



Institut für
Fahrzeugkonzepte



Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge

Grundlagen und Anwendungsbeispiele
aus dem Förderprojekt »eLISA-BW«

Deutsches Zentrum für Luft-
und Raumfahrt – Institut
für Fahrzeugkonzepte
dlr.de/fk

Zentrum für Sonnenenergie-
und Wasserstoff-Forschung
Baden-Württemberg
zsw-bw.de

Einleitung

Ein Projekt für intelligente Ladesteuerung

Neue Straßenfahrzeuge sind zunehmend elektrisch. Damit wächst natürlich auch die Anzahl der Nutzer:innen elektrischer Ladeinfrastruktur. Darum stellen sich immer mehr Verantwortliche für Fahrzeugflotten und Parkplätze Fragen, wie: Ist meine Fahrzeugflotte

dafür geeignet, elektrifiziert zu werden – und werden die Nutzer:innen sie annehmen? Ist meine Ladeinfrastruktur ausreichend, um alle Fahrzeuge laden zu können? Und verträgt das Netz eine Erweiterung? Diese Fragen stellten sich auch die Projekt-

partner im Projektkonsortium »elektrische Ladeinfrastruktur intelligent steuern und anbinden in Baden-Württemberg« (eLISA-BW). Antworten dazu sollten im Projekt entstehen. Wir freuen uns, dass wir diese Erfahrungen und Erkenntnisse im nachfolgenden Leitfaden

an Sie weitergeben können. Förderung erhielt das Projekt eLISA-BW durch das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg im Rahmen des Förderaufrufs »intelligente Netzanbindung von Parkhäusern und Tiefgaragen«

(INPUT). Während des Projektverlaufes wurde dafür in der Parkgarage Waldhornstraße in Karlsruhe ein intelligentes Lademanagementsystem implementiert. Das Regierungspräsidium Karlsruhe nutzt diese Parkgarage für seine Flottenfahrzeuge als Standort.

Da immer mehr E-Autos in Zukunft die Landesflotte bilden werden, ist es unausweichlich, die elektrische Ladeinfrastruktur an diesen steigenden Bedarf anzupassen. Die Netzanschlussleistung ist jedoch zu gering, um eine gleichzeitige Ladung aller Fahrzeuge zu ermöglichen. Durch eine intelligente Verknüpfung des Buchungssystems, der Identifikationsschnittstelle an der Ladesäule sowie der kontinuierlichen Messung der Netzanschlussleistung war es möglich, eine Ladesteuerung zu entwickeln, welche die Flottenfahrzeuge bedarfs- und netzdienlich lädt.

Ein herzlicher Dank geht an die Beteiligten des Projektkonsortiums eLISA-BW: das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt – Institut für Fahrzeugkonzepte, das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung Baden-Württemberg, die Parkraumgesellschaft Baden-Württemberg, das Regierungspräsidium Karlsruhe, Vermögen und Bau Amt Karlsruhe, Siemens und AVAT – sowie an den Fördermittelgeber: das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg.

Inhalt

Grundlagen

- Steckertypen
- Ladeinfrastruktur-Typen
- Netzanschluss
- Zugangsmöglichkeit/Identifizierung
- Lastmanagement

Checkliste

- Welche grundlegenden Informationen benötige ich?
- Welche technischen Eigenschaften bringen die E-Fahrzeuge mit?
- Können die E-Fahrzeuge unterwegs zwischen-geladen werden?
- Welche Fahrtdaten benötige ich?

- Welche maximale Leistung kann ich beziehen?
- Welche Großverbraucher muss ich berücksichtigen?
- Was muss ich bei der Standortwahl beachten?
- Welche Kosten kommen auf mich zu?
- Gibt es Möglichkeiten zur Förderung?

Potentiale des Lademanagements

- Welche Lademanagementstrategien (LMS) gibt es?
- LMS-Beispiele mit Vor- und Nachteilen
- Intelligentes Laden durch zusätzliche Daten
- Potentialvergleich unterschiedlicher Ladestrategien

Reallabor eLISA-BW

- Zuwachs an E-Fahrzeugen
- Veränderung im Fahrzeugpool
- Transformator für Erweiterungen zu klein
- Projekt eLISA-BW
- Buchungssystem
- Messtechnik Nebenverbraucher und Ladeinfrastruktur
- Schnittstelle
- Lademanagement

Lessons learned

- Reichweite und E-Fahrzeuge
- Ladezeit vs. Standzeit
- Fehlende schlüsselfertige Lösungen

Grundlagen



Ladestationen

Was Tankstellen für konventionelle Fahrzeuge leisten, erfüllen die Ladestationen für Elektrofahrzeuge. Sie dienen der Versorgung von Elektrofahrzeugen mit elektrischer Energie, die diese zum Laden ihrer Batterien benötigen. Der Aufbau von Ladestationen erfolgt im Gegensatz zu Tankstellen überwiegend im halböffentlichen oder privaten Bereich und nicht nur im öffentlichen Raum. Die Wahl der maximal verfügbaren Ladeleistung hängt vom jeweiligen Anwendungsfall ab. An Autobahnen sind Ladestationen mit 50 bis 150 kW gängig. Einzelne Ladestationen können sogar Ladeleistungen von bis zu 350 kW bereitstellen. Bei einem 10-minütigen Ladevorgang entspräche dies einer Ladeenergiemenge für eine Reichweite von 292 km bei einem angenommenen Verbrauch von 20 kWh je 100 km. Im Sprachgebrauch wird bei Ladestationen zwischen Ladesäulen und Wallboxen unterschieden. Sie besitzen ein bis drei Ladepunkte, über die jeweils ein Fahrzeug geladen werden kann – siehe Abbildung.

