

Zielbild Steuerbarkeit von Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge

Stand: August 2021

Inhalt

Vorwort	4
Einleitung	5
1 Begriffe	7
2 Etablierte Lösungen zur Steuerung von Lasten in der Niederspannung	8
2.1 Schaltuhr.....	9
2.2 Rundsteuertechnik	10
3 Zielbild	12
3.1 Topologie	12
3.2 Akteure	15
3.3 Komponenten und Funktionen	18
3.4 Kommunikationsstandards	20
4 Zusammenfassung und Ausblick	24
4.1 Anstehende Herausforderungen	24
4.2 Korrespondierende Aktivitäten	25
4.3 Ausblick	25
A. Anhang	26
A.I. Best Practice Beispiel: Projekt ELBE / ELBEsecure	26
A.II. Best Practice Beispiel: Projekt c/sells Autonomie-Lab Leimen	28
Literaturverzeichnis	29

Bildverzeichnis

Abbildung 1: Verteilung der Marktllokationen steuerbarer Verbrauchseinrichtungen mit reduzierten Netzentgelten; Quelle: (Bundesnetzagentur, 2021)	8
Abbildung 2: Steuerungstechniken der steuerbaren Verbrauchseinrichtungen; Quelle: (Bundesnetzagentur / Bundeskartellamt, 2021)	9
Abbildung 3: Topologieausprägung "netzdienstliches Laden per Direktzugriff auf Ladeinfrastruktur"	13
Abbildung 4: Topologieausprägung "netzdienstliches Laden per EMS"	14
Abbildung 5: Topologieausprägung "netzdienstliches Laden per FNN Steuerbox 1.1"	14
Abbildung 6: Topologieausprägung "netzdienstliches Laden per FNN Steuerbox 1.2"	14
Abbildung 7: Topologieausprägung "Zielbild netzdienstliches Laden"	14
Abbildung 8: Zusammenhängende Akteure beim Laden eines E-Fahrzeuges.....	15
Abbildung 9: Roadmap Steuerbarkeit am Netzanschlusspunkt (Stand: Juni 2021)	24
Abbildung 10: Kommunikationsschnittstellen zwischen Elektrofahrzeug und Ladeinfrastruktur	25
Abbildung 11: Systemübersicht Projekt ELBE/ELBEsecure	27
Abbildung 12: Best Practice Topologie "netzdienstliches Laden über SMGW"	27
Abbildung 13: FNN-Lösung als Best Practice aus c/sells	28

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beschreibung Steuerungs-Anwendungsfälle	5
Tabelle 2: Praxisrelevante Zuordnung der Anwendungsfälle zu Akteuren und Standort/Nutzung/Art der Ladeeinrichtung	6

Abkürzungsverzeichnis

aEMT	aktiver externer Marktteilnehmer
BMWi	Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
CLS	Controllable Local System
DKE	Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE
DR	Demand Response
EFR	Europäische-Funk-Rundsteuerung
ELBE	Electrify Buildings for EVs
EMS	Energiemanagement-System
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
FNN-AF	FNN-Anwendungsfall
HAN	Home Area Network
HEMS	Home Energy Management-System
IEC	International Electrotechnical Commission
iMSys	intelligentes Messsystem
LMN	Local Metrological Network
MsbG	Messstellenbetriebsgesetz
OCPP	Open Charge Point Protocol
OpenADR	Open Automated Demand Response
PFRS	Pagerfunkrundsteuerung
REST-API	Representational State Transfer - Application Programming Interface
SMGW	Smart-Meter-Gateway
StAF	Steuerungs-Anwendungsfall
TRE	Tonfrequenzrundsteuerempfängern
VEN	Virtual End Nodes
VNB	Verteilnetzbetreiber
VTN	Virtual Top Node
WAN	Wide Area Network

Vorwort

Das Stromnetz steht seit jeher als Rückgrat für eine komfortable und zuverlässige Stromversorgung zur Verfügung. Zusätzlich entwickelt es sich immer mehr zum System mit neuen Netznutzern: Neben dem stetig steigenden Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Bruttostromverbrauch in Deutschland, der im Jahr 2019 bei 42 Prozent (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2021) lag, zeichnen sich in den kommenden Jahren Veränderungen bei den Verbrauchsanlagen und deren Verhalten im Netz ab. Dies kann zusätzliche Maßnahmen im Netz erforderlich machen. Die Elektromobilität ist dabei eine Anwendung im Stromnetz, die heute oft in diesem Zusammenhang benannt wird.

Aufgrund der aktuellen Förderprogramme für die Anschaffung von E-Fahrzeugen und Beschaffung von Ladeinfrastruktur erleben wir derzeit einen rasanten Markthochlauf. Zehn Millionen E-Fahrzeuge bis 2030 (Die Bundesregierung, 2019) und die dafür erforderliche Ladeinfrastruktur stellen dabei neue Anforderungen an das Stromnetz. Zudem verändert sich aufgrund neuer Akteure im Energiesystem, wie die Automobilwirtschaft und Aggregatoren sowie neue Marktanreize, das Verhalten der Anlagen im Netz und muss entsprechend berücksichtigt werden.

Dabei ist es wichtig, dass E-Fahrzeuge die Stabilität des Netzes nicht negativ beeinflussen. Um die Steuerung dieser Anlagen gesetzlich und bundesweit einheitlich festzulegen, wird aktuell unter anderem § 14a des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) überarbeitet. Abhängig von der neuen Fassung kann eine Entwicklung zum in diesem Dokument beschriebenen Zielbild schneller oder langsamer erfolgen und ist stets zusammen zu betrachten.

Anmerkung: Der 1. Entwurf der Novellierung des § 14a EnWG im Rahmen des „Steuerbare-Verbrauchseinrichtungen-Gesetz“ (SteuVerG) vom Dezember 2020 trug dazu bei, dass eine Steuerbarkeit von flexiblen Verbrauchern und Erzeugern (wie z. B. Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge) zukünftig zunehmend gefordert wird (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2020). Der Entwurf wurde Anfang Januar 2021 zurückgezogen und wird aktuell diskutiert.¹

In den vergangenen Jahren hat VDE FNN die grundsätzlichen Rahmenbedingungen für die perspektivische Nutzung von Flexibilitäten geschaffen. Wichtig ist nun, Ladeeinrichtungen für E-Fahrzeuge auch konkreter einzubinden. Damit kann ein schneller Hochlauf gewährleistet und der Netzausbau im Hintergrund optimiert werden.

Klar ist: Für den Erfolg der elektrischen Mobilität ist erforderlich, dass sie von Beginn an sinnvoll in das Energiesystem integriert wird.

¹ VDE FNN Position zum SteuVerG: <https://www.vde.com/de/fnn/aktuelles/steuerbare-verbrauchseinrichtungen--vde-fnn-kommentiert-entwurf-zur-rechtlichen-ausgestaltung>
VDE FNN Position zur Zurückziehung des Referentenentwurfs zum SteuVerG:
<https://www.vde.com/de/fnn/aktuelles/verbraucher-auf-energiewende-vorbereiten-steuerg>

Einleitung

Unter dem Begriff *Steuerung* versteht man in der Energieversorgung ganz allgemein die gezielte Beeinflussung des Verhaltens von Lasten oder Einspeisern. Dabei gibt es unterschiedliche Technologien, die je nach Vertrag des Anschlussnehmers bzw. den Anforderungen der anzubindenden Anlagen genutzt werden können. Diese Technologien reichen von der einfachen Vorgabe eines Nutzungs- bzw. Sperrzeitfensters über eine Schaltuhr bis hin zur zukünftigen Verwendung des intelligenten Messsystems mit Steuerkanal und der Möglichkeit der Rückmeldung.

Die Beeinflussung der Lastentnahme dient in der Regel der Wahrung der Stabilität des gesamten Stromnetzes durch Minimierung der Leistungsspitzen. Zum einen musste dafür in der Vergangenheit im Kraftwerkspark eine geringere Spitzenleistung vorgehalten werden und zum anderen konnten die Netze entsprechend geringer dimensioniert werden. Mit der Zunahme der volatilen dezentralen Einspeisung ist diese Sichtweise nicht mehr allgemein gültig. Energieangebot und -nachfrage sind zeitlich oft nicht deckungsgleich. Zudem wird der klassische Kraftwerkspark zurückgebaut, sodass für die Leistungsbereitstellung in Extremsituationen (bspw. bei keiner dezentralen Einspeisung bei hoher Last) immer weniger Ausgleichsmöglichkeiten gegeben sind. Auf der anderen Seite muss teilweise CO₂-freie Energie abgeregelt werden, da gerade keine bzw. geringe Nachfrage herrscht und durch die Einspeisung des Überschusses das System oder auch einzelne Netzteile überlastet werden würden.

Durch die gezielte Steuerung von Einspeisern oder – wie hier betrachtet – von Lasten, soll diese Lücke zwischen Angebot und Nachfrage gezielt verringert werden, um letztlich ein volkswirtschaftlich effizientes Stromversorgungssystem zu erhalten.

Die folgende Tabelle beschreibt die in dieser Unterlage behandelten Steuerungs-Anwendungsfälle (StAF) in Bezug auf die Art und das Ziel der Steuerung von Ladevorgängen. Sofern diese mit den existierenden FNN-Anwendungsfällen (FNN-AF) übereinstimmen, ist dieser entsprechend zugeordnet.

Tabelle 1: Beschreibung Steuerungs-Anwendungsfälle

Steuerungs-Anwendungsfall	Beschreibung	FNN-Anwendungsfall
StAF 1	indirekt durch Kundenverhalten, Kundeneinstellungen im Fahrzeug oder der Ladeeinrichtung, manuelles oder automatisiertes Verhalten	-
StAF 2	lokales Lastmanagement in einer Kundenanlage mit dem Ziel der Netzanschlusskosten- / Eigenstromverbrauchsoptimierung	-
StAF 3	zeitliche / dynamische Stromtarife bzw. Steuersignale aufgrund vertraglicher Vereinbarungen	-
StAF 4	vorrangige Leistungssteuerung durch den Verteilnetzbetreiber aufgrund vertraglicher Vereinbarungen, z. B. auf Basis von § 14a EnWG	FNN-AF 3
StAF 5	vorrangige Leistungssteuerung durch den Verteilnetzbetreiber in kritischen Zuständen (§ 13 EnWG) zur Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit bei Anlagen mit Nennleistungen oberhalb des Grenzwertes	FNN-AF (1+) ²

Für eine passende Zuordnung der StAF zu Art der Ladeeinrichtung und steuerndem Akteur werden diese in Tabelle 2 aufgelistet.

Tabelle 2: Praxisrelevante Zuordnung der Anwendungsfälle zu Akteuren und Standort/Nutzung/Art der Ladeeinrichtung

welche Ladeeinrichtung?	privat, einzelne Ladepunkte (z. B. EFH, Kleingewerbe, gebundener Parkplatz)	privat, einzelne Ladepunkte mit HEMS	privat, mehrere Ladepunkte mit EMS (z. B. MFH, Garage, Flotte, Arbeitsplatz)	privat / öffentlich zugänglich (z. B. Hotel, Parken und Shoppen)	öffentlicher Ladepunkt	öffentlicher Ladepunkt HPC
wer steuert?						
Anschlussnutzer	StAF1	StAF2			-	
Energiedienstleistung (z. B. Markt, ÜNB, Aggregator, OEM)	StAF3				evtl. StAF3 (Beeinflussung der Auslastung öffentlicher Ladepunkte ggf. auch über Preissignale; zudem „Übernachtladetarife“)	
Verteilnetzbetreiber	StAF4 + StAF5				StAF4 + StAF5 (StAF4 in Verbindung mit „Übernachtladevorgängen“)	StAF5

StAF = Steuerungs-Anwendungsfall

HEMS ist Ausprägung des EMS im heimischen Umfeld (Home Energy Management System)

Der Fokus der netzdienlichen Steuerung gemäß StAF4 liegt auf Ladeeinrichtungen in privaten Haushalten, mit dem Ziel einer volkswirtschaftlichen Optimierung von Netzausbaukosten: Die verlässliche Steuerbarkeit der Ladeeinrichtung für den Verteilnetzbetreiber (VNB) ermöglicht ggf. anfangs eine schnelle Integration dieser neuen flexiblen Verbrauchseinrichtungen in die bestehende Netzinfrastruktur. Der Netzausbaubedarf wird dadurch vorübergehend verzögert und zeitlich optimiert umgesetzt sowie in seiner Höhe begrenzt.

