

# Schlussbericht des Verbundes

- öffentlich einsehbar -

## Daten Tanken – Datenbasierte Geschäftsmodelle für Ladeinfrastruktur

Zuwendungsempfänger: Landeshauptstadt Dresden SachsenNetze GmbH: Mobilitätswerk GmbH: Technische Universität Dresden: IVI: Software AG: Mobility Center GmbH:	Förderkennzeichen: 01MZ18004A 01MZ18004B 01MZ18004C 01MZ18004D 01MZ18004E 01MZ18004F 01MZ18004H
Kontakt Konsortialführer: Uwe Richter	Tel.: 0351 488 8730  Email: <a href="mailto:urichter3@dresden.de">urichter3@dresden.de</a>
Laufzeit des Vorhabens:  von: 01.08.18                      bis: 30.09.22	
Datum Bericht: 15.12.22	

## Inhalt

Inhalt.....	2
1. Kurzdarstellung.....	3
1.1. Aufgabenstellung.....	3
1.2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde .....	3
1.3. Planung und Ablauf des Vorhabens .....	4
1.4. Wissenschaftlicher und technischer Stand .....	5
Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden.....	11
Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste .....	11
1.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	11
2. Eingehende Darstellung .....	14
2.1. Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele .....	14
2.2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises.....	24
2.3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	27
Systemintegration iMSys inkl. Steuerbox zum Datenempfang und Steuerung von LIS.....	28
Integration von iMSys zur Übertragung von Netzzustandsdaten in die Serviceplattform .....	29
2.4. Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans .....	32
2.5. Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen.....	39
2.6. Erfolgte oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 11 der Nebenbestimmungen.....	41

## 1. Kurzdarstellung

### 1.1. Aufgabenstellung

Das Ziel von Daten Tanken ist der netzverträgliche Aufbau einer öffentlichen Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Dresden sowie deren wirtschaftlich tragfähiger Betrieb durch die Konzeption von datenbasierten Mobilitäts- und Energiediensten (Maßnahmen 1a des Förderaufrufs). Darüber hinaus wird als ergänzende Maßnahme nicht-öffentliche bzw. teilweise öffentlich nutzbare Infrastruktur für assoziierte Partner von Daten Tanken errichtet und in das Vorhaben integriert (Maßnahme 1b des Förderaufrufs).

Daten Tanken hat es sich zum Ziel gesetzt, bis zum Projektende die jährlichen NOx-Emissionen in Dresden zu senken. Durch die Beteiligung mehrerer Flotten- und Fuhrparkbetreiber sowie Carsharing-Anbieter ist dabei bereits zu Projektbeginn eine hinreichend große Auslastung der Ladeinfrastruktur gewährleistet. Um dauerhaft den wirtschaftlichen Betrieb der Infrastruktur zu ermöglichen, werden in Daten Tanken zudem die folgenden innovativen und datenbasierten Geschäftsmodelle konzipiert: Während des Ladevorgangs gewährt der Fahrzeughalter im Tausch gegen verbilligten Strom Zugriff auf seine Fahrzeugdaten. Diese Daten werden dann entweder für digitale Mobilitätsdienste genutzt und/oder an Dritte verkauft und refinanzieren dadurch nicht nur die Ladeinfrastruktur, sondern auch den verbilligten Strom. Daten Tanken ist Teil des im Rahmen des Sofortprogramms "Saubere Luft" entwickelten Masterplans „Green City Plan Dresden“ und adressiert die Themenfelder 2B und 2A sowie 2C des Förderaufrufs.

### 1.2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Wie in vielen Ballungsräumen Deutschlands gab es auch in der Landeshauptstadt Dresden in den letzten Jahren eine Überschreitung der Grenzwerte für Luftschadstoffe. Um eine Zunahme der Grenzwertüberschreitungen in einer wachsenden Stadt kurzfristig zu vermeiden und die Grenzwerte zwingend einhalten zu können, hat die Landeshauptstadt Dresden zum 31.07.2018 einen Masterplan eingereicht. Im Rahmen dieses „Green City Plan Dresden“ wurden sowohl Maßnahmen zur Digitalisierung der Verkehrssysteme und deren Vernetzung mit dem ÖPNV als auch die Themenfelder der Elektrifizierung des Verkehrs sowie der urbanen Logistik schwerpunktmäßig adressiert.

Zum Zeitpunkt des Projektstarts waren im Stadtgebiet der Landeshauptstadt Dresden 45 öffentlich zugängliche Ladesäulen für Elektrofahrzeuge verfügbar. Als Teil des Green City Plans Dresden wurden durch den Projektpartner Sachsen Netze (SN) in der Stadt Dresden eine leistungsfähige, netzverträgliche und öffentliche als auch nichtöffentliche Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge aufgebaut und betrieben. Der Ausbau der Schnell- und Normalladeinfrastruktur setzt dabei auf das städtische Konzept der multimodalen Mobilitätspunkte und verknüpfte die bestehenden Angebote mit der Elektromobilität. Der Dresdner Stadtrat hat dieses Vorgehen mit mehreren Beschlüssen bestätigt. Mit der stärkeren eCarSharing-Nutzung konnte die Stadt vom ruhenden Verkehr und gleichzeitig von Emissionen entlastet werden.

### 1.3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Zusammenfassung der Inhalte und angestrebten Ergebnisse der einzelnen Arbeitspakete:

**AP 1** beschäftigt sich mit der Gesamtkonzeption des Vorhabens in Form eines technischen und inhaltlichen Lasten-/Pflichtenhefts. Die Detailanalyse beginnt mit ökonomischen und regulatorischen Aspekten, um dann über mögliche Use Cases auf die Funktionen und Services zwischen Komponenten aus architektonischer Sicht Schlüsse ziehen zu können. Die zu übertragenden Informationsobjekte und Datenmodelle werden eruiert, um auf dieser Basis die Protokolle und Mechanismen zum Informationsaustausch bestimmen zu können. Abgeschlossen wird die Anforderungsanalyse mit der physikalischen Vernetzung der beteiligten Komponenten. AP 1 wird unter der Federführung der SachsenNetze GmbH bearbeitet.

**AP 2** hat zum Ziel, den Aufbau (bzw. die Verdichtung) und netzverträgliche Integration der Ladeinfrastruktur an den intermodalen Mobilitätspunkten der Landeshauptstadt Dresden und weiteren Standorten zu planen und die Errichtung und Inbetriebnahme durchzuführen. Außerdem werden Algorithmen für eine netzverträgliche Integration mit Berücksichtigung der technischen Diversität von Elektrofahrzeugen und der Ladeinfrastruktur entwickelt. Die SachsenNetze GmbH hat die Leitung des AP 2 inne.

In **AP 3** werden die für das Projekt benötigten Datenquellen evaluiert, angepasst und für die Nutzung im Projekt bereitgestellt. Anschließend werden die bereitgestellten Quelldaten aufbereitet, in eine Architektur zur Datenhaltung und Datenübermittlung überführt und dort mittels verschiedener Datenintegrationsverfahren miteinander verschnitten. Die Bereitstellung erfolgt als Smart Data Services, auf denen anschließend die eigentlichen Analyse-Algorithmen angewendet werden. Im AP 3 hat das Fraunhofer IVI den Lead.

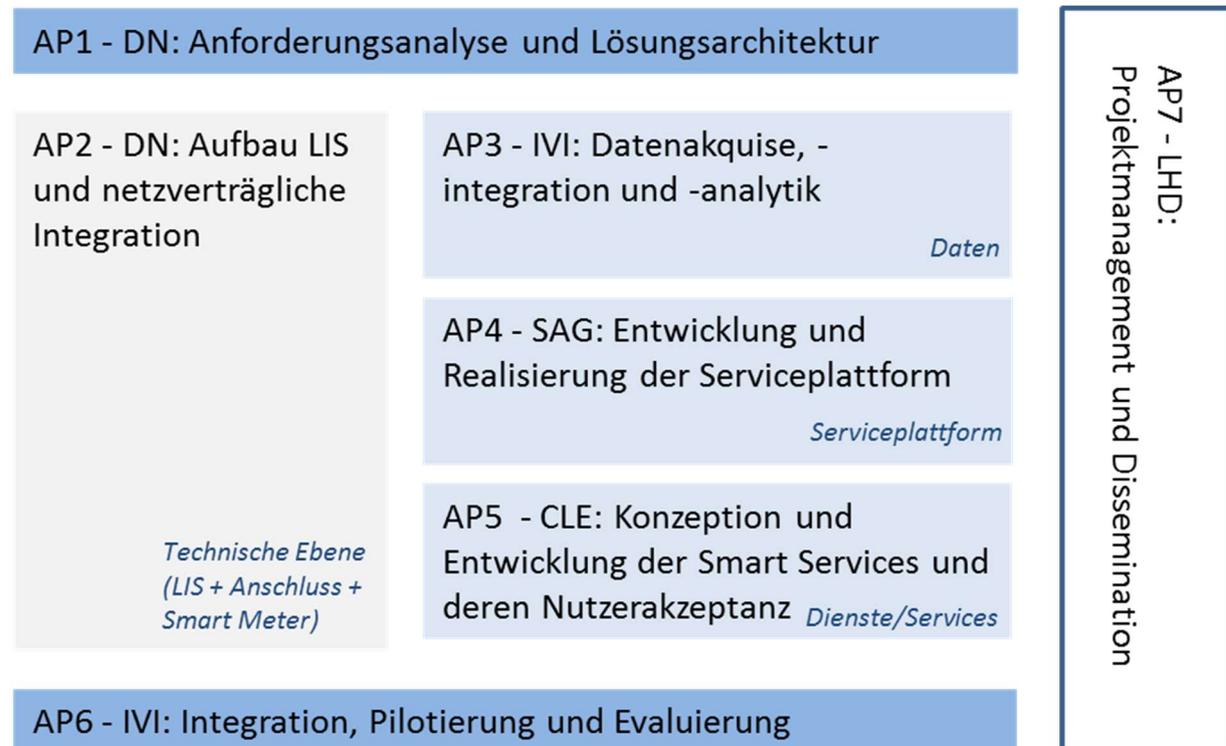
Das Ziel des **AP 4** ist die Entwicklung und prototypische Realisierung der Serviceplattform. Auf der Plattform werden zum einen die im Vorhaben konzipierten Smart Services für Dritte bereitgestellt sowie zum anderen die für die Smart Services erforderlichen Daten und Analysealgorithmen angebunden. Die realisierte Serviceplattform wird anschließend in AP 6 mit den in AP 2, 3 und 5 entwickelten Teillösungen zur Gesamtlösung zusammengeführt. Das AP 4 wird von der Software AG geleitet.

Das **AP 5** widmet sich dem Design und der Entwicklung von Smart Services im Bereich e-Mobilität, um den nachhaltigen Betrieb der aufgebauten Ladeinfrastruktur zu ermöglichen. Neben der Konzeptionierung möglicher Smart Services werden alternative Vertragsstrukturen beschrieben, Anpassungen an der Serviceplattform realisiert, ein Use Case für Flottenbetreiber ausgearbeitet und schließlich ein Portfolio von Smart Services für LIS am Standort Dresden erstellt.

In **AP 6** werden alle Komponenten zu einem funktionierenden Gesamtsystem zusammengeführt und die Funktionsweise nach Nutzerakzeptanzkriterien sowie aus technischen Gesichtspunkten evaluiert. Ein voll funktionsfähiger Demonstrator wird aufgebaut, um die Gesamtwirkungsweise demonstrieren zu können. Das Fraunhofer IVI leitet das AP 6.

**AP 7** deckt alle Aktivitäten in den Bereichen der Projektsteuerung und Koordination zwischen den Verbundpartnern, des projektinternen Informationsaustauschs, der Informationsbereitstellung für ex-

terne Interessensgruppen, die Umsetzung von Förder- und Kooperationsvereinbarungen sowie die Sicherstellung der sachgemäßen Verwendung der Projektmittel ab. Die Landeshauptstadt Dresden ist für das AP 7 verantwortlich.



## 1.4. Wissenschaftlicher und technischer Stand

### Ladeinfrastruktur

Laut einer Stellungnahme des BDEW zum 30.12.2018 wurden 16.100 öffentliche und teilöffentliche Ladepunkte (LP) in Deutschland ausgewiesen, davon 12 % Schnelllader mit einer Ladeleistung über 22 kW. Zum Zeitpunkt des Projektbeginns dominierten bei den Zulassungszahlen die nicht schnellladefähigen E-Fahrzeuge, bspw. Smart Fortwo oder Renault Zoe. Bei diesen lag als Standard nur der Typ2-Stecker vor. Weiterhin gab es zur Beladung eine weite Verbreitung des japanischen CHAdeMO-Standards, zum Beispiel beim Nissan Leaf und dem Hyundai Ioniq. Daher wurde bei der Projektplanung auf konventionelle AC-Lader (nicht-öffentlicher Bereich) und auf DC-Lader im öffentlichen Bereich mit den damals dominierenden Steckerstandards (CHAdeMO und CCS-Stecker) gesetzt.

Zum Datenaustausch von LIS mit dem CPO-Backend wurde OCPP 1.6 als zukunftsfähiges Standardprotokoll propagiert. Auf der Grundlage eingehender Untersuchungen wurden hinsichtlich der Implementierungstiefe bei einigen LIS-Herstellern Lücken identifiziert. Zum heutigen Stand kann festgestellt werden, dass das EEBus-Protokoll verstärkt Anwendung findet und OCPP 2.0 am Markt selten implementiert ist.

Fazit: Die technische Entwicklung von Ladeinfrastruktur und Fahrzeugtechnik hat während der Projektlaufzeit dynamisch an Fahrt aufgenommen, sodass aus heutiger Sicht teilweise die Ziele und Planungsstände als „unmodern“ gelten.

- Monitoring von Ladesäulen auf Basis öffentlich verfügbarer Daten – Hinweise auf Ladeverhalten
- Ladegeschwindigkeiten und Akkugrößen aus eigenem Monitoring
- SrV, MOP und MID als Quellen

## Netzzustandsidentifikation

### Technischer Stand

Die Netzzustandsidentifikation beschreibt allgemein Methoden zur Berechnung des Netzzustandes. Je nach Randbedingungen wird zwischen einer Lastflussberechnung (exakt bestimmter Eingangsdatensatz) oder einer Zustandsschätzung (überbestimmter Eingangsdatensatz) unterschieden. Während die Lastflussberechnung vorwiegend im Bereich der Netzplanung Anwendung findet, ist die Zustandsschätzung Teil des operativen Netzbetriebes.

Im Übertragungsnetz wird bereits seit vielen Jahrzehnten die Zustandsschätzung im Netzbetrieb eingesetzt. Dabei werden aus einer Vielzahl von Messwerten der Netzzustand bestimmt. Aufgrund der redundanten Messkonfiguration in diesen Netzen liegen zur Berechnung mehr Messinformationen vor als minimal notwendig. Der Eingangsdatensatz ist überbestimmt. Im Übertragungsnetz wird die Zustandsschätzung eingesetzt, um fehlerhafte und nicht plausible Messwerte zu eliminieren und somit ein konsistentes Systemabbild bereitzustellen.

Niederspannungsnetze unterscheiden sich in der Topologie und Messdatenverfügbarkeit signifikant von Übertragungsnetzen. Methoden aus dem Übertragungsnetz sind daher nicht direkt anwendbar. Neben hohen Belastungsunsymmetrien, verursacht durch einphasig angeschlossene Netzteilnehmer, sind die viele Betriebsmittel im Niederspannungsnetz, z. B. Erdkabel, konstruktionsbedingt unsymmetrisch. Eine mehrphasige Berechnung im Niederspannungsnetz ist daher unumgänglich. Dabei wird eine bekannte Zuordnung der Außenleiter zwischen Messorten im Netz und der Ortsnetzstation vorausgesetzt. Das Ziel der Phasenidentifikation ist es, diese netzweite Zuordnungstabelle aufzustellen.

Zur Phasenidentifikation ist bisher meist der Einsatz zusätzlicher Spezialmesstechnik erforderlich. Dazu stehen wenige kommerzielle Produkte zur Verfügung. Im Wesentlichen werden zwei Funktionsprinzipien unterschieden. Über einen Signalmodulator wird auf einer Phase ein Referenzsignal im Betrieb aufgeprägt oder im freigeschalteten Zustand eingespeist und dieses über ein zweites Gerät am Ort der zu identifizierenden Phase detektiert. Die Produkte „Megger PIL 8 Phaselux“, „Megger sebaKMT CI/LCI“ und „Preisung 55300“ arbeiten nach diesem Funktionsprinzip.

Alternativ zur Signalmodulation basiert das zweite Funktionsprinzip zur Phasenidentifikation auf dem Vergleich der Phasenlage der Spannungen zwischen Referenz- und Messort. Dazu werden analog zum Messprinzip einer Phasor Measurement Unit (PMU) die Phasenlage an beiden Orten über ein GPS-synchronisiertes Zeitsignal verglichen, woraus die Schlussfolgerung der Phasenzugehörigkeit möglich

ist. Beispielsweise basieren die Produkte „Megger PVS 100i“ oder „Preisung 5400-ME“ auf dem genannten Messprinzip. Kommerzielle Produkte, die betriebliche Messdaten zur Phasenidentifikation nutzen, sind aktuell nicht bekannt.

### **Wissenschaftlicher Stand**

Das vom BMWi geförderte Forschungsvorhaben Smart SCADA befasst sich mit der Umsetzung einer Zustandsschätzung in Nieder- und Mittelspannungsnetzen. Dazu sollen ausschließlich Messinformationen aus einer vorhandenen Smart-Meter-Infrastruktur einfließen. Neben der zuverlässigen Konvergenz der Algorithmen steht die Erkennung von Messwertausreißern und Topologiefehlern im Vordergrund. Eine Betrachtung von E-Mobilität findet nicht statt.