Ladesäulen stehen – in der Regel auf einem Sockel montiert – im Außenbereich und sind in allen Leistungsklassen verfügbar. Wallboxen sind dagegen entweder an Wänden oder Stelen errichtet. Wegen ihrer kompakten Bauform ist jedoch bei den am Markt verfügbaren Wallboxmodellen die Ladeleistung je Ladepunkt auf maximal 25 kW begrenzt. Die verwendeten Stecker zum Laden der Fahrzeuge sind europaweit genormt – abhängig von der maximalen Ladeleistung sowie der Lade- bzw. Übertragungsart des Ladepunktes. Die Ladung mit bis zu 22 kW erfolgt mit Wechselstrom (AC-Laden) und dem Typ-2-Stecker nach IEC 62196-2. Übliche Ladeleistungen von Ladestationen zum AC-Laden sind 3,7 kW, 11 kW und 22 kW. Bei höheren Ladeleistungen wird Gleichstrom (DC-Laden) in Kombination mit dem Combo-2-Stecker (CCS2) entsprechend IEC 62196-3 genutzt. Dieser ist eine Erweiterung des Typ-2-Steckers. Da asiatische Produzenten für die DC-Ladung zunächst den CHAdeMO-Stecker eingeführt hatten, findet

sich dieser in Europa noch bei einigen Fahrzeugmodellen und Ladesäulen. Der Zugang zu Ladestationen kann ohne Autorisierung erfolgen. Diese kann jedoch vor der Nutzung der Ladestation gewünscht sein, um entweder das Laden durch Dritte zu verhindern oder eine Abrechnung zu ermöglichen. Bei den am Markt verfügbaren Modellen gibt es dafür verschiedene Lösungen: die einfachsten sind Schlüsselschalterlösungen zur reinen Freischaltung. Diese bieten sich für Ladestationen an, die nur einem kleinen Kreis von Nutzer:innen zur Verfügung stehen sollen. Bei öffentlichen Ladestationen oder Ladestationen für größere Nutzerkreise kann man RFID-Tokens oder Apps zur Autorisierung einsetzen. Dabei ist es zusätzlich möglich, die Ladestation mit einer Verwaltungs- und Abrechnungssoftware, dem Backend, zu koppeln.

Neben der Abrechnung der Ladevorgänge über das Backend kann Kund:innen auch vor Ort die Bezahlung ermöglicht werden – bar oder mit Karte.

Netzanschluss

Der Netzanschluss ist der Punkt, an dem elektrische Energie vom öffentlichen Netz bezogen wird. Er muss ausreichend groß dimensioniert sein, um zu jeder Zeit die benötigte Leistung bereitstellen zu können.

Da die Größe des Netzanschlusspunktes sowohl bei der Errichtung als auch im Betrieb kostengebunden ist, sollte er nur so groß wie nötig gewählt werden.

Die Überdimensionierung des Netzanschlusspunktes vermeidet man durch die Berücksichtigung von Gleichzeitigkeitsfaktoren in der Planungsphase.

Dadurch wird der Netzanschlusspunkt nicht auf die theoretische Maximallast, sondern lediglich auf die aus Erfahrungen ermittelte maximal auftretende Gesamtlast ausgelegt.

Um die maximal verfügbare Leistung einzuhalten, sollten steuerbare Verbraucher im Notfall abgeregelt oder abgeschaltet werden können.

Lastmanagement

Im Regelfall sprechen finanzielle Gründe für ein Lastmanagement. Damit kann man zweierlei Kosten reduzieren: einerseits Investitionskosten für die Erweiterung des Netzanschlusses sowie andererseits laufende Kosten für die Spitzenlast durch geschicktes Steuern von Anlagen (Spitzlastkappung). In vielen Projekten setzt man zusätzlich einen elektrischen Speicher als Puffer ein. Das Lastmanagement koordiniert seine Ladung oder Entladung. Dadurch ist zwar oft eine Abregelung der Ladestationen vermeidbar; die Investitionskosten für einen solchen Speicher sind jedoch in einer ähnlichen Dimension wie eine entsprechende Erweiterung des Netzanschlusses.

Auch für Ladeinfrastrukturen, deren höhere Gesamtleistung nicht am Netzanschlusspunkt verfügbar ist, erfolgt der Einsatz eines Lastmanagements. Dieses regelt im Ernstfall die Gesamtleistung aller Ladestationen und vermeidet eine Überlastung des Netzanschlusspunktes.

Das Lastmanagement ist auf verschiedene Arten umsetzbar. Bei statischem Lastmanagement gibt man bei der Errichtung eine Gesamtleistung für alle Ladestationen vor. Diese wird während des Betriebs entsprechend der gewählten Lademanagementstrategie auf die Ladevorgänge verteilt. Anstelle einer fixen Begrenzung kann man auch einen variablen Wert verwenden. Dieser wird während des Betriebs laufend gemessen und beschreibt die Differenz aus der maximal verfügbaren Leistung am Netzanschlusspunkt und den Verbrauchern, die nicht gesteuert werden können, wie beispielsweise Lüftungsanlagen. In diesem Fall spricht man von einem dynamischen Lastmanagement.

