

Einsatz der Blockchain-Technologie für Smart Grid Dienstleistungen durch E-PKW im Reallabor „EnStadt:Pfaff“

Schlussbericht des Verbundvorhabens EnStadt:Pfaff

Implementierung des Reallabors Pfaff-Areal Kaiserslautern

– Integrierte Konzepte, innovative Technologien und sozial-
wissenschaftliche Forschung im Leuchtturm für klimaneutrale Quartiere;

Teilvorhaben EnStadt:Pfaff - HS Fresenius Geschäftsmodelle



Einsatz der Blockchain-Technologie für Smart Grid Dienstleistungen durch E-PKW im Reallabor „EnStadt:Pfaff“

Schlussbericht des Verbundvorhabens EnStadt:Pfaff
Implementierung des Reallabors Pfaff-Areal Kaiserslautern
– Integrierte Konzepte, innovative Technologien und sozial-
wissenschaftliche Forschung im Leuchtturm für klimaneutrale Quartiere;
Teilvorhaben HS Fresenius Geschäftsmodelle

Das Vorhaben	
wurde gefördert durch:	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)
Projektträger:	Forschungszentrum Jülich GmbH
Förderkennzeichen:	03SBE112F
Projektlaufzeit:	01.10.2017 – 30.06.2024
Autoren:	Prof. Dr. Jens Strüker Manuel Utz Johannes Sedlmeir
Ausführende Stelle:	Universität Bayreuth Professur für Wirtschaftsinformatik und Digitales Energiemanagement Prof. Dr. Jens Strüker Wittelsbacher Ring 10 95440 Bayreuth
Veröffentlicht:	Februar 2025
Die Verantwortung der Veröffentlichung liegt bei den Autoren	



Inhalt

1	Zusammenfassung Teilvorhaben	4
2	Ergebnisse des Teilvorhabens.....	6

1 Zusammenfassung Teilvorhaben

Das vorliegende Teilvorhaben untersucht blockchainbasierte Anwendungsfälle für die Integration von Elektro-Pkw (E-PKW) in Energie-Communities, im Kontext des Forschungsprojekts „EnStadt:Pfaff“. Dieses Projekt hat das Ziel, das Pfaffquartier bis 2035 klimaneutral zu gestalten und dabei innovative Lösungen zur Energieversorgung und -nutzung zu entwickeln. Die Universität Bayreuth trägt in diesem Zusammenhang mit ihrer Expertise zur Förderung nachhaltiger Stadtentwicklung und Energieversorgung bei. Besonders im Bereich der digitalen Infrastruktur kommt der Blockchain-Technologie eine zentrale Rolle zu, da sie den sicheren, transparenten und effizienten Austausch von Daten zwischen den verschiedenen Akteuren des Energiemarktes ermöglicht. Dies ist besonders wichtig in einem Umfeld, in dem Daten aus vielen dezentralen Quellen erfasst und verarbeitet werden müssen.

Der Verkehrssektor zählt zu den größten Emittenten von Treibhausgasen in der EU und steht daher im Fokus von Klimaschutzmaßnahmen. In der EU-Energieroadmap 2050 wird eine signifikante Reduktion der Emissionen gefordert, was unter anderem durch die Elektrifizierung des Individualverkehrs und den Ausbau erneuerbarer Energiequellen erreicht werden soll. Im Zusammenhang mit der zunehmenden Zahl an E-PKWs stellt sich jedoch die Frage, wie diese Fahrzeuge effektiv in das bestehende Stromnetz integriert werden können. Hier können E-PKWs durch flexible Lademodelle, wie bidirektionales Laden, einen wichtigen Beitrag zur Netzstabilität leisten und so zur Reduktion von Netzengpässen und Lastspitzen beitragen.

Die Integration von E-PKWs in das Stromnetz führt jedoch zu einer Vielzahl an Daten, deren Erhebung und Verarbeitung für verschiedene Akteure von unterschiedlicher Bedeutung sind. Netzbetreiber und Energieversorger interessieren sich beispielsweise für Ladezeiten und -mengen, um sich besser auf Nachfragespitzen vorzubereiten, während Endkunden vor allem an Ladepreismodellen und der Verfügbarkeit von Ladesäulen interessiert sind. Diese Daten werden derzeit meist in isolierten Systemen und auf proprietärer Basis gespeichert, was den Datenaustausch und die Zusammenarbeit zwischen den Akteuren erschwert. Ein Lösungsansatz, der diese Herausforderungen adressiert, ist die Nutzung von Blockchain-Technologien. Sie ermöglichen nicht nur den sicheren und transparenten Austausch von Daten, sondern auch die Schaffung von einheitlichen Standards, die eine effektivere Zusammenarbeit der Akteure fördern.

In diesem Vorhaben werden fünf Anwendungsfälle für den Einsatz von Blockchain-Technologie im Zusammenhang mit E-PKW-Dienstleistungen in Energie-Communities analysiert und bewertet. Diese beinhalten (1) Engpassmanagement, (2) Mieter als Prosumenten, (3) tokenisierten Zertifikatehandel, (4) Bezahlprozesse von Ladevorgängen und (5) Standards und Identitätsmanagement. Die Bewertung erfolgt anhand der Kriterien „Technologische Reife“, „Digitalisierungsmöglichkeiten“, „Status der Erprobung“ und „Eignung für das EnStadt:Pfaff-Projekt“.

Ein zentraler Punkt des Vorhabens ist die Untersuchung der praktischen Relevanz der Blockchain-Technologie im Rahmen des EnStadt:Pfaff-Projekts, das als Pilotprojekt für die Integration von smarten und digitalen Lösungen in urbanen Quartieren dient. Die Untersuchung zielt darauf ab, zu zeigen, wie Blockchain-Technologien zur Optimierung der Energienutzung, der Effizienzsteigerung und der Förderung von Transparenz und Vertrauen zwischen den verschiedenen Akteuren beitragen können. Die Ergebnisse dieser Studie sind somit nicht nur für das Pfaffquartier von Bedeutung, sondern auch für die Entwicklung und Implementierung verwandter Lösungen in anderen städtischen Projekten im Bereich der klimaneutralen Energieversorgung.

1.1 Aufgabenstellung

HS Fresenius	• Theoretische Zuarbeiten im Bereich der Geschäftsmodellanalyse für Elektromobilität sowie Aufbereitung des Forschungsstandes zu Smart Grid Dienstleistungen durch E-PKW • Durchführung einer strukturierten Literaturanalyse und Experteninterviews zur Identifikation von praxisrelevanten Anwendungsfällen von Smart Grid Dienstleistungen • Darlegung der Implikationen der Blockchain-Technologie auf die jeweiligen Anwendungsfälle unter Berücksichtigung der Eignung für EnStadtPfaff • Einsichten in die Geschäftsmodellerweiterung im Bereich der Smart Grid Dienstleistungen für die involvierten Parteien der ausgearbeiteten Anwendungsfälle. • Abbildung der Schnittstelle zu AP 2.1.2 im Bereich der Prüfung möglicher Blockchain-Implementierungen und Überführung der Ergebnisse in ein Studienformat zur Anwendung von Blockchain-Technologien bei der Vermarktung von Smart-Grid-Dienstleistungen durch E-PKW (AP 2.3.3.3).
--------------	--

1.2 Vorgehensweise

Die im Vorhaben erarbeitete Studie basiert auf einer Kombination aus Literatur- und Studienanalyse sowie Experteninterviews. Zunächst wurde der Forschungsstand zu Smart-Grid-Dienstleistungen für E-PKW durch eine systematische Literaturanalyse erfasst und durch branchen-spezifische Studien ergänzt. Anschließend wurden 23 halbstrukturierte Interviews mit Blockchain- und Energieexperten geführt, um praxisrelevante Einblicke zu gewinnen. Die Ergebnisse wurden strukturiert entlang identifizierter Anwendungsfälle aufbereitet dienen im Rahmen von AP 2.3.3 der fundierten Ableitung von Handlungsempfehlungen für das EnStadt: Pfaff-Projekt.

1.3 Wissenschaftlicher Stand

Die Forschung zu Smart-Grid-Dienstleistungen für E-PKW konzentriert sich auf bidirektionales Laden, Vehicle-to-Grid (V2G) und netzdienliche Flexibilitätsoptionen. Studien zeigen, dass bidirektionales Laden zur Netzstabilität beitragen und erneuerbare Energien besser integrieren kann. Besonders in urbanen Energie-Communities kann die Einbindung von E-PKW als flexible Speicherlösung zur Reduktion von Netzengpässen und Lastspitzen beitragen. Blockchain-Technologien werden zunehmend als Lösung für sichere, transparente und dezentrale Abrechnungssysteme im Energiemanagement untersucht, insbesondere zur Integration verschiedener Akteure und zur Standardisierung von Lade- und Transaktionsprozessen. Trotz vielversprechender Ansätze bestehen weiterhin Herausforderungen in der technischen und praktischen Umsetzung, der Standardisierung sowie der wirtschaftlichen Skalierbarkeit, insbesondere hinsichtlich regulatorischer Anforderungen und der Interoperabilität mit bestehenden Energiemärkten

1.4 Zusammenarbeit

Das Vorhaben wurde als AP 2.3.3.3 des übergeordneten AP 2.3.3 „Ladeinfrastruktur und Bidirektionales Laden für E-Fahrzeuge“ umgesetzt. Die HS Fresenius hat dabei theoretische Zuarbeiten im Bereich der

Geschäftsmodellanalyse für Elektromobilität sowie an der Schnittstelle zu AP 2.1.2 im Bereich der Prüfung möglicher Blockchain-Implementierungen eingebracht.

1.5 Veröffentlichungen

Die Ergebnisse des Teilvorhabens wurden im Rahmen der Studie „Einsatz der Blockchain-Technologie“ für Smart Grid Dienstleistungen durch E-PKW im Reallabor „EnStadt:Pfaff“ veröffentlicht:

Strüker, J., Utz, M., Sedlmeir, J. (2021): Einsatz der Blockchain-Technologie für Smart Grid Dienstleistungen durch E-PKW im Reallabor „EnStadt:Pfaff“, Professur für Wirtschaftsinformatik und Digitales Energiemanagement, Universität Bayreuth

2 Ergebnisse des Teilvorhabens

2.1 Smart Grid Dienstleistungen durch E-PKW

Um Smart Grid Dienstleistungen, die durch E-PKW erbracht werden können, richtig einzuordnen, werden in diesem Kapitel zunächst bisherige und zukünftige Akteure des Elektromobilitätsmarktes in Deutschland beschrieben. Anschließend erfolgt die Erläuterung der auf den Vertragsbeziehungen zwischen den Akteuren basierenden Möglichkeiten zur Erbringung von Smart Grid Dienstleistungen. Die EU-Richtlinie 2019/944 des Europäischen Parlament und Rates enthält die „Vorschriften für den Elektrizitätsbinnenmarkt“ (Europäische Kommission, 2019). In dieser sind auch die heutigen Akteure des Elektrizitätsmarktes in Deutschland, (1) Verteilnetzbetreiber (VNB), (2) Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB), (3) Energieversorger (EVU) und (4) Stromkunde sowie deren Aufgabenbereich/ Zuständigkeiten definiert. So sind (1) VNB für die Überwachung und den Betrieb des elektrischen Verteilnetzes (Nieder- und Mittelspannungsnetze) zuständig (Europäische Kommission, 2019; San Román et al., 2011). Aufgrund des sog. „Unbundlings“ des Strommarktes in Deutschland ist die Erzeugung elektrischer Energie klar von deren Übertragung und Verkauf an Endkunden zu trennen (Meletiou et al., 2018). Dementsprechend ist es VNBn verboten, elektrische Energie zu verkaufen oder damit zu handeln (San Román et al., 2011). Dieses Verbot gilt auch für (2) ÜNBs. Da diese jedoch die Verantwortung für die Strom-Versorgungssicherheit auf nationaler Ebene tragen, stehen ihnen unterschiedliche Instrumente, sog. „Systemdienstleistungen“, zur Netzregulation zur Verfügung. Diese Instrumente umfassen (a) Betriebsführung (insb. Engpassmanagement und Steuerung elektrischer Flexibilität), (b) Frequenzhaltung (insb. Primär-, Sekundär-, und Tertiärregelleistung), (c) Spannungshaltung (insb. Blindleistungsregelung und Steuerung von Erzeugungsanlagen) und (d) Versorgungswiederaufbau (Schwarzstart konventioneller Erzeugungsanlagen) (Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), 2017). Auch VNBn stehen diese Systemdienstleistungen grundsätzlich als Instrumente zur Netzregulation zur Verfügung, jedoch ist bspw. die Steuerung kleinteiliger Erzeugungsanlagen auf Verteilnetzebene (bspw. PV-Aufdachanlagen) aufgrund begrenzter Daten Schnittstellen oftmals schwieriger als auf Übertragungsnetzebene (bspw. Kohlekraftwerke, auf deren Leittechnik direkt zugegriffen werden kann). Die (3) EVU vertreiben und verkaufen Strommengen zumeist in bilateralen Standardstromtarifen an (4) Endkunden. Hierbei kann es sich sowohl um Privatpersonen (Haushalte) als auch Gewerbe handeln, wobei es ersteren laut EU-Richtlinie 2019/944 aktuell nicht gestattet ist, den laut Stromliefervertrag zugesicherten Strom weiterzuverkaufen (Europäische Kommission, 2019; San Román et al., 2011). Durch die starke Zunahme von E-PKW-Verkäufen und deren Notwendigkeit zur Integration in Stromnetze (siehe Kapitel 0) entstehen jedoch neue Akteure wie (5) E-PKW-Besitzer, (6)

Ladesäulenbetreiber und (7) Fahrstromanbieter (Brown & Soni, 2019; Hu et al., 2016). Die (5) Besitzer von E-PKW laden ihre Fahrzeuge entweder an Wallboxen ihrer Wohnungen/Häuser oder an öffentlichen Ladesäulen. In beiden Fällen sind hierfür Stromlieferverträge mit den (7) Fahrstromanbietern, nicht jedoch mit den (6) Ladesäulenbetreibern notwendig. Bei diesen Verträgen handelt es sich um sog. „Ladestromtarife“, welche im Gegensatz zu den Standard-Stromlieferverträgen für Haushaltsstrom nicht an eine örtliche Stromlieferstelle gebunden sein müssen (Ensslen et al., 2018). Ein Vertragsverhältnis zwischen (5) E-PKW Besitzern und (6) Ladesäulenbetreibern ist nur beim privaten Laden (eigene(r) Garage/ Parkplatz) im Sinne eines Kauf- und ggf. Servicevertrags für Wallboxen notwendig. Beim Laden im öffentlichen Raum besteht zwischen diesen Akteuren kein Vertragsverhältnis. Da es sich bei öffentlich zugänglichen Ladesäulen jedoch im rechtlichen Sinne um einen Netzzugangspunkt handelt, ist der Zubau ebendieser Säulen zwischen VNB und Ladesäulenbetreiber gemäß Netzzugangsverordnung abzustimmen (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2016). Hieraus sowie aus der Tatsache, dass Unternehmen die (6) Ladesäulenbetreiber- und (7) Fahrstromanbieterfunktion in sich vereinen können, entsteht potenziell der (8) Ladestrom-Aggregator als wichtiger neuer Akteur zur Bereitstellung von Smart Grid Dienstleistungen (Hu et al., 2016; San Román et al., 2011). Dieser könnte durch den Zubau von Ladesäuleninfrastruktur in Regionen hoher Einspeisungsmengen regenerativ erzeugten Stroms und der gezielten Steuerung des Ladeverhaltens von E-PKWs sowohl Verteil- als auch Übertragungsnetzbetreibern die Systemdienstleistungen (a), (b) und (c) zur Verfügung stellen (San Román et al., 2011). Die je nach Systemdienstleistung und Ladeszenarien benötigten Akteurs Interaktionen werden nachfolgend erläutert.