Das Verbundprojekt Smart Area Aachen setzt sich das Ziel, bestehende Nieder- und Mittelspannungsnetz prototypisch zum Smart Grid auszubauen. Dabei werden neben neuartigen Betriebsmitteln, wie regelbare Ortsnetztransformatoren (rONT), und Kommunikationsaspekte auch Konzepte der Netzzustandsschätzung untersucht. Der Schwerpunkt der Untersuchung liegt dabei auf der Generierung von Pseudo-Messwerten, die als Ersatzwerte für nicht gemessene Netzknoten in die Zustandsschätzung einfließen. Eine mehrphasige Berechnung des Netzzustandes, wie sie für die Abbildung der E-Mobilität erforderlich ist, wird nicht durchgeführt.

Im Projekt RPC2 (Reactive Power Control 2) wird das Zusammenspiel von Erzeugungsanlagen in Hoch- und Mittelspannungsnetzen zur Blindleistungsregelung untersucht. Dazu soll im Mittelspannungsnetz ebenfalls eine Zustandsschätzung etabliert werden, woraus Regeleingriffe zur Spannungshaltung abgeleitet werden. Eine Betrachtung des Niederspannungsnetzes erfolgt nicht.

Im Zuge des Rollouts von intelligenten Messsystemen gewinnt die Auswertung der erfassten Messdaten der dabei eingesetzten *Smart Meter* zunehmend an Bedeutung. In Ländern, in denen der Rollout bereits vor Jahren begonnen hat, wie beispielsweise in Italien und Schweden, sind bereits Ansätze zur Phasenidentifikation basierend auf Smart Meter Daten veröffentlicht. Dabei werden überwiegend spezielle Clustering-Verfahren eingesetzt, mit deren Hilfe eine Zuordnung der Außenleiter möglich ist. Entsprechende Veröffentlichungen aus der deutschsprachigen Forschungslandschaft sind derzeit nicht bekannt.

## **Elektroenergiequalität**

### **Technischer Stand**

Bei der Bewertung der Elektroenergiequalität ist zwischen den unterschiedlichen Merkmalen der Spannungs- bzw. Stromqualität zu unterscheiden. Im Rahmen dieses Projekts liegt der Fokus auf der Untersuchung der Netzrückwirkungen, von denen in Bezug auf Schnellladesäulen vor allem die Oberschwingungsemission von Bedeutung ist. Um eine ganzheitliche Bewertung der Auswirkungen einer erhöhten Durchdringung von Ladeinfrastruktur durchführen zu können, ist eine detaillierte Modellierung der gesamten Netzstruktur einschließlich der angeschlossenen Geräte bzw. Anlagen erforderlich. Je nach Zielen der Studie ist auch eine aggregierte Modellierung von bestimmten Gerätegruppen oder auch von Teilen eines Netzes möglich. Die gewünschte Genauigkeit der Ergebnisse und der somit nötige Detaillierungsgrad der Modellierung bestimmen dabei die Höhe des Aufwandes im Hinblick auf die Gerätecharakterisierung, die Parametrierung der Modelle und die Implementierung und Durchführung

der Netzsimulationen. Hinsichtlich der Analyse und Simulation von Netzurückwirkungen gibt es bereits einige durchgeführte Studien, jedoch haben diese zur Begrenzung des Modellierungsaufwandes oder aufgrund einer etwas anderen Zielstellung gewisse Einsatzgrenzen. Diese Limitierungen ergeben sich häufig durch vereinfachte Annahmen, Vernachlässigungen oder durch Begrenzungen der Simulationsumgebung. In den gefundenen Studien wurden meist mehrere der folgenden Vereinfachungen durchgeführt:

- Vernachlässigung einer möglichen unsymmetrischen Belastung der Phasen
- Vernachlässigung der Spannungsabhängigkeit der Oberschwingungsemission
- Vernachlässigung der Eingangsimpedanzen der Geräte, wodurch die Simulation der Oberschwingungslastflüsse bei einer zunehmenden Anzahl von Ladegeräten im Netz sehr ungenau wird
- Begrenzung der Untersuchung nur auf wenige unterschiedliche Ladegeräte bzw. nur auf wenige Lastszenarien
- Bewertung der Oberschwingungspegel nur anhand der Gesamtverzerrung (THD) oder nur für wenige Oberschwingungsordnungen

Aufgrund der Nachteile dieser bisher durchgeführten Studien sind weitere Untersuchungen nötig. Nur durch Berücksichtigung aller vorhandenen Einflussgrößen in der Modellbildung und Simulation können belastbare und zuverlässige Aussagen zu den Auswirkungen von Elektrofahrzeugen bzw. von Ladeinfrastruktur auf die Elektroenergiequalität getroffen werden.

### **Wissenschaftlicher Stand**

Im Projekt sMobilityCom wird u. a. das Ziel verfolgt, ein netzdienliches Laden von Elektrofahrzeugen am nicht öffentlichen Stellplatz zu ermöglichen. Dafür wird ein bundeseinheitlicher, netzdienlicher Anschluss für Elektrofahrzeuge mit einer dynamischen Leistungssteuerung am Netzanschluss entwickelt. Dies umfasst ein intelligentes Ladesystem mit automatischer Phasenumschaltung für Elektrofahrzeuge. Damit sollen die Integration von Elektrofahrzeugen in das deutsche Energienetz vereinfacht und die Netzausbaufolgekosten aufgrund der Elektromobilität minimiert werden.

### **Visualisierung**

Die Visualisierung erfolgt mit der Software Unity. Diese ist eine spezialisierte Softwareengine zur Erstellung von verschiedenen eigenständigen Programmen, wie 3D-Spielen und VR-Anwendungen. Damit eignet sich diese Software auch Visualisierung von Orten und Virtualisierung von Szenarien. Wichtig für dieses Projekt ist insbesondere die Möglichkeit die Visualisierung in der Software Unity mit einer Logik bzw. Simulation zu hinterlegen, so dass auch funktionale Zusammenhänge in der Visualisierung dargestellt werden können.

### **Intelligente Messsysteme**

Hauptbestandteil des Gesetzes zur Digitalisierung der Energiewende (Veröffentlichung 09/2016) ist das Messstellenbetriebsgesetz (MsbG). Dies regelt u.a. die Einsatzbedingungen, monetäre Aspekte, Zulassung/Zertifizierungen der intelligenten Messsysteme (iMSys). Das MsbG regelt auch den Zeitpunkt des verpflichtenden Rollouts für den zuständigen Messstellenbetreiber. Leider kam es erst

02/2020 zur gesetzlichen Freigabe der Technik, in Form einer Allgemeinverfügung des BSI. Diese Allgemeinverfügung bezog sich jedoch nur auf iMSys, welche Tarifierungsfälle (TAF) 1- (datensparende Tarife) und TAF 7-fähig (Zählerstandsgangmessung) sind. Damit ist nur der Versand eines monatlichen Zählerstandes, bzw. der tägliche Versand des viertelstündigen Zählerstandes zur Anwendung freigegeben; feingranulare Netzzustandsdaten (TAF10), wie sie bspw. für die Ermittlung von Netzzuständen notwendig sind, wurden bis zum heutigen Zeitpunkt nicht freigegeben. Die beabsichtigte TR 3109-5, welche sicherheitsrelevante Kommunikationsprämissen zwischen Steuereinheiten und SMGW definieren soll, ist aktuell erst in der Erstellung.

Fazit: zu keinem Projektzeitpunkt bestand Zugriff auf zertifizierte iMSys mit Funktionsbausteinen zur Lösung der Projektanforderungen. Somit beschränkten sich alle Entwicklungen/Erprobungen der Feldgerätetechnik auf Prototypen mit geringer Implementierungstiefe.

### Datenwirtschaft – Daten, Geschäftsmodelle, Plattformen

Die Datennutzung innerhalb von Geschäftsmodellen bzw. Geschäftsmodelle, die auf einer Datennutzung basieren, sind in der Informations- und Kommunikationsgesellschaft stark verbreitet. So ist der Tausch von eigenen persönlichen Daten gegen Dienstleistungen in der digitalen Welt des Internets schon lange eines der Hauptgeschäftsfelder, insbesondere von großen IT-Konzernen wie Google und Facebook.

In der Versicherungsbranche gibt es Modelle, die im Tausch gegen Gesundheitsdaten oder telemetrischen Daten des eigenen Fahrverhaltens einen besseren Versicherungsschutz oder geringere Versicherungsprämien bieten (<https://www.datenschutzbeauftragter-info.de/nachlass-gegen-daten-versicherungen-und-der-datenschutz/>). Diese Modelle haben als Hauptzweck immer eine Verbesserung des zu Grunde liegenden Produktes. Das heißt, Versicherungsnehmer können besser in Risikoklassen eingeteilt werden und Versicherungsprämien können besser an verschiedene Risikoklassen angepasst werden.

Mehrere Studien der letzten Jahre haben gezeigt, dass zunehmend mehr Bürger bereit sind, ihre Daten gegen den Tausch von Mehrwerten oder Rabatten einzutauschen (<http://www.kugler-finanz.de/rund-jeder-zweite-deutsche-zum-tausch-daten-gegen-rabatte-bereit/>, <https://www.versicherungsmagazin.de/rubriken/branche/tausche-daten-gegen-mehrwerte-1889734.html>). Im Internet wird dieses Prinzip schon seit Jahren, für Nutzer aber nicht immer transparent sichtbar, umgesetzt. Dieses Tauschprinzip, Daten gegen Dienstleistungen, wird in den nächsten Jahren zunehmend auch außerhalb des Internets in der physischen Welt zu finden sein.

Kernansatz war zu Projektstart die Datennutzung innerhalb des Geschäftsmodells und die externe Vermarktung der Daten. Es handelte sich demnach um hybride Ansätze, für die Einordnungen von der Ladeinfrastrukturseite notwendig waren. Dazu wurde zu Beginn auf folgende Vorarbeiten zurückgegriffen:

- Neue Geschäftsmodelle zur Ladeinfrastruktur – mit einem Morphologischen Kasten zur Ladeinfrastruktur. Dieser bot eine grundlegende Einordnung der Ladeinfrastruktur und verbundenen Dienstleistung: [https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/sustainability-innovation/2011/WP05-2011\\_neue-Geschaeftsmodelle.pdf](https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/sustainability-innovation/2011/WP05-2011_neue-Geschaeftsmodelle.pdf)

- Kollaborative datenbasierte Geschäftsmodelle. Die Zusammenarbeit verschiedener Akteure in der Kette mit den generierten Daten wurde unter anderem in dieser Publikation dargestellt: [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/industrie-4-0-kollaborative-datenbasierte-geschaeftsmodelle.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=8](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/industrie-4-0-kollaborative-datenbasierte-geschaeftsmodelle.pdf?__blob=publicationFile&v=8)
- Performance Marketing - Social-Media-Advertising – Zielgruppen-Targeting auf Basis von Interessen. Bot eine Grundlage für den Einstieg in ein sehr genaues Zielgruppentargeting als Lösungsansatz für die Bereitstellung der Ladeinfrastruktur und Daten für Dritte im Rahmen der Vermarktung: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-30912-1\\_8](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-30912-1_8)

Datenbasierte Geschäftsmodelle und Dienstleistungen sind nur mit geeigneten, leistungsfähigen IT-Plattformen möglich. Vor Projektbeginn gab es bereits Architekturmuster und in Software umgesetzte Plattformen für bestimmte informationstechnische Aufgaben. Zu nennen sind insbesondere Integrationsplattformen zur Anbindung heterogener Datenquellen, Big-Data-Plattformen zur Datenhaltung und Datenverarbeitung, Plattformen zur Orchestrierung von (Micro-)Services sowie API-Plattformen zum kontrollierten Exponieren und von Diensten. Herausforderung für Daten Tanken war es, die verschiedenen Konzepte sinnvoll zu verknüpfen und an relevanten Stellen etwa um neue Datenaustauschprotokolle zu erweitern, um so eine geeignete Gesamtplattform zu schaffen.

Die Projektpartner haben bereits mehrere Projekte in diesem Themenumfeld abgeschlossen (Auswahl):

**iTESA – intelligent Travellers Early Situation Awareness** (Fraunhofer IVI, Software AG; 2015 – 2018)

Im Projekt iTESA werden aktuelle News, Berichte, Social-Media-Themen und andere Quellen als Datenstrom kontinuierlich eingelesen und hinsichtlich der Problematik Reiserisiken analysiert. Projektergebnis ist die Bereitstellung von Reiserisikodaten und deren Verknüpfung mit aktuellen Reisedaten von Reisenden, um diese im Ernstfall frühzeitig warnen zu können. Nutzer dieser Services sind vor allem Reiseanbieter und die Reisetellen von Firmen die ihrer Mitarbeiter zu Dienstreisen schicken (Fürsorgepflicht des Arbeitgebers).

<http://www.smart-data-itesa.de/>

**CarToX<sup>2</sup> - Serviceplattform für urbane Abdeckung der C2C-Kommunikation, Zugriffsmöglichkeiten für Edge-Clouds und Bewertung von Risiken für automatisiertes Fahren** (Fraunhofer IVI, Software AG; 2017 – 2020)

Erste Erfahrungen im Bereich Big-Data- & KI-Auswertung speziell von Fahrzeugdaten und mobiler Datenübermittlung wurden im Projekt CarToX<sup>2</sup> gesammelt. In diesem Projekt wurden Daten von Fahrzeugen, die tagtäglich im Einsatz sind, über geeignete CarPCs erfasst und über mobile Datenschnittstellen (LTE/WLAN) in das Rechenzentrum am IVI übertragen und für Datenanalysen gespeichert. Die Software AG brachte ihre Digital Business Plattform zur Verknüpfung von Datenquellen und Analysediensten ein. Die in CarToX<sup>2</sup> gesammelten Erfahrungen bilden die Grundlage für die Datenanalyseplattform von Daten Tanken. Die für Daten Tanken nutzbare Expertise langen insbesondere im Aufbau einer Big-Data-Infrastruktur und im sicheren und zuverlässigen Übertragen von Fahrzeugdaten.

<https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/mfund-projekte/serviceplattform-c2c-kommunikation-cartox2.html>

**EmiD - Elektromobilität in Dresden** (Fraunhofer IVI; 2014 – 2016)

EmiD zielte auf eine Steigerung der Wahrnehmung von Elektrofahrzeugen im öffentlichen Raum und einer Minderung von Zugangs- und Nutzungshemmnissen bezüglich Elektromobilität ab. Das Projekt untersuchte die Nutzung und Wirtschaftlichkeit von Elektrofahrzeugen und leistet damit einen Beitrag

zur Integration von Elektrofahrzeugen sowohl in die private und geschäftliche Nutzung als auch in bestehende Verkehrsangebote. Im Rahmen des Vorhabens wurden 16 Elektrofahrzeuge mit einer On-Board-Unit, zur Erhebung von Messdaten, ausgerüstet. Konduktive wie auch neuartige induktive Ladefrastrukturen wurden in der Modellregion Dresden bereitgestellt bzw. entwickelt und erprobt. Die gemeinschaftliche Nutzung der Elektrofahrzeugflotte wurde durch eine Anwendung zur Aggregation und Verfügbarmachung mobilitätsrelevanter Daten, Dispositionssysteme für Elektrofahrzeuge und Ladestationen, ein Managementsystem zur Organisation der Elektromobilitätsressourcen, intelligente Ladesteuerungsstrategien und Analysetools zur Messdatenauswertung unterstützt. Mithilfe der Aufzeichnung von Messdaten während der Fahrzeugnutzung sowie der Durchführung von Befragungen bzgl. der Erwartungen vor und Erfahrungen während der Nutzungsphase wurden Studien zur ökonomischen und nutzerbedingten Akzeptanz von Elektrofahrzeugen erarbeitet und allgemeingültige Erfahrungen und Erkenntnisse festgehalten.

### **Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden**

Für das Projekt wurden nur marktverfügbare Konstruktionen und Geräte verwendet. Es gab keine Eigenentwicklung von neuen Geräten. Bei den Softwarelösungen des Projekts ergibt sich folgende schutzrechtliche Einordnung. Für das Vorhaben wurden lizenzkostenfreie Datenübertragungsstandards ausgewählt. Des Weiteren wurden Softwareprodukte der Software AG eingebracht, welche durch diverse firmeneigene Schutzrechte geschützt sind. Ebenso wurden frühere Ergebnisse der Projektpartner aus anderen Forschungsprojekten verwertet. Zudem wurde Open-Source-Software genutzt. Schutzrechte Dritter wurden bei der Entwicklung der Lösungen des Vorhabens nicht benutzt.

### **Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste**

Für die Abarbeitung des Projektes wurden entsprechende Veröffentlichungen zum Stand der Technik des jeweiligen Fachgebiets verwendet. Insbesondere wurden für wissenschaftliche Recherchen die einschlägigen Quellen genutzt, beispielsweise Springer, Elsevier und ArXiv. Für die verwendeten Geräte und die verwendete Software wurden die entsprechenden Dokumentationen konsultiert. Zudem wurden die Spezifikationen verschiedener Standards, insb. der Kommunikationsstandards OPC UA und MQTT sowie der ladefrastrukturspezifischen Standards OCPP und OCPI genutzt.

## **1.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

### **Landeshauptstadt Dresden**

**Wissenschaftlichen Begleitforschung** Die Landeshauptstadt Dresden hat als Konsortialführer mit der wissenschaftlichen Begleitforschung zusammengearbeitet und beispielsweise das Vorgehen der Verwaltung für ein effizientes Genehmigungsverfahren vorgestellt.

**Volkswagen Sachsen GmbH** Auf der Basis der Kooperation mit der Volkswagen Sachsen GmbH hat die Landeshauptstadt Dresden in der Gläsernen Manufaktur eine Reihe von Veranstaltungen für die interessierte Öffentlichkeit begleitet und über die Maßnahmen zur Weiterentwicklung der Elektromobilität informiert.

**Fraunhofer IAO** Darüber hinaus hat sich die Landeshauptstadt Dresden am Transfertag „Zeitenwende Elektromobilität“ des Fraunhofer IAO in Dresden mit einem Vortrag beteiligt und weitere Projektpartner sowie die Kompetenzstelle Effiziente Mobilität Sachsen (Sächsische Energieagentur – SAENA) in das Veranstaltungsprogramm eingebunden.