Bei statischem wie bei dynamischem Lastmanagement erfolgt die Verteilung der verfügbaren Leistung an die Ladestationen durch ein Lademanagement. Die hierbei möglichen Strategien erläutert das Kapitel »Potentiale des Lademanagements«.

Checkliste

01

Was muss ich beachten, wenn ich meine Flotte elektrifiziere?

Wenn Sie Ihren Firmenfuhrpark elektrifizieren und damit einhergehend die entsprechende Ladeinfrastruktur implementieren, dient Ihnen die nachfolgende Checkliste als Begleitdokument.

Zehn Leitfragen und dazugehörige Beschreibungen geben Ihnen eine Hilfestellung, um Schritt für Schritt alle nötigen Informationen zusammenzutragen, die Sie vor der eigentlichen Umsetzung benötigen.

Dabei lassen sich grundsätzlich die **Infrastrukturseite** (Gebäude, Netzanschluss etc.) und der **Fuhrpark** (Anzahl Fahrzeuge, Fahrzeugkategorie etc.) als zentrale Elemente unterscheiden.

Welche grundlegenden Informationen benötige ich?

Wie viele und welche Fahrzeuge befinden sich in meinem Fuhrpark?

Wie sehen die Besitzverhältnisse aus: welche Fahrzeuge wurden käuflich erworben, welche befinden sich im Leasingverhältnis und wie lange beträgt die Laufzeit?

Sind einzelne Fahrzeuge bestimmten Nutzer:innen zugeordnet oder sind die Fahrzeuge für jeden verfügbar?

Kehren die Fahrzeuge am Ende des Tages wieder an den Standort zurück?

Gibt es bereits batterieelektrische oder Hybrid-Fahrzeuge in meinem Fuhrpark?

Sind Sonderfahrzeuge im Fuhrpark, für die keine E-Modelle verfügbar sind?

02

Welche technischen Eigenschaften bringen die Elektrofahrzeuge mit?

Wenn sich bereits Elektrofahrzeuge im Fuhrpark befinden, ist es sinnvoll, sich einen Überblick über deren technische Eigenschaften zu verschaffen. Informationen bekommen Sie in den Verkaufsbroschüren, beim Verkäufer, dem Hersteller oder aus dem Fahrzeugbrief.

Um welche Art von Fahrzeug handelt es sich: batterieelektrisches Fahrzeug oder Plug-In-Hybrid?

Über welchen Ladeanschluss/ Steckertyp verfügen die Fahrzeuge?

Informationen finden Sie im Kapitel »Grundlagen«. Häufig müssen Sie die Typ 2 Ladekabel separat mit dem Fahrzeug bestellen oder als Zubehör nachkaufen. Die Art des Ladeanschlusses gibt auch Aufschluss darüber, mit welcher Spannungsart (Gleich- oder Wechselspannung) das Fahrzeug geladen werden kann. Bestellen Sie CCS-Lademöglichkeiten, um durch schnelles Zwischenladen längere Fahrten zu ermöglichen.

03

Mit welcher Ladeleistung kann Ihr Fahrzeug geladen werden?

Die Ladeleistung ist ein wichtiger Faktor, wenn es darum geht, wie lange ein Ladevorgang dauert. Je höher die theoretisch mögliche Ladeleistung des Fahrzeuges, desto kürzer ist der Ladevorgang.

Wie groß ist die Batteriekapazität des Fahrzeuges? Häufig sind in den technischen Daten der Fahrzeuge zwei Werte zu finden.

Es wird zwischen der Brutto- und Netto-Kapazität unterschieden. Letzterer ist der tatsächlich nutzbare Energieinhalt, der für den Antrieb zur Verfügung steht. Die Bruttokapazität beschreibt den vollständigen Energieinhalt, allerdings inklusive der Reserven für die Selbstentladung und zur Vorbeugung der Alterung. Typische Batteriekapazitäten reichen von 40 bis 95 kWh. Bei einem durchschnittlichen Verbrauch von ca. 15 kWh/100km ergibt sich für eine 40 kWh Batterie eine Reichweite von 260 km.

Können die Elektrofahrzeuge unterwegs zwischengeladen werden?

Bei längeren Fahrstrecken oder längerer Abwesenheit müssen Sie Ihre Fahrzeuge eventuell zwischenladen. Auswärtige Ladevorgänge entlasten zudem die »Heimat-Ladestelle«.

Bei der Nutzung öffentlicher Ladepunkte entstehen zusätzliche Kosten. Diese können Sie aktuell auf vier Arten bezahlen. Sie schalten den Ladevorgang frei, entweder per Ladekarte (EnBW, Shell, Ladenetz, ...) oder per App, die auch freie Ladeinfrastruktur anzeigt. In manchen Parkhäusern können Sie bar am Kassenautomat bezahlen. Zunehmend ist das auch direkt an der Ladesäule mit Kreditkarte möglich.

Einige Tankstellenbetreiber bieten bereits Komplettlösungen an. Mit diesen Tankkarten können Sie sowohl elektrische als auch konventionelle Tankvorgänge abrechnen.

04

Welche Fahrtendaten sind verfügbar, beziehungsweise: welche benötige ich?

Um abschätzen zu können, ob es möglich ist, Verbrennerfahrzeuge durch Elektrofahrzeuge zu ersetzen, sind zwei Parameter ausschlaggebend: Die Fahrstrecken und die Standzeiten des Fahrzeuges.