2.1.1 Unidirektionales Laden an privaten Wallboxen

Das unidirektionale Laden (vom Stromnetz in Richtung des E-PKW („Grid-to-Vehicle“) an privaten Wallboxen stellt die einfachste Form zur Optimierung der Netzbetriebsführung im Sinne eines Engpassmanagements dar (Solanke et al., 2020). Vor der Installation der Wallbox ist der zuständige Netzbetreiber seitens des E-PKW Besitzers entweder durch diesen selbst oder durch den Fahrstromanbieter über Parameter wie die maximale Anschluss- und Ladeleistung zu informieren (San Román et al., 2011). Ein Vertragsverhältnis zwischen VNB und E-PKW-Besitzer besteht jedoch nicht. Der Vertrag zwischen Fahrstromanbieter und E-PKW-Besitzer kann je nach Funktionalität der Wallbox variieren. Ist bspw. ein Smart Meter in der Wallbox integriert, so können Zeitfenster zur netzoptimierten Ladung der E-PKW zwischen deren Besitzer und dem Fahrstromanbieter vereinbart werden. Üblicherweise sind diese Zeitfenster von spätabends bis frühmorgens definiert. In diesem steht es dem Fahrstromanbieter, falls vertraglich vereinbart, frei, die Ladeleistung bspw. anhand der lokalen Einspeisung regenerativer Energien auszurichten und im Falle drohender Netzüberlastung (bspw. bei Gleichzeitigkeit vieler Ladevorgänge) den Ladevorgang zeitweise zu stoppen. Neben diesen zeitbasierten Ladestromtarifen gibt es auch Pilotversuche zu preisbasierten Tarifen. In diesen werden die zu vermeidenden Engpasskosten seitens des VNBs in Zusammenarbeit mit dem Fahrstromanbieter berechnet und anschließend als Preissignal an die Wallbox-Steuerung übermittelt. Der E-PKW Besitzer kann somit gemäß seiner Ladepräferenz entweder den Preis oder die Geschwindigkeit des Ladevorgangs variieren.

2.1.2 Unidirektionales Laden an halb-öffentlichen Ladesäulen

Bei halb-öffentlichen Ladesäulen handelt es sich um Ladesäulen, die öffentlich zugänglich, jedoch auf Privatgelände (bspw. vor Einkaufszentren) installiert sind (Pardo-Bosch et al., 2021). Wie das Laden an privaten Wallboxen bietet auch das Laden an halb-öffentlichen Ladesäulen Netzbetreibern die Möglichkeit einer optimierten Netzbetriebsführung, jedoch mit anderen Vertragskonstellationen und in

größerem Ausmaß. An die Stelle des E-PKW-Besitzers tritt der Besitzer oder Betreiber des Einkaufszentrums als Vertragspartner des Fahrstromanbieters. Durch das höhere Strom-Abnahmevolumen können nicht nur geringere Preise pro Kilowattstunde zwischen diesem und dem Fahrstromanbieter ausgehandelt werden, sondern auch ein höheres Maß an Energie-Flexibilität (Akkus von mehreren E-PKW) für Netzbetreiber bereitgestellt werden. E-PKW-Besitzer, welche an halb-öffentlichen Ladesäulen tanken zahlen entweder einen fixen Preis pro Kilowattstunde oder gewähren dem Ladepunktbetreiber die Flexibilität, den Ladevorgang zu regulieren (bspw. Ladeleistung herunterzufahren) und profitieren damit von einem geringeren Preis.

2.1.3 Unidirektionales Laden an öffentlichen Ladesäulen

Öffentliche Ladesäulen zeichnen sich im Gegensatz zu privaten Wallboxen durch eine durchschnittlich deutliche erhöhte Ladeleistung aus. So sind von den aktuell (Stand April 2021) rund 24.000 öffentlichen Ladestationen in Deutschland rund 75% sog. Schnelllader (Ladeleistung > 20kW) (Weemaes, 2021). Die Vertragsverhältnisse können identisch zu denjenigen halb-öffentlicher Ladesäulen ausgestaltet sein oder Ladesäulenbetreiber und Fahrstromanbieter in einem Unternehmen vereinen. Durch die aufgrund der Ladeleistung hohen Energieströme sind diese Schnelllader in hohem Maße für das Engpassmanagement geeignet. Um das Potenzial des Engpassmanagements und weiterer Systemdienstleistungen, insb. der Frequenzhaltung (Primärregelleistung), voll auszuschöpfen sind jedoch bidirektionale Ladevorgänge erforderlich.

2.1.4 Bidirektionales Laden zur Erbringung von Systemdienstleistungen

Während beim unidirektionalen Laden Systemdienstleistungen durch das Drosseln oder Beenden des Ladevorgangs erreicht werden kann, ermöglicht bidirektionales Laden zusätzlich die aktive Bereitstellung elektrischer Energie in Netzen. Anstelle des „Grid-to-Vehicle“ (G2V) Ansatzes (siehe Kapitel 2.1.1) wird bidirektionales Laden deshalb auch als „Vehicle-to-Grid“ (V2G) bezeichnet (Heilmann & Friedl, 2021; Hu et al., 2016; San Román et al., 2011). Die technischen sowie vertraglichen Voraussetzungen des V2G sind ggü. denjenigen des G2V deutlich erhöht. So müssen die eingesetzten Ladestationen in der Lage sein, Wechselstrom aus dem Netz in Gleichstrom zu richten und umgekehrt. Auch der E-PKW muss über eine Steuerung zur Ein- und Ausspeisung der Ladestrommengen verfügen. Sind die technischen Voraussetzungen erfüllt, könnten erweiterte Vertragsbeziehungen zwischen Fahrstromanbieter und Übertragungsnetzbetreiber bspw. die Teilnahme am Primär- und Sekundärregelenergiemarkt ermöglichen (Wickert et al., 2014). Zur Erbringung positiver Regelleistung werden, die seitens des Fahrstromanbieters aggregierten Speicher mehrerer E-PKW innerhalb seitens des VNBS definierter Zeitfenster und Ladeleistung entladen und im Falle negativer Regelleistungserbringung beladen. Die Aggregation der E-PKW-Speicher zu einem virtuellen Großspeicher ist aufgrund der Präqualifikationsbedingungen (mind. 1MWel für Primär- und mind. 5MWel für Sekundärregelleistung) notwendig und stellt für Fahrstromanbieter und Übertragungsnetzbetreiber aktuell eines der größten regulatorischen Hemmnisse dar (Wickert et al., 2014). Seitens der E-PKW-Besitzer sind es jedoch nicht regulatorische Hemmnisse, sondern das Fehlen von Standards, die ein EU-weites, unkompliziertes Laden an unterschiedlichen Ladesäulen ermöglichen, welche eine weitere Adaption der Elektromobilität ausbremst (Ferwerda et al., 2018).

2.1.5 E-Roaming

E-Roaming umfasst den Datenaustausch zwischen Ladesäulenbetreibern, Fahrstromanbietern und E-Roaming-Providern, um E-PKW Besitzern das diskriminierungsfreie Laden an Ladesäulen innerhalb Deutschland und Europas zu ermöglichen (Pfeiffer & Bach, 2014). Hierfür ist die Standardisierung der

Ladeinfrastruktur, insb. diejenige des Datenaustauschs zwischen Ladeinfrastruktur und den Akteuren notwendig. (Krechmer, 1996) definiert diese Standardisierung von Kommunikationsprotokollen zur Vereinheitlichung des Datenaustauschs als „[Schaffung von] Schnittstelle[n] zur Sicherung der Kompatibilität mehrerer unterschiedlicher Systeme“. Die wirtschaftlichen Vorteile einer solch standardisierten Ladeinfrastruktur sind bereits aus anderen Branchen, u.a. Telekommunikation, bekannt und fußen wesentlich auf sog. „Netzwerk-Externalitäten“ (Stühmeier, 2012). Je mehr Nutzer ein Netzwerk (wie Ladeinfrastruktur) übergreifend nutzen, desto attraktiver wird dessen Nutzung insgesamt (Ferwerda et al., 2018). Aktuell führen fehlende Standards und damit einhergehend eine geringe Informationsqualität über die Belegung von Ladesäulen, eine Vielzahl unterschiedlicher Tank-Apps sowie intransparente Tarife und Geschäftsmodelle zu einer Verunsicherung und Mindernutzung von Lade-Infrastruktur durch E-PKW-Besitzer (Ferwerda et al., 2018). Zwar haben sich das Open-Intercharge-Protokoll (OICP) des E-Roaming Anbieters „Hubeject“ und das Open-Clearing-House-Protokoll (OCHP) von „e-clearing“ mittlerweile in Deutschland als „de-facto-Standards“ (offiziell nicht bestätigte, aber allgemein anerkannte technologische Prozesse) etabliert (Rodriguez, 2020), ein echter Standard, der transparent, offen, unparteiisch, effektiv und kohärent im Sinne der Definition der Welthandelsorganisation ist (WTO, 2000) fehlt jedoch. Um den praktischen Nutzen standardisierter E-Roaming Protokolle unter Beweis zu stellen, werden diese derzeit von Pilotprojekten wie dem „evRoaming4EU“ (Kam & Bekkers, 2020) Projekt in Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften (EEGs) getestet.

2.2 Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften

Dem Beitrag, den EEGs zur Erprobung neuer Technologien und Prozesse im Rahmen der Energiewende leisten können, wurde im Zuge der Überarbeitung der „Renewable Energy Directive II“ formell Rechnung getragen (Sebi & Vernay, 2020). Den als „Gruppe von Bürgern, sozialen Unternehmern, Behörden und kommunalen Organisationen, die sich direkt an der Energiewende beteiligen, indem sie gemeinsam in erneuerbare Energie investieren, diese produzieren, verkaufen und verteilen“ (Europe, 2018) definierten EEGs wird dieser Beitrag zur Energiewende beigemessen, da durch Pilotprojekte in EEGs die gesellschaftliche Akzeptanz neuer IT-Infrastruktur (wie E-Roaming) und die Bereitschaft von Investoren zu nachhaltigen und lokalen Investitionen in EE-Anlagen erhöht werden können (Sebi & Vernay, 2020). „Microgrids“, die als „Gruppe miteinander verbundener Lasten und dezentraler Energieressourcen innerhalb klar definierter elektrischer Grenzen, die als eine steuerbare Einheit in Bezug auf das [übergeordnete] Netz agiert“ (Haupt et al., 2020) können Bestandteile von EEGs sein, wobei die „Gruppe von Bürgern, sozialen Unternehmen [...]“ den über die Steuerung von elektrischen Lasten hinausgehenden Rahmen für Governance, Anreizmechanismen etc. bildet (Sebi & Vernay, 2020). Das Leuchtturmprojekt „EnStadt:Pfaff“ in Kaiserslautern ist eine als „Reallabor“ ausgestaltete EEG, in welchem innovative Konzepte für die regenerative Erzeugung von Strom, E-Mobilität u.v.m. verprobt werden (Kaiserslautern, 2021). Auf dem ca. 20 Hektar großen Areal des ehemaligen Nähmaschinenherstellers Pfaff, in dem ab 2029 ca. 1.500 Menschen wohnen und ca. 2.700 Menschen arbeiten werden (Lambert, 2020), wird bei einem Anteil von 30% E-PKW in 2029 mit Bedarf an 306 konventionellen Ladesäulen sowie 22 Schnellladern bzw. bei einem Anteil von 85% EPKW mit 1.032 konventionellen und 67 Schnellladern gerechnet (Bahmer, 2020). Damit eignet sich die EEG „EnStadt:Pfaff“ ideal zur Untersuchung innovativer Mobilitäts- und E-Roaming Konzepte.

2.3 Blockchain

Der Einsatz der Blockchain-Technologie für energiewirtschaftliche Anwendungen wurde bereits in zahlreichen Pilotprojekten in den vergangenen Jahren untersucht (Andoni et al., 2019; Strüker et al.,

2019). Die zwei prominentesten Anwendungsbereiche sind hierbei der dezentralisierte Energiehandel (insb. der Peer-to-Peer (P2P) Energiehandel zwischen Haushalten und das Erbringen von Systemdienstleistungen) sowie das Labelling von Strom bzw. das Tracking von Zertifikaten (bspw. CO₂-Zertifikate) (Di Silvestre et al., 2020). Doch auch der E-Mobilitätsbereich gewinnt an Bedeutung. Einerseits da die Bedeutung des Bereichs als solches zunimmt und andererseits da die Koordination und der Informationsaustausch zwischen Akteuren (Netzbetreiber, Ladesäulenbetreiber, Fahrstromanbieter, Aggregatoren, E-PKW Besitzer) sowie das Sicherstellen einer offenen (d.h. für jeden zugänglichen) Basis als geeignet für dezentralisierte Datenstrukturen der Blockchain-Technologie erscheint (Andoni et al., 2019; Strüker et al., 2021b).

Das verteilte Speichern zusammengefasster Transaktionen (Datensätze) auf unterschiedlichen Rechnern (Nodes) innerhalb eines Netzwerks ist eines der grundlegenden Mechanismen der Blockchain-Technologie (Beck et al., 2017). Durch den Einsatz kryptografischer Verfahren und Governance Strukturen kann in Blockchain-Netzwerken sichergestellt werden, dass Transaktionen nicht nur alle Akteure sichtbar, sondern auch manipulationsresistent gespeichert werden (Rossi et al., 2019). Auf die sich hieraus ergebenden Herausforderungen bzgl. des Umgangs mit sensiblen Daten (bspw. personenbezogenen Daten) wird in Kapitel 4 eingegangen.

Im P2P Energiehandelsszenarien soll durch den Einsatz der Blockchain-Technologie ein Handel kleinteiliger Energiemengen in zeitlich hoher Auflösung sowie Transparenz zunächst ermöglicht werden. Die hierfür nötigen technologischen Voraussetzungen (Oprea & Bâra, 2021; Perrons & Cosby, 2020; Soto et al., 2020), Handelsalgorithmen (Tsao & Thanh, 2021; van Leeuwen et al., 2020; L. Wang et al., 2020) sowie Markt- und Geschäftsmodelle (Van Cutsem et al., 2020; Wolsink, 2020; Wu et al., 2021) wurden bereits in verschiedenen Granularitäten (von Simulationen bis zu echten Microgrids mit mehreren hundert Teilnehmern) untersucht. Inwiefern E-PKW, die über Haushalts-Wallboxen ge- und entladen werden können, in P2P Szenarien eine Rolle spielen, ist bisher noch wenig erforscht (Lucy et al, 2020). Um den Batteriespeicher eines E-PKW im P2P Handelskontext sinnvoll (d.h. bspw. zur Netzentlastung oder um die Energiehandelsmenge einzelner Haushalte zu erhöhen) einsetzen zu können, ist die Kommunikation zwischen Ladegeräten, Hausnetzanschluss und übergeordnetem Netz unabdingbar (Lucy et al, 2020). Inwiefern diese Kommunikation durch den Einsatz der Blockchain-Technologie innerhalb der Wohn- und Geschäftseinheiten von EnStadt:Pfaff erbracht werden kann, wird in Kapitel 4.3 analysiert.

Durch das Labelling von Strommengen soll Endkunden Auskunft über die Herkunft und Zusammensetzung des verbrauchten Strommixes gegeben werden (Mulder & Zomer, 2016). Blockchain-basiertes Labelling soll diese Auskunft transparenter, nachvollziehbarer und fälschungssicherer machen, indem der Datenaustausch zwischen EE-Anlagen (Einspeisung) und Verbrauchern (Smart Homes, Batteriespeicher von E-PKW) beschleunigt und manuelle Prozesse automatisiert werden (Diniz et al., 2021). Hierfür können sog. Blockchain „Token“ („Nativtoken“ oder „Applikationstoken“) genutzt werden (Narayan & Tidström, 2020). Auf dieser Basis könnten dann auch Emissions-Zertifikate anlagenspezifische erstellt und gehandelt werden. Bei nativen Token handelt es sich die Währungen eines BlockchainNetzwerks (bspw. Bitcoin und Ethereum) (Lo & Medda, 2020). Diese bieten den Netzwerkteilnehmern ökonomische Anreize bspw. zur Bereitstellung von Rechnungsleistungen um Transaktionen zu verifizieren und schützen das Netzwerk gleichzeitig vor Angriffen (bspw. Spam-Angriffen, da hierfür Token eingesetzt werden müssten) (Lo & Medda, 2020). Applikations-Token können das Eigentum an oder die Zugriffsrechte auf digitale und physische Güter repräsentieren. Ebenso wie Nativ- können auch Applikationstoken als Anreizmechanismen ausgestaltet sein (Lo & Medda, 2020). So kann der Verbrauch von Ökostrom zu Zeitpunkten hoher regenerativer Stromerzeugung mit Applikationstoken belohnt werden. Eine weitere Unterscheidung stellt die Fungibilität sowohl von Nativ- als auch Applikationstoken dar. Fungible Token sind solche, die beliebig

aus- und eintauschbar sind (vgl. mit Bargeld) (Dowling, 2021). Nicht-fungible Token sind an das digitale Asset, an welchem sie Eigentum oder Zugriffsrechte darstellen, gebunden (vgl. mit erzeugten Kilowattstunden aus zwei unterschiedlichen PV-Anlagen (da sich diese bspw. hinsichtlich Wirkungsgrad, Art der verbauten Panele etc. unterscheiden)) (Chohan, 2021). Die Eignung tokenbasierter Ansätze für die Ausgabe und den Handel von Emissionszertifikaten sowie E-Roamingprozesse wird in Kapitel 4.3 und Kapitel 4.4 analysiert.