**Dresden Marketing GmbH** Für die Erhebung der Relevanz der Elektromobilität für den Tourismus hat die Landeshauptstadt Dresden die Umfrage der Dresden Marketing GmbH begleitet und verbreitet.

**Westsächsische Hochschule (WHZ)** Im Rahmen der Verwertung der Projektergebnisse aus dem SINTEG-Projekt "WindNODE" hat die Landeshauptstadt Dresden mit dem Projektpartner WHZ in der Förderrichtlinie ElektroMobil ein weiteres Projekt erfolgreich beantragt. Als Konsortialführer in beiden Projekten hat die Landeshauptstadt Dresden den Austausch von Erfahrungen und Ergebnissen organisiert.

#### **SachsenNetze GmbH:**

**Stromnetz Hamburg** Der Betrieb von im Projekt errichteter Ladeinfrastruktur wurde durch Stromnetz Hamburg (SNH) unterstützt. SNH führte auf Grundlage der oben beschriebenen Kommunikationsanbindungen ein Echtzeit-Monitoring durch und stellte Zählerstände zur Abrechnung bereit.

**WALTHER-WERKE** Für die bidirektionale Kommunikation einer LIS mit der Entwicklungsplattform wurde mit dem Ladesäulenhersteller WALTHER-WERKE kooperiert. Dabei wurde unter anderem die Firmware an die Protokollstandards angepasst, um die Steuerung der LIS via iMSys im Labor umzusetzen.

**DIGImeto** Um die Entwicklung von technischen Lösungen auf Basis von iMSys durchführen zu können, war eine Kooperation mit dem bei der DREWAG NETZ grundzuständigen Messstellenbetreiber (DIGImeto) erforderlich. Dabei wurde auf dessen Know-how zugegriffen, z. B. zur Parametrierung der Feldgeräte bzw. Gateway-Administration.

**Begleitforschung** Mit der Begleitforschung wurde an der Normung und Standardisierung von Kommunikationsprotokollen für die Schnittstelle LIS und Backend gearbeitet.

#### **Mobilitätswerk GmbH:**

Neben den Konsortialpartnern wurde keine weitere Zusammenarbeit mit Dritten im Projektkontext durchgeführt.

#### **Technische Universität Dresden:**

**Begleitforschung** Die TU Dresden nahm für den Informationsaustausch an verschiedenen Veranstaltungen der Begleitforschung Elektro-Mobil teil.

**F&S Prozessautomation GmbH** Mit der Firma F&S Prozessautomation GmbH bestand ein fachlicher Austausch zur kommunikationstechnischen Anbindung der Feldmessgeräte im Pilotnetz.

**Janitza electronics GmbH** Die verbauten Feldmessgeräte besaßen zu Projektbeginn nicht den erforderlichen Funktionsumfang. Mit dem Gerätehersteller wurden die Anforderungen diskutiert und Lösungen erarbeitet.

Darüber hinaus wurde mit den Elektro-Mobil-Projekten ELBE und LamA-connect Kontakt aufgenommen, um mögliche Synergien zu identifizieren.

#### **IVI:**

**Stromnetz Hamburg** Die Verwaltung der erfassten Ladedaten werden von der „Stromnetz Hamburg“ durchgeführt. Während der Arbeit am Projekt wurden die gewonnenen Ladedaten dem Fraunhofer IVI, in textbasierter Form (Exceltabellen, CSV), zur Verfügung gestellt.

#### **Software AG:**

Verschiedene Veranstaltungen der Begleitforschung Elektro-Mobil wurden besucht. Darunter die Statuskonferenz 2020, Workshops zu preisgesteuertem und bidirektionalem Laden, sowie mehrere Workshops der Fachgruppe Recht.

Mit den Elektro-Mobil-Projekten LamA und E-Com gab es Erörterungen zu Synergien.

In Kooperation mit der Hochschule Darmstadt wurde ein studentisches Praktikum und eine Masterarbeit im Projekt Daten Tanken durchgeführt.

Die Software AG steht mit dem Softwareanbieter Prosys zum Thema OPC UA in Kontakt.

#### **Mobility Center GmbH:**

**Dresdner Verkehrsbetriebe (DVB)** Die DVB sind der wesentliche Partner für die organisatorische und operative Umsetzung der Carsharing-Infrastruktur sowie bei der Entwicklung des begleitenden Kundenangebots MOBI.

**Sachsen Energie (SE)** Die SE sind der wesentliche Partner für die organisatorische und operative Umsetzung sowie des Betriebs der Carsharing-Ladeinfrastruktur und für die Tarifierung des angenommenen Stroms zuständig.

**Bundesverband CarSharing** Mit der bundesweiten Interessenvertretung der Carsharing-Organisationen wurden im Rahmen des Teilvorhabens wichtige Fragen, die Carsharing-Stationen im Öffentlichen Straßenraum, Ladeinfrastruktur für Carsharing-Organisationen und die Etablierung weiterer Geschäftsmodelle betreffen, diskutiert. Diese Diskussionen sind insbesondere für die Verstetigung der erzielten Projektergebnisse notwendig.

**Begleitforschung Elektromobil** Im Rahmen des Teilvorhabens beteiligte sich der Projektpartner im Rahmen des Möglichen insbesondere an Themen des bidirektionalen Ladens.

## 2. Eingehende Darstellung

### 2.1. Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

Tabelle 2.1: Verwendung Teilvorhaben Konsortialführer Landeshauptstadt Dresden

Geplantes Ergebnis	Erzieltes Ergebnis
Kurzfristige und nachhaltige Verbesserung der Luftqualität im Stadtgebiet der Landeshauptstadt	Die NO <sub>2</sub> -Belastung konnte erfolgreich deutlich unter den Grenzwert des Jahresmittelwerts von 40µg/m <sup>3</sup> gesenkt werden. Zu Projekteinreichung betrug der Jahresmittelwert 45 µg/m <sup>3</sup> (s. Anlage zum Förderaufruf BAnz AT 04.01.2018 B2). Zum Projektende ist der Wert erfolgreich auf 28 µg/m <sup>3</sup> gesunken.
Das Geschäftsmodell besteht im Tausch von Daten gegen Strom: Um einen vergünstigten Ladetarif nutzen zu können, gewährt der Fahrzeughalter Zugriff auf Fahrzeugdaten. Die Refinanzierung erfolgt über die Monetarisierung der gesammelten Daten am Markt.	In Folge des Ausscheidens des Projektpartners Cleopa musste der ursprünglich geplante Ansatz zur Entwicklung der Smart Services angepasst werden. Das Prinzip Daten gegen Strom wurde um ein alternatives Leitprinzip Daten gegen Mehrwerte erweitert. Auf der Basis dieser Anpassung wurden zwölf Use Cases identifiziert und eine Auswahl von vier Use Cases pilothaft umgesetzt.
Erhöhung der Auslastung durch Smart-Services	Mit den Untersuchungen zu Use Case 5, wie der nutzerseitigen Bereitstellung von Informationen, deren Analyse und Verwertung sowie der Möglichkeit, Ladekapazitäten freizuhalten, wurden konzeptionelle Vorarbeiten geleistet, die in Verbindung mit dem intelligenten Routing im Förderprojekt E-Com in die Realität umgesetzt werden.
Senkung der Strombezugskosten durch Smart-Service	Der CPO erhält für die Bereitstellung des Ladesäulenstatus von den Navigationsprovidern eine Gebühr.
Ausbau der multimodalen Mobilitätspunkte	Im Förderzeitraum sind insgesamt 55 intermodale Mobilitätspunkte neu errichtet worden.
Stärkung der Carsharing-Nutzung mit emissionsarmen Kfz im urbanen Raum	s. teilAuto
Planung, Aufbau und Errichtung von 186 öffentlichen Ladepunkten	187 Ladepunkte an insgesamt 63 MOBPunkten (öffentlich zugänglich und für eCarsharing) errichtet
Detektierung der Stellplatzbelegung und Übertragung der Daten über ein aufzubauendes LoRaWAN-Kommunikationsnetzwerk	Die Verfügbarkeit aller Stellplätze der Ladeinfrastruktur an den MOBPunkten wird im backend-System angezeigt. Der für die Datenübertragung notwendige Aufbau eines LoRaWAN-Kommunikationsnetzwerks konnte erfolgreich umgesetzt werden. Von den ursprünglich geplanten 29 Gateways im Stadtgebiet, sind in einem ersten Schritt 15 Gateways installiert worden. Die erforderliche Verdichtung der Gateways wird im Förderprojekt E-Com (01MZ19003A) realisiert.

Anbindung der Stellplatzbelegung an die Urban City Platform; Visualisierung Belegungsstatus	Die Informationen zum Belegungsstatus wurden über Schnittstellen bereitgestellt. Auf dieser Datenbasis werden diese Informationen auf dem im Förderprojekt Cities in Charge entwickelten Dashboard angezeigt. Darüber hinaus könne die Daten mit Hilfe des Element IoT-Tools dargestellt werden.
---	--

Tabelle 2.2: Verwendung Teilvorhaben SachsenNetze GmbH

Geplantes Ergebnis	Erzieltes Ergebnis
Aufbau und teilweiser Betrieb öffentlicher und nicht-öffentlicher Ladeinfrastruktur für die DREWAG NETZ GmbH	Im Rahmen des Projektes wurden statt der geplanten 66 LP 73 LP errichtet
Systemintegration von iMSys inkl. Steuerbox zum Datenempfang und Steuerung von LIS	<p>Laborimplementierung von iMSys inkl. Steuerbox in Ladeinfrastruktur auf Basis OCPP 1.6</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Empfang von ladepunktscharfen Messwerten und Heart-Beats</li> <li>• Steuerung der Ladeinfrastruktur aus dem Backend mittels GUI <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Remote Start/Stop eines Ladevorgangs</li> <li>○ Auswerten und Aufspielen von Ladeprofilen zur Begrenzung der max. Ladeleistung</li> </ul> </li> <li>• Entwicklung einer GUI zur Generierung von OCPP-Steuerbefehlen</li> </ul> <p>Eruierung techn. Grundlagen für die Implementierung des Protokolls OCPP 2.0 bzw. EEBus. Aufbau/Erprobung von Teillösungen</p>
Integration von iMSys zur Übertragung von Netzzustandsdaten in die Serviceplattform	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konzeption/ Aufbau Stammdatenmodell</li> <li>• Integration von Bewegungsdaten via iMSys zur Übertragung von Netzzustandsdaten (TAF 10) in die Entwicklungsplattform</li> <li>• Anbindung von iMSys für Netzzustandsdaten und EEG-Anlagen</li> <li>• Design und Entwicklung von Services zur Netzbeobachtung</li> </ul>
Unterstützung der State Estimation (TU Dresden) anhand von Beispielnetzen	<p>State Estimation anhand von Beispielnetzen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Installation konventioneller Messtechnik</li> <li>• Vernetzung der Sensorik mit der SAG-Cloud</li> <li>• Auswertung von Netzparametern mittels Standardwerkzeugen</li> </ul>

Tabelle 2.3: Verwendung Teilvorhaben Mobilitätswerk GmbH

Geplantes Ergebnis	Erzieltes Ergebnis
Erstellung von Nutzungskonzepten, Diensten, Betreibermodellen und Plattformentwick-	Entwicklung von Personas, Geschäftsmodellfindungsanalysen, Betreibermodellparameteranalyse mit Entwicklung, Durchführung von Experteninterviews und Workshops, Abgleich mit

lungen, die zu einer bedarfsgerechten Ladeinfrastruktur beitragen	Nachfrage nach Ladeinfrastruktur mit dem Simulationstool "GISeLIS" → Low-Cost-Ladeinfrastruktur ist durch Geschäftsmodelle, die nicht auslastungsgetrieben sind, nur teilweise finanzierbar. Die Kombination der Aspekte bietet großes Potential. Gute Standorte mit hoher Auslastung durch wechselnde Nutzergruppen im Tagesverlauf bieten ein hohes Potential. Es kommt insbesondere der Auslastungsoptimierung eine hohe Relevanz zu. Dies umfasst sowohl Reservierungssysteme als auch Standzeiten verbunden mit Strafzahlungen, die je nach Auslastung zeitlich variabel sein sollten.
Vorantreiben der Verfügbarkeit von Serviceplattformen im Elektromobilitätsbereich	Analyse des IST-Standes von Serviceplattformen mit Schwerpunkt LIS, Anforderungsanalysen bei den Zielgruppen beim Low-Cost-Laden, Kundenzufriedenheitsanalyse auf Basis von Kundenrückmeldungen, Entwicklungserfordernisse, Projektion von Verbesserungen im Betrieb
Erlangen von Kenntnissen zur bedarfsgerechten Projektierung, Projektsteuerung sowie Diensteakzeptanz und -design	Rahmenparameter zum Betrieb von Ladeinfrastruktur und deren Kosten-, Erlös- und Kundenstrukturen, Akzeptanzuntersuchungen zu Dienstschwerpunkten und der Entwicklung der passenden Abläufe/Prozessdesign
Eruieren von Zahlungsbereitschaften, Funktionsweisen der Geschäftsfelder und Nutzerakzeptanz von Smart Services	Nutzerakzeptanz für die Smart Services wurde über eine Bürgerbefragung und Interviews erhoben → Ladevorgang wird analog zum Tankvorgang als eine Leistung wahrgenommen. Zusatzdienste werden bei finanziellen Vorteilen genutzt, es gibt aber keine intrinsische Motivation zur kombinierten Nutzung. Daher sind Zusatzdienste nur im lokalen/regionalen Wohnumfeld umzusetzen. Im nationalen Reiseverkehr ist dies nicht zu erwarten.

**Tabelle 2.4: Verwendung Teilvorhaben Technische Universität Dresden**

<b>Geplantes Ergebnis</b>	<b>Erzieltes Ergebnis</b>
Modellierung des elektrischen Netzes zur Berechnung der Auswirkung der Integration von Elektrofahrzeugen	Niederspannungsnetze erfordern dreiphasige Berechnungsverfahren zur Ermittlung der phasen-spezifischen Strom- und Spannungsverteilung. Entsprechende Modelle der Netzbetriebsmittel wurden hierfür implementiert.
Automatisiertes Berechnungsverfahren zur Ermittlung der erforderlichen Messkonfiguration für die Zustandsidentifikation	Die Messkonfiguration im Pilottestnetz für die Zustandsidentifikation war durch technische Einbaurestriktionen der dazu notwendigen Feldmessgeräte vordefiniert. Es wurden Netzanalysatoren in einer Ortsnetzstation, vier Kabelverteilerschränken und einer LIS verbaut und kommunikationstechnisch angeschlossen. Obwohl kein Freiheitsgrad bei der Wahl der Einbaupositionen bestand, wurde die Platzierungsaufgabe von Messgeräten als Optimierungsproblem betrachtet. Untersuchungen konnten zeiti-

	<p>gen, dass sich für dieses kombinatorische Problem insbesondere meta-heuristische Optimierungsverfahren eignen. In diesem Zusammenhang wurde ein evolutionäres Verfahren, der Genetische Algorithmus, implementiert und mit Hilfe von Simulationsrechnungen evaluiert. Die Ergebnisse zeigen, dass mit Hilfe des implementierten Verfahrens automatisiert Messkonfigurationen in hinreichender Berechnungszeit ermittelt werden können.</p>
<p>Zustandsidentifikation im Niederspannungsnetz</p>	<p>Algorithmen zur Zustandsidentifikation in Niederspannungsnetzen (NS-Netze) konnten im Projekt weiterentwickelt werden. Aufgrund der nur spärlichen Datenlage von aktuellen Strom- und Spannungsmesswerten im NS-Netz werden Ersatzwerte für fehlende Messinformationen (Pseudo-Messwerte) benötigt. Dabei hängt die erzielbare Qualität des berechneten Netzzustandes maßgeblich von der Güte der Pseudo-Messwerte ab. Innerhalb des Projektes wurde ein deterministischer Modellierungsansatz zur Beschreibung der inhärenten Unsicherheit von Pseudo-Messwerten entwickelt. Mit Hilfe dieses neuartigen, auf Affiner Arithmetik basierenden Konzepts, ist es möglich, die zur Verfügung stehenden Messinformationen bestmöglich auszunutzen und die Unsicherheit von Pseudo-Messwerten zu minimieren. Das Verfahren wurde simulationsgestützt anhand von Beispielszenarien weiterentwickelt und anschließend auf der Plattform der Software AG mit realen Messdaten aus dem Pilotnetz unter Praxisbedingungen erprobt.</p>
<p>Phasenidentifikation basierend auf Messdaten</p>	<p>Die Zustandsidentifikation erfordert einen konsistenten Datensatz der verteilten Feldmessgeräte. Hierzu zählt mitunter die korrekte Zuordnung der Messgrößen zu den jeweiligen Außenleitern. Aufgrund von Bau- und Reparaturarbeiten können unbeabsichtigte Kreuzungen der Außenleiter im NS-Netz vorliegen. Zur automatisierten Identifikation der korrekten Phasenzuordnung wurde eine adaptierte Version des "k-Means Clustering" Verfahrens implementiert und zunächst mit Hilfe von synthetischen Testdaten erprobt. Nach erfolgreicher kommunikationstechnischer Anbindung der Feldmessgeräte konnte das Verfahren erfolgreich mit realen Messdaten verifiziert werden.</p>
<p>Konzept zum Lademanagement von Elektrofahrzeugen unter netzdienlichen Interessen</p>	<p>Aufgrund der hohen Anschlussleistung stellen Elektrofahrzeuge einerseits belastungsdominante Verbraucher dar, andererseits besitzen sie eine vergleichsweise hohe Flexibilität. Im Projekt wurden aus diesem Grund Konzepte zum Engpassmanagement mit Elektrofahrzeugen untersucht. Mit Hilfe der Zeit- und/oder</p>

	<p>Leistungsvarianz des Ladevorgangs ist es möglich, drohende oder eingetretene Netzengpässe (Verletzung von Strom-/Spannungsgrenzwerten) abzumildern oder sogar zu beheben, ohne dass signifikante Einschränkungen auf Anwenderseite in Kauf genommen werden müssen. Hierzu wurde ein Algorithmus entwickelt, der eine Engpassbehebung durch einen zielgerichteten Einsatz der verfügbaren Flexibilität von Elektrofahrzeugen ermöglicht. Dabei wird anhand einer Effektivitätsbetrachtung die Flexibilität priorisiert und insofern abgerufen, dass nur eine minimale Veränderung der aktuellen Betriebspunkte der LIS resultiert. Anwenderprämissen, wie z. B. geplante Startzeit oder minimale bzw. maximale Ladeleistung, werden dabei explizit berücksichtigt. Das Verfahren konnte erfolgreich implementiert und mit Hilfe von Simulationsrechnungen getestet werden.</p>
<p>Simulationsmodelle von Elektrofahrzeugen und Schnellladesäulen</p>	<p>Schwerpunkt der Modellierung waren die Schnellladesäulen, da diese sehr leistungsstarke Geräte mit einer hohen Oberschwingungsemission darstellen und deren Auswirkungen auf die Elektroenergiequalität somit um ein Vielfaches höher sind als bei Elektrofahrzeugen, deren Batterie über das on-Board-Ladegerät geladen wird. Anders als bei letztgenannter Gruppe können Schnellladesäulen aufgrund ihrer Größe und vor allem ihrer Leistungsaufnahme jedoch nicht detailliert unter Laborbedingungen charakterisiert werden. Aus diesem Grund wurde ein neues Verfahren entwickelt, welches eine Modellierung unter Netzbedingungen lediglich auf Basis von gemessenen Strom- und Spannungswerten ermöglicht. Voraussetzung für eine erfolgreiche Modellierung mit geringer Unsicherheit der Modellparameter sind hierbei jedoch gewisse Schwankungen der vom Netz herrührenden Spannungsverzerrung, um die Reaktion der Schnellladesäulen auf diese Änderung zu erfassen. Mit einer ausreichend langen Messdauer, einer Messwiederholung zu einem anderen Zeitpunkt oder an einer Schnellladesäule gleichen Typs an einem anderen Standort kann sichergestellt werden, dass solche Änderungen auftreten. Im Ergebnis wurden nach mehreren Messungen an insgesamt vier Schnellladesäulen an zwei Standorten Oberschwingungsmodelle für den Einsatz in Netzsimulationen entwickelt, die neben der Spannungsabhängigkeit auch die Abhängigkeit von der Ladeleistung berücksichtigen.</p>
<p>Bewertung der Störaussendung und Bewertung der Eignung aktueller Normen</p>	<p>Für beide Ladeinfrastrukturstandorte wurde eine ausführliche Emissionsbewertung nach der aktuell gültigen Norm, der VDE AR-N 4100, durchgeführt. Dabei wurden gewisse Schwachstel-</p>

	<p>len dieser Norm aufgedeckt, welche insbesondere dann auftreten, wenn die Ladeinfrastruktur in Kombination mit einem Speicher betrieben wird oder wenn der Netzverknüpfungspunkt nicht identisch mit dem Anschlusspunkt der Ladesäulen ist. Diese Ansatzpunkte für eine mögliche Weiterentwicklung der Norm wurden dokumentiert und fanden bereits Eingang in ein entsprechendes Normungsgremium.</p>
<p>Simulationen und Netzmessungen zur Bestimmung des Einflusses von (Schnell-)Ladesäulen auf die Elektroenergiequalität in Niederspannungsnetzen</p>	<p>Als Grundlage für die Modellierung wurden zunächst verschiedene Netzmessungen an Schnellladesäulen durchgeführt. Die entwickelten Modelle wurden dann in eine Simulationsumgebung importiert. Ziel war es, ein Pilotnetz in der Simulation nachzubilden und verschiedene Szenarien, darunter neben zwei gemessenen Basisszenarien auch ein Worst-Case-Szenario mit maximaler Auslastung aller Schnellladesäulen, zu simulieren. Nach einiger Optimierung wurden die Simulationen abgeschlossen und die Ergebnisse der beiden Basisszenarien zum Zwecke der Validierung der Ergebnisse mit den Messungen verglichen. Hier zeigten sich nur geringe Abweichungen, wodurch der gewählte Modellierungsansatz gerechtfertigt wird. Im Worst-Case-Szenario ist im konkreten Pilotnetz mit erheblichen Grenzwertüberschreitungen hinsichtlich der Oberschwingungsemission zu rechnen. Zwar ist ein solches Szenario zum gegenwärtigen Zeitpunkt eher theoretischer Natur, jedoch wird die Wahrscheinlichkeit seines Auftretens in den kommenden Jahren mit zunehmender Durchdringung von schnellladefähigen Elektrofahrzeugen ansteigen.</p>
<p>Charakterisierung der frequenzabhängigen Netzimpedanz zur Entwicklung aggregierter Simulationsmodelle</p>	<p>An beiden Ladeinfrastrukturstandorten, welche für die Modellierung der Schnellladesäulen genutzt wurden, sind auch Messungen der frequenzabhängigen Netzimpedanz vorgenommen worden. Diese Messungen ermöglichen die Modellierung von sowohl dem vorgelagerten Mittelspannungsnetz und den weiteren Transformatorabgängen als auch von den Eingangsimpedanzen der Schnellladesäulen. Dabei wird ein Frequenzbereich bis zu 150 kHz abgedeckt, wobei für Oberschwingungssimulationen lediglich der Bereich bis 2 kHz relevant ist. Über einen Optimierungsalgorithmus wurden schließlich aus den gemessenen Frequenzgängen die Parameter einer Impedanzersatzschaltung abgeleitet. Diese Schaltung lässt sich als Impedanzmodell in die Simulationsumgebung integrieren. Dadurch wird die frequenzabhängige Netzimpedanz in der Simulation korrekt berücksichtigt, wodurch eine realistische Simulation der Oberschwingungspegel ermöglicht wird.</p>

Visualisierung des Projektes	Ein Demonstrator zur Visualisierung der Stadt Dresden wurde mit der Software Unity erstellt. Dabei konnte ein Demonstrationsvideo im Rahmen der WindNODE-Ausstellung publikumswirksam eingesetzt werden.
------------------------------	--

Tabelle 2.5 Verwendung Teilvorhaben IVI

Geplantes Ergebnis	Erzieltes Ergebnis
Sichere Erfassung und Übertragen von Daten aus den Fahrzeugen und Smart Metern hin zum Rechenzentrum.	<p>Flotten-Fahrzeuge (CAN-Logger): Die fahrzeugseitige Batterie- und Fahrdatenerhebung wird mittels CAN-Loggern durchgeführt. Diese übertragen die Daten SSH-verschlüsselt via LTE oder WiFi an die IVI-Serverinfrastruktur. Zur Interpretation ist ein DBC-File erforderlich.</p> <p>Ladestationsdatenerhebung: Die Erhebung von wegseitigen Ladedaten aus dem Ladenetz der SachsenEnergie erfolgt via OCPP. Dafür wurde die zu erfassende Signalliste für ausgewählte Stationen um die Signale Lade-Spannung, -Strom, -Leistung und Fahrzeug-SOC erweitert. Die Daten werden an das OCPP-Backend eines externen Dienstleisters übermittelt, welcher initial eine API für den Abruf in Aussicht stellte. Die API-Einführung wurde seitens des Backend-Betreibers jedoch mehrfach verschoben, sodass im Projekt auf einen manuellen Export zurückgegriffen werden musste.</p>
Integration und Verarbeitung von Daten im Big-Data-Kontext: Extrahieren relevanter Informationen, Fusionieren mehrerer Datenquellen, Aggregieren zu relevanten Kenngrößen, Transformieren in weiterverwendbare Datenformate. Anschließende Bereitstellung der Datenintegrationsverfahren als Smart Data Services	<p>Data-Warehouse: Zum Zwecke der Filterung, Vorsortierung und permanenten Speicherung von Ladedaten wurde eine Data-Warehouse-Architektur entworfen und implementiert. Nachrichtebasierte Datenquellen können Daten mithilfe des MQTT-Protokolls (z.B. CAN-Logger) integriert werden. Für Datenstrombasierte Quellen wurde Apache Kafka vorgesehen. Aufgrund der Nichtbereitstellung einer API durch einen externen Dienstleister (siehe oben) wurde ein manueller Import von Ladedaten per MS Excel/CSV-Datei vorgesehen. Vorsortierte und gefilterte Daten werden permanent in einer Apache-Cassandra-Datenbank abgelegt, wodurch sie der Nutzung durch Smart Data Services zur Verfügung stehen. Es werden drei Replikate der Serverstruktur zur Verfügung gestellt, um Leistungsspitzen bei Dateneingang abzufangen, und partielle Systemausfälle zu kompensieren.</p> <p>Aufbau eines GPU-Cluster: Um den Einsatz von KI-basierter Analysemethoden effizienter zu gestalten, wurde ein GPU-Cluster konzipiert und aufgebaut. Entscheidend für den Effizienzgewinn sind insbesondere die parallele Lauffähigkeit durch mehrere CPUs, sowie schnellere Speicheranbindung bei Training aufgrund des sehr großen verfügbaren Arbeitsspeichers.</p>

	Anbindung an SAG-Plattform, IDS-Connector: Die Daten sind erfolgreich in einem „International Data Space“ (IDS) bereitgestellt worden und können mithilfe eines Dataspace-Connectors periodisch abgerufen werden. Zur Vereinfachung der Einrichtung bei Projektpartnern wurde außerdem eine Dokumentation angefertigt und eine Automatisierung umgesetzt.
Veredelung der Daten und Generierung neuer Erkenntnisse aus den Daten mit Hilfe geeigneter (KI)-Analytik. Auswahl, Implementierung und Optimierung geeigneter Algorithmen.	Batterieanalyse: Als ein Use Case wurde die Batteriediagnose auf Basis der wechselseitigen Ladedaten identifiziert. Zur Erhöhung der Analysequalität wurden Anpassungen hinsichtlich der Datenerhebung innerhalb der OCPP-Spezifikationen erarbeitet und erprobt. Von den Ladedaten aus dem OCPP-Backend werden die Batteriesignale genutzt, um mittels der durchgeführten (Teil)Ladungen den Batteriezustand zu ermitteln (SOH: Restkapazität). Durch regelmäßige Ladevorgänge kann die fahrzeugspezifische Batteriegesundheitshistorie abgebildet werden, welche sich als Ausgangsbasis für eine Restwertbestimmung eignet. Dafür ist die eindeutige Identifikation des Fahrzeuges entscheidend, welche im Projekt für die Testfahrzeuge mittels OnBoard-Unit erfolgte. Perspektivisch wird die eindeutige Identifikation durch Komfortfunktionen wie Auto Charge und Plug & Charge erleichtert. Auf Basis der nahezu lückenlosen, fahrzeugspezifischen Batteriedaten, welche durch CAN-Logger erhoben werden können, sind noch detailliertere Batterieanalysen möglich. Dafür wurde ein Battery Neural Network (BNN) zur Ausführung auf dem GPU-Cluster aufgesetzt. Nach dem Training des BNN bildet dies das Batterieverhalten ab, sodass durch virtuelle Experimente der Batteriezustand ermittelt werden kann (SOH: Restkapazität, Innenwiderstand) oder die Einsatz eignung eines vorgealterten Fahrzeugs auf einer anderen Route zuvor virtuell geprüft werden kann (z.B. ÖPNV-Buslinien, Lieferverkehr). Durch ihre gute Parallelisierbarkeit profitiert diese Art der Auswertung von der Verwendung des GPU-Clusters. Insbesondere die Skalierung auf Fahrzeugflotten wird dadurch erst praktikabel.

Tabelle 2.6: Verwendung Teilvorhaben Software AG

Geplantes Ergebnis	Erzieltes Ergebnis
Erforschung existierender Datenbankkonzepte	Es wurden vielfältige Datenbankkonzepte und andere Technologien zur organisierten Speicherung von Daten untersucht und mit den Anforderungen der Anwendungsfälle verglichen. Dabei wurden relationale und nicht-relationale Speicher berücksichtigt. Auch auf Möglichkeiten zur effizienten Speicherung von Zeitreihen wurde ein Augenmerk gelegt. Basierend auf den Untersuchungen konnte für die verschiedenen Anwendungsfälle eine jeweils geeignete Lösung gefunden werden.

Erforschung geeigneter Schnittstellen zur Anbindung der Datenquellen	Es wurden vielfältige Schnittstellentechnologien hinsichtlich ihrer Eignung zur Anbindung der Datenquellen der Anwendungsfälle untersucht. Darunter waren auch die sehr jungen Technologien OPC UA PubSub und International Data Spaces (IDS). So konnte für alle im Laufe des Projektes als relevant identifizierten Datenquellen geeignete Schnittstellen definiert werden.
Erforschung geeigneter Schnittstellen zur Anbindung der Analysealgorithmen	Zur Integration der Analysealgorithmen wurden sowohl Schnittstellen, etwa für die ereignis- oder anforderungsgesteuerte Ausführen von Algorithmen, als auch schnittstellenunabhängige Aspekte wie der Betrieb von Algorithmen in einer Microservicearchitektur betrachtet. Auch hier konnte für alle Anwendungsfälle eine geeignete Lösung gefunden werden.
Erforschung geeigneter Schnittstellen zur Anbindung der Smart Services	Für die Anbindung von Smart Services wurden mehrere Aspekte betrachtet. Die Integration von Datenquellen und Algorithmen ist bereits oben separat erläutert. Hinzu kommen Schnittstellen zu den Nutzern der Smart Services. Hier wurden webbasierte APIs, Webanwendungen und Smartphone-Apps untersucht. Schließlich war zur Integration der Smart Services in die Daten-Tanken-Plattform auch die Erforschung von Möglichkeiten zum Anwendungsübergreifenden Identitäts- und Berechtigungsmanagement nötig.
Erforschung der für den Marktplatz benötigten Module und Transaktionsdienste	Die Erforschung von Transaktionsdiensten wurde zugunsten von Forschung und Entwicklung zu Smart Services selbst zurückgestellt. Über die „Digital Business Plattform“ der Software AG können jedoch Transaktionsdienste zur Abrechnung der API-basierten Smart Services integriert werden.
Datenbank ist entwickelt	Die Datenhaltung wurde nicht in einer einzigen Datenbank, sondern in verschiedenen relationalen und nicht-relationalen Speichern umgesetzt. Die Integration in die Plattform ist über geeignete Schnittstellen sichergestellt.
Schnittstellen zur Anbindung der Datenquellen sind adaptiert bzw. entwickelt	Der Fokus im Projekt lag auf den Schnittstellentechnologien OPC UA PubSub und IDS. Für erstere waren aufgrund der mangelhaften Verfügbarkeit von Implementierungen in der frühen Projektphase umfangreiche Eigenentwicklungen nötig. Auch Adaptierungen hinsichtlich nicht-standardkonformen Verhaltens von Industriegeräten waren nötig. Daneben wurden verschiedene bereits etablierte Schnittstellenstandards in die Plattform integriert und für die Anbindung der konkreten Datenquellen adaptiert.
Schnittstellen zur Anbindung der Analysealgorithmen sind adaptiert bzw. entwickelt	Alle Analysealgorithmen der Anwendungsfälle wurden auf geeignete Weise an- und eingebunden. Dafür wurden die relevanten Schnittstellen eingerichtet und geeignete Ausführungsumgebungen bereitgestellt.
Schnittstellen zur Anbindung der Smart Services sind adaptiert bzw. entwickelt	Für die Smart Services wurden geeignete APIs und Webanwendungen implementiert. Die Implementierung von Smartphone-Apps wurde frühzeitig explizit ausgeschlossen und nur konzeptuell betrachtet. Für das Identitäts- und Berechtigungsmanagement wurde Keycloak in die Plattform und die Smart Services integriert.

Marktplatz für die Bereitstellung der Smart Services ist entwickelt	Die finale Serviceplattform stellt die vorhandenen Smart Services bereit. Die Plattform umfasst auch die relevanten Marktplatzfunktionen zum Ausstellen, Suchen und Buchen von Smart Services.
---	--

Tabelle 2.7: Verwendung Teilvorhaben Mobility Center GmbH

Geplantes Ergebnis	Erzieltes Ergebnis
ein Stationsnetz für elektromobiles Carsharing	<p>ein Stationsnetz von insgesamt 53 MOBIpunkten mit mindestens einem Carsharing-Stellplatz</p> <p>Insgesamt 134 Carsharing-Stellplätze an MOBI-Punkten</p> <p>Insgesamt 61 für eCarsharing reservierte Ladepunkte an MOBI-punkten</p> <p>Damit konnten eine Flotte von 60 elektromobilen Carsharing-fahrzeugen aufgebaut und mehr als 2.000 Carsharing-Kunden gewonnen werden. Insgesamt wurden im Projektzeitraum mehr als 13.500 elektromobile Carsharing-Fahrten durchgeführt.</p>
Schnittstellen bzw. Services für Datenabruf und -verarbeitung	<p>Im Rahmen der Szenarienerstellung wurden die grundsätzlich verfügbaren und datenschutzrechtlich nutzbaren Daten katalogisiert. Für Nutzung in den Datenverwertungskonzepten des Vorhabens, v.a. für Smart Services waren diese nicht umfangreich und tief genug.</p> <p>Im Zuge der Neuausrichtung der Carsharing-Verwaltungssoftware sind die Schnittstellen und Datenbereitstellungsservices des vorherigen Softwaresystems durch neue zu ersetzen. Aufgrund der Systemumstellung nach Projektende wird das erst im Nachgang des Vorhabens möglich sein.</p>
Skizzen für bzw. Erstellung von Smart Services mit einem Fokus auf elektromobilem Carsharing	<p>Bereits Anfang 2020 wurden frühzeitig die Erkenntnis gewonnen, dass Carsharing aufgrund der erarbeiteten Randbedingungen (noch) kein Anwendungsfall für den Einsatz von Smart Services darstellt.</p> <p>Aufgrund des Ausscheidens eines Projektpartners und der Weiterentwicklung des Ansatzes zur Nutzung von Smart Services innerhalb des Gesamtvorhabens wurde zur Erreichung der geplanten Ergebnisse nicht weiter gearbeitet.</p>

## 2.2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

### **Landeshauptstadt Dresden:**

#### **Personalausgaben: Pos. 0817**

Die Besetzung der Stelle der Projektkoordination hat sich zu Projektbeginn verzögert. Nachdem die eingestellte Koordinatorin nicht mehr zur Verfügung stand konnte die Stelle nach über fünf Monaten erfolgreich zum Juni 2021 neu besetzt werden. Das Projektmanagement ist durch grundfinanziertes Personal der ausführenden Stelle aufgefangen und erfolgreich fortgeführt worden.

#### **Gegenstände und andere Investitionen über 800 Euro: Pos. 0850**

Ausgangslage der Kostenkalkulation des Projektes waren Angebote aus dem Jahre 2018 und 2019. Zu Projektbeginn waren die Standorte der MOBIpunkte festgelegt, jedoch war die genaue Lage der Ladefachinfrastruktur noch nicht definiert. Der Umfang der Tiefbauarbeiten wurde daher pauschal kalkuliert. Mangels konkreter Verortung der Ladesäulen war zum Zeitpunkt der Antragsstellung nicht bekannt, wie groß die Entfernung zwischen der Ladesäule und dem notwendigen Netzanschluss tatsächlich ist. Die Entfernung wurde auf der Grundlage bisheriger Erfahrungen pauschal bewertet. Mit Planungsbeginn der einzelnen MOBIpunkte zeigte sich, dass der pauschale Wert nach Abwägung funktionaler und verkehrsrechtlicher Aspekte zur konkreten Verortung der Ladesäulen zu niedrig angesetzt wurde.

Pandemie-bedingt kam es sowohl im Bereich der Materialbeschaffung als auch bei den Tiefbauarbeiten zu Engpässen, die einerseits zu erheblichen Verzögerungen und andererseits zu einer Erhöhung der Kosten führten.

Ein Großteil der Mehrkosten konnte durch die Einsparung eines Batteriespeichers und die Umwidmung nicht benötigter Finanzmittel insbesondere den Personalausgaben ausgeglichen werden. Der verbleibende Teil der Mehrkosten wird durch den Auftragnehmer übernommen.

### **SachsenNetze GmbH:**

#### **FE-Fremdleistung: Pos. 0823**

Für die Entwicklung der avisierten Funktionen im Projekt Daten Tanken bedarf es einer qualifizierten Systemumgebung. Zum Aufbau und Betrieb dieser Entwicklungsinfrastruktur wurde die Fa. RDS GmbH beauftragt. Auf Grund vielfältigster technologischer Weiterentwicklungen rund um die intelligenten Messsysteme (iMSys) war es unumgänglich, verschiedene, nicht geplante Systemanpassungen (Integration GWA-System, Speicher/ Prozessoren, Änderung Releasestände, Umbau Netzwerksegmente, etc.) kontinuierlich durchzuführen. In dessen Folge kumulierten sich Mehrkosten für Hosting- und Patchleistungen.

**Abschreibung: Pos. 0847**

Zum Zeitpunkt der Projektplanung bestanden nur Absichtserklärungen mit potenziellen Anwendern, wo über den konkreten Umfang der Maßnahmen nur indikative Vorstellungen existierten. Diese wurden dann im weiteren Projektverlauf weiter untersetzt und zur Konkretisierung gebracht. Dies hatte zur Folge, dass bestimmte Baumaßnahmen dem Urplanungsstand nicht mehr entsprachen bzw. zeitlich verspätet realisiert wurden. Dies führte zu einer Nichtinanspruchnahme von geplanten Mitteln.

Diese Plan/Ist-Verschiebungen innerhalb der beiden Budgetarten wurden im Rahmen einer Umwidmung berücksichtigt.

**Personal: Pos. 0837**

Die im Projektantrag veranschlagten Personalkosten wurden benötigt und im Grundsatz ausgeschöpft.

**Unmittelbare Kosten: Pos. 0850**

Die Planungsgrößen im Projektantrag wurden im Grundsatz erfüllt, inhaltlich gab es kleinere Änderungen, so z.B. kam statt der geplanten iMSys zur Netzzustandsüberwachung klassische Messtechnik zum Einsatz.

**Mobilitätswerk GmbH:****Position 0837: Personal**

Die veranschlagten Personalkosten wurden benötigt und weitgehend ausgeschöpft.

**Reisekosten und sonstige unmittelbare Vorhabenkosten**

Aus Gründen der sauberen Trennung von Reisekosten zwischen anderen Dienstreisen und Projektdienstreisen, wurde bei geringem Reisekostenanfall, diese Position zur Vermeidung von Prüfaufwendungen nicht in Anspruch genommen. Die befürchteten Nachprüfungsaufwände waren zu hoch. Es fanden zusätzlich, aufgrund der Pandemie, wenige Dienstreisen statt. Die sonstigen unmittelbaren Vorhabenkosten bezogen sich auf eine starke Messearbeit und physische Veranstaltungen. Diese fielen aus Pandemiegründen nicht an. Angefallene Aufwendungen wurden wiederum aufgrund von Vereinfachungen nicht abgerechnet.

**Technische Universität Dresden:**

Die Zuwendung wurde im Projektzeitraum, stets unter der Berücksichtigung der AnBest-P, verbraucht. Es gab während der Projektbearbeitung Umwidmungs- und Änderungsanträge, in welchen Ausgabearten entsprechend der aktuelle Projektziele angepasst worden sind.

In der AA 0812 konnten Hr. Schmidt sowie Hr. Müller die gesamte Laufzeit als wissenschaftliche Mitarbeiter (WMA) das Projekt mit kurzfristiger Unterstützung von weiteren WMA abschließend bearbeiten. Aufgrund der Corona-Pandemie konnten jedoch nicht alle Personalkosten in vollem Umfang verbraucht werden. Dies führt auch dazu, dass die bewilligte Gesamtförderung nicht in vollem Umfang abgerufen wurde.

Im Projektzeitraum konnten neue Netzanalysatoren PQ Box 300 sowie weitere Geräte angeschafft werden, welche für die Verwendung zukünftiger wissenschaftlicher Zwecke unabdingbar sind und der Professur einen großen Mehrwert für die zukünftige Bearbeitung weiterer öffentlicher Projekte bringt. Daher verbleiben die Geräte nach Projektende an der Forschungseinrichtung.

#### **Fraunhofer IVI:**

##### **Position 0837: Personal**

Die im Projektantrag veranschlagten Personalkosten wurden benötigt und ausgeschöpft.

##### **Position 0847 vorhab. AfA: in 2018 70.894,16 EUR Betriebs- und Geschäftsausstattung**

Um die aus den Fahrzeugen und der Ladeinfrastruktur gesammelten Daten im Fraunhofer Cluster abzuspeichern und bearbeiten zu können, musste entsprechende Hardware angeschafft werden. Der Cluster-Stack für Verarbeitung der Datenvolumina umfasste vier Fujitsu Technology PRIMERGY RX2540 Hadoop als Rack-Einschub im Umfang von EUR 70.894,16.

##### **Position 0847 vorhab. AfA: in 2021 30.560,10 EUR Betriebs- und Geschäftsausstattung**

Für eine weiterführende und über die im Antrag hinausgehende Forschungsaktivität der Batterierestlaufzeitschätzung wurden Gelder umgewidmet. Die Bestimmung des Batteriezustands aus Ladedaten durch die digitale Modellierung der Batterie konnten erste Versuche mittels neuronaler Netze erreicht werden. Für diese Modellierung ist die Gesamtheit des Ladevorgangs entscheidend. Aufgrund der geringen Stromdynamik der meisten Ladevorgänge könnte hier potenziell aber auch eine Verringerung der bisher notwendigen zeitlichen Abtastung und damit der Datenmenge erreicht werden. Die Verringerung des Datenaufkommens ist eines der Hauptanliegen der Stationsbackend-Betreiber. Die neuen Ansätze konnten erste theoretische Konzepte zur Verbesserung der Bewertung von nicht-messbaren Zustandsgrößen wie Leistungsfähigkeit (engl.: state of function, SoF), Ladungszustand (engl.: state of charge, SoC) und Alterungszustand (engl.: state of health, SoH) evaluiert werden. Neben den mathematischen Verfahren können nur neuartige grafikartenbasierte Server genutzt werden. Diese Server mit Grafikkarten haben Eigenschaften, die speziell auf die GPU optimiert sind. So sind sie thermisch anders gekühlt mit zwei für GPU optierte integrierte Kühlsysteme und verfügen aufgrund komplexeren Strombedarfs über eine entsprechende bessere Stromversorgung. Die Gesamtsumme eines GPU-Servers belief sich auf EUR 30.560,10, wobei es sich um eine Zusammenführung verschiedener technischer Komponenten handelt (HPE ProLiant DL385 Gen10 Plus v2 8LFF CTO Server, AMD EPYC 7713 2.0GHz 64-core 225W Processor for HPE, HPE 32GB (1x32GB) Dual Rank x4 DDR4-3200 CAS-22-22-22, Registered Smart Memory Kit, HPE 10TB SATA 6G Business Critical 7.2K LFF LP, Helium 512e HDD, etc.), welches ausführlich auch im Umwidmungsantrag dargestellt ist.

##### **Position 0838 Reisekosten: 583,61 EUR**

Die Reisekosten beliefen sich im deutlich reduzierten Rahmen Euro, da zum einen die Konsortialmeetings in Dresden stattfanden, zum anderen durch die Pandemie Reisebeschränkungen über einen Großteil der Projektlaufzeit herrschte.

**Software AG:**

**Position 0837 Personalkosten:** Die Personalkosten fielen letztlich höher als geplant aus. Dies ist bedingt durch höhere Arbeitsaufwände an den Smart Services von Daten Tanken zur Kompensation eines weggefallenen Projektpartners. Gegen Projektende zeigte sich, dass die Intensivierung dieser Arbeiten nicht ganz im Kostenbudget umsetzbar war.

**Position 0838 Reisekosten:** Die Reisekosten waren geringer als geplant. Aufgrund der Corona-Pandemie entfielen einige Reiseanlässe. Dies betrifft sowohl Projekttreffen, als auch Disseminationstätigkeiten, z. B. auf Messen. Projekttreffen wurden durch virtuelle Treffen ersetzt. Auch im letzten Projektjahr waren aufgrund des Pandemiegeschehens die Bedingungen für Disseminationsreisen ungünstig.

**Mobility Center GmbH:**

Die wichtigsten Positionen Im AZK stellen Personalkosten, Reisekosten sowie sonstige vorhabenbezogene Kosten dar.

Letztere waren zum Zeitpunkt der Antragstellung insbesondere für erwartbare Programmier- und Anpassungsaufwände in den Carsharing-Backends und -Frontends eingeplant. Diese Aufwendungen gab es letztlich im Vorhaben nicht, da Carsharing entgegen der Erwartungen kein Gegenstand der Entwicklung von Smart Services gewesen ist. Aus diesem Grund wurden die Mittel dieser Position nicht verwendet.

Aufgrund eines höheren Aufwands von Vor-Ort-Terminen in Dresden im Zuge der Erarbeitung und ganzheitlichen Umsetzung des Konzepts MOBI entstanden höhere Reisekosten als ursprünglich geplant.

Die Personalressourcen für AP 1, Anforderungsanalyse und Szenarienerstellung, wurden weitestgehend planmäßig genutzt. Die Personalressourcen für AP 2, Aufbau Ladeinfrastruktur und des Stationsnetzes, wurden ebenfalls weitestgehend planmäßig genutzt. Dagegen wurden die Personalressourcen für AP 3, Datenakquise, -integration und -analytik – Datenintegration, aufgrund des Wechsels in der Carsharing-Verwaltungssoftware etwas überzogen. Die Personalressourcen für AP 5, Konzeption Smart Services, wurden hingegen aufgrund der Strategieänderungen im Gesamtvorhaben, die keine Smart Services im Bereich Carsharing mehr vorsah, weitestgehend nicht genutzt. Dafür wurden höhere Personalressourcen für AP 7, Projektmanagement & Dissemination, genutzt als im Plan, was insbesondere mit der stärkeren Begleitung des Gesamtkonzepts MOBI (Mobilitätsprodukt in Dresden) sowie den Aufgaben zur Verstetigung der Nutzung der errichteten Infrastruktur zu begründen ist.

**2.3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit****Landeshauptstadt Dresden**

Die Bereitstellung und der Betrieb von neuartigen Infrastrukturen zu einem Zeitpunkt, da sich Innovationen noch in einer frühen Entwicklungsphase befinden, sind mit hohen Kosten und vor allem Risiken verbunden. Das gilt insbesondere für die Errichtung der Ladeinfrastruktur.

Planungsverfahren für Investitionen dieser Größenordnung beanspruchen innerhalb der Kommune einen nicht zu vernachlässigenden Zeitvorlauf, u. a. für die Bereitstellung der erforderlichen Finanzmittel im mehrjährigen Haushaltsrahmen. Trotz des politischen Auftrags zur Etablierung der Elektromobilität, wäre die Landeshauptstadt Dresden ohne die Zuwendung oder die Kooperation im Konsortium nicht in der Lage gewesen diesen Beschluss im erforderlichen Zeitrahmen zu realisieren.

Das Sofortprogramm des BMWi hingegen erlaubte es der Landeshauptstadt Dresden und ihren Projektpartnern ein Infrastrukturnetz zu realisieren und gleichzeitig den langfristigen Betrieb der Ladeinfrastruktur zu sichern.

Die NO<sub>2</sub>-Belastungssituation im Hinblick auf den Jahresmittelgrenzwert von 40 [µg/m<sup>3</sup>] verpflichtete die Landeshauptstadt Dresden Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität zu ergreifen und begründete den Zugang zum Sofortprogramm Saubere Luft. Im Jahr 2016 betrug die NO<sub>2</sub>-Immission in der Landeshauptstadt Dresden 45 [µg/m<sup>3</sup>]. Mit dem Green City Masterplan hat die Landeshauptstadt Dresden ein entsprechendes Paket vorgelegt. Die Förderrichtlinie Elektro-Mobil ermöglichte es der Landeshauptstadt Dresden die dort vorgesehenen Maßnahmen zur Weiterentwicklung der Elektromobilität voranzutreiben und den Wert der NO<sub>2</sub>-Immissionen auf 28 [µg/m<sup>3</sup>] zu senken. Damit ist im Projektförderzeitraum eine Verringerung der Immission zu beobachten.

Die zur Durchführung der geleisteten Arbeiten aufgewendeten Ressourcen waren notwendig und angemessen, um die im Arbeitsplan formulierten Aufgaben erfolgreich bearbeiten zu können. Die abgerufenen Fördermittel wurden nach dem Grundsatz der Wirtschaftlichkeit eingesetzt.

#### **SachsenNetze GmbH:**

##### **Aufbau und teilweiser Betrieb öffentlicher und nicht-öffentlicher Ladeinfrastruktur für die DRE-WAG NETZ GmbH**

Im Rahmen des Projektes wurden statt der geplanten 66 LP 73 LP errichtet. Diese Maßnahmen waren notwendig, um den Hochlauf der Elektromobilität im urbanen Raum zu stimulieren und im Rahmen des Sofortprogrammes Saubere Luft mittelfristig eine Reduktion der Schadstoffausstoße im urbanen Verkehrssektor messbar zu erreichen. Eine besondere Herausforderung bestand darin, potenzielle Nutzer/Anwender zu eruieren, die innerhalb der Projektlaufzeit und einhergehend mit der Substitution konventioneller Fahrzeuge verbindlich Elektrofahrzeugen anschaffen sowie nutzen. Zu Beginn des Projektes gab es bis auf die verbindliche Zusage des Partners Deutschen Post/DHL lediglich Absichtserklärungen verschiedener Akteure. Aus diesem Umstand heraus ergab sich ein im Projekt nicht berücksichtigter personeller Akquisitionsaufwand, der sich über längere Zeit und standortabhängig bis ins Jahr 2020 hinzog. Die darauffolgenden Planungsphasen entsprachen den im Projekt avisierten Aufwänden. Die im Projekt geplante Datenbereitstellung konnte effizient durch das IT-Backend e-Round (externe SaaS-Dienstleistung) mit einem hohen Automatisierungsgrad realisiert werden. Der technische Betrieb der LP während der Projektlaufzeit, insbesondere im semiöffentlichen Bereich ist durch geringe Betriebsaufwände gekennzeichnet.

##### **Systemintegration iMSys inkl. Steuerbox zum Datenempfang und Steuerung von LIS**

Im Rahmen des Projektes wurde buchstäblich beim „Technologischen Nullpunkt“ angefangen. Dies betraf sowohl die Feldgerätetechnik als auch die Backend-Entwicklungsumgebung.

**Feldgerätetechnik:** Hier galt es System- und Funktionsanforderungen zu definieren und daraus entsprechende Anbieter für SMGWs/ mMEs bzw. Steuerboxen zu sondieren. Bei den anderen Komponenten wurden zuerst die Empfehlungen der Fa. DIGImeto geprüft bzw. Alternativen evaluiert. Auf-

wändige Bemusterungs- und Funktionserprobungen waren die Folge. Ebenso mussten mit dem Ladesäulenhersteller WALTHER-WERKE Hardware und Kommunikationsspezifikationen für den Laborversuch abgestimmt und deren Implementierung begleitet werden.

Die Anbindung der Ladeinfrastruktur fand mittels des CLS-Kanals eines SMGWs und einer Steuerbox statt. Es wurde sowohl der Messwertempfang der Ladesäule als auch das Versenden von Steuerbefehlen mittels OCPP 1.6 erprobt. Dabei konnte ein Ladevorgang initiiert oder abgebrochen werden und die maximale Ladeleistung für einen oder alle Ladevorgänge limitiert werden.

Insbesondere das Steuern von Ladeinfrastruktur kann einen Baustein zur Vermeidung von Netzausbau darstellen. Die Diskrepanzen zwischen LIS-Herstellern bei Implementierungsständen von Protokollstandards wie OCPP 1.6 sorgen allerdings für Probleme bei der realen Steuerung von Feld-LIS.

### **Integration von iMSys zur Übertragung von Netzzustandsdaten in die Serviceplattform**

Im Rahmen des Projektes Daten Tanken wurde mit Unterstützung der Robotron Datenbank-Software GmbH das Backend-Entwicklungssystem designt, durch RDS errichtet und in einen funktionsfähigen Grundzustand versetzt.

Mittels der SaaS-Lösung wurden Netzzustandsdaten nach Tarifierungsfall 10 von iMSys an das Backend versandt und mit im Backend befindlichen Stammdaten wie dem Netzanschlusspunkt und Topologiedaten gekoppelt.

Dies ermöglicht dem Netzbetreiber künftig anhand realer Messwerte von Verbrauchern im Niederspannungsnetz Steuerbefehle an einzelne Verbraucher zu versenden.

### **Mobilitätswerk GmbH:**

Ladeinfrastruktur muss nicht nur netzdienlich und ökologisch verträglich sein, sondern vor allem finanzierbar sein. Dafür muss eine Attraktivität bei den Verbrauchern gegeben sein – insbesondere im Markthochlauf. Alle Maßnahmen, die diese Ziele verfolgen, haben einen Mehrwert für die Verkehrswende.

Es erfolgte eine intensive Arbeit an Betreibermodellen – der zentralen Frage, die auch jetzt noch generell in Deutschland den Markthochlauf bremst. Den Ausbau der Ladeinfrastruktur mindestens kostendeckend voranzutreiben, ist eine große Herausforderung. Das klare Herausstellen von Nutzergruppen und Nutzungsvoraussetzungen/-anforderungen trägt dazu bei, die Akzeptanz von Ladeinfrastruktur zu erhöhen und damit die gewünschten ökologischen Einsparziele zu erreichen.

Im Projekt wurden Möglichkeiten zur Kostenreduktion herausgearbeitet und Zusatzdienste konzipiert. Die Nutzeranforderungen sollten in Betreibermodelle einfließen, um mittelfristig eine große Attraktivität entfalten.

### **Technische Universität Dresden:**

Aufgrund des hohen Forschungsanteils und Innovationsgrades und der damit verbundenen Risiken konnte das Vorhaben nur mit staatlicher Förderung durchgeführt werden. Die TU Dresden als wissenschaftliche Einrichtung ist grundlegend auf Fördergelder angewiesen. Die Ziele des Projektes seitens der TU Dresden konnten damit vollständig erreicht werden. Insbesondere sind hierbei zu nennen:

Die Zustandsidentifikation im Niederspannungsnetz im Zusammenspiel mit Elektrofahrzeugen ist bisher wenig erforscht und bis auf wenige Pilotvorhaben praktisch nicht umgesetzt. Unsymmetrische Belastungen, wie sie z. B. durch Elektrofahrzeuge mit einphasigen und zweiphasigen On-Board-Ladern resultieren können, erfordern eine mehrphasige Berechnung des Niederspannungsnetzes. Dazu mussten zunächst entsprechende Modelle der Netzbetriebsmittel implementiert werden. Für die praktische Erprobung der entwickelten Algorithmen mussten zunächst Feldmessgeräte in einem Pilotnetzgebiet installiert und mittels IKT an die Datenplattform der Software AG angebunden werden. Hinsichtlich der kommunikationstechnischen Anbindung der Feldmessgeräte bestanden zahlreiche Herausforderungen. Neben einer Vielzahl unterschiedlicher Kommunikationsprotokolle, die auf den eingesetzten Geräten teilweise vom Standard abweichend implementiert wurden, galt es ebenso, die Zuverlässigkeit der Datenübertragung zu berücksichtigen. Nach Sicherstellung einer zuverlässigen Anbindung der Messgeräte an die Datenplattform konnte die entwickelte Zustandsidentifikation erfolgreich im Praxisversuch getestet werden.

Hinsichtlich der Untersuchungen zur Elektroenergiequalität ergab sich die Notwendigkeit, einen neuen Ansatz zur Oberschwingungsmodellierung zu entwickeln. Anders als bei Elektrofahrzeugen, welche über ihr on-Board-Ladegerät an das Netz angeschlossen werden und daher auch über eine an ein Labor angeschlossene Wallbox geladen werden können, ist bei Schnellladesäulen keine einfache Charakterisierung unter Laborbedingungen möglich. In diesem Fall können lediglich direkt im Netz an der installierten Ladesäule Messungen durchgeführt werden. Mittels der neu entwickelten Methodik ist es unter bestimmten Bedingungen nun auch möglich, auf Basis solcher Netzmessungen hinreichend genaue Modelle für die Oberschwingungssimulation abzuleiten. Weiterhin war es im Rahmen der durchzuführenden Netzsimulationen notwendig, andere Kunden innerhalb des betrachteten Niederspannungsnetzes in aggregierter Form zu modellieren. Zur korrekten Abbildung ihrer Impedanzcharakteristik war die Durchführung von Netzimpedanzmessungen erforderlich. Die durchgeführten Messungen und die darauf basierende Modellierung ermöglichten schließlich die erfolgreiche Simulation eines konkreten Netzes mit einer Schnellladeinfrastruktur und die Ableitung von Aussagen über die zukünftig zu erwartenden Oberschwingungspegel.

#### **IVI:**

Im Sinne des Projektziels „innovativer Geschäftsmodelle“ stand die Entwicklung datenbasierter Services im Fokus. Die Grundlage für die Erstellung und den Betrieb solcher Services, ist eine konsistente Datenbasis. Zunächst müssen die notwendigen Daten, aus potenziell sehr verschiedenartigen Quellen, erhoben werden. Hierfür wurden die Akquisition von Batteriedaten mittels CAN-Logger und die Ladestationsdatenerhebung mittels OCPP untersucht. Im nächsten Schritt müssen die verschiedenartigen Daten zentral gesammelt, gefiltert und normiert werden. Zu diesem Zweck wurden in der „Data-Warehouse“-Architektur die Softwarelösungen Apache-Kafka und MQTT integriert. Die Langzeitverfügbarkeit der Daten wird durch die verwendete Apache-Cassandra-Datenbank garantiert. Alle ausgewählten Softwarekomponenten zeichnen sich durch hohe Performanz, Skalierbarkeit, Zuverlässigkeit, sowie breiter Akzeptanz aus. Zudem wurde mit der „Batteriezustandsanalyse“ ein Beispielservice für die Nutzung einer solchen Datenbasis geschaffen.

**Software AG:**

Zentraler Bestandteil des Projektvorhabens war die Entwicklung einer Serviceplattform inklusiver beispielhafter Smart Services. Dazu war auch die Konzeption, Entwicklung und Integration von Datenhaltung, Algorithmen und Schnittstellen nötig. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeit der Software AG im Projekt Daten Tanken diente genau der Erreichung dieser Ergebnisse. Dabei wurde auf Angemessenheit der Arbeit geachtet, d. h. es wurden weder deutlich suboptimale Lösungen in Kauf genommen noch unverhältnismäßig hoher Aufwand zur Optimierung von Ergebnissen betrieben.

Die Konzeption und Entwicklung der Serviceplattform waren mit hohen wissenschaftlichen, technischen und wirtschaftlichen Risiken für die Software AG verbunden. Ohne Förderung konnte sie sich daher nicht an Daten Tanken beteiligen. Wissenschaftliche Risiken lagen vor allem in der Erforschung geeigneter Schnittstellen zur Anbindung von Datenquellen, Analysealgorithmen und Smart Services an die Serviceplattform. Die Datenquellen wurden erst im Laufe des Projekts definiert bzw. spezifiziert, während Analysealgorithmen und Smart Services im Zuge des Vorhabens konzipiert und entwickelt wurden. Daher war zu Projektbeginn unklar, ob diese Forschungsarbeiten zum gewünschten Ziel führen würden. Technische Risiken bestanden für die Software AG in erster Linie darin, ob es gelingen würde, die Schnittstellen an die aus den Use Cases resultierenden Anforderungen zu adaptieren, zu modifizieren bzw. dafür völlig neu zu entwickeln. Wirtschaftliche Risiken des Teilvorhabens liegen nach wie vor in der Kommerzialisierung der in Daten Tanken erforschten und entwickelten Aspekte zu Serviceplattform, Schnittstellen und Services.

**Mobility Center GmbH:**

Der Projektpartner Mobility Center GmbH brachte sich in den für das Teilvorhaben relevanten Arbeitspaketen im Gesamtvorhaben im Rahmen seiner Möglichkeiten aktiv ein. Dies betrifft sowohl die Anforderungsanalyse und Szenariengestaltung als v.a. auch die Planung und die Umsetzung der Infrastruktur für ein elektromobiles Carsharing sowie die produktseitige Begleitung des Gesamtkonzepts MOBI.

Elektromobiles Carsharing zu entwickeln und umzusetzen stellt deutlich größere - materielle, finanzielle und zeitliche Aufwände für einen Carsharing-Anbieter dar als ein mit konventionellen Fahrzeugen betriebenes Carsharing. Neben den größeren Herausforderungen bei der Planung eines Stationsnetzes und der Planung und Gestaltung einer ganz konkreten Station zeigten sich immer wieder v.a. eine Reihe von operativen Schwierigkeiten, bspw. der Umgang mit der Fremdbelegung von Ladepunkten, Ausfall von Ladetechnik, Zugangs- und Abrechnungsmodalitäten. Insbesondere die Vorbereitung eines Übergangs in einen kontinuierlichen Betrieb nach Vorhabende stellt für die jeweils Beteiligten eine große Challenge dar.

Mit der Entwicklung des Konzepts MOBI wurde der Ansatz verfolgt, ein attraktives Gesamtverkehrsangebot mit einem wesentlichen Baustein Elektromobiles Carsharing zu schaffen, das einen hohen Aufwand bedeutet, aber auch ein Versprechen für eine wirkliche Verkehrswende darstellt.

## 2.4. Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Tabelle 2.1: Verwertung Konsortium

Projektergebnis/ Inhalt	Nutzen/ Verwertung
Nachweis des nachhaltigen Betriebs der Ladeinfrastruktur	Es wurden Handlungsempfehlungen zur Übertragung auf andere Kommunen (europaweit) insb. Genehmigungsmanagement und der relevanten Projektergebnisse mit Hilfe der Begleitforschung veröffentlicht.
Methoden und Maßnahmen zur netzverträglichen Integration der Ladeinfrastruktur	Die Ergebnisse wurden in Fachzeitschriften und Vorträge auf Tagungen publiziert. Vergleiche hierzu Teilvorhabenbeschreibung der Projektpartner und Abschnitt 2.6 dieses Berichtes.

Tabelle 2.2: Verwertung Landeshauptstadt Dresden

Projektergebnis/ Inhalt	Nutzen/ Verwertung
Netzverträgliche Integration der Ladeinfrastruktur und nachhaltiger Betrieb der Ladeinfrastruktur	Gemeinsam mit dem Projektpartner SachsenNetze konnte die geplante Anzahl der Ladepunkte mit Hilfe der vorgesehenen Integrationsmaßnahmen errichtet und der langfristige Betrieb gesichert werden.
Indikatorbasiertes Monitoring als Instrument für die Smart City	Die im Projekt bereitgestellten Daten dienen als Grundlage für die weitere strategische Ausrichtung der Landeshauptstadt Dresden, wie dem künftigen Ladesäulenausbau. Folgende Analysen und Aussagen sind ermöglicht: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Anzahl abgeschlossener Ladevorgänge, mittlere Verweildauer und Ladestrommenge differenzierbar für <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Einzelladesäule, öLIS an MOBipunkten, öffentlich zugängliche LIS, private LIS (Carsharing)</li> <li>b. Genutzte Ladetechnik (CCS, Typ2, ChadeMO)</li> </ol> </li> <li>2. Anzahl fehlgeschlagener Ladevorgänge mit Fehlercode</li> <li>3. Tagesgang der Ladenachfrage nach Ladetechnik</li> <li>4. Einsatzkoeffizient differenziert nach Ladetechnik oder Ladesäule</li> <li>5. räumliche Verteilung der Nachfrage nach Ladeinfrastruktur im Stadtgebiet</li> </ol> In weiteren Folgeprojekten werden die aus dem Monitoring gesammelten Daten verwertet.
Identifikation von Lastverschiebungspotenzialen und Flexibilitäten	Die Erkenntnisse aus dem Projekt werden im Teilvorhaben des folgenden Projektes "DymoBat" angewendet. Projektkinhalt sind u.a. die Nutzung von Flexibilitäten an den Liegenschaften der Landeshauptstadt durch die Erprobung des bidirektionalen Ladens des elektrisierten Fuhrparks einzelner Ämter.
Entwicklung von Geschäftsmodellen zur Unterstützung der Integration erneuerbarer Energien i. V. m. E-Mobilität	Der beauftragte Errichter und Betreiber der öffentlichen Ladeinfrastruktur in Dresden konnte erfolgreich sein Geschäftsmodell etablieren. Weiterhin ist eine Planungs-

	und Serviceteam eingerichtet und weitreichende langfristige Lieferverträge sind entstanden.
Nachweis des nachhaltigen Betriebs der Ladeinfrastruktur	Der nachhaltige Betrieb der errichtenden Ladeinfrastruktur ist durch einen Dienstleistungsrahmenvertrag gewährleistet. Innerhalb des Stadtkonzerns als auch beim Errichter und Betreiber der öffentlichen Ladeinfrastruktur konnte der Wissensaufbau maßgeblich vorangetrieben werden.
Methoden und Maßnahmen zur netzverträglichen Integration der Ladeinfrastruktur	Die im Verbundprojekt gewonnen Erkenntnisse werden in den Fachzeitschriften als auch auf diversen Tagungen präsentiert.
Netzverträgliche Integration der Ladeinfrastruktur und nachhaltiger Betrieb der Ladeinfrastruktur	Der Aufbau von einer öffentlichen Ladeinfrastruktur ist maßgeblich durch das Projekt vorangetrieben worden. Der Aufbau wird nach Projektende durch weitere Förderprojekte und Eigenkapital des Betreibers vorangetrieben.

Tabelle 2.3: Verwertung SachsenNetze GmbH

Projektergebnis/ Inhalt	Nutzen/ Verwertung
Aufbau RDS SaaS-Lösung Prototyping Serviceplattform	Das Entwicklungssystem wird weiterhin für die Anbindung von netzdienlichen iMSys-Anwendungen genutzt, z.B. im Falle der Marktreifeerklärung für TAF 10, weitere Use Cases: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Weiterentwicklung der automatisierten Kommunikationsschnittstelle zwischen GWA und VNB, diese dient als Grundlage für die spätere Marktkommunikation mit anderen Endnutzern</li> <li>• Integration von weiteren von CLS-Adaptern, z.B. für die Übertragung von Submeter-Daten bzw. Steueraufgaben §14 EnWG.</li> </ul>
Implementierung Open Charge Point Protocol 2.0 in die iMSys-Umgebung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktuell wird mit OCPP 1.6 gearbeitet, da geringe Marktverbreitung von OCPP 2.0; wenn die Rahmenbedingungen sich hier ändern werden auch die Prioritäten angepasst</li> <li>• Die Anbindung von LIS mittels weiterer Kommunikationsprotokolle (EEBus) wird weitergeführt</li> </ul>
Implementierung IEC 61850 in die iMSys-Umgebung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Erprobung dieses Netzprotokolls bekommt hohe Priorität, da FNN-Empfehlung</li> <li>• Aufgrund der wieder zurückgezogenen Allgemeinverfügung des BSI für iMSys ist eine zeitliche Prognose zur weiteren Bearbeitung unseriös</li> </ul>
Betrieb aufgebaute LIS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die öffentlich aufgebaute LIS soll <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ In den Besitz der SachsenEnergie übergehen</li> <li>◦ weiterhin mittels des CPO-Backends betrieben werden</li> </ul> </li> <li>• halb- und nichtöffentliche LIS wird nach Projektlaufzeit an die Vertragspartner übergeben</li> <li>• Die Erprobung eines Lademanagements findet gerade im Rahmen eines Projektes statt</li> </ul>

Auswertung Backend-Daten (Stromnetze Hamburg)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Backend-Daten werden mittels Grafana ausgewertet</li> <li>• Auswertung durchschnittlicher Ladevorgänge, Ladedauer, Lademenge, Verfügbarkeit</li> </ul>
---	---

Tabelle 2.4: Verwertung Mobilitätswerk GmbH

<b>Projektergebnis/ Inhalt</b>	<b>Nutzen/ Verwertung</b>
Anforderungen von gewerblichen Nutzern an Ladeinfrastruktur und Smart Services	<p>Da kein umfänglicher Fokus in der Bearbeitung auf diesem Schwerpunkt lag, waren die Erkenntnisse gering. Allerdings konnte das Know-how in die allgemeine Beratung eingebracht werden und steigerte die Kompetenz und die adressierten Kundenkreise.</p> <p>Es wurden klare Parameter der Fahrzeuganforderungen und der Nutzung an Ladeinfrastruktur herausgearbeitet. Es kristallisierte sich heraus, dass Schnittstellen zu eigenen Unternehmensanwendungen wahrscheinlich nicht mittelfristig umsetzbar sind.</p> <p>Für die Verwertung steht uns jetzt ein Prozess zur Verfügung, der eine sehr schnelle Anforderungsanalyse ermöglicht. Sharing-Ansätze für Ladeinfrastruktur können anhand des Lastprofils und der Standzeiten gut berücksichtigt werden.</p>
Evaluiertes Ansatz für Dienstplattformen für Smart Services	<p>Da sich hier eine Verzögerung ergab, konnten bisher nur grundlegende Diskussionen in das Projektgeschäft eingebracht werden.</p> <p>Reservierungsansätze und die Parameter interessanter Smart Services wurden klar herausgearbeitet und empirisch bestätigt. Sie können jetzt durch Partner mit Endkundenzugang umgesetzt werden.</p>
Smart Mobility Services für Flottenkunden	<p>Aufgrund von COVID 19 ergibt sich hier bisher kein neues Geschäftsfeld. Die Bemühungen werden aber fortgesetzt.</p>
Evaluierte Anforderungen an Ladeinfrastruktur und deren Einbindung in die Prozesse in Unternehmen	<p>In neue Beratungsprojekte sind die Erkenntnisse eingeflossen. Für Unternehmenskunden können über Fahrtstreckenanalysen die Attraktivität und Versorgungssicherheit inkl. Mehrzeitaufwandsprognose berechnet werden. Dies stellt eine gute Indikation für die Einbindung für Alden an externer Ladeinfrastruktur für Unternehmen dar.</p>
Funktionsfähigkeit von wirtschaftlichen Anreizsystemen für Lade-/ Lastmanagement	<p>In Projektgeschäften mit Energieversorgern konnten diese Aspekte eingebracht werden.</p> <p>Tarif- und Preissetzungen als Anreizsysteme werden konsequent in die Projekte eingebracht. Hier ergeben sich für die Zukunft noch große Perspektiven.</p>
Nutzeranforderungen und daraus Konzeption von Anwohnerladeinfrastruktur mit Schnellladern	<p>In der Projektierung konnten gewonnene Kenntnisse genutzt werden.</p> <p>Der Erfolg von Schnellladeinfrastruktur bei wenig Flächenverfügbarkeit und geringen finanziellen Aufwendungen pro Einwohner stellt eine Strategieoption dar,</p>

	die aufgrund der Erfahrungen im Forschungsprojekt aktiv in Beratungsprojekte eingebracht wird. Dazu liegen umfangreiche empirische Daten vor, die es erlauben, eine Eignung für Kommunen zu berechnen.
--	--

Tabelle 2.5: Verwertung Technische Universität Dresden

<b>Projektergebnis/ Inhalt</b>	<b>Nutzen/ Verwertung</b>
Automatisiertes Berechnungsverfahren zur Ermittlung der erforderlichen Messkonfiguration für die Zustandsidentifikation	Die Verfahren sollen zukünftig auf weitere Netze unterschiedlicher Netzbetreiber angewendet werden. Dabei werden die Verfahren weiter verbessert und auf unterschiedliche Gegebenheiten angepasst.
Zustandsidentifikation im Niederspannungsnetz	Die entwickelte Zustandsidentifikation ist die Voraussetzung für viele nachgelagerte Prozesse einer aktiven Betriebsführung. Hierbei sind zu nennen: Optimierung der Netzauslastung, Aufdecken von Problemstellen im Netz sowie die Ableitung von Handlungsempfehlungen für Anschluss neuer Netzteilnehmer
Phasenidentifikation basierend auf Messdaten	Mit Hilfe der Phasenidentifikation kann zukünftig eine Aktualisierung des Geoinformationssystems beim Netzbetreiber erfolgen. Zusätzlich können Handlungsempfehlungen für Reparaturarbeiten und den Anschluss neuer Netzteilnehmer erstellt und damit eine höhere Netzintegration u.a. für die Elektromobilität erreicht werden.
Simulationsmodelle von Elektrofahrzeugen und Schnellladesäulen	Die entwickelten Simulationsmodelle können künftig in weiteren Netzsimulationen eingesetzt werden und ermöglichen eine Abschätzung der in Zukunft zu erwartenden Elektroenergiequalität in Niederspannungsnetzen für vorgegebene Szenarien.
Systematischer Aufbau von Know-how zur nachhaltigen Stärkung der Expertise auf dem Forschungsgebiet	Die entwickelten Methoden und Modelle sowie die Simulationsergebnisse wurden in geeigneter Form veröffentlicht und stehen für weitere Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet zur Verfügung.
Simulationen und Netzmessungen zur Bestimmung des Einflusses von (Schnell-)Ladesäulen auf die Elektroenergiequalität in Niederspannungsnetzen	Die durchgeführten Messungen und die darauf basierende Emissionsbewertung nach der derzeit gültigen Norm, der VDE AR-N 4100, liefert Ansätze für eine zukünftige Weiterentwicklung entsprechender Regelwerke für den netzverträglichen Anschluss von Schnellladesäulen.

Visualisierung des Projektes	Nutzung für andere Projekte im Zusammenhang mit dem Energieversorgungsnetz und der Landeshauptstadt Dresden
------------------------------	---

Tabelle 2.6: Verwertung IVI

Projektergebnis/ Inhalt	Nutzen/ Verwertung
Umsetzung einer Data-Warehouse-Struktur, Aufbau eines GPU-Cluster	Eine effiziente Datenverarbeitungsstruktur bildet die Grundlage für die Sammlung und langfristige Verfügbarkeit von Ladedaten und ermöglicht auf diese Weise deren wirtschaftliche Verwertbarkeit durch Services. Die Architektur zeichnet sich durch hohe Performanz und Verfügbarkeit, Skalierbarkeit sowie Resilienz aus – essenzielle Eigenschaften für kommerziell betriebene Systeme. Zusätzlich verbessern die, während des Architekturentwurfs, erlangten Erkenntnisse die Lehrveranstaltungen, welche durch Mitarbeiter des Fraunhofer IVI geleitet werden.
Entwicklung von Algorithmen zur Batteriediagnose	Die Batterieanalyse ist ein konkretes Beispiel wie ein Service, basierend auf Ladedaten, den wirtschaftlichen Betrieb der Ladesäulenstruktur unterstützen kann. Durch die Anreicherung und Aufwertung der anfallenden Batteriedaten steigt die Datenqualität. Neben der Steigerung des intrinsischen Wertes der Daten, wurde damit eine Grundlage geschaffen, auf der die Daten besser verwertet werden können, beispielsweise durch Empfehlungen für die Weiternutzung gealterter Batterien für Zwecke mit geringeren Anforderungen. Nach Projektende im Oktober 2022 wird einer der wesentlich am Projekterfolg beteiligten Projektbearbeiter aus dem Fraunhofer Team als Mitarbeiter zum Unternehmen <i>volytica diagnostic GmbH</i> wechseln und somit den Transfer der wissenschaftlichen Erkenntnisse in die wirtschaftliche Verwertung vorantreiben. <i>Volytica diagnostic GmbH</i> ist eine Ausgründung des Fraunhofer IVI und im Bereich der Batteriediagnose tätig. Das Unternehmen befindet sich in beständigem Wachstum. Vor 2 Jahren mit zwei Mitarbeitern gestartet, beschäftigt <i>Volytica</i> inzwischen etwa 20 Mitarbeiter (Stand: August 2022). Damit sollen Erkenntnisse zur Batteriediagnose auf Basis der Ladedaten perspektivisch in die Verwertung überführt werden.
GPU-Cluster	Die Beschleunigung von maschinellem Lernen durch den Einsatz des aufgebauten GPU-Clusters bildet eine wichtige Grundlage für eine Effizienzsteigerung für laufende und zukünftige Projekte, welche maschinelles Lernen

	nutzen. Aktuell wird der GPU-Cluster bereits im Projekt CertiFlight (Durchgängige digitale Qualitätssicherungsketten für innovative Zulassungsprozesse am Beispiel additiver Fertigungstechnologien, 2020- fortlaufend) eingesetzt. Eine weitere Nutzung wird voraussichtlich im Projekt IECO (Intelligent Empowerment of Construction Industry, 2021- fortlaufend) erfolgen.
--	---

Tabelle 2.7: Verwertung Software AG

Projektergebnis/ Inhalt	Nutzen/ Verwertung
Architektur der Serviceplattform	Ziel (2022): Blau- bzw. Lösungspause für ähnlich gelagerte Kundenprojekte; Referenzbeispiel für die vertriebliche Kundenansprache; Referenzarchitektur für die Entwicklungsabteilungen der Software AG Stand und Ausblick: Einzelne Architekturelemente wurden bereits in ein weiteres Forschungsprojekt eingebracht. Die Nutzung der Architektur für weitere Projekte sowie als Referenzbeispiel ist angestrebt.
Schnittstellen zur Anbindung der Datenquellen	Ziel (2022): Prüfung, ob von genereller Bedeutung und ggf. Integration in die „Digital Business Plattform“ der Software AG oder Vermarktung als Add-Ons; Referenzimplementierung für die Entwicklungsabteilungen der Software AG Stand und Ausblick: Als neuartige, verwertbare Schnittstellen aus dem Projekt Daten Tanken wurden OPC UA PubSub und IDS (International Data Spaces) identifiziert. Für OPC UA PubSub gab es bereits beim TechInterrupt 2021, dem internen Innovationswettbewerb, ein kleines Projekt zur Verbindung von OPC UP PubSub mit der Plattformlösung Cumulocity IoT. Diese Idee soll fortgeführt werden, bis sie Kunden der Software AG zur Verfügung gestellt werden kann. Eine Integration der OPC-UA-PubSub-Schnittstelle in weitere Produkte ist denkbar. Ebenso ist eine Anbindung von IDS-Technologie an Software-AG-Produkte angestrebt.
Schnittstellen zur Anbindung der Analysealgorithmen	Ziel (2023): Prüfung, ob von genereller Bedeutung und ggf. Integration in die „Digital Business Plattform“ der Software AG oder Vermarktung als Add-Ons; Referenzimplementierung für die Entwicklungsabteilungen der Software AG Stand und Ausblick: Es wird geprüft, ob eine Anbindung von Analysealgorithmen mittels IDS-Technologie von über das Projekt hinausgehender Relevanz ist. Neben IDS wurden bereits vorhandene Technologien zur Anbindung und Integration von Algorithmen genutzt. Die Umsetzung aus Daten Tanken steht als Referenz für Kunden- und Forschungsprojekte zur Verfügung.
Schnittstellen zu den Smart Services	Ziel (2023): Prüfung, ob von genereller Bedeutung und ggf. Integration in die „Digital Business Plattform“ der

	<p>Software AG oder Vermarktung als Add-Ons; Referenzimplementierung für die Entwicklungsabteilungen der Software AG</p> <p>Stand und Ausblick: Die Schnittstellen zu den Smart Services wurden mit bereits etablierten Webtechnologien umgesetzt und auf der Plattform bereitgestellt. Auch das serviceübergreifende Identitäts- und Berechtigungsmanagement wurde in die Plattform und die Services integriert. Diese Umsetzung steht als Referenz für weitere Projekte zur Verfügung.</p>
Transaktionsdienste für Vermarktung der Smart Services	<p>Ziel (2023): Prüfung, ob von genereller Bedeutung und ggf. Integration in die „Digital Business Plattform“ der Software AG oder Vermarktung als Add-Ons; Referenzimplementierung für die Entwicklungsabteilungen der Software AG</p> <p>Stand und Ausblick: Transaktionsdienste für die Vermarktung der Smart Services wurden nicht an die Plattform angebunden, da dies für den Demonstratorbetrieb nicht nötig ist. Die Plattform bietet jedoch Schnittstellen zur Integration von Transaktionsdiensten.</p>
Finale Pilotierung der Serviceplattform	<p>Ziel (2023): Blaupause bzw. Lösungsreferenz für ähnlich gelagerte Kundenprojekte; Referenzbeispiel für die vertriebliche Kundenansprache, Referenzimplementierung für die Entwicklungsabteilungen der Software AG, Lizenz- und Wartungseinnahmen durch Vermarktung der Serviceplattform</p> <p>Stand und Ausblick: Die Serviceplattform aus Daten Tanken steht über das Projektende hinaus als Referenzbeispiel gegenüber internen und externen Adressaten zur Verfügung. Eine unmittelbare Vermarktung der Plattform in genau dieser Form erscheint jedoch derzeit unrealistisch. Stattdessen ist angestrebt, die generischen, branchenagnostischen Plattformprodukte der Software AG mit neuen Schnittstellentechnologien aus den Projektergebnissen zu erweitern (vgl. Punkt 2) und so die Vertriebs Erlöse zu steigern.</p>

Tabelle 2.8: Verwertung Mobility Center GmbH

Projektergebnis/ Inhalt	Nutzen/ Verwertung
Ein stadtweites Netz von Carsharing-Stationen im öffentlichen Straßenraum mit exklusiver Ladeinfrastruktur für den Verkehrsdienstleister	Multimodale Verknüpfungspunkte (im Dresdner Beispiel MOBI-Punkte) stellen aus städtischer Sicht einen vorteilhaften Ansatz dar, die infrastrukturellen Voraussetzungen für alternative Verkehrsangebote zum privaten MIV zu schaffen, indem sie Angebote bündeln. Für die Verkehrsdienstleister bieten Sie Möglichkeiten, ihr Angebot in attraktiven Lagen bereitzustellen, ohne eine eigene, teilweise nicht finanzierbare Investition tätigen zu müssen.

	<p>Im Zuge des Vorhabens wurde allerdings deutlich, dass für eine flächendeckende Verbreitung dieser infrastrukturellen Verknüpfungspunkte und deren diskriminierungsfreie Nutzung durch Verkehrsdienstleister eine Reihe regulatorischer Notwendigkeiten zu beachten sind, insbesondere wenn die Nutzung solcher Punkte öffentlich ausgeschrieben werden muss. Auch die technische Umsetzung einer exklusiven Ladeinfrastruktur für Verkehrsdienstleister hat im Weiteren für eine diskriminierungsfreie Nutzung eine große Bedeutung (Stromversorgung, Backend-Anbindung, Betriebsführung).</p> <p>Die im Vorhaben gesammelten Erfahrungen sind sowohl für die Verstetigung des Vorhabens in Dresden als auch die Übertragbarkeit auf andere Städte und Gemeinden von großer Bedeutung.</p>
Schnittstellen/ Services für Datenverarbeitung	<p>Bis zum Wechsel der Carsharing-Verwaltungssoftware standen Standard-Schnittstellen zum Abruf von Fahrt- und Ladedaten zur Verfügung, deren Umfang und Aggregationsgrad für eine wirtschaftliche Weiterverwertung nicht geeignet schienen.</p> <p>Im Zuge eines Wechsels der Carsharing-Verwaltungssoftware sind neue Services und Schnittstellen zu etablieren. Darüber hinaus wird zu prüfen sein, ob Daten in einem höheren Aggregationsgrad und ggf. automatisiert bereitgestellt werden können.</p>
Smart Services für Carsharing-Kunden	<p>Es wurde deutlich, dass der operative Carsharing-Betrieb sowie die Fahrzeugladung aktuell und vermutlich absehbar keine relevanten Daten in einer entsprechenden Auflösung erzeugen werden</p>

## 2.5. Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

### Landeshauptstadt Dresden:

Zum Use Case „Agenda-Laden“ wurden Synergien mit dem Projekt E-Com im Sinne eines Ladeleitsystems identifiziert und sollen genutzt werden.

### SachsenNetze GmbH:

#### **Aufbau und teilweiser Betrieb öffentlicher und nicht-öffentlicher Ladeinfrastruktur für die DRE-WAG NETZ GmbH**

Während der Projektlaufzeit kam es zu wesentlichen Anpassungen des deutschen Mess- und Eichrechts für Elektromobilität. Für alle diesbezüglich relevanten Ladepunkte konnte eine eichrechtskonforme Errichtung bzw. Nachrüstung gewährleistet werden. Für öffentliche Ladeeinrichtungen im Sinne der Ladesäulenverordnung wird in 2023 die Einführung eines Debit/Kredit-Kartenterminals bei

allen neu zu errichteten Ladesäulen erforderlich. Es wird angestrebt alle in diesem Projekt errichteten öffentlichen Ladesäulen schrittweise mit entsprechenden Terminals nachzurüsten, um einen langfristigen Anschlussbetrieb sicherzustellen.

### **Systemintegration von iMSys inkl. Steuerbox zum Datenempfang und Steuerung von LIS mittels OCPP 2.0**

Wie unter 1.4. beschrieben war OCPP 1.6 zu Projektbeginn das marktlich etablierte Kommunikationsprotokoll, die Weiterentwicklung in Richtung 2.0 eine postulierte Projektaufgabe.

Während der Projektlaufzeit wurde in den verschiedensten Gremien, wie FNN, DKE, BSI und nicht zuletzt innerhalb der Begleitforschung die Ausprägung der für das Thema relevanten Schnittstellen diskutiert. So z. B. wurde vom FNN deren Beschreibung für die Steuerbox im Jahr 2021 veröffentlicht. Deren Empfehlungen konnten nur begrenzt in das Projekt einfließen, ebenso die Spezifikationen aus der TR-3109-5, welche aktuell immer noch in der Branchendiskussion ist.

Weiterhin hat der Gesetzgeber bestimmt, dass der Einsatz von iMSys im Kontext Elektromobilität lediglich für die abrechnungsrelevante Messung am Netzanschlusspunkt eingeführt werden soll. Für die ladepunktscharfe Abrechnung von Kunden kann weiterhin eine separate WAN-Anbindung der LIS genutzt werden. Somit entfällt der gesetzgeberische Druck, Systeme zur Anwendung zu bringen, welche über die Basis hinaus weitere Funktionen bereitstellen können.

### **Integration von iMSys zur Übertragung von Netzzustandsdaten in die Serviceplattform**

Nach der erlassenen Allgemeinverfügung für iMSys (TAF 1 und TAF 7) im Jahr 2020 und der daraus resultierenden Rolloutverpflichtung, wurde die Allgemeinverfügung im Jahr 05/2022 zurückgenommen. Damit verzögert sich auf unbestimmte Zeit die Einführung von Technik, welche auch netzdienliche Funktionen (TAF 9, TAF 10 und TAF 14) unterstützen können.

Während der Projektlaufzeit war der Gesetzgeber nicht in der Lage die Beschreibung der Marktkommunikation zu veröffentlichen, damit nicht nur technische Lösungen bereitstehen, sondern Technik auch im Zusammenspiel der Marktakteure ihren Dienst leisten kann. Für die Kommunikation zwischen Endnutzern der „Smart Meter-Public Key Infrastruktur“ (SM-PKI) wie Verteilnetzbetreibern, Gatewayadministratoren, Stadtwerken und intelligentem Messstellenbetreiber soll dies im Jahr 2023 erfolgen. Auf deren Basis können dann die Teilnehmer der SM-PKI die Kommunikation automatisiert untereinander und mit dem SMGW führen.

### **Mobilitätswerk GmbH:**

In verschiedenen deutschen Städten werden unterschiedliche Ansätze für Ladeinfrastrukturversorgung verfolgt. Ein wirkliches wissenschaftliches Bild existiert noch nicht. Daher ist weitere, insbesondere empirische Forschung notwendig.

### **Technische Universität Dresden:**

Es sind keine neuen wissenschaftlichen oder technischen Erkenntnisse von dritter Seite bekannt, die für die wissenschaftlichen Ergebnisse der TU Dresden relevant sind.

**IVI:**

Es sind keine neuen wissenschaftlichen oder technischen Erkenntnisse von dritter Seite bekannt, die für die Durchführung des Vorhabens relevant sind.

**Software AG:**

Weitere Projekte aus der Projektfamilie der Förderrichtlinie „Elektro-Mobil“ haben sich mit Themen befasst, die einzelne Use Cases von Daten Tanken berühren. Die Themen Netzzustandsüberwachung und netzverträgliches Laden wurden beispielsweise auch im Projekt ELBE erforscht. Reservierungsfunktionen für Ladesäulen wurden auch von den Projekten E-Com und LamA-connect adressiert. Die in Daten Tanken übergeordnete Thematik der Daten- und Serviceplattform war nicht in weiteren Projekten der Förderrichtlinie im Fokus.

Die Firma Uscale hat Erfahrung mit Endkundenmarktforschung zum Thema Elektromobilität und somit Berührungspunkte zum Use Case der LIS-Befragungen aus Daten Tanken.

Zur Routen- und Ladeplanung für Elektrofahrzeuge gibt es inzwischen mehrere Online-Angebote sowie direkt in Elektrofahrzeuge integrierte Lösungen. Die in den Angeboten genutzten Algorithmen sind jedoch nicht für die wissenschaftliche Evaluierung zugänglich. Zudem wurde die Lösung des Use Cases „Intelligentes Routen- und Lademanagement“ in Daten Tanken in seiner Funktionalität breiter konzipiert, inklusive Kalenderinteraktion und Reservierungsfunktion. Einzelne wissenschaftliche Arbeiten Dritter zu den Aspekten sind ebenfalls während des Projekts erschienen und wurden in der Umsetzung des Use Cases berücksichtigt.

**Mobility Center GmbH:**

In verschiedenen deutschen Städten werden unterschiedliche Ansätze für die Bereitstellung von Carsharing-Stellplätzen und für stationsbasiertes Carsharing-exklusive Ladeinfrastruktur verfolgt. Die langfristigen Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Ansätze sind bislang nicht evaluiert und könnten Gegenstand weiterer Forschungsarbeit sein.

Hingegen sind im Zuge des Vorhabens keine neuen Erkenntnisse hinsichtlich der wirtschaftlichen Nutzung der erhobenen und datenschutzrechtlich verwertbaren Daten aus dem Carsharing-Betrieb oder den Ladedaten der Carsharing-Fahrzeuge für Smart Services bekannt geworden.

## 2.6. Erfolgte oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 11 der Nebenbestimmungen

Tabelle 2.1: Veröffentlichungen Teilvorhaben Landeshauptstadt Dresden

Titel	Datum	Ort (Zeitungsname, ISBN, ggf. Link etc.)	Inhalt (kurz)
“Future Mobility” - Tag der Elektromobilität	05/2020	Veranstaltung in der Gläsernen Manufaktur Dresden (VW Sachsen)	Als Modellstadt Elektromobilität schafft die Landeshauptstadt mit Ihren Partnern die Voraussetzungen für den Umstieg auf Elektrofahrzeuge und eine nachhaltige Zukunft. Die Landeshauptstadt Dresden erweitert das Netz an

			öffentlichen Stromtankstellen stetig und erreicht somit eine verlässliche Verfügbarkeit von Ladepunkten im gesamten Stadtgebiet.
Transfertag „Zeitenwende Elektromobilität“	03/2021	Online-Konferenz des Fh IAO	Als Modellstadt Elektromobilität schafft die Landeshauptstadt mit Ihren Partnern die Voraussetzungen für den Umstieg auf Elektrofahrzeuge und eine nachhaltige Zukunft. Die Landeshauptstadt Dresden erweitert das Netz an öffentlichen Stromtankstellen stetig und erreicht somit eine verlässliche Verfügbarkeit von Ladepunkten im gesamten Stadtgebiet.
Webseite der LHD und Beiträge auf Social Media Kanälen	lfd.	<a href="http://www.dresden.de/elektromobilitaet">www.dresden.de/elektromobilitaet</a> Facebook, Twitter	Statusinformationen zu Projektfortschritt; Bürgerbeteiligung

Tabelle 2.2: Veröffentlichungen SachsenNetze GmbH

Titel	Datum	Ort (Zeitungsnamen, ISBN, ggf. Link etc.)	Inhalt (kurz)
DREWAG ist Partner von MOBI-Punkten	I/2020	Kundenzeitschrift der DREWAG	Mit neuen Mobilitätskonzepten will die LH Dresden für weniger Lärm und Schadstoffe sorgen. Daten Tanken unterstützt die LH bei der Umsetzung dieser Ziele. Die MOBI-Punkte leisten dazu einen wichtigen Beitrag.
SachsenEnergie unterstützt gewerbliche Flotten	II/2021	Mitarbeiterzeitung der SachsenEnergie	Damit immer mehr Firmen mit Elektroautos unterwegs sein können, bietet die DREWAG NETZ zahlreichen Unternehmen im Rahmen von Daten Tanken konkrete Hilfe an.

Tabelle 2.3: Veröffentlichungen Mobilitätswerk GmbH

Titel	Datum	Ort (Zeitungsnamen, ISBN, ggf. Link etc.)	Inhalt (kurz)
Ergebnisse der Bürgerbefragung zur Wahrnehmung und Nutzung der Elektromobilität in Dresden	01.04.2022	Webseite der LH Dresden: <a href="https://www.dresden.de/media/pdf/wirtschaft/2022-04-01_DatenTanken_Buergerbefragung_Ergebnisse.pdf">https://www.dresden.de/media/pdf/wirtschaft/2022-04-01_DatenTanken_Buergerbefragung_Ergebnisse.pdf</a>	Die Ergebnisse der Bürgerbefragung zum Ladeverhalten und zum Interesse an den konzeptionierten Smart Services wurden auf der Webseite der LH Dresden veröffentlicht.

Tabelle 2.4: Veröffentlichungen Technische Universität Dresden

Titel	Datum	Ort (Zeitungsnamen, ISBN, ggf. Link etc.)	Inhalt (kurz)
Deriving power uncertainty intervals for low voltage grid state estimation using affine arithmetic	01.08.2020	Electric Power Systems Research, Vol. 189, 2020	Beschreibung eines deterministischen Modellierungsverfahren für die Unsicherheit von Pseudo-Messwerten bei der Zustandsidentifikation elektrischer Netze mit Hilfe Affiner Arithmetik
Survey of Harmonic and Supraharmonic Emission of Fast Charging Stations for Electric Vehicles in China and Germany	20.-23.09.2021	CIRED 2021, online	Vergleich der harmonischen und supraharmonischen Emission von Schnellladesäulen in Deutschland und China
A smart grid ICT platform for integrating electric vehicles – first results of a field test	02.-03.06.2022	CIRED Workshop, Porto, Portugal	Darstellung des Plattformkonzepts für den Use Case 11 mit Kurzdarstellung der wissenschaftlichen Ergebnisse zur Zustandsidentifikation und zum Engpassmanagement
Harmonic and Supraharmonic Disturbances Caused By the Combined Operation of Fast Charging Stations and a Battery Storage	02.-03.06.2022	CIRED Workshop, Porto, Portugal	Darstellung der Ergebnisse eines durchgeführten "Stresstests" an einer Schnellladeinfrastruktur mit Batteriespeicher. Der Fokus lag dabei auf der Betrachtung der harmonischen und supraharmonischen Emission.
Impact of High Penetration of Fast Charging Stations for Electric Vehicles on Harmonic Disturbance Levels in Distribution Networks	21.-22.09.2022	CIRED Workshop, Shanghai, China	Vereinfachte Simulation zur Abschätzung der Auswirkung von Schnellladesäulen in Deutschland und in China auf die Oberschwingungsspannungspegel im Niederspannungsnetz

Modeling and Simulation of the Impact of a Fast Charging Infrastructure on Harmonic Disturbance Levels	12.-15.06.2023	CIRE2023, Rom, Italien (geplant, Abstract angenommen)	Präsentation der Ergebnisse der durchgeführten Oberschwingungssimulationen
--	----------------	---	--

Tabelle 2.5: Veröffentlichungen IVI

Titel	Datum	Ort (Zeitungsnamen, ISBN, ggf. Link etc.)	Inhalt (kurz)
Maschinelles Lernen & Big Data – wer sich alle Türen offenlässt, wird sein Leben auf dem Flur verbringen. Beispielprojekt Daten Tanken	3. Juni 2019	Verein Deutscher Maschinen- und Anlagenbau VDMA, Arbeitskreis Maschinelles Lernen, Frankfurt/Main	Einführung in die Konzeption von datengetriebenen Geschäftsmodellen anhand der von IVI umzusetzenden Batteriediagnose in Daten Tanken.
Blockvorlesung Innovationsmanagement	WS2019/20, SS2020, WS2020/21	Hochschule Mittweida, Fak. Wirtschaftsingenieurwesen	Vermittlung von Inhalten zum Thema Entwicklung von datengetriebenen Geschäftsmodellen anhand der von IVI umzusetzenden Batteriediagnose in Daten Tanken.
Beitrag zur Erstellung der Bürgerbefragung zur Wahrnehmung und Nutzung der Elektromobilität in Dresden	1. April 2022	Webseite der LH Dresden: <a href="https://www.dresden.de/media/pdf/wirtschaft/2022-04-01_DatenTanken_Buergerbefragung_Ergebnisse.pdf">https://www.dresden.de/media/pdf/wirtschaft/2022-04-01_DatenTanken_Buergerbefragung_Ergebnisse.pdf</a>	Die Ergebnisse der Bürgerbefragung zum Ladeverhalten und zum Interesse an den konzipierten Smart Services wurden auf der Webseite der LH Dresden veröffentlicht.

Tabelle 2.6: Veröffentlichungen Software AG

Titel	Datum	Ort (Zeitungsnamen, ISBN, ggf. Link etc.)	Inhalt (kurz)
Daten Tanken	2018–2022	Website der Software AG	Projektvorstellung auf der Website der Software AG (englisch/deutsch) Links:

			<ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="https://www.softwareag.com/en_corporate/company/research-activities.html#smart-mobility">https://www.softwareag.com/en_corporate/company/research-activities.html#smart-mobility</a></li> <li>• <a href="https://www.softwareag.com/de_de/company/research-activities.html">https://www.softwareag.com/de_de/company/research-activities.html</a></li> </ul>
Auto aufladen – Mehrwert gewinnen	10. Dezember 2021	LinkedIn Pulse	Vorstellung der Ziele und der umgesetzten Use Cases des Projekts Daten Tanken Link: <a href="https://www.linkedin.com/pulse/auto-aufladen-mehrwert-gewinnen-gabriele-strobel/">https://www.linkedin.com/pulse/auto-aufladen-mehrwert-gewinnen-gabriele-strobel/</a>
Charge car – gain added value	13. Dezember 2021	Intranet der Software AG	Vorstellung der Ziele und der umgesetzten Use Cases des Projekts Daten Tanken
Planning charge events for driving schedule of electric vehicles	28. Februar 2022	Masterarbeit von Rahul Roy Jannapura Shivakumar, Hochschule Darmstadt	Konzeption und Implementierung eines Systems zur Reiseplanung von Elektrofahrzeugen. Die Reiseplanung beinhaltet eine optimale Wahl von Ladestops und Reiseroute. Das System interagiert mit dem Nutzerkalender für Ein- und Ausgaben. Eine Reservierungsfunktion für Ladesäulen wurde in einer Simulationsumgebung umgesetzt.
A smart grid ICT platform for integrating electric vehicles – first results of a field test	2.–3. Juni 2022	CIRE2022 Workshop, Porto, Portugal	Darstellung des Plattformkonzepts mit kurzer Beschreibung der wissenschaftlichen Ergebnisse zur Zustandsidentifikation und zum Engpassmanagement (Use Case 11 – Netzzustandsüberwachung)
Conception of an itinerary planning assistant for EV drivers	9.–11. November 2022	CENTERIS – International Conference on ENTERprise Information Systems, Lissabon, Portugal	Algorithmus und Systemarchitektur zur Reiseplanung von Elektrofahrzeugen mit integrierter optimaler Wahl von Ladestops (Use Case 5 – Intelligentes Routen- und Lademanagement)
–	Misc.	LinkedIn	Diverse Kurzbeiträge auf LinkedIn

Tabelle 2.7: Veröffentlichungen Mobility Center GmbH

Titel	Datum	Ort (Zeitungsname, ISBN, ggf. Link etc.)	Inhalt (kurz)
Diverse Kurzartikel auf unternehmens-eigenem Blog	divers	Leipzig	Information über Projektstand (praktische Umsetzung der Carsharing-Stationen); Erklärungen, Einladungen zum Kennenlernen
Beteiligung an Kommunikation des Projektpartners LHD sowie der DVB	divers	Dresden	Information über Projektstand (praktische Umsetzung der Carsharing-Stationen); Erklärungen

## Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN –	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel Schlussbericht des Verbundes: Daten Tanken – Datenbasierte Geschäftsmodelle für Ladeinfrastruktur	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Kalke, Kerstin; Draschner, Tim; Hänchen, Holger; Jacob, Julius; Pessier, René; Kreutziger, Marcus; Müller, Sascha; Schmidt, Maximilian; Schegner, Peter Rauschert, André; Holzhäuser, Tim; Stolze, David Winter, Christian; Bähr, Torsten	5. Abschlussdatum des Vorhabens 30.09.2022
	6. Veröffentlichungsdatum 30.12.2022
	7. Form der Publikation Schlussbericht gemäß Nr. 8.2 NKBF 98
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Landeshauptstadt Dresden, Amt für Wirtschaftsförderung, Ammonstraße 74, 01067 Dresden SachsenNetze GmbH, Rosenstraße 32, 01067 Dresden Mobilitätswerk GmbH, Eisenstückstraße 5, 01069 Dresden Technische Universität Dresden, 01062 Dresden Fraunhofer IVI, Zeunerstrasse 38, 01069 Dresden Software AG, Umlandstraße 12, 64297 Darmstadt Mobility Center GmbH, Peterssteinweg 18, 04107 Leipzig	9. Ber. Nr. Durchführende Institution –
	10. Förderkennzeichen 01MZ18004A, 01MZ18004B, 01MZ18004C, 01MZ18004D, 01MZ18004E, 01MZ18004F, 01MZ18004H
	11. Seitenzahl 45
12. Fördernde Institution (Name, Adresse)  Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) 11019 Berlin	13. Literaturangaben 20
	14. Tabellen 22
	15. Abbildungen 1
16. Zusätzliche Angaben –	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Referat ZB6 – Medien- und Informationszentrum / Bibliothek des BMWK, Berlin, 30.12.2022</li> <li>• Technische Informationsbibliothek (TIB), Hannover, 30.12.2022</li> </ul>	
18. Kurzfassung Das Ziel von Daten Tanken war der netzverträgliche Aufbau einer öffentlichen Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Dresden sowie deren wirtschaftlich tragfähiger Betrieb durch die Konzeption von datenbasierten Mobilitäts- und Energiediensten. Darüber hinaus wurde als ergänzende Maßnahme nicht-öffentliche bzw. teilweise öffentlich nutzbare Infrastruktur für assoziierte Partner von Daten Tanken errichtet und in das Vorhaben integriert.	
19. Schlagwörter Ladeinfrastruktur, Elektromobilität, Geschäftsmodelle, Daten, Smart Services, IT-Plattform	
20. Verlag –	21. Preis –

## Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN –	2. type of document (e.g. report, publication) Report
3. title Schlussbericht des Verbundes: Daten Tanken – Datenbasierte Geschäftsmodelle für Ladeinfrastruktur (Final report of the consortium: Daten Tanken (“Recharging with Data”) – Data-driven business models for charging infrastructure)	
4. author(s) (family name, first name(s)) Kalke, Kerstin; Draschner, Tim; Hänchen, Holger; Jacob, Julius; Pessier, René; Kreutziger, Marcus; Müller, Sascha; Schmidt, Maximilian; Schegner, Peter Rauschert, André; Holzhäuser, Tim Winter, Christian; Bähr, Torsten;	5. end of project 30 September 2022
	6. publication date 30 December 2022
	7. form of publication Report according to No. 8.2 NKBF 98
8. performing organization(s) (name, address) Landeshauptstadt Dresden, Amt für Wirtschaftsförderung, Ammonstraße 74, 01067 Dresden SachsenNetze GmbH, Rosenstraße 32, 01067 Dresden Mobilitätswerk GmbH, Eisenstückstraße 5, 01069 Dresden Technische Universität Dresden, 01062 Dresden Fraunhofer IVI, Zeunerstrasse 38, 01069 Dresden Software AG, Uhlandstraße 12, 64297 Darmstadt Mobility Center GmbH, Peterssteinweg 18, 04107 Leipzig	9. originator’s report no. –
	10. reference no. 01MZ18004A, 01MZ18004B, 01MZ18004C, 01MZ18004D, 01MZ18004E, 01MZ18004F, 01MZ18004H
	11. no. of pages 45
12. sponsoring agency (name, address)  Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) 11019 Berlin	13. no. of references 20
	14. no. of tables 22
	15. no. of figures 1
16. supplementary notes –	
17. presented at (title, place, date) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Referat ZB6 – Medien- und Informationszentrum / Bibliothek des BMWK, Berlin, 30.12.2022</li> <li>• Technische Informationsbibliothek (TIB), Hannover, 30.12.2022</li> </ul>	
18. Abstract The goal of Daten Tanken was the grid-compatible construction of a public charging infrastructure for electric vehicles in Dresden and its economically viable operation by designing data-driven mobility and energy services. Furthermore, as a complementary measure, non-public or partially publicly usable infrastructure was built for associated partners of Daten Tanken and integrated into the project.	
19. Keywords Charging infrastructure, electric mobility, business models, data, services, IT platform	
20. Publisher –	21. Price –