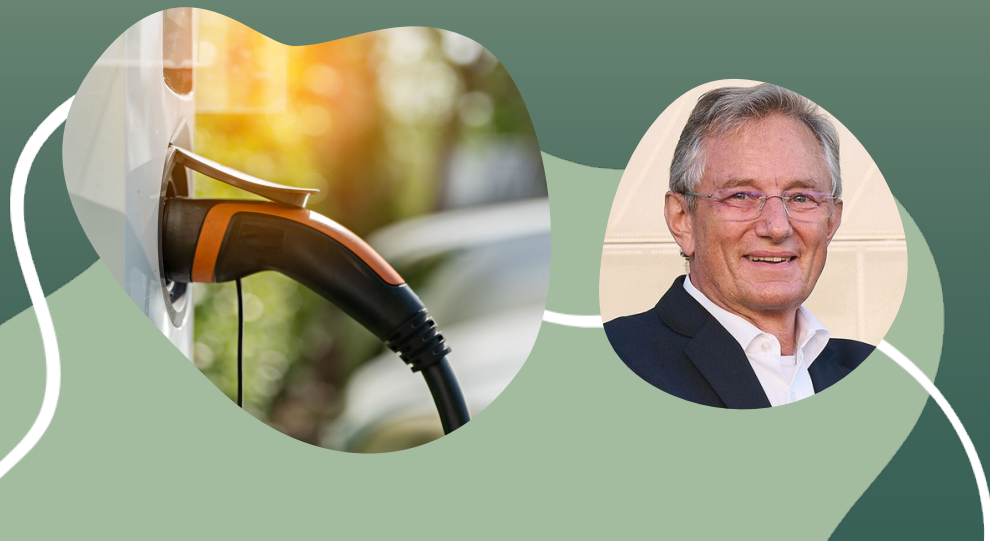


Dingolfinger
Vortragsreihe
Klimaschutz
2025

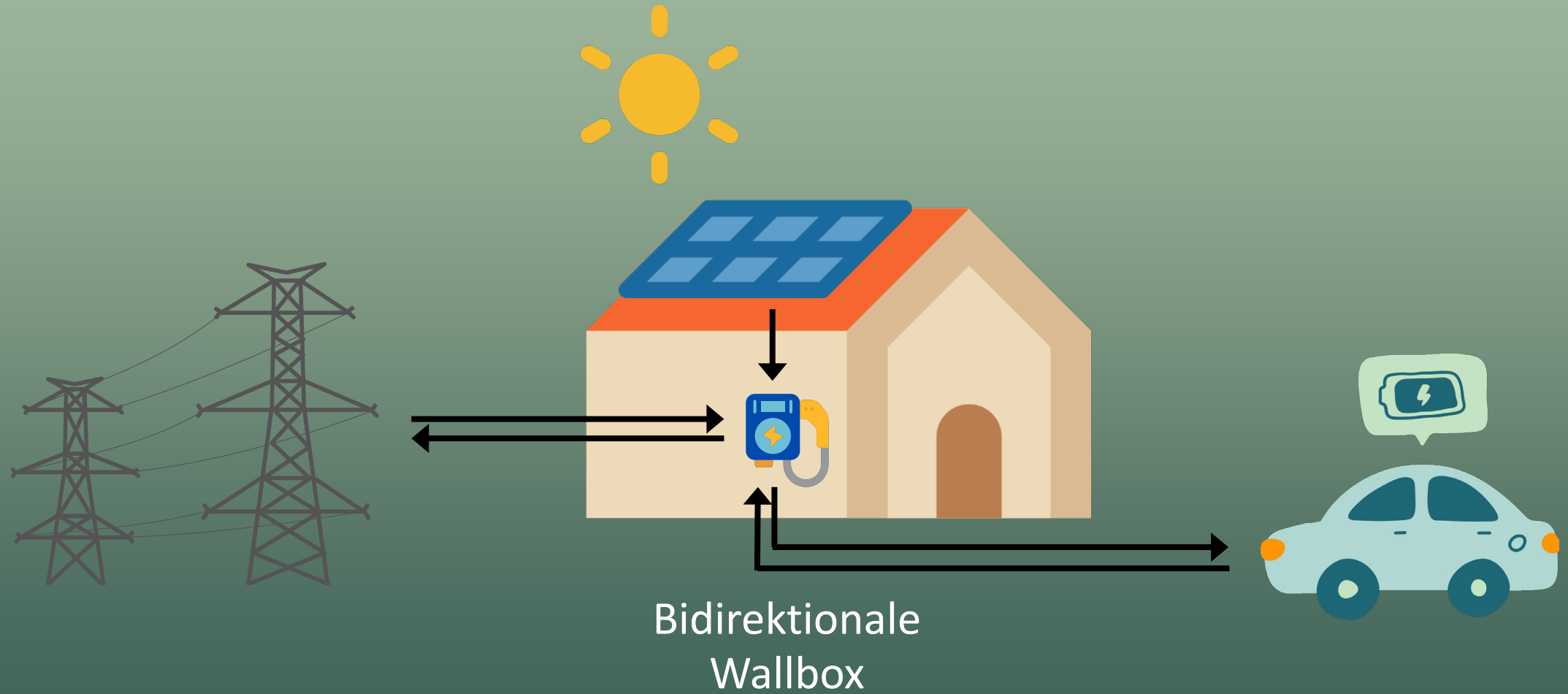


Bidirektionales Laden
Das Auto als Stromspeicher



Bidirektionales Laden

Das Auto als Stromspeicher



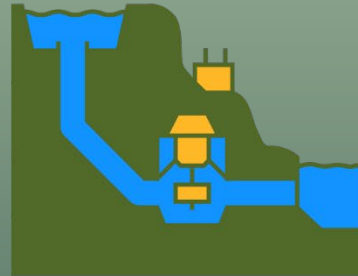
Bidirektionales Laden

Das Auto als Stromspeicher

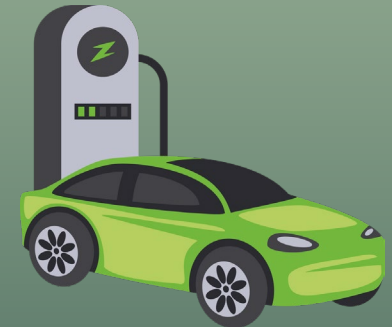
Wieso sind Elektroautos als Batteriespeicher so interessant?



17 GWh
Heimspeicher



40 GWh
Pumpspeicherkraftwerke



127 GWh
Elektroautos

BIDIREKTIONALES LADEN- DAS AUTO ALS STROMSPEICHER

E-Mobilität und Integration von Elektrofahrzeugen
in die Stromnetze und Energiesysteme



Xaver Pfab
Unternehmens- und
Politikberatung

E-Mobility – Energy - Sustainability

E-MOBILITÄT UND INTEGRATION VON ELEKTROFAHRZEUGEN IN DIE STROMNETZE UND ENERGIESYSTEME.

AGENDA.

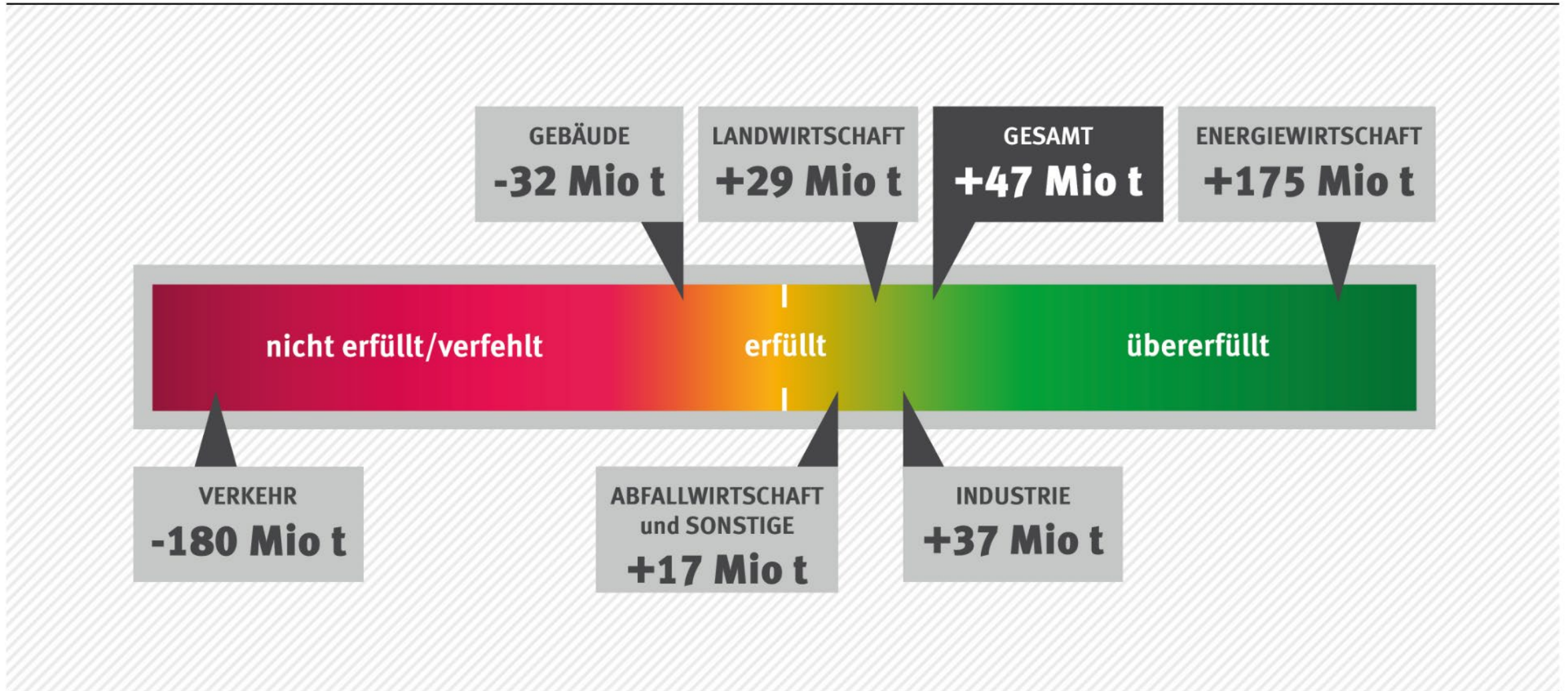
- CO₂-Emissionen: Stellhebel E-Mobilität
- Was passiert in den Stromnetzen, wenn die E-Fahrzeugflotten anwachsen: Stromverbrauch abdeckbar? Netzengpässe? Intelligente Meßsysteme - werden die Kunden jetzt kontrolliert und fremdgesteuert?
- Möglichkeiten vom ungesteuerten Laden (heute) bis hin zu intelligenten und bidirektionalen Laden
- Bidirektionales laden hat ein großes Potenzial: zuhause (V2H) - im Unternehmen (V2B) - im Netz (V2G)
- Wie geht es technisch - was gibt es bereits / was fehlt?
- Der Markt ist eröffnet: starten oder warten?

WARUM ELEKTROMOBILITÄT UND WARUM DIE EINBINDUNG IN DIE STROMNETZE WICHTIG IST?

Elektromobilität ist eine der wirksamsten und kosteneffizientesten Maßnahmen zur Senkung von Treibhausgas-Emissionen. Dies gelingt aber nur, wenn

- bei der Entwicklung und Herstellung von Elektrofahrzeugen konsequent auf Nachhaltigkeit geachtet wird
- in der Nutzungsphase Strom aus erneuerbaren Energien zum Laden verwendet wird
- Laden für den Kunden überall problemlos möglich ist
- Elektrofahrzeuge optimal genutzt werden

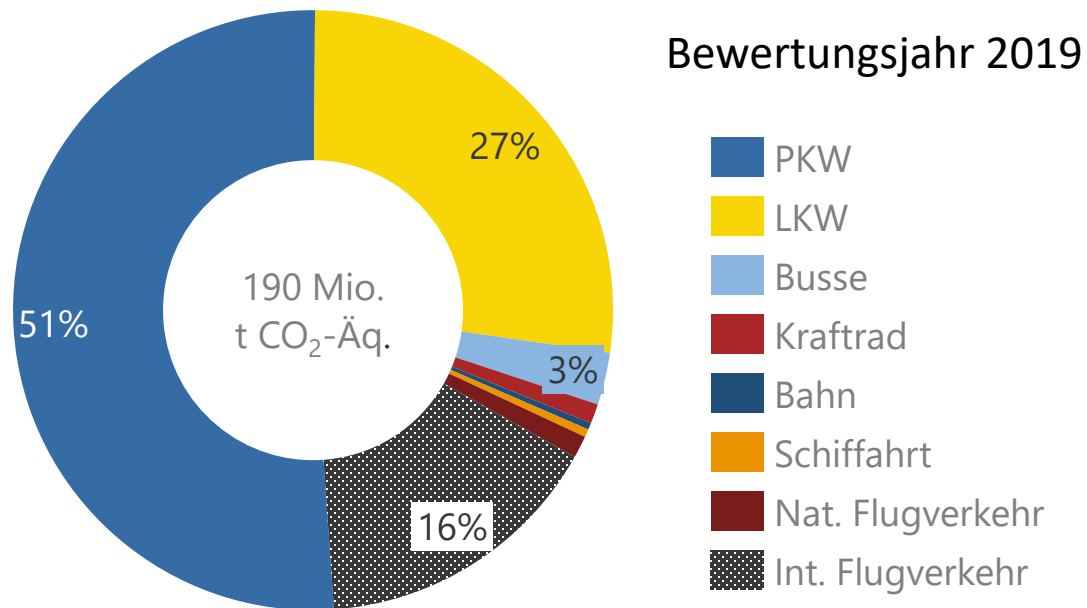
KUMULIERTE SEKTORALE JAHRESEMISSIONSGESAMTMENGEN UND KUMULIERTE ZIELERREICHUNG/VERFEHLUNG DER SEKTOREN UND GESAMT (2021 – 2030)



<https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/klimaemissionen-sinken-2023-um-101-prozent>

ANWENDUNGSORIENTIERTE EMISSIONSBILANZ ZEIGT DIE STELLHEBEL AUF.

Verkehrssektor verursacht 25 % der Gesamtemissionen



Fazit:

- Der große Anteil der Emissionen im Verkehrssektor wird durch den Straßenverkehr (PKW, LKW und Busse) verursacht
- PKWs verursachen dabei bei Weitem den größten Anteil an Emissionen

Quelle: FfE, Projekt Bayernplan (<https://bayernplan-energie.ffe.de/>)

Acht Bausteine für ambitionierten Klimaschutz im Verkehr

und deren zusätzlich kumulierte Treibhausgasreduzierungen in Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente für den Zeitraum 2024 bis 2030

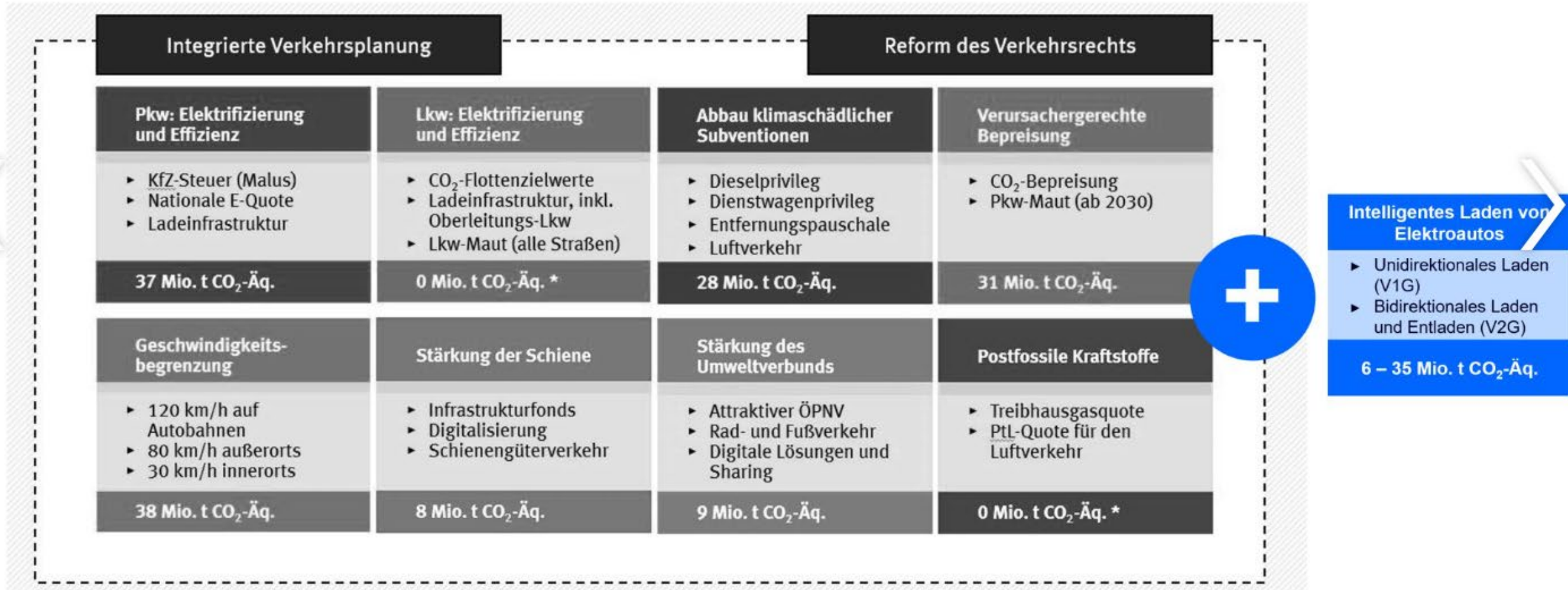
Integrierte Verkehrsplanung		Reform des Verkehrsrechts	
Pkw: Elektrifizierung und Effizienz <ul style="list-style-type: none"> ▶ KfZ-Steuer (Malus) ▶ Nationale E-Quote ▶ Ladeinfrastruktur 	Lkw: Elektrifizierung und Effizienz <ul style="list-style-type: none"> ▶ CO₂-Flottenzielwerte ▶ Ladeinfrastruktur, inkl. Oberleitungs-Lkw ▶ Lkw-Maut (alle Straßen) 	Abbau klimaschädlicher Subventionen <ul style="list-style-type: none"> ▶ Dieselpprivileg ▶ Dienstwagenprivileg ▶ Entfernungspauschale ▶ Luftverkehr 	Verursachergerechte Bepreisung <ul style="list-style-type: none"> ▶ CO₂-Bepreisung ▶ Pkw-Maut (ab 2030)
37 Mio. t CO₂-Äq.	0 Mio. t CO₂-Äq. *	28 Mio. t CO₂-Äq.	31 Mio. t CO₂-Äq.
Geschwindigkeitsbegrenzung <ul style="list-style-type: none"> ▶ 120 km/h auf Autobahnen ▶ 80 km/h außerorts ▶ 30 km/h innerorts 	Stärkung der Schiene <ul style="list-style-type: none"> ▶ Infrastrukturfonds ▶ Digitalisierung ▶ Schienengüterverkehr 	Stärkung des Umweltverbunds <ul style="list-style-type: none"> ▶ Attraktiver ÖPNV ▶ Rad- und Fußverkehr ▶ Digitale Lösungen und Sharing 	Postfossile Kraftstoffe <ul style="list-style-type: none"> ▶ Treibhausgasquote ▶ PtL-Quote für den Luftverkehr
38 Mio. t CO₂-Äq.	8 Mio. t CO₂-Äq.	9 Mio. t CO₂-Äq.	0 Mio. t CO₂-Äq. *

* Die Umsetzung würde gegenüber dem Mit-Weiteren-Maßnahmen-Szenario (MWMS) des Projektionsberichts 2023 keine weitere Minderung der Emissionen bewirken.