3 Studiendesign

Die im Teilvorhaben erarbeitete vorliegende Studie basiert auf drei Datenquellen: (1) wissenschaftlicher Literatur, (2) Studien und (3) Experteninterviews. Zunächst wurde der aktuelle Stand der Forschung im Bereich der E-PKW Smart Grid Dienstleistungen durch eine Literaturanalyse mittels Science Direct und Google Scholar ermittelt. Anschließend wurde dieser mit branchen-spezifischen Studien von Instituten und Beratungsagenturen erweitert. Eine zusätzliche Erhöhung der Praxisrelevanz erfolgte durch Interviews von Experten, die in Blockchain-Projekte eingebunden sind/ waren.

Wissenschaftliche Literatur & Studien: Die Auswahl der wissenschaftlichen Literatur und Studien erfolgte auf Basis einer Schlüsselwortsuche. Die verwendeten Begriffe zur Suche nach geeigneten Publikationen waren: „electric vehicle grid services“, „smart grid services electric vehicle“, „ancillary grid services“, „vehicle-to-grid (ancillary services)“, „bidirectional smart charging“, „e-roaming blockchain“, „smart charging blockchain“, „bidirectional charging blockchain“, „renewable energy charging blockchain“ sowie Kombinationen aus den genannten Suchbegriffen. Das Ergebnis der Suche waren rund 3.500 Publikationen. Nach Durchsicht der Titel sowie Abstracts der Publikationen wurden 27 für diese Studie relevante wissenschaftliche Publikationen sowie 18 Studien identifiziert. Ein Überblick der Studien findet sich in Anhang 1 und Anhang 2.

Interviews. Um die für EnStadt:Pfaff benötigte Praxisrelevanz abzubilden, wurde die Analyse der wissenschaftlichen Literatur und Studien um 23 Interviews mit Blockchain- sowie Energieexperten ergänzt. Die halbstrukturierten Interviews bestanden aus den drei aufeinander aufbauenden Teilen: (1) kurze Einführung in das Thema, (2) Befragung der Experten nach ihren Rollen sowie Erfahrungen im Projekt (3) Empfehlung an Akteure (politische Einrichtungen, Unternehmen, Wettbewerber). Die Fragen wurden den Expertisen der Interviewpartner entsprechend angepasst. Ein Überblick der geführten Interviews findet sich in Anhang 3.

4 Anwendungsfälle

4.1 Bewertungskriterien und Anwendungsfälle

Für die Bewertung der Anwendungsfälle werden in Anlehnung an (Strüker et al., 2019) folgende vier Kriterien herangezogen:

Technologische Reife – beschreibt die anwendungsfallspezifische Einordnung einer Blockchain-Technologie in eine der fünf Stufen des „Technologie-Reife-Modells“ der „ACM Computing Classification Systems“ (Richter et al., 2018; H. Wang et al., 2016). Stufe 1 des Modells beschreibt theoretische Überlegungen zum Aufbau und Funktionsweise einer Technologie (Richter et al., 2018). In Stufe 2 existieren bereits erste Technologie-Prototypen, die im Rahmen von Forschungsprojekten oder

limitierten industriellen Anwendungen untersucht werden (Richter et al., 2018). Stufe 3 beschreibt eine Phase der technologischen Festigung. Hier können auch grundlegende Prozesse und Funktionalitäten des Anwendungsfalles über einen langen Zeitraum störungsfrei abgebildet werden (Richter et al., 2018). Die Erweiterung der Abbildung komplexerer Prozesse erfolgt in Stufe 4; in Stufe 5 liegt der Fokus auf der Optimierung einer ausgereiften Technologie (Richter et al., 2018). Eine Einschätzung, auf welcher technologischen Stufe sich für den Anwendungsfall geeignete Blockchain-Technologien/-Netzwerke befinden, wird seitens der Autoren getroffen. Aufgrund der schnellen technologischen Weiterentwicklung ist die Einschätzung jedoch als Anhaltspunkt zu verstehen.

Digitalisierungsmöglichkeiten – beschreibt die bereits heute oder in naher Zukunft (< 1 Jahr) verfügbaren Möglichkeiten, manuelle Prozesse und Komponenten des Anwendungsfalles zu digitalisieren. Diese können sowohl zentral (bspw. zentrale Speicherung und Auswertung von Daten) als auch dezentrale (bspw. Blockchain ergänzt um technologische Komponenten für bilateralen Datenaustausch) ausgestaltet sein. Gerade vor dem Hintergrund, dass es sich bei „EnStadt:Pfaff“ um ein öffentlich gefördertes Forschungskonsortium handelt, ist eine technologieoffene Betrachtung der Digitalisierungsmöglichkeiten geboten. Auch hängt das Bewertungskriterium der „technologischen Reife“ eng mit den Digitalisierungsmöglichkeiten zusammen. Denn für Anwendungsfälle mit hohem technologischem Reifegrad lässt sich der Einsatz eines blockchain-basierten Systems im Vergleich zu einem bestehenden digitalen System deutlich besser einordnen als für solche mit geringer technologischer Reife. Ist letzteres der Fall, so wird zunächst dargestellt, welche Verbesserungen durch dessen Digitalisierung erreicht werden kann, bevor eine Aussage zum Einsatz eines zentralen oder blockchain-basierten Systems getroffen wird.

Status der Erprobung – beschreibt aus den Anwendungsfall ähnlichen Pilotprojekten in Industrie und Wissenschaft gesammelte Erfahrungen. Der Nutzen dieser Erfahrungswerte kann je nach Implementierungsphase sehr hoch sein.

Eignung für EnStadt:Pfaff – beschreibt die Eignung der Blockchain-Technologie für den jeweiligen Anwendungsfall in EnStadt:Pfaff. Grundsätzlich ist diese für alle in diesem Kapitel beschriebenen Anwendungsfälle anwendbar. Jedoch ist bei manchen Anwendungsfällen auch der Einsatz technologischer Komponenten (wie „Verifiable Credentials“ (siehe Kapitel 4.4.2)) unabhängig von Blockchain-Netzwerken möglich und sinnvoll. Auch fließt die Eignungsbewertung der erwartbare Zeithorizont einer Realisierung ein. Anwendungsfälle mit kurzfristiger (> 1 Jahre) Realisierungsmöglichkeit sind für das bis September 2022 laufende Forschungsprojekt EnStadt:Pfaff von deutlich höherer Relevanz als mittel- (bis 3 Jahre) oder langfristig (> 5 Jahre) angelegte. Da die Finalisierung des klimaneutralen Quartiers und der Endbezug jedoch erst für 2029 angesetzt ist sind auch diese Umsetzungshorizonte zumindest grundsätzlich interessant.

4.2 EnStadt Pfaff

Auf dem 20 Hektar großen Areal des ehemaligen Nähmaschinenherstellers „Pfaff“ entsteht bis 2029 ein entsprechend dem Pariser Klimaabkommen klimaneutrales Quartier in Kaiserslautern. Das vom BMWi und BMBF mit 23 Millionen Euro geförderte

Forschungsprojekt „EnStadt:Pfaff“ ist auf einen Zeitraum von 5 Jahren (01.10.2017 bis 30.09.2022) angelegt (Kaiserslautern, 2021). In diesem sollen durch die Zusammenarbeit interdisziplinärer Forschungsteams innovative Lösungen für modernes und klimagerechtes Bauen, E-Mobilität, Energieversorgung und die Digitalisierung in Stadtquartieren entwickelt, getestet und für die

Öffentlichkeit zugänglich demonstriert werden (Kaiserslautern, 2021). Für den Forschungsbereich E-Mobilität wurden seitens zweier Konsortialpartner, der Pfaffentwicklungsgesellschaft (PEG) und des Fraunhofer Instituts für Solare Energiesystem (ISE), bereits ein Gutachten und zwei Masterarbeiten beauftragt bzw. verfasst. Ein wesentliches Ergebnis des in 2018 angefertigten Gutachtens „Verkehrsuntersuchung – Revitalisierung des Pfaff-Geländes“ des Planungsbüros „R+T Ingenieure“ im Hinblick auf die E-Mobilität ist die Quantifizierung des Verkehrsaufkommens in den vier Bereichen „Wohnnutzungen“, „Beschäftigtenverkehr“, „Kundenverkehr“ und „Wirtschaftsverkehr“ (Schleicher-Jester, 2018). Diese wurde antriebsagnostisch durchgeführt; sprich: Ziel- und Quellverkehr wurden unabhängig von der Antriebsart der PKW quantifiziert. Eine Zusammenfassung des Ziel- und Quellverkehrs für die vier Bereiche ist in Tabelle 1 dargestellt.

Bereich	Wohnnutzungen	Beschäftigtenverkehr	Kundenverkehr	Wirtschaftsverkehr
Summe Ziel- und Quellverkehr (Fahrten/ Tag)	106	2.340	18.612	1.341

Tabelle 1: Ziel- und Quellverkehr (in Fahrten/ Tag) Pfaff-Gelände (eigen Darstellung basierend auf (SchleicherJester, 2018))

Auf Basis des Verkehrsgutachtens quantifiziert die im März 2020 eingereichte Masterthesis von Tobias Bahmer den Bedarf an öffentlicher Ladeinfrastruktur für das Pfaff-Gelände (Bahmer, 2020). Betrachtet werden sowohl hybrid- als auch batterieelektrische PKW mit einer durchschnittlichen Batteriekapazität von 40 kWh. Als „Schnelllader“ werden Ladesäulen mit einer Ausgangsleistung von! bezeichnet; Ladesäulen mit geringerer Leistung sind „konventionelle Ladesäulen“ (Bahmer, 2020). Weiterhin sind in der Analyse von (Bahmer, 2020) nur Ladevorgänge die mehr als 10 Minuten dauern, inkludiert, da der administrative Aufwand (Einstecken des E-PKW, Identifikation und Start via Ladekarte und App etc.) bei Ladevorgängen, die zeitlich darunter liegen, als unverhältnismäßig hoch eingeschätzt wird. Die Anzahl der benötigten Ladesäulen bei unterschiedlichen Elektrifizierungsgraden von PKW ist in Tabelle 2 dargestellt.

Anteil elektrischer Fahrzeuge (in %)	Konventionelle Ladesäulen (in Stk.)	Schnelllader (in Stk.)
15	153	13
30	306	22
85	1.032	67

Tabelle 2: Anzahl benötigter öffentlicher Ladesäulen auf dem Pfaff-Gelände (eigene Darstellung basierend auf (Bahmer, 2020))

Auf den Ergebnissen von (Bahmer, 2020) aufbauend entwickelt (Lambert, 2020) in seiner Masterarbeit „optimierte Ladestrategien für die Expansion öffentlicher Ladeinfrastruktur in Städten“ am Beispiel von EnStadt: Pfaff. Ein für die vorliegende Studie wesentliches Resultat dieser Arbeit ist, dass durch optimierte Ladestrategien (bspw. die Verlegung von Ladevorgängen in die Nacht oder bidirektionales Laden) Lastspitzen von 2.56 MW auf 1.58 MW gesenkt reduziert werden können. Denn das Verschieben

von Lasten und Glätten von Lastspitzen ist auch für Systemdienstleistungen wie das Engpassmanagement relevant.

4.3 Smart Grid Dienstleistungen

In den folgenden drei Kapiteln werden die Anwendungsfälle „Engpassmanagement“, vom „Mieter als Prosumenten“ und „Tokenisierter Zertifikatehandel“ zunächst in ihrem aktuellen Aufbau und Ablauf dargestellt. Anschließend wird der mögliche blockchainbasierte Prozess vorgestellt und anhand der Bewertungskriterien (siehe Kapitel 4.1) analysiert.

4.3.1 Engpassmanagement

Beschreibung (aktuell): Die starke Zunahme an E-PKW bringt viele Verteilnetze zunehmend an die Grenzen ihrer Kapazität. Hohe Lastspitzen, wie auch von (Lambert, 2020) für EnStadt:Pfaff gezeigt, sind eine mögliche Folge. VNBn stehen zur Reduktion (oder Vermeidung) dieser Engpässe unterschiedliche Verfahren zur Verfügung. So kann durch das simultane Abschalten von Wallboxen und Ladesäulen über sog. „Rundsteuerempfänger“ bei sich anbahnenden Lastspitzen schnell und mit geringem administrativem Aufwand seitens der Netzbetreiber elektrische Last reduziert werden. Großer Nachteil ist jedoch, dass das Ladeverhalten der einzelnen Ladesäulen völlig unberücksichtigt bleibt. In einer rein marktlichen Vorgehensweise werden die sich anbahnenden Engpässe für die E-PKW Besitzer, die an Wallboxen oder öffentlichen Ladesäulen laden wollen, bepreist. Ein aktives Eingreifen der Netzbetreiber (bspw. via Rundsteuerempfänger o.ä.) ist nicht notwendig. Ein wesentlicher Nachteil ist die hieraus ggf. entstehende finanzielle Benachteiligung finanzschwacher E-PKW Besitzer.

Beschreibung (Blockchain-basiert): Um der Komplexität der Akteure und technischen Systeme Rechnung zu tragen, Abschaltungen von Ladesäulen zu verhindern und ein kooperatives Ladeverhalten aller E-PKW Besitzer zu ermöglichen kann der Einsatz der Blockchain-Technologie, konkret eines Token-basierten Belohnungssystems (Token siehe Kapitel 2.3) sinnvoll sein (EWE, 2021; Strüker et al., 2019). Grundlage hierfür sind Fahrpläne und Netzengpassprognosen, welche von den VNBn sog. „Software-Agenten“ zur Verfügung gestellt werden. Diese können als Teil der auf der Ladesäule installierten Betriebssoftware Ladestrategien der angeschlossenen Fahrzeuge ermitteln und optimieren (EWE, 2021). Ist ein E-PKW Besitzer bspw. bereit, seine Ladeleistung entsprechend aktualisierter Fahrpläne zur Vermeidung eines Tokens anzupassen, so wird ein Token auf die sog. „Wallet“ des E-PKW ausgezahlt. Diese Wallets sind mit traditionellen Bankkonten insofern vergleichbar, als dass Token auf ihnen ein- und ausgezahlt werden können. Weiterhin diese Wallets auch derart ausgestaltet werden, dass unterschiedliche Token die gem. eines Standards (bspw. ERC-777 für die Ethereum-Blockchain (Jacques Dafflon, Jordi Baylina, 2017)) entwickelt wurden, auf dieser gespeichert werden können. Neben dem tokenbasierten Belohnungssystem für kooperatives Ladeverhalten kann das verwendete Blockchain-Netzwerk auch zur Speicherung der geänderten Fahrplandaten zur Verhinderung eines Netzengpasses durch Lastverschiebung genutzt werden (Strüker et al., 2019).

Technologische Reife: Das tokenbasierte Belohnungssystem sowie die dezentrale Speicherung der Fahrplandaten als Transaktionen des Blockchain-Netzwerks sind auf Stufe 2 der „Technologie-Reife-

Modells“ (siehe Kapitel 4.1) einzuordnen. Es gibt hierzu bereits erste Pilotprojekte (u.a. „Grid4mobility“ ((EWE, 2021)) und zahlreiche Blockchain-Netzwerke (u. a. Ethereum, Cardano, EWF-Chain), die hinsichtlich ihrer Skalierbarkeit (=durchführ- und speicherbare Transaktionen pro Zeiteinheit) einsetzbar sind, da die Anzahl der Transaktionen als durchschnittlich bis gering eingeschätzt wird (bedingt durch die noch geringe Anzahl an Ladesäulen sowie Netzengpässen). Wichtig ist jedoch, dass der VNB als regulatorisch verantwortlicher Akteur zu jedem Zeitpunkt Zugriff auf das Blockchain-Netzwerk hat. Hierfür kann dieser entweder selbst einen sog. „Full-Node“ (einen Rechner/ Knoten innerhalb des Netzwerks der Transaktionen validieren kann) betreiben oder sich schreibende Zugriffsrechte auf ebendiese sichern.