Führen Sie zur Erfassung der Fahrten ein digitales Buchungsportal oder Fahrtenbuch. Diese dienen als Quelle für die benötigten Daten. Um eine aussagekräftige Einschätzung zur Fahrstrecke und Standzeit zu bekommen, analysieren Sie die Fahrten über einen Zeitraum von 6 Monaten. Daraus ergeben sich Statistiken für die durchschnittlichen und maximal zurückgelegten Fahrstrecken. Bei der Auswahl eines Elektrofahrzeuges kann man sich daran orientieren.

Die Hersteller ermitteln ihre Angaben zu Reichweite und Verbrauch unter Idealbedingungen. Es existieren aber Datenbanken für reale Verbrauchsdaten.

[spritmonitor.de](https://www.spritmonitor.de) oder unter [adac.de/rund-ums-fahrzeug/tests/ecotest](https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/tests/ecotest)

05

Welche Ladeleistungen beziehungsweise Ladeenergien benötige ich?

Wählen Sie die Ladeleistung hierbei abhängig von der benötigten Ladeenergie. Dabei ist die Ladeenergie die Energiemenge, die Sie benötigen, um das Elektrofahrzeug nach der Rückkehr einer Fahrt wieder vollständig aufzuladen.

Der Ladebedarf ergibt sich aus der Multiplikation von gefahrener Strecke und dem elektrischen Verbrauch. Hinweis: Im Winter ist der Verbrauch wegen der Heizung etwas höher. Außerdem sinkt die verfügbare Energiemenge in der Batterie aufgrund der niedrigeren Temperaturen.

Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Standzeit des Fahrzeuges zwischen zwei Fahrten. Je länger die durchschnittlichen Standzeiten sind, desto geringer können Sie die Ladeleistung wählen.

Welche Ladearten und damit verbundene Ladeleistungen es gibt, entnehmen Sie dem Kapitel »Grundlagen«

06

Welche maximale Leistung kann ich von meinem Netzanschluss beziehen?

Durch die Elektrifizierung einer Fahrzeugflotte und den Aufbau von Ladeinfrastruktur kommen neue Verbraucher zu einem bestehenden System hinzu.

Während des Betriebs kann es dabei schnell zu Leistungsspitzen kommen, welche im Nachgang vom Energieversorger in Rechnung gestellt werden.

Deswegen muss im Vorfeld abgeklärt werden, welche maximale Leistung am Netzanschluss bezogen werden kann. Auskunft darüber erhält man beim ansässigen Netzbetreiber. Informationen finden Sie im Kapitel »Grundlagen«.

07

Welche Großverbraucher habe ich – und muss ich bei der Planung berücksichtigen?

Neben der Grundlast müssen Sie auch Großverbraucher am Standort bei der Ladeinfrastrukturplanung mitberücksichtigen.

Die Liste an Großverbrauchern kann sehr unterschiedlich ausfallen – abhängig von der Art des Betriebes bzw. Gebäude.

Einige Beispiele wären Gebäudeklimatisierung und -Lüftung, Personen- und Lastenaufzüge, IT-Infrastruktur, leistungsintensive Maschinen etc.

Bei der Bestimmung der Energieverbrauchs- oder Leistungswerte helfen Ihnen Stromverbrauchsabrechnungen, Monitoring-Daten oder Typenschilder/Datenblätter.

In Abhängigkeit der jeweiligen Ausgangssituation kann es notwendig sein, ein Lastmanagement zu installieren damit Leistungsspitzen vermieden werden.

08

Was muss ich bei der Standortwahl für die Ladeinfrastruktur beachten?

Bei der Auswahl des Standortes müssen einige Punkte berücksichtigt werden.

Hierzu gehört die Lage der Hauptverteiler oder des nächstgelegenen Unterverteilers. Um hohe Kosten für die Anschluss- und Tiefbauarbeiten zu vermeiden, empfiehlt es sich die Ladeinfrastruktur möglichst nah an den Verteilerkästen aufzubauen.

Sie sollten eine stabile Verbindung zum Internet sicherstellen. Diese benötigen Sie für die Kommunikation mit dem Backend, um die Ladevorgänge eichrechtskonform abrechnen zu können – oder auch für die dynamische Steuerung der Ladevorgänge.

Der Anschluss kann über WLAN/LAN oder über das Mobilfunknetz erfolgen, wenn Sie ein entsprechendes GSM-Modul nutzen können. Vor allem in Tief- und Parkgaragen oder ländlichen Gebieten kann die Schnittstelle zum Internet eine Herausforderung darstellen.

09

Welche Kosten kommen auf mich zu?

Bei den zu erwartenden Kosten müssen Sie zwischen den Fahrzeugen und der Ladeinfrastruktur unterscheiden.

Die Anschaffungskosten für die Fahrzeuge können sehr variabel ausfallen und sind sowohl vom Hersteller als auch vom gewählten Modell abhängig.

Auf der Infrastrukturseite fallen in erster Linie Kosten für die Beschaffung der Hardware (Ladesäulen) an.

Hinzu kommen die Installation sowie der Anschluss an das Versorgungsnetz.

Weiterhin müssen Sie einkalkulieren: die laufenden Kosten für das Backend (Abrechnung/Lastmanagement) sowie für die regelmäßige Wartung der Ladeinfrastruktur (z.B. FI-Prüfung).

10

Gibt es Möglichkeiten zur Förderung, die ich in Anspruch nehmen kann?

Sowohl für die Beschaffung von E-Fahrzeugen als auch für den Aufbau von Ladeinfrastruktur können Sie über Förderprogramme Zuschüsse beantragen.

Auf der Internetseite des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle gibt es eine Liste, die alle förderfähigen E-Fahrzeuge aufführt.

Auf Bundesebene gibt es die Förderrichtlinie Elektromobilität des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur sowie das KfW Umweltprogramm 240/241.

Neben den bundesweiten Maßnahmen gibt es auch Förderaufrufe in den einzelnen Bundesländern. In Baden-Württemberg sind noch bei der Landesagentur e-mobil-BW, dem Landesministerium für Verkehr, dem Landesministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft sowie auf Bundesebene bei der NOW GmbH Hinweise auf bestehende Fördermöglichkeiten zu finden.

Alle gleich behandeln oder VIPs priorisieren?

Um den Netzanschluss besser auszunutzen, können Sie ein Lastmanagement einsetzen (siehe Kapitel »Grundlagen«). Dieses begrenzt die Gesamtleistung der Ladestationen und verteilt unter Verwendung einer Lademanagementstrategie die verfügbare Leistung. Lademanagementstrategien können unterschiedliche Ziele verfolgen. Die am Markt verfügbaren Lösungen nutzen meistens das gleichverteilte Laden und das Laden nach dem First-Come-First-Serve-Prinzip.

Gleichverteiltes Laden: Bei dieser Lademanagementstrategie wird die Ladeleistung zwischen den aktiven Ladevorgängen gleichmäßig aufgeteilt. Der Vorteil ist, dass keine Daten der Ladevorgänge erhoben und in das Lademanagement integriert werden müssen. Nachteilig ist, dass Fahrzeuge mit einer kurzen Standzeit nur wenig Ladeenergie erhalten, wenn die insgesamt verfügbare Ladeleistung auf Grund gleichzeitig laufender Ladevorgänge reduziert ist.

First-Come-First-Serve: Die Ladeleistung wird nach den Startzeiten der Ladevorgänge verteilt. So erhält der erste Ladevorgang die maximal mögliche Ladeleistung. Ab einer kritischen Anzahl von gleichzeitigen Ladevorgängen erhält der zuletzt gestartete Ladevorgang jedoch entweder eine verringerte oder im Extremfall keine Ladeleistung. Erst, wenn das Lastmanagement freie Kapazitäten feststellt, verteilt es diese auf die zuvor gedrosselten Ladepunkte. Für diese Strategie muss man die Startzeiten der Ladevorgänge in das Lademanagement integrieren. Dies bedeutet einen zusätzlichen Aufwand im Gegensatz zum gleichverteilten Laden.

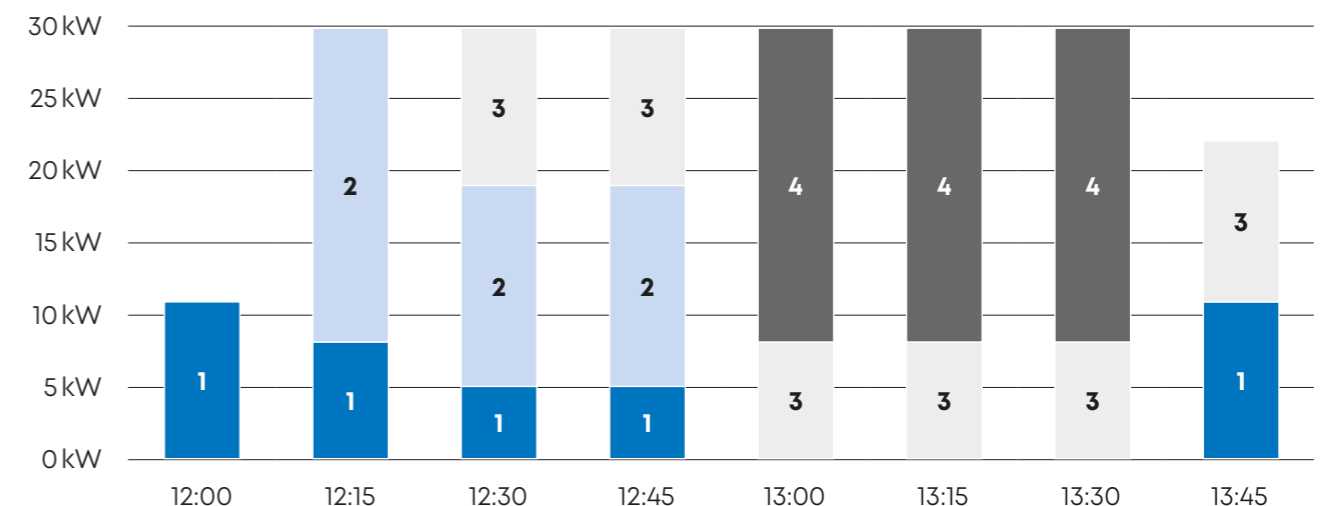
Priorisiertes Laden: Eine Erweiterung der beiden vorherigen Strategien ist das priorisierte Laden oder »VIP-Laden«. Dabei kann man einen Ladevorgang vorrangig mit Leistung versorgen. Sollte während des Ladevorganges eines priorisierten Nutzers die Netzanschlussleistung überschritten werden, reduziert das Lademanagement die Ladeleistungen aller anderen Ladevorgänge. Der Registrierungsprozess umfasst daher auch die Definition der bevorzugten Nutzer. Vorteil dieser Erweiterung ist, dass man für eine bestimmte Nutzergruppe auch für kurze Standzeiten hohe Ladeleistungen sichern kann. Nachteilig ist einerseits, dass diese Gruppe eine kritische Größe nicht überschreiten darf, da ansonsten die Verteilung der Ladeleistung wieder wie bei der übergeordneten Strategie erfolgt. Andererseits ist die Prioritätseinstufung in der Regel fest. Dies kann dazu führen, dass sich die verfügbare Ladeleistung nur auf die priorisierten Ladevorgänge verteilt. Andere Ladevorgänge, die unter Umständen auch kurze Standzeiten aufweisen, werden dann möglicherweise nur ungenügend bedient.

Optimiertes Laden: Mithilfe weiterer Daten, wie den Abfahrtszeitpunkten und den Ladezuständen der Fahrzeuge, kann man die Verteilung der Ladeleistung optimieren. Die Lösungen am Markt leisten das aktuell noch nicht: Die Fahrzeuge übermitteln diese Daten nicht automatisch und auf andere Weise sind sie nur sehr aufwendig zu erheben.

Innerhalb von zwei Stunden erfolgen vier Ladevorgänge an 4 Ladepunkten, die jeweils 22 kW zur Verfügung stellen können. Die maximale Leistung des Netzanschlusspunktes beträgt 30 kW. Die Verteilung der Ladeleistung erfolgt nach verschiedenen Strategien: Gleichmäßig (Equal), First-Come-First-Serve (FCFS) und Optimiert.

	Standzeit	Leistung	Bedarf	Über- und Unterladung durch unterschiedliche Ladestrategien		
				Equal	FCFS	Optimiert
Vorgang 1	12:00 – 14:00	11 kW	10 kWh	10,125 kWh	12,00 kWh	0,00 kWh
Vorgang 2	12:15 – 13:15	22 kW	12 kWh	-0,375 kWh	7,00 kWh	0,50 kWh
Vorgang 3	12:30 – 14:00	11 kW	14 kWh	0,625 kWh	-5,75 kWh	0,25 kWh
Vorgang 4	13:00 – 14:00	22 kW	16 kWh	-9,125 kWh	-12,00 kWh	0,50 kWh

Das Diagramm zeigt, wie das Ergebnis der optimierten Ladestrategie erreicht wird.



Reallabor
eLISA-BW

e-parken
während des Ladevorgangs

Parkgarage Karlsruhe Waldhornstraße

Bild: DLR/Eppler

Wir haben im Reallabor Parkgarage Waldhornstraße zwischen Juli 2019 und September 2021 ein intelligentes Lademanagementsystem im Realbetrieb implementiert und getestet.

In diesem Rahmen erhöhten wir die Anzahl der Ladepunkte von 6 auf 14 - ohne dass wir in den Netzausbau investieren mussten. Die zusätzlichen 8 Ladepunkte integrierten wir in das Lademanagement. Das Regierungspräsidium Karlsruhe nutzt die neuen Ladepunkte,

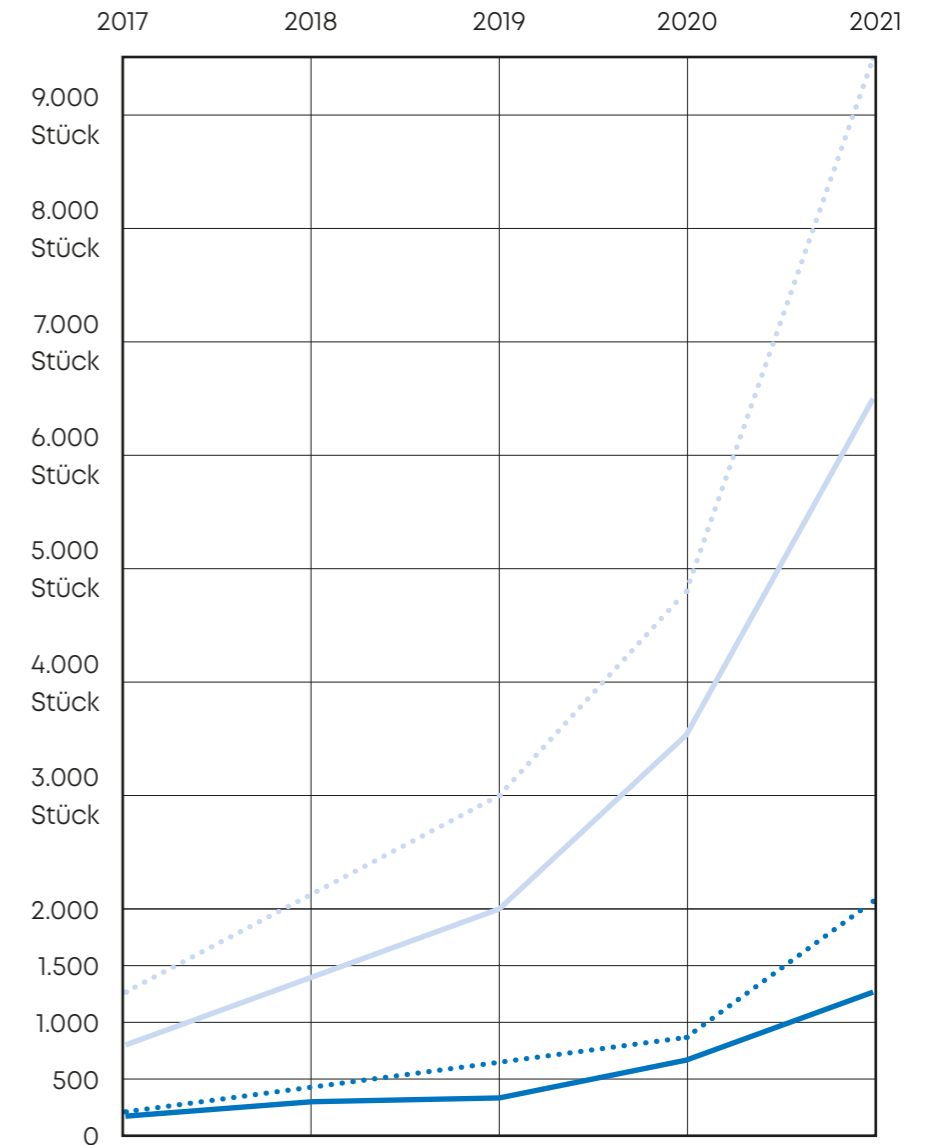
während die 6 ursprünglichen allen Parkhausgästen offenstehen. Sie sind nicht direkt in das Lademanagement integriert. Dennoch profitieren sie davon, da sie bei der Leistungsverteilung dynamisch berücksichtigt werden.

Zuwachs an E-Fahrzeugen:

Zu Beginn jedes Jahres veröffentlicht das Kraftfahrtbundesamt den aktuellen Bestand an Kraftfahrzeugen. Die Abbildung zeigt den Zuwachs an Hybrid- und batterieelektrischen Fahrzeugen für die Stadt Karlsruhe und den Landkreis Karlsruhe. Der Stichtag ist dabei jeweils der 1. Januar.

Wir gehen davon aus, dass das überproportionale Wachstum über die nächsten Jahre weiter anhält.

- batterieelektrische Fahrzeuge in Karlsruhe
- Hybridfahrzeuge (inkl. Plug-In Hybride) in Karlsruhe
- ... Landkreis Karlsruhe



Das Ministerium Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg hat das Projekt eLISA-BW im Rahmen des Förderaufrufs INPUT gefördert.

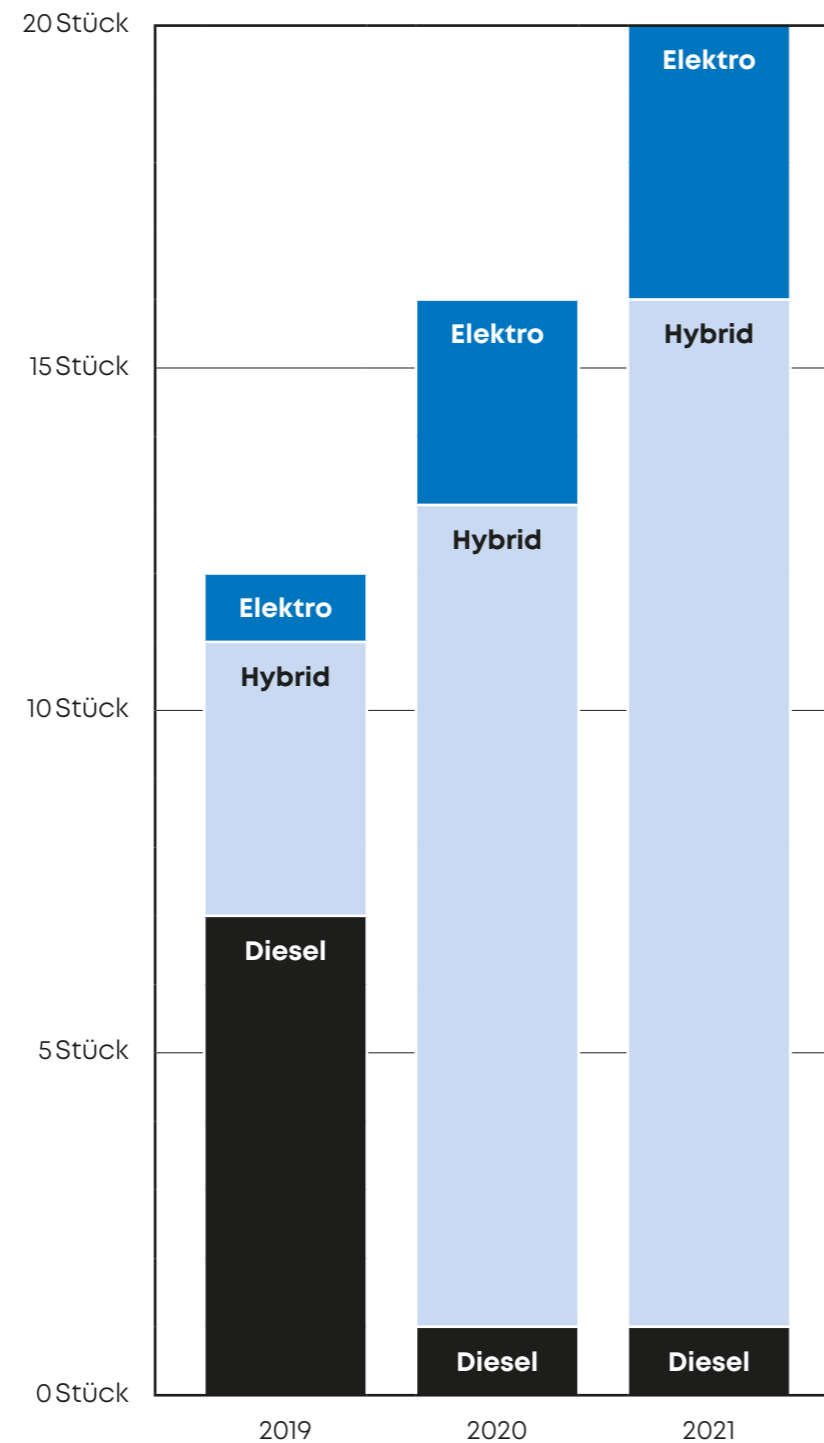
Beteiligt waren das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt – Institut für Fahrzeugkonzepte, das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, die Parkraumgesell-

schaft Baden-Württemberg, das Regierungspräsidium Karlsruhe, Vermögen und Bau Amt Karlsruhe, AVAT und Siemens.

Veränderung im Fahrzeugpool

Während der Laufzeit des Projektes elektrifizierte das Regierungspräsidium Karlsruhe seinen Fuhrpark zunehmend. Im Balkendiagramm kann man neben der Gesamtanzahl an Fahrzeugen für das jeweilige Jahr auch die Zusammensetzung auslesen. Die Fahrzeugkategorien sind den unterschiedlichen Farben zugeordnet mit aufsteigendem Jahr von links nach rechts.

Plug-In-Hybride oder reine batterieelektrische Fahrzeuge ersetzen über die drei Jahre nahezu alle Dieselfahrzeuge. Neben der steigenden Anzahl an Elektrofahrzeugen nahm auch die Gesamtanzahl über die Jahre zu. Allerdings unterliegt die Gesamtanzahl der Fahrzeuge starken Schwankungen, da viele Fahrzeuge an unterschiedliche Leasingverträge gebunden sind.



Limitierter Netzanschlusspunkt

Die Netzanschlussleistung der Tiefgarage von ca. 172 kW war das zentrale Hemmnis für die Erweiterung der Ladeinfrastruktur.

Zudem sind neben der Tiefgarage am vorgelagerten Transformator noch weitere Gebäude angeschlossen. Eine gleichzeitige Nutzung von mehreren Ladepunkten mit bis zu 22 kW Ladeleistung ist nicht möglich. Insbesondere muss man beachten, dass auch noch weitere Verbraucher (z. B. Beleuchtung, Schrankenanlagen, ...) den Netzanschlusspunkt nutzen.

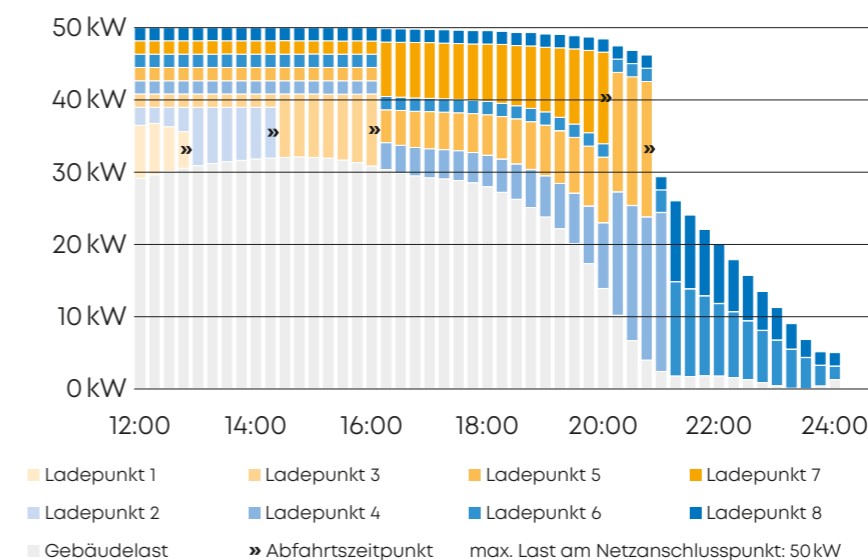
Ziel des Projekts eLISA-BW

Das Ziel des Projektes war es daher, die Mittel der Digitalisierung zu nutzen und ein intelligentes Lastmanagement zu implementieren, das den Netzanschlusspunkt nicht überlastet, und es ermöglicht, dass dennoch alle Flottenfahrzeuge rechtzeitig zu ihrem Einsatz vollgeladen sind. Auch die Fahrzeuge, die nicht zur Flotte gehören, profitieren davon, da das Lademanagement ausreichend Reserve vorhält. Zu diesem Zweck wurden verschiedene Informationsquellen vernetzt, zusätzliche Messtechnik installiert und mit einem zentralen Server verbunden.

Informationsquellen

Im Buchungssystem des Regierungspräsidiums werden die geplanten Nutzungszeiträume und Kilometer eingetragen. Das Lademanagement leitet mit diesen Informationen die Standzeiten und die zu ladenden Energiemengen ab.

Die Software erstellt dann den Ladeplan, mit dem die geplanten Fahrten möglichst ohne Zwischenladungen durchgeführt werden können. Um die Leistungsvorgaben dem korrekten Ladepunkt zu zuweisen, erhält das Lademanagement vom Backend die Information welches Fahrzeug an welchen Ladepunkt angeschlossen wurde. Bei den kalkulierten Ladeleistungen wird auch die aktuell verfügbare Leistung am Netzanschlusspunkt mit einbezogen. Damit werden die Leistungsbedarfe der anderen Verbraucher berücksichtigt – insbesondere der öffentlichen Ladeinfrastruktur in der Tiefgarage. Dafür wurde im Hauptverteiler zusätzliche Messtechnik verbaut. Das Bild zeigt einen beispielhaft simