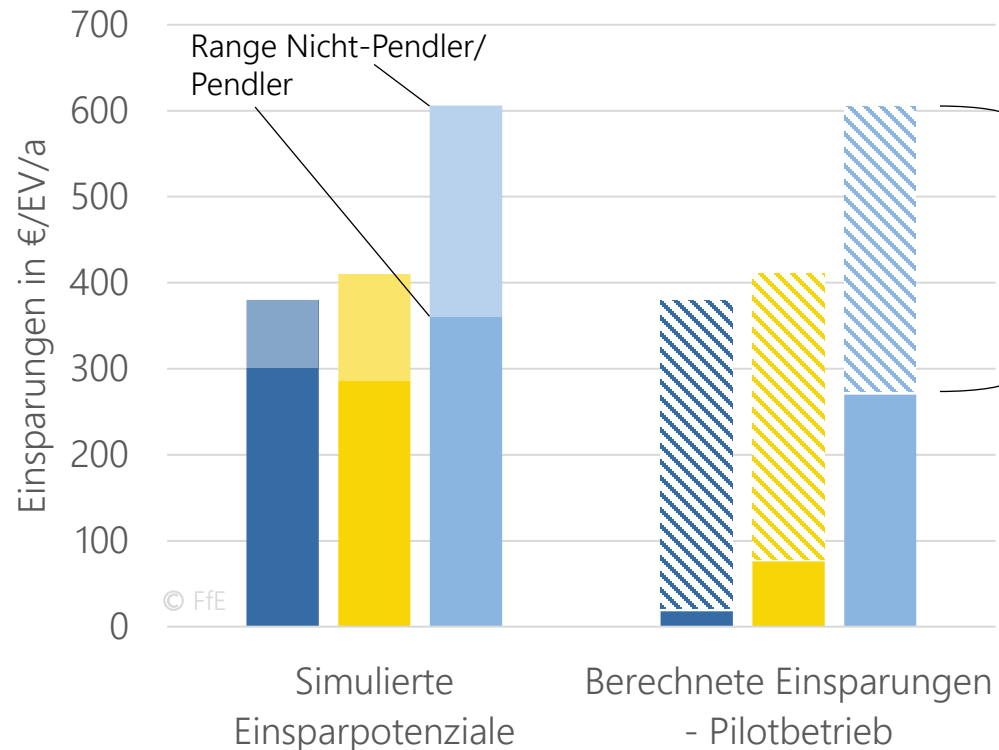
Erkenntnisse

- Externe Parameter wie **Strompreis** c_{Strom} und **Einspeisevergütung** c_{Feedin} sind entscheidend für die Ersparnisse. Ist die Einspeisevergütung zu hoch (oder der Strompreis zu niedrig) führt der Use Case zu Verlusten.
- Als interne Parameter sind insbesondere die **entladene Energiemenge** E_{entladen} und der **Gesamtwirkungsgrad** η_{ges} des Systems für die Einsparungen durch den Use Case entscheidend.
- Die Erlösabschätzung ist aufgrund fehlender Vergleichswerte nicht trivial und die Methodik mit mehreren Unsicherheiten behaftet.
- Es wird angenommen, dass die entladene Energie ursprünglich zu 100 % aus der PV-Anlage stammt. Fremdladen oder Netzbezug werden vernachlässigt, sind aber durch die Laderegulierung nicht ausgeschlossen.
- Die Methode berücksichtigt nur die direkten Einsparungen aus dem Entladen, nicht aber die Vorteile des Leistungsbezug in Zeiten hoher PV-Erträge.

V2H PV-Eigenverbrauchsoptimierung: Vergleich der Einsparungen Simulation vs. Pilotbetrieb



V2H – Vehicle to Home



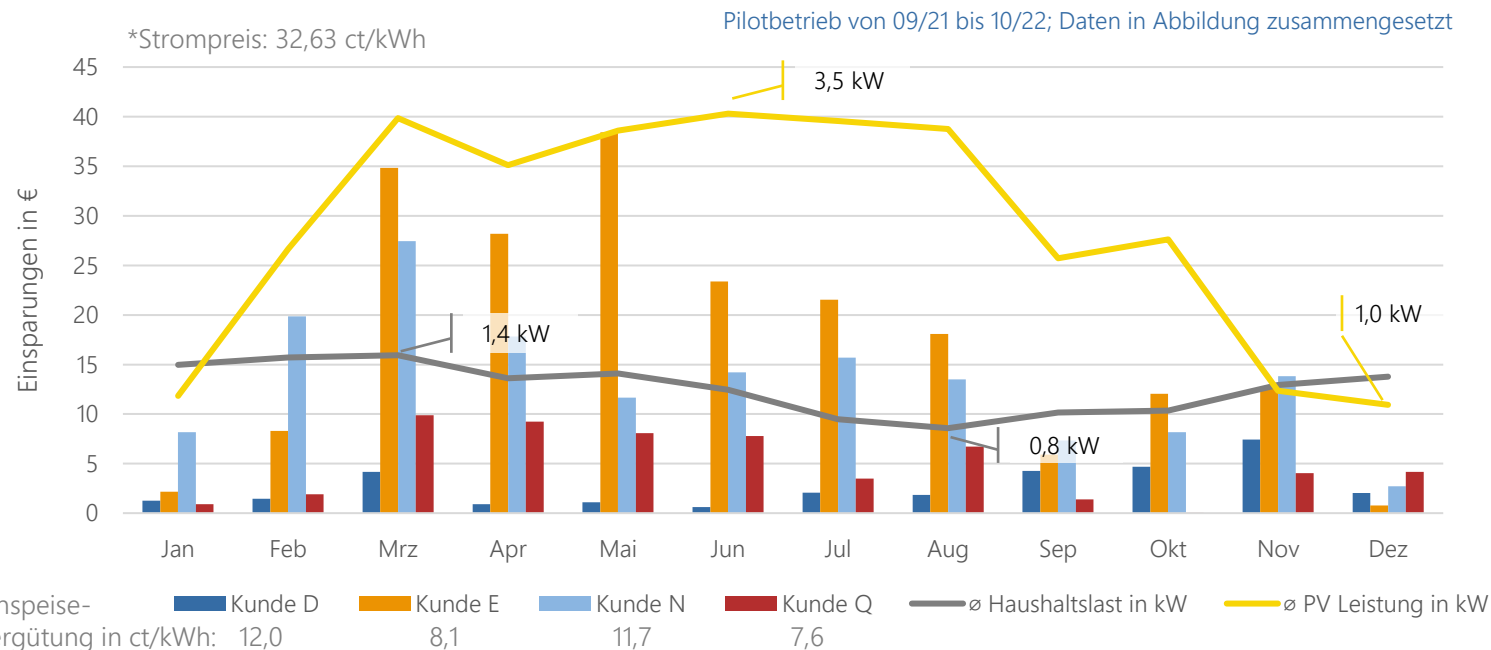
Abweichungen:

- Regelung vs. Optimierung
- Fehlende PV-Prognose
- Kund:innenverhalten
- Leicht abweichende Parameter und Zeitreihen (Andere Wetterdaten, anderer Haushaltslastgang, ...)
- Wirkungsgrad-Optimierung im Laufe des Pilotbetriebs
 - Verringerter Standby-Verlust
 - Angepasste Ladeschwellen

	■ Kund:in 1 (D):	■ Kund:in 2 (Q):	■ Kund:in 3 (E):
Grundlast:	Gering	Gering	Hoch
PV-Vergütung:	Mittel	Niedrig	Mittel
PV-Anlage:	Mittel	Klein	Mittel
Fahrzeugverfügbarkeit:	Niedrig	Mittel	Hoch

Die berechneten Einsparungen im Pilotbetrieb erreichen 5 bis 45 % der theoretischen Einsparpotenziale. Bei zukünftigen Serienprodukten sind deutlich bessere Werte zu erwarten!

Wärmepumpen und andere elektrische Verbraucher: Eine ideale Ergänzung für den PV Use Case



Erkenntnisse

- **Einsparungen** durch den PV Use Case korrelieren von allen Einflussgrößen am stärksten mit dem **Haushaltsstromverbrauch**, da dieser Bedarf meist die limitierende Größe für die Rückspeisungen aus dem Fahrzeug ist.
- Bei den Kund:innen mit elektrischer Wärmeerzeugung sind diese Geräte maßgeblich für den **Haushaltsstromverbrauch** und damit die **entladene Energiemenge E_{entladen}** verantwortlich.
- Die maximalen Ersparnisse fallen daher nicht immer in die Sommermonate, sondern in die **Übergangszeit**, wo noch geheizt wird.
- Nur bei gleichzeitig hohem **Haushaltsverbrauch** und hoher **Solareinspeisung** kann der Use Case sein volles Potenzial entfalten.



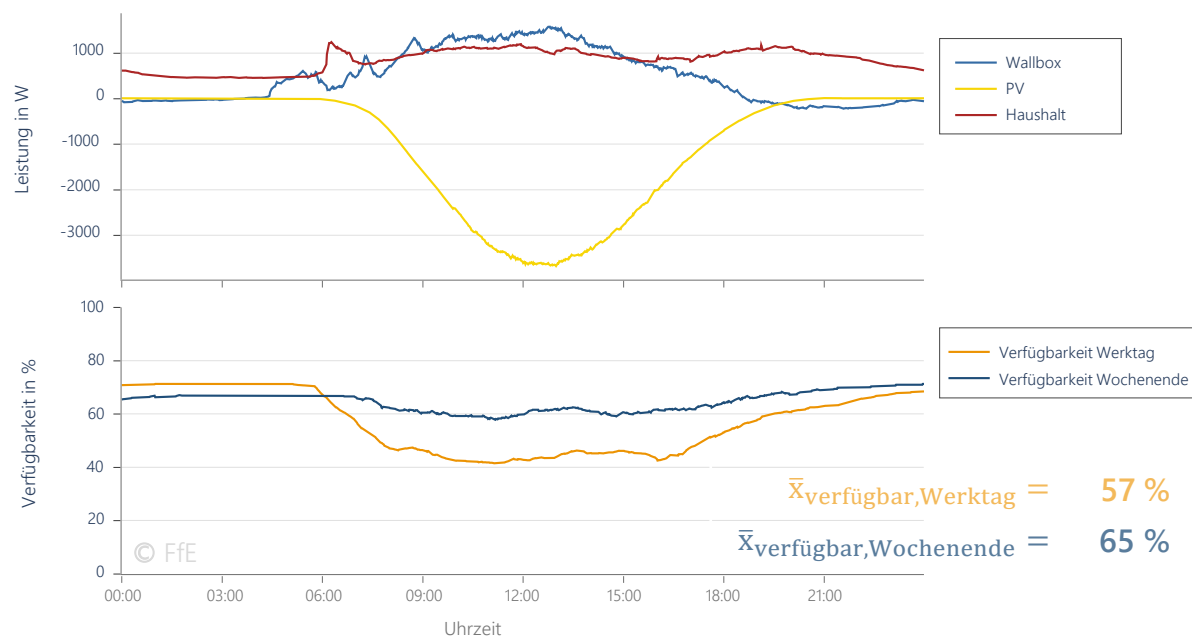
Leistungsstarke elektrische Verbraucher wie Wärmepumpen erhöhen nicht nur die potenziell **entladene Energiemenge E_{entladen}** , sondern verbessern durch hohe Leistungen auch den **Roundtrip-Wirkungsgrad η_{ges}** .

*durchschn. Strompreis Haushaltskunden, Quelle: BNetzA: Monitoringbericht 2021, https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Monitoringberichte/Monitoringbericht_Energie2021.pdf?__blob=publicationFile

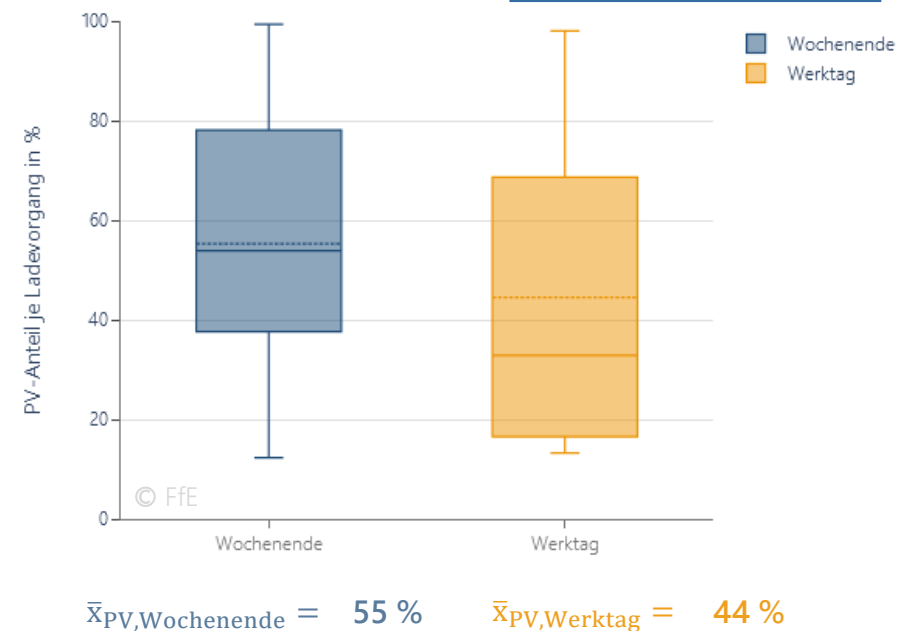
PV Eigenverbrauchsoptimierung: Ein attraktiver Use Case nicht nur für das Wochenende



Ø Leistungen und Ø Verfügbarkeit



PV-Anteil je Ladevorgang

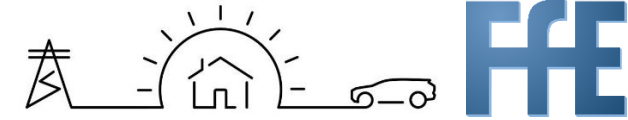


Erkenntnisse




- Die Verfügbarkeit der Fahrzeuge hat einen signifikanten Einfluss auf die geladene PV-Energie und damit die Erlöse aus dem Use Case.
- Die Verfügbarkeit unter den Pilotkunden ist unter der Woche nur unwesentlich geringer als am Wochenende, sodass der Use Case auch an Werktagen attraktiv ist.
- Repräsentativität der Fahrprofile im Pilotbetrieb kann nicht belegt werden. Im Bundesdurchschnitt sind auch niedrigere Verfügbarkeiten möglich.

Die wichtigsten Erkenntnisse des PV Use Cases: Wann ist Eigenverbrauchsoptimierung ein Erfolg?



*Bei einem angenommenen Verbrauch von 20 kWh/100 km inkl. Rekuperation



7,5 %
ihrer Stromkosten
konnten die ständigen
Pilotkund:innen durch
den Use Case einsparen.



Für den Gesamtwirkungsgrad und die Einsparungen sind leistungsstarke elektrische Verbraucher im Haushalt und eine große PV-Anlage entscheidend.



Große elektrische Verbraucher wie Wärmepumpen stellen eine ideale Ergänzung für den Use Case dar sorgen für hohe Einsparungen in der Übergangszeit.



Nur hohe Verfügbarkeiten an der heimischen Ladestation erlauben einen effizienten Betrieb des Fahrzeugs als Heimspeicher.



Zusätzliche Bauteilbelastung: Der Use Case verursacht durch bidirektionales Laden pro Jahr einen Energieumsatz, der ca. 6.000* km Fahrleistung entspricht.

Durch mehrere technische Verbesserungen können für den Serienbetrieb wesentlich höhere Einsparungen erwartet werden.

Repräsentative/r Kund:in

Steckbrief PV Eigenverbrauchsoptimierung (364 Tage)



Kundenkennwerte	Netzanschlusspunkt		Haushalt		Photovoltaik	
	Energie		Energie		Energie	
	Einspeisung	Σ: 14.567 kWh Ø: 40,1 kWh /Tag	Bezug	Σ: 9.376 kWh Ø: 25,7 kWh/Tag	Einspeisung	Σ: 20.822 kWh Ø: 57,2 kWh/Tag
	Bezug	Σ: 5.698 kWh Ø: 15,6 kWh/Tag	Grundlast (Nachts)	935 W	Installierte Leistung	17,4 kWp
Leistung		Leistung		Leistung		
Grundlast (Nachts)	977 W	Spitzenbezug	8.656 W	Spitzeneinspeisung	17.436 W	
Spitzeneinspeisung	16.992 W	Σ: 157,8 € Ø: 0,43 €/Tag				
Spitzenbezug	15.231 W					

52 % Autarkiegrad

30 % Eigenverbrauchsquote

+9 % Differenz ggü. Sofortladen

+5 % Differenz ggü. Sofortladen

Σ: 157,8 €
Ø: 0,43 €/Tag

Fahrzeugkennwerte

9,9 h 6,3 h
Ø Ansteckdauer

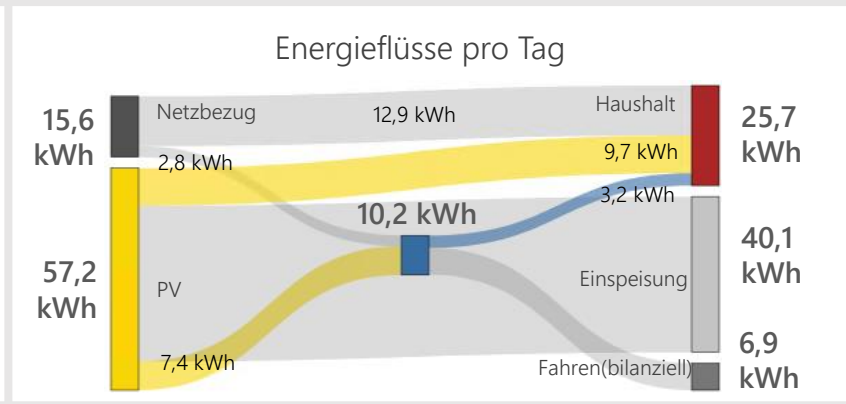
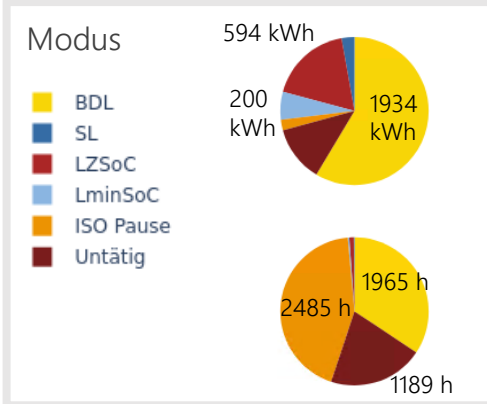
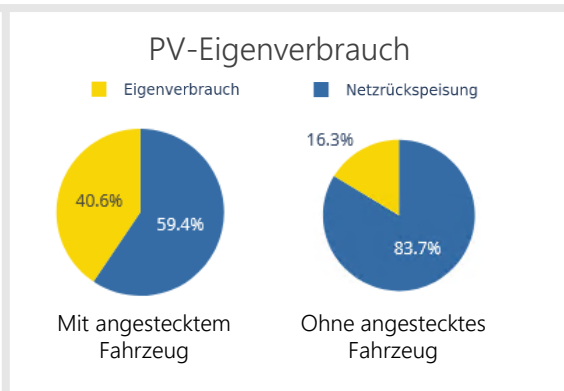
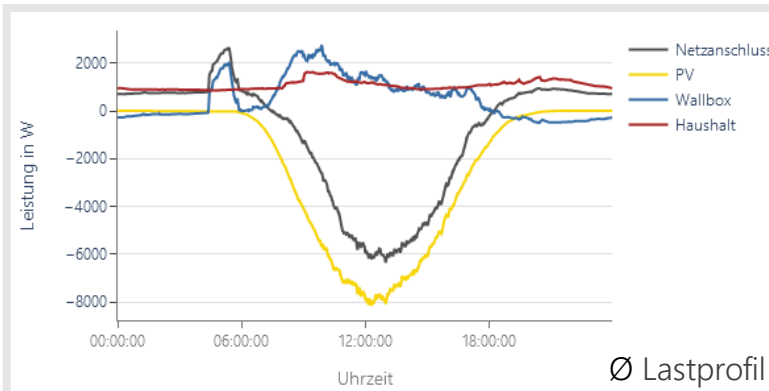
Ø 15,0 kWh pro Ansteckvorgang
 davon 73,2 % PV-Strom

3684 kWh geladen 1188 kWh entladen

58,1 % Ø Ziel-SoC
 -0,37 % tatsächliche Abweichung

Ø +7,9 h zusätzliche Betriebsstunden Ø +7,4 kWh geladene Energiemenge
BDL Modus vs. Sofortladen

05:40 Uhr typische Abfahrtszeit
 32 min Standardabweichung



Erklärungen zum Kundensteckbrief



Kundenkennwerte	Netzanschlusspunkt		Haushalt		Photovoltaik				
	Energie	Einspeisung	Σ: 14.567 kWh Ø: 40,1 kWh /Tag	Energie	Bezug	Σ: 9.376 kWh Ø: 25,7 kWh/Tag	Energie	Einspeisung	Σ: 20.822 kWh Ø: 57,2 kWh/Tag
		Bezug	Σ: 5.698 kWh Ø: 15,6 kWh/Tag		Leistung	Grundlast (Nachts)		Ø W 22:00 – 06:00	Leistung
Spitzeneinspeisung	16.992 W	Spitzenbezug	8.656 W	Spitzeneinspeisung		17.436 W			

Autarkiegrad = Anteil des Eigenverbrauchs am gesamten Verbrauch

Eigenverbrauchsquote = Anteil des Eigenverbrauchs an der Eigenproduktion

Differenz ggü. synthetischem Sofortladen

Differenz ggü. synthetischem Sofortladen

Abschätzung der Einsparungen aus Differenz zwischen vermiedenem Stromeinkauf und Entgangener Einspeisevergütung

Fahrzeugkennwerte

Von 06:00 – 22:00 Uhr | Von 22:00 – 06:00 Uhr
Ø Ansteckdauer

Ø geladene Energiemenge Zwischen Anstecken und Abstecken. Gesamter Anteil der PV-Energie an der Ladeenergie

insgesamt geladene Energiemenge | insgesamt entladene Energiemenge

Ø Ziel-SoC, sowie die tatsächliche SoC-Abweichung zum angegebenen Zeitpunkt

Zusätzliche Ent- und Ladedauer und Ladeenergie pro Ladevorgang durch Nutzung des BDL-Modus im Vergleich zu der hypothetisch Nutzung von Sofortladen BDL Modus vs. Sofortladen

Häufigste übermittelte Abfahrtszeit, sowie die Standardabweichung aller übermittelten Abfahrtszeiten

Lastprofil

Leistung in W

Durchschnittlicher Lastgang eines Tages während des Auswertungszeitraums

PV-Eigenverbrauch

40.6% (Mit angestecktem Fahrzeug)

59.4% (Ohne angestecktes Fahrzeug)

PV-Eigenverbrauch des Haushalts zu Zeiten mit und zu Zeiten ohne angestecktes E-Fahrzeug. Um beide Zahlen ins Verhältnis zu setzen, wurden die Diagrammflächen mit der gesamten PV-Stromerzeugung während der jeweiligen Zeiträume skaliert

Vergleich der **geladenen** Energie und -zeit. Je Modus

- BDL: Fahrzeug lädt nach PV-Strom
- SL: Sofortladen mit voller Leistung, aktiv eingestellt durch Kunden
- LWSoC: Laden-Wunsch-SoC, falls Ziel nicht rechtzeitig erreicht wird im BDL Modus, wird in LWSoC mit voller Leistung geladen
- LminSoC: Laden auf den Min SoC mit voller Leistung
- ISO-Pause: Fahrzeug ist in der ISO Pause
- Untätig: Fahrzeug ist untätig

Hinweis: Durch falsche Modus-Erkennung kann z.B. auch ein Laden im Modus Untätig oder ISO Pause stattfinden

Energieflussdiagramm:

- Netzbezug: 2,8 kWh
- PV: 7,4 kWh
- Fahren(bilanziell): 6,9 kWh
- Netzeinspeisung: 15,6 kWh

Moduszeiten:

- LZSoC: 1965 h
- LminSoC: 2485 h
- ISO Pause: 1189 h
- Untätig: 1189 h

Leistungsfluss:

- 57,2 kWh (Gesamt PV-Einspeisung)
- 2,8 kWh (Netzbezug)
- 7,4 kWh (PV)
- 6,9 kWh (Fahren(bilanziell))