Digitalisierungsmöglichkeiten: Die Prozesse des derzeitigen Engpassmanagements (siehe Beschreibung (aktuell)) sind wenig digitalisiert. So können zwar öffentliche Ladesäulen und Wallboxen ladespezifische Daten bereitstellen, jedoch werden diese bspw. VNBn noch nicht in hohem Maße für digitale Modelle zur Engpassbewirtschaftung genutzt. Gerade die VNB würden sich aufgrund ihrer Schnittstellenfunktion zu EVUs, Übertragungsnetzbetreibern und Ladesäulenanbietern jedoch gut als vertrauenswürdige, digitale Instanz der Datenerhebung und -verwaltung eignen. Im ersten Schritt ist deshalb der Aufbau eines zentralen digitalen Datenmanagements auf Basis der Lastgangdaten der Ladesäulen und betrieben durch den VNB sinnvoll. Die Umsetzung des oben beschriebenen blockchain-basierten Prozesses kann ein zweiter Digitalisierungsschritt sein. Dessen Mehrwert bestünde insbesondere in der effektiveren Gestaltung des Datenaustauschs zwischen verschiedenen VNBn. Bei Reisen innerhalb Deutschlands könnten unterschiedliche VNB dann Token als Anreiz zur Engpassvermeidung auf einheitliche E-PKW-Wallets ausschütten. Die resultierenden Transaktionen und Wallet Kontostände wären für alle Teilnehmer einsehbar. Doch genau dieses höhere Maß an Transparenz birgt auch zahlreiche datenschutzrechtliche Herausforderungen (u. a. Umgang mit personenbezogenen Daten auf Basis der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) (Annuß et al., 2020)).

Status der Erprobung: In Deutschland gibt es zwei derzeit zwei Projekte, „grid4mobility“ und „Equigy“, in welchen blockchain-basierte Engpassmanagement Ansätze real getestet wurden. In „Grid4mobility“, welches Teil des Forschungsprojekts „SINTEG“ ist, gab es hierbei im Jahr 2019 zwei Phasen (Simulation mit Agenten sowie Feldtest mit E-PKW und einem Smart Home mit steuerbaren Wallboxen) (EWE, 2021). Im von den Übertragungsnetzbetreibern „tennet“ und „50Hz“ im Dezember 2020 realisierten Demonstrationsprojekt liegt der Fokus einem „Engpassmanagement mit Kleinstanlagen“ (Tennet, 2020). Hierunter sind u.a. „Wärmepumpen, Batteriespeicher, Elektrofahrzeuge oder Mikro-KWK-Anlagen“ (Tennet, 2020) zu verstehen, welche über die blockchain-basierte Plattform „Equigy“ aktuelle Statusinformationen (Zustand der Be- oder Entladung, Höhe der verbleibenden energetischen Flexibilität etc.) untereinander austauschen.

Eignung/ Anwendbarkeit EnStadt:Pfaff: Der Anwendungsfall ist sehr gut für eine Digitalisierung (sowohl zentral als auch blockchain-basiert) geeignet. So ist es zunächst sinnvoll die Gebäude mit Wohn- und Gewerbeeinheiten innerhalb des Quartiers mit intelligenten Zählern (intelligentes Messsystem oder Smart Meter) kombiniert mit Software-Agenten auszustatten. Weiterhin sollen auch die in Kapitel 4.2 beschriebenen Ladesäulen mit smarter Zählerinfrastruktur ausgerüstet werden. Damit ist die datentechnische Grundlage für VNB geschaffen. Wie in „Digitalisierungsmöglichkeiten“ beschrieben, kann hierauf basierend anschließend eine übergreifende Kommunikation unterschiedlicher Akteure (VNB, ÜNB, Ladesäulenbetreiber) aufgebaut werden.

4.3.2 Mieter als Prosumenten

Der aktive Einbezug von Stromkunden in die organisatorische und technische Ausgestaltung der Energiewende ist ein wichtiger Grundsatz von Energie Communities (siehe Kapitel 2.2).

Niederschwellige Möglichkeiten, also solche, die Stromkunden mit geringem administrativen Aufwand ermöglichen, regenerative Energieerzeugungskapazitäten aufzubauen und seitens der EVU mit vertretbarem technischen, regulatorischen und organisatorischen Aufwand umsetzbar sind, basieren derzeit auf sog. „Mieterstrommodellen“.

Beschreibung (aktuell): Gemäß Eckpunktepapier des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) basieren Mieterstrommodelle auf „Strom [...] der in einem Blockheizkraftwerk oder einer Photovoltaikanlage [...] auf dem Dach erzeugt und an Letztverbraucher (insbesondere Mieter) in diesem Wohngebäude geliefert wird“ (BMWi, 2017a). Hierbei sind die gelieferten Strommengen gemäß des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes voll umlagepflichtig (BMWi, 2017b): Der zum Zeitpunkt der Erzeugung nicht verbrauchte Strom kann in vollem Umfang in das Verteilnetz eingespeist werden und die Differenzstrommengen sind seitens des Mieterstromanbieters bereitzustellen, um die Mieter zu jedem Zeitpunkt mit Strom zu versorgen. Da die Erfüllung dieser Anforderungen energiewirtschaftliches Know-How voraussetzt, wird in der Praxis oft ein EVU als „Generalunternehmer“ eingesetzt. Der Eigentümer des Mieterhauses stellt hierbei entweder nur die Dachfläche zur Installation einer PV-Anlage zur Verfügung oder nimmt die Installation selbst vor. Im ersten Fall installiert ein EVU die PV-Anlage, übernimmt deren Betrieb und bezahlt dem Eigentümer eine Pachtgebühr. Im zweiten Fall übernimmt das EVU den Anlagenbetrieb. In beiden Fällen können den Mietern seitens des EVU Stromlieferverträge angeboten werden, welche zum einen günstiger (aufgrund nicht anfallender Netzentgelte und -Steuern) und zum anderen ökologisch nachhaltiger (aufgrund der vor Ort erzeugten Strommengen) als der Strombezug aus dem Verteilnetz sind. Aufgrund der aufwändigen Messkonzepte (Netzbezug muss klar von Eigenerzeugung abgrenzbar sein) (Polarstern, 2018) und des hohen administrativen Aufwands (Erstellung der Mieterstrompreiskalkulation, Rechnungsstellung an Kunden, Wechselprozesse und Abrechnung bei Auszug von Mietern) sind Mieterstrommodelle oftmals für EVUs finanziell nicht rentabel (BMWi, 2017a). Zwar wurde u.a. aus diesem Grund im Rahmen der Novelle des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes 2021 der „unmittelbare räumliche Zusammenhang“ zwischen Erzeugung und Verbrauch von einem Mietergebäude (§ 21 Abs. 3 S. 1 Nr. 1 i.d.F. 2017) auf ein Quartier (§ 21 Abs. 3 S. 1 Nr. 1 i.d.F. 2021) erweitert, jedoch sind Mieter nach wie vor nur indirekt in der vor Ort Erzeugung eingebunden. Eine echte Möglichkeit zur direkten Beteiligung an PV Aufdachanlagen (bspw. durch Kauf von Anteilen an diesen) und damit eine Befähigung zu Prosumern fehlt weiterhin.

Beschreibung (Blockchain-basiert): Die Kombination eines Softwareagenten- und eines Blockchain-Tokensystems könnte Mieter zu echten Quartiers-EnergieProsumenten befähigen. Grundlage hierfür sind Smart Meter, welche den Verbrauch der Wohneinheiten und deren Wallboxen sowie die Erzeugung der PV-Aufdachanlage in 15-Minuten-Intervallen messen. Diese Messwerte werden anschließend von Software-Agenten der Smart Meter in einen Smart Contract übertragen. In diesem wird im ersten Schritt der Stromeigenverbrauch (Verhältnis zwischen PV-Stromerzeugung und Verbrauch) des jeweiligen Mieterhaushalts berechnet. Jedem Haushalt steht ein prozentualer Anteil der erzeugten Strommenge zu, welche sich an der Größe der Verbraucher bemisst. Verbraucht ein Haushalt zu einem Zeitpunkt weniger Strom, als ihm gemäß der Eigenverbrauchsquote zusteht, so geht die Differenz der Mehrerzeugung aus PV-Anlage zunächst an das EVU und wird von diesem anschließend auf die verbleibenden Haushalte verteilt (bilanziell, nicht physikalisch). Dieser Prozess wiederholt sich, bis die bilanziell verbleibende Strommenge aus der PV-Anlage vollständig auf die Haushalte aufgeteilt ist. In einem weiteren Smart Contract werden die errechneten Eigenverbrauchswerte anschließend in Form von Token vom EVU an die Haushalte bzw. deren Blockchain-Wallets ausgeschüttet. Die Wertigkeit des eigenerzeugten Stroms und des Netzbezugs ist hierbei unterschiedlich. Wird seitens des EVU ein Verhältnis von 1:10 gewählt, so wird pro verbrauchter kWh eigenerzeugten Stroms bzw. pro 10 kWh aus dem Netz bezogenen Stroms ein Token ausgeschüttet. Die ausgeschütteten Token können anschließend in einem als Smart Contract ausgestalteten „Marktplatz“ gegen Anteile an der PV Aufdachanlage in einem vom EVU zu definierenden Verhältnis (bspw. 100 Token für 0.1 kW installierte

Leistung) eingelöst werden. Da die Mieterhaushalte für den Bezug des aus ihren eigenen Anlagenanteilen erzeugten Stroms anschließend Oct/kWh bezahlen, werden zwei Anreize zugleich geschaffen. Erstens wird eine Erhöhung der Eigenverbrauchsquote angereizt, da umso mehr Token ausgeschüttet werden, je höher diese ist. Zweitens kann eine höhere Tokenanzahl für den Kauf von mehr Anlagenanteilen genutzt und damit schlussendlich die Stromrechnung reduziert werden. E-PKW sind in diesem Zusammenhang aufgrund ihrer im Vergleich zu Haushaltsgeräten hohen elektrischen Kapazität doppelt vorteilhaft. Durch eine Verschiebung der Ladevorgänge in Zeitfenster hoher Eigenerzeugung der PV-Anlage wird die Eigenverbrauchsquote erhöht, was zu einer Reduktion der Stromkosten für den E-PKW-Besitzer und Mieter führt. Gleichzeitig kann durch den geschaffenen Anreiz bzw. das angepasste Ladeverhalten das Verteilnetz ggf. entlastet werden, was eine Brücke dieses Anwendungsfalles mit dem des Engpassmanagements schafft.

Technologische Reife: Der Anwendungsfall ist technologisch auf Stufe 2 des „Technologie-Reife-Modells“ einzuordnen. Analog zum Engpassmanagement kommen für das Design der Smart Contracts sowie Blockchain-Wallets der Prosumenten auch zahlreiche Blockchain-Netzwerke hinsichtlich ihrer Skalierbarkeit in Frage. Jedoch ist aufgrund der drei unterschiedlichen Smart Contracts bzw. deren „Ineinandergreifen“ sowie der zeitlich hochaufgelösten Übermittlung der Messwerte das Transaktionsvolumen als mittel bis hoch einzuordnen. Vor diesem Hintergrund und aufgrund der Anforderung, dass das EVU als Emittent der Token zu jedem Zeitpunkt schreibenden Zugriff auf die Transaktionen haben muss, empfiehlt sich ein privates oder konsortiales Blockchain-Netzwerk.

Digitalisierungsmöglichkeiten: Die derzeitige Umsetzung des Anwendungsfalles (siehe Beschreibung (aktuell)) bietet ein hohes Maß an Digitalisierungsmöglichkeiten. So können Mieter sowohl über ein Blockchain-basiertes (siehe Beschreibung (Blockchain-basiert)) als auch zentrales System zu Prosumern befähigt werden. Im ersten Fall ist die Basis der Berechnung des Anspruchs der Mieter an PV Anlagenanteilen ein Smart Meter bzw. dessen erfasste Energieflüsse, welche anschließend tokenisiert werden. Diese Logik kann auch ohne Einsatz der Blockchain-Technologie realisiert werden, indem anstelle der beschriebenen Smart Contracts ein zentrales Berechnungssystem der EVUs genutzt und anschließend Bonuspunkte anstelle von Token an die Mieter ausgeschüttet werden. Ein solches System ist unter der Voraussetzung eines vertrauenswürdigen Verhältnisses zwischen Mietern und EVU wohl einfacher umzusetzen als eine Blockchain-basierte Lösung. Weiterhin sind auch datenschutzrechtliche Herausforderungen eines zentralen Systems deutlich leichter adressierbar. Einen deutlichen Mehrwert des Blockchain-basierten Systems kann die Schaffung eines „B2B Vertrauenssystems“ zwischen den EVUs unterschiedlicher Mieterstromgebäude sein. So könnten bspw. die in einem Gebäude von den Mietern erworbenen Token auch nach dem Umzug in ein anderes Mieterstromobjekt mitgenommen und dort weiterverwendet werden.

Status der Erprobung: Anhand von Simulationsdaten (Lastprofile eines Gebäudes sowie eines E-PKW) wurde die technische Machbarkeit und monetäre Sinnhaftigkeit bereits innerhalb des Pfaff-Quartiers analysiert (siehe hierzu Kapitel „Eignung/ Anwendbarkeit EnStadt:Pfaff“ unten). Weiterhin hat das österreichische Start-Up „Riddle&Code“ zusammen mit Wien Energie GmbH im Mai 2021 das Pilotprojekt „MyPower – the blockchain-powered energy tokenization platform“ (Riddle&Code, 2021) gestartet, welches mit dem beschriebenen Anwendungsfall entspricht. Weitere Pilotvorhaben liegen den Autoren nicht vor. Der Status der Erprobung wird als „mittel“ bewertet.

Eignung/ Anwendbarkeit EnStadt:Pfaff: Der Anwendungsfall ist sehr gut für eine Umsetzung im Pfaff-Quartier geeignet. So wurde bereits seitens der Autoren ein App Prototyp „Pfaff Energy Community“ erstellt, in welcher die Ausschüttung von „GrünstromToken“ sowie der Erwerb von PV-Anlagenanteilen abgebildet wurde (siehe Abbildung 1).

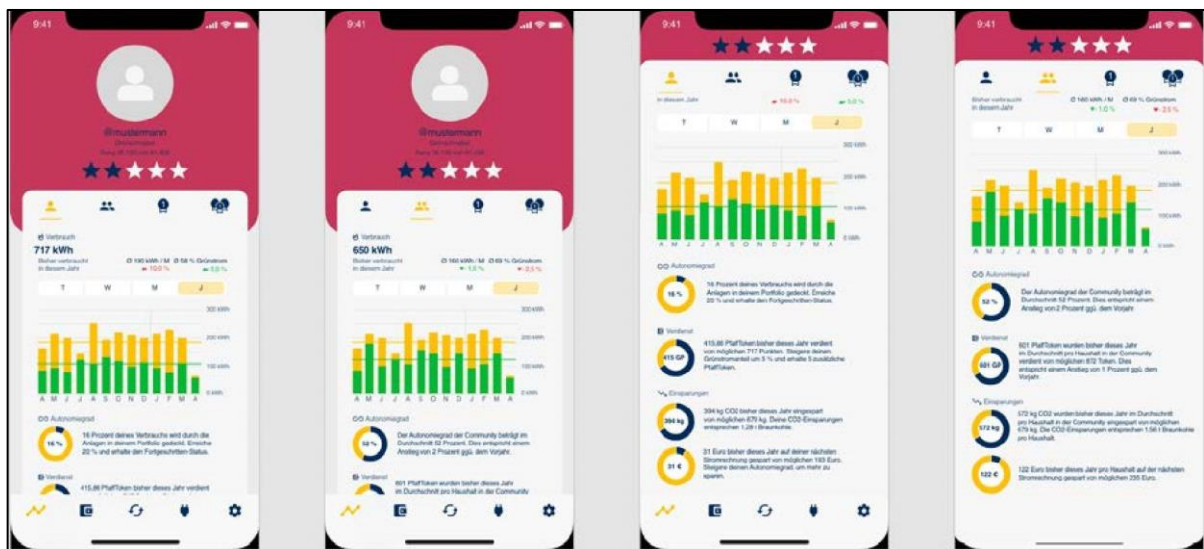


Abbildung 1: Pfaff Prosumer App

Auf Basis simulierter Lastprofile (Erzeugungs- und Verbrauchslastgänge) eines Gebäudes mit 27 Mieterstrom-Einheiten des Pfaff Quartiers sowie eines E-PKW, dessen Wallbox einem der Einheiten zugerechnet wird, wurde seitens der Autoren zusammen mit dem Fraunhofer ISE der Anwendungsfall simuliert. Die Ergebnisse zeigen unter anderem, dass die jährlichen Stromkosten der Mieter durch das digitalisierte agentenbasierte und tokenisierte System um 25% im Vergleich zum reinen Netzbezug reduziert werden können (Surmann, 2021). Die Verschiebung der Ladevorgänge des E-PKW in Zeiträume der PV-Erzeugung führt zu einer 50%-igen Reduktion der Ladekosten (Surmann, 2021). Nach rund 4 Jahren sind 50% und nach rund 13 Jahren 100% der PV-Anlagenanteile in den Besitz der Mieter übergegangen (Surmann, 2021).

