

UN | IT | E²

Reallabor für verNETZte E-Mobilität

Glossar



Energiewirtschaft



Optimale Integration von
Elektromobilität in das
zukünftige Energiesystem



Automobilwirtschaft



Herausgeber:



unIT-e²

Glossar

Begriffsdefinitionen aus Energie- und Automobilwirtschaft

Am Blütenanger 71, 80995 München
+49 (0) 89 158121-0

Mail: info@ffe.de

Web: www.ffe.de

Veröffentlicht am:

11.08.2022

FfE-Nummer:

BMWi-76

Autor:innen:

Elisabeth Springmann

Maximilian Hecker

Theodor Haug

Jeremias Hawran

Michael Hinterstocker

Gefördert durch:

Förderkennzeichen:

01MV21UN11



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhalt

| | | |
|----------|--|---|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 1.1 | Motivation..... | 1 |
| 1.2 | Ziele, Nicht-Ziele und Zielgruppe..... | 1 |
| 1.3 | Änderungshistorie bzw. Versionierung | 1 |
| 2 | Umfeld | 3 |
| 2.1 | Energiewirtschaft..... | 3 |
| 2.1.1 | Grundbegriffe der Energiewirtschaft | 3 |
| 2.1.1.1 | Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) | 3 |
| 2.1.1.2 | Verteilnetzbetreiber (VNB)..... | 4 |
| 2.1.1.3 | Anschlussnetzbetreiber (ANB) | 4 |
| 2.1.1.4 | Messstellenbetreiber (MSB) | 4 |
| 2.1.1.5 | Regelzone | 4 |
| 2.1.1.6 | Bilanzkreis | 5 |
| 2.1.1.7 | Netz- und Hausanschluss..... | 5 |
| 2.1.1.8 | Anschlussnutzer | 5 |
| 2.1.1.9 | Smart Meter Gateway Administrator (GWA) | 6 |
| 2.1.1.10 | Externe Marktteilnehmer (EMT)..... | 6 |
| 2.1.1.11 | Kunden..... | 7 |
| 2.1.1.12 | Kunden mit registrierender Leistungsmessung (RLM-Kunden) | 7 |
| 2.1.1.13 | Kunden mit Standardlastprofil (SLP-Kunden)..... | 7 |
| 2.1.1.14 | Aggregator | 7 |
| 2.1.1.15 | Energieversorgungsunternehmen / Energielieferant..... | 7 |
| 2.1.1.16 | Einsatzverantwortlicher | 7 |
| 2.1.1.17 | Direktvermarkter | 8 |
| 2.1.1.18 | Prognoselieferant | 8 |
| 2.1.1.19 | Quartier..... | 8 |
| 2.1.2 | Richtlinien, Gesetze, Normen und Verordnungen | 8 |
| 2.1.2.1 | Steuerbare Verbrauchseinrichtungen in der Niederspannung (§ 14a EnWG)..... | 8 |
| 2.1.2.2 | Messstellenbetriebsgesetz | 9 |
| 2.1.2.3 | Redispatch | 9 |
| 2.1.2.4 | Koordinierungsfunktion auf Betriebsebene (KOF) | 9 |
| 2.2 | Automobilwirtschaft..... | 9 |

| | | |
|----------|---|----|
| 2.2.1 | Grundbegriffe | 9 |
| 2.2.1.1 | Mobilitätsbedürfnis | 10 |
| 2.2.1.2 | Verkehrswende | 10 |
| 2.2.1.3 | Charge Point Operator (CPO)..... | 10 |
| 2.2.1.4 | E-Mobility Provider (EMP) / E-Mobility Service Provider (EMSP) | 10 |
| 2.2.2 | Entwicklungen und der erwartete Hochlauf | 10 |
| 2.2.2.1 | Batterietechnologie | 10 |
| 2.2.2.2 | Batteriealterung und Zyklfestigkeit..... | 11 |
| 2.2.2.3 | Elektrofahrzeuge 2030 | 11 |
| 2.2.2.4 | Ladepunkte 2030 | 11 |
| 2.2.3 | Richtlinien, Gesetze, Normen und Verordnungen..... | 11 |
| 2.2.3.1 | EU-Taxonomie..... | 11 |
| 2.2.3.2 | EU Flottengrenzwerte | 12 |
| 2.2.3.3 | Treibhausgas-Emissions-Quoten..... | 12 |
| 2.2.3.4 | IEC Normen für Elektrofahrzeuge | 12 |
| 2.2.4 | Kategorisierung von Ladevorgängen..... | 13 |
| 2.2.4.1 | Gesteuertes Laden..... | 13 |
| 2.2.4.2 | Unidirektionales vs. Bidirektionales Laden | 13 |
| 2.2.4.3 | Vehicle to Grid (V2G)..... | 14 |
| 2.2.4.4 | Vehicle to Home (V2H)..... | 14 |
| 2.2.4.5 | Vehicle to Vehicle (V2V) | 14 |
| 2.2.4.6 | Vehicle to Business (V2B) | 14 |
| 2.2.4.7 | Vehicle to Load (V2Load) / Vehicle to Gadget (V2Gadget) | 14 |
| 2.2.4.8 | Ladetechnologien | 15 |
| 2.2.4.9 | Öffentliches und Privates Laden | 15 |
| 2.2.4.10 | Steckertypen | 16 |
| 2.2.4.11 | Lademodi und Kabeltypen | 16 |
| 2.3 | Optimierungsmöglichkeiten durch Flexibilitätseinsatz | 17 |
| 2.3.1 | Flexibilität | 17 |
| 2.3.2 | Spotmarkt-orientiert | 17 |
| 2.3.3 | THG-optimiert | 17 |
| 2.3.4 | Netzentgelte vermeiden (Spitzenlastkappung) | 18 |
| 2.3.5 | Eigenverbrauch | 18 |
| 2.3.6 | Aktiver Einsatz von Flexibilität durch den VNB | 18 |
| 2.3.7 | Digitaler Netzanschluss (DiNa)..... | 18 |
| 2.3.8 | Optimierungsziele von Ladevorgängen und sich ergebende Gleichzeitigkeiten | 19 |

| | | |
|--------|--|----|
| 2.3.9 | Systemdienstleistungen..... | 19 |
| 3 | Technik..... | 21 |
| 3.1 | Komponenten..... | 21 |
| 3.1.1 | Elektrofahrzeuge..... | 21 |
| 3.1.2 | Wärmepumpe..... | 22 |
| 3.1.3 | PV-Anlage..... | 22 |
| 3.1.4 | Batteriespeicher..... | 22 |
| 3.1.5 | Nachtspeicherheizung..... | 22 |
| 3.1.6 | Wallbox..... | 22 |
| 3.1.7 | Ladesäule..... | 22 |
| 3.1.8 | Ladepunkt..... | 23 |
| 3.1.9 | Moderne Messeinrichtung (mMe)..... | 23 |
| 3.1.10 | Smart Meter Gateway (SMGW)..... | 23 |
| 3.1.11 | (Home) Energy Management System..... | 23 |
| 3.1.12 | Steuerbox..... | 23 |
| 3.2 | Protokolle..... | 24 |
| 3.2.1 | OCPP..... | 24 |
| 3.2.2 | EEBUS..... | 24 |
| 3.2.3 | IEC 61850..... | 25 |
| 3.2.4 | Telecontrol Application Service Element 2 (TASE.2)..... | 25 |
| 3.2.5 | ISO 15118-2 & ISO 15118-20..... | 25 |
| 3.3 | Kommunikationstechnologien..... | 25 |
| 3.3.1 | 450 MHz..... | 25 |
| 3.3.2 | Mobilfunk..... | 25 |
| 3.3.3 | Kabelgebunden..... | 26 |
| 3.3.4 | Powerline Communication (PLC)..... | 26 |
| 4 | Systemlandschaft: Elektromobilität im Energiesystem..... | 27 |
| 5 | Zusammenfassung..... | 29 |
| 6 | Literatur..... | 30 |
| 7 | Abkürzungsverzeichnis..... | 33 |

1 Einleitung

Der fortschreitende Klimawandel und die einhergehende Erderwärmung, ausgelöst durch Treibhausgasemissionen, fordern einen treibhausgasneutralen Energie- und Verkehrssektor. Um dieses Ziel zu erreichen, werden die Energie- und Verkehrswende vorangebracht. Die Transformation der Stromerzeugung führt durch den Zubau vieler kleiner erneuerbarer Erzeugungsanlagen neben einer Emissionsminderung zu einer dezentraleren und volatileren Erzeugung. Auch die Seite der Stromlast ändert sich: durch die Digitalisierung und die damit einhergehende Möglichkeit der Steuerung, kann der Strombezug intelligent – z.B. orientiert an der Erzeugung aus erneuerbaren Energien – ausgerichtet werden. Durch die Verkehrs- und Wärmewende entstehen zudem zusätzliche Lasten (z. B. Elektrofahrzeuge oder Wärmepumpen) was zu höheren Lastspitzen und damit zu Herausforderungen führt. Insbesondere die bestmögliche Netzintegration von Elektrofahrzeugen ist ein Ziel des Projektes unIT-e².

1.1 Motivation

Im Projekt unIT-e² Reallabor für verNETZte E-Mobilität treffen die Automobil- und die Elektrizitätswirtschaft zusammen, welche historisch nur bedingt Schnittstellen hatten. Erst durch die zunehmende Elektrifizierung der Kraftfahrzeuge und die damit einhergehende steigende Zahl an Elektrofahrzeugen in Deutschland entstanden Schnittstellen zwischen den Branchen und somit der Bedarf nach einer gemeinsamen Sprache.

Das unIT-e² Konsortium umfasst vier Fahrzeughersteller und sieben Netzbetreiber bzw. Energieversorger sowie weitere Partner aus der Komponentenherstellung, IT und Wissenschaft, sodass der Bedarf nach einer gemeinsamen Sprache hier umso größer ist. Daher soll dieses Glossar Abhilfe schaffen, indem es ein gemeinsames sprachliches Verständnis über die wichtigsten Begriffe der Energie- und Automobilwirtschaft schafft.

1.2 Ziele, Nicht-Ziele und Zielgruppe

Das Ziel dieses Glossars ist es, wichtige Begriffe aus dem Umfeld von unIT-e² zu erläutern und zu definieren. So werden vor allem Begriffe aus der Energiewirtschaft und aus dem Kontext der Elektrofahrzeuge übersichtlich und knapp beschrieben. Dies soll dabei helfen, ein einheitliches Wording im Konsortium sicherstellen und ein gemeinsames Verständnis zu schaffen. Das Glossar ist dabei als „Working Document“ zu verstehen, welches nach Bedarf erweitert wird. Dabei hat das Glossar weder den Anspruch ausführliche Erklärungen oder rechtliche Definitionen zu den einzelnen Begriffen zu liefern noch diese vollständig rechtlich, regulatorisch oder technisch zu umreißen. Die Zielgruppe des Glossars sind dabei die unIT-e² Projektpartner sowie interessierte Externe.

1.3 Änderungshistorie bzw. Versionierung

Dies ist die erste Version des Glossars mit dem Stand vom 11.08.2022.

2 Umfeld

Das Projekt unIT-e² vereint zwei Wirtschaftszweige: die Energie- und die Automobilwirtschaft. Die Interessen beider Branchen überschneiden sich bei der Integration der Elektrofahrzeuge in das Stromnetz. Die Besitzer von Elektrofahrzeugen stellen eine besondere Gruppe der Endverbraucher dar, da sie sowohl Strom beziehen, dabei jedoch eine mögliche Flexibilität bezüglich des Bezugszeitpunkts mitbringen und zudem im bidirektionalen Fall auch Strom zurückspeisen können (Flexumer). Damit geben sie der Energiewirtschaft die Möglichkeit, einen Teil der für die Integration der erneuerbaren Energien benötigten Flexibilität bereitzustellen. Für die Automobilindustrie bieten die Elektrofahrzeuge insbesondere die Möglichkeit, CO₂-Emissionen einzusparen. Deshalb lohnt es sich die Umfeldler beider Industrien kennenzulernen um gemeinsame Zielsetzungen zu finden und die passenden Wege der Transformation zu gehen.

2.1 Energiewirtschaft

In der Energiewirtschaft gibt es mehrere Stufen der Wertschöpfung, angefangen bei der Erzeugung der Energie, über den Transport verschiedener Energieträger bis zu Verteilung, Handel und Vertrieb. Die Bereiche werden von der Bundesnetzagentur (BNetzA) reguliert, mit dem Ziel den Wettbewerb zu fördern und aufrecht zu erhalten. Darüber hinaus gilt für die Energiewirtschaft das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG), das die Branche unter anderem zur Erreichung des energiepolitischen Zieldreiecks, bestehend aus Wirtschaftlichkeit, Umweltverträglichkeit und Versorgungssicherheit, verpflichtet.

2.1.1 Grundbegriffe der Energiewirtschaft

In der Energiewirtschaft haben die Akteure verschiedene Rollen und Zuständigkeiten, weshalb sie auch rechtlich unterschiedlich behandelt werden. Im Folgenden werden die verschiedenen Marktrollen und Akteure der Energiewirtschaft eingeführt.

2.1.1.1 Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB)

ÜNB sind Dienstleistungsunternehmen, welche für die Infrastruktur und die überregionale Versorgung und Übertragung elektrischer Energie im Höchstspannungsbereich verantwortlich sind. Dabei sind diese als Betreiber von Energieversorgungsnetzen gemäß § 11 des EnWG dazu „verpflichtet, ein sicheres, zuverlässiges und leistungsfähiges Energieversorgungsnetz diskriminierungsfrei zu betreiben, zu warten und bedarfsgerecht zu optimieren, zu verstärken und auszubauen, soweit es wirtschaftlich zumutbar ist“ (EnWG § 11 Absatz 1). Dies schließt im Falle der ÜNB die Verantwortung über die Systemdienstleistungen (siehe 2.3.9), die Ermittlung der EEG-Überführungszeitreihen und die Plausibilisierung von Bilanzierungen in der Regelzone ein. Dabei sind an das Übertragungsnetz (Höchstspannungsnetz) große Erzeugungsanlagen wie Kohle-, Gas- und Kernkraftwerke, sowie große Windparks, Pumpspeicher Kraftwerke und Batteriespeicher angeschlossen. Des Weiteren beziehen große Industriebetriebe wie z. B. Stahlwerke ihre elektrische Energie direkt aus dem Übertragungsnetz. In Deutschland gibt es vier ÜNB: Amprion, 50Hertz Transmission, Tennet TSO und TransnetBW. /BNETZA-09 21/ /BDEW-04 21/ /HERTZ-02 22/ /HEC-01 21P/

2.1.1.2 Verteilnetzbetreiber (VNB)

VNB sind wie die ÜNB Dienstleistungsunternehmen und sind für die regionale Versorgung über Niederspannungs-, Mittelspannungs- und regionale Hochspannungsnetze zuständig. Dabei verbinden regionale Hochspannungsnetze das Übertragungsnetz mit dem Mittelspannungsnetz, welches wiederum mit den Niederspannungsnetzen verbunden ist. Dabei können an jeder Spannungsebene Anschlussnehmer angeschlossen sein, wobei Haushalte auf der Niederspannungsebene angeschlossen sind. Die VNB unterliegen ebenso wie die ÜNB § 11 des EnWG. Die elektrische Energie für die Versorgung der angebundenen Kunden beziehen die VNB aus dem Übertragungsnetz sowie von regionalen Stromerzeugern. /KFA-01 22/

2.1.1.3 Anschlussnetzbetreiber (ANB)

ANB sind die Netzbetreiber, welche für die Netze an denen Anschlussnehmer physisch angeschlossen sind verantwortlich sind. Wie VNB und ÜNB tragen auch ANB nach dem EnWG § 11 die Verantwortung für die Zuverlässigkeit ihrer Netze. Außerdem ist der ANB berechtigt, Leistungsanpassungen an den an seinem Verteilnetz angeschlossenen Anlagen zu verlangen (im Rahmen von §14a EnWG, vgl. 2.1.2.1). Zu diesen Anlagen können Wärmepumpen aber auch Elektrofahrzeuge zählen. Oft ist der VNB auch ANB. /FFN-01 18/

2.1.1.4 Messstellenbetreiber (MSB)

Der MSB ist verantwortlich für die Installation, die Wartung und den Betrieb von Messstellen/Zählern. Des Weiteren ist dieser Verantwortlich für die Erfassung, Aufarbeitung und die Verteilung von Messwerten. /BDEW-04 21/

2.1.1.5 Regelzone

Eine Regelzone fasst mehrere Netze unterschiedlicher VNB zu einem Verantwortungsgebiet zusammen. In diesem muss der Verantwortliche für Netzstabilität sorgen und somit das Gleichgewicht zwischen Ein- und Ausspeisung wahren sowie auf Spannungs- und Frequenzstabilität achten. Gegenwärtig ist Deutschland in vier Regelzonen aufgeteilt (siehe Abbildung 1), wobei jede Regelzone zu einem der vier deutschen ÜNB gehört. /FFN-01 18/



Lizenz: Creative Commons by-nc-nd/3.0/de
 Bundeszentrale für politische Bildung, 2013, www.bpb.de



Abbildung 1 Regelzonen der ÜNB in Deutschland /BPB-01 13/:

2.1.1.6 Bilanzkreis

Ein Bilanzkreis umfasst eine Vielzahl von Strom Einspeise- und Entnahmestellen und dient der Wahrung des Gleichgewichts zwischen Ein- und Ausspeisung. Dabei kann ein Bilanzkreis vereinfacht als Konto angenommen werden, welches Ein- und Ausspeisemengen zu jeder Viertelstunde saldiert. Aus dieser Differenz (Bilanzkreissaldo) kann das Stromvolumen bestimmt werden, welches als Ausgleich zwischen den Bilanzkreisen benötigt wird. /KFA-01 22/ /BDEW-04 21/

2.1.1.7 Netz- und Hausanschluss

Ein Netzanschluss verbindet eine oder mehrere Anlagen (Gebäude, Industrieanlagen, Windkraftanlagen etc.) mit einem Versorgungsnetz. Dieses kann neben dem Stromnetz auch das Wassernetz, Gasnetz oder das Internet sein. Mit Netzanschluss ist hier stets der Anschluss an das Stromnetz gemeint. Im Unterschied zum Netzanschluss verbindet der Hausanschluss nur jeweils ein Wohngebäude mit dem Versorgungsnetz. Dieses kann jedoch mehrere Zählpunkte für Wohnungen, Wallboxen etc. haben. Typischerweise handelt es sich im Falle des Stromnetzes beim Hausanschluss um einen 400 V Niederspannungsanschluss. /KFA-01 22/

2.1.1.8 Anschlussnehmer

Der Anschlussnehmer ist der Eigentümer des Grundstücks oder des Gebäudes, welches an das Netz angeschlossen ist. /BNETZA-04 22P/

2.1.1.9 Anschlussnutzer

Der Anschlussnutzer ist die Person, welche den Hausanschluss (Stromanschluss) nutzt. Dies kann der Anschlussnehmer sein oder z. B. auch ein Mieter. /BNETZA-05 22P/

2.1.1.10 Smart Meter Gateway Administrator (GWA)

Das Smart Meter Gateway (SMGW) ist die sichere Kommunikations-Schnittstelle eines intelligenten Messsystems (iMSys) nach außen und somit ausschlaggebend für dessen sicheren Betrieb. Verantwortlich für den Betrieb des Gateways ist wiederum der GWA. Diese Rolle fällt in den Aufgabenbereich des MSB bzw. des von ihm beauftragten Dritten. Dabei hat dieser vor allem dafür Sorge zu tragen, dass das SMGW korrekt installiert, in Betrieb genommen, konfiguriert und gewartet wird. /FFE-64 18/ /BMWI-47 16/

2.1.1.11 Externe Marktteilnehmer (EMT)

Externe Marktteilnehmer (EMT) sind alle Marktteilnehmer, die mit Anlagen oder Liegenschaften über ein SMGW kommunizieren. Diese befinden sich dabei außerhalb des lokalen Netzwerks, im Wide Area Network (WAN) (vgl. Abbildung 2). In Abbildung 2 ist der Zugriff von EMTs aus dem WAN über den GWA auf das SMGW zu sehen. Dabei können EMT etwa VNB oder MSB sein. Bei diesen wird zwischen aktiven (aEMT) und passiven (pEMT) Marktteilnehmern unterschieden. So dürfen aEMTs auf Daten direkt zugreifen und Schalthandlungen durchführen. Um den Status eines aEMT zu erlangen, müssen Akteure einen Zertifizierungsprozess durchlaufen. Im Gegensatz zu aEMT dürfen pEMT nur Daten abfragen oder Schalthandlungen durchführen, wenn sie sich die Erlaubnis des Anschlussnutzers / Anschlussnehmers und des GWA eingeholt haben. Des Weiteren müssen diese ein Sicherheitskonzept vorweisen können. Das Etablieren dieses Konzepts ist ähnlich wie bei aEMT mit einem nicht unbedeutenden Zeit und Kostenaufwand verbunden. /FFE-64 18/ /BSI-108 17/

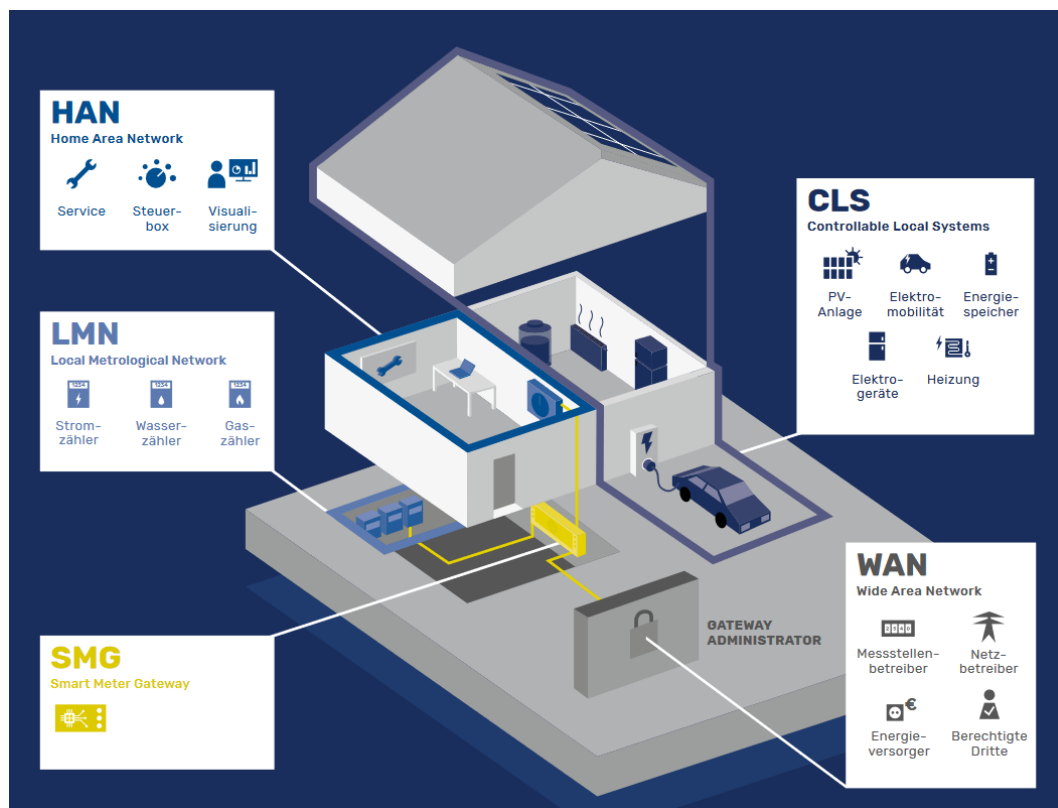


Abbildung 2 Schematische Darstellung von Komponenten und Rollen in der Smart Grid Infrastruktur /FFE-64 18/

2.1.1.12 Kunden

Kunden sind die Marktteilnehmer, welche elektrische Energie erwerben. Zu diesen zählen laut § 3 des EnWG Großhändler, Unternehmen und Letztverbraucher. Letztere beinhalten auch Haushalte sowie ladende Elektrofahrzeug. /KFA-01 22/

2.1.1.13 Kunden mit registrierender Leistungsmessung (RLM-Kunden)

RLM-Kunden sind Kunden, welche einen jährlichen Verbrauch von min. 100 MWh haben. Bei diesen muss eine RLM vorgenommen werden. Dabei wird der Mittelwert der bezogenen Leistung in jeder Viertelstunde ermittelt, wonach die Abrechnung des Lieferanten erfolgt: er bezahlt neben der bezogenen Energiemenge auch einen Preis für die max. bezogene Leistung innerhalb einer Viertelstunde. Damit ist es für RLM-Kunden attraktiv, Spitzenlasten zu vermeiden. /KFA-01 22/

2.1.1.14 Kunden mit Standardlastprofil (SLP-Kunden)

Kunden die weniger als 100 MWh Strom pro Jahr verbrauchen, werden mit dem SLP abgerechnet. Dieses Lastprofil bildet den gemittelten Verbrauch einer Vielzahl von Kunden z. B. Haushaltskunden ab. Mit der zunehmenden Anbindung neuer elektrischer Verbraucher, wie z. B. Elektrofahrzeugen, sowie hinzukommenden Erzeugern (insbesondere PV-Anlagen), ändern sich die Lastprofile, wodurch die SLP immer weniger repräsentativ für das tatsächliche Lastverhalten der Kunden sind. /KFA-01 22/

2.1.1.15 Aggregator

Ein Aggregator bündelt (flexible) Verbraucher (z. B. Haushaltskunden oder Industriekunden), Erzeuger, sowie Speicher und vermarktet diese also sogenannten Pool auf unterschiedlichen Elektrizitätsmärkten. Dies ist insofern wichtig, da kleine Erzeuger und Lasten nur einen sehr geringen Wert auf dem Markt haben, bzw. erst ab einer Mindestgröße (z. B. 1 MW auf dem Regelleistungsmarkt) vermarktet werden können /TNBW-01 22P/. Mögliche Märkte wären hierfür z. B. die Spotmärkte, der Regelleistungsmarkt oder etwaige Flexibilitätsmärkte. /KFA-01 22/ /FFE-89 21/

2.1.1.16 Energieversorgungsunternehmen / Energielieferant

Energielieferanten, meist als Energieversorgungsunternehmen bezeichnet, sind Unternehmen, welche Kunden mit elektrischer Energie beliefern. Dabei kaufen diese Strom bei Energieerzeugern oder erzeugen diesen selbst und liefern diesen über das Netz an ihre Kunden. Nach dem EnWG umfasst der Begriff der Energieversorgungsunternehmen neben den Lieferanten auch die Netzbetreiber. /ENWG-02 05/ /KFA-01 22/

2.1.1.17 Einsatzverantwortlicher

Einsatzverantwortlicher ist die Person, welche eine (steuerbare) technische Ressource betreibt. Diese ist zudem verantwortlich für die Umsetzung der Aufforderung zur Leistungsanpassung (z. B. im Rahmen des Redispatch). Des Weiteren muss der Einsatzverantwortliche dem Netzbetreiber relevante Daten senden. /BDEW-04 21/ /DIUH-01 21P/

2.1.1.18 Direktvermarkter

Nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) erhalten Betreiber von erneuerbaren Energien (EE)-Anlagen mit einer Leistung von weniger als 100 kW eine feste staatliche Vergütung für den eingespeisten Strom. Anlagen ab einer installierten Leistung von 100 kW müssen hingegen vermarktet werden. Dies übernehmen zumeist sogenannte Direktvermarkter. Diese sind Unternehmen, welche sich auf den Verkauf und die Vermarktung von Strom aus EE-Anlagen spezialisiert haben und dies als Dienstleistung für Anlagenbetreiber übernehmen. So verkaufen Direktvermarkter den Strom an der Börse und erhalten zusätzlich eine Marktprämie. Der Anlagenbetreiber erhält somit vom Direktvermarkter eine Vergütung, zusammengesetzt aus Börsenerlös und Marktprämie, wobei der Direktvermarkter eine Provision behält. /BMWK-01 17/

2.1.1.19 Prognoselieferant

Der Prognoselieferant liefert Vorhersagen für verschiedene Marktteilnehmer wie beispielweise Anlagenbetreiber, Stromhändler, Direktvermarkter sowie Netzbetreiber. Zu den Vorhersagen gehören beispielsweise Wetterprognosen (Solareinstrahlung, Windgeschwindigkeit, Temperatur), Leistungsprognosen für Solar- und Windkraftanlagen, netzbezogene Prognosen (vertikale Netzlastprognose & Leiterseilmonitoring) und Preisprognosen (Strompreis: Day-Ahead & Intraday).

2.1.1.20 Quartier

Als Quartier wird in unIT-e² ein oder mehrere zum Wohnen genutzte private Gebäude bezeichnet, an denen meist mehrere flexible Anlagen (z. B. mehrere Ladepunkte) durch eine spezifische Personengruppe genutzt werden. Darunter fallen zum Beispiel Mehrfamilienhäuser (MFH). Typischerweise haben diese nur einen Hausanschluss, jedoch mehrere Anschlussnutzer mit direkten Beziehungen zum Energielieferanten (eigene Stromverträge).

2.1.2 Richtlinien, Gesetze, Normen und Verordnungen

Aus der besonderen Rolle der Energiewirtschaft für die Verbraucher und auch in der Energiewende resultieren für die Energiewirtschaft Richtlinien, Gesetze, Normen und Verordnungen. Eine Auswahl dieser werden hier erklärt.

2.1.2.1 Steuerbare Verbrauchseinrichtungen in der Niederspannung (§ 14a EnWG)

Der § 14a des EnWG sagt in seiner derzeitigen Ausgestaltung aus, dass VNB ein verringertes Netzentgelt verlangen müssen, wenn die Lieferanten / Verbraucher einer netzdienlichen Steuerung zugesagt haben. Zu den steuerbaren Verbrauchseinrichtungen zählen u. a. Wärmepumpen, aber auch Elektrofahrzeuge. Dabei definieren aktuell die Netzbetreiber die Rahmenbedingungen – z. B. wie häufig und lange Eingriffe erlaubt sind oder über welche Technologie gesteuert wird. Wie die künftige Ausgestaltung aussehen wird, ist aktuell in der Diskussion. So wurde Anfang 2021 der Referentenentwurf für das sogenannte Steuerbare-Verbrauchseinrichtungen-Gesetz (SteuVerG) des damaligen Wirtschaftsministeriums zurückgenommen. Weiterhin sorgte die Entscheidung des Europäischen Gerichtshof im September 2021 für eine Anpassung: die konkrete Ausgestaltung der Regelung zur Steuerung

von flexiblen Anlagen muss demnach bei der Bundesnetzagentur als unabhängige Institution liegen. /ENWG-02 16/ /BNETZA-11 21P/

2.1.2.2 Messstellenbetriebsgesetz

Das Messstellenbetriebsgesetz (MsbG) trifft Regelungen rund um den Messstellenbetrieb insbesondere auch Regelungen über iMSys. So trifft das MsbG Regelungen zur Ausstattung von Messstellen, der leitungsgebundenen Energieversorgung (Strom und Gas), zur Ausgestaltung des Messstellenbetriebs sowie zur freien Wahl des Messstellenbetreibers. Darüber hinaus regelt es die technischen Mindestanforderungen an iMSys, zur Kommunikation mit dem SMGW sowie die Verarbeitung der erfassten Daten.

2.1.2.3 Redispatch

Droht eine Überlastung einer elektrischen Übertragungsleitung (und somit eine Verletzung des N-1-Kriteriums) kann ein Kraftwerk in der Nähe des Zielortes der Leitung hochgefahren werden, um diese zu entlasten. Gleichermaßen muss ein initial stromerzeugendes Kraftwerk (größer 10 MW) auf der anderen Seite des Engpasses gedrosselt werden. Dieser Prozess wird Redispatch genannt. Der Redispatch 2.0 inkludiert alle Erzeugungsanlagen ab einer Leistung von 100 kW und somit auch EE-Anlagen. Darüber hinaus fasst dieser das Einspeisemanagement und den Redispatch zusammen, womit immer die kostengünstigste Maßnahme eingesetzt werden soll. /SCH-01 22P/

2.1.2.4 Koordinierungsfunktion auf Betriebsebene (KOF)

Die KOF ist ein vom Forum Netztechnik/Netzbetrieb (FNN) entwickeltes Konzept, das durch den koordinierten Zugriff auf die Steuerungsinfrastruktur von Erzeugern und Verbrauchern einen kritischen Netzzustand verhindert. Damit sollen mögliche Gleichzeitigkeiten verhindert werden, die durch die zunehmende Anzahl steuerbarer Anlagen ausgelöst werden könnten, indem viel Last gleichzeitig zu- oder abgeschaltet wird. Dadurch könnte das Gleichgewicht zwischen Erzeugung und Verbrauch ins Ungleichgewicht kommen. Umgesetzt werden soll dies durch die Koordinierung der Steuerungshandlungen und deren Abgleich mit Regelwerken des Netzbetreibers. Die KOF stellt damit „ein technisches Angebot zur gemeinsamen, sicheren Nutzung von Steuerinfrastruktur für die Belange von Netz und Markt“ dar. /FFN-01 18/

2.2 Automobilwirtschaft

Die Automobilwirtschaft ist der größte Industriezweig Deutschlands und ist mit dafür verantwortlich, dass der Verkehrssektor in Deutschland immer noch mehr als 20 % des CO₂-Ausstoßes ausmacht /STAT-05 21P/. Um die Klimaziele zu erreichen, befindet sich die Automobilindustrie deshalb in einer Transformation, weg vom Antrieb durch konventionelle Verbrennungsmotoren hin zur Elektromobilität. Mit dieser Transformation sind sowohl Herausforderungen, aber auch große Möglichkeiten verbunden. /BMU-01 21/

2.2.1 Grundbegriffe

Um ein Verständnis der Automobilwirtschaft zu erlangen, lohnt es sich zu betrachten, wie die Elektromobilität in Deutschland heute und in Zukunft funktionieren soll. Einige Grundbegriffe der Mobilität und Automobilwirtschaft werden im Folgenden eingeführt.

2.2.1.1 Mobilitätsbedürfnis

Der durchschnittliche Deutsche legt an einem durchschnittlichen Tag 39 km auf 3,1 Wegen zurück. Die meisten (43 %) der Wege und 55 % der Strecke werden dabei mit dem Auto zurückgelegt. So besitzt ein durchschnittlicher Haushalt 1,1 PKW und bewegt diesen zwei Mal pro Tag, wobei das Auto ca. 45 min pro Tag in Benutzung ist. Insgesamt gibt es in Deutschland ca. 43 Millionen PKW, wovon stand Anfang 2022 565.956 Hybride und 618.460 Elektroautos sind. Ein durchschnittliches Auto wird im Jahr 14.700 km gefahren /STATISTA-01 22/. /INFAS-01 18/

2.2.1.2 Verkehrswende

Die Verkehrswende bezeichnet den Prozess des Umstieges im Verkehrssektor auf nachhaltige Energieträger mit dem Ziel Treibhausgase zu verringern. Dies ist auch deshalb wichtig, da die CO₂-Emissionen in den letzten Jahren im Verkehrssektor zugenommen haben /STAT-04 21P/. Im motorisierten Individualverkehr bedeutet dies den Umstieg von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor auf Fahrzeuge mit elektrischem Antrieb, insbesondere batterieelektrische Fahrzeuge. Damit einher geht ein tiefgreifender Umbau sowohl in der Automobil- als auch in der Energiewirtschaft.

2.2.1.3 Charge Point Operator (CPO)

Der CPO ist der Betreiber von Ladesäulen. So ist dies laut § 2 der Ladesäulenverordnung (LSV) „wer unter Berücksichtigung der rechtlichen, wirtschaftlichen und tatsächlichen Umstände bestimmenden Einfluss auf den Betrieb eines Ladepunktes ausübt“. CPO sind dabei vor allem Energieversorger und Automobilhersteller /MOBH-01 22P/. /BDEW-11 20/

2.2.1.4 E-Mobility Provider (EMP) / E-Mobility Service Provider (EMSP)

EMP bzw. EMSP bieten Kunden den Zugang zur Ladeinfrastruktur eines oder mehrerer CPO. Dafür gibt dieser dem Kunden den notwendigen Schlüssel (z. B. RFID Karte, App) zur Nutzung der Ladeinfrastruktur und vereinbart mit ihm den Endkundenpreis. /BDEW-11 20/

2.2.2 Entwicklungen und der erwartete Hochlauf

Die Verkehrswende und die damit verbundene Förderung von Elektromobilität lässt eine starke Zunahme der Anzahl an Elektrofahrzeugen erwarten. Deshalb werden auch Forschung und Entwicklung in diesem Bereich gefördert. Das zu erwartende Wachstum der Elektrofahrzeuganzahl und ihre Entwicklung werden im Folgenden eingeordnet.

2.2.2.1 Batterietechnologie

Mit dem Ziel Batterien mit einer höheren Energiedichte herzustellen haben sich eine Vielzahl von Batterietechnologien entwickelt, wobei hauptsächlich Lithium-Ionen- (Li-Ionen) Akkus in Elektrofahrzeugen eingesetzt werden. Diese unterscheiden sich hauptsächlich in der Kombination von Lithium und (Halb-) Metallen. Verbreitet sind Lithium-Cobaltdioxid- (LiCoO₂), Lithium-Nickel-Cobalt-, Lithium-Eisenphosphat- und NMC-Akkus. Abseits der Li-Ionen-Batterien wurden für hybride Fahrzeuge auch Nickel-Metallhydrid (NiMH)-Batterien verwendet. Noch nicht marktreif, aber mögliche zukünftige Batterietechnologien könnten Redox Flow (Vanadium Luft Batterie) oder auch sog. Festkörperbatterien (Solid-State

Batteries) sein. Erstere sind insbesondere wegen der Möglichkeit des Betankens des Elektrolyten, anstelle des Ladens interessant. Die geringere Energie- und Leistungsdichte gegenüber Li-Ionen Batterien führt womöglich aber dazu, dass diese sich in batterieelektrischen Fahrzeugen nicht durchsetzen. Zweitere hat den Vorteil, dass diese eine deutlich höhere Energiedichte (Faktor 2 bis 5 im Vergleich zu Li-Ionen), bei längerer Lebensdauer haben. Der Nachteil dieser ist jedoch die geringere Leistungsdichte im Vergleich zu Li-Ionen Batterien. /ETI-01 21P/

2.2.2.2 Batteriealterung und Zyklfestigkeit

Die Alterungsprozesse einer Batterie kann man in die Zyklalterung und die kalendarische Alterung aufteilen. Zweitere wird hauptsächlich durch die temperaturabhängige Zersetzung des Elektrolyten verursacht und ist damit nur vom kalendarischen Alter abhängig und nicht von der Anzahl an Ladezyklen. Die Zyklalterung ist ein Alterungsprozess, resultierend aus den Ladezyklen. So wird bei jedem Ladezyklus die Aktivmasse der Elektroden leicht beschädigt. Außerdem gibt es Nebenreaktionen, bei denen Li-Ionen oder Elektrolyt gebunden wird und nicht mehr für die Ladung zur Verfügung steht. Wie resistent eine Batterie gegen zyklische Alterung geschützt ist, bzw. wie viele Zyklen diese fahren kann bis diese signifikant an Kapazität und Leistung verloren hat, wird Zyklfestigkeit genannt. /ETI-01 21P/

2.2.2.3 Elektrofahrzeuge 2030

Die Ampel-Koalition hat sich im Koalitionsvertrag das Ziel gesetzt, dass bis in das Jahr 2030 mindestens 15 Millionen vollelektrische Fahrzeuge zugelassen sein werden. Anfang des Jahres 2022 waren weniger als 700.000 vollelektrische Fahrzeuge in Deutschland zugelassen /STAT-07 22P/. Darüber hinaus will sie bidirektionales Laden ermöglichen. /SFGR-01 21/

2.2.2.4 Ladepunkte 2030

Laut dem Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung von Oktober 2019 sollen bis 2030 eine Millionen Ladepunkte entstehen. Um dies zu erreichen, sollen bis 2025 entsprechende Förderprogramme den Prozess beschleunigen. Insbesondere durch die Förderung von gemeinsam genutzter Ladeinfrastruktur (MFH, Gewerbe) und die Implementierung von Rahmenbedingungen für die Umsetzung von netzdienlichem Laden soll die Akzeptanz und Zunahme von Elektrofahrzeugen beschleunigt werden. /BMU-04 19/ /DIE-01 19/

2.2.3 Richtlinien, Gesetze, Normen und Verordnungen

Um die Ziele der Verkehrswende zu erreichen werden, ähnlich wie der Energiewirtschaft, auch der Automobilindustrie Richtlinien und Gesetze auferlegt. Es folgt eine kurze Einführung der wichtigsten dieser Normen und Verordnungen.

2.2.3.1 EU-Taxonomie

Das Ziel der EU-Taxonomie ist es, Vorgaben für nachhaltige Investitionen zu definieren. Dafür wird eine Liste mit nachhaltigen Wirtschaftstätigkeiten aufgestellt, sodass speziell diese als „grün“ vermarktet werden können. Diese Aufklärung soll gezielt Investitionen in nachhaltige Projekte fördern, bzw. dazu führen, dass nicht-nachhaltige Projekte weniger Investitionen erhalten. Insgesamt soll dies dabei helfen, den Europäischen Green Deal voranzubringen und

die Klimaziele einzuhalten. Die EU-Taxonomie steht aktuell in Kritik, da diese auch Investments in Atom- und Gaskraft als nachhaltig einstufen würde. Trotz dessen hat das Europaparlament diesem inzwischen zugestimmt. Der Verkehrssektor ist in der Verordnung mit der Hervorhebung seiner Relevanz für die Reduktion der Treibhausgasemissionen verankert. Für deren Erfassung wird das Festlegen von geeigneten Bewertungskriterien gefordert. Zudem wird auf den erheblichen Investitionsbedarf im Verkehrssektor, unter anderem für die Elektrifizierung, verwiesen. /WESTP-01 21/ /EU-08 20P/ /DSG-01 22P/

2.2.3.2 EU Flottengrenzwerte

Die EU-Flottengrenzwerte legen fest, wie viel CO₂ pro Kilometer im Durchschnitt alle in einem Jahr in der EU zugelassenen Fahrzeuge maximal ausstoßen dürfen. Dieser Wert lag bis 2019 bei 130 g CO₂ pro km, 2020 bei 95 g CO₂ pro km, wobei hier nicht der Durchschnitt über die gesamte Flotte berechnet wird, sondern nur über 95 % der Flotte. Das heißt, dass die 5 % CO₂ intensivsten Fahrzeuge nicht mitgerechnet werden. Ab 2021 gilt der Grenzwert von 95 g CO₂ pro km für die Gesamtflotte, wobei jedoch ein neues Prüfverfahren eingeführt wurde. Des Weiteren gilt der Flottengrenzwert nicht einheitlich für alle Fahrzeughersteller, sondern wird nach dem durchschnittlichen Fahrzeuggewicht der Flotte berechnet. In die Flotte eines Fahrzeugherstellers zählen alle in einem Jahr zugelassenen Fahrzeuge dieses Herstellers. /BMU-03 20P/

2.2.3.3 Treibhausgas-Emissions-Quoten

Laut § 37a des Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) hat „[w]er gewerbsmäßig [...] Kraftstoffe in den Verkehr bringt [...] sicherzustellen, dass“ (Absatz 1) „die Treibhausgasemissionen [...] um einen festgelegten Prozentsatz gegenüber dem Referenzwert [...] gemindert werden“ (Absatz 4). Diese Minderungsraten liegen 2022 bei 7 % und werden bis 2030 auf 25 % steigen. Um diese Treibhausgas (THG)-Quote zu erfüllen, haben die Mineralölkonzerne mehrere Möglichkeiten: So führte 2020 die Beimischung von Biokraftstoffen zur größten CO₂-Reduktion, gefolgt von der Verringerung der Upstream-Emissionen (dies sind Emissionen, welche während des Transportes, der Förderung etc. entstehen). Eine andere Möglichkeit ist es, Fahrzeuge gänzlich mit anderen Kraftstoffen, welche weniger CO₂ emittieren, zu versorgen. Dazu gehören Bioreinkraftstoffe, Flüssiggas, Erdgas, Wasserstoff sowie Strom. Als Kraftstoffalternative spielte Strom 2020 noch kaum eine Rolle. Seit Anfang 2022 können Elektrofahrzeughalter jedoch selbst das im Gegensatz zu einem Verbrenner eingesparte CO₂ vermarkten. Dies war bisher nur Betreibern von Ladesäulen möglich. Des Weiteren ist die Obergrenze für Biokraftstoffe zum 01.01.2022 von 6,5 % auf 4,4 % gefallen und die THG-Quote um 1 % gestiegen. Somit haben die Mineralölkonzerne einen Bedarf am Erwerb der Elektrofahrzeug THG-Quoten. Laut ADAC belaufen sich die Auszahlungssummen für die Teilnahme am THG-Quotenhandel, mit dem eigenen Elektrofahrzeug auf 250 – 350 € pro Jahr. /ZOLL-02 21/ /ADAC-01 22/ /UBK-01 21P/ /UBK-01 19P/

2.2.3.4 IEC Normen für Elektrofahrzeuge

Das Laden von Elektrofahrzeugen wird durch eine Vielzahl an Normen und Standards bestimmt, die einen gemeinsamen Rahmen für die Entwicklung neuer Technologien setzen und für Interoperabilität zwischen Lösungen verschiedener Unternehmen sorgt. In Abbildung 3 sind einige Normen und Standards rund um den Bereich des Ladens zu sehen.

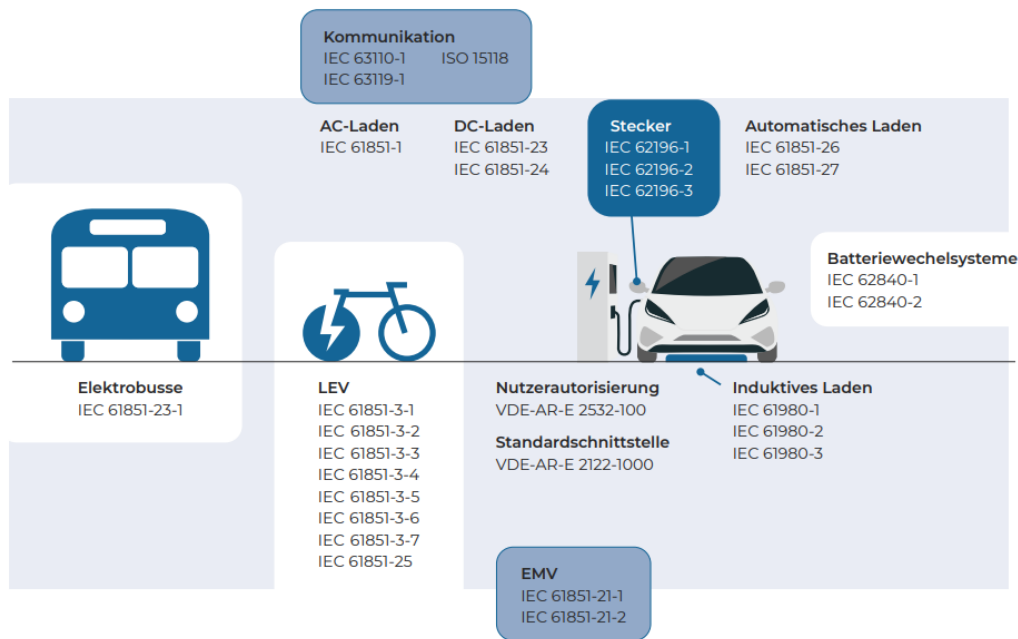


Abbildung 3 Normen und Standards im Bereich des Ladens von Elektrofahrzeugen /HOPPE-01 21P/

2.2.4 Kategorisierung von Ladevorgängen

Elektrofahrzeuge haben einen hohen Energiebedarf, der durch das Stromnetz gedeckt werden muss, andererseits aber auch eine große Speicherkapazität, welche dem Energiesystem wichtige Flexibilität bieten kann. Damit diese Flexibilität genutzt werden kann und die durch die Elektrofahrzeuge entstehenden Lastspitzen nicht zu hoch werden, gibt es verschiedene Möglichkeiten, Elektrofahrzeuge zu laden.

2.2.4.1 Gesteuertes Laden

Ungesteuertes Laden bedeutet, dass das Elektrofahrzeug, sobald es an den Ladepunkt angeschlossen wurde, mit der maximalen Leistung lädt. Gesteuertes Laden bedeutet hingegen, dass dieses nicht bedingungslos mit der vollen Leistung lädt. Anstelle dessen werden die Ladeleistung und Dauer dynamisch, nach unterschiedlichen Anreizsignalen, angepasst. So kann das Elektrofahrzeug z. B. hauptsächlich bei eigener PV-Stromerzeugung oder bei günstigen Strompreisen laden. Auf die möglichen Optimierungsmöglichkeiten durch gesteuertes Laden wird in Abschnitt 2.3 Optimierungsmöglichkeiten durch Flexibilitätseinsatz genauer eingegangen. /FFE-195 20P/

2.2.4.2 Unidirektionales vs. Bidirektionales Laden

Unidirektionales Laden beschreibt den aktuell üblichen Ladevorgang eines Elektrofahrzeuges, wobei die Batterie aus dem Stromnetz geladen wird. Im Gegensatz dazu beschreibt der Begriff bidirektionales Laden die Fähigkeit eines Elektrofahrzeuges, sowohl Strom aus dem Netz zu beziehen als auch Strom an das Netz abzugeben, diese Fähigkeit wird Vehicle to Grid (V2G) (siehe 2.2.4.3) genannt. Darüber hinaus kann mit der bidirektionalen Ladetechnologie nicht nur Strom in das Stromnetz eingespeist werden, sondern verschiedenste Verbraucher mittels

sogenanntem Vehicle to X (V2X) versorgt werden. Genauer wird auf diese Möglichkeiten in den folgenden fünf Abschnitten eingegangen. /FFE-191 20/

2.2.4.3 Vehicle to Grid (V2G)

Ein bidirektional ladendes Elektrofahrzeug kann durch Stromrückspeisung dem Netz unterschiedlich dienlich sein. So könnte ein größerer Pool von Elektrofahrzeugen Systemdienstleistungen (SDL) (siehe 2.3.9) wie Regelleistung oder (regionale) Flexibilitäten bereitstellen, um Netzengpässe auszugleichen. Eine andere Möglichkeit V2G zu nutzen ist es, die Lade- und Entladeflexibilität an den Strommärkten (Intraday, Day Ahead) aggregiert zu vermarkten. Eine weitere Möglichkeit zur Nutzung der Flexibilität ist es, den „echten“ Grünstromanteil zu erhöhen und somit den CO₂-Ausstoß zu senken./FFE-191 20/

2.2.4.4 Vehicle to Home (V2H)

Im Gegensatz zu V2G wird das bidirektionale Laden hier nicht eingesetzt, um in das Netz einzuspeisen, sondern um Verbraucher hinter demselben Netzanschlusspunkt mit Strom zu versorgen. Dabei bietet die sogenannte Eigenverbrauchserhöhung die Möglichkeit, überschüssigen PV-Strom nicht ins Netz zu speisen, sondern das Elektrofahrzeug zu laden. Dieser Strom kann wiederum zu Zeiten von wenig PV-Stromerzeugung genutzt werden, um eigene Verbraucher zu versorgen. Alternativ kann das Elektrofahrzeug auch dazu genutzt werden, den Eigenstromverbrauch tariflich zu optimieren. Das heißt, dass das Elektrofahrzeug bei niedrigen Strompreisen laden würde und bei hohen Strompreisen entladen würde. V2H bietet auch die Möglichkeit, bei einem Stromausfall das Elektrofahrzeug als Notstromversorgung zu verwenden. Ein Elektrofahrzeugpool könnte dabei auch ein Inselnetz mit Strom versorgen. /FFE-191 20/

2.2.4.5 Vehicle to Vehicle (V2V)

Bei V2V lädt ein Elektrofahrzeug ein anderes. Dies kann im einfachsten Fall heißen, dass ein Fahrzeug dem anderen genug elektrische Energie gibt, um bis zur nächsten Ladesäule zu kommen /FORD-01 21/. Eine andere Möglichkeit von V2V ist es, durch Flottenmanagement die maximale Ladeleistung eines Ladeparks zu begrenzen. Dies wird bewerkstelligt, indem Elektrofahrzeuge im Bedarfsfall Strom rückspeisen, also andere Elektrofahrzeuge laden. /FFE-191 20/

2.2.4.6 Vehicle to Business (V2B)

Eine Elektrofahrzeug Flotte kann auch dafür verwendet werden, ein Unternehmen mit Strom zu versorgen. So können Elektrofahrzeuge für die Spitzenkappung verwendet werden, wenn das Unternehmen RLM-Kunde (siehe 2.1.1.13) ist. Dadurch muss das Unternehmen im besten Fall einen geringeren Preis für die Leistung bezahlen. Alternativ kann mit der Elektrofahrzeug-Flexibilität auch der Echt-Grünstromanteil des Unternehmens erhöht werden. /FFE-191 20/

2.2.4.7 Vehicle to Load (V2Load) / Vehicle to Gadget (V2Gadget)

Bei V2Gadget versorgt das Elektrofahrzeug Verbraucher, die typischerweise an einer Haushaltssteckdose angeschlossen wären. Dies kann von Anwendungen wie dem Anschließen des Staubsaugers am Fahrzeug bis hin zum Betrieb von Camping-Utensilien wie eines Kühlschranks oder Elektrogrills reichen. V2Gadget kann dabei über eine im Fahrzeug

eingebaute Haushaltssteckdose erfolgen, oder über einen Adapter (Powerbox), welcher in die Ladebuchse des Elektrofahrzeuges gesteckt werden kann. Andere Anwendungsbeispiele wären z.B. das Laden von E-Bikes, Laptops oder der Betrieb einer Kaffeemaschine. /FFE-191 20/ /HYMC-01 22/

2.2.4.8 Ladetechnologien

Elektrofahrzeuge werden typischerweise mittels eines Kabels geladen, welches eine elektrische und physische Verbindung zwischen Ladepunkt und Elektrofahrzeug herstellt. Dabei gibt es zwei Technologien, wie ein Elektrofahrzeug in der Regel geladen werden kann. Beim AC-Laden wird das Fahrzeug mittels ein- oder dreiphasigen Wechselstroms bei 230–400 V mit einer Ladeleistung von bis zu 43 kW, geladen. Da die Batterien Gleichstrom benötigen, richtet das Elektrofahrzeug den Strom gleich. Das DC-Laden wird meist für „Fast Charging“, also das Laden mit höheren Leistungen, verwendet. So erreichen Prototypen eine Ladeleistung von bis zu 350 kW, aber auch serienmäßige Fahrzeuge erreichen Ladeleistungen von 150 kW. Neben dem Laden mittels Kabel gibt es noch weitere Ladetechnologien, welche aktuell bedingt auf dem Markt verfügbar sind. /KIT-04 21/

Im Gegensatz zum kabelgebundenen Laden wird beim induktiven Laden der Strom mittels eines Magnetfelds übertragen. Dabei muss sich das Elektrofahrzeug über einem induktiven Ladegerät befinden. Es besteht somit keine physische Verbindung zwischen Ladegerät und Elektrofahrzeug. Dies hat den Vorteil, dass der Fahrer das Elektrofahrzeug nur mittels Abstellens laden kann und keine Kabel ein- bzw. ausstecken muss. Induktives Laden hat jedoch den Nachteil, dass je nach Breite des Luftspaltes zwischen den Spulen 10 – 20 % der elektrischen Energie verloren gehen. /KIT-04 21/

Beim Laden mittels Wechselbatterie fährt das Elektrofahrzeug für den Ladevorgang in eine Wechselstation. In dieser wird der standardisierte leere Akku ausgebaut und mit einem baugleichen vollgeladenen Akku ersetzt. Dieser Vorgang dauert ca. 5 min und ist vor allem in China verbreitet. /KIT-04 21/

Bei der OppCharge Technologie handelt es sich um eine Ladetechnologie, welche sich insbesondere für Busse eignet. Dabei fährt dieser unter eine OppCharge Ladestation, von welcher ein Pantograph ausfährt, welcher an die Ladeschienen des Busses dockt und somit eine elektrische Verbindung herstellt und den Akku belädt. /KIT-04 21/

Beim Laden via Oberleitung müssen über der Fahrbahn Oberleitungen angebracht sein, ähnlich der von Schienenfahrzeugen. Mittels eines Stromabnehmers kann das Fahrzeug, zumeist LKW, während des Fahrens geladen werden. /ÖIE-01 21P/

2.2.4.9 Öffentliches und Privates Laden

Öffentliche Ladesäulen befinden sich auf öffentlichem Grund, zumeist auf städtischen bzw. gemeindlichen Flächen. Um diese nutzen zu können, benötigt man eine Authentifizierung des EMP. Private Ladepunkte befinden sich auf Privatgrund und können prinzipiell nur vom Eigentümer bzw. von ihm autorisierten Dritten genutzt werden. Dazwischen liegt das halb-öffentliche Laden, wobei sich die Ladepunkte zwar auch auf Privatgrund befinden, aber von Außenstehenden genutzt werden können. Dabei kann es sein, dass diese eine Autorisierung eines CPO benötigen (z. B. Supermarktladesäulen). /FFE-192 20/

2.2.4.10 Steckertypen

Weltweit gibt es eine Vielzahl verwendeter Steckertypen. In Europa, werden vorwiegend zwei Steckertypen verwendet: Zum einen der Steckertyp „Typ 2“ (IEC 62196-2 „Typ 2“; IEC 61851-22), welcher hauptsächlich für AC-Laden (sowohl ein- als auch dreiphasig) verwendet wird, zum anderen der „EU DC Combo 2“-Stecker (IEC 62196-3: FF, IES 61851-23-1), auch Combined-Charging-System (CCS)-Stecker genannt, welcher für DC-Laden verwendet wird. Dieser wird vorwiegend für sog. Schnellladen verwendet, da mit diesem bedeutend höhere Ladeleistungen erreicht werden können. Abbildung 4 zeigt eine Übersicht verfügbarer Steckertypen sowie ihrer Nutzungsbereiche und Ladeeigenschaften. /KIT-04 21/ /FFE-193 20/








| Anschlussstyp | Nutzungsbereich | Typische Leistung | Maximale Leistung | Standards |
|--------------------------|--|-------------------------|-------------------|---|
| AC | | | | |
| Typ 1 (SAE J1772-2009) |  Japan, Nordamerika | 3,7 kW 7 kW | 7,4 kW | <ul style="list-style-type: none"> • SAE J1772-2009 • IEC-62196-2 Typ 1 • SAE J1772-2001 • IEC 61851-22 |
| Typ 2 |  Europa | 3,7 kW 7 kW 22 kW | 44 kW | <ul style="list-style-type: none"> • IEC-62196-2 Typ 2 • IEC 61851-22 |
| DC | | | | |
| CHAdeMO |  Weltweit | 50 kW | 200 kW, 400 kW | <ul style="list-style-type: none"> • IEC 62196-3: AA • IEC 61851-23-1,23-2 • IEEE 2030.1 |
| EU DC CCS Combo 2 |  Europa | 50 kW | 150 kW, 400 kW | <ul style="list-style-type: none"> • IEC 62196-3: FF • IEC 61851-23-1 |
| SAE J1772 DC CCS Combo 1 |  USA, Kanada | 50 kW | 150 kW, 400 kW | <ul style="list-style-type: none"> • SAEJ1772 • IEC 62196-3: CC |
| GB/T |  China | 50 kW | 237.5 kW | <ul style="list-style-type: none"> • GB/T 20234 Mode 3 • IEC 62196-3: BB • IEC 61851-23-1 |
| Tesla (Typ 2) |  Europa | 125 kW | 145 kW | - |

Abbildung 4 Eigenschaften der Steckertypen /FFE-193 20/

2.2.4.11 Lademodi und Kabeltypen

Unterschiedliche Lademodi benötigen unterschiedliche Kabeltypen. Dabei kann man zwischen vier Lademodi unterscheiden:

- Mode 1: In diesem Modus lädt das Elektrofahrzeug mit bis zu 16 A ein- oder dreiphasig Wechselstrom. Dafür wird ein Kabel benötigt, welches einen Typ 2 Stecker auf der einen und einen CEE Stecker (z. B. Schuko Stecker) auf der anderen Seite besitzt. /KIT-04 21/
- Mode 2: In diesem Modus lädt das Elektrofahrzeug mit bis zu 32 A ein oder dreiphasig Wechselstrom. Dafür werden dieselben Stecker benötigt, wie beim Laden nach Mode 1, zusätzlich muss das Kabel jedoch eine In-Kabel-Kontrollbox (ICCB) vorweisen. Diese sorgt dafür, dass die Haushaltssteckdose nicht überlastet. /KIT04 21/
- Mode 3: In diesem Modus lädt das Elektrofahrzeug an einem Ladepunkt mit max. 63 A ein- oder dreiphasig Wechselstrom. Dabei wird ein Kabel benötigt, welches auf beiden Seiten einen Typ 2 Stecker hat. /KIT04 21/

- Mode 4: In diesem Modus lädt das Elektrofahrzeug Gleichstrom. Somit wird hier ein Kabel mit einem CCS-Stecker benötigt, dieses ist typischerweise mit einem DC-Ladepunkt fest verbunden. /KIT04 21/

2.3 Optimierungsmöglichkeiten durch Flexibilitätseinsatz

Die Dekarbonisierung des Energiesystem bedeutet, dass große Mengen der Energie aus volatiler Energieerzeugung wie Wind- oder Solarenergie gewonnen werden. Dadurch entstehen Zeiten, in denen mehr Strom produziert wird als die Nachfrage es verlangt, aber auch Perioden, in denen der Strombedarf nicht gedeckt werden kann. Es werden also Flexibilitäten benötigt, um zu Zeiten der Überproduktion Energie zu speichern und sie später bei Bedarf wieder in das Energiesystem zurückzugeben. Hier folgt zunächst eine formale Definition der Flexibilität und dann verschiedene Möglichkeiten die vorhandene Flexibilität einzusetzen.

2.3.1 Flexibilität

Für das unIT-e² Projekt wurde Flexibilität wie folgt definiert:

Flexibilität beschreibt die technische Fähigkeit einer technischen Anlage, Stunden mit hohen und niedrigen Strompreisen (bzw. Residuallast) auszugleichen, preisabhängig Leistung oder Last bereitzustellen, in kurzer Zeit Leistung oder Last zu erhöhen (Leistungsgradient), oder kurzfristig Leistung oder Last bereitzustellen (Aktivierungszeit). Zur Beschreibung dieser Fähigkeit sind Kennwerte, wie beispielsweise die maximal mögliche Rampe (maximale Leistungsänderung je Zeiteinheit) oder die minimal / maximal mögliche Leistung notwendig. Weiterhin ist die maximal verschiebbare Energiemenge sowie eine Zeitangabe, wie lange die Leistung verändert wird und - falls notwendig - bis wann die Differenzenergie ausgeglichen werden muss, zu berücksichtigen. Für einen gezielten Einsatz von Flexibilität sind der Ort (sowohl geografisch als auch der Verknüpfungspunkt im Netzgebiet) und der damit einhergehende Wirkradius von Bedeutung. /DENA-08 14/ /FFE-69 18/

2.3.2 Spotmarkt-orientiert

Das Ziel einer am Spotmarkt-orientierten Flexibilität ist es, die flexible Kapazität am Spotmarkt so zu vermarkten, dass ein möglichst hoher finanzieller Gewinn zustande kommt. Beispielsweise kann ein Elektrofahrzeug immer dann laden, wenn am Spotmarkt möglichst niedrige Preise vorherrschen. Zudem kann ein Speicher am Spotmarkt Arbitragegewinne erzielen, indem er zu Zeiten niedriger Strompreise geladen wird und zu Zeiten hoher Preise diese Energie wieder verkauft. Damit werden Erlöse durch den Preisspread am Strommarkt generiert. /FFE-92 21/

2.3.3 THG-optimiert

THG-optimiertes Laden heißt, dass das Fahrzeug bei einem hohen Grünstromanteil lädt, um den CO₂-Fußabdruck zu verringern. Eine flexible Anlage, wie beispielsweise ein Elektrofahrzeug, kann auch den Grünstromanteil im Netz erhöhen, indem sie bei hohem Grünstromanteil lädt und sich bei niedrigem Grünstromanteil entlädt. Bedingung für die Erhöhung des Grünstromanteils im Netz ist, dass dabei ansonsten abgeregelter Grünstrom zwischengespeichert, zu einem späteren Zeitpunkt abgegeben wird und damit die Erzeugung

durch konventionelle Kraftwerke vermieden. Damit kann bspw. der Einsatz von fossil betriebenen Kraftwerken verringert werden. /FFE-93 21/

2.3.4 Netzentgelte vermeiden (Spitzenlastkappung)

RLM-Kunden (siehe 2.1.1.13) haben den Anreiz, eine möglichst geringe Spitzenlast zu haben, um somit weniger Netzentgelt zu zahlen. Daher können durch die Verringerung der Spitzenlast, auch genannt Spitzenlastkappung oder engl. Peak Shaving, Netzentgelte vermieden werden. Eine Möglichkeit ist es, durch firmeneigene Flexibilitäten die Spitzenlast zu kappen. Diese könnte z. B. durch einen Pool von V2B-fähigen Elektrofahrzeugen, welche bei einer Lastspitze die zusätzliche Leistung bereitstellen, realisiert werden. /FFE-94 21P/

2.3.5 Eigenverbrauch

Unter Eigenverbrauch versteht man den selbst (z. B. durch eine PV-Anlage) erzeugten Strom zu verbrauchen und diesen nicht in das Netz zu speisen. Beim eigenverbrauchsoptimierten Verhalten wird der selbst erzeugte Strom bevorzugt selbst (im Haus) verbraucht und nur der überschüssige Strom ins Netz eingespeist. Eigenverbrauchserhöhung kann durch eine Anpassung der Last an die Erzeugung geschehen, beispielsweise kann die Waschmaschine explizit bei PV-Überschuss laufen oder das Elektrofahrzeug bei PV-Überschuss geladen werden. Zudem kann auch der überschüssige Strom in einer Batterie (Heimspeicher aber auch V2H-fähiges Elektrofahrzeug) gespeichert werden und dann zu Zeiten mit geringer oder keiner PV-Erzeugung verbraucht werden /FFE-91 21P/

2.3.6 Aktiver Einsatz von Flexibilität durch den VNB

Netzbetreiber können flexible Anlagen (vgl. 2.3.1) verwenden, um die Netzsicherheit kurativ oder präventiv zu sichern. Dies liegt nach § 13 EnWG hauptsächlich im Aufgabenbereich der ÜNB. Durch die Dezentralisierung der Energieversorgung haben die VNB jedoch einen höheren Bedarf an kurativen und auch präventiven Netzengpassmanagementmaßnahmen, wofür flexible Anlagen eingesetzt werden können. Kuratives Netzengpassmanagement bedeutet, dass die Energieversorgung nicht mehr sichergestellt werden kann und aktiv eingegriffen werden muss, um diese sicherzustellen. Ausgelöst werden kann solch ein Netzengpass beispielsweise durch eine Verletzung des n-1-Kriterium oder durch eine Überlastung eines Assets (z. B. einer Ortsnetzstation oder einer Leitung). Präventives Netzengpassmanagement bedeutet, dass ein Netzengpass droht und vorbeugende Maßnahmen, wie z. B. Redispatch ergriffen werden, sodass es nicht zu einem Netzengpass kommt. /AGORA-16 18/

VNB haben in der Vergangenheit hauptsächlich kuratives Netzengpassmanagement betrieben. Durch den Redispatch 2.0 sowie § 14a EnWG (vgl. 2.1.2.1) fällt der aktive Einsatz von Flexibilität zur Behebung und Vorbeugung von Netzengpässen zunehmend in deren Aufgabenbereich.

2.3.7 Digitaler Netzanschluss (DiNa)

Der DiNa stellt eine Schnittstelle zwischen Netzbetreiber und Energiemanagementsystem (EMS) dar. Das Ziel des DiNa ist, dass die nach § 14 a EnWG (siehe 2.1.2.1) ansteuerbaren Anlagen nicht einzeln angesteuert werden müssen, sondern dass der Hausanschluss eine maximale Bezugsleistung vorgegeben bekommt und nach der Präferenz

des Anschlussnutzers die jeweiligen Assets abregeln kann. Somit findet die konkrete Regelung der steuerbaren Komponenten lokal durch ein EMS statt. /SWM-01 21/

2.3.8 Optimierungsziele von Ladevorgängen und sich ergebende Gleichzeitigkeiten

Durch das Verfolgen der oben genannten Zielgrößen der Spitzenlastkappung, Eigenverbrauchserhöhung und insbesondere der THG- bzw. Spotmarktoptimierung können hohe Gleichzeitigkeiten entstehen. Dies bedeutet, dass z. B. bei niedrigen Strompreisen oder CO₂-armer Energieerzeugung sehr viele Elektrofahrzeuge und weitere flexible Verbraucher bzw. Speicher reagieren, indem sie Strom beziehen. Dies kann zu Überlastungen im Netz und insgesamt zu einer Destabilisierung führen.

2.3.9 Systemdienstleistungen

Systemdienstleistungen bezeichnen alle Leistungen, welche ein elektrisches Energieversorgungsnetz für seine Funktionstüchtigkeit benötigt. Dazu gehören Möglichkeiten zur Frequenzhaltung, zur Spannungshaltung und zum Versorgungswiederaufbau sowie zur System- und Betriebsführung. /VDN-07 07/

Das Ziel der Frequenzhaltung ist, wie der Name impliziert, die Frequenz bei 50,0 Hz zu halten. Dabei werden je nach Frequenzabweichung unterschiedliche Maßnahmen ergriffen. Einige davon sind die Momentanreserve, Regelleistung, Zu- und Abschaltbare Lasten, Frequenzabhängiger Lastabwurf und Wirkleistungsreduktion. /DENA-11 14/ Die Regelleistung unterteilt sich in Primärregelleistung (PRL), Sekundärregelleistung (SRL) und Minutenreserve (MR). Regelleistung wird immer dann eingesetzt, wenn ein Ungleichgewicht zwischen Erzeugung und Verbrauch vorliegt. Da dieses sich in der Frequenz bemerkbar macht, wird diese ab einer Frequenz-Schwellwertüberschreitung eingesetzt. PRL stabilisiert dabei die Frequenz, SRL bringt die Frequenz wieder auf den Normalwert und die Minutenreserve löst die anderen Regelleistungen ab, falls das Ungleichgewicht auch noch nach 15 min vorliegt.

Das Ziel der Spannungshaltung ist es, eine möglichst konstante Spannung zu halten, aber auch den Spannungseinbruch bei einem Kurzschluss zu begrenzen. Dafür werden die folgenden Maßnahmen ergriffen: spannungsbedingter Redispatch, spannungsbedingter Lastabwurf sowie Spannungsregelung. Des Weiteren wird die Bereitstellung von Blindleistung und die Bereitstellung von Kurzschlussleistung benötigt. /DENA-11 14/

Beim Versorgungswiederaufbau wird nach einem Störfall die Versorgung wiederaufgebaut. Dabei erfolgen Schaltmaßnahmen zur Störungseingrenzung, die geordnete Inbetriebnahme von Erzeugern und Netzen mit Lasten, sowie von schwarzstartfähigen Kraftwerken. /DENA-11 14/

Die System- und Betriebsführung haben das Ziel, den Netz- und Systembetrieb zu koordinieren. Dazu gehören die überregionale Koordination von Systemdienstleistungen, das Monitoring und Analysieren des Netzes, sowie Einspeise- und Engpassmanagement. /DENA-11 14/

3 Technik

Damit die zuvor eingeführten Möglichkeiten für die Nutzung der Flexibilität von Batteriespeichern in Elektrofahrzeugen genutzt werden können, benötigt es technische Komponenten und deren Vernetzung. Für die Umsetzungen gibt es mehrere Herausforderungen, da nicht nur die verschiedenen Hardware-Komponenten standardisiert und ausgerollt werden müssen, sondern auch Kommunikationswege und Protokolle standardisiert werden müssen, um die großflächige Nutzbarkeit der Flexibilität der Elektrofahrzeuge sicherzustellen. Abbildung 5 gibt einen beispielhaften Überblick der involvierten Komponenten und Schnittstellen.

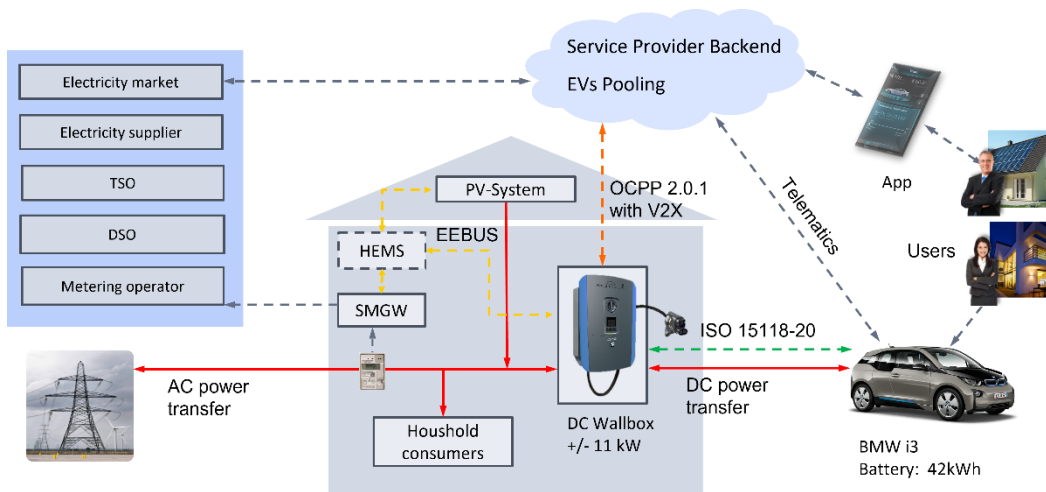


Abbildung 5 Beispielhaftes Systembild für die flexible Steuerung von Ladenvorgängen aus dem Projekt BDL /BMW-01 22P/

3.1 Komponenten

Für den Einsatz der Flexibilität von Anlagen und deren effektive Einbindung ins Energiesystem wird Hardware benötigt. Zum einen beinhaltet dies, neben den Erzeugungs- und Verbrauchsanlagen selbst, Komponenten für die Verarbeitung und Umsetzung von Steuerungsvorgaben und zum anderen auch die Mess- und Steuerungsinfrastruktur.

3.1.1 Elektrofahrzeuge

Zu den Elektrofahrzeugen im weiteren Sinne können eine ganze Reihe von Fahrzeugen mit Elektroantrieb gezählt werden. So gibt es neben den Elektroautos elektrisch betriebene Lastkraftfahrzeuge, Züge, Fahrräder, Roller etc.. Elektrofahrzeuge unterscheiden sich in drei Kategorien: batterieelektrische Fahrzeuge, Hybride und Brennstoffzellenfahrzeuge. Erstere werden ausschließlich von Elektromotoren angetrieben, welche aus einem Batteriespeicher ihren Strom beziehen. Hybridelektische Fahrzeuge werden sowohl von einem Verbrennungsmotor als auch einem Elektromotor angetrieben. Plug-in-Hybride und Elektrofahrzeuge mit Range Extender verfügen über eine Batterie die über einen Stecker geladen werden kann, wohingegen Hybrid-Fahrzeuge ihre verhältnismäßig kleine Batterie ausschließlich über kinetische Energie, die z. B. beim Bremsen abfällt, beladen. Fahrzeuge mit Brennstoffzelle zählen auch zu den Elektrofahrzeugen, da sie ausschließlich über einen elektrischen Antrieb verfügen. Im Gegensatz zu batterieelektrischen Fahrzeugen beziehen

diese ihren Strom primär aus einer Brennstoffzelle und müssen Wasserstoff tanken. In mWh/kWh werden nur vollelektrische Elektrofahrzeuge und Plug-in-Hybride als Elektrofahrzeuge bezeichnet. /KIT-06 21P/ /KIT-07 21P/

3.1.2 Wärmepumpe

Wärmepumpen sind Maschinen welche mittels eines Kreisprozesses (linksläufiger Clausius-Rankine-Prozess) Wärme aus elektrischer Energie und Umweltwärme (Luft-, Erdwärme) erzeugen. Die wichtigsten Wärmepumpenarten sind die Luftwärmepumpe, die Erdwärmepumpe und die Wasserwärmepumpe. Diese zählen alle zu den Kompressionswärmepumpen. /KFA-01 22/

3.1.3 PV-Anlage

PV-Anlagen sind Anlagen, welche mittels des photovoltaischen Effekts Strom erzeugen. Da diese als Energiequelle die Strahlung der Sonne nutzen, können PV-Anlagen als Solarkraftwerk bezeichnet werden. Aktuell sind in Deutschland ca. 56 GW an PV-Anlagen installiert (Stand Juni 2022) und weltweit ca. 760 GW (Stand 2020). Im Jahr 2021 stammten in Deutschland ca. 9 % der Stromerzeugung aus PV-Anlagen. /KFA-01 22/ /STAT-08 22P/ /BNETZA-07 22P/

3.1.4 Batteriespeicher

Batteriespeicher sind Speicher elektrischer Energie, wobei diese mithilfe einer elektrochemischen Reaktion gespeichert wird. Dabei gibt es zwei Arten von Batterien: wiederaufladbare und nicht wiederaufladbare. Wenn hier von Batteriespeichern gesprochen wird, werden stets wiederaufladbare Batterien (Akkus) gemeint. Genauer über die aktuellen und zukünftigen Technologien ist in Abschnitt 2.2.2.1 zusammengefasst. /KFA-01 22/

3.1.5 Nachtspeicherheizung

Eine Nachtspeicherheizung ist eine elektrische Speicherheizung, die mittels elektrischer Energie Wasser, beispielsweise in einem Boiler (Warmwasserspeicher), erhitzt. Der Begriff der „Nachtspeicherheizung“ hat sich etabliert, da das Aufheizen möglichst in die Nachstunden gelegt wurde um konventionell erzeugten Strom in Schwachlastzeiten abzunehmen. Damit konnte früher durch einen entsprechenden Tarif mit günstigem Strom geheizt werden. Die Wärme wurde gespeichert und konnte im Laufe des Tages genutzt werden. Heutzutage heizen diese Heizungen jedoch nicht ausschließlich nachts, sondern könnten im Optimalfall nach § 14a EnWG (siehe 2.1.2.1) als Flexibilität eingesetzt werden. /KFA-01 22/

3.1.6 Wallbox

Eine Wallbox ist ein Ladegerät für Elektrofahrzeuge welches, wie der Name impliziert, an einer Wand befestigt ist und wird üblicherweise bei Wohnhäusern, aber auch Gewerbebetrieben installiert. Eine Wallbox lädt das Elektrofahrzeug meist mit Wechselstrom bei einer typischen Ladeleistung von 11 kW. Eine Wallbox kann mehrere Ladepunkte haben. /KFA-01 22/

3.1.7 Ladesäule

Eine Ladesäule ist ein Ladegerät für Elektrofahrzeuge, welches im Gegensatz zur Wallbox hauptsächlich auf öffentlichem Grund steht. Typischerweise ist dies eine Säule an einem Parkplatz und kann mehrere Ladepunkte haben. Ladepunkte unterteilen sich nach § 2 der

Ladesäulenverordnung in Normalladepunkte und Schnellladepunkte, wobei Ladepunkte erst ab einer Ladeleistung von 22 kW als Schnellladepunkte gelten. Schnellladepunkte sind hauptsächlich Ladesäulen mit Gleichstrom. /KIT-04 21/

3.1.8 Ladepunkt

Ein Ladepunkt ist eine technische Vorrichtung mit welcher maximal ein Fahrzeug gleichzeitig geladen werden kann. Eine Ladestation kann mehrere Ladepunkte haben (vgl. § 2 Nr. 2 Ladesäulenverordnung). /OCA-04 20/

3.1.9 Moderne Messeinrichtung (mMe)

Eine mMe ersetzt den bis dato verwendeten Ferraris-Zähler, welcher den Stromverbrauch elektromechanisch misst. Über die Erfassung der am Hausanschluss verbrauchten Energie hinaus misst die mMe den tatsächlichen Energieverbrauch und die tatsächliche Nutzungszeit und stellt diese mittels einer Schnittstelle zur Verfügung. Damit wird der zeitliche Verlauf des Stromverbrauchs ersichtlich und Einsparpotenziale einfacher zu identifizieren. Neben der Energie können mit der mMe weitere Messgrößen wie z. B. Spannung, Strom oder Frequenz gemessen werden. /FFE-64 18/

3.1.10 Smart Meter Gateway (SMGW)

Ein SMGW ist für die Verarbeitung, Erhebung, Übermittlung Zeitstempelung und Löschung von Messwerten, welche vom mMe übergeben werden, zuständig. Des Weiteren gewährleistet es die Sicherheit und den Schutz der Daten. In Kombination mit einem oder mehreren mMe bildet es ein iMSys. Über das SMGW kann der GWA auf das iMSys zugreifen. /FFE-64 18/

3.1.11 (Home) Energy Management System

Ein Energiemanagementsystem (EMS) dient in erster Linie zur Erhöhung der Energieeffizienz. Darüber hinaus können aber auch Kosten und CO₂-Verbrauch gesenkt werden. Um dies zu erreichen, werden alle relevanten Daten und Energiemengen überwacht, organisiert und dokumentiert. Zudem ist ein EMS für stromintensive Unternehmen Voraussetzung für die Befreiung von der EEG Umlage.

Aus dem EMS für Unternehmen hat sich das Home Energy Management System (HEMS) heraus entwickelt. Dieses ist dafür da, die verfügbaren Anlagen optimal zu steuern - beispielsweise die Erzeugung der PV-Anlage mit dem Bezug der steuerbaren Verbraucher oder dem Laden eines Batteriespeichers abzustimmen. Damit kann der Eigenverbrauch (vgl. Abschnitt 2.3.5) optimiert werden. Des Weiteren überwacht, dokumentiert und organisiert das HEMS Daten und Energiemengen. /KFA-01 22/ /VNE-01 22P/

3.1.12 Steuerbox

Ein SMGW kann um eine Steuerbox erweitert werden, sodass auch Bestandsanlagen bidirektional ferngesteuert werden können. Bidirektional bedeutet in diesem Kontext, dass nicht nur Steuerbefehle versendet werden, sondern auch eine Rückmeldung zur Umsetzung des Steuerbefehls erhalten werden können. Derzeit werden Bestandsanlagen ohne digitale Schnittstelle über Rundsteuertechnik gesteuert. Beispielsweise können damit Anlagen nach § 14a EnWG oder auch Anlagen nach KWKG und steuerbare EEG-Anlagen (Redispatch 2.0 siehe 2.1.2.3) gesteuert werden. /FFE-6418/

3.2 Protokolle

Elektrofahrzeuge können Daten durch die Nutzung unterschiedlicher Protokolle mit unterschiedlichen Backendsystemen austauschen. Die Kommunikation mit dem Fahrzeughersteller-Backend für die Übermittlung fahrzeugspezifischer Daten soll hier nicht weiter betrachtet werden. Im Fokus steht stattdessen die Kommunikation mit dem Backendsystem eines EMP bzw. einem HEMS. Dabei kommuniziert das Fahrzeug bspw. über eine ISO-15118- oder IEC-61851-konforme Schnittstelle mit der Ladeinfrastruktur, welche über Protokolle wie dem Open Charge Point Protokoll (OCPP) oder auch EEBUS Informationen mit dem Backendsystem oder dem HEMS austauscht (vgl. Abbildung 6).

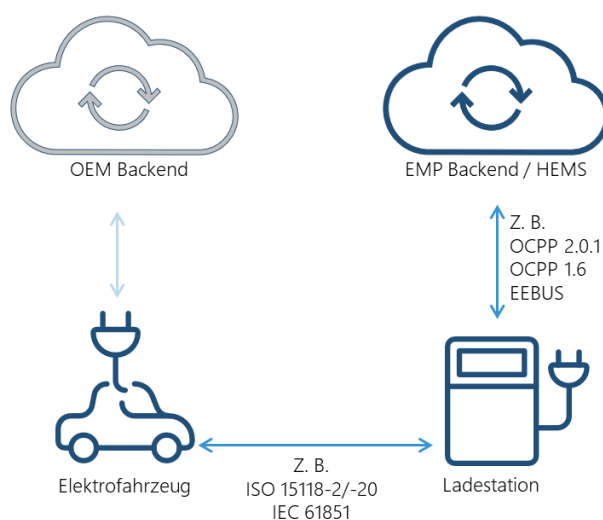


Abbildung 6 Kommunikationsschnittstellen zwischen Fahrzeug, Ladesäule und den Backends

3.2.1 OCPP

Mit dem Open Charge Point Protokoll (OCPP) hat die Open Charge Alliance (OCA) ein offenes und frei verfügbares Protokoll für die Kommunikation zwischen Ladesäule und Backend geschaffen. Über das Protokoll können Backend und Ladesäule abrechnungsrelevante Daten, die Zugangsverwaltung oder die unidirektionalen Steuerungsbefehle von Ladevorgängen übertragen. Dank der kontinuierlichen Weiterentwicklung von OCPP können darüber hinaus, eine Vielzahl weiterer Funktionen mit OCPP-konformen Ladesäulen durch eine Vielzahl von Herstellern umgesetzt werden. /OCA-01 22P/ /OCA-06 20/ /OCA-04 20/

3.2.2 EEBUS

EEBUS ist ein Kommunikationsstandard, der im Bereich des Energiemanagements eingesetzt wird. Über das frei verfügbare Protokoll können Geräte verschiedenster Hersteller miteinander kommunizieren. Die einfache Umsetzung verschiedener Use Cases, darunter „Power Monitoring and Control“, „Time of Use Tariffs“, „Self-Consumption Optimization“ und „Monitoring and Comfort“ kann so gewährleistet werden. /EEBUS-01 22P/ /EEBUS-02 22P/ /EEBUS-03 22P/

3.2.3 IEC 61850

Die Norm IEC 61850 setzt einen internationalen Standard für die Kommunikation in Energienetzen. Durch die zunehmende Digitalisierung findet die ursprünglich für Geräte in der Mittel- & Hochspannung entwickelte Norm durch entsprechende Erweiterungen immer mehr Anwendung im Niederspannungsbereich. Genutzt wird die Norm unter anderem bei der Fernabschaltung von PV-Anlagen oder der Überwachung von Offshore-Windparks. In der Elektromobilität kann dieser Standard beispielsweise für die Integration von Ladepunkten in Netzbetreiberprozesse eingesetzt werden. Anders als OCPP bietet die IEC 61850 keine Funktionen zur Reservierung von Ladepunkten oder für abrechnungsrelevante Prozesse. /VDE-08 15/ /TUDO-02 13P/

3.2.4 Telecontrol Application Service Element 2 (TASE.2)

Mit TASE.2 wird der zeitkritische Austausch von Prozessdaten zwischen verschiedenen Netzleitstellen normiert. Eingesetzt wird das Protokoll von europäischen und amerikanischen Stromnetzbetreibern sowie von Betreibern deutscher Gasversorgungsnetze. Das als Server-Client-System konzipierte Protokoll bietet unter anderem Funktionen zur Kommunikation zwischen Netzleitstellen, Energieversorgungsnetzen und Kraftwerken. Dabei können sowohl Statusmeldungen als auch Mess- und Sollwerte übermittelt werden. /DGV-01 08P/

3.2.5 ISO 15118-2 & ISO 15118-20

Die ISO 15118 standardisiert die High-Level-Kommunikation zwischen Elektrofahrzeug und Ladesäule. Von besonderer Bedeutung sind dabei die ISO 15118-2 und die ISO 15118-20. Mit der ISO 15118-2 werden Funktionen, wie Plug & Charge und Energiemanagement standardisiert, während sich die ISO 15118-20 bidirektionalem und induktivem Laden widmet. /ELAA-01 16/ /NPZM-01 20P/

3.3 Kommunikationstechnologien

Für die erfolgreiche Kommunikation braucht es nicht nur die zuvor eingeführten Protokolle, sondern auch Kommunikationswege. Zwischen den verschiedenen Teilnehmern werden unterschiedliche Technologien genutzt, von welchen hier eine Auswahl eingeführt wird.

3.3.1 450 MHz

Die Frequenz von 450 MHz wurde von der Bundesnetzagentur der Energie- und Wasserwirtschaft für die Kommunikation mit kritischer Infrastruktur bereitgestellt. /BNETZA-31 20P/

3.3.2 Mobilfunk

Mobilfunk ist die Technologie, welche verwendet wird, um Daten von einem (mobilen) Endgerät zu einem Sendemast zu transportieren. Aktuell relevante Mobilfunkstandards sind LTE und 5G.

3.3.3 Kabelgebunden

Kabelgebundene Kommunikation läuft meist via LAN (Lokal Area Network) ab. Üblicherweise ist das Endgerät mittels eines LAN-Kabels mit einem Switch verbunden, welcher wiederum mit dem Router verbunden ist. Dieser verfügt über einen Internetzugang. /SCHAER-01 22P/

3.3.4 Powerline Communication (PLC)

PLC ist eine Technik, um über den Netzanschluss und das Niederspannungskabel Daten zu transferieren. Im Gegensatz zum Kabelanschluss hat dies jedoch den Nachteil sehr langsam zu sein. /SCHAER-02 22P/

4 Systemlandschaft: Elektromobilität im Energiesystem

Dieser Abschnitt wird mit den Ergebnissen der AG Systemarchitektur ergänzt.

5 Zusammenfassung

In diesem Glossar wurden die wichtigsten Begriffe aus dem Umfeld von unIT-e² erläutert. Angefangen bei Definitionen von Begriffen aus der Energiewirtschaft, bei denen es sich vor allem um Marktrollen, Akteure, Gesetze und Normen handelt, über relevante Begriffe aus der Automobilwirtschaft, bis hin zu Optimierungsmöglichkeiten mittels Flexibilitäten. Abgeschlossen wurde das Glossar mit Erläuterungen zu technischen Komponenten, Kommunikationsprotokollen und Technologien.

Im Verlauf der Projekts soll das Glossar fortlaufend ergänzt werden und insbesondere ein Vorschlag für die konkrete Integration der Elektrofahrzeuge mit den involvierten Komponenten in das Energiesystem erarbeitet werden.

6 Literatur

- ADAC-01 22 Geld verdienen mit dem E-Auto: So nutzen Sie die THG-Quote. In: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/kaufen/thg-quote/>. (Abruf am 2022-05-04); München: Allgemeiner Deutscher Automobil-Club e.V. (ADAC), 2022.
- AGORA-16 18 Agora Energiewende und Energynautics (2018): Toolbox für die Stromnetze – Für die künftige Integration von Erneuerbaren Energien und für das Engpassmanagement. Studie im Auftrag von Agora Energiewende.
- BDEW-11 20 Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft: Elektromobilität Definition der Ladeinfrastruktur-Marktrollen. Berlin: BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., 2020.
- BDEW-04 21 Anwendungshilfe Rollenmodell für die Marktkommunikation im deutschen Energiemarkt - Arbeitsgrundlagen Marktkommunikation - Version: 2.0. Berlin: BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., 2021.
- BMU-04 19 Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), 2019.
- BMU-01 21 Treibhausgasemissionen sinken 2020 um 8,7 Prozent. In: <https://www.bmu.de/pressemitteilung/treibhausgasemissionen-sinken-2020-um-87-prozent/>. (Abruf am 2021-03-20); Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, 2021.
- BMWi-47 16 Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende. Ausgefertigt am 2016-08-29, Version vom 2016-09-01; Bonn: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2016.
- BMWK-01 17 Gute Aussichten: Haushalte profitieren von stabilen Strompreisen. Berlin: BMWK, 2017.
- BNETZA-09 21 Kraftwerksliste der Bundesnetzagentur - Stand: November 2021: <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/start.html>; Bonn: Bundesnetzagentur, 2021.
- BPB-01 13 Regelzonen der deutschen Übertragungsnetzbetreiber. Lizenz: cc by-nc-nd/3.0/de/. Bonn: Bundeszentrale für politische Bildung (BpB), 2013
- BSI-108 17 Smart Metering PKI - Public Key Infrastruktur für Smart Meter Gateways. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), 2017.
- DENA-08 14 Deutsche Energie-Agentur (dena): Entwicklung der Erlösmöglichkeiten für Flexibilität auf dem Strommarkt. Berlin: dena, 2014
- DENA-11 14 Rehtanz, Christian et al.: dena-Studie Systemdienstleistungen 2030. - Sicherheit und Zuverlässigkeit einer Stromversorgung mit hohem Anteil erneuerbarer Energien. Berlin: Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), 2014.
- DIE-01 19 Masterplan Ladeinfrastruktur der Bundesregierung: Ziele und Maßnahmen für den Ladeinfrastrukturaufbau bis 2030. Berlin: Die Bundesregierung, 2019.
- ELAA-01 16 ElaadNL: EV related protocol study - Original Study Report Version 1.1. Arnhem: ElaadNL, 2016.
- ENWG-02 05 Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz - EnWG) (EnWG). Ausgefertigt am 2005-07-07,

- Version vom 2017-08-31; Berlin: Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, 2017.
- ENWG-02 16 Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) - Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung. Berlin: Bundesregierung, 2016
- FFE-64 18 Bogensperger, Alexander; Estermann, Thomas; Samweber, Florian; Köppl, Simon; Müller, Mathias; Zeiselmair, Andreas, Wohlschlager, Daniela: Smart Meter - Umfeld, Technik, Mehrwert. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V., 2018.
- FFE-69 18 Müller, Mathias et al.: Dezentrale Flexibilität für lokale Netzdienstleistungen - Eine Einordnung des Flexibilitätsbegriffs als Grundlage für die Konzipierung einer Flexibilitätsplattform in C/sells. In: BWK 06/18. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure, 2018.
- FFE-191 20 Ostermann, Adrian et al.: Beitragsreihe Elektromobilität: Anwendungsfälle von Bidirektionalem Laden. In: <https://www.ffe.de/veroeffentlichungen/beitragsreihe-elektromobilitaet-anwendungsfaelle-von-bidirektionalem-laden/>. (Abruf am 2022-04-28); München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V., Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH, 2020.
- FFE-192 20 Ostermann, Adrian et al.: Beitragsreihe Elektromobilität: Privates und öffentliches Laden. In: <https://www.ffe.de/veroeffentlichungen/beitragsreihe-elektromobilitaet-privates-und-oeffentliches-laden/>. (Abruf am 2022-04-28); München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V., Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH, 2020.
- FFE-193 20 Ostermann, Adrian et al.: Beitragsreihe Elektromobilität: Steckertypen. In: <https://www.ffe.de/veroeffentlichungen/beitragsreihe-elektromobilitaet-steckertypen/>. (Abruf am 2022-04-28); München: Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH, Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V., 2020.
- FFE-89 21 Ziemsky, Valerie et al.: Was ist ein Aggregator in Trade-EVs II?. In: <https://www.ffe.de/veroeffentlichungen/what-is-an-aggregator-in-trade-evs-ii/>. (Abruf am 2022-04-28); München: Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH, Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V., 2021.
- FFE-92 21 Kern, Timo: BDL Use Case zeitliche Arbitrage. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE), 2021.
- FFE-93 21 Kern, Timo: BDL Use Case Grünstrom. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft, 2021.
- FFN-01 18 KOF Koordinierungsfunktion auf Betriebsebene - FNN-Hinweis. Berlin: FNN Forum Netztechnik/ Netzbetrieb im VDE, 2018.
- FORD-01 21 Lend a Hand – and a Few Miles – to Your Friends Using Vehicle-to-Vehicle Charging on F-150 Lightning, F-150 Hybrid. Dearborn: Ford Motor Company, 2021.
- HERTZ-02 22 Das Übertragungsnetz von 50Hertz. In: <https://www.50hertz.com/de/Netz>. (Abruf am 2022-04-13); Berlin: 50Hertz Transmission GmbH, 2022.
- HYMC-01 22 Experience your electric life with IONIQ 5. In: <https://www.hyundai.com/worldwide/en/eco/ioniq5/highlights>. (Abruf am 2022-04-28); Seoul: Hyundai Motor Company, 2022.
- INFAS-01 18 Nobis, Claudia et al.: Mobilität in Deutschland – MiD Ergebnisbericht. Bonn: infas, DLR, IVT und infas 360, 2018.
- KFA-01 22 EnArgus-Wiki. In: https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi?op=enargus.eps2_getwiki.

- (Abruf am 2022-04-07); Jülich: Projektträger Jülich, Forschungszentrum Jülich GmbH, 2022.
- KIT-04 21 Doppelbauer, Martin: Vorlesung „Hybride und elektrische Fahrzeuge“ Kapitel 11: Laden. Karlsruhe: KIT, 2021.
- OCA-04 20 OCA: OCPP 2.0.1 Part 0 - Introduction. Arnhem, Niederlande: Open Charge Alliance, 2020.
- OCA-06 20 OCA: OCPP 2.0.1 Part 2 - Specification. Arnhem, Niederlande: Open Charge Alliance, 2020.
- SFGR-01 21 Koalitionsvertrag zwischen SPD, FDP und Grünen- 20. Legislaturperiode - Mehr Fortschritt wagen - Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit. Berlin: Koalitionsvertrag zwischen SPD, FDP und Grünen, 2021.
- STATISTA-01 22 Elektromobilität in Deutschland - Fokus Pkw. Hamburg: Statista GmbH, 2022.
- SWM-01 21 Weigand, Andreas et al.: Digitaler Netzanschluss - Schnittstelle zwischen Gebäude und Stromnetz neu gedacht. In: BWK Energie 05-06/2021. München: Stadtwerke München, 2021.
- VDE-08 15 Koch, Tanja: Die IEC 61850 als Standard für die Digitalisierung des Energiesystems. In: <https://www.etz.de/5725-0-Die+IEC+61850+als+Standard+fuer+die+Digitalisierung+des+Energiesystems.html>. (Abruf am 2018-06-15); Offenbach: VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V., 2015.
- VDN-07 07 Berndt, Holger et al.: TransmissionCode 2007: Netz- und Systemregeln der deutschen Übertragungsnetzbetreiber. Berlin: Verband der Netzbetreiber - VDN – e.V. beim VDEW, 2007.
- WESTP-01 21 Westphal, Paul: Analysis and Evaluation of Current Challenges from the EU Sustainability Reporting Regulation for Companies of the German Energy Sector. Masterarbeit. Herausgegeben durch die Technische Universität München, betreut durch Prof. Hamacher, Thomas, Prof. Mauch, Wolfgang; Dr.-Ing. Neitz-Regett, Anika: München, 2021.
- ZOLL-02 21 Vorläufige Statistische Angaben über die Erfüllung der Treibhausgasquote - Quotenjahr 2020. Bonn: Generalzolldirektion, 2021.

7 Abkürzungsverzeichnis

(H)EMS *(Home) Energy Management System*
aEMT *aktive externe Marktteilnehmer*
ANB *Anschlussnetzbetreiber*
CCS-Stecker *Comined-Charging-System-Stecker*
CPO *Charge Point Operator*
DiNA *Digitaler Netzanschluss*
EE *erneuerbare Energien*
EEG *Erneuerbare-Energien-Gesetz, Erneuerbare-Energien-Gesetz*
EMT *externer Marktteilnehmer*
EnWG *Energiewirtschaftsgesetz*
FNN *Forum Netztechnik/Netzbetrieb*
GWA *Smart Meter Gateway Administrator*
iMSys *intelligentes Messsystem*
KOF *Koordinierungsfunktion auf Betriebsebene*
KwKG *Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz*
Li-Ionen *Lithium-Ionen*
MFH *Mehrfamilienhäuser*
mMe *moderne Messeinrichtung*
MSB *Messstellenbetreiber*
MsbG *Messstellenbetriebsgesetz*
pEMT *passive externe Marktteilnehmer*
PLC *Powerline communication*
PV-Anlagen *Photovoltaikanlagen*
RLM *registrierende Leistungsmessung*
SDL *Systemdienstleistungen*
SLP *Standardlastprofil*
SMGW *Smart Meter Gateway*
THG-Quote *Treibhausgas-Emissions-Quoten*
ÜNB *Übertragungsnetzbetreiber*
V2B *Vehicle to Business*
V2G *Vehicle to Grid*
V2Gadget *Vehicle to Gadget*
V2H *Vehicle to Home*
V2Load *Vehicle to Load*
V2V *Vehicle to Vehicle*
VNB *Verteilnetzbetreiber*