Der regulatorische Rahmen dieser netzdienlichen Steuerbarkeit wird aktuell novelliert (Weiterentwicklung §14a EnWG, Spitzenglättung). Der technische Rahmen der Steuerbarkeit sieht i. d. R. die direkte Steuerung der flexiblen Verbrauchseinrichtungen vor (teilflexibel). Aber auch die Steuerung des gesamten Netzanschlusses ist technisch möglich (vollflexibel), sofern der Anschlussnehmer über ein Home Energy Management System (HEMS) verfügt, welches die internen Energieflüsse zwischen flexiblen Verbrauchern, Stromspeichern und Erzeugungsanlagen unter Einhaltung der Steuersignale des VNB koordinieren kann. Das Ziel der Bundesregierung ist, die Steuerbarkeit von flexiblen Verbrauchseinrichtungen bzw. HEMS über das intelligente Messsystem (iMSys) zu erreichen. Der Übergang von bestehender Steuertechnik in Bestandsanlagen hin zu einer stufenweisen/-losen Steuerung über das iMSys hat innerhalb des Zeitraumes aus der Markterklärung des Bundesamts für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) zu erfolgen. Die Eingriffsdauer und -häufigkeit des VNB muss dabei nach abgestimmten Regeln erfolgen. Gesetzliche Vorgaben sind dabei zu beachten.

1 Begriffe

Netzdienlichkeit

Unterstützung des Anschlussnetzbetreibers im Betrieb seines Netzes durch vertraglich vereinbarte abschaltbare und zuschaltbare Lasten gemäß § 13 (1) EnWG und § 14a EnWG, um eine Gefährdung der Sicherheit oder Zuverlässigkeit des Elektrizitätsversorgungssystems zu beseitigen. Die Art und Weise dieser Unterstützung kann unterschiedlich sein, doch die Bewertung, dass diese Handlung dem Netz dienlich war, kann nur durch den Netzbetreiber erfolgen, an dessen Netz die Anlage angeschlossen ist.

Netzverträglichkeit

Beschreibung für die Einhaltung vertraglicher Vereinbarungen mit Blick auf den Netzanschlusspunkt durch den Anschlussnehmer. Eingriffe oder Steuerungen durch den Netzbetreiber erfolgen nicht. Die Energienutzung erfolgt vorrangig innerhalb der Kundenanlage.

Steuerung

Gezielte Beeinflussung des Verhaltens von Lasten oder Einspeisern

Energiemanagement

Systematischer Ansatz zur Optimierung des Energieeinsatzes und der Energieeffizienz, um eine Anwendung, Aktivität oder Funktion zu erfüllen, unter Berücksichtigung der Anforderungen der Anwender sowie der Preisgestaltung durch den Energiehandel und der Verfügbarkeit von lokalen Speichermöglichkeiten oder lokaler Erzeugung der elektrischen Energie

Einspeisemanagement

Leistungsmanagement für Erzeugungsanlagen für den Betriebsmodus „Energieeinspeisung“ in das Netz

Leistungsmanagement

Steuerung des Leistungsflusses durch Beeinflussung von Geräten (z. B. elektrische Verbrauchsmittel, Erzeugungsanlagen, Speicher und Ladeeinrichtungen für Elektrofahrzeuge) unter Berücksichtigung technischer Grenzwerte und vertraglicher Vereinbarungen (z. B. Lastmanagement, Redispatch oder Einspeisemanagement)

- durch den Gesetzgeber (z. B. § 9 EEG; § 14 EEG; § 13 EnWG; § 14a EnWG)
- netzdienliches Lastmanagement oder Einspeisemanagement nach Vorgabe des Netzbetreibers zur Sicherstellung des Netzbetriebes (z. B. § 14a EnWG, NSM, § 9 EEG)
- nach Vorgabe des Kundensystems (z. B. HEMS oder zur Einhaltung der vertraglich vereinbarten Anschlussleistung)
- durch Marktteilnehmer/Vertrieb

Leistungsmanagement kann sich auf Wirk- oder Blindleistungsmanagement beziehen.

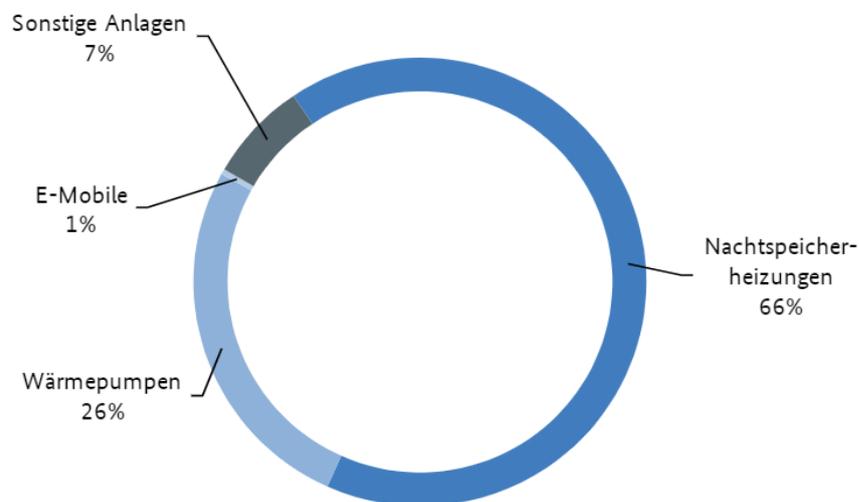
2 Etablierte Lösungen zur Steuerung von Lasten in der Niederspannung

Die etablierten Lösungen zur Beeinflussung des Lastverhaltens von angeschlossenen Kundenanlagen bzw. Geräten sind in ihrer Grundausprägung bereits seit Jahrzehnten im Einsatz. Sie sind bewährt, robust und entsprechen den bisherigen Anforderungen an das Lastverhalten.

Entsprechend des Monitoringberichtes der Bundesnetzagentur aus dem Jahr 2019 werden die bestehenden Lösungen im Sinne des § 14a EnWG im Wesentlichen für die Beeinflussung des Lastverhaltens von Nachtspeicherheizungen und Wärmepumpen genutzt. Dabei kommen bei ca. 60 % der Netzbetreiber Rundsteuertechnologien zum Einsatz und bei gut einem Drittel Zeitschaltungen. Lösungen mit Fernwirktechnik werden bei 2 % der Netzbetreiber verwendet.

Elektrizität: Verteilung der Marktlösungen steuerbarer Verbrauchseinrichtungen

in Prozent



Stand: Juli 2020

Abbildung 1: Verteilung der Marktlösungen steuerbarer Verbrauchseinrichtungen mit reduzierten Netzentgelten; Quelle: (Bundesnetzagentur, 2021)

Elektrizität: Steuerungstechniken der steuerbaren Verbrauchseinrichtungen in Prozent

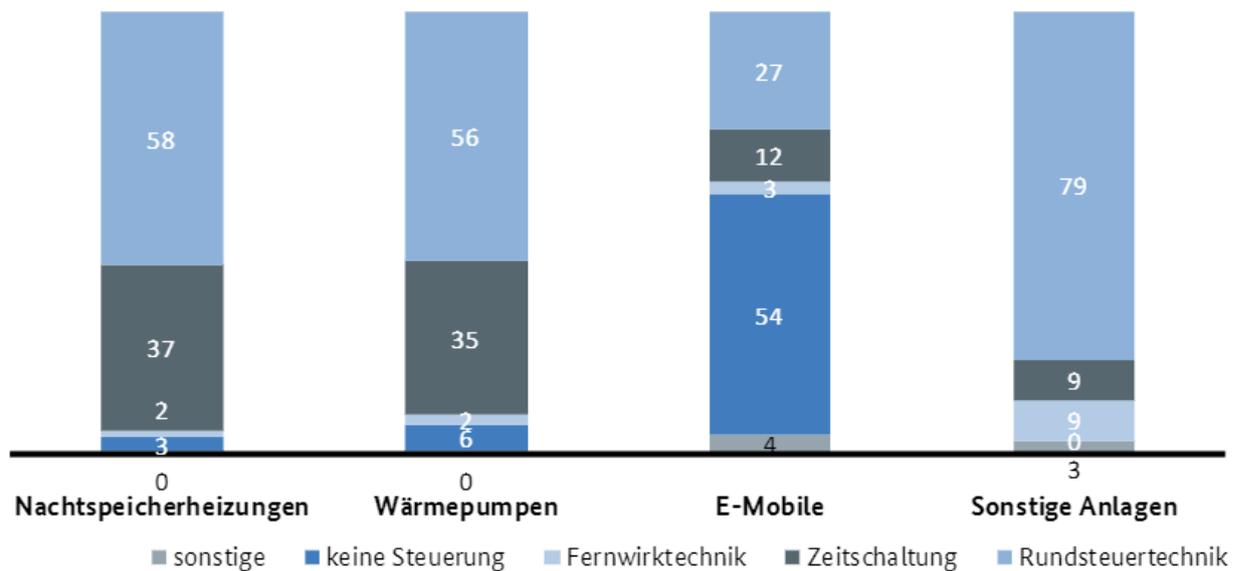


Abbildung 2: Steuerungstechniken der steuerbaren Verbrauchseinrichtungen; Quelle: (Bundesnetzagentur / Bundeskartellamt, 2021)

2.1 Schaltuhr

Die Schaltuhr ist die einfachste Art das Verbrauchsverhalten zu beeinflussen. Die Zeitsynchronisierung kann dabei über hochgenaue Zeitgeber oder über einen Empfänger für das offizielle Zeitsignal (DCF77) erfolgen.

Der sicherlich verbreitetste Einsatz resultiert aus der Nutzung von Nachtpeicherheizungen. Ziel dieser Vereinbarung war die Reduzierung von Lastspitzen und die Erhöhung der nächtlichen Grundlast, um die Effizienz des Kraftwerksparks zu optimieren. Durch die Schaltuhr ggf. mit zugehörigem Leistungsschutz erfolgt die Spannungsfreigabe innerhalb des Schwachlastzeitfensters. Dieses ist vertraglich entsprechend mit dem Anschlussnehmer vereinbart.

Für die Steuerung des Ladeverhaltens ist zu beachten, dass die Freigabe der Ladung von E-Fahrzeugen über Schaltuhren nur bei geringen Durchdringungsgraden eine nutzbare Option ist. Das Vorgeben eines Zeitfensters kann zu sogenannten Nachholeffekten führen, sodass sich die Gleichzeitigkeit am Netzanschlusspunkt erhöht. Bei Ladeleistungen von 11 kW und mehr kann abhängig von den lokalen Netzgegebenheiten die Ladeleistung ab einem bestimmten Durchdringungsgrad zu einer relevanten Größe für die Lastspitze am lokalen Netzstrang oder dem Ortsnetztransformator werden. Daher muss über eine variablere Steuerungsmöglichkeit nachgedacht werden.