4.3.3 Tokenisierter Zertifikatehandel

Der Emissions-Zertifikatehandel ist ein wirtschaftliches Anreizsystem, welches Staaten zur Verfügung steht, um ihre Treibhausgasemissionen zu reduzieren (siehe Kapitel 0). Hierbei stellt bspw. ein CO₂-Emissionszertifikat für dessen Inhaber das Recht dar, eine Tonne CO₂ oder dessen treibhauswirksames Äquivalent zu emittieren.

Beschreibung (aktuell): Derzeit gibt es zwei Arten von CO₂-Emissionszertifikaten: Solche, die als freiwillige „Carbon Offsets“ von Nicht-Regierungsorganisationen für Unternehmen bspw. in Form des Pflanzens neuer Bäume ausgegeben werden, und den regulierten CO₂-Emissionszertifikate-Handel. In Europa sind die Prozesse des regulierten Handels im „EU Emissions Trading System (EU ETS)“ definiert. So werden die CO₂-Zertifikate zu definierten Zeitpunkten von nationalen Ausgabestellen (in Deutschland die „Deutsche Emissionshandelsstelle“ ausgegeben oder im Rahmen von Auktionen

versteigert (Umweltbundesamt, 2019). Da die Menge der im Umlauf befindlichen Zertifikate stetig abnimmt (da die Ausgabestellen diese nach und nach aus dem Markt ziehen), steigt potenziell deren Preis, was wiederum einen unternehmensseitigen Anreiz für emissionsmindernde Investitionen in Anlagen etc. schaffen soll. Unternehmen, die im Lauf der Zeit ihren CO₂-Ausstoß durch derartige Investitionen senken, können die freigewordenen, d.h., nicht mehr benötigten CO₂Zertifikate an Unternehmen verkaufen. Eine wesentliche Herausforderung des CO₂Zertifikatehandels ist dessen Fragmentierung und die daraus resultierende Intransparenz ausgegebener, verkaufter und zugewiesener Zertifikate. Dies kann im schlimmsten Fall zum sog. „Double-Spending“ führen, d.h., dass bspw. ein Unternehmen seine überschüssigen Zertifikate in unterschiedlichen Märkten doppelt verkauft.

Beschreibung (blockchain-basiert): Die Lösung des „Double-Spending“ Problems beim Fehlen eines vertrauenswürdigen Intermediärs ist eines der Kernversprechen der Blockchain-Technologie (Nakamoto, 2008) und kann im Emissions-Zertifikatehandel durch das Ineinandergreifen drei verschiedener Smart Contracts potenziell realisiert werden. Der erste Smart Contract dient als Stammdatenregister, in welchem Ausgabestellen, Eigentümer von Zertifikaten und Unternehmen, die für den Zertifikatehandel zugelassen sind, hinterlegt werden. Im zweiten Smart Contract werden die auszugebenden Zertifikate in Form von Token „geminted“. Basis des „Mintings“ (Erstellungsprozess von Token mit vorgegebenen Eigenschaften) sind Schnittstellen zwischen physischer (in welcher die Emissionen entstehen) und digitaler Welt (sog. „Oracle“). Diese ermöglichen es, dass Token die tatsächlichen Gegebenheiten und damit beispielsweise auch Maschinenidentitäten digital abzubilden. Da die erstellten Token frei handelbar sein sollen, handelt es sich um sog. fungible Token. Fungibel bedeutet hier, dass ein Token beliebig gegen einen anderen eintauschbar ist, aber dennoch nicht kopiert (und damit doppelt ausgegeben) werden kann. Ebenso wie das „Minting“ wird in diesem Smart Contract auch eine „Burn“-Funktion, deren Ausführung auf, die im ersten Smart Contract definierte, Ausgabestelle beschränkt ist. Der dritte Smart Contract ist als Marktplatz ausgestaltet, auf welchem die tokenisierten Zertifikate seitens der Akteure automatisch gehandelt werden können.

Technologische Reife: Die im Anwendungsfall beschriebenen Komponenten (insb. Smart Contracts) sind auf Stufe 2 bis 3 des Technologie-Reifegrad-Modells einzuordnen. Die zugrundeliegenden Funktionalitäten sind im großen Umfang erprobt und werden ständig durch eine große Community weiterentwickelt. Die technische Abbildung der Energieerzeugungsanlagen, welche den Richtlinien des EU ETS unterliegen als Bestandteil eines Blockchain-Netzwerks ist in einer deutlich früheren Entwicklungsphase (Stufe 1 bis 2) zu verorten. Insgesamt wird die technologische Reife des Anwendungsfalles auf 2 eingestuft.

Digitalisierungsmöglichkeiten: Der derzeitige CO₂-Emissionszertifikatehandel ist bereits teilweise digitalisiert. Die Tokenisierung von Emissions-Zertifikaten kann potenziell technologische Eintrittshürden weiter senken und die Umschlaggeschwindigkeit (An- und Verkäufe pro Zeiteinheit) dieser erhöhen, wenn bestehende technologische Probleme der Skalierbarkeit der Blockchain-Lösung adressiert werden. Weiterhin kann durch die Nutzung der beschriebenen Smart Contracts nicht nur eine deutliche erhöhte Transparenz der im Umlauf befindlichen Zertifikate erreicht, sondern auch die Einhaltung des Ausgabeprozesses („Minting“) für alle Akteure einseh- und nachvollziehbar abgebildet werden. Hierdurch entstehen jedoch neue regulatorische Hürden (u. a. die Einhaltung personenbezogener Schutzrechte gem. DSGVO). Die Einhaltung regulatorischer Vorgaben kann jedoch potenziell technologisch in ebendiese Token „eingebaut“ werden. Diese inhärente Governance kann bei der Verwendung alternativer technologischer Lösungen nur mit hohem Aufwand realisiert werden, deshalb die Alleinstellung des Einsatzes der Blockchain-Technologie im Anwendungsfall als hoch eingestuft wird.

Status der Erprobung: In der wissenschaftlichen Literatur wird der Anwendungsfall als potenziell gut geeignet für den Einsatz der Blockchain-Technologie sowie Mehrwertstiftend für die involvierten Akteure diskutiert (Bao et al., 2020). Hierbei liegt der Fokus auf dem konzeptionellen Aufbau von Software-Architekturen (Lu et al., 2020) sowie der Ausgestaltung einzelner Komponenten (bspw. der Smart Contracts) im Sinne der angesprochenen hohen Transparenz bei gleichzeitig gewährleistetem Datenschutz (Dorri et al., 2019). Erste praktische Implementierungen befinden sich weltweit gerade im Pilotstadium. So ermöglicht ein Blockchain-basiertes Emissionshandelssystem des japanischen Start-Ups „XELS“ seit April 2021 ausgewählten Testkunden den Handel mit Emissions-Zertifikaten an der Börse „Bittrix Global“ (XELS, 2021). Der Status der Erprobung wird als „gering“ bewertet, da praktische Erfahrungen aus derartigen Pilotprojekten noch nicht vorliegen und der Schwerpunkt auf der akademischen Diskussion/ Forschung liegt.

Eignung/ Anwendbarkeit EnStadt:Pfaff: Der Anwendungsfall ist mittel bis gut für eine Umsetzung im Pfaff Quartier geeignet. Obwohl im Pfaff-Quartier keine dem EU ETS unterliegenden Energieerzeugungsanlagen installiert sind, könnten tokenisierte Zertifikate als Herkunftsnachweis des in E-PKW eingespeisten Stroms verwendet werden. Kombiniert mit Anwendungsfall 4.3.1 (Engpassmanagement) könnten EPKW-Besitzer zunächst innerhalb des Pfaff-Quartiers ihren E-PKW mit regenerativ erzeugtem Strom betanken und diesen anschließend außerhalb des Quartiers an bidirektionalen Ladesäulen inkl. des zugehörigen Token-Zertifikats über 0g/kWh ins Netz rückspeisen.

4.4 E-Roaming Dienstleistungen

Unter „E-Roaming“ kann der Austausch von finanziellen und nicht-finanziellen Daten zwischen verschiedenen Ladeinfrastrukturbetreibern und Mobilitätsanbietern verstanden werden, welcher Besitzern und Nutzern von E-PKW einen Zugang zu Ladestationen verschiedener Anbieter ermöglicht (Buamod et al., 2015). In den folgenden zwei Kapiteln werden die Anwendungsfälle „Bezahlprozesse von Ladevorgängen“ und „Standards & Identitätsmanagement“ zunächst in ihrem aktuellen Aufbau und Ablauf dargestellt. Anschließend wird der mögliche blockchainbasierte Prozess vorgestellt und anhand der Bewertungskriterien analysiert.

4.4.1 Bezahlprozesse von Ladevorgängen

Beschreibung (aktuell): Die bei E-Roaming Ladevorgängen involvierten Akteure sind: (a) der Fahrstromanbieter, (b) der Kunde des Fahrstromanbieters, (c) der Ladesäulenbetreiber und der (d) E-Roaming Anbieter (siehe Abbildung 2).

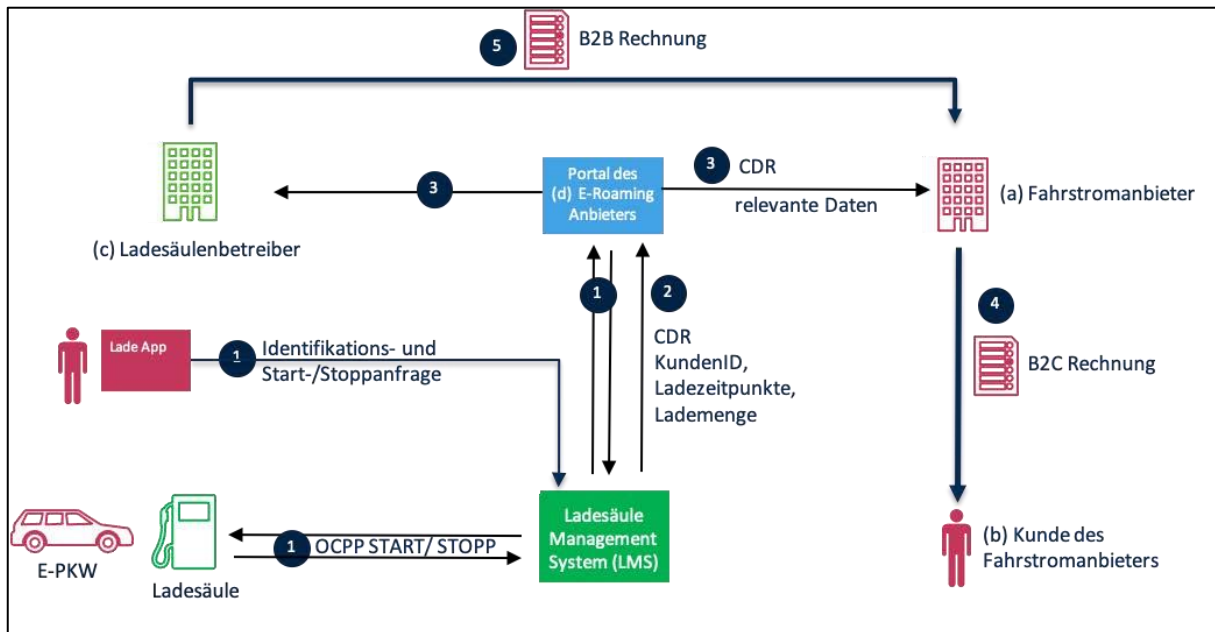


Abbildung 2: E-Roaming Prozess (aktuell) (eigene Darstellung)

Die Prozessschritte von E-Roaming Ladevorgängen sind:

- (1) Der Kunde des Fahrstromanbieters identifiziert sich via LadeApp zumeist über das Scannen eines QR-Codes an einer E-Roaming Ladesäule. Grundsätzlich kann jede öffentliche und halb-öffentliche Ladesäule (siehe Kapitel 2.1) zum ERoaming verwendet werden. Hierzu ist ein Roaming-Vertrag zwischen Fahrstrom- und E-Roaming-Anbieter sowie die anschließende Anbindung des Ladesäulen-Management-Systems (LMS) an die Plattform des E-RoamingAnbieters notwendig. Nach dem Scannen des QR-Codes wird die Identifikations- und Startanfrage an das LMS gesendet. Das LMS nimmt diese Anfragen entgegen und führt durch die Kommunikation mit der E-Roaming Plattform zunächst einen Identitätscheck der KundenID durch. Hierzu wird diese übermittelt und entweder mit den auf der E-Roaming Plattform hinterlegten Kundendaten der Fahrstromanbieter oder über eine Schnittstelle direkt mit letzterem abgeglichen. Ist der Kunde bekannt, so wird seitens des LMS der Befehl zum Start des Ladevorgangs gesendet. Diese Kommunikation zwischen LMS und Ladesäule erfolgt in den meisten Fällen über das Open Charge Point Protocol (OCPP) (Open Charge Alliance, 2020).
- (2) Nach Beendigung des Ladevorgangs wird seitens der LMS automatisch ein sog. „Charge Detail Record“ (CDR) an die Plattform des E-Roaming Anbieters gesendet. In dieser maschinenlesbaren Nachricht sind alle für den Ladevorgang notwendigen Daten wie KundenID, Zeitstempel des Starts und Endes der Ladung, Zählerstände und/ oder Strommengen, der

Standort sowie die ID der Ladesäule, die ID des Ladesäulenbetreibers u.v.m. enthalten (Hsubject GmbH, 2021).

- (3) Der CDR wird anschließend sowohl an den Fahrstromanbieter als auch den Ladesäulenbetreiber übermittelt. Die E-Roaming Plattform dient also als vertrauenswürdiger Datenpool, auf welchen beide Akteure Zugriff haben.
- (4) Nach Erhalt des CDRs erstellt der Fahrstromanbieter eine Rechnung an seinen E-PKW Kunden (B2C Rechnung). Der Zeitraum der Rechnungslegung und des -erhalts sind im Fahrstromliefervertrag definiert und liegt zumeist zwischen einer und vier Wochen.
- (5) Im letzten Schritt wird eine Geschäftskundenrechnung seitens des Ladesäulenbetreibers an den Fahrstromanbieter gestellt. Die Intervalle deren Erstellung sind im Vertrag des E-Roaming Anbieters definiert.

Bei den aktuellen Lade- und Abrechnungsprozessen des E-Roamings handelt es sich um ein „Post-Payment“-System (Garcia, 2018). Die Transaktionen der beteiligten Akteure werden hierbei sowohl im LMS als auch der E-Roaming Plattform gespeichert. Die Bezahlprozesse finden mit großem zeitlichem Verzug statt und sind aufgrund der Verarbeitung der CDRs in den internen Rechnungserstellungssystemen sowohl des Fahrstromanbieters als auch des Ladesäulenbetreibers fehleranfällig.

Beschreibung (Blockchain-basiert): Zur Vereinfachung der Bezahlprozesse, d.h. zur Verringerung der Verzögerung zwischen Ladung und Rechnungserhalt und Reduktion potenzieller Fehleranfälligkeit, kann die Blockchain-Technologie wie in Abbildung 3 dargestellt eingesetzt werden.

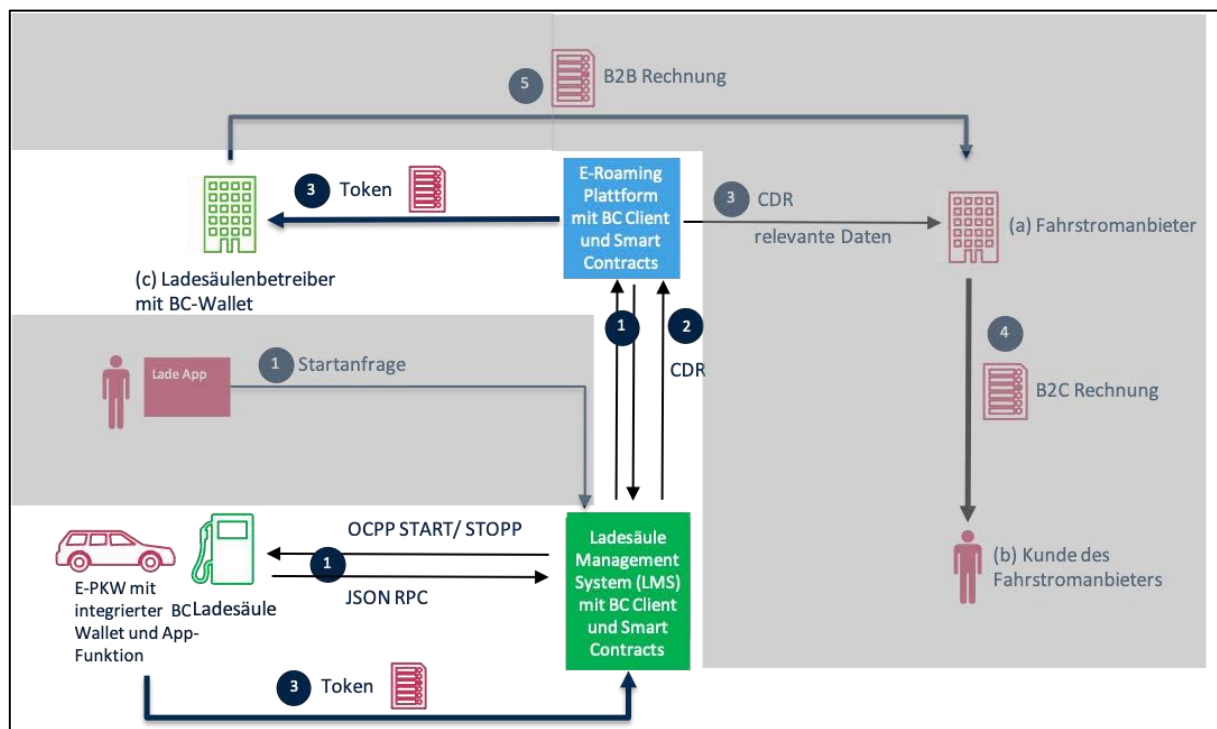


Abbildung 3: E-Roaming Prozess (zukünftig möglich) (eigene Darstellung in Anlehnung an (Garcia, 2018))

Konkret werden hierbei Blockchain-Clients und Wallets sowie Smart Contracts als Komponenten eines Blockchain-Netzwerks wie folgt eingesetzt:

- (1) Der Startvorgang erfolgt nicht über die Lade App des Kunden, sondern direkt aus dem E-PKW heraus. Hierzu übermittelt die „Wallet“ des E-PKW den gewünschten Start des Ladevorgangs, alle relevanten Kundeninformationen (u.a. KundenID), Informationen des E-PKW (bspw. aktueller Ladestand und maximale Ladeleistung) sowie den aktuellen Token-Kontostand an das LMS. Hierfür kann u.a. ein Remote Procedure Protocol (RPC) im JSON Format verwendet werden, da dieses einerseits ein de facto Standard für die Kommunikation zwischen internetfähigen Geräten ist und sich andererseits gut für die Übermittlung von Blockchain Token eignet, da deren Programmiersprache bspw. in der Ethereum Blockchain an JavaScript angelehnt ist. Die Überprüfung der Ladeberechtigung erfolgt analog zum aktuellen Prozess über die Abfrage der E-Roaming-Plattform seitens des LMS. Ist die Abfrage erfolgreich und ist das Token-Konto des E-PKW insoweit gedeckt, als dass es für den geplanten Ladevorgang ausreicht, wird der Ladevorgang wie bisher via OCPP seitens des LMS gestartet.
- (2) Nach Beendigung des Ladevorgangs wird der CDR ebenfalls, wie im aktuellen Prozess an die E-Roaming Plattform übermittelt.
- (3) Direkt danach wird die Übertragung der für den Ladevorgang berechneten Token der E-PKW-Wallet vom Blockchain-Client des LMS via Smart Contract getriggert. Anschließend erfolgt die Übergabe der Token an den Blockchain Client der E-Roaming Plattform. Der Smart Contract der

E-Roaming-Plattform übermittelt diese anschließend an die Blockchain-Wallet des Ladesäulenbetreibers.

Das zukünftig mögliche Szenario ist ein „Pre-Payment“ System. Bereits vor dem Start des Tankvorgangs wird der Ladezustand und des Token-Kontostand des E-PKW bzw. dessen Wallet abgefragt. Ist der Ladevorgang abgeschlossen, erfolgt die Bezahlung via Token seitens des E-PKW und die Weitergabe der Zahlung an den Ladesäulenbetreiber automatisiert via Smart Contracts. Die Tanktransaktion ist damit unmittelbar nach Abschluss des Tankvorgangs für den Kunden sichtbar.

Technologische Reife: Die Automatisierungsaufwand zur Umsetzung des beschriebenen Pre-Payment-Szenarios auf Basis des Zusammenspiels zwischen EVWallets, Smart Contracts sowie eines Blockchain-Clients für den Ladesäulenbetreiber wird als hoch bewertet. Die drei Komponenten, E-PKW-Wallet, Smart Contract und Core Client sind technologisch unterschiedlich ausgereift. E-PKW Wallets weisen mit Stufe 1 des Technologie-Reifegrad-Modells nach Ansicht der Autoren den geringsten technologischen Reifegrad auf. Zwar werden Sie derzeit in Pilotprojekten von Autoherstellern und Start-Ups (bspw. Projekt „carwallet“ von „Daimler Mobility“ sowie „Riddle&Code“ (Riddle&Code, 2020)) getestet, jedoch stehen Entscheidungen hinsichtlich einer einheitlichen Systemarchitektur noch aus. Smart Contracts und Blockchain-Core-Clients (siehe Kapitel 2.3) hingegen sind technologisch auf Stufe 3 zu verorten. Durch zahlreiche Projekte in den vergangenen Jahren sowie eine sehr große Entwickler-Community sind initiale technologische Herausforderungen bereits adressiert und sowohl Smart Contracts als auch Blockchain-Clients befinden sich in einer Phase der technologischen Reifung. Insgesamt wird die technologische Reife des Anwendungsfalles in Stufe 2-3 des Reifegrad-Modells eingeordnet.

Digitalisierungsmöglichkeiten: Der Aufbau eines E-Roaming Pre-Payment Systems ist auch ohne Nutzung der Blockchain-Technologie möglich. So ist es bereits heute für E-PKW-Besitzer möglich, ohne bestehendes Vertragsverhältnis mit einem Fahrstromanbieter an Ladesäulen „ad-hoc“ zu tanken. Jedoch bringt diese Art des Ladens folgende Nachteile mit sich: (1) aktuell sind nur wenige Ladesäulen in Deutschland „ad-hoc“ ladebefähigt, da Fahrstromanbieter die Ladevorgänge ihrer Kunden priorisieren, (2) das „ad-hoc“ Laden ist in der Regel deutlich teurer als das Laden im Rahmen eines Fahrstromvertrags und (3) der administrative Aufwand sowohl auf Seiten des Kunden (fixer Betrag der verwendeten Kreditkarte wird unabhängig von tatsächlicher Lademenge geblockt) als auch des Fahrstromanbieters (hoher Implementierungsaufwand der Rechnungsstellung und Beitragsblockung über Kreditkartenanbieter). Das beschriebene Blockchain-basierte Pre-Payment-System kann nicht nur den beschriebenen Aufwand reduzieren, sondern bietet für alle beteiligten Akteure auch ein deutlich höheres Maß an Transparenz. Die Alleinstellung wird als mittel eingeschätzt.

Status der Erprobung: Neben dem bereits beschriebenen Projekt „carwallet“ hat das Start-Up „Riddle&Code“ in Zusammenarbeit mit der deutschen Telekom und Daimler Mobility Services im September 2019 auch eine Sharing- und Bezahlösung für EScooter umgesetzt (Riddle&Code, 2020). Auch das Start-Up „Share&Charge“ erprobt den Einsatz einer „carwallet“ für E-Roaming Ladeprozesse in Kooperation mit der Innogy SE und der „Maker Foundation“. Der verwendete Token zur Zahlung ist hier der „DAI Token“ der „Maker Foundation“. Zahlreiche weitere Projekte innerhalb der EU lassen auf einen hohen Erprobungsstatus schließen.

Eignung/ Anwendbarkeit EnStadt:Pfaff: Der Anwendungsfall ist insbesondere in Kombination mit „Mieter als Prosumenten“ (Anwendungsfall 4.3.2) sehr gut für die Umsetzung im Pfaff-Quartier geeignet. So könnte der Funktionsumfang des AppPrototyps „Pfaff Energy Community“ in einer E-PKW

wallet abgebildet werden und das dazugehörige Token-Konto als mit den „GrünstromToken“ kompatibel aufgesetzt werden. Damit könnte der Anreiz zur Ladung des E-PKW in Zeiten hoher PV-AufdachErzeugung noch einmal erhöht werden, da die „GrünstromToken“ dann nicht nur zum Kauf von PV-Anlagenanteilen genutzt werden können, sondern auch für deutschlandweite Ladevorgänge an öffentlichen Ladesäulen. Auch Fahrstromanbieter profitieren durch den im Vergleich zum „ad-hoc“ Laden reduzierten administrativen Aufwand.

4.4.2 Standards & Identitätsmanagement

Beschreibung (aktuell): Das Schaffen und Nutzen von Standards sowie das vertrauenswürdige und sichere Identitätsmanagement sind für den Erfolg von ERoaming Modellen wichtige Voraussetzungen (Dunphy & Petitcolas, 2018).

Eine Standardisierung der drei derzeit im E-Roaming eingesetzten Protokollkategorien, (1) Back-End-, (2) Front-End- und Roaming-Protokolle ist bisher nicht seitens offizieller Normungsstellen erfolgt (Ferreira et al., 2021). Stattdessen werden von Marktakteuren de-facto-Standards genutzt (Rodriguez, 2020). Für (1) sind dies das Open Charge Point Protocol (OCPP) und das IEC 63110. Letzteres befindet sich aktuell noch in der Entwicklung und wird im Vergleich zu OCPP derzeit nur in Pilotprojekten innerhalb der EU eingesetzt (Kam & Bekkers, 2020). Für (2) ist es das IEC 15118 Kommunikationsprotokoll, welche sich jedoch ebenfalls noch in Entwicklung befindet. Bei (3) werden das Open Inter-Charge Protocol (OICP) von Hsubject (Hsubject GmbH, 2021) sowie das Open Clearing House Protocol (OCHP) (smartlab Innovationsgesellschaft mbH, 2021) von e-clearing.net eingesetzt.

Das Identitätsmanagement aktueller E-Roaming Prozesse ist in den Plattformen der E-Roaming Anbieter zentralisiert (Ferreira et al., 2021). Neben einer starken Abhängigkeit der Fahrstromanbieter zu einer geringen Anzahl von E-Roaming Anbietern birgt diese Zentralisierung Risiken hinsichtlich potenziellen Daten- und Identitätsdiebstahls (Ferreira et al., 2021). Die Identität der Kunden „bezieht sich [...] bei dem heutigen digitale, Account-basierten Identitätsmanagement nur auf den spezifischen Kontext der konkreten Anwendung“ (Strüker et al., 2021a).

Beschreibung (Blockchain-basiert): Ausgangspunkt eines zukünftig möglichen digitalen Identitätsmanagements für E-Roaming Prozesse ist analog zum bisherigen Prozess zunächst die initiale Überprüfung der E-Roaming Tankberechtigung. Bisher musste sich hierfür der E-PKW Besitzer beim E-Roaming Anbieter registrieren, der wiederum beim Ladesäulenbetreiber abfragt, ob die Ladeberechtigung für die angefragte Säule vorliegt. Die hierfür notwendigen und in Kapitel 4.4.1 beschriebenen Prozesse sind nicht nur komplex, sondern verringern auch das Maß an Interoperabilität technischer Systeme. Eine naheliegende Lösung ist die Schaffung direkter Schnittstellen zwischen E-Roaming Anbietern und Ladesäulenbetreibern zur Abfrage kundenrelevanter Daten. Jedoch ist hier neben wettbewerblichen Argumenten (u.a. Einsicht in den bestehenden Kundenstamm) auch eine potenzielle Verletzung der Vertraulichkeit der angefragten personenbezogenen Daten möglich. Denn bei solchen Abfragen werden in der Regel systemseitig mehr Informationen (u.a. Vertragsdauer, Wohnsitz etc) über den Kunden angegeben als notwendig (Ladeberechtigung liegt vor/ nicht vor). Eine Lösung ist der Einsatz sog. Self Sovereign Identity's (SSIs), da diese die „individuelle Kontrolle, Sicherheit und volle Portabilität digitaler Identitäten über verschiedene Dienste hinweg“ (Strüker et al., 2021a) ermöglichen. Hierfür werden sog. „Verifiable Credentials“ (VCs) als wichtige Bestandteile von SSIs eingesetzt. Diese nach dem sog. „W3C“-Standard aufgebauten „Identitätsattribute“, welche von Dritten

attestierbar sind, können mit „digitalen Plastikkärtchen“ verglichen werden (Strüker et al., 2021a). Um diese VCs sinnvoll in SSIs im Rahmen von E-Roaming

Anwendungsfällen nutzen zu können bedarf es dreier Akteure: (a) einer Ausgabestelle (Fahrstromanbieter), (b) einen Besitzer (E-PKW Wallet) und (c) eine Prüfstelle (Ladesäulenbetreiber) (Hoess et al., 2021). Die Schritte eines möglichen VC und Blockchain-basierten E-Roaming Prozesses sind wie folgt (in Anlehnung an (Hoess et al., 2021):

- (1) Den ersten Schritt stellt die Installation der Lade App seitens des Kunden dar.
- (2) Im zweiten Schritt wird seitens (a) ein VC an die E-PKW Wallet des ausgestellt und damit digital „bezeugt“, dass zwischen (a) und (c) ein Vertragsverhältnis (Fahrstromvertrag) besteht.
- (3) Um im Falle der Beendigung einer Vertragsbeziehung zwischen (a) und (c) den ausgestellten VC zu widerrufen befindet sich im Blockchain-Netzwerk, welches alle Akteure (a-c) einsehen können, ein „Widerrufs-Register“. In diesem wird die VC dann als ungültig deklariert. Weiterhin dient das Blockchain-Netzwerk auch als „Single-Source of Truth“ in welcher u.a. Informationen über die Ausgabestelle hinterlegt sind.
- (4) Führt nun ein E-PKW Besitzer an eine Ladestation und scannt den dort angebrachten QR Code wird über das LMS des Ladesäulenbetreibers eine Validierungsanforderung des von (a) ausgestellten VCs der E-PKW Wallet gesendet.

Technologische Reife: Der aus dem Zusammenspiel von VCs und Blockchain Technologie dargestellte E-Roaming Anwendungsfall wird mit Stufe 1, also theoretischen Überlegungen zum Aufbau und Funktionsweise einer Technologie, des Technologie-Reifegrad-Modells bewertet. Zwar werden auf Zertifikaten aufgebaute Identitätsnachweise für Serverinfrastruktur und Webseiten bereits seit Jahrzehnten im Rahmen der Nutzeridentifikation im Internet eingesetzt, die großskalige Anwendung auch für Endnutzer mit den entsprechenden zusätzlichen Anforderungen sowie die Kombination aus dezentraler Speicherung von „Widerrufs-Registern“ und Information über Ausgabestellen ist jedoch neu und in der wissenschaftlichen Literatur gerade in einer anfänglichen Diskussion befindlich.

Digitalisierungsmöglichkeiten: Das Digitalisierungspotenzial des bisherigen ERoaming Identitätsmanagements ist hoch. Jedoch sollten beim Aufbau des beschriebenen, auf Blockchain und VC basierenden Anwendungsfalles folgendes beachtet werden: zunächst sollten auf keinen Fall personenbezogene Daten im Blockchain-Netzwerk gespeichert werden. Diese sind als VC ausschließlich auf den E-PKW- oder Nutzer-Wallets zu speichern. Weiterhin sollten nicht alle im Ladevorgang notwendigen Autorisierungsanforderungen (bspw. zur Erstellung von Rechnungen) als VCs abgebildet werden. Nur an Stellen, an welchen die Autorisierung einer Information durch Dritte dringend notwendig ist (bspw. E-PKW Besitzer will Ladevorgang starten und muss sich hierzu ggü. Ladesäulenbetreiber authentifizieren) ist der Einsatz von VCs sinnvoll.

Status der Erprobung: Aktuell befindet sich das Blockchain und VC basierte ERoaming Identitätsmanagement in einem sehr frühen Erprobungsstadium. Den Autoren liegen derzeit erste wissenschaftliche Studien, jedoch keine skalierbaren Pilotanwendungen vor.

Eignung/ Anwendbarkeit EnStadt:Pfaff: Der Anwendungsfall ist als Erweiterung des in 4.4.1 beschriebenen Falles durchaus sinnvoll. Jedoch wird empfohlen einen höheren Reifegrad technologischer Umsetzungsüberlegungen und -architekturen abzuwarten.

5 Referenzen

- Andoni, M., Robu, V., Flynn, D., Abram, S., Geach, D., Jenkins, D., McCallum, P., & Peacock, A. (2019). Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 100(October 2018), 143– 174. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.10.014>
- Annuß, G., Bittner, C., Clemenz, S., Diller, M., Dzida, B., Fischer, B. A., Gäntgen, H. J., Gaul, B., Giesen, R., Henssler, M., Hergenröder, C. S., Hergenröder, C. W., Hohenstatt, K.-S., Höpfner, C., Kalb, H.-J., Kliemt, M., Klug, S., Krause, R., Lembke, M., ... Ziemann, W. (2020). Datenschutz-Grundverordnung – Verordnung (EU) 2016/679 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27.4.2016 zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten, zum freien Datenverkehr und zur Aufhebung der Richtlinie 95/46/EG . *Arbeitsrecht Kommentar*, 2014(April), 1839–1904. <https://doi.org/10.9785/9783504386818-025>
- Bahmer, T. (2020). *Quantifying the demand for public charging infrastructure of electric vehicles*. 3717655.
- Bao, J., He, D., Luo, M., & Choo, K.-K. R. (2020). A Survey of Blockchain Applications in the Energy Sector. *IEEE Systems Journal*, 1–12. <https://doi.org/10.1109/jsyst.2020.2998791>
- Beck, R., Avital, M., Rossi, M., & Thatcher, J. B. (2017). Blockchain technology in business and information systems research. *Business & Information Systems Engineering*, 59(6), 381–384. <https://doi.org/10.1007/s12599-017-0505-1>
- BMWi. (2017a). Eckpunktepapier Mieterstrom. *BMWi*, 1–5. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/eckpunktemieterstrom.pdf?__blob=publicationFile&v=8
- BMWi. (2017b). Gesetz zur Förderung von Mieterstrom und zur Änderung weiterer Vorschriften des Erneuerbare-Energien-Gesetzes. *Bundesgesetzblatt Jahrgang 2017 Teil I Nr. 49, Juli(49)*, 2532–2539. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/MO/mieterstrom-gesetz-bgbl.pdf?__blob=publicationFile&v=4
- Brown, M. A., & Soni, A. (2019). Expert perceptions of enhancing grid resilience with electric vehicles in the United States. *Energy Research and Social Science*, 57(February), 101241. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.101241>

- Buamod, I., Abdelmoghith, E., & Mouftah, H. T. (2015). A review of OSI-based charging standards and eMobility open protocols. *2015 International Conference on the Network of the Future, NOF 2015*. <https://doi.org/10.1109/NOF.2015.7333288>
- Bundesanzeiger. (2020). *Bekanntmachung Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur Bekanntmachung. August*, 2–6.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2016). *Verordnung über technische Mindestanforderungen an den sicheren und interoperablen Aufbau und Betrieb von öffentlich zugänglichen Ladepunkten für Elektromobile*. 1–17.
http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/V/verordnung-ladeeinrichtungenelektromobile-kabinettsbeschluss.pdf?__blob=publicationFile&v=3
- Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. (2021). *EEG-Umlage 2021: Fakten & Hintergründe. September 2020*, 1–3.
- Chohan, U. W. (2021). *Non-Fungible Tokens: Blockchains , Scarcity , and Value NonFungible Tokens: Blockchains , Scarcity , and Value*.
- Delbeke, J., Runge-Metzger, A., Slingenberg, Y., & Werksman, J. (2019). The paris agreement. *Towards a Climate-Neutral Europe: Curbing the Trend*, 24–45. <https://doi.org/10.4324/9789276082569-2>
- Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena). (2017). *dena-Innovationsreport Systemdienstleistungen: Aktueller Handlungsbedarf und Roadmap für einen stabilen Betrieb des Stromsystems bis 2030*.
https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9239_Innovationsreport_Systemdienstleistungen.pdf
- Di Silvestre, M. L., Gallo, P., Guerrero, J. M., Musca, R., Sanseverino, E. R., Sciumè, G., Vásquez, J. C., & Zizzo, G. (2020). Blockchain for power systems: Current trends and future applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 119, 109585.
- Diniz, E. H., Yamaguchi, J. A., dos Santos, T. R., de Carvalho, A. P., Alego, A. S., & Carvalho, M. (2021). Greening inventories: Blockchain to improve the GHG Protocol Program in scope 2. *Journal of Cleaner Production*, 291, 125900.
- Dorri, A., Luo, F., Kanhere, S. S., Jurdak, R., & Dong, Z. Y. (2019). SPB: A secure private blockchain-based solution for distributed energy trading. *IEEE Communications Magazine*, 57(7), 120–126. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2019.1800577>
- Dowling, M. (2021). Is non-fungible token pricing driven by cryptocurrencies? *Finance Research Letters*, April, 102097. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2021.102097>

- Dunphy, P., & Petitcolas, F. A. P. (2018). A first look at identity management schemes on the blockchain. *IEEE Security and Privacy*, 16(4), 20–29. <https://doi.org/10.1109/MSP.2018.3111247>
- Ensslen, A., Ringler, P., Dörr, L., Jochem, P., Zimmermann, F., & Fichtner, W. (2018). Examining an innovative electric vehicle charging tariff to incentivize customers' provision of load flexibilities. *Energy Research and Social Science*, 42(February), 112–126. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.02.013>
- Europäische Kommission. (2019). RICHTLINIE (EU) 2019/944 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 5. Juni 2019 mit gemeinsamen Vorschriften für den Elektrizitätsbinnenmarkt und zur Änderung der Richtlinie 2012/27/EU. *Amtsblatt Der Europäischen Union*.
- Europe, I. (2018). Renewable Energy Communities, A Policy Brief from the Policy Learning Platform on Low-carbon economy. EU. *Elsevier*, August, 1–21. https://www.interregeurope.eu/fileadmin/user_upload/plp_uploads/policy_briefs/2018-08-30_Policy_brief_Renewable_Energy_Communities_PB_TO4_final.pdf
- EWE. (2021). *enera Abschlussbericht*.
- Ferreira, J. C., Ferreira da Silva, C., & Martins, J. P. (2021). Roaming Service for Electric Vehicle Charging Using Blockchain-Based Digital Identity. *Energies*, 14(6), 1686. <https://doi.org/10.3390/en14061686>
- Ferwerda, R., Bayings, M., van der Kam, M., & Bekkers, R. (2018). Advancing E-roaming in Europe: Towards a single “language” for the European charging infrastructure. *World Electric Vehicle Journal*, 9(4), 1–15. <https://doi.org/10.3390/wevj9040050>
- Garcia, H. (2018). *Decentralizing the charging business for the eMobility Industry (part I-III)*. <https://medium.com/share-charge/decentralizing-the-charging-business-for-theemobility-industry-part-i-e93828e01c20>
- Gupta, R., Pena-Bello, A., Streicher, K. N., Roduner, C., Thöni, D., Patel, M. K., & Parra, D. (2021). Spatial analysis of distribution grid capacity and costs to enable massive deployment of PV, electric mobility and electric heating. *Applied Energy*, 287(December 2020). <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116504>
- Haupt, L., Schöpf, M., Wederhake, L., & Weibelzahl, M. (2020). The influence of electric vehicle charging strategies on the sizing of electrical energy storage systems in charging hub microgrids. *Applied Energy*, 273(May), 115231. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115231>
- Heilmann, C., & Friedl, G. (2021). Factors influencing the economic success of grid-to-vehicle and vehicle-to-grid applications—A review and meta-analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 145(April), 111115. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111115>

- Hoess, A., Roth, T., Sedlmeir, J., Fridgen, G., & Rieger, A. (2021). *SSI-based eRoaming Architecture (Working Paper)*.
- Hu, J., Morais, H., Sousa, T., & Lind, M. (2016). Electric vehicle fleet management in smart grids: A review of services, optimization and control aspects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 1207–1226. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.014>
- Hubject GmbH. (2021). *Onboarding Guide interchange EMP for eMobility Service Providers (EMPs)*.
- Jacques Dafflon, Jordi Baylina, T. S. (2017). *EIP-777: ERC777 Token Standard*. Github.
<https://eips.ethereum.org/EIPS/eip-777>
- Kaiserslautern, S. (2021). *Reallabor Pfaff*. <https://pfaff-reallabor.de>
- Kam, M. van der, & Bekkers, R. (2020). *Comparative analysis of standardized protocols for EV roaming*. 2020, 1–41.
- Kirpes, B., & Becker, C. (2018). Processing electric vehicle charging transactions in a blockchain-based information system. *Americas Conference on Information Systems 2018: Digital Disruption, AMCIS 2018*, 1–5.
- Krechmer, K. (1996). Technical standards: foundations of the future. *StandardView*, 4(1), 4–8.
- Lambert, S. (2020). *Development of optimized strategies for the expansion of public electric vehicle charging infrastructure in cities A methodology for the generation of synthetic electric vehicle traffic data and optimized charging load time from*.
- Lo, Y. C., & Medda, F. (2020). Assets on the blockchain: An empirical study of Tokenomics. *Information Economics and Policy*, 53(xxxx), 100881.
<https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2020.100881>
- Lu, Q., Staples, M., O'Connor, H., Chen, S., & Guabtni, A. (2020). Software Architecture for Blockchain-based Trade Certificate Systems. *IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency, ICBC 2020*, 6–8.
<https://doi.org/10.1109/ICBC48266.2020.9169390>
- Lucy et al, H. (2020). Blockchains for Electric Vehicles & Grid Integration Review Contents:
In *Mobility Open Blockchain Initiative*.
<https://dlt.mobi/wpcontent/uploads/2020/10/EVGI-Business-Review.pdf>
- Meletioui, A., Cambini, C., & Masera, M. (2018). Regulatory and ownership determinants of unbundling regime choice for European electricity transmission utilities. *Utilities Policy*, 50(January), 13–25.
<https://doi.org/10.1016/j.jup.2018.01.006>
- Mobilität, N. P. Z. der. (2019). *Wege zur Erreichung der Klimaziele 2030 im Verkehrssektor. Zwischenbericht 03/2019. Arbeitsgruppe 1: Klimaschutz im Verkehr*.

- Mulder, M., & Zomer, S. P. E. (2016). Contribution of green labels in electricity retail markets to fostering renewable energy. *Energy Policy*, 99(2016), 100–109. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.09.040>
- Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*.
- Narayan, R., & Tidström, A. (2020). Tokenizing coopetition in a blockchain for a transition to circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 263. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121437>
- Nikoobakht, A., Aghaei, J., Niknam, T., Farahmand, H., & Korpås, M. (2019). Electric vehicle mobility and optimal grid reconfiguration as flexibility tools in wind integrated power systems. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 110(7491), 83–94. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2019.03.005>
- Open Charge Alliance. (2020). *Improved security for OCPP 1.6-J*.
- Oprea, S.-V., & Bâra, A. (2021). Devising a trading mechanism with a joint price adjustment for local electricity markets using blockchain. Insights for policy makers. *Energy Policy*, 152, 112237.
- Otto, B. (2021). *GAIA-X and IDS* (Issue January). <https://internationaldataspaces.org/download/19016/>
- Pardo-Bosch, F., Pujadas, P., Morton, C., & Cervera, C. (2021). Sustainable deployment of an electric vehicle public charging infrastructure network from a city business model perspective. *Sustainable Cities and Society*, 71, 102957. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102957>
- Perrons, R. K., & Cosby, T. (2020). Applying blockchain in the geoenergy domain: The road to interoperability and standards. *Applied Energy*, 262(January), 114545. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114545>
- Pfeiffer, A., & Bach, M. (2014). *An E-Clearinghouse for Energy and Infrastructure Services in E-Mobility*. 303–308. https://doi.org/10.1007/978-3-319-00795-3_44
- Polarstern. (2018). *Mieterstrommodelle in der Praxis & Mit Energie die Welt verändern*.
- Publications Office of the European Union. (2012). *Roadmap 2050*. <https://doi.org/10.2833/10759>
- Richter, B., Mengelkamp, E., & Weinhardt, C. (2018). Maturity of blockchain technology in local electricity markets. *International Conference on the European Energy Market, EEM, 2018-June*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/EEM.2018.8469955>
- Riddle&Code. (2020). *THE AUTOMOTIVE SECTOR AND BLOCKCHAIN Is Trust what we need to enable the next Generation of Mobility Services?*
- Riddle&Code. (2021). *RIDDLE&CODE MYPower - BLOCKCHAIN-BASED ENERGY TOKENIZATION PLATFORM*.
- Rodriguez, P. (2020). *Standardization of Blockchain-based Applications in the Energy Sector*

University of Freiburg Faculty of Environmental and Natural Resources Faculty of Engineering
Standardization of Blockchain-based Applications in the Energy Sector Master thesis submitte. October.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20405.70882>

Rossi, M., Mueller-Bloch, C., Thatcher, J. B., & Beck, R. (2019). Blockchain research in information systems: Current trends and an inclusive future research agenda. *Journal of the Association for Information Systems*, 20(9), 1388–1403. <https://doi.org/10.17705/1jais.00571>

San Román, T. G., Momber, I., Abbad, M. R., & Sánchez Miralles, Á. (2011). Regulatory framework and business models for charging plug-in electric vehicles: Infrastructure, agents, and commercial relationships. *Energy Policy*, 39(10), 6360–6375. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.07.037>

Schleicher-Jester, F. L. G. M. M. (2018). *Verkehrsuntersuchung Revitalisierung des PfaffGeländes Teil 2 (Fortschreibung 2018)*.

Sebi, C., & Vernay, A. L. (2020). Community renewable energy in France: The state of development and the way forward. *Energy Policy*, 147. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111874>

smartlab Innovationsgesellschaft mbH. (2021). *Open Clearing House Protocol*.
<http://www.ochp.eu/downloads/>

Solanke, T. U., Ramachandaramurthy, V. K., Yong, J. Y., Pasupuleti, J., Kasinathan, P., & Rajagopalan, A. (2020). A review of strategic charging–discharging control of gridconnected electric vehicles. *Journal of Energy Storage*, 28(January), 101193. <https://doi.org/10.1016/j.est.2020.101193>

Soto, E. A., Bosman, L. B., Wollega, E., & Leon-Salas, W. D. (2020). Peer-to-peer energy trading: A review of the literature. *Applied Energy*, 116268.

Strüker et al., J. (2019). Technisches und ökonomisches Gutachten. In: Blockchain in der integrierten Energiewende. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena). *Dena-MultiStakeholder-Studie*.

Strüker et al., J. (2021a). *Self-Sovereign Identity Self-Sovereign Identity*.

Strüker, J., Weibelzahl, M., Körner, M.-F., Kießling, A., Franke-Sluijk, A., & Hermann, M. (2021b). *Dekarbonisierung durch Digitalisierung: Thesen zur Transformation der Energiewirtschaft*.

Stühmeier, T. (2012). Roaming and investments in the mobile internet market. *Telecommunications Policy*, 36(8), 595–607. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2012.03.006>

Surmann, A. (2021). *Empowering Consumers within Energy Communities to acquire PV Assets through Self-Consumption*.

Tennet. (2020). *50Hertz und TenneT erproben Blockchain-Plattform Equigy für Prozesse im Engpassmanagement mit Kleinstanlagen*.

Tsao, Y.-C., & Thanh, V.-V. (2021). Toward sustainable microgrids with blockchain technology-based peer-to-peer energy trading mechanism: A fuzzy meta-heuristic approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 136, 110452.

Umweltbundesamt. (2019). *TEHG-Anwendungsbereich Anwendungsbereich des Treibhausgas-Emissionshandelsgesetzes (TEHG): Hinweise der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt)*.

Van Cutsem, O., Dac, D. H., Boudou, P., & Kayal, M. (2020). Cooperative energy management of a community of smart-buildings: A Blockchain approach. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 117, 105643.

van Leeuwen, G., AlSkaif, T., Gibescu, M., & van Sark, W. (2020). An integrated blockchainbased energy management platform with bilateral trading for microgrid communities. *Applied Energy*, 263(January), 114613. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114613>

Wang, H., Chen, K., & Xu, D. (2016). A maturity model for blockchain adoption. *Financial Innovation*, 2(1). <https://doi.org/10.1186/s40854-016-0031-z>

Wang, L., Liu, J., Yuan, R., Wu, J., Zhang, D., Zhang, Y., & Li, M. (2020). Adaptive bidding strategy for real-time energy management in multi-energy market enhanced by blockchain. *Applied Energy*, 279, 115866.

Weemaes, G. (2021). *Going Electric - Stromtankstellen Statistik*. <https://www.goingelectric.de/stromtankstellen/statistik/Deutschland/>

Wickert, M., Gerhard, N., Trost, T., Prior, J., Cacilo, A., Hartwig, M., Reinhardt, A., & Münzing, H. (2014). *Wissenschaftliche Unterstützung bei der Erstellung von fahrzeugbezogenen Analysen zur Netzintegration von Elektrofahrzeugen unter Nutzung erneuerbarer Energien*. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Forschungsdatenbank/fkz_um_11_96_107_elektromobilitaet_bf.pdf

Wolsink, M. (2020). Distributed energy systems as common goods: Socio-political acceptance of renewables in intelligent microgrids. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 127, 109841.

WTO. (2000). *Second Triennial Review of the Operation and Implementation of the Agreement on Technical Barriers To Trade*. November, 1–31.

Wu, Y., Wu, Y., Guerrero, J. M., & Vasquez, J. C. (2021). Digitalization and decentralization driving transactive energy Internet: Key technologies and infrastructures. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 126, 106593.

XELS. (2021). *XELS, eine umweltbewusste Blockchain-Plattform für den Kauf und den Handel mit Emissionszertifikaten, ist an der Bittrex Global gelistet*.

<https://www.prnewswire.com/il/news-releases/xels-eine-umweltbewusste-blockchainplattform-fur-den-kauf-und-den-handel-mit-emissionszertifikaten-ist-an-der-bittrexglobal-gelistet-820822313.html>



6 Anhang

A.1: Wissenschaftliche Literatur

Anhang 1: Tabelle ausgewählter wiss. Literatur

Jahr	Autoren	Titel	Journal
2014	Battistelli, C., & Conejo, A. J. (2014)	Optimal management of the automatic generation control service in smart user grids including electric vehicles and distributed resources	Electric Power Systems Research
2015	Mustafa, M. A., Zhang, N., Kalogridis, G., & Fan, Z. (2015)	Roaming electric vehicle charging and billing: An anonymous multi-user protocol	IEEE International Conference on Smart Grid Communications
2016	Tan, K. M., Ramachandramurthy, V. K., & Yong, J. Y. (2016).	Integration of electric vehicles in smart grid: A review on vehicle to grid technologies and optimization techniques	Renewable and Sustainable Energy Reviews
2016	Wang, H., Chen, K., & Xu, D. (2016).	A maturity model for blockchain adoption	Financial Innovation
2016	Bishop, J. D. K., Axon, C. J., Bonilla, D., & Banister, D. (2016)	Estimating the grid payments necessary to compensate additional costs to prospective electric vehicle owners who provide vehicle-to-grid ancillary services	Energy
2016	Zhao, Y., Noori, M., & Tatari, O. (2016)	Vehicle to Grid regulation services of electric delivery trucks: Economic and environmental benefit analysis	Applied Energy
2018	Ferwerda, R., Bayings, M., van der Kam, M., & Bekkers, R. (2018)	Advancing E-roaming in Europe: Towards a single "language" for the European charging infrastructure	World Electric Vehicle Journal
2018	Hirsch, A., Parag, Y., & Guerrero, J. (2018)	Microgrids: A review of technologies, key drivers, and outstanding issues.	Renewable and Sustainable Energy Reviews

2018	Liu, C., Chai, K. K., Zhang, X., Lau, E. T., & Chen, Y. (2018)	Adaptive Blockchain-Based Electric Vehicle Participation Scheme in Smart Grid Platform	IEEE Access
------	--	---	-------------

Jahr	Autoren	Titel	Journal
2018	Zia, M. F., Elbouchikhi, E., & Benbouzid, M. (2018)	Microgrids energy management systems: A critical review on methods, solutions, and prospects	Applied Energy
2018	Zhang, T., Pota, H., Chu, C. C., & Gadh, R. (2018)	Real-time renewable energy incentive system for electric vehicles using prioritization and cryptocurrency	Applied Energy
2018	Gu, Y., Hou, D., Wu, X., Tao, J., & Zhang, Y. (2018)	Decentralized transaction mechanism based on smart contract in distributed data storage	Information (Switzerland)
2018	Kirpes, B., & Becker, C. (2018)	Processing electric vehicle charging transactions in a blockchain-based information system	Americas Conference on Information Systems
2019	Ahl, A., Yarime, M., Tanaka, K., & Sagawa, D. (2019)	Review of blockchain-based distributed energy: Implications for institutional development	Renewable and Sustainable Energy Reviews
2019	Brown, M. A., & Soni, A. (2019)	Expert perceptions of enhancing grid resilience with electric vehicles in the United States	Energy Research and Social Science
2019	Liu, Y., Wu, L., & Li, J. (2019)	Peer-to-peer (P2P) electricity trading in distribution systems of the future	Electricity Journal
2019	Islam, M. R., Lu, H., Hossain, M. J., & Li, L. (2019)	Mitigating unbalance using distributed network reconfiguration techniques in distributed power generation grids with services for electric vehicles: A review	Journal of Cleaner Production

2019	Garg, S., Kaur, K., Kaddoum, G., Gagnon, F., & Rodrigues, J. J. P. C. (2019)	An efficient blockchain-based hierarchical authentication mechanism for energy trading in V2G environment	2019 IEEE International Conference on Communications Workshops
2019	Nikoobakht, A., Aghaei, J., Niknam, T., Farahmand, H., & Korpås, M. (2019)	Electric vehicle mobility and optimal grid reconfiguration as flexibility tools in wind integrated power systems	International Journal of Electrical Power and Energy Systems

Jahr	Autoren	Titel	Journal
2020	Ante, L., Steinmetz, F., & Fiedler, I. (2021).	Blockchain and energy: A bibliometric analysis and review	Renewable and Sustainable Energy Reviews
2020	Lee, C. Y., Jang, J. W., & Lee, M. K. (2020).	Willingness to accept values for vehicle-to-grid service in South Korea	Transportation Research Part D: Transport and Environment
2020	Haupt, L., Schöpf, M., Wederhake, L., & Weibelzahl, M. (2020)	The influence of electric vehicle charging strategies on the sizing of electrical energy storage systems in charging hub microgrids	Applied Energy
2020	Fu, Z., Dong, P., & Ju, Y. (2020).	An intelligent electric vehicle charging system for new energy companies based on consortium blockchain	Journal of Cleaner Production
2020	Kobashi, T., Yoshida, T., Yamagata, Y., Naito, K., Pfenninger, S., Say, K., Takeda, Y., Ahl, A., Yarime, M., & Hara, K. (2020)	On the potential of "Photovoltaics + Electric vehicles" for deep decarbonization of Kyoto's power systems: Techno-economic-social considerations	Applied Energy

2020	Cortés Borray, A. F., Merino, J., Torres, E., & Mazón, J. (2020)	A review of the population-based and individual-based approaches for electric vehicles in network energy studies	Electric Power Systems Research
2020	Zhou, Z., Wang, B., Dong, M., & Ota, K. (2020)	Secure and Efficient Vehicle-to-Grid Energy Trading in Cyber Physical Systems: Integration of Blockchain and Edge Computing	IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems
2020	Bonsu, N. O. (2020)	Towards a circular and low-carbon economy: Insights from the transitioning to electric vehicles and net zero economy	Journal of Cleaner Production

Jahr	Autoren	Titel	Journal
2020	Chen, S., Ping, J., Yan, Z., & Wei, W. (2020)	Blockchain for decentralized optimization of energy sources: EV charging coordination via blockchainbased charging power quota trading	Blockchain-based Smart Grids
2020	Solanke, T. U., Ramachandaramurthy, V. K., Yong, J. Y., Pasupuleti, J., Kasinathan, P., & Rajagopalan, A. (2020)	A review of strategic charging–discharging control of grid-connected electric vehicles	Journal of Energy Storage

2020	Masood, A., Hu, J., Xin, A., Sayed, A. R., & Yang, G. (2020)	Transactive Energy for Aggregated Electric Vehicles to Reduce System Peak Load Considering Network Constraints	IEEE Access
2021	Unterweger, A., Knirsch, F., Brunner, C., & Engel, D. (2021).	Low-risk Privacy-Preserving Electric Vehicle Charging with Payments	Workshop on Automotive and Autonomous Vehicle Security (AutoSec)
2021	Foti, M., & Vavalis, M. (2021).	What blockchain can do for power grids?	Blockchain: Research and Applications
2021	Esmat, A., de Vos, M., Ghiassi-Farrokhfal, Y., Palensky, P., & Epema, D. (2021)	A novel decentralized platform for peer-to-peer energy trading market with blockchain technology	Applied Energy
2021	Khaksari, A., Tsaousoglou, G., Makris, P., Steriotis, K., Efthymiopoulos, N., & Varvarigos, E. (2021)	Sizing of electric vehicle charging stations with smart charging capabilities and quality of service requirements	Sustainable Cities and Society
Jahr	Autoren	Titel	Journal
2021	Tushar, W., Yuen, C., Saha, T. K., Morstyn, T., Chapman, A. C., Alam, M. J. E., Hanif, S., & Poor, H. V. (2021)	Peer-to-peer energy systems for connected communities: A review of recent advances and emerging challenges	Applied Energy

2021	Al-Obaidi, A., Khani, H., Farag, H. E. Z., & Mohamed, M. (2021)	Bidirectional smart charging of electric vehicles considering user preferences, peer to peer energy trade, and provision of grid ancillary services	International Journal of Electrical Power and Energy Systems
2021	Ferreira, J. C., Ferreira da Silva, C., & Martins, J. P. (2021)	Roaming Service for Electric Vehicle Charging Using Blockchain-Based Digital Identity	Energies
2021	Fachrizal, R., Ramadhani, U. H., Munkhammar, J., & Widén, J. (2021)	Combined PV–EV hosting capacity assessment for a residential LV distribution grid with smart EV charging and PV curtailment	Sustainable Energy, Grids and Networks
2021	Hasankhani, A., Mehdi Hakimi, S., Shafiekhah, M., & Asadolahi, H. (2021)	Blockchain technology in the future smart grids: A comprehensive review and frameworks.	International Journal of Electrical Power and Energy Systems
2021	Gupta, R., Pena-Bello, A., Streicher, K. N., Roduner, C., Thöni, D., Patel, M. K., & Parra, D. (2021)	Spatial analysis of distribution grid capacity and costs to enable massive deployment of PV, electric mobility and electric heating.	Applied Energy

A.2: Studien

Anhang 2: Tabelle ausgewählter Studien

Jahr	Studie	Titel
2010	TU Darmstadt (2010)	Begleitforschungs-Studie Elektromobilität: Potentialermittlung der Rückspeisefähigkeit von Elektrofahrzeugen und der sich daraus ergebenden Vorteile Fachgebiet

2012	U.S. Department of Energy (2012)	The U.S. Department of Energy's Microgrid Initiative
2012	Publications Office of the European Union (2012)	Energy roadmap 2050
2018	Energy Futures Initiative (2018)	Promising Blockchain Applications for Energy: Separating the Signal from the Noise
2018	Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute for Industrial Production (IIP) (2018)	Erstellung und Auswertung repräsentativer Mobilitäts- und Ladeprofile für Elektrofahrzeuge in Deutschland
2018	Verkehrstechnische Machbarkeitsuntersuchung Pfaff Quartier (2018)	Verkehrsuntersuchung Revitalisierung des Pfaff-Geländes Teil 2 (Fortschreibung 2018) Verkehrstechnische Machbarkeit Umgestaltung Königstraße Innere Verkehrserschließung – Straßenquerschnitte Kfz-Belastungen für schalltechnische Berechnungen Kaiserslautern
2018	FFE (2018)	Die Blockchain-Technologie Chance zur Transformation der Energiewirtschaft? Berichtsteil: Anwendungsfälle
2019	Deloitte (2019)	Blockchain: A true disruptor for the energy industry. Use cases and strategic questions
2019	DENA (2019)	Blockchain in the integrated energy transition
2019	EnergyWeb (2019)	The Energy Web Chain- Accelerating the Energy Transition with an OpenSource, Decentralized Blockchain Platform
2019	Ernst & Young (2019)	Blockchain-basierte Erfassung und Steuerung von Energieanlagen mithilfe des Smart-Meter-Gateways: Machbarkeitsstudie und Pilotkonzept
2019	International Renewable Energy Agency (IRENA, 2019)	Blockchain Innovation Landscape Brief
2019	World Energy Council (2019)	The Developing Role of Blockchain
2020	BNetzA (2019)	Die Blockchain-Technologie- Potenziale und Herausforderungen in den Netzsektoren Energie und Telekommunikation
2020	Mobility Open Blockchain Initiative (MOBI, 2021)	Mobility Open Blockchain Initiative Blockchains for Electric Vehicles & Grid Integration Review
2020	Smart Service Welt (2020)	Energierevolution getrieben durch Blockchain
2021	Enera Abschlussbericht (2021)	Gemeinsamer Abschlussbericht des Konsortiums
2021	Prof. Dr. Boris Otto, Fraunhofer ISST (2021)	Position Paper GAIA-X and IDS

A.3: Experten-Interviews

Anhang 3: Tabelle der geführten Experten-Interviews

Interview	Job Bezeichnung	Unternehmen	Kategorie des Anwendungsfalles
1	Produktmanager	Non-Profit Unternehmen	Smart Grid Dienstleistungen, E-Roaming
2	Blockchain Entwickler	Non-Profit Unternehmen	Smart Grid Dienstleistungen
3	Betriebsleiter	IT-Dienstleister	Smart Grid Dienstleistungen
4	Produktmanager	IT-Dienstleister	Smart Grid Dienstleistungen
5	Abteilungsleiter“Distributed Ledger Technologie (DLT)”	IT-Dienstleister	E-Roaming
6	Leiter des Geschäftskundenbetriebs	Energieversorgungsunternehmen	Smart Grid Dienstleistungen
7	Leiter des “Energy Data Lab”	Energieversorgungsunternehmen	E-Roaming
8	DLT Entwickler	Energieversorgungsunternehmen	E-Roaming
9	Wissenschaftlicher Mitarbeiter	Forschungsinstitut	Smart Grid Dienstleistungen
10	Anwalt	Anwaltskanzlei	Smart Grid Dienstleistungen
11	Elektroingenieur	Forschungsinstitut	Smart Grid Dienstleistungen
12	Leiter Technologie	Non-Profit Unternehmen	E-Roaming
13	Leiter Technologie und Produktqualität	IT-Dienstleister	Smart Grid Dienstleistungen
14	Leiter Kommunikation und Energiepolitik	Energieversorgungsunternehmen	Smart Grid Dienstleistungen
15	Energieexperte	Energiebörse	Smart Grid Dienstleistungen
16	Wissenschaftlicher Mitarbeiter	Forschungsinstitut	Smart Grid Dienstleistungen
17	Wissenschaftlicher Mitarbeiter	Forschungsinstitut	E-Roaming
18	Wissenschaftlicher Mitarbeiter	Forschungsinstitut	E-Roaming
19	Leiter Kundenmanagement	IT-Dienstleister	E-Roaming
20	Leiter Vertrieb und Geschäftsfeldentwicklung	Start-up	Smart Grid Dienstleistungen
21	Wissenschaftlicher Mitarbeiter	Forschungsinstitut	Smart Grid Dienstleistungen
22	Wissenschaftlicher Mitarbeiter	Forschungsinstitut	Smart Grid Dienstleistungen



23	DLT und IoT Entwickler	Energieversorgungsunternehmen	Smart Grid Dienstleistungen
----	------------------------	-------------------------------	-----------------------------