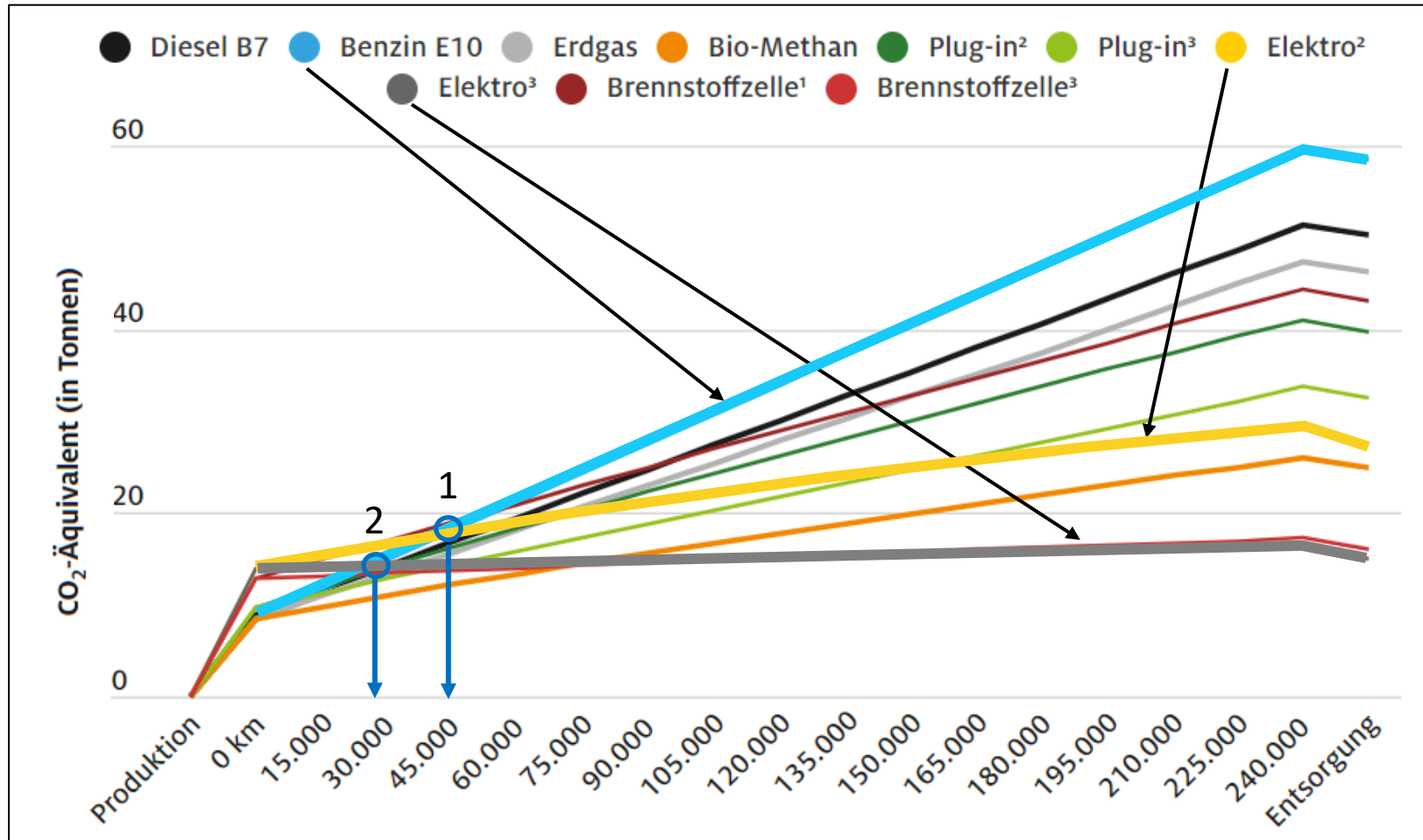
Quelle: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/366/bilder/abb_bausteine_kliv_2024.png

Bausteine für ambitionierten Klimaschutz im Verkehr

Treibhausgasminderungen in mt CO₂-Äquivalente für 2024-2030



ELEKTROFAHRZEUGE EMITTIEREN ÜBER IHRE LAUFZEIT WENIGER EMISSIONEN ALS VERBRENNER.



Fazit:

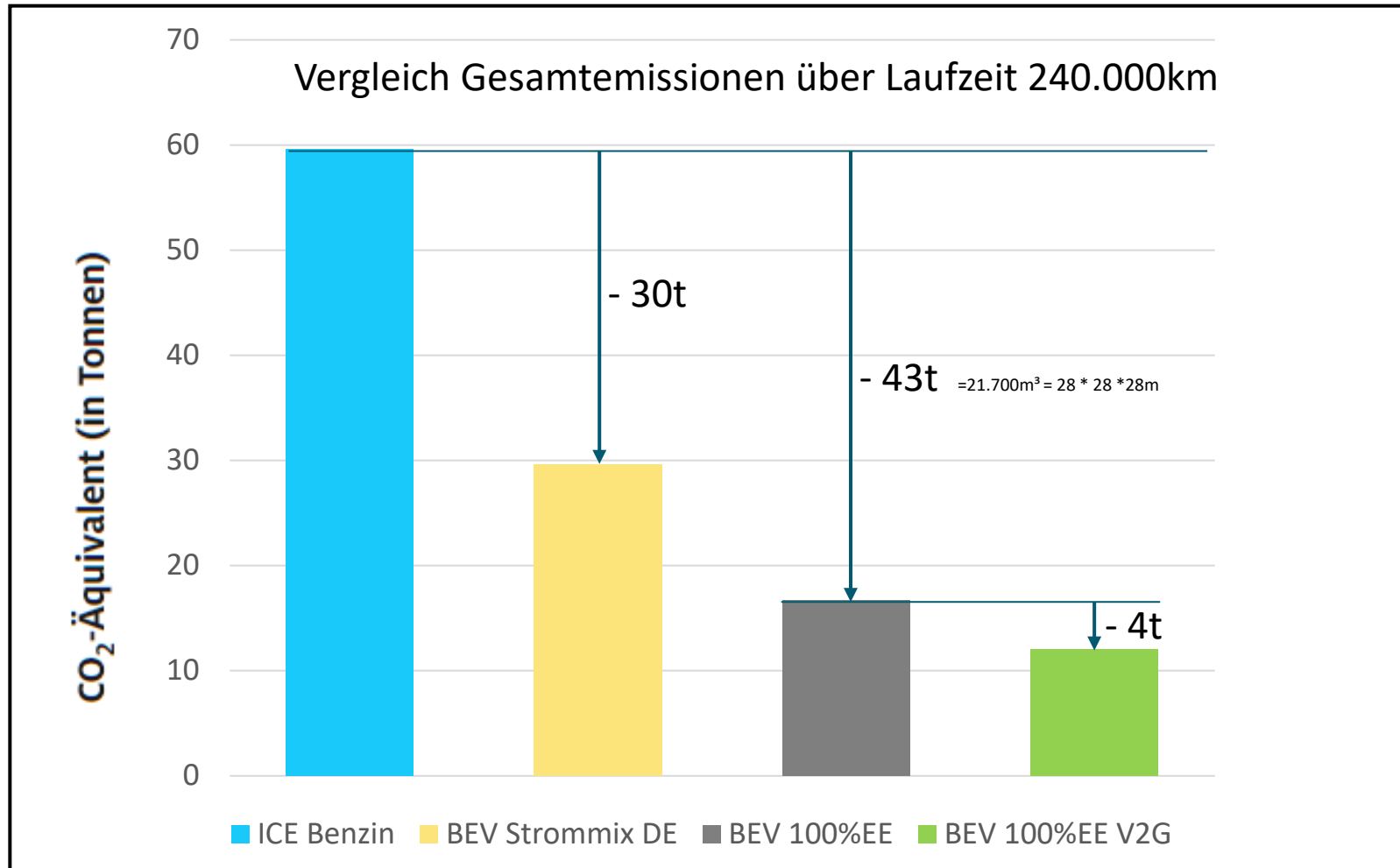
- Emissionen eines EV in Deutschland nach 45.000 km geringer als vergleichbarer Verbrenner (dt. Strommix 2015: 0,58 kg CO₂-Äq./kWh; EE-Anteil 29 %) – (1)
→ ca. 3 Jahre (bei 15.000 km/Jahr)

Hinweis: dt. Strommix 2023: 0,32 kg/kWh
- Quelle: https://www.bdew.de/media/documents/240725_Bundesdeutscher_Strommix_2023.pdf
- Falls nur PV-Strom geladen wird, ist das Elektrofahrzeug bereits nach 1,6 Jahren im Vorteil – (2)
- Durch die Energiewende wird der Strommix in den nächsten Jahren deutlich CO₂ ärmer und somit die Emissionsbilanz der EV stetig besser!

Quelle: ADAC, <https://www.adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/alternative-antriebe/klimabilanz/>

Weitere: Auto Bild: <https://www.autobild.de/artikel/elektroauto-oder-benziner-diesel-welches-auto-hat-die-bessere-co2-bilanz--3729677.html>

ELEKTROFAHRZEUGE EMITTIEREN ÜBER IHRE LAUFZEIT WENIGER EMISSIONEN ALS VERBRENNER.



Fazit:

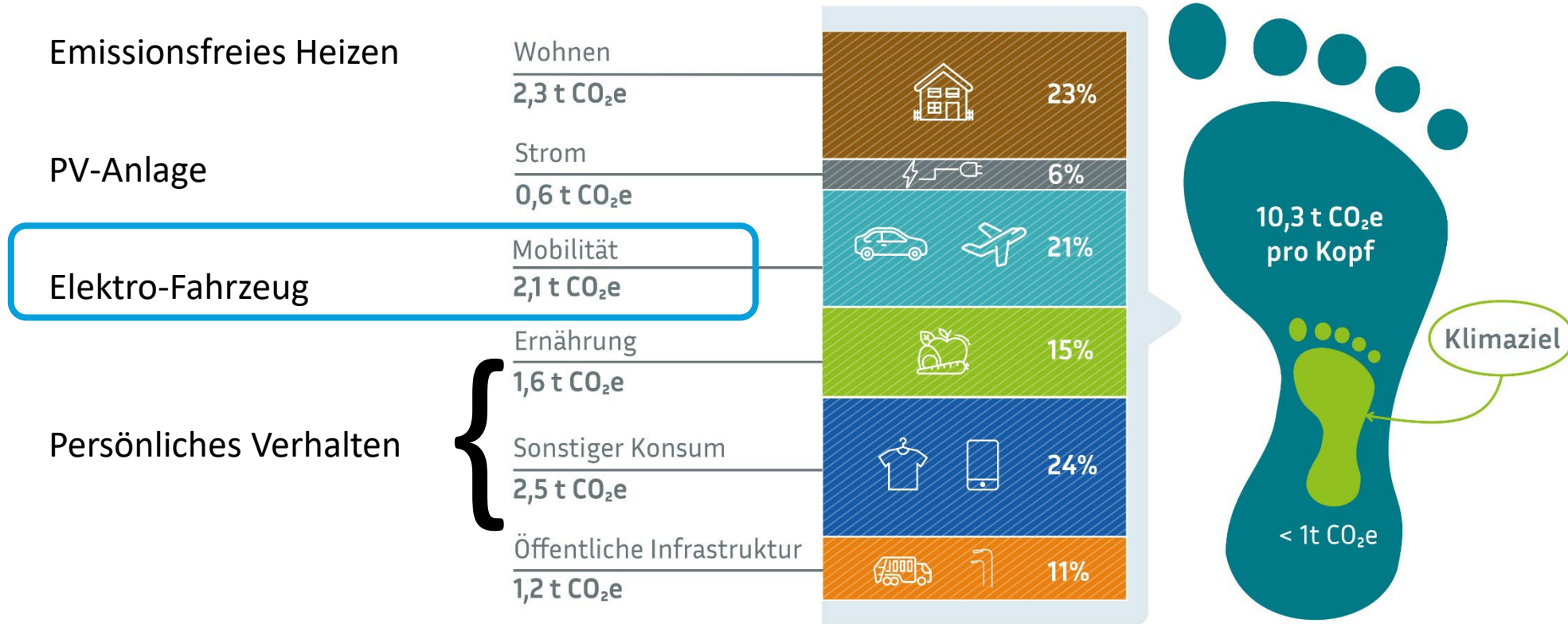
- Der Vorteil bei Nachhaltigkeit und CO₂-Emissionen von Elektrofahrzeugen ggü. Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren ist durch viele Studien nachgewiesen
- Mit jedem neu in den Verkehr gebrachten Elektrofahrzeug können über die gesamte Betriebszeit ca. 40t CO₂ Emissionen vermieden werden!

Quelle: ADAC, <https://www.adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/alternative-antriebe/klimabilanz/>

Weitere: Auto Bild: <https://www.autobild.de/artikel/elektroauto-oder-benziner-diesel-welches-auto-hat-die-bessere-co2-bilanz--3729677.html>

DURCHSCHNITTLICHER CO₂-FUßABDRUCK PRO KOPF IN DE

QUELLE: BMUV, UBA, 2024



CO₂e: Die Effekte von unterschiedlichen Treibhausgasen (z.B. Methan) werden zu CO₂-Äquivalenten umgerechnet und in die Berechnung einbezogen.

Quelle: Umweltbundesamt CO₂-Rechner (Stand 2024)
© Kompetenzzentrum Nachhaltiger Konsum

Dieses Werk ist unter einer Creative Commons Lizenz vom Typ Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International zugänglich

<https://www.bmuv.de/media/kohlenstoffdioxid-fussabdruck-pro-kopf-in-deutschland#:~:text=Der%20durchschnittliche%20CO%2E2%82%82e%20Fu%C3%9Fabdruck%20pro,und%2020%20Prozent%20auf%20Mobilit%C3%A4t.>

Was passiert in den Stromnetzen, wenn die E-Fahrzeugflotten anwachsen?



DIE NAHELIEGENDEN FRAGEN.

„Reicht denn der Strom für die vielen Elektrofahrzeuge? Erst recht, wenn der Strom aus erneuerbaren Quellen stammen soll?“

➔ Nettostromverbrauch in DE, 2023: ca. **460TWh** (2024: 462TWh, 2021: 504TWh)

➔ Energiebedarf von EV`s: (ca. 2.800kWh (14.000km/a)):

Energieverbrauch pro EV [kWh p.a.]	Bestand [Mio EV]	Anteil an Flotte (49,1 Mio PKW)	Energiebedarf [TWh]	Anteil an Nettostromverbrauch [%] Basis 2023 (460TWh)
2.800	1	2%	2,8	0,6%
	10	20%	28	5,7%
	15	31%	42	8,4%
	30	61%	84	15,4%
	50	100%	140	23,3%

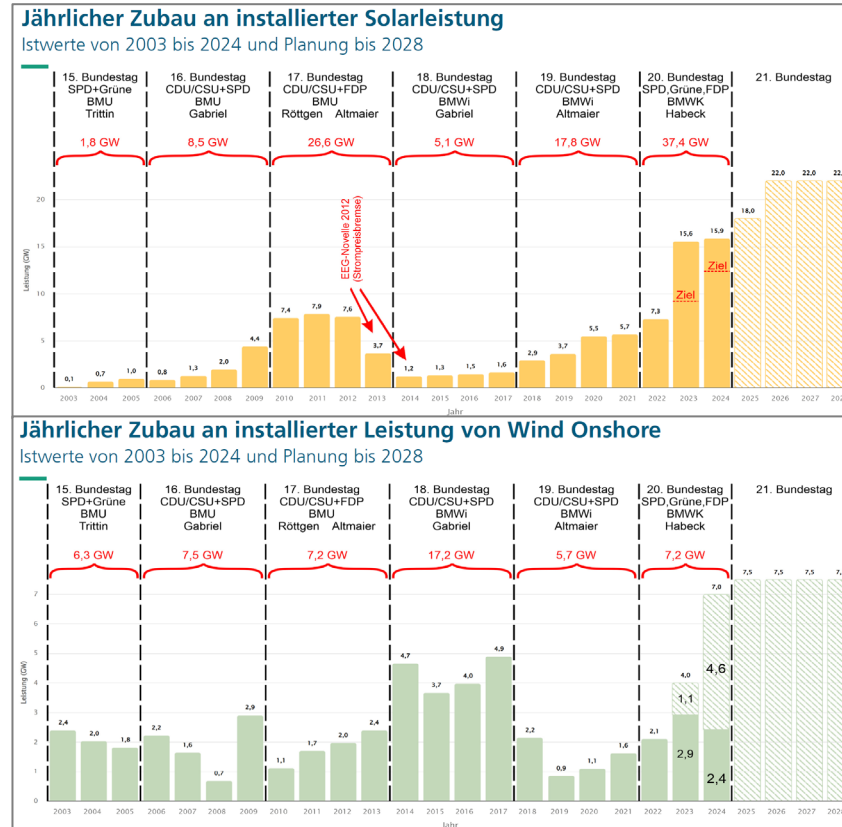
➔ Weiterer Ausbau der PV- und Windkraft, + Spitzenlastkraftwerke, + Speicher, + Stromnetze

Quelle: Statista, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/164149/umfrage/netto-stromverbrauch-in-deutschland-seit-1999/#:~:text=Der%20Nettostromverbrauch%20in%20Deutschland%20betrug,Netzverluste.>

DIE NAHELIEGENDEN FRAGEN.

„Reicht denn der Strom für die vielen Elektrofahrzeuge? Erst recht, wenn der Strom aus erneuerbaren Quellen stammen soll?“

- ➔ Zubau EE-Erzeugung bis 2021 mit Unterbrechungen
- ➔ Starker weiterer Zubau in den kommenden Jahren zu erwarten



Quelle: FhG ISE, https://energy-charts.info/charts/installed_power/chart.html?l=de&c=DE&year=1&expansion=installation_decommission&legendItems=cw1

Quelle: FhG ISE, https://energy-charts.info/charts/installed_power/chart.html?l=de&c=DE&year=1&expansion=installation_decommission&legendItems=dyb

DIE NAHELIEGENDEN FRAGEN.

„Sind die Stromnetze der wachsenden Belastung gewachsen?“

➔ Ein Ausbau der Stromnetze – hier der Verteilernetze – ist aus mehreren Gründen erforderlich:

- Zubau von PV- und Windenergieanlagen
- Elektrifizierung des Wärmesektors
- E-Mobilität
- Sanierung von veralteten Netzen
- Anschluß von Neubauten (Wohn- und Gewerbeflächen)

Stromnetz ausgelastet

Erstes Stadtwerk stoppt Anschluss neuer Häuser und Wärmepumpen

Stromalarm in Oranienburg: In der brandenburgischen Stadt ist das Netz so ausgelastet, dass Neubauten nicht mehr angeschlossen werden können. Drohen solche Engpässe auch anderswo?

Von **Benedikt Müller-Arnold**
16.04.2024, 16.12 Uhr

Netzzustand in DE sehr unterschiedlich

- 866 Verteilernetzbetreiber
- Große Unterschiede zwischen städtischen und ländlichen Strukturen

Quelle: Statista <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/152937/umfrage/anzahl-der-stromnetzbetreiber-in-deutschland-seit-2006/>

STARKER ZUWACHS LASTSEITIGER FLEXIBILITÄT BIS 2050.

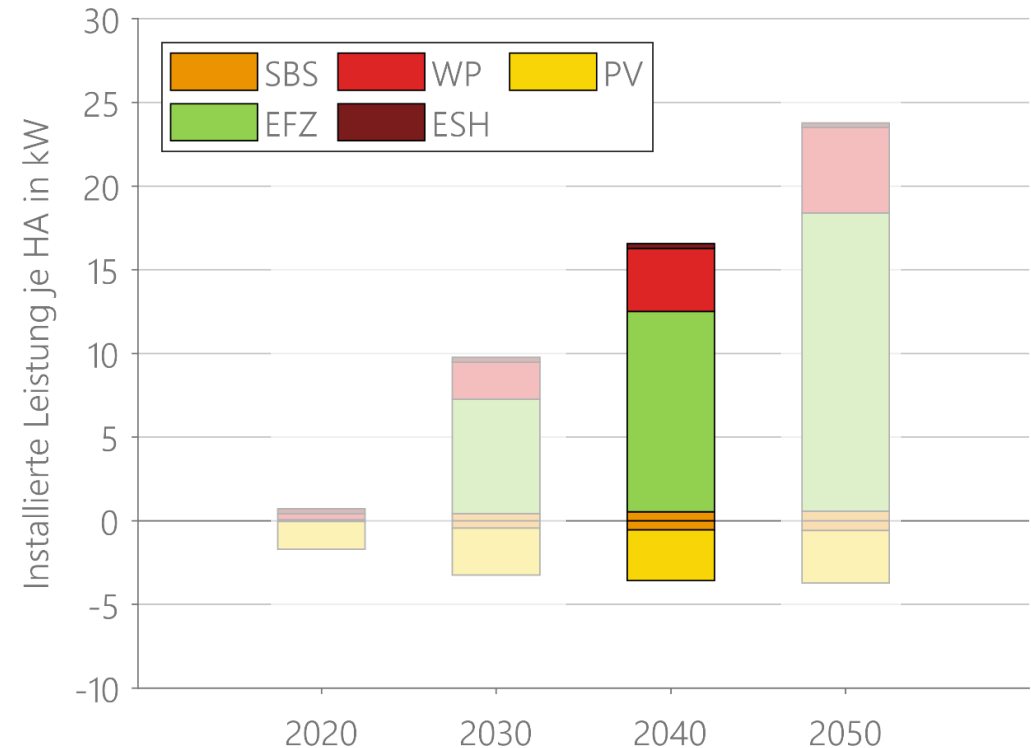
QUELLE: FORSCHUNGSSTELLE FÜR ENERGIEWIRTSCHAFT (FFE)

- Szenarien basieren auf Netzentwicklungsplan (NEP 2035 B*) sowie solidEU-Szenario (eXtremOS) und wurden räumlich hochaufgelöst mit den Gebäuden verschnitten
- Mittlere Werte je Netzgebiet für 2040 :
 - Ø 1,1 EFZ/HA, im Mittel 0 - 3 EFZ/HA in den Netzen (26 Mio. Elektrofahrzeuge bis 2040 in Deutschland)
 - Ø 45 % der Gebäude mit Wärmepumpen (0 - 100 % WP-Anteil in den Netzen)
 - Ø 25 % der Gebäude mit PV-Anlage (0 - 100 % PV-Anteil in den Netzen)
- Große Unterschiede zw. den Netzgebieten auf Grund lokaler Siedlungsstrukturen
- Überwiegend starker Anstieg der installierten Leistungen der Flexibilitätsoptionen

Hinweis: Szenarien wurden vor dem Osterpaket entwickelt!
Deutlicher stärkerer PV- und Speicher-Zubau im aktuellen Netzentwicklungsplan.

* Extrapoliert bis 2050

** Weitere Informationen unter [1]: Schulze, Yannic et al.: [Anforderungen an aktuelle Verteilnetze und deren zukünftige Versorgungsaufgabe](#). In: 12. Internationale Energiewirtschaftstagung; Wien: TU Wien, 2021.

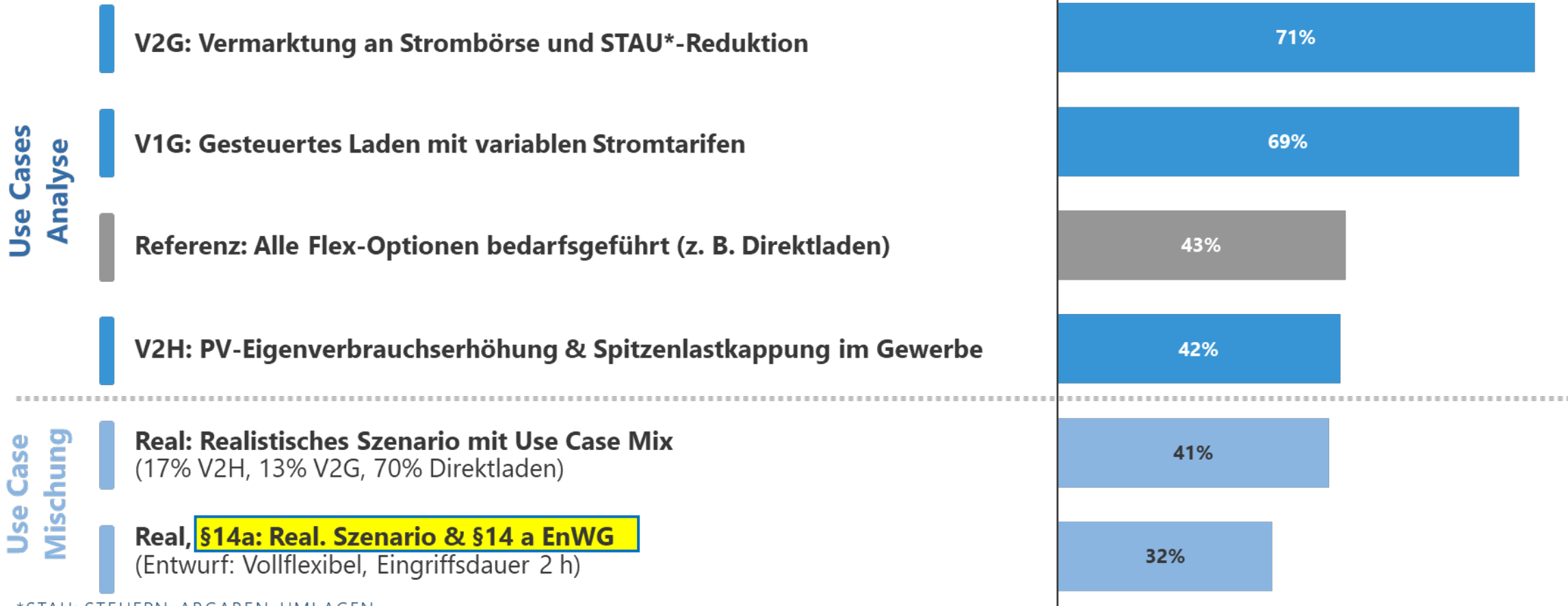
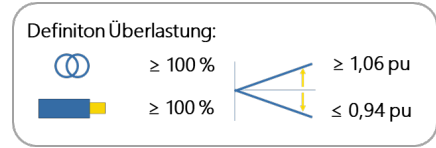


HA: Hausanschluss
SBS: Stationärer Batteriespeicher
EFZ: Elektrofahrzeug
WP: Wärmepumpe
ESH: Elektrische Speicherheizung
PV: Photovoltaik

NETZAUSBAUBEDARF IN DER NIEDERSPANNUNG BIS 2040.

QUELLE: FORSCHUNGSSTELLE FÜR ENERGIEWIRTSCHAFT (FFE)

Ergebnisse aus über 1.000 bayerischen Netzen - Optimierung von Elektrofahrzeugen und Batteriespeichern



*STAU: STEUERN, ABGABEN, UMLAGEN

§14A ENWG AB 1.1.2024: TEILNAHMEVERPFLICHTUNG STEUERBARE VERBRAUCHSEINRICHTUNGEN IM NIEDERSPANNUNGSNETZ.

QUELLE: BAYERNWERK NETZ GMBH



- Anmeldepflicht für alle steuerbaren Verbrauchseinrichtungen nach §14a Absatz 3 EnWG-E
 - Verpflichtende Steuerbarkeit bei Engpassfall im NS-Strang. Steuerbarkeit muss von Anlagenbetreiber sichergestellt werden.
 - Dimmen der Bezugsleistung der steuerbaren Verbrauchseinrichtung auf max. 4,2 kW
- Netzbetreiber ist zum Anschluss der steuerbaren Verbrauchseinrichtung verpflichtet

ABRECHNUNGSTARIFE: AUSPRÄGUNGEN.

QUELLE: BAYERNWERK NETZ GMBH

Modul 1: Pauschale



- Pauschale Reduzierung
- Höhe der Pauschale ergibt sich aus
 - = Kosten Steuerbox
 - + Kosten iMSys
 - + $3750 \text{ kWh/a} * \text{AP ct/kWh} * 0,2$
- Ein Zählpunkt möglich
- Kein Netzentgelt unter 0 €

Modul 2: Prozentual



- Prozentuale Reduzierung des Arbeitspreises
- Bundeseinheitlicher Reduzierung von 60 %
- Separater Zählpunkt
- Ein Grundpreis für Anschlusspunkt

Modul 3: Zeitvariabel



- Optional zu Modul 1 hinzubuchbar
- VNB muss anbieten (voraussichtlich ab 2025)
- Jährliche Festlegung der Preisstufen
- Standardtarif (ST): normale NNE
- Hochlasttarif (HT): max. 100 % vom ST
- Niederlasttarif (NT): 10 % - 80 % des ST

→ **Einsparungen von ca. 140 €/a – 180 €/a**



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

FÖRDERPROJEKT BIDIREKTIONALES LADEMANAGEMENT - BDL

2019 - 2022





Ein Speicher, der fährt!



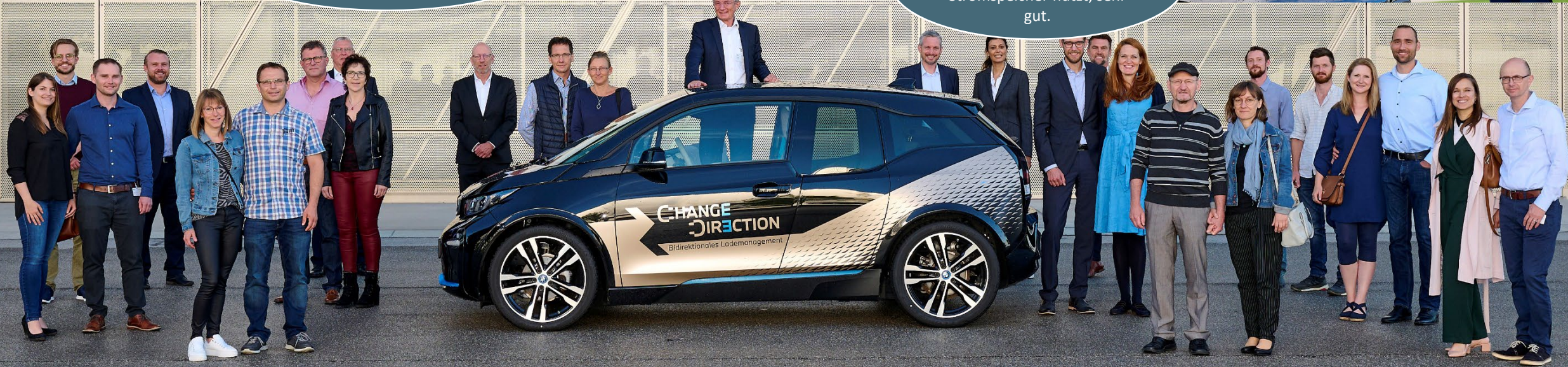
Dass man quasi am Energiemarkt teilnehmen kann.



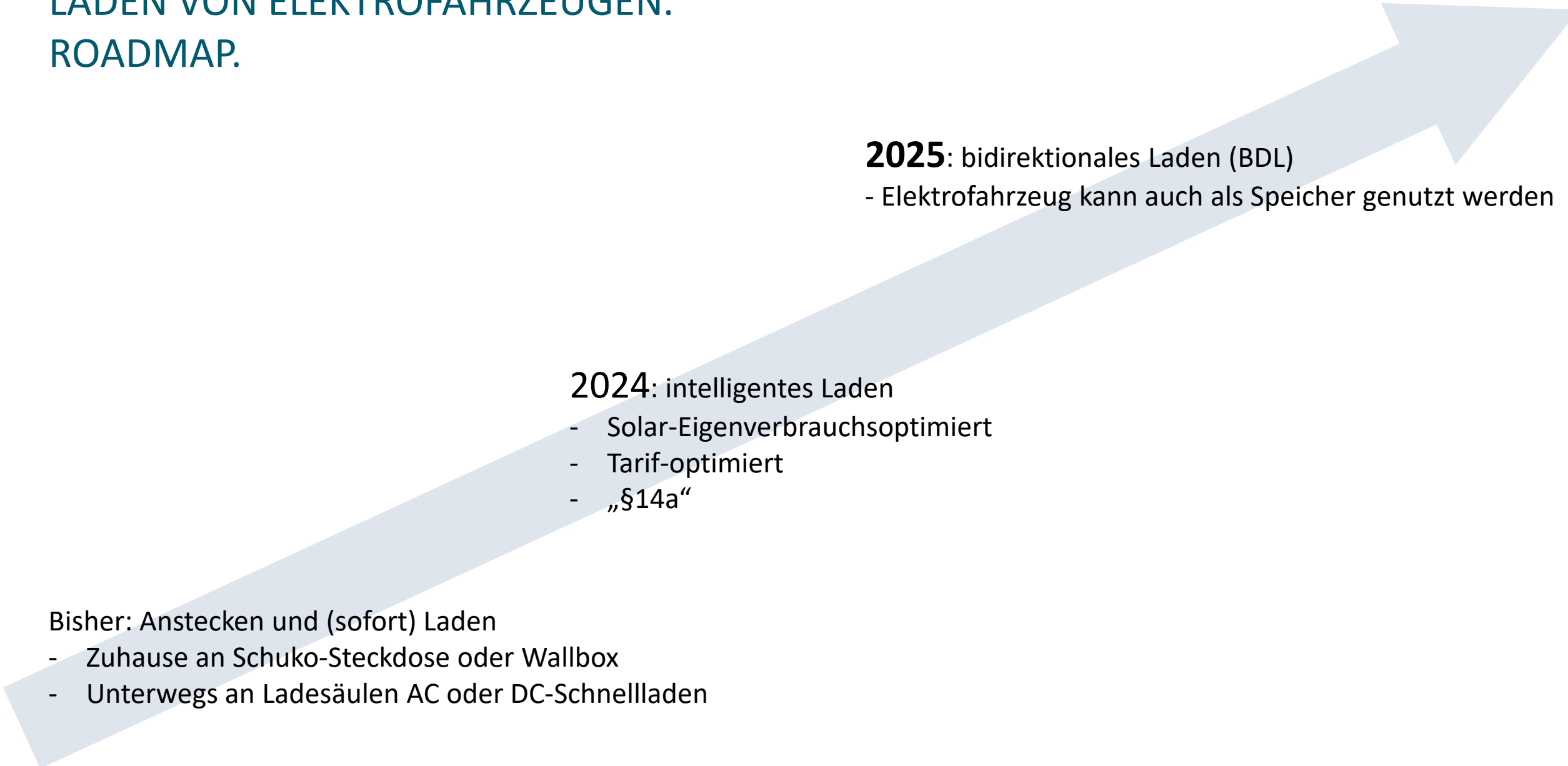
Mit dem BDL habe ich jetzt einen zusätzlichen Speicher.



Ich finde den Ansatz, daß man die Batterie des Autos als Stromspeicher nutzt, sehr gut.



LADEN VON ELEKTROFAHRZEUGEN. ROADMAP.



2025: bidirektionales Laden (BDL)
- Elektrofahrzeug kann auch als Speicher genutzt werden

2024: intelligentes Laden

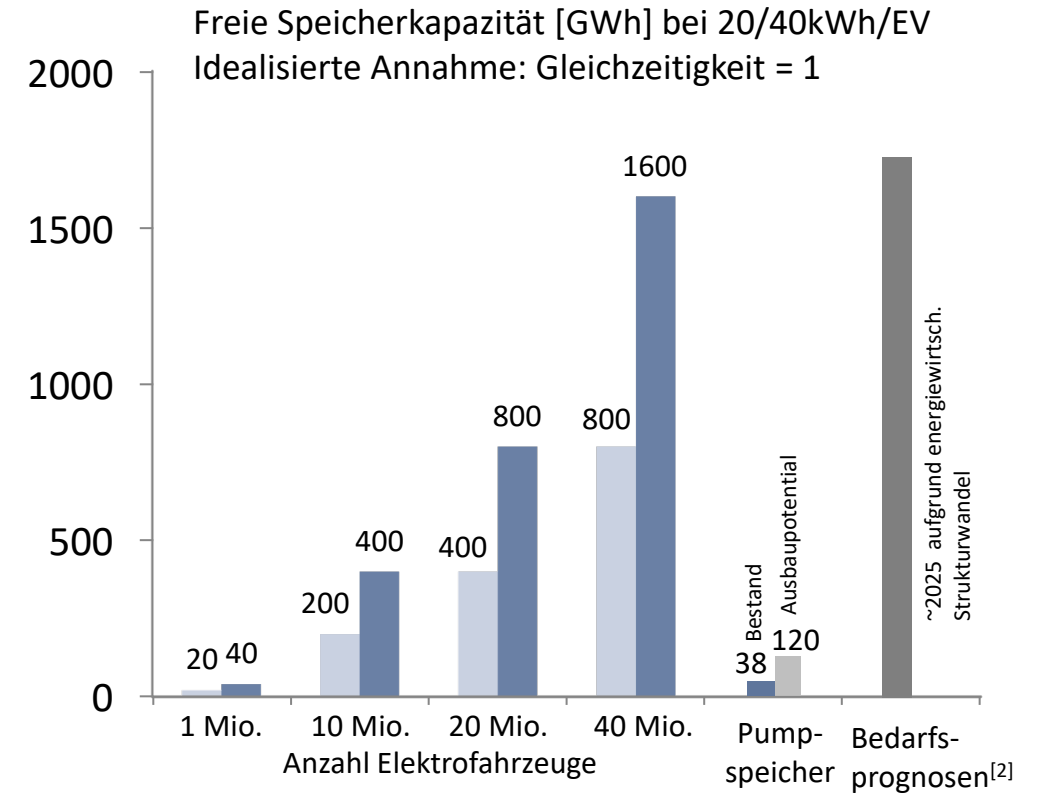
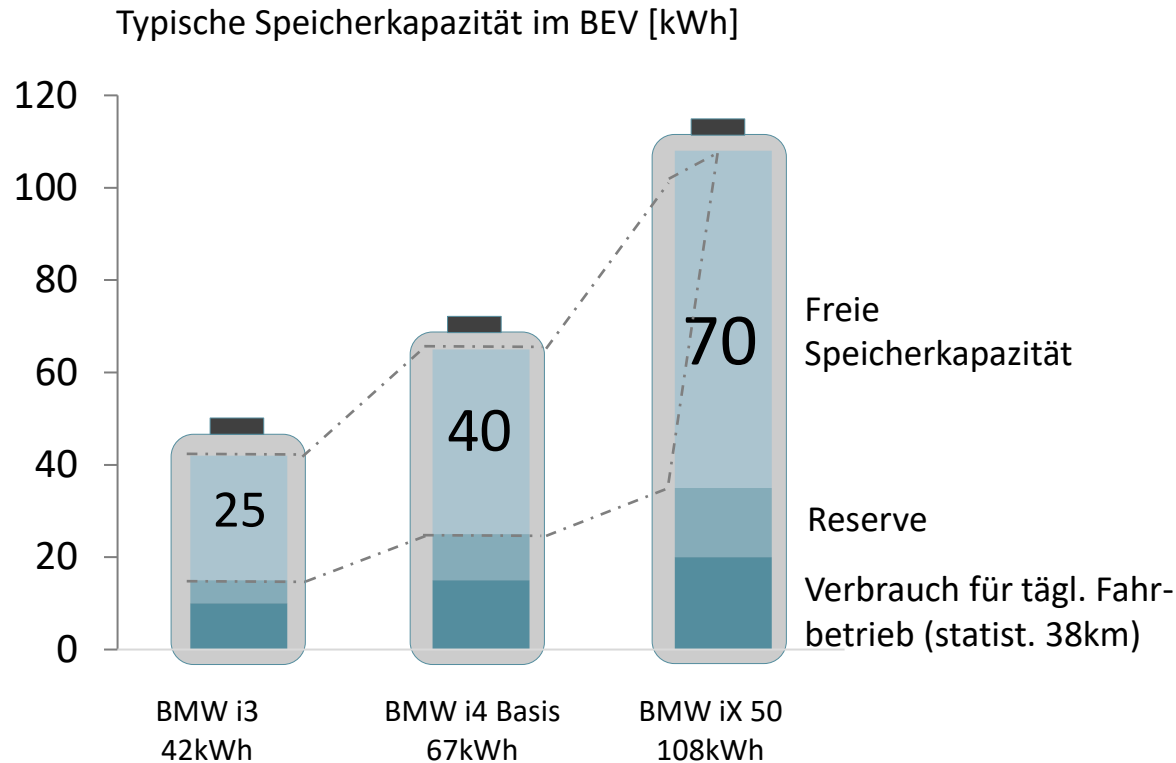
- Solar-Eigenverbrauchsoptimiert
- Tarif-optimiert
- „§14a“

Bisher: Anstecken und (sofort) Laden

- Zuhause an Schuko-Steckdose oder Wallbox
- Unterwegs an Ladesäulen AC oder DC-Schnellladen

GRENZBETRACHTUNG SPEICHERKAPAZITÄT. BDL KANN GROßE POTENZIALE ERSCHLIEßEN.

BEV 2024: Speicher 40 ... 100 kWh → Haushaltsstromverbrauch ca. 8kWh/Tag – Fahrbedarf ca. 10kWh/Tag



► Chance: Vermarktung der Speicherkapazität in den Energie- und Regelleistungsmärkten

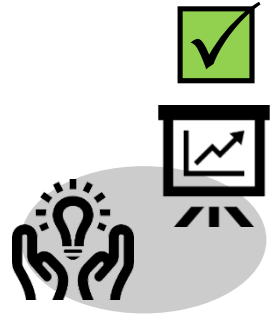
► Zuwachs an Speicherkapazität und Reichweite

Quellen: Auer, Deutsche Bank (DB) Research: Moderne Stromspeicher, Unverzichtbare Bausteine der Energiewende, 01/2012. Speicherbedarfsprognosen. Prämissen E-Fzg.: Lade(anschluß)leistung AC 11-22kW, DC bis zu 350kW; Entladestrom Rückspeisen <11kW, typisch <5kW; Energieverbrauch p.a. 3650kWh (10 kWh/Tag); Kraftfahrtbundesamt https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/pseudo_verkehr_in_kilometern_node.html; Prämissen 2030: 20-40kWh nutzbarer Speicherkapazität für untertägige Ausgleichsdienste und 10 Mio BEVs

PROJEKTZIELE. ELEKTROFAHRZEUGE STÜTZEN DAS STROMNETZ.



Use Cases zur
System-dienlichen
Nutzung von
Flexibilitäten



Wirtschaftliche
Umsetzung techn.
Lösungskonzepte zu
den Use Cases



Prüfung Regulatorik
auf Umsetzbarkeit
der Use Cases //
Kompatibilität zum
GDEW, EnWG



Demonstration der
Kundenwertigkeit,
sowie der
Systemdienlichkeit



Nachweis der
Wirtschaftlichkeit
und des CO₂-Vorteils



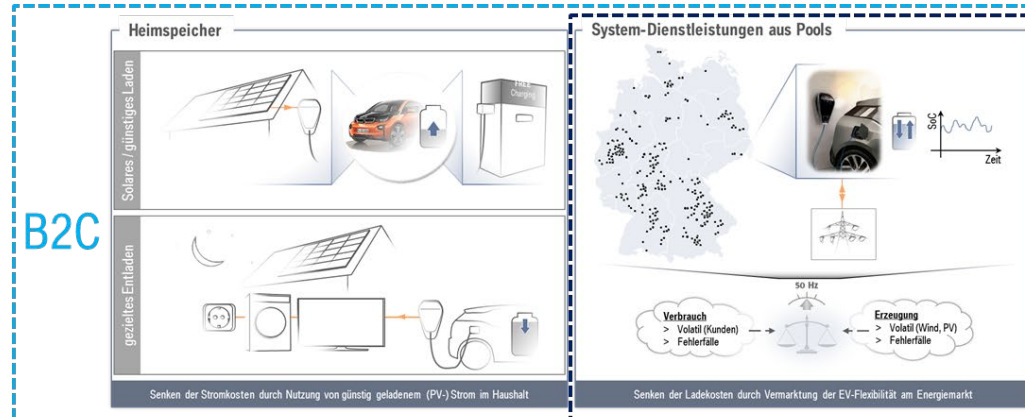
Schaffung der Basis für eine umfassende „win – win“ Situation für
Kunden,
Hersteller (OEM und Ladeinfrastruktur), Netz- und Energiewirtschaft

AUSGEWÄHLTE KUNDEN.

Zielgruppe „Private-Kunden“ (B2C – Business-to-customer)

Kernfragen:

- Wie lassen sich im Laufe eines Kalenderjahres unter den wechselnden Jahreszeiten und Witterungsbedingungen der Energieverbrauch, die Energiekosten und die CO₂-Emissionen mit Hilfe des Elektrofahrzeuges und seiner Batterie optimieren?
- Wie können darüber hinaus auch noch Kunden mit ihrem Fahrzeug an der Erbringung von Energie-Dienstleistungen teilnehmen und daraus Erlöse generiert werden?



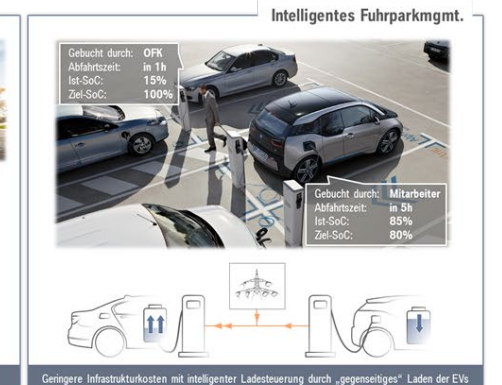
Privat-Haushalte:

- **20** BMW i3 mit Rückspeisefunktion
- Bidirektionale DC-Wallbox
- Intelligentes Messsystem mit SMGW
- Heimenergie-Management (HEMS)
- Netzüberwachung und Steuerung nach §14a ENWG
- Systemdienstleistungen, Inselbetrieb

Gewerbe- / Industriebetriebe:

- **30** BMW i3 mit Rückspeisefunktion
- Bidirektionale DC-Wallbox/Ladeinfrastruktur
- Intelligentes Messsystem mit SMGW
- Building-Management (BEMS)
- Fuhrpark-Management
- Systemdienstleistungen

B2B

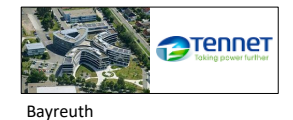
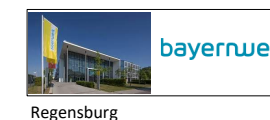


Zielgruppe „Gewerbliche Betreiber von Fuhrparks mit Elektrofahrzeugen“ (B2B – Business-to-Business)































Kernfragen:

- Wie können mit Hilfe der Elektrofahrzeuge und des bidirektionalen Ladens Leistungsspitzen beim Strombezug vermieden werden?
- Welche Einsparungen können somit bei Invest für die Errichtung der Ladeinfrastruktur und bei den jährlichen Stromkosten entstehen?

Flottenkunden:



ÜBERSICHT DER BDL USE CASES.

Erlösart	Name	Kundengruppe
V2G 	Zeitliche Arbitrage 	 
	Regelleistung 	 
	Lokale Netzdienstleistung (§14a)	 
	Redispatch 	 
	Blindleistungsbereitstellung	 
	Echter Grünstrom (CO ₂ Laden)	 
V2H 	Eigenverbrauchserhöhung 	
	Tarifoptimiertes Laden/Entladen	
V2B 	Spitzenlastkappung 	 
	Flottenmanagement	 
Sonstige	Notstromversorgung	 
	Powerbox	 



Zu Hause/SLP-Kunde



Gewerbe/RLM-Kunde



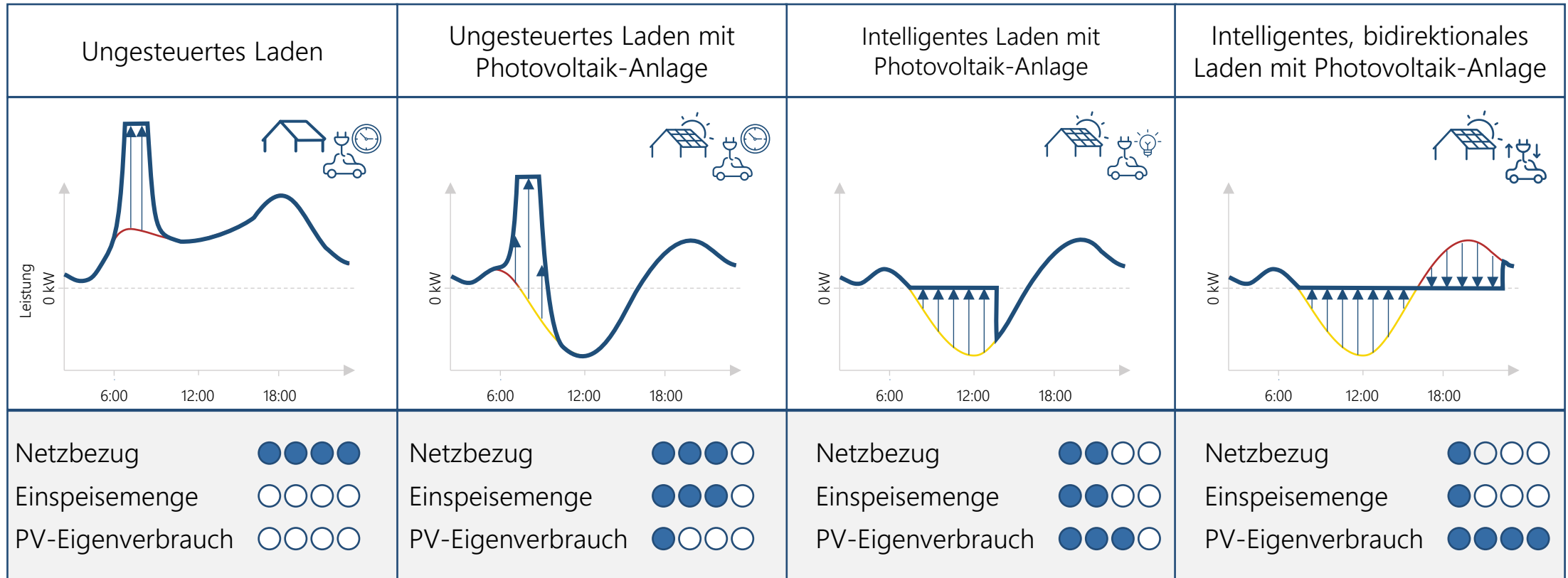
Netz/Markt/System



Im Pilotbetrieb getestet

PV-EIGENVERBRAUCHSOPTIMIERUNG.

Durch bidirektionales Laden kann mehr selbsterzeugte PV-Energie genutzt werden.



— Haushalt

— Last mit E-Fahrzeug.

— PV-Einspeisung

↑↑ Laden

↓↓ Entladen

ERFAHRUNGEN AUS DEM BDL-PROJEKT: PV USE CASE IN ZAHLEN.

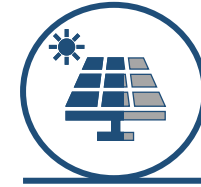
Pilotbetrieb mit bis zu 15 Fahrzeugen über ein Jahr.



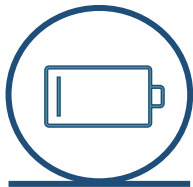
07:00 meist
gewählte Abfahrtszeit



13,7 Stunden Ansteckdauer pro Tag
(57 % Verfügbarkeit) Werktag
15,6 Stunden Ansteckdauer pro Tag
(65% Verfügbarkeit) Wochenende



~ 71% PV Strom Anteil



~3.762 kWh entladen



~8.438 kWh geladen



116 € durchschnittliche
Einsparung pro Kunde

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

SENSITIVITÄTSANALYSE EIGENVERBRAUCHSERHÖHUNG.

Wichtige Kennwerte:



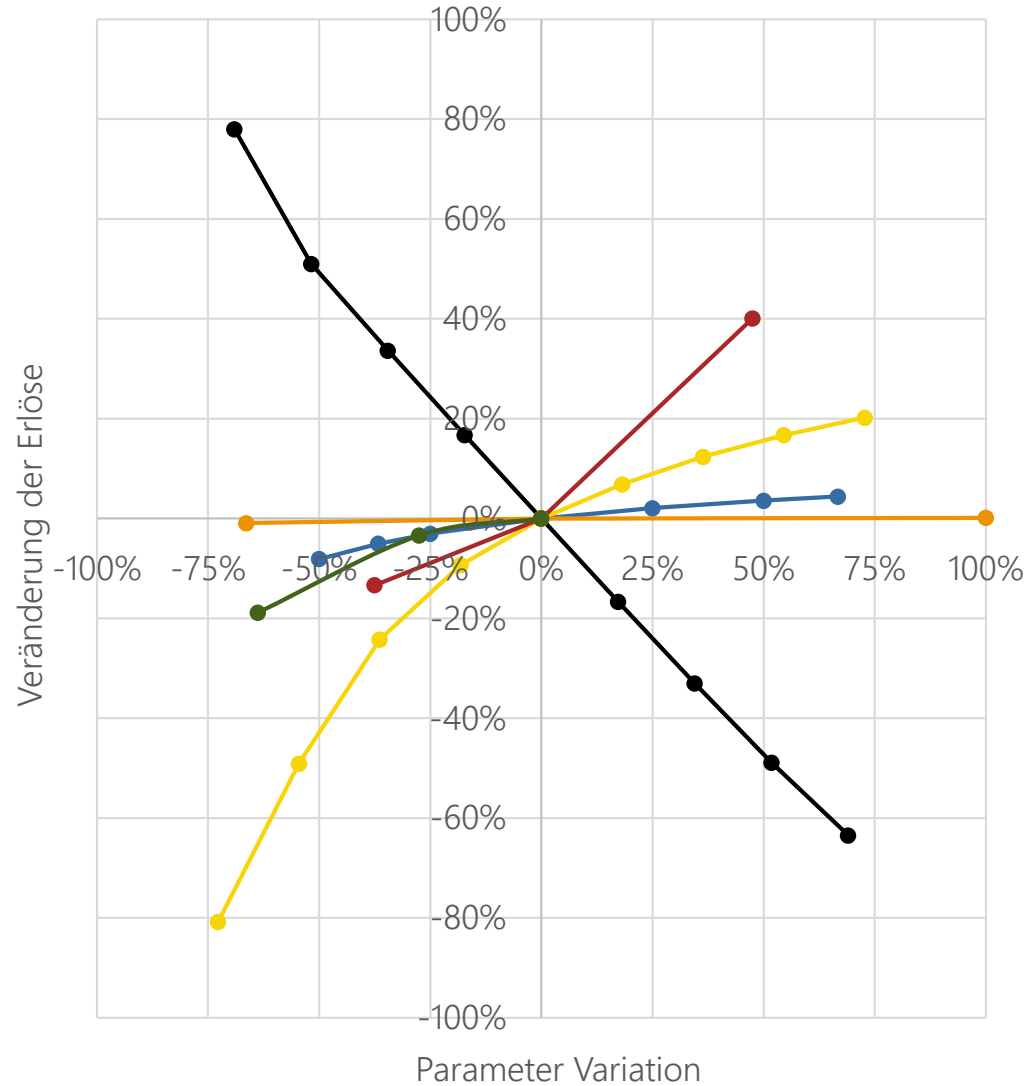
Haushalt-Stromverbrauch und Stromtarif
4.000 kWh
29.9 ct/kWh



Fahrzeuggatteriekapazität und Ladeleistung, Fahrprofil
60 kWh
11 kW
Nichtpendler



PV-Anlage und EEG-Vergütung
5,5 kWp
11,6 ct/kWh



- EV Speicherkapazität
- Haushalt Jahresverbrauch ★
- PV Leistung ★
- EVSE Leistung
- PV Einspeisevergütung ★
- Max. Betriebsstunden

PV Einspeisevergütung, PV-Leistung und Stromverbrauch sind stärkste Einflussfaktoren auf die Erlöse

V2H TOOL ZUR BESTIMMUNG DER ERSPARNISSE DURCH GESTEUERTES BZW. BIDIREKTIONALES LADEN MIT PV-ANLAGE.



Eingabe:



Stromverbrauch



Strompreis



PV-Größe



EEG-Vergütung



Jährl. Fahrleistung



Ergebnisse:



Ersparnisse

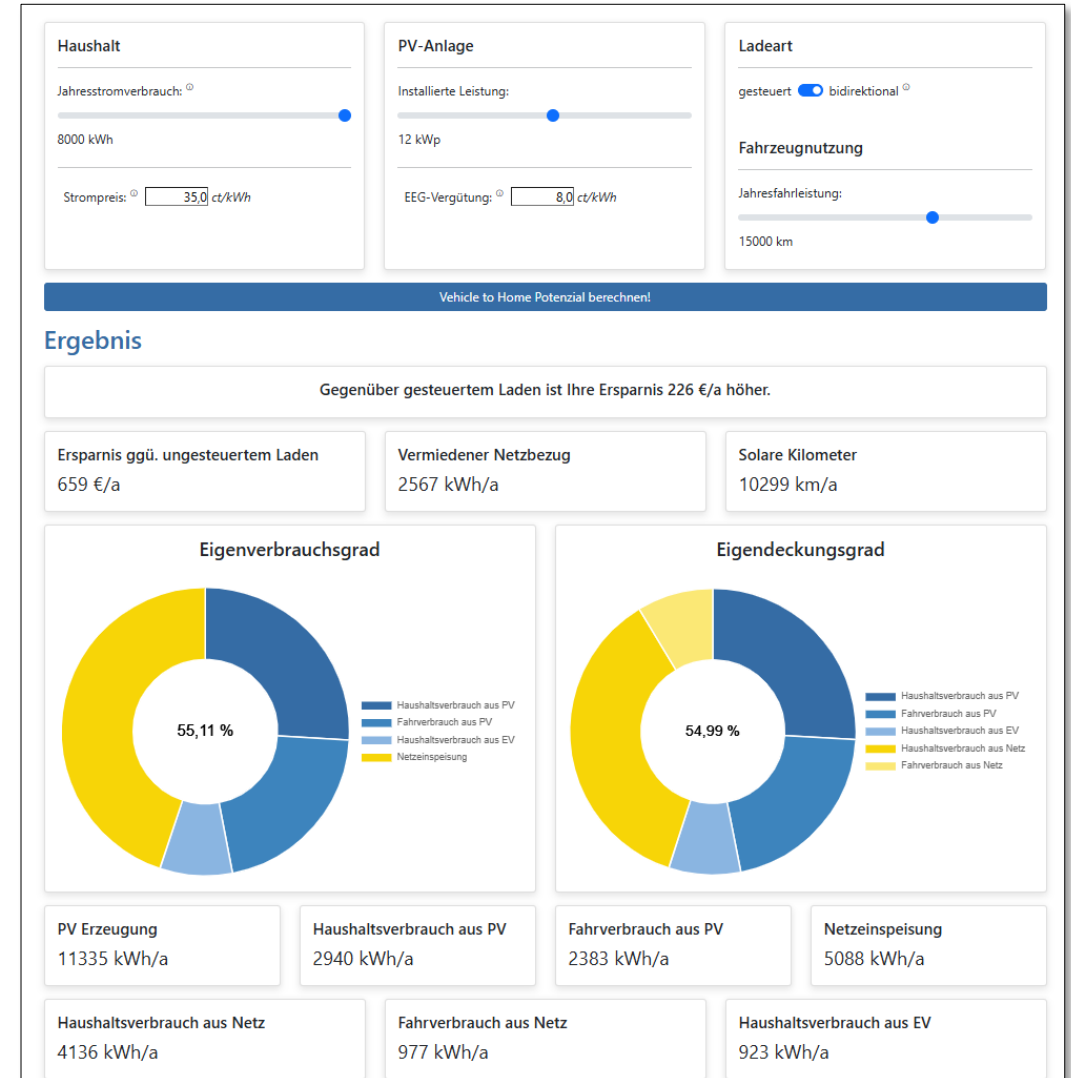


Vermiedener Netzbezug



Solare Kilometer

Gerne ausprobieren unter v2h.ffe.de

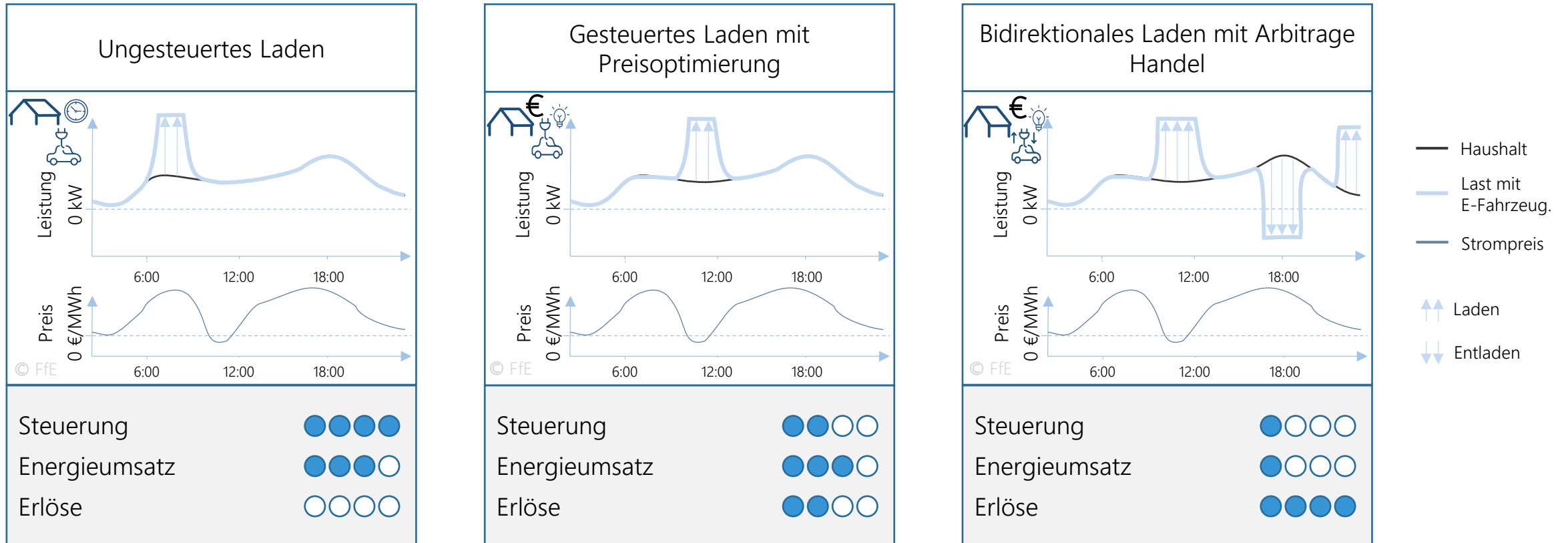


PV USE CASE: BDL VERGLEICH MIT HEIMSPEICHER.

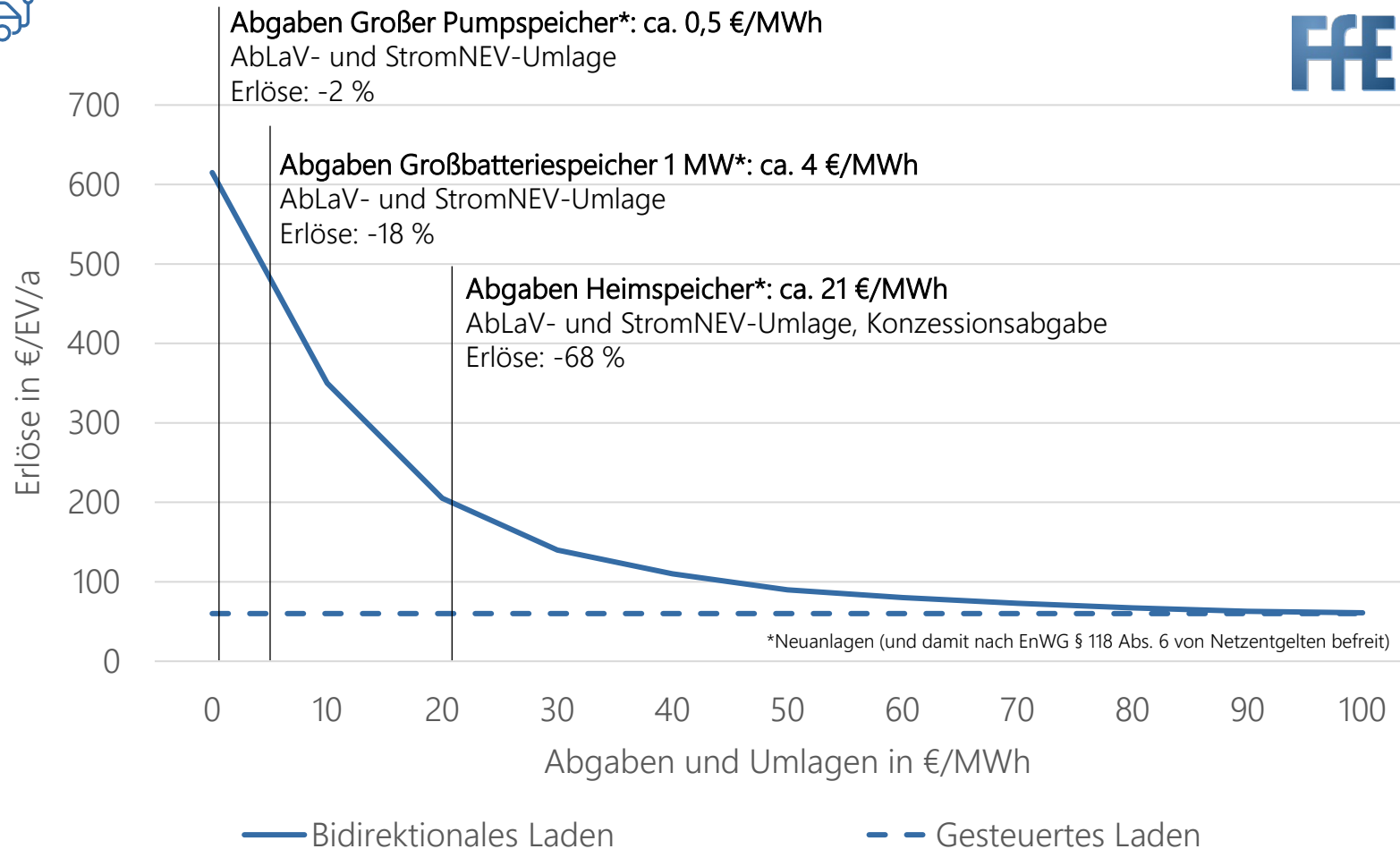
	Heimspeicher	BDL Fahrzeug
Verfügbarkeit	Immer Verfügbar	Begrenzt Verfügbar
Wirkungsgrad (insbesondere Teillast)	Gut	Nicht optimal
Leistung	Typisch: 3 bis 6 kW	11 bis 22 kW
Energie	Typisch: 5-20kWh	60 kWh (bei Ziel SoC 40% und 100kWh)
Anschaffungskosten	€€€	€

V2G: INTRADAY ARBITRAGE HANDEL.

Durch bidirektionales Laden können Preisunterschiede ausgenutzt werden.



EINFLUSS DER REGULATORIK AUF ERLÖSPOTENZIALE - ABGABEN UND UMLAGEN.

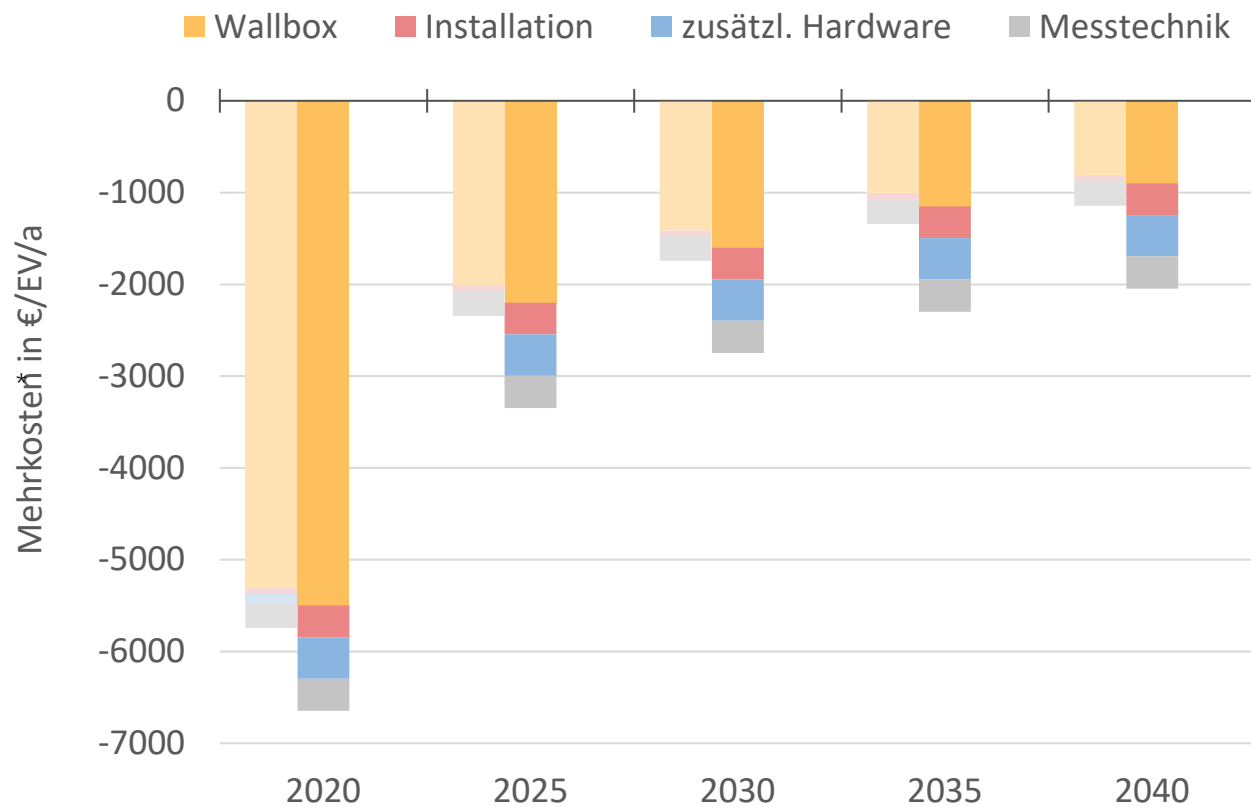


- Annahmen**
- Handel am Intraday-Markt
 - EV: 11 kW, 100 kWh
 - Nicht-pendler

Bidirektionales EV: ca. 220 €/MWh
 Alle Abgaben/Umlagen
 Erlöse: -90 %

Fazit: Einordnung als stationärer Speicher ist Grundvoraussetzung für zeitliche Arbitrage!

MEHRKOSTEN FÜR BIDIREKTIONALES LADEN AUS AKTEURSSICHT.



* reale Kosten (inflationsbereinigt)

Wichtigste Einflussfaktoren

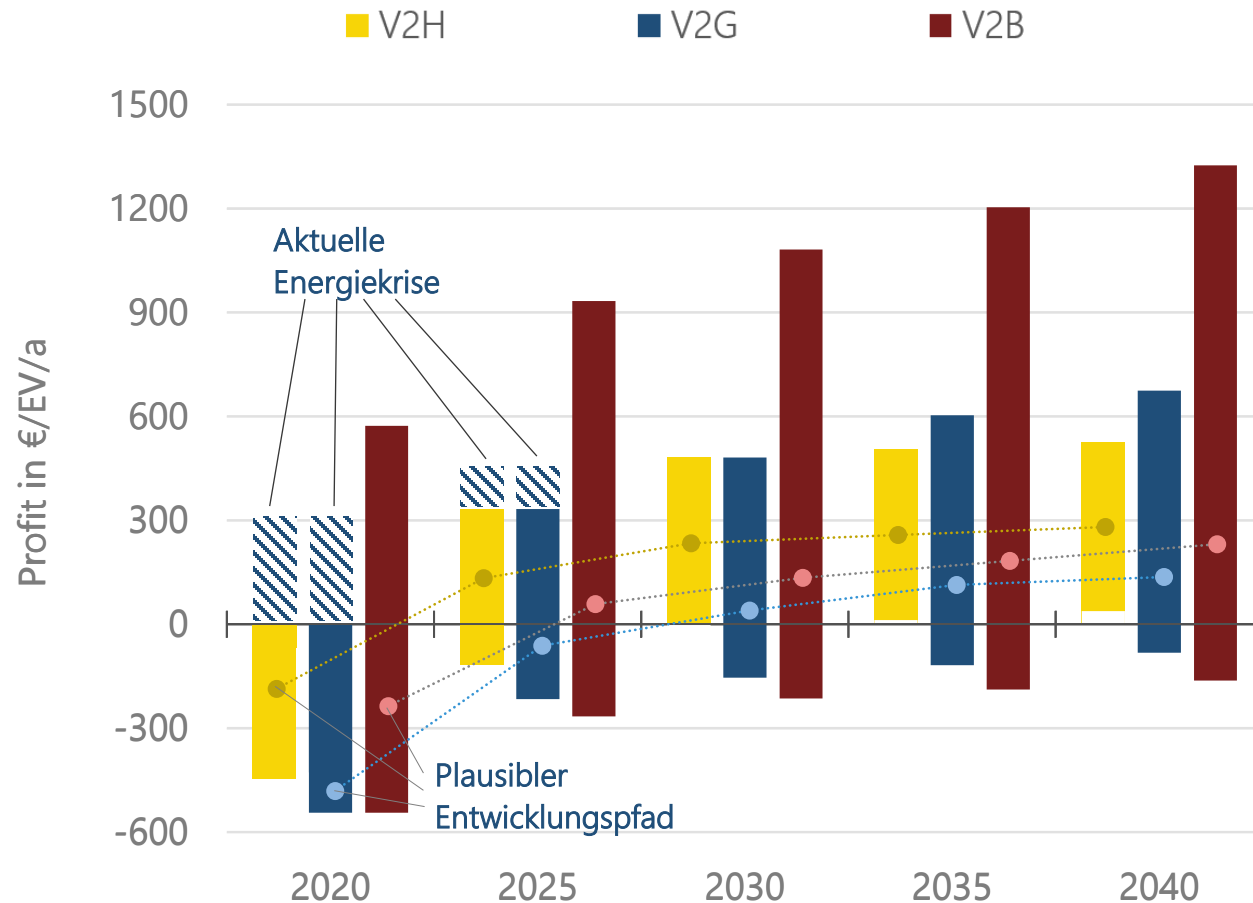
Wallbox:

- Starke Reduktion der Anschaffungskosten mit der Zeit
- Dauerhafte Mehrkosten aufgrund des zusätzlichen Wechselrichters
- Installations-Mehrkosten vor allem aufgrund von zusätzl. Netzkabel

Messtechnik:

- Falls iMSys nicht verpflichtend ist, wird dies zusätzlich verbaut
- Zukünftig häufig verpflichtender iMSys-Einbau aufgrund hoher Jahresverbräuche (> 6.000 kWh/a)

FÜR GEEIGNETE NUTZERGRUPPEN KÖNNEN ALLE BETRACHTETEN USE CASES ZUKÜNFTIG WIRTSCHAFTLICH WERDEN.



Wichtigste Einflussfaktoren

V2H Use Cases:



- Spread Haushaltsstrompreise und Einspeisevergütung
- PV-Anlagengröße und Haushaltsgröße

V2G Use Cases:

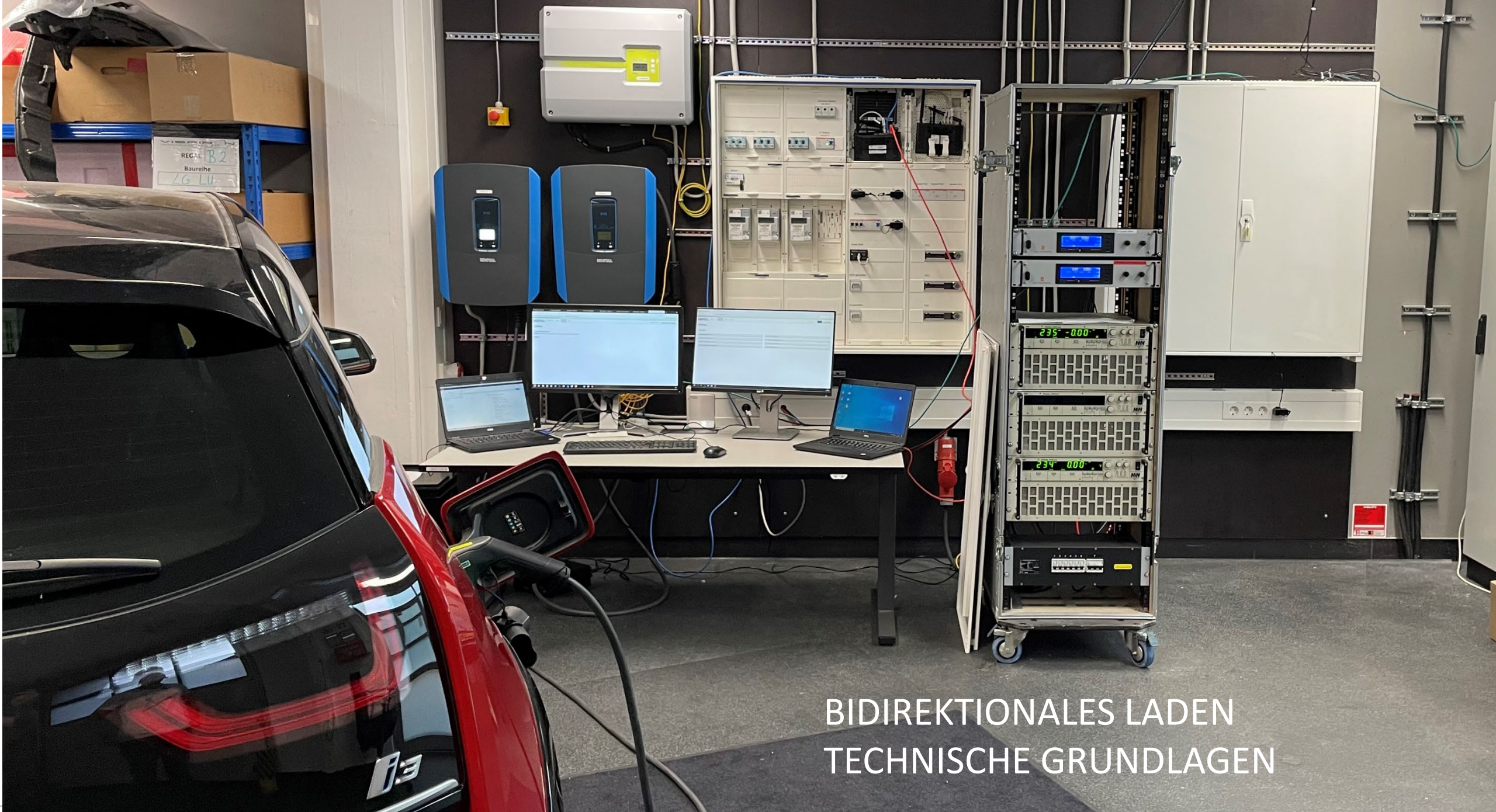


- Regulatorik: Befreiung Abgaben und Umlagen
- Entwicklung Marktpreise und EV Charakteristik

V2B Use Cases:



- Entwicklung Leistungspreise in Netzentgelten
- Lastcharakteristik Unternehmen



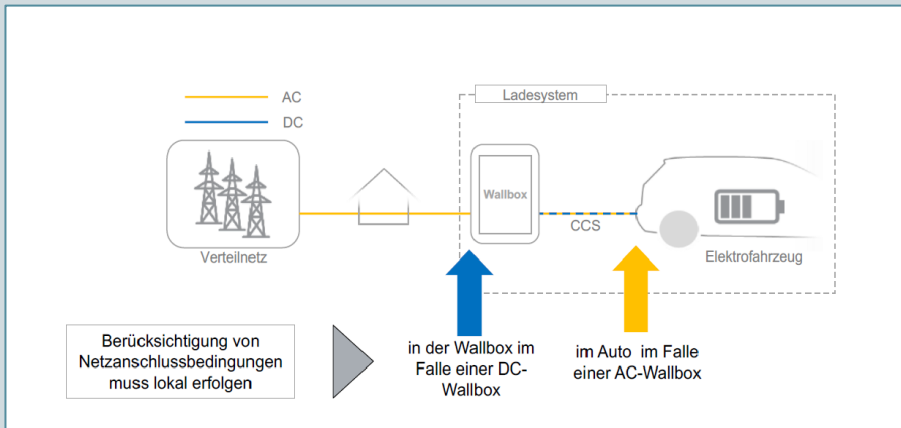
BIDIREKTIONALES LADEN TECHNISCHE GRUNDLAGEN

KONZEPTVERGLEICH AC VS. DC-RÜCKSPEISEN – ZUSAMMENFASSUNG.

Umfeld & Wettbewerb

- Trend zu DC-Rückspeisen, vereinzelt Experimente mit AC-Rückspeisen (Renault)
- Marktangebot an Wallboxen fast ausschließlich für bidirektionale DC-Wallboxen

Schema der technischen Umsetzung (Quelle: VDA)

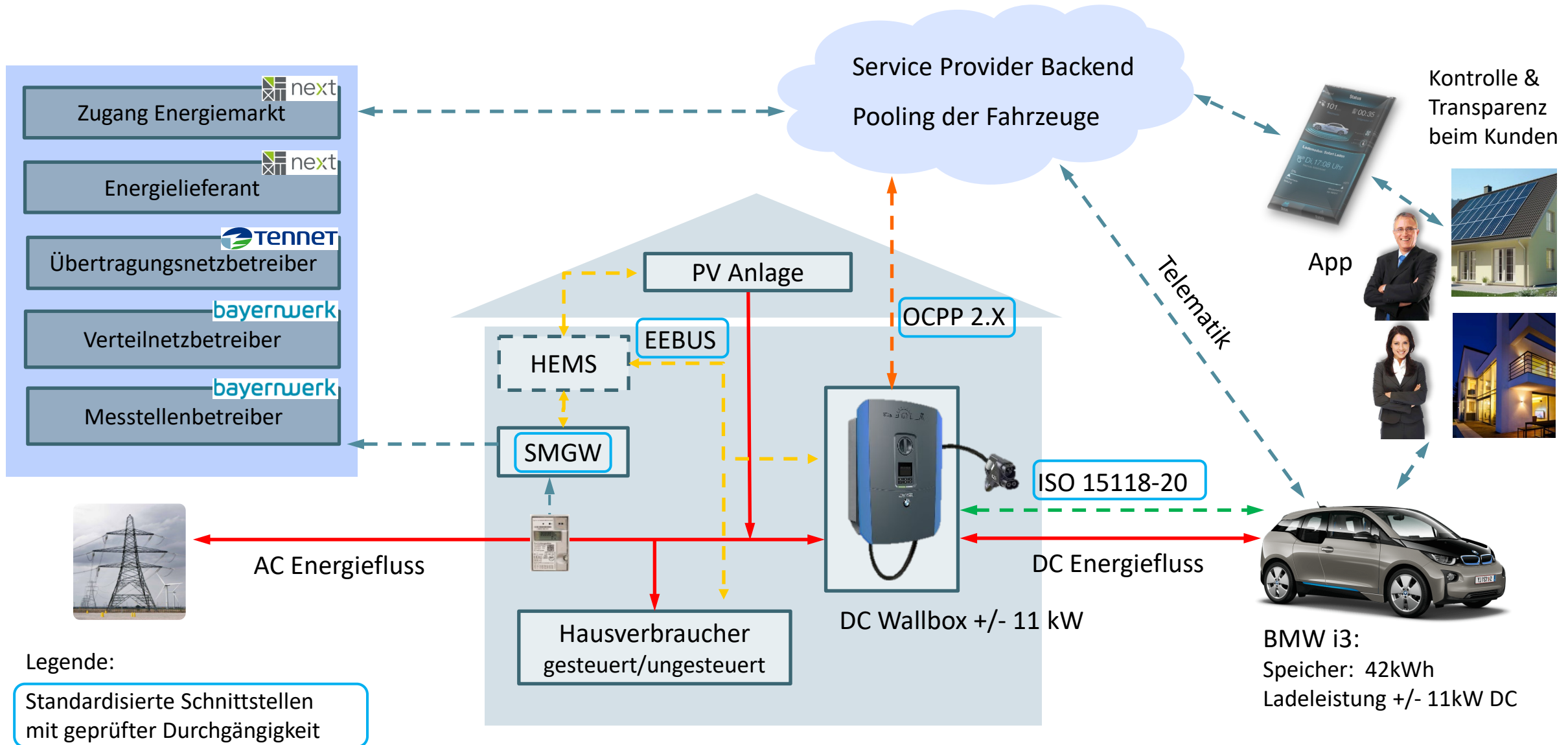


→ Technische Umsetzbarkeit beider Varianten möglich

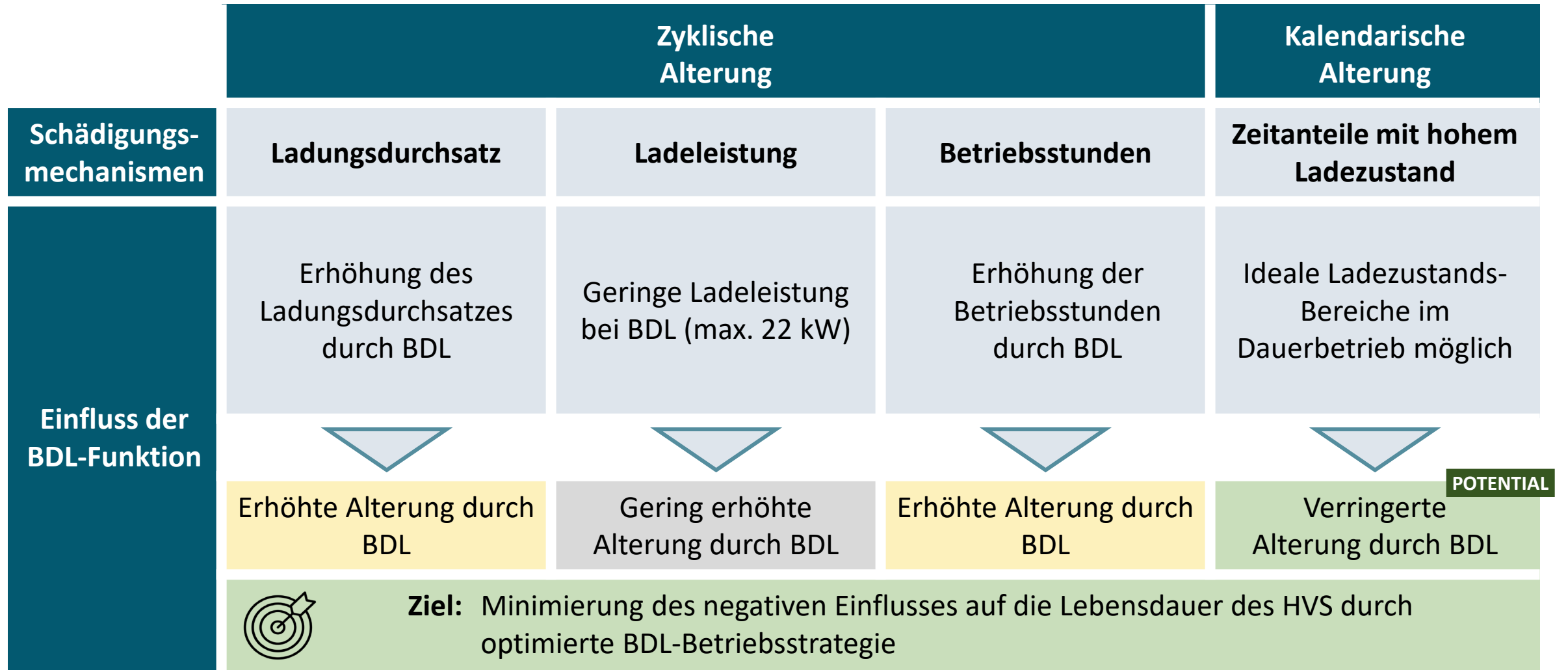
Vor- und Nachteile der Rückspeise-Konzepte

Vorteile DC-Rückspeisen	Nachteile DC-Rückspeisen
<ul style="list-style-type: none"> • Erfüllung länderspezifischer Netzanschlussrichtlinien durch Wallbox-Hersteller • Breites Wettbewerberangebot durch bekannte Technologie aus PV-Sektor (Leistungselektronik) • Verwendung etablierter Ladetechnologie (CCS) 	<ul style="list-style-type: none"> • Höhere Kosten für DC-Wallbox
Vorteile AC-Rückspeisen	Nachteile AC-Rückspeisen
<ul style="list-style-type: none"> • Geringere Kosten für AC-Wallbox (dennoch höher als für unidirektionale AC-Wallbox!) 	<ul style="list-style-type: none"> • Bidirektionaler Wandler im Fahrzeug → Kostenmehrung aufgrund Technik, Bauraum, Gewicht und Systemkomplexität • Hoher Aufwand für Absicherung länderspezifischer Netzanschlussrichtlinien (26 EU Länder → 26 Varianten) • Erfüllung von Sicherheitsanforderungen im Fahrzeug, bspw. „Trenntrafo“ für galvanische Trennung

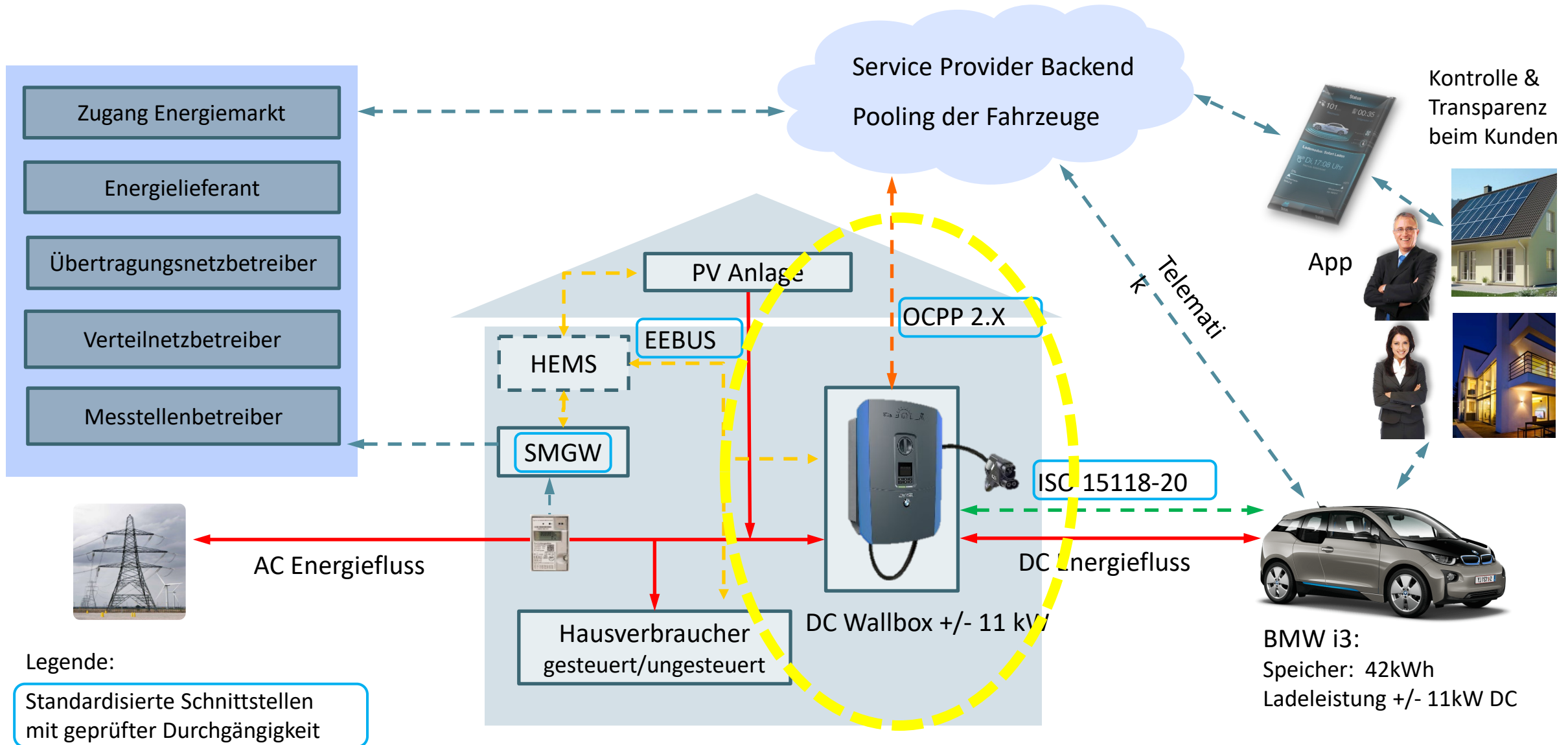
DIE BDL SYSTEMARCHITEKTUR.



EINFLUSS DES BIDIREKTIONALEN LADENS AUF DIE ALTERUNG DES HOCHVOLTSPEICHERS.



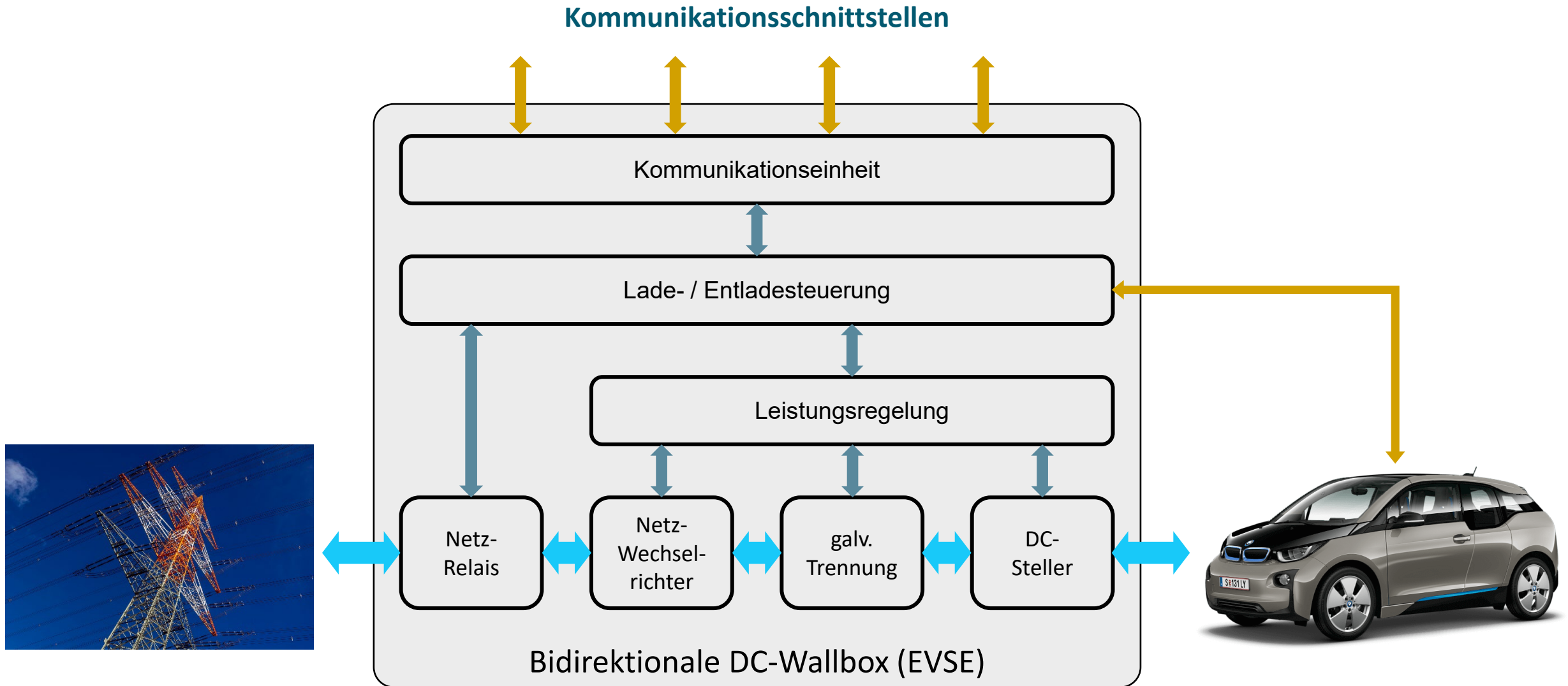
DIE BDL-WALLBOX IN DER SYSTEMARCHITEKTUR



KOMMUNIKATIONSSCHNITTSTELLEN DER BDL-WALLBOX



PRINZIP-BLOCKSCHALTBIKD DER BDL-WALLBOX



BDL APP.

LADEZIELE UND LADEMODUS.

The sequence of screenshots illustrates the app's charging interface:

- Screen 1 (Main):** Shows a car with a 'Charging' status at 5.0 kW. The State of Charge is 31% and Total BDL Points are 230. A 'Work Schedule | Monday' is active, showing a leaving time of 07:00 and a target SoC of 70%. A red battery icon in the bottom navigation bar is highlighted with a red box.
- Screen 2 (Schedule):** Accessed via the red battery icon. It shows 'Daily Setups' with a Target SoC of 50%. A 'Work Schedule' for Monday is selected, with a leaving time of 12:00. A red box highlights this schedule entry.
- Screen 3 (Setup):** Accessed via the red box in the previous screen. It shows a circular dial for 'Setup' with a leaving time of 12:00 and a target SoC of 50%. The dial indicates an 'Acceptable' range. A red box highlights the 'Frequency' section, which shows 'W' (Wednesday) selected.
- Screen 4 (Charging Immediately):** Accessed via the red box in the previous screen. The car is now 'Charging Immediately' at 5.0 kW. The State of Charge has increased to 80% and Total BDL Points remain at 230. A red square button in the bottom navigation bar is highlighted with a red box.

BDL APP. STATUS UND INFORMATION.

No Car Plugged
Please connect your car to the wallbox

Disconnected

State of Charge: --%

LEAVING TIME: --%
TARGET SoC: --%

Charging
5,0 kW

Connected

State of Charge: 31%
Total BDL Points: 230

Work Schedule | Monday
LEAVING TIME: 07:00
TARGET SoC: 70%

Exporting to Home
5,0 kW

Connected

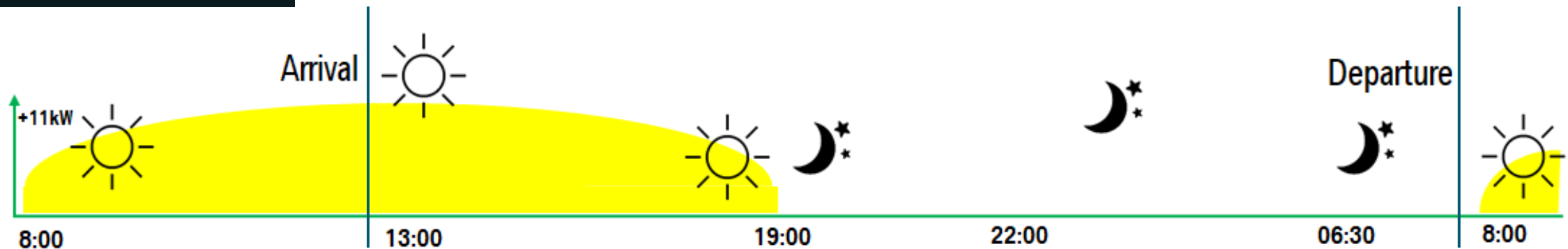
State of Charge: 80%
Total BDL Points: 230

Work Schedule | Monday
LEAVING TIME: 07:00
TARGET SoC: 70%

Bidirectional charging

Leaving Time: 07:00
Target SoC: 70%

Exported to Home: 10 kWh
Imported to Car: 2 kWh



BDL APP IM ENDAUSBAU – LADEHISTORIE UND AUSWERTUNG KUNDENVERHALTEN

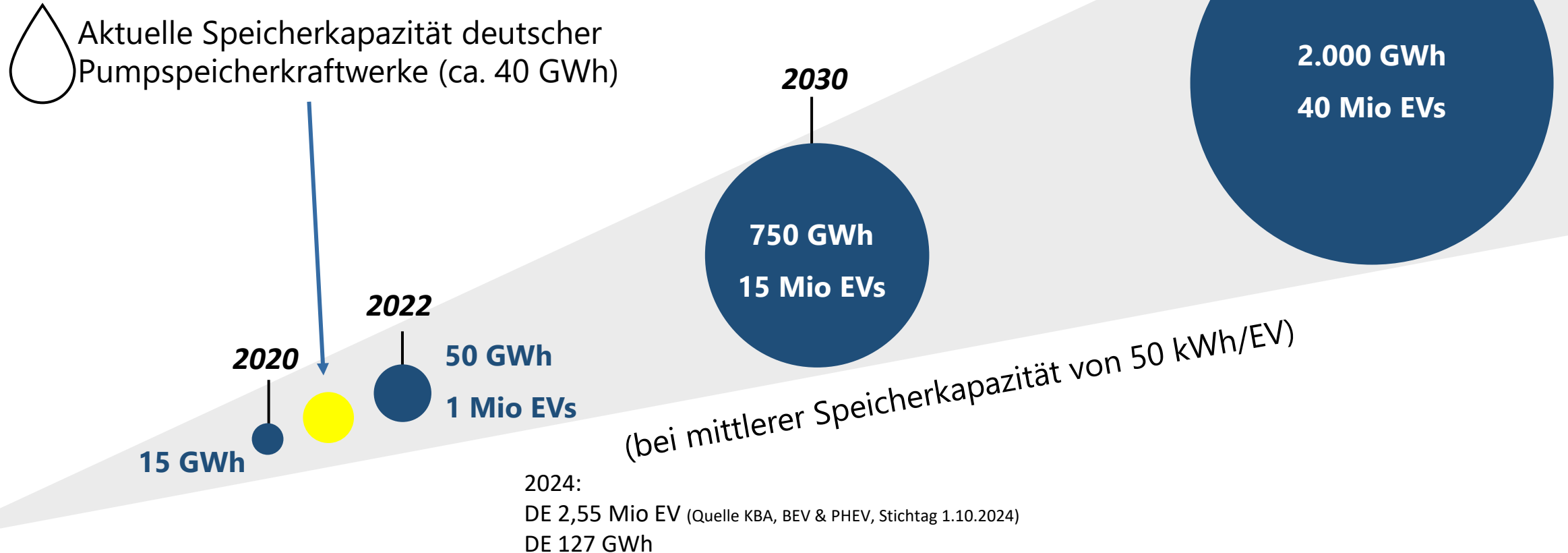


RÜCKWIRKUNGEN VON BIDIREKTIONALEN ELEKTROFAHRZEUGEN AUF DAS ZUKÜNFTIGE, EUROPÄISCHE ENERGIESYSTEM



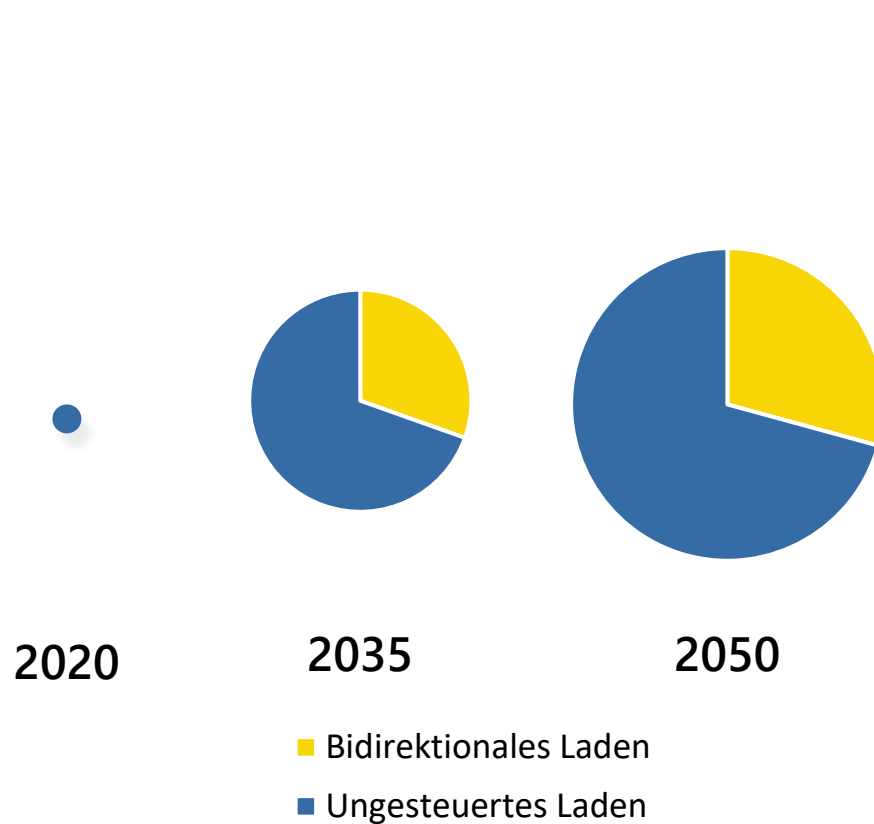
WARUM IST BIDIREKTIONALES LADEN INTERESSANT?

Betrachtung für den deutschen Markt

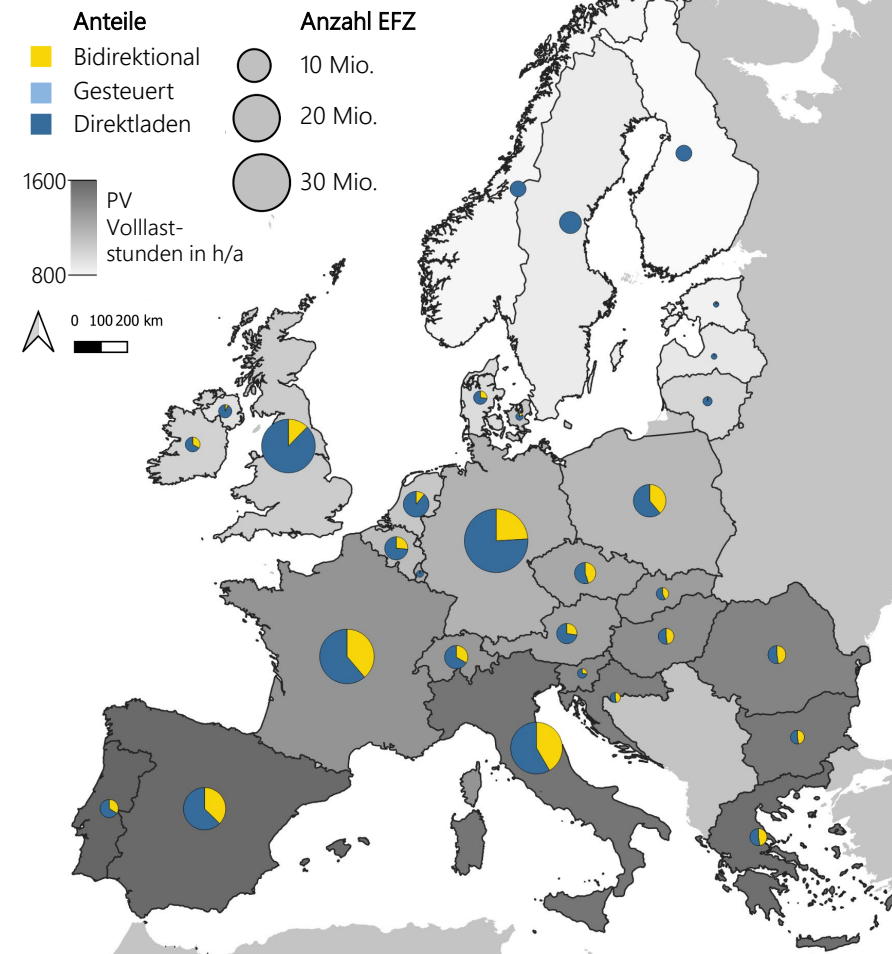


BIDIREKTIONALE EV'S WERDEN ZAHLREICH IN DAS KOSTENOPTIMALE ZUKÜNFTIGE ENERGIESYSTEM INTEGRIERT.

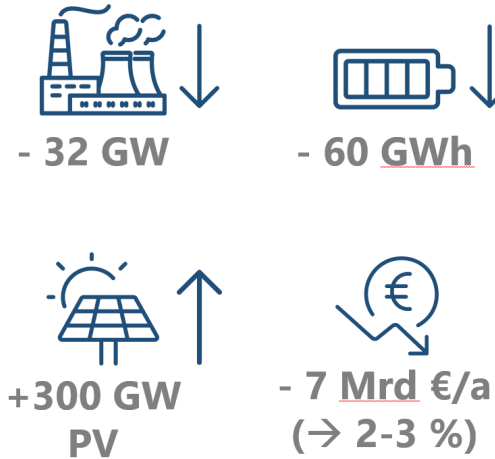
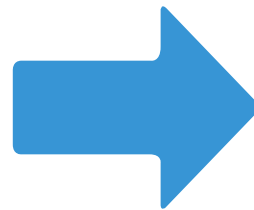
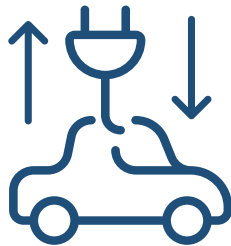
Betrachtung für den europäischen Markt



EFZ in Europa in 2050



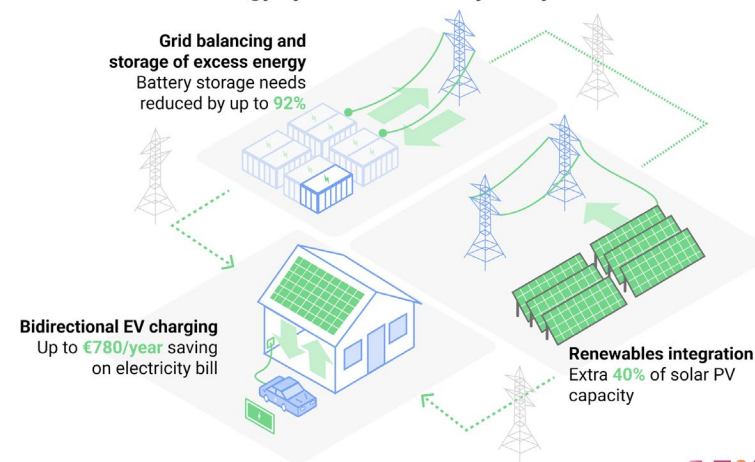
BIDIREKTIONALE ELEKTROFAHRZEUGE IM ENERGIESYSTEM HABEN VIELE POSITIVE EFFEKTE. STUDIEN MIT BEZUGSJAHR 2040



BDL-Projekt 2022

<https://www.ffe.de/en/publications/mo-delling-and-evaluating-bidirectionally-chargeable-electric-vehicles-in-the-future-european-energy-system/>

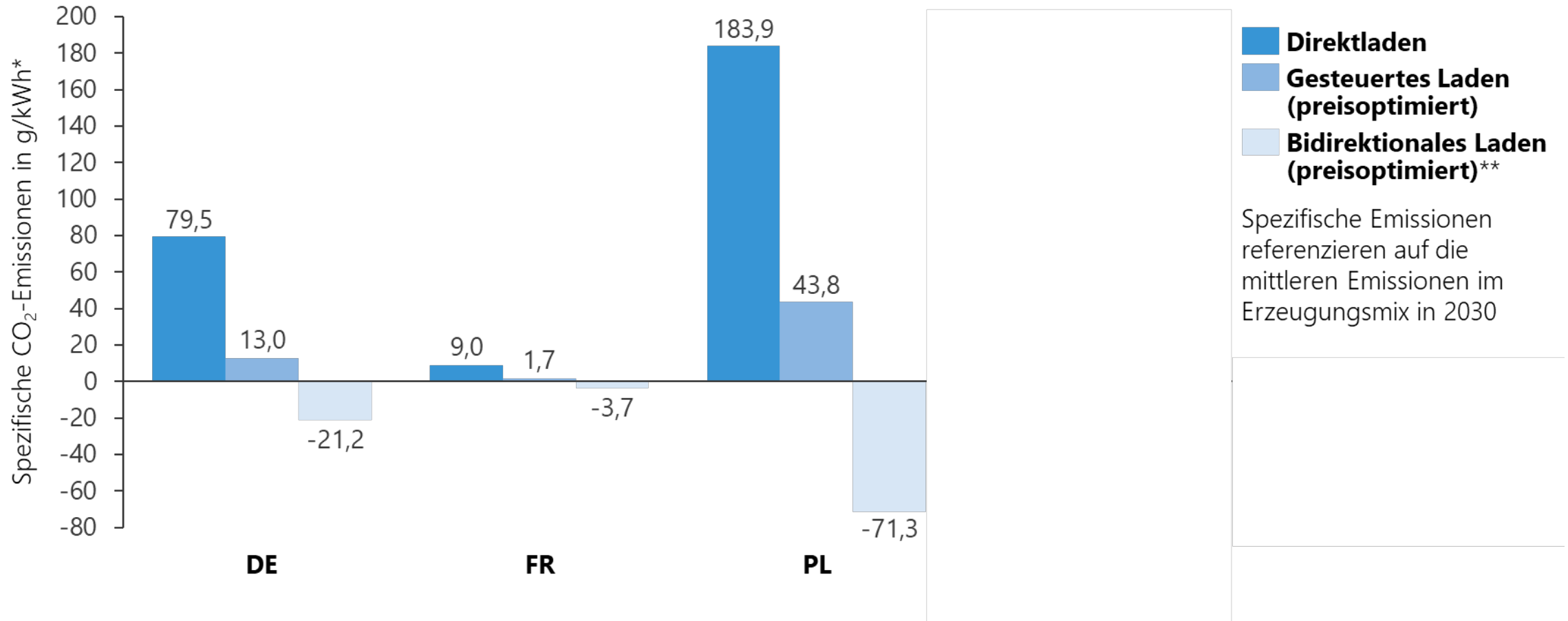
V2G can save EU energy systems €22 bn a year by 2040



Studie T&E 2024

<https://www.transportenvironment.org/articles/batteries-on-wheels-the-untapped-potential-of-ev-batteries>

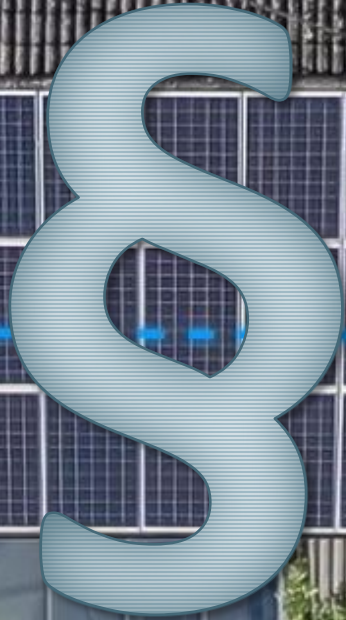
SENKEN BIDIREKTIONALE ELEKTROFAHRZEUGE DIE CO₂-EMISSIONEN? (JAHR 2030)



Spezifische Emissionen referenzieren auf die mittleren Emissionen im Erzeugungsmix in 2030

CO₂-Emissionen abhängig Ladestrategie und sonstigen Erzeugungskapazitäten

NETZANSCHLUß UND RECHTLICHER RAHMEN



GESETZLICHE UND TECHNISCHE BEGRIFFSDEFINITION.

Erneuerbare-Energien-Gesetz

EEG § 3 Ziffer 1:
„[...] als Anlage gelten auch Einrichtungen, die zwischengespeicherte Energie, die ausschließlich aus erneuerbaren Energien oder Grubengas stammt, aufnehmen und in elektrische Energie umwandeln,“

Energiewirtschaftsgesetz

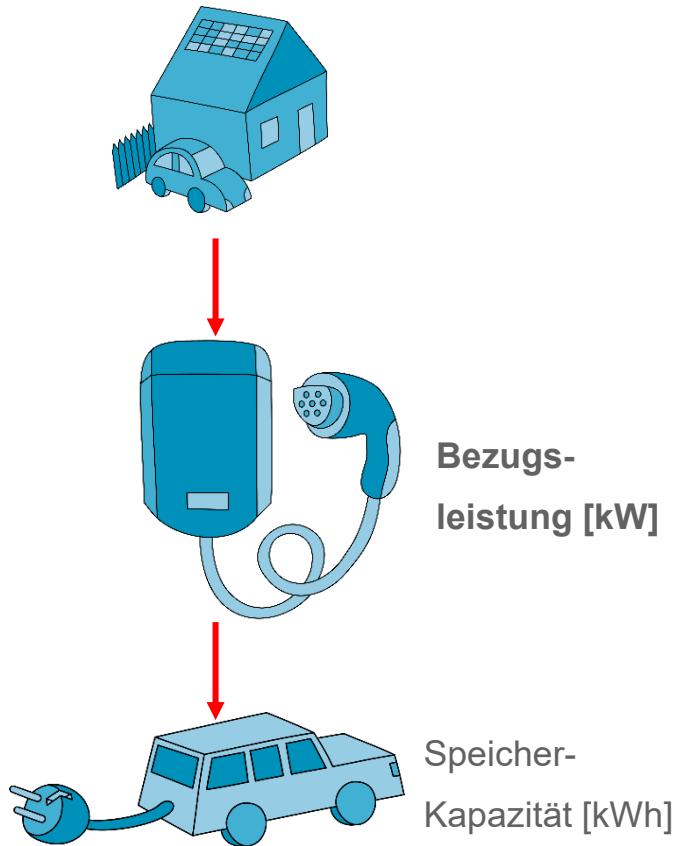
EnWG § 3 Ziffer 15d:
„Energiespeicheranlagen, Anlagen, die elektrische Energie zum Zwecke der elektrischen, chemischen, mechanischen oder physikalischen Zwischenspeicherung verbrauchen und als elektrische Energie erzeugen oder in einer anderen Energieform wieder abgeben,“

Technische Definition

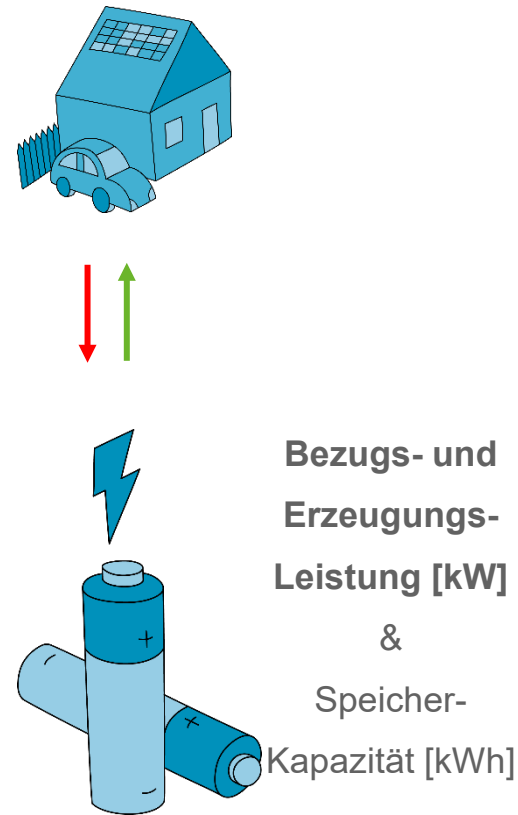
„Ein Energiespeicher ist eine energietechnische Anlage zur Speicherung von Energie in Form von innerer, potentieller oder kinetischer Energie. Ein Energiespeicher umfasst die drei Prozesse Einspeichern (Laden), Speichern (Halten) und Ausspeichern (Entladen) in einem Zyklus. Diese werden physikalisch in Form von Energiewandlern (Ein- und Ausspeichern), einer Speichereinheit (Halten) und Hilfsaggregaten realisiert, weshalb die gesamte Anlage auch als Energiespeichersystem bezeichnet wird.“

Quelle: § 3 EEG, § 3 EnWG, Michael Sterner, Ingo Stadler (Hrsg.): *Energiespeicher. Bedarf, Technologien, Integration*. 2. Auflage. Berlin / Heidelberg 2017 (S. 26)

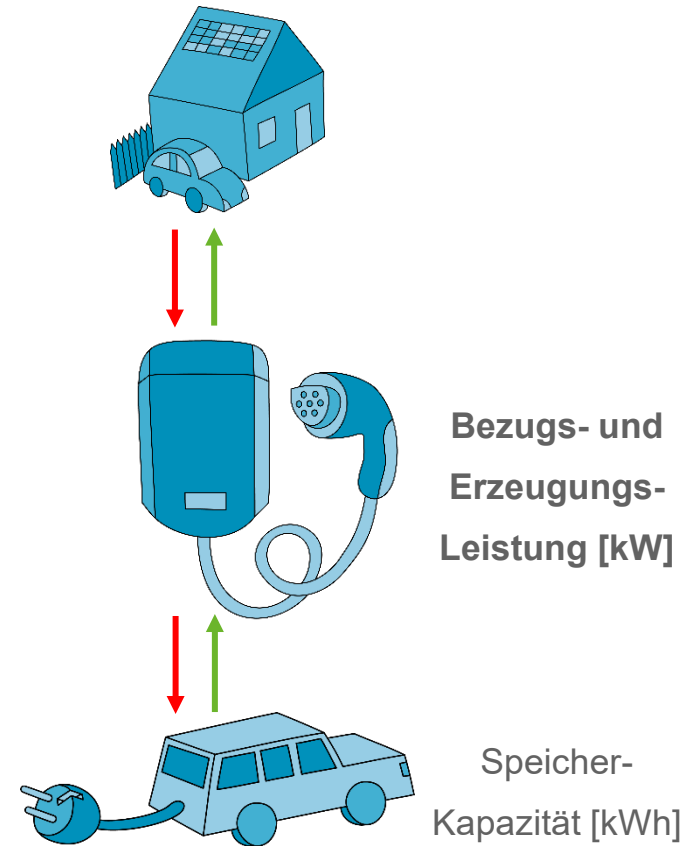
UNTERSCHIED STATIONÄRER SPEICHER UND BIDIREKTIONALE LADEEINRICHTUNG.



Unidirektionale Ladeeinrichtung
(nur Bezug)



Stationärer Speicher
(Bezug und Erzeugung)



Bidirektionale Ladeeinrichtung
(Bezug und Erzeugung)

IM NEUEN ENERGIEFINANZIERUNGSGESETZ SIND BEREITS BIDIREKTIONALE LADEEINRICHTUNGEN DEFINIERT.

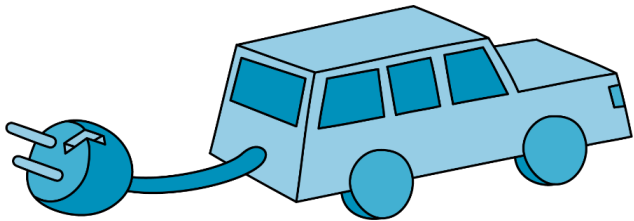
(3) Absatz 1 ist entsprechend auf Ladepunkte für Elektromobile mit den Maßgaben anzuwenden, dass ausschließlich für die Zwecke des Absatzes 1

1. Ladepunkte Stromspeichern gleichzusetzen sind,
2. der Verbrauch von über einen Ladepunkt bezogenem Strom in einem Elektromobil als in dem Ladepunkt verbraucht gilt und
3. der mit dem Elektromobil erzeugte und über den Ladepunkt in ein Netz eingespeiste Strom als mit dem Ladepunkt erzeugt gilt.

§21 Abs. 3 Satz 1 EnFG: https://www.gesetze-im-internet.de/enfg/_21.html

- Ladepunkte sind Stromspeichern gleichzusetzen
- Alles, was wir bisher zu Stromspeichern wissen, können wir auch bei Ladepunkten nutzen

WAS MÜSSEN DER KUNDE UND SEIN INSTALLATEUR TUN BEI DER EINRICHTUNG EINER BIDIREKTIONALEN WALLBOX?



1

Anmeldung der Ladeeinrichtung (Bezug) beim VNB
= geltender Prozess

2

Anmeldung der Erzeugungseinheit der Ladeeinrichtung (Erzeugung) beim VNB
= neuer Prozess

3

Installation intelligentes Meßsystem (iMSys)

4

Anmeldung im Marktstammdatenregister

< 12kVA: anmeldepflichtig
> 12kVA: zustimmungspflichtig
(§19 Abs. 2 NAV) https://www.gesetze-im-internet.de/nav/_19.html

Finaler Klärungsbedarf

Einbaupflicht bei

- Stromverbrauch > 6.000kWh p.a.
- PV-Anlagen >7 kWp
- Steuerbare Verbrauchseinrichtungen / Teilnahme an §14a

<https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Vportal/Energie/Metering/start.html>

Verpflichtende Registrierung von

- Solaranlagen
- Stromspeichern

<https://www.marktstammdatenregister.de/MarktStammdatenregister/registrierungVerpflichtendAnlagen.html>

Finaler Klärungsbedarf

FÜR BIDIREKTIONALES LADEN MÜSSEN DIE TABS FÜR BEZUG UND ERZEUGUNG ERFÜLLT SEIN.

- **VDE-AR-N 4100: Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Niederspannungsnetz und deren Betrieb**

April 2019

	VDE-AR-N 4100	VDE
	Dies ist eine VDE-Anwendungsregel im Sinne von VDE 0022 unter gleichzeitiger Einhaltung des in der VDE-AR-N 100 (VDE-AR-N 4000) beschriebenen Verfahrens. Sie ist nach der Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „letzt Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	FNN
Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet.		
ICS 29.240.01	Ersatz für VDE-AR-N 4101:2015-09 und VDE-AR-N 4102:2012-04 Siehe Anwendungsbeginn	
<p>Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Niederspannungsnetz und deren Betrieb (TAR Niederspannung)</p> <p>Technical rules for the connection and operation of customer installations to the low voltage network (TAR low voltage)</p> <p>Exigences techniques pour la connexion et l'opération des installations des clients au réseau à basse tension (TAR basse tension)</p>		
Gesamtumfang 91 Seiten		
VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.		
<small>© DIN Deutsches Institut für Normung e. V. und VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. Preisgr. 48 € Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN, Berlin, und des VDE, Frankfurt am Main, gestattet. Vertrieb durch VDE VERLAG GmbH, 10625 Berlin VDE-Vertr.-Nr. 0105514</small>		

- **VDE-AR-N 4105: Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz**

November 2018

	VDE-AR-N 4105	VDE
	Dies ist eine VDE-Anwendungsregel im Sinne von VDE 0022 unter gleichzeitiger Einhaltung des in der VDE-AR-N 100 (VDE-AR-N 4000) beschriebenen Verfahrens. Sie ist nach der Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „letzt Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	FNN
Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet.		
ICS 29.160.40	Ersatz für VDE-AR-N 4105:2011-08 siehe Anwendungsbeginn	
<p>Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz – Technische Mindestanforderungen für Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz</p> <p>Generators connected to the low-voltage distribution network – Technical requirements for the connection to and parallel operation with low-voltage distribution networks</p> <p>Générateurs reliés au réseau de distribution de basse tension – Exigences techniques pour la connexion des générateurs et leur fonctionnement parallèle aux réseaux de distribution à basse tension</p>		
Gesamtumfang 96 Seiten		
VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.		
<small>© DIN Deutsches Institut für Normung e. V. und VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. Preisgr. 49 € Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN, Berlin, und des VDE, Frankfurt am Main, gestattet. Vertrieb durch VDE VERLAG GmbH, 10625 Berlin VDE-Vertr.-Nr. 0105492</small>		

Beide AR weisen heute noch Spezifikationslücken in Bezug auf bidirektionales Laden auf. Diese werden aber in Bearbeitung genommen. Zur schnellen Information an die VNB ist seitens des FNN ein „FNN-Hinweis“ in Vorbereitung mit dem Ziel der Veröffentlichung in 2024. – kommt vorauss. in Q1/2025.

AKTUELLES AM MARKT



CLEMENTINE
Kilo 4.50

FRAGOLA
Box
2.00

PRUGNA
Kilo 3.00

KIWI
Kilo

POMODORI
Kilo 3.80

AVOCADO
Kilo 4.50

CLEMENTINE

Melinda

Melinda
Melinda

Al
Kilo
3

DER MARKT IST ERÖFFNET.

Verfügbar:



Nissan LEAF eNV-2000
Seit 2013, CHAdeMo only
V2H, Backup power



Hyundai Ioniq 5
Seit 2021, CCS
V2L



Ford F150 Lightning (USA)
Seit 2023, CCS
V2L
V2H, Backup power



VW ID4, ..., 77kWh
Seit 2024, CCS
Mit E3/DC Hauskraftwerk &
Wallbox
V2H



Renault 5
9/2024, CCS AC-bidi
V2H, V2G mit TMH

Angekündigt:



BMW „neue Klasse“
2025, CCS DC-bidi
V2H, V2G

ERSTE SYSTEMLÖSUNGEN AN DER SCHWELLE ZUR MARKTEINFÜHRUNG BEI E3 DC.



Technische Daten

EDISON V2H

Option für V2H-kompatible Hauskraftwerke (ab Juni 2020)	
Konformität für DC Laden	CCS (gemäß IEC 62196) 5 m Kabel (angeschlagen)
Typ	DC-Ladesystem-Erweiterung des Hauskraftwerks (nur Fahrzeuge mit Steckertyp CCS2, keine AC-Ladung und kein Standalonebetrieb möglich)
DC-Leistungsklasse (kW)	11
DC-Spannungsbereich (V)	340-450 ³ Nennleistung 200 min. / 510 max.
Wirkungsgrad (CCS zu Netz) (%)	~94 exkl. Fahrzeug
Standby/Einschaltverbrauch (W)	>20 / Fahrzeugabhängig
Fahrzeuge	IEC1511-8-20 bidl (noch offen), selektive Modelle VW ID-Reihe
Statusmeldungen/Anzeigen	mehrfarbige LED Statusleuchte, E3/DC-Portal und -App
Energiezähler	Hutschienenzähler intern
Autorisierung	RFID
max. Entfernung Ladepunkt-Keller (m)	30
Abmessungen EDISON connect B x H x T (mm)	600 x 760 (inkl. Standfuß 1.470) x 210
Inkl. CCS-Stecker geparkt	
Abmessungen EDISON power B x H x T (mm)	600 x 700 x 300
Gewicht EDISON connect / EDISON power (kg)	ca. 15 plus Wandhalterung und Standfuß / ca. 35
Temperaturbereich (°C) und Schutzart EDISON connect	-20 bis +40 / IP54
Temperaturbereich (°C) und Schutzart EDISON power	+5 bis +35 / IP20
Farbe EDISON connect	grau-weiß
Farbe EDISON power	weiß oder schwarz
Anschluss	DC-Leistungskabel zwischen Garage und Keller plus weitere Kommunik./Versorgungsleitungen gemäß Installationsanleitung
Notstromversorgung (kW) über EDISON power (ca. Q4/2022)	Integriert bis 11
Normen	gemäß Norm 61851-23 CE zertifiziert
Absicherungen	nicht erforderlich, da für S10 bereits verbaut
Datenschnittstelle	E3/DC-Portal über Ethernet
Gewährleistung	24 Monate
Einsetzgebiet	Deutschland

Wichtige Hinweise

Die EDISON power wird als Leistungselektronik zusätzlich benötigt und hängt im Keller direkt neben dem Hauskraftwerk. Die Installation erfolgt durch E3/DC in Kooperation mit dem Fachpartner. Die V2H-Lösung ist nur als Systemverbund in Verbindung mit dem Hauskraftwerk nutzbar. Sämtliche Funktionen sind abhängig von zukünftigen Netzrichtlinien, der zukünftigen Regulatorik und der Fahrzeugtechnik, die nicht von der HagerEnergy GmbH beeinflussbar und herstellerspezifisch sind.

³abhängig von der MPP-Spannung des MPP-Generators sowie der Spannungslage des Elektrofahrzeugs / Batterie

Quelle: E3 DC, IAA 2023

<https://www.e3dc.com/elektroautos-werden-stromspeicher-fuer-gebäude/>

AKTUELLE AKTIVITÄTEN AUF POLITISCHER EBENE.



Ziel:

Die Geschäftsprozesse und regulatorischen Rahmenbedingungen müssen in der EU weiterentwickelt und für die neue Technologie fit gemacht werden. Dazu gehören insb. ein klar definierter Rechtsrahmen, der die Rechte und Pflichten für das bidirektionale Laden definiert sowie ökonomische Anreize für Nutzer und Industrie, um in diesem Bereich zu investieren. Ferner haben die Teilnehmer deutlich gemacht, dass sie sich einfachere Netzzugangsregeln und -entgelte sowie eine insgesamt weniger restriktive Ausgestaltung wünschen, um stromnetzdienliche bidirektionale Ladedienstleistungen anbieten zu können.



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

☰ Menü

23.10.2024 PRESSEMITTEILUNG Elektromobilität

Habeck lädt zu zweitem Europäischen Gipfel zum bidirektionalen Laden

Europäische Industriekoalition schafft Grundlagen für bidirektionales Laden ab 2025

Bundeswirtschaftsminister Robert Habeck lud heute zum zweiten Europäischen Gipfel für bidirektionales Laden im Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz ein. Zusammen mit rd. 90 europäischen Entscheidungsträgern aus Wirtschaft und Politik besprach er die nächsten Schritte zur Einführung des bidirektionalen Ladens ab 2025.



<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2024/10/20241023-habeck-europaeischer-gipfel-bidirektionales-laden.html>

BIDIREKTIONALES LADEN IN DER PRAXIS.

CHANGE
DIRECTION

<https://www.youtube.com/watch?v=GR3OcAWM2oY&t=12s>

Bidirektionales Lademanagement

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

IMPRESSUM



Xaver Pfab

Unternehmens- und
Politikberatung
Ehem. Projektleiter &
Konsortialführer BDL
xaver.pfab@outlook.de

Xaver Pfab
Unternehmens- und
Politikberatung
Am Erlbach 7, 85570 Herdweg

LINKS UND INFOS

BDL-Endbericht: https://ffe.de/wp-content/uploads/2023/07/2023-03-23_BDL_Abschlussbericht.pdf

BDL-Homepage der FfE: <https://www.ffe.de/projekte/bdl/>

BDL-Videos: <https://www.youtube.com/watch?v=GR3OcAWM2oY&t=12s>
<https://www.ardmediathek.de/video/alles-wissen/e-autos-als-energiespeicher/hr-fernsehen/Y3JpZDovL2hyLW9ubGluZS8yMDE1MjY>
<https://www.zdf.de/3sat/nano/240325-e-autos-als-stromspeicher-sendung-nano-100.html>

WEITERE STUDIEN RUND UM BIDIREKTIONALES LADEN.

BDL - Abschlussbericht



[Link](#)

ADAC - Zwischenbericht



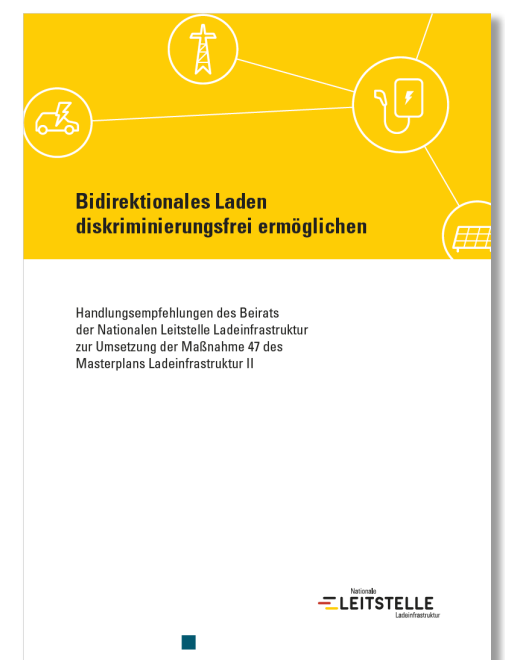
[Link](#)

Marktentwicklung & Potenziale



[Link](#)

Handlungsempfehlungen der NLL



[Link](#)

Dingolfinger
Vortragsreihe
Klimaschutz
2025

- 06
Feb **Photovoltaik auf dem Eigenheim**
Tipps für langjährige Nutzer und Neueinsteiger
- 13
Feb **Energiesparen im Haushalt**
Kosten senken ohne großen Aufwand
- 27
Feb **Klimaanpassung in der Stadt**
Herausforderungen und Lösungen in Kommunen
- 13
Mär **“Heizungsgesetz” und kommunale Wärmeplanung**
Was kommt auf die Bürger zu?



TZ Puls
18:30 Uhr