2.2 Rundsteuertechnik

Die Rundsteuertechnik dient der gezielten Beeinflussung des Last- bzw. Einspeiseverhaltens von Kundenanlagen. Übliche Anwendungen in der Energieversorgung sind:

- Tarifsteuerung
- Laststeuerung
- Einspeisemanagement
- Steuerung öffentlicher Beleuchtung
- Zeitsynchronisation bei Einsatz von Lastgangzählern

Es können zwar prinzipiell auch Einzelanlagen mit verhältnismäßig kleinen Einzelleistungen gesteuert werden. In der Regel werden jedoch regionale Gruppen oder auch gleichartige Nutzergruppen angesprochen. Die Gruppen sind so gestaltet, dass der Netzbetreiber die Schaltung über die Leittechnik nachvollziehen kann. Dabei werden Schaltbefehle oder auch gestufte Leistungsvorgaben, wie z. B. beim Einspeisemanagement (Abregelungsstufen 100%, 60%, 30%, 0%) übermittelt.

In ihrer Auslegung unterscheiden sich die nachfolgend beschriebenen Technologien hauptsächlich im genutzten Übertragungsweg der Steuersignale. Alle Techniken sind unidirektionale Sendesysteme, die effizient Gruppensteuerungsbefehle aussenden können. Da nur die Summenleistung aus Sicht des Netzbetreibers relevant ist, bedarf es bisher keiner Rückmeldung jeder Einzelanlage. Demnach können Anlagen bzw. Geräte zwar angesprochen werden, aber eine direkte Rückmeldung über die Ausführung des Befehls erfolgt nicht direkt oder muss auf einem anderen Kanal erfolgen.

Für eine bidirektionale Kommunikation, wie für die Steuerung von Ladeeinrichtungen von Vorteil, müssen die verschiedenen Rundsteuertechnologien mit einer anderen Technologie gekoppelt werden, also z. B. dem Mobilfunk- oder DSL-Netz.

Der Vorteil der Rundsteuertechnik liegt in der relativ stabilen Signalübertragung des Steuerkanals.

2.2.1 Tonfrequenzrundsteuertechnik (TFR)

Topologie

Bei der etablierten Tonfrequenzrundsteuertechnik erfolgt die Signalübertragung für die Relaisansteuerung des Tonrundsteuergerätes über das vorhandene Stromversorgungsnetz. Die Signaleinspeisung erfolgt über Ankoppelzellen zentral und i. d. R. im Umspannwerk in der Mittel- oder Hochspannungsebene. Die Signale werden auf die Grundfrequenz moduliert und von den dezentralen Tonfrequenzrundsteuerempfängern (TRE) in den Kundenanlagen empfangen. Dadurch ist eine topologische Zuordnung zwischen Kundenanlage und Sender über das Stromnetz gegeben. Die Zuordnung ist allerdings i. d. R. bei älteren Protokollen sehr grobgranular, da wenige Empfänger-Gruppen adressiert bzw. differenziert werden können. Neuere Protokolle bieten hier je nach Adressierungsschema eine wesentlich feinere Auflösung der Adressierung. Des Weiteren ist bei älteren Protokollen die Laufzeit sehr hoch.

Technologie

Die Übertragung der Steuerbefehle erfolgt durch Impulsfolgen. Die TRE filtern diese Impulstelegramme aus dem Netz und leiten die gewünschte Steuerinformation ab. Übermittelt werden diskrete Zustände, die i. d. R. über vier Relaiskontakte abgebildet werden können. Die Funktionsdefinition erfolgt in der Kundenanlage.

Die Kundenanlage, z. B. ein Ladepunkt, benötigt entsprechende Eingänge zum Anschluss der TRE-Kontakte mit entsprechender Funktionsdefinition (Leistungsreduzierung). Hier könnten die bereits in Europa ausgehandelten Relaisbelegungen der ENEL oder der EDF genutzt werden.

2.2.2 Europäische-Funk-Rundsteuerung (EFR)

Topologie

Hohe Investitions- und Betriebskosten in die TFR-Technik bei den Netzbetreibern und technische Nachteile der Nutzung des Stromnetzes als Übertragungsweg, führten zur Entwicklung der langwellenbasierten Funkrundsteuerung mit heute drei Sendeanlagen, in der Nähe von Budapest, Frankfurt am Main und Magdeburg. Durch eine Reichweite von rund 500 km können in Deutschland und Teilen der Nachbarländer die Europäische-Funk-Rundsteuerung-Signale (EFR-Signale) genutzt werden. Dabei zeichnen sie sich durch eine hohe Durchdringung aus. Das heißt, dass auch in Kellern, Gebäuden und entlegenen Tälern noch ein gute Empfangsmöglichkeit bestehen kann, diese aber grundsätzlich und insbesondere innerhalb von Gebäuden stets vorab geprüft werden sollte. Hierzu müssen beim Empfänger entsprechende Langwellenantennen verbaut sein.

Technologie

Jeder Netzbetreiber erzeugt seine Kommandos in eigener IT-Umgebung und übermittelt diese an den Zentralrechner der EFR. Dabei werden in der Regel priorisierte Gruppen gebildet, welche gemeinsam angesprochen werden. Prinzipiell ist auch eine Einzelansteuerung möglich, führt aber beim Ansprechen einer Vielzahl von Geräten zu einem verzögerten Ansprechverhalten, da die Anlagen sequenziell angesteuert werden. In den zugehörigen Empfängern können Schaltprogramme hinterlegt und fernparametriert oder auch direkte Schaltbefehle übermittelt werden. Die Befehlsanzahl ist begrenzt, sodass in den Empfängern maximal bis zu sechs Relais ansteuerbar sind. Die Zeitsynchronisierung erfolgt über das gleiche Sendesignal.

2.2.3 Pagerfunkrundsteuerung (PFR)

Topologie

Überlegungen zu einer geeigneten Ersatztechnologie für die TFR führten zur Entwicklung eines vergleichbaren Systems auf Basis der für Pager genutzten Technologie mit Frequenzen im 460 MHz-Bereich, mit der ebenfalls eine hohe Gebäudedurchdringung erreicht wird. Basis ist ein deutschlandweit verfügbares Sicherheitsfunknetz mit rund 800 Sendeanlagen, was unter anderem auch für andere Betreiber kritischer Dienste, wie z. B. Rettungsdienste, genutzt wird.

Technologie

Die Empfänger sind fernparametrierbar und können feingranulare Schaltprogramme fahren. Es sind Einzel- und Gruppensteuerungen möglich, wobei große Gruppen innerhalb von drei Minuten sicher angesteuert werden können. Zudem wird mit der Manipulationssicherheit gemäß BSI-Anforderungen geworben.

Das „System“ PFR ist auf kommende Anforderungen intelligenter Netze ausgerichtet. So kann es um das Smart-Meter-Gateway (SMGW) erweitert werden, wodurch, bei Verfügbarkeit eines geeigneten Rückkanals, weitere Dienste realisiert werden können. Das System ist so aufgebaut, dass es prinzipiell mit jedem berechtigten Marktteilnehmer teilbar ist.

3 Zielbild

Im Zielbild muss es dem VNB jederzeit möglich sein, die Leistung von flexiblen Verbrauchern, wie bspw. Ladeeinrichtungen, in Situationen beeinflussen zu können, in denen den Netzbetriebsmitteln eine Überlastung aufgrund von sehr hoher Nachfrage droht. Dafür ist eine standardisierte und bidirektionale Kommunikation zwischen VNB und flexibler Kundenanlage maßgeblich. Entsprechend der regulatorischen Anforderungen des BMWi und des BSI soll diese Kommunikation zukünftig durch das SMGW abgesichert werden.

Mit der „Marktanalyse zur Feststellung der technischen Möglichkeit zum Einbau intelligenter Messsysteme nach § 30 MsbG“ (MsbG: Messstellenbetriebsgesetz) durch das BSI am 31.01.2020, ist der verpflichtende Rollout von iMSys gestartet. Der weitere Verlauf hängt von der Umsetzung des im Juni 2021 angepassten Rechtsrahmens ab.² Es besteht nach § 29 MsbG und § 31 MsbG Einbaupflicht eines iMSys für Letztverbraucher über 6.000 kWh, Anlagenbetreiber mit Leistungen größer 7 kW und/oder Letztverbraucher mit einer Vereinbarung nach § 14a EnWG (Quelle: MsbG).

Vor diesem Hintergrund beschreibt dieses Kapitel ein Zielbild für eine netzdienliche Steuerung von Ladeinfrastruktur, das mit den sich entwickelnden technischen und regulatorischen Rahmenbedingungen kongruent ist. Hierbei soll die Kommunikation im weiteren Verlauf über den sogenannten Controllable Local System-Kanal (CLS-Kanal) durch das SMGW erfolgen. Das heißt, dass eine Nutzung der energiewirtschaftlichen Anwendungsfälle des SMGW im hierbei betrachteten Zielbild vorerst unberücksichtigt bleiben.

Als Zielbild soll hier die Kommunikation vom Steuerungsberechtigten bis hin zu einer Steuerbox bzw. zu einem Energiemanagement-System (EMS) betrachtet werden (z. B. für die netzdienliche Steuerung von Ladeeinrichtungen im privaten Bereich). Bis zur Umsetzung der Topologie des Zielbildes sind auch anderen Szenarien denkbar, in denen bspw. eine Kommunikation direkt zur Ladeeinrichtung erfolgt.

3.1 Topologie

Um sinnvoll steuern zu können, ist das Wissen um den aktuellen Zustand des Netzes unumgänglich. Daher wird der VNB perspektivisch die vorhandene Betriebsmittelzustandsüberwachung auf die Nieder- und Mittelspannung ausweiten. Basierend auf den Informationen zum aktuellen Zustand des Netzes kann der VNB im Falle einer drohenden Überlastung der Netzbetriebsmittel sinnvolle Maßnahmen treffen, um die drohende Überlastung zu vermeiden bzw. den Umfang zu reduzieren. Eine Maßnahme kann die Anpassung der Entnahmeleistung am Hausanschlusspunkt, z. B. durch die Begrenzung der Ladeleistung von Ladeeinrichtungen, sein. Für diesen konkreten Anwendungsfall soll im Folgenden das Zielbild für eine netzdienliche Steuerung hergeleitet werden. Eine Berücksichtigung weiterer flexibler Verbraucher, wie bspw. Wärmepumpen und Speicher, soll hier der Einfachheit halber nicht erfolgen.

In der hier betrachteten Zieltopologie wird die Information über das Maß der Begrenzung der Ladeleistung zunächst aus dem Backend des jeweiligen Steuerungsberechtigten (z. B. VNB oder Ladestationsbetreiber) mittels standardisierter Kommunikationsprotokolle oder über proprietäre Schnittstellen an einen lokalen Übergabepunkt übermittelt. Als eine in der Branche vorgeschlagene Lösung hat sich an dieser Stelle u. a. die Kommunikation über die sogenannte FNN Steuerbox herausgebildet (siehe auch: <https://www.vde.com/de/fnn/arbeitsgebiete/imesssystem/lastenhefte/steuerbox>). Alternativ ist auch der

² Aktuell zu beachten: Einbauverpflichtung für Smart Meter durch Eilentscheid des OVG Münster für die Kläger (Discovery und 47 Stadtwerke) derzeit gestoppt; Klagegrund durch Anpassung des MsbG im Juni 2021 ausgeräumt; Stand: 30.06.2021

Einsatz eines EMS denkbar. Als Übergangsszenario, bis das Zielbild ausreichend entwickelt und umgesetzt ist, kann durch den jeweiligen Steuerungsberechtigten auch eine direkte Kommunikation zur Ladeeinrichtung erfolgen (für Praxisbeispiel siehe Anhang A.I).

Ein BSI-konformer Kommunikationsweg vom Steuerungsberechtigten bis zur FNN Steuerbox, einem EMS oder alternativ direkt bis zur Ladeeinrichtung, erfolgt via Punkt-zu-Punkt-Verbindung und wird über den CLS-Kanal eines SMGW aufgebaut. Da es sich beim CLS-Kanal um eine Einzelverbindung handelt, ist sowohl ein Start- als auch ein Endpunkt zu definieren. Der Startpunkt kann im Falle des iMSys bei einem aktiven externen Marktteilnehmer (aEMT) liegen, welcher die entsprechenden Steuersignale übermitteln möchte. Der Endpunkt im Feld kann z. B. durch die FNN Steuerbox, ein EMS oder eine Zusatzkomponente (CLS-Endpunkt-Modul) bereitgestellt werden.

Die Herausforderung bei der Entwicklung eines Zielbildes zur Steuerung von Ladeinfrastruktur besteht insbesondere in den Kommunikationsschnittstellen vom Steuerberechtigten bis hin zu den steuerbaren Ladeeinrichtung für E-Fahrzeuge und damit einhergehend in der Wahl geeigneter Kommunikationsprotokolle als auch in einer Verfügbarkeit der konkreten, konformen Gerätehardware.

Analog zur Weiterentwicklung des SMGW im Rahmen der BMWi/BSI-Roadmap und der weiteren Ausprägung des BMWi/BSI-Stufenmodells 2.0 entwickelt sich die Topologie zum netzdienlichen Laden von heutigen Lösungen zu einem Zielbild. Im Folgenden ist neben drei möglichen, aktuell umsetzbaren Topologien (Abbildung 3 - Abbildung 6) auch das hier betrachtete Zielbild (Abbildung 7) dargestellt.

Die Topologie in Abbildung 3 stellt eine Möglichkeit zur Umsetzung von netzdienlichen Steuerungshandlungen dar, wie sie aktuell z. B. im Projekt ELBEsecure (Anhang A.I) angewandt wird. Hierbei erfolgt eine direkte Kommunikation von Steuerungsberechtigten hin zur Ladeinfrastruktur, da die am Markt erhältlichen Systeme, häufig noch nicht die Funktionalitäten von Steuerbox und EMS aufweisen, wie sie für die Umsetzung dieses Anwendungsfalls nötig wären. Den CLS-Endpunkt bildet ein sogenanntes CLS-Endpunkt-Modul.

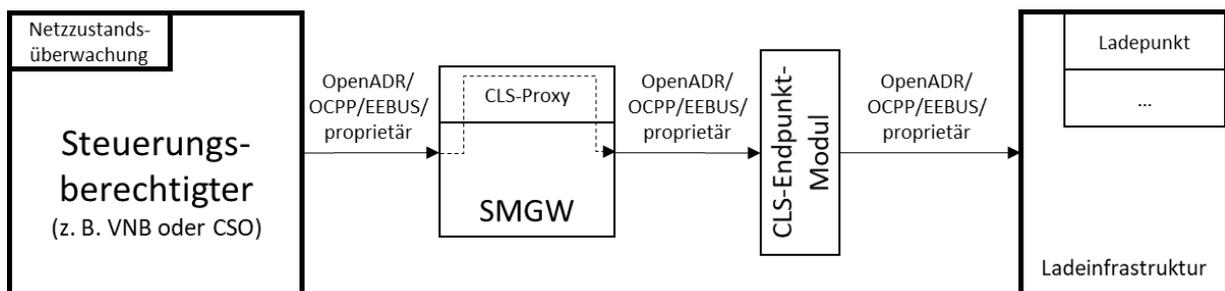


Abbildung 3: Topologieausprägung "netzdienliches Laden per Direktzugriff auf Ladeinfrastruktur"

Bei den in den Abbildung 4, Abbildung 5 und Abbildung 6 dargestellten Topologien, erfolgt keine direkte Kommunikation vom Steuerungsberechtigten zur Ladeinfrastruktur. In diesen Fällen wird das Steuerungssignal von einer Steuerbox bzw. einem EMS aufgenommen, verarbeitet und entsprechend der hinterlegten Standards an die Ladeinfrastruktur weitergegeben. Der CLS-Endpunkt liegt hierbei im EMS bzw. der Steuerbox.

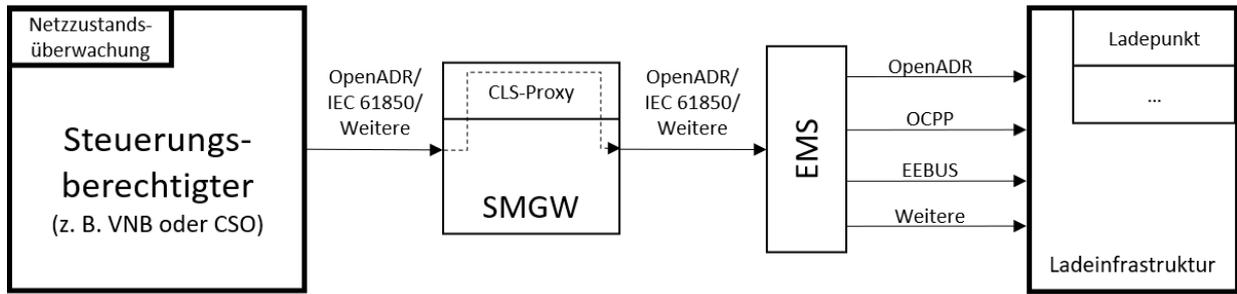


Abbildung 4: Topologieausprägung "netzdienstliches Laden per EMS"

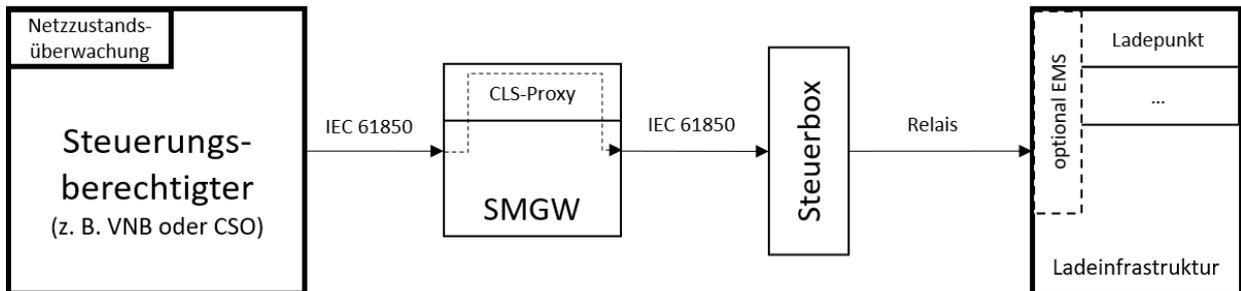


Abbildung 5: Topologieausprägung "netzdienstliches Laden per FNN Steuerbox 1.1"

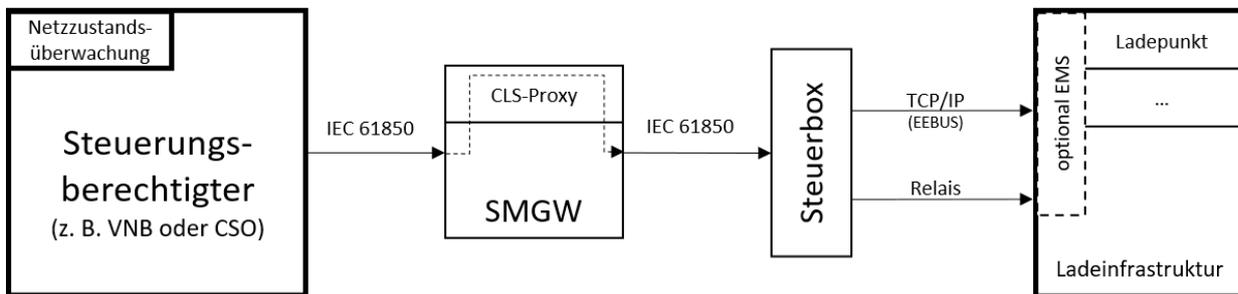


Abbildung 6: Topologieausprägung "netzdienstliches Laden per FNN Steuerbox 1.2"

Die Abbildung 7 stellt das hier betrachtete Zielbild von einer netzdienstlichen Steuerung von Ladeinfrastruktur dar.

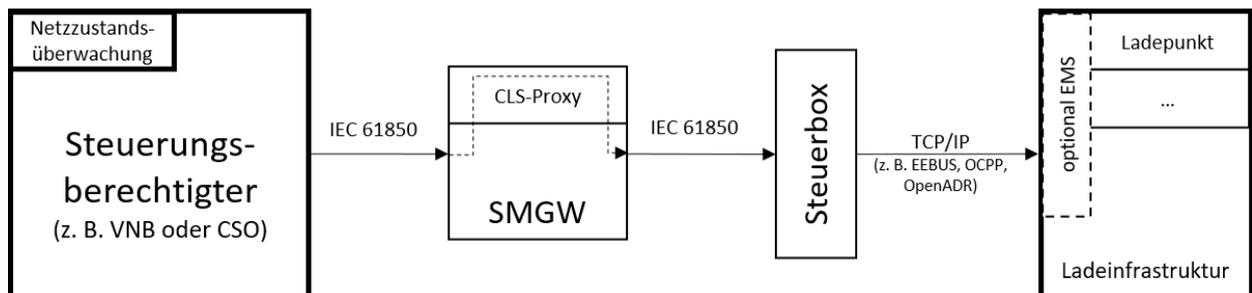


Abbildung 7: Topologieausprägung "Zielbild netzdienstliches Laden"

Die nachfolgenden Rollenbeschreibungen sind im Wesentlichen aus bestehenden Normen, Gesetzen und Verordnungen entnommen. Die aufgeführten Funktionen und Aufgaben stellen keine vollständige Beschreibung dar, sondern fokussieren auf die für die Elektromobilität wichtigen Aspekte.

Verteilnetzbetreiber:

Netzbetreiber, der für den Betrieb des elektrischen Verteilnetzes in der Nieder-, Mittel- und Hochspannung verantwortlich ist (DIN e.V., 2020)

Funktionen / Aufgaben:

- Sicherstellung eines sicheren und effizienten Netzanschlusses
- Bereitstellung des Netzanschlusses für Liegenschaften/Ladeeinrichtungen (Anmelde- und Genehmigungsprozess beim Anschluss der Ladeeinrichtungen)
- Einhaltung der Anforderungen an die Spannungsqualität nach EN 50160
- Sicherstellung der Einhaltung der Technischen Anschlussrichtlinien (z. B. durch eine Netzzustandsüberwachung)
- Bekanntgabe von Freigabezeiten bzw. Leistungsanpassungen pro steuerbarer Anlage
- ISO 27001 Zertifizierung zum aEMT für BSI-konforme Kommunikation über SMGW (optional)
- Umsetzung von Kommunikationsschnittstellen, um die Steuerbox / das EMS / das CLS-Endmodul über den CLS-Kanal des SMGW anzusprechen (optional)
- Umsetzung von Kommunikationsschnittstellen, um eine Koordinierungsfunktion anzusprechen (optional)
- Übertragung der Steuerungsbefehle über einen geeigneten Kommunikationskanal (z. B. den CLS-Kanal)
- Abrechnung der Netznutzungsentgelte gegenüber dem Stromlieferanten ggf. unter Berücksichtigung reduzierter Netzentgelte, wenn Anbindung der Kundenanlage nach § 14a EnWG (optional)

Aktiver externer Marktteilnehmer (aEMT):

Technische Rolle in der Public-Key-Infrastructure (PKI) des iMSys, die berechtigt ist, über das SMGW nachgelagerte Komponenten über den CLS-Kanal anzusprechen (BSI, 2015). Steuerungsberechtigte, wie z. B. Ladestationsbetreiber oder Netzbetreiber, können damit im Sinne der SMGW-Terminologie als aEMT agieren.

Funktionen / Aufgaben:

- ISO 27001 Zertifizierung zum aEMT für BSI-konforme Kommunikation über SMGW
- Umsetzung von Kommunikationsschnittstellen, um die Steuerbox / das EMS / das CLS-Endmodul über den CLS-Kanal des SMGW anzusprechen (optional)
- Umsetzung von Kommunikationsschnittstellen, um eine Koordinierungsfunktion anzusprechen (optional)
- Übertragung der Steuerungsbefehle

Messstellenbetreiber (MSB) (grundzuständig oder wettbewerblich):

Grundzuständiger oder wettbewerblicher Messstellenbetreiber, der die Aufgabe des Messstellenbetriebs durch Vertrag nach § 9 des Messstellenbetriebsgesetzes (MsbG) wahrnimmt. Gemäß § 2 Nr. 4 MsbG ist der Netzbetreiber grundzuständiger MSB. D. h., das MsbG weist dem Netzbetreiber diese Aufgabe initial zu, ohne dass es hierfür eines speziellen Übertragungsverfahrens bedarf. Der Einbau des SMGW obliegt

in der Regel immer dem grundzuständigen MSB. Alternativ besteht jedoch die Möglichkeit, dass der Anschlussnutzer einen wettbewerblichen MSB beauftragt. (BMW, 2016)

Funktionen / Aufgaben:

- Bereitstellung des iMSys an der Messlokation, i. A. am Netzverknüpfungspunkt der Kundenanlagen
- Bereitstellung der Kommunikationsinfrastruktur (ggf. gegen angemessenes Entgelt)
- Bereitstellung von Zähl- und Messdaten

Gateway Administrator (GWA):

Der Messstellenbetreiber (grundzuständig oder wettbewerblich) muss gemäß MsbG die Sonderrolle des GWA ausprägen (BMW, 2016). Dieses kann er in eigener Umsetzung oder durch beauftragte Dritte erfüllen. Der GWA muss die technischen und organisatorischen Anforderungen des MsbG erfüllen.

Funktionen / Aufgaben:

- technische und organisatorische Anforderungen an den GWA sind in der Technischen Richtlinie TR-03109-6 des BSI beschrieben (BSI, 2015); hierzu zählen u. a.
 - Inbetriebnahme, Konfiguration, Administration, Überwachung, Wartung des iMSys,
 - die informationstechnische Anbindung (über Konfiguration des SMGW) von Messgeräten und von anderen an das SMGW angebotenen technischen Einrichtungen (z. B. Steuerboxen)
 - Profilkonfiguration für den Zugriff bzw. den Informationsaustausch zwischen EMT und SMGW
 - Bereitstellung von Kommunikationskanälen zum SMGW

Anschlussnutzer:

Natürliche oder juristische Person, die im Rahmen eines Anschlussnutzungsverhältnisses einen Anschluss einer an das Niederspannungsnetz zur allgemeinen Versorgung zur Entnahme oder Einspeisung von elektrischer Energie nutzt, in diesem Fall zum Anschluss einer steuerbaren Verbrauchseinrichtung. (VDE FNN, 2019)

Funktionen / Aufgaben:

- Bereitstellung der ansteuerbaren Ladeeinrichtung
- Abschluss des Stromlieferungsvertrags mit dem Stromlieferanten; ggf. gemäß § 14a EnWG
- Bereitstellung von Steuerbox (optional)
- Bereitstellung eines Energiemanagementsystems (EMS) (optional)
- Abschluss eines Vertrags mit dem CSO (optional)
- Abschluss eines Vertrags mit dem MSB (optional)

Stromlieferant

Akteur, dessen Aktivitäten der Kauf von Strom sowie dessen nachfolgender direkter Verkauf an einen Kunden mittels Vertrages sind. Dazu können auch energiebezogene Dienste bzw. flexible Stromtarife gehören. (DIN e.V., 2020)

Funktionen / Aufgaben:

- Abschluss eines Stromlieferungsvertrags mit dem Betreiber/Nutzer der Ladeeinrichtung
- Bereitstellung von Stromtarifen
- Abrechnung gegenüber dem Betreiber/Nutzer der Ladeeinrichtung

Ladestationsbetreiber (CSO, en: charging station operator) (optional)

Akteur, der für die Installation und den Betrieb der Ladeinfrastruktur inklusive Ladeplätze, sowie das Management der Energiebereitstellung zur Sicherstellung der geforderten Energieübertragungsdienste verantwortlich ist. (DIN e.V., 2020)

Funktionen / Aufgaben:

- Wahrnehmung der Betreiberrolle, insbesondere für öffentlich zugängliche Ladestationen
- Abschluss eines Vertrags mit dem Eigentümer der Ladeeinrichtung, sofern die Ladeeinrichtung nicht im Eigentum des CSO ist
- Installation, Instandhaltung, Service, Wartung und Stromversorgung der Ladeeinrichtungen (der CSO ist Letztverbraucher i.S.d. § 3 EnWG Nr. 25 und damit zuständig für Beschaffung des Stroms der Ladeeinrichtungen (EnWG))
- Umsetzung von Kommunikationsschnittstellen (optional)

Elektromobilitätsprovider (EMP, auch Mobility-Service-Provider (MSP)) (optional)

Akteur, mit dem der Kunde einen Vertrag für alle für das Laden des Elektrofahrzeugs betriebsrelevanten Dienste hat (DIN e.V., 2020). Enge Verzahnung zwischen EMP und CSO.

Funktionen / Aufgaben:

- Vertrieb von Mobilitätsprodukten und -dienstleistungen
- Umsetzung von Kommunikationsschnittstellen zur Steuerbox, dem EMS, dem CLS-Endmodul für Übertragung von abrechnungsrelevanten Daten (optional)

Roaming-Anbieter

Die Roamingplattform stellt eine Verbindung zwischen den Ladenetzen verschiedener EMPs und CSOs dar. Sie sorgt dafür, dass Kunden und Kundinnen eines EMP an sämtlichen Ladepunkten der eingebundenen CSOs laden können. Hierfür schließen Roamingplattform, EMPs und CSOs Verträge, die u. a. die Preise für die Nutzenden festlegen. (nach (DIN e.V., 2020))

3.3 Komponenten und Funktionen

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden einzelne Komponenten und deren Hauptaufgaben im Umfeld der Steuerbarkeit von Ladepunkten unter den aktuellen gesetzlichen Vorgaben eingeführt. Die Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und beschreibt exemplarisch wesentlichen Bausteine.

Smart Meter Gateway

Das SMGW ist die Komponente in einem iMSys, die die Kommunikation durch das Weitverkehrsnetz (en: Wide Area Network (WAN)) bereitstellt. Es empfängt die Messdaten von Zählern, speichert diese und bereitet sie für Marktakteure auf. Das SMGW kommuniziert dabei zur Verbrauchsdatenübertragung wie auch zu seiner Administration mit verschiedenen Komponenten und beteiligten Marktakteuren. Es dient aber allem voran der Netzwerksegmentierung für die unterschiedlichen Anwendungsfälle innerhalb der Kundenanlage.

Im WAN kommuniziert das SMGW mit den externen Marktteilnehmern und insbesondere auch mit dem SMGW-Administrator. Im lokalen metrologischen Netz (en: Local Metrological Network (LMN)) kommuniziert das SMGW mit den angebotenen Zählern (Strom, Gas, Wasser, Wärme) eines oder mehrerer Letztverbraucher. Die Zähler kommunizieren ihre Messwerte über das LMN an das SMGW. Die

Kommunikation zwischen SMGW und steuerbaren Energieverbrauchern bzw. -erzeugern (z. B. über die FNN Steuerbox) erfolgt über den CLS-Proxy-Kanal. Im Heimnetz (en: Home Area Network, (HAN)) stellt das SMGW dem Letztverbraucher bzw. dem Service-Techniker Daten zur Verfügung. Um die Daten anzeigen zu können, wird eine Transparenz- und Displaysoftware benötigt, die mit der HAN-Schnittstelle verbunden werden muss.

Alle Kommunikationsflüsse sind in Bezug auf Integrität, Authentizität und Vertraulichkeit gehärtet. Weitere Details zu Aufgaben und Umsetzung eines SMGW finden sie auf den Seiten des BSI³.

Der CLS-Kanal des SMGW stellt eine Kommunikationsverbindung zwischen einem Endpunkt in der Liegenschaft des Anschlussnehmers und einem IT-Service eines externen Marktteilnehmers (aEMT, z. B. Netzbetreiber, CSO oder EMP) dar. Die CLS-Anbindung erfolgt über die WAN-Schnittstelle des Gateways. Bei der Kommunikationsverbindung ist die Verwendung von TLS-Verschlüsselung mit Zertifikaten aus der Smart Metering-Public Key Infrastruktur des BSI vorgeschrieben. Dabei muss immer eine beidseitige Authentifizierung erfolgen. Über den CLS-Kanal können beliebige TCP-Verbindungen aufgebaut werden, und Kommunikationsprotokolle/-befehle durchgeroutet werden. Die technische Richtlinie BSI TR-03109 (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2015) spezifiziert den CLS-Kanal.

CLS-Endpunkt-Modul

Um eine BSI-TR-03109 konforme Kommunikationsstrecke über den CLS-Kanal über das SMGW aufzubauen, muss ein Start- und ein Endpunkt für diesen Kanal festgelegt werden. Der Startpunkt liegt üblicherweise beim aEMT. Der Endpunkt kann in der Steuerbox bzw. dem EMS liegen oder - für den Fall, dass eine Kommunikation ohne Steuerbox und EMS stattfinden soll – durch ein zusätzliches Modul (z. B. ein Aufsteckmodul auf das SMGW) erzeugt werden. Dieser Endpunkt dient in diesem Fall als ein zentraler Security- und Kommunikationspunkt für Akteure, die z. B. als aktive EMT über den CLS-Kanal verschiedene Endgeräte steuern wollen.

FNN Steuerbox

Bei der Umsetzung netzdienlicher Anwendungsfälle müssen erweiterte Anforderungen an das Kommunikations- und Steuerungssystem berücksichtigt werden, wie bspw. Priorisierung, Verfügbarkeit, Erreichbarkeit sowie Schutzanforderungen an die kritische Infrastruktur.

Das FNN Lastenheft Steuerbox liefert die Grundlage für ein standardisiertes Steuerungssystem, das in der Architektur des intelligenten Messsystems betrieben werden kann. Nur durch ein hohes Maß an Standardisierung können die volkswirtschaftlichen Aufwendungen für den Rollout und langfristigen Betrieb von Steuerboxen minimiert werden.

Für die Nutzung der FNN Steuerbox ist - wie für alle vergleichbaren Lösungen auch - eine systemseitige Unterstützung über eine entsprechende Backend-Software notwendig. Hierzu wurde von VDE FNN der Hinweis „Kordinierungsfunktion auf Betriebsebene“⁴ veröffentlicht.

Im VDE FNN erfolgt die interdisziplinäre Zusammenarbeit zur Entwicklung einer standardisierten Steuerbox für das Erzeugungs- und Lastmanagement. So beschreibt das Lastenheft⁵ die funktionalen und konstruktiven Merkmale einer Steuerbox als Steuer- und Schaltmodul des iMsys gemäß den gesetzlichen Vorgaben. In der aktuellen Version 1.2 wurden die Mindestanforderungen an die digitale

³https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/DigitaleGesellschaft/SmartMeter/SmartMeterGateway/smartmetergateway_node.html

⁴ Nähere Informationen zur Kordinierungsfunktion:

<https://www.vde.com/de/fnn/arbeitsgebiete/imesssystem/steuern/koordinierungsfunktion-betriebsebene>

⁵ Siehe: <https://www.vde.com/de/fnn/arbeitsgebiete/imesssystem/lastenhefte/steuerbox>

Kommunikationsschnittstelle EEBUS ergänzt. Voraussichtlich kommen in Zukunft weitere Kommunikationsschnittstellen, wie z. B. KNX, hinzu.

Die im VDE FNN erarbeiteten Lastenhefte beschreiben sowohl wie eine Steuerbox aufgebaut ist, als auch welche Funktionen sie erfüllt. Ziel ist eine herstellerübergreifende Standardisierung eines modularen und flexibel erweiterbaren Messsystems.

VDE FNN spezifiziert darüber hinaus Testfälle, mit denen automatisiert geprüft werden kann, ob die Geräte den umfangreichen Anforderungen aus den FNN Lastenheften entsprechen.

Energiemanagementsystem

Ein lokales EMS dient dem Anschlussnehmer/-nutzer, die ggf. verschiedenen steuerbaren Erzeuger und Verbraucher in seiner Anlage im Bezug auf den Eigenverbrauch bzw. ihrer Erzeugung hin so zu optimieren, dass bspw. ein netzdienliches Lastmanagement umgesetzt werden kann. So besteht die Möglichkeit eines vollflexiblen Kunden seine Abnahmemenge am Netzanschlusspunkt entsprechend zu optimieren. Über den CLS-Kanal des SMGW empfängt das EMS z. B. Informationen/Steuersignale vom aEMT hinsichtlich einzuhaltender Randbedingungen für ein netzdienliches Lastmanagement. Auf der Basis kann das EMS z. B. das Zu- und Abschalten von Verbrauchern, wie E-Fahrzeuge, in der Kundenanlage steuern. Damit ist das EMS u. a. eine entscheidende Komponente für die Kommunikation mit Marktteilnehmern bzw. Dritten.

Kundenanlage

Die Kundenanlage (z. B. eine Ladeeinrichtung für Elektrofahrzeuge) muss für die Umsetzung von Steuersignalen verschiedene Anforderungen erfüllen:

- Kundenseitig muss sichergestellt werden, dass die anzubindende Ladeeinrichtung über eine geeignete und optimalerweise bidirektionale Kommunikationsschnittstelle verfügt und über gängige, standardisierte Kommunikationsprotokolle angesteuert werden kann.
- Die Ladestation sollte eine sichere Software-Updatefähigkeit gewährleisten, sodass zukünftige technische Entwicklungen, wie z. B. eine sichere Anbindbarkeit an ein SMGW, die Integration von EMS sowie neue Funktionen (z. B. Anpassungen im § 14a EnWG) umgesetzt werden können.

3.4 Kommunikationsstandards

Um das Ansteuern von Ladeeinrichtungen bzw. das Beeinflussen des Netzverknüpfungspunktes durch den Steuerungsberechtigten zu ermöglichen, muss ein durchgängiger Kommunikationsweg geschaffen werden. Hierzu existieren derzeit unterschiedliche Standards, welche die benötigten Funktionalitäten mit sich bringen. Ein Standard, welcher die Kommunikationsstrecke in Gänze bedienen kann, lässt sich durch die Vielzahl an beteiligten Interessensgruppen aktuell nicht ablesen. Aus diesem Grund werden heutzutage Kombinationen von mehreren Protokollen im Rahmen von Pilotanwendungen (Förderprojekte wie z. B. ELBE, C/sells, etc.) geprüft oder untersucht. Hiermit wird dem Steuerungsberechtigten ein Zugriff auf die Ladeeinrichtung direkt oder indirekt ermöglicht.

Nachfolgend werden einige aktuell in Anwendung befindliche Lösungsmöglichkeiten ohne Anspruch auf Vollständigkeit in alphabetischer Reihenfolge näher beschrieben.

EEBUS:

EEBUS stellt eine Lösung zur Verfügung, die übergreifend über verschiedenste Sektoren und Domänen eine interoperable Kommunikation auf Feldebene erlaubt und eine standardisierte Sprache für die Energiewirtschaft am Netzübergabepunkt darstellt. Für die Anwendung im Kontext Steuerung über iMsys stellt EEBUS entsprechende Use-Cases zur Verfügung.

Die wichtigste Voraussetzung ist der Informationsaustausch über Energie zwischen dem Stromnetz und einem zukünftigen EMS in Liegenschaften im häuslichen und kommerziellen Bereich bzw. den einzelnen Komponenten, wie z. B. Photovoltaikanlage, Batteriespeicher, Heizung, Ladeeinrichtung für Elektrofahrzeuge und häuslichen oder kommerziellen Geräten.

Die nahtlose Kommunikation vom Netz zur Liegenschaft sowie innerhalb der Liegenschaft ermöglicht

- Transparenz des Energiebedarfs,
- Vermeidung von Lastspitzen und Netzengpässen,
- Einsatz von Flexibilität auf der Angebots- und Nachfrageseite und
- Nutzung der dezentralen Energieerzeugung.

Auf diese Weise kann die Effizienz der Anlagen gesteigert werden.

Mit der herstellerunabhängigen, international als EN/IEC Norm als auch in der Deutschen Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (DKE) als Anwendungsregel standardisierten Sprache wirkt EEBUS den proprietären Protokollen mit einer interoperablen Sprache für Energie entgegen. Eine gemeinsame Sprache, die jedes Gerät und jede Plattform frei verwenden kann - unabhängig von Hersteller und Technologie. EEBUS ist lizenzfrei und kann von jedem implementiert werden.

Die EEBUS-Spezifikationen ermöglichen die Entwicklung einer zukunftssicheren, wartbaren und einfachen Geräteschnittstelle, sei es für den Anschluss an eine Steuerbox, an ein lokales EMS oder Plattformen im Smart Home- oder kommerziellen Bereich.

EEBUS ermöglicht die nahtlose Kommunikation von der Netz- bis zur Geräteebene, sodass Energiemanagementlösungen von der Optimierung des Eigenverbrauchs über den tarifoptimierten Gerätebetrieb bis hin zum netzwerkdienlichen Verhalten von Liegenschaften einfach realisiert werden können.

Ende 2021 sind Anwendungsregeln zu Use-Cases und tiefergehenden, technischen Spezifikationen für den Einsatzfall des EEBUS am Netzverknüpfungspunkt verfügbar:

- VDE-AR-E 2829-6-1 Technischer Informationsaustausch an der Schnittstelle zur Liegenschaft und den darin befindlichen Elementen der Kundenanlagen: Use Cases
- VDE-AR-E 2829-6-2 Technischer Informationsaustausch an der Schnittstelle zur Liegenschaft und den darin befindlichen Elementen der Kundenanlagen: Umsetzung mit SPINE/SHIP
- VDE-AR-E 2829-6-3 Technischer Informationsaustausch an der Schnittstelle zur Liegenschaft und den darin befindlichen Elementen der Kundenanlagen: SPINE
- VDE-AR-E 2829-6-4 Technischer Informationsaustausch an der Schnittstelle zur Liegenschaft und den darin befindlichen Elementen der Kundenanlagen: SHIP

Das Lastenheft zur FNN Steuerbox referenziert diese Anwendungsregeln für die technischen Details der ersten standardisierten Ausprägung einer digitalen Schnittstelle der FNN Steuerbox.

Außerdem wird derzeit die VDE AR E 2122-1000 erstellt, die die direkte Anbindung von Ladeinfrastruktur an ein EMS beschreibt und kompatibel zur o. g. VDE AR E 2829-6-Serie ist.

IEC 61850:

Die Normenreihe IEC 61850 umfasst eine Vielzahl von Normteilen, die sich auf die Kommunikationsarchitektur zwischen Geräten innerhalb der Stationsautomatisierung sowie deren Kommunikation zur Netzleittechnik beziehen. Die Reihe der IEC 61850 definiert den Datenaustausch zwischen den verschiedenen Feld- und Schutzgeräten und deren Anbindung an überlagerte Systeme. Sie beschreibt ein generisches Konzept der Kommunikationsmechanismen in der Leittechnik und Stationsautomatisierung. Es wird u. a. in der Automatisierung der Energieversorgung und Energieerzeugung eingesetzt. Aktuelle Erweiterungen beschreiben den Datenaustausch zwischen Backend-Systemen.

Die Norm ist grundsätzlich allgemein ausgelegt, sodass sie theoretisch für viele andere Anwendungsfälle in der Automation eingesetzt werden kann. Die grundsätzlichen Prinzipien werden beibehalten und durch branchenspezifische Datenmodelle ergänzt bzw. aus dem vorhandenen „Baukasten“ übernommen.

In der konkreten Anwendung der FNN Steuerbox ist die IEC 61850-Reihe als Kommunikationsprotokoll festgeschrieben. Damit wird der interoperable Datenaustausch zwischen der Koordinierungsfunktion und der FNN Steuerbox über ein iMsys geregelt. Diese durchgängige Systemarchitektur und der darin enthaltende funktionsorientierte Modellansatz unterstützen folgende Funktionen:

- Steuerung der Kundenanlage
- Erfassung von Netzzustandsdaten (Messwerte, Betriebs- und Störmeldungen)
- Bereitstellung von Diagnosefunktionen für den Netzbetreiber
- Austausch des Datenmodells bei einer Erweiterung des Datenmodells
- Firmware- und Parameterupdate zur Behebung von erkannten Sicherheitslücken

Die jederzeit mögliche interoperable Erweiterbarkeit des Datenmodells an den jeweiligen Entwicklungsstand der Kundenschnittstelle kann somit sichergestellt werden.

OpenADR:

Der Smart Grid Standard *Open Automated Demand Response* (OpenADR) beschreibt ein offenes und interoperables Protokoll für den Informationsaustausch zwischen Netzbetreibern und EMS bzw. einzeln steuerbaren Lasten sowie CSOs.

Die Übertragung erfolgt von einer sogenannten *Virtual Top Node* (VTN) zu einzelnen *Virtual End Nodes* (VEN). Übertragen werden können neben reinen Steuersignalen zudem auch Preisinformationen sowie unterschiedliche Daten zu Reporting-Zwecken.

Im Bereich der Elektromobilität kann OpenADR für verschiedene Anwendungsfälle genutzt werden:

- Steuerungsberechtigter sendet einen Steuerbefehl (*Demand Response* Befehl (DR)) an einen CSO
- Steuerungsberechtigter sendet DR an ein EMS
- Steuerungsberechtigter sendet DR Befehl direkt an eine Ladeeinrichtung

In der aktuellen Profil-Spezifikation „2.0b“ ist OpenADR von der *International Electrotechnical Commission* (IEC) als Standard „IEC 62746-10-1 ED1“ zertifiziert worden und kommt insbesondere in den USA schon weitreichend zur Anwendung. Die aktuelle Herausforderung liegt in der weiteren Marktdurchdringung des Standards, sodass zukünftig neben Ladepunktbetreibern auch EMS und Ladeeinrichtung OpenADR Signale kommunizieren können.

Open Charge Point Protocol:

Das *Open Charge Point Protocol* (OCPP) wird hauptsächlich für die Datenübertragung zwischen Ladepunkt und Betriebsführungssystem (Backend) eingesetzt. Nach erfolgreichem Verbindungsaufbau und Prüfung der relevanten Daten wird der Ladepunkt freigegeben. Dabei kann dieser über OCPP gesteuert und alle abrechnungsrelevanten Daten eichrechtskonform übertragen werden.

Zusätzlich besteht über eine parallele Steuerung die Möglichkeit, die Ladeleistung mittels EMS zu begrenzen oder zu unterbrechen. Neben diesen Grundfunktionen stellt das Protokoll auch Mechanismen zum Upgrade der Firmware und Konfiguration des Ladepunktes zur Verfügung. Nachdem in der ersten Version nur der Webservice über SOAP unterstützt wurde, erfolgte in den darauffolgenden Versionen eine Umstellung auf das Netzwerkprotokoll REST und das Datenformat JSON. Dabei wurde der Sicherheitsstandard durch die TLS-Verschlüsselung ständig verbessert, Plug and Charge nach ISO/IEC 15118 sowie die bidirektionale Energieübertragung unterstützt.

Vorteile sind, dass es ein weltweit angewendetes und universelles herstellerunabhängiges Kommunikationsprofil für Ladeinfrastruktur im privaten und öffentlichen Bereich ist, eine standardisierte Kommunikation zwischen Ladeeinrichtungen und zentralem Managementsystem bietet, die Kommunikation über einen lokalen Controller oder ein EMS möglich ist, die die nationalen Anforderungen zur Informationssicherheit (Verschlüsselung, Firewall, Logging, etc.) berücksichtigt und das Mapping (OCPP) zum Fahrzeug (ISO/IEC 15118) beschreibt.

Ein Nachteil ist, dass die Spezifikation nicht von allen kompatiblen Herstellern von Ladeinfrastruktur eins zu eins umgesetzt wird.

Perspektivisch wird OCPP in die Norm DIN EN 63110 überführt.

REST-API:

Das *Representational State Transfer - Application Programming Interface* (REST-API) wird für den Austausch von Informationen zwischen verschiedenen Systemen benutzt. Hauptsächlich jedoch für die Kommunikation zwischen Client und Server über das HTTP und HTTPS-Protokoll im Internet oder mit der Cloud.

Vorteile sind, dass Geräte unterschiedlichster Art und Bauweise über Systemgrenzen hinweg miteinander kommunizieren können, jeder einzelne HTTPS-Aufruf in sich geschlossen ist und alle relevanten Daten mitgeführt werden und REST häufig das "JSON" Datenformat verwendet, was zu einem schlanken Austauschformat führt.

Nachteile sind eine genaue Dokumentation und dass es sich meist um herstellerspezifische Lösungen handelt.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Um eine schnelle Netzintegration zu ermöglichen, ist eine verlässliche Steuerbarkeit von Ladeinfrastruktur sinnvoll, um Netzausbau bei steigender Durchdringung zu verzögern.

Ein Zielbild zur Steuerbarkeit von Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge ist in der Ausprägung in Abbildung 7 dargestellt. Voraussetzung für das Erreichen des Zielbildes sind der Rollout des Smart Meter Gateways als Kommunikationskanal vom Steuerungsberechtigten in die Kundenanlage und die Verfügbarkeit der Steuerbox. Damit die Steuerungsberechtigten am Ende nur auf ein Feldgerät zugreifen müssen, ist stufenweise die Koordinierungsfunktion parallel zum Ausbau der Netzüberwachung zu realisieren.

Wie schnell das Zielbild erreicht wird, hängt maßgeblich von aktuellen Gesetzgebungsverfahren, insbesondere den Aktivitäten zum SteuVerG (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2020), einheitlichen Standards, dem Angebot an Lösungen am Markt, der Ertüchtigung der Kundenanlagen sowie die Umsetzung einer koordinierten Steuerung ab. Um dort hinzugelangen, bedarf es kurzfristiger Übergangslösungen, die bereits heute schon erfolgreich Anwendung finden. Beispielhaft sind aktuell umgesetzte Lösungen konkreter im Anhang beschrieben.

Das im VDE FNN in der stetigen Weiterentwicklung befindliche Systemkonzept bildet die Grundlage für das Zielbild, bestehend aus Koordinierungsfunktion⁶, SMGW, Steuerbox⁷ sowie dem dezentralen HEMS, das die flexiblen Verbrauchs- und Erzeugungseinrichtungen im Haushalt (z. B. Wärmepumpe, Speicher, Ladeeinrichtung, PV-Anlage) entsprechend den Vorgaben des Netzbetreibers und Angeboten des Marktes steuert. Zu diesem Zweck wird die digitale Schnittstelle der FNN Steuerbox im zugehörigen Lastenheft stetig durch standardisierte Schnittstellenausprägungen mit relevanten Protokollen erweitert. Im Februar 2021 wurde beispielsweise EEBUS in den Anhang aufgenommen. Weitere Protokolle sollen im Anschluss folgen (Abbildung 9).

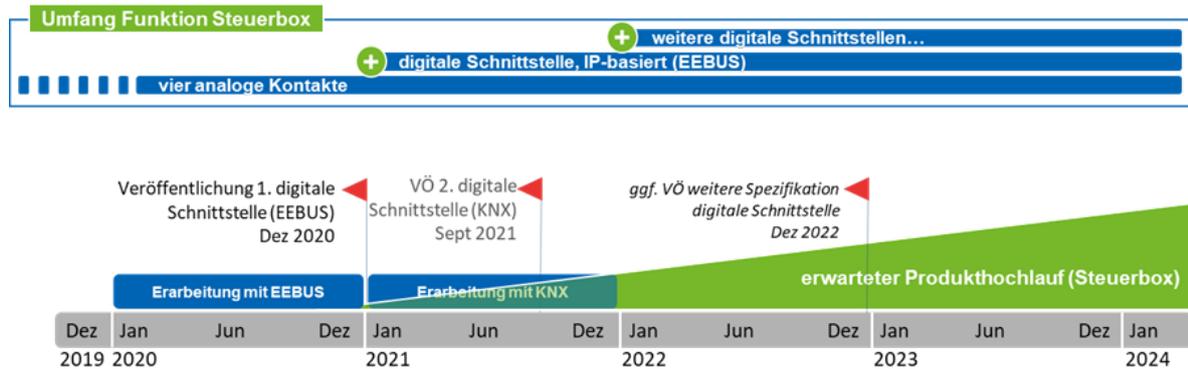


Abbildung 9: Roadmap Steuerbarkeit am Netzanschlusspunkt (Stand: Juni 2021)

4.1 Anstehende Herausforderungen

Einige der im Dokument beschriebenen Kommunikationsschnittstellen befinden sich aktuell noch in der Entwicklung und stellen aktuell insbesondere den deutschen Lösungsweg dar. Um für diese Lösung eine möglichst hohe Akzeptanz zu finden, ist es das Ziel, diese Standards auf internationaler Ebene gemeinsam weiterzuentwickeln. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass bisher nur für Deutschland vorgesehen ist, dass das SMGW am Netzanschlusspunkt die sichere Übertragung der Steuersignale vom Netz in die Kundenanlage gewährleisten wird.

⁶ <https://www.vde.com/de/fnn/arbeitsgebiete/imesssystem/steuern/koordinierungsfunktion-betriebsebene>

⁷ <https://www.vde.com/de/fnn/arbeitsgebiete/imesssystem/lastenhefte/steuerbox>

Solange die für die Steuerung notwendigen Funktionalitäten noch nicht im SMGW integriert sind, wird hier eine Kommunikation über den CLS-Kanal erfolgen.

Um die Flexibilität der E-Fahrzeuge zu erschließen, muss neben der Ausprägung der steuerbaren Ladeinfrastruktur entsprechend dem Zielbild auch die Fahrzeugseite die notwendigen Daten und Steuerungsmöglichkeiten der ISO 15118 diskriminierungsfrei zur Verfügung stellen. Abbildung 10 zeigt die entsprechenden Kommunikationsschnittstellen zwischen Elektrofahrzeug und Ladeinfrastruktur.

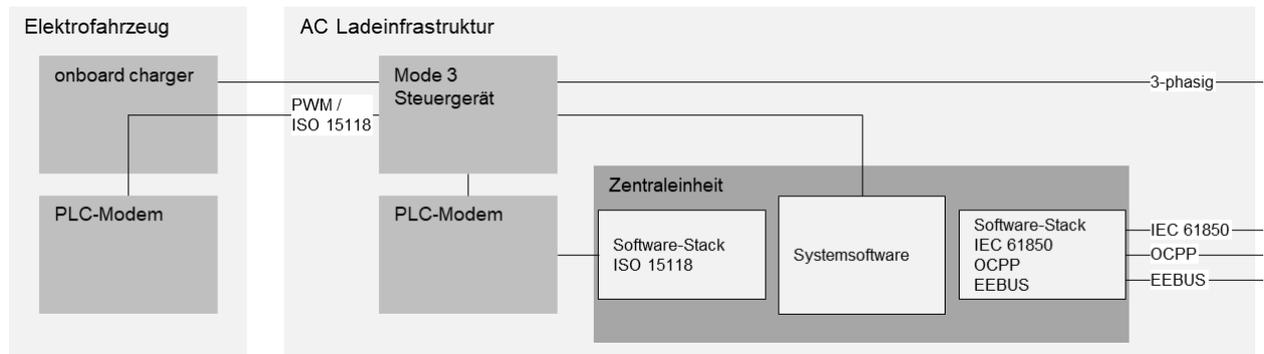


Abbildung 10: Kommunikationsschnittstellen zwischen Elektrofahrzeug und Ladeinfrastruktur

4.2 Korrespondierende Aktivitäten

Ergänzend zu den Aktivitäten zur Steuerbox bei VDE FNN laufen bei der DKE Normungsvorhaben zur Festlegung einer Standardschnittstelle zur Einbindung in Last- und Energiemanagementsysteme. In diesem Zusammenhang wurden die Anwendungsregel VDE-AR-E 2829-6-Reihe (siehe auch Abschnitt 3.4) entwickelt.

4.3 Ausblick

Der VDE FNN treibt weiterhin die Entwicklung der Kommunikationsstandards und im Zielbild referenzierten Komponenten sowie bei Bedarf erforderliche Weiterentwicklungen, wie z. B. die Rückspeisung von elektrischer Energie aus den E-Fahrzeugen („bidirektionales Laden“) voran.

A. Anhang

A.I. Best Practice Beispiel: Projekt ELBE / ELBEsecure

Im Rahmen des Förderprojektes „Electrify Buildings for EVs“ (ELBE) werden durch verschiedene Ladepunktbetreiber (CSOs) bis zu 4.500 Ladepunkte auf privaten Flächen, z. B. in Wohn- und Gewerbebauten, Firmenarealen, Parkhäusern und Betriebsgeländen, der Stadt Hamburg mit dem Ziel der Verbesserung der Luftqualität errichtet. Das Projekt wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie im Rahmen des Förderprogramms „saubere Luft“ unterstützt und hat eine Laufzeit von Ende 2018 bis Ende 2022.

Die Aufgabe des im Projekt beteiligten Verteilnetzbetreibers Stromnetz Hamburg GmbH ist der effiziente, sichere und ressourcenschonende Betrieb des elektrischen Verteilnetzes. Um diesen zu gewährleisten, sollen die zu errichtenden Ladepunkte netzdienlich gesteuert werden, sodass die gleichzeitigen Leistungsbedarfe in lokal abgegrenzten Gebieten minimiert werden. Hierzu wurde ein System zur netzdienlichen Steuerung entwickelt und implementiert. Kern des Systems ist eine IT-Schnittstelle vom VNB zum Ladepunktbetreiber, über welche die Steuersignale kommuniziert werden.

Am ELBE Gesamtsystem sind eine Vielzahl verschiedener Komponenten beteiligt. Das in der Netzstation eingesetzte Messequipment kommuniziert über das Fernwirkprotokoll IEC 60870-5-104 mit der envelio IGP, eine Software zur Netzzustandsüberwachung. Diese verarbeitet die eingehenden Zustandswerte und identifiziert Engpassstellen. Aus dem Netzabbild werden diejenigen Netzanschlusspunkte ermittelt, an denen ELBE-Ladeinfrastruktur installiert ist. Den zuständigen Ladestationsbetreibern wird ein Signal zur vorübergehenden Leistungsreduktion über den Protokoll-Standard OpenADR übermittelt. Zu diesem Zweck wird von Stromnetz Hamburg ein VTN implementiert. Die Ladepunktbetreiber implementieren als Gegenstelle einen VEN. Die Anbindung der jeweiligen Ladepunkte obliegt den Ladepunktbetreibern, die hierzu in der Regel OCPP einsetzen. Darüber werden neben Ladeprofilen auch Informationen zur Nutzerverwaltung sowie Zustandswerte übertragen.

Zukünftig bietet das SMGW als Rückgrat der Digitalisierung der Energiewende einen sicheren Kommunikationskanal zum Letztverbraucher. Um dies im Projekt ELBE zu berücksichtigen wurde die Projekterweiterung „ELBEsecure“ genehmigt. Darin soll das System so erweitert werden, dass ein sicheres Laden, Steuern und Abrechnen über das SMGW ermöglicht und demonstriert wird. Hierzu wird eine Kommunikation vom Backend (Ladepunktbetreiber oder VNB) zur Ladeeinrichtung über den abgesicherten CLS-Kanal aufgebaut. Dies erfolgt auf WAN-CLS-Seite mittels der Softwarelösung „MTG Mehrwert-Konnektor“ und auf HAN-CLS-Seite findet ein CLS-Mehrwertmodul als definierter Endpunkt des transparenten Kanals Anwendung. Mit dieser Lösung können folglich sowohl ein Ladepunktbetreiber als auch die Stromnetz Hamburg GmbH in der Rolle des aEMT direkt auf einzelne Ladepunkte über beliebige Kommunikationsstandards zugreifen.

Ende 2020 konnten von Seite des VNB Stromnetz Hamburg über 300 Ladepunkte von acht verschiedenen Ladepunktbetreibern über die OpenADR Schnittstelle netzdienlich gesteuert werden. In der Regel erfolgt die netzdienliche Steuerung im Rahmen von ELBE ausschließlich zum Test der Kommunikationsanbindung und wird bisher nicht durch drohende Engpässe oder Betriebsmittelüberlastungen im Netz verursacht.

Abbildung 11 zeigt einen Überblick über das Gesamtsystem inklusive der sicheren Anbindung von Ladeinfrastruktur über SMGW. Abbildung 12 stellt die Topologie in Anlehnung an Abschnitt 3.1 dar.

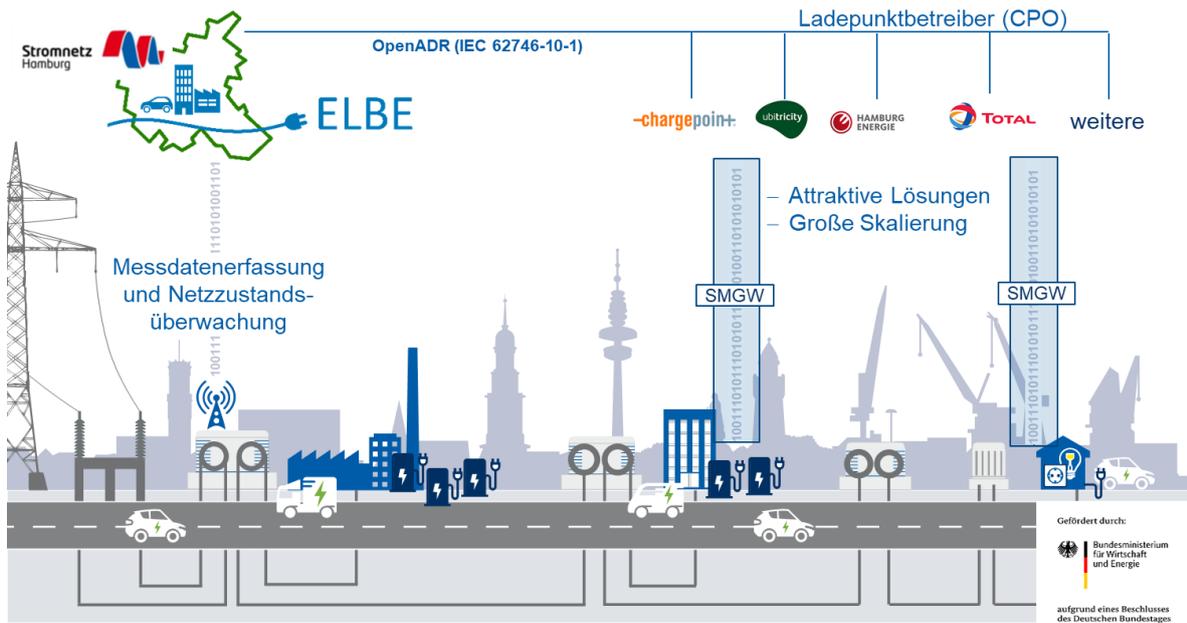


Abbildung 11: Systemübersicht Projekt ELBE/ELBESecure

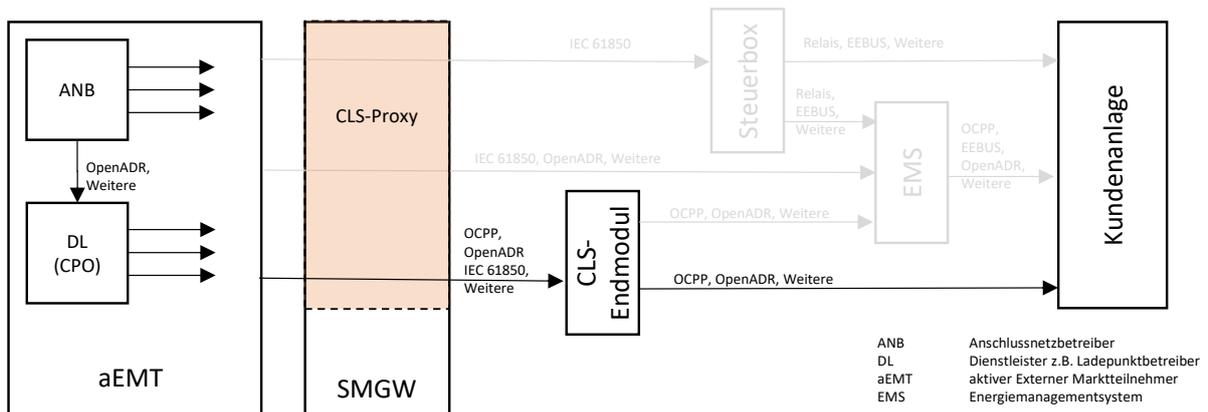


Abbildung 12: Best Practice Topologie "netzdienstliches Laden über SMGW"

A.II. Best Practice Beispiel: Projekt c/sells Autonomie-Lab Leimen

Das Projekt C/sells basiert auf der Idee, vielfältige Infrastrukturzellen intelligent zu einem Organismus zu verbinden, in dem wirtschaftliche Chancen mit physikalischen Notwendigkeiten und dem Willen zu nachhaltigem Wirtschaften in Einklang gebracht werden. Jede Zelle sorgt im subsidiären Sinne primär für sich, indem (die vornehmlich solare) Energieerzeugung und Last nach Möglichkeit so ausgeglichen werden, dass jeder nach individuellen Bedürfnissen Infrastrukturdienstleistungen beziehen kann. Durch den Zellverbund und im gemeinschaftlichen Handeln innerhalb und zwischen den Zellen und über die Grenzen hinweg entsteht eine robuste Energieinfrastruktur.

Mit C/sells wird im „Schaufenster Intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende“ (SINTEG) ein zelluläres Energiesystem mit hohen Anteilen erneuerbarer Energien für eine klimafreundliche, effiziente und sichere Energieversorgung entwickelt und großflächig demonstriert. Hierbei steht die Demonstration massentauglicher Musterlösungen in den Sonnenländern Bayern, Baden-Württemberg und Hessen im Vordergrund.

Eine dieser Demonstrations-Zellen ist das Autonomie-Labor Leimen. In dieser Zelle ist das aktive Eingreifen eines Netzbetreibers auf Grund von Netzengpass-Situationen erfolgreich aufgebaut und demonstriert worden. Nachfolgende Abbildung 13 zeigt die Systemlösung mit den involvierten Rollen, technischen Komponenten und beteiligten IT-Lösungen. Eine wesentliche System-Komponente ist die FNN Steuerbox, die über das BSI-zertifizierte SMGW über die FNN Koordinierungsfunktion Steuerinformationen aus einer Netzleitzentrale an ein EMS zur Steuerung der Ladeleistung übergibt.

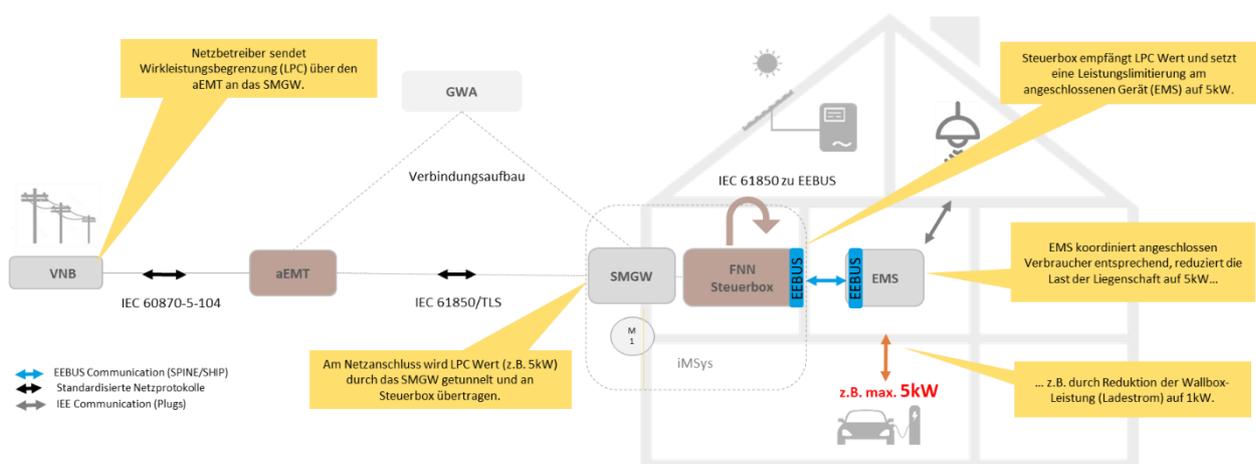


Abbildung 13: FNN-Lösung als Best Practice aus c/sells

Literaturverzeichnis

- BMWi. (29. August 2016). Messstellenbetriebsgesetz. Berlin.
- BSI. (11. November 2015). Technische Richtlinie BSI TR-03109 Version 1.0.1. Bonn.
- Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. (11. 11 2015). *BSI TR-03109 Technische Vorgaben für intelligente Messsysteme und deren sicherer Betrieb*. Abgerufen am 29. 01 2021 von https://www.bsi.bund.de/DE/Publikationen/TechnischeRichtlinien/tr03109/TR-03109_node.html
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (28. Dezember 2020). *Europäische Kommission - Notifizierungsangaben*. Abgerufen am 1. Februar 2021 von Entwurf eines Gesetzes zur zügigen und sicheren Integration steuerbarer Verbrauchseinrichtungen in die Verteilernetze und zur Änderung weiterer energierechtlicher Vorschriften (nachfolgend: SteuVerG): http://ec.europa.eu/growth/tools-databases/tris/nview.cfm?p=2020_849_DE_DE
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2021). *Erneuerbare Energien*. Abgerufen am 1.. März 2021 von <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien.html>
- Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen / Bundeskartellamt. (01. März 2021). *Monitoringbericht 2020*. Abgerufen am 13. 01 2020 von https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Berichte/2020/Monitoringbericht_Energie2020.pdf
- Die Bundesregierung. (18.. November 2019). *Masterplan Ladeinfrastruktur*. Abgerufen am 01.. März 2021 von Mehr Ladestationen für Elektroautos: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/ladeinfrastruktur-1692644>
- DIN e.V. (Juli 2020). DIN SPEC 91412. Berlin, Deutschland.
- VDE FNN. (2019). VDE-AR-N 4100. Berlin.

VDE Verband der Elektrotechnik
Elektronik Informationstechnik e.V.

Forum Netztechnik/Netzbetrieb im
VDE (VDE FNN)
Bismarckstraße 33
10625 Berlin
Tel. +49 30 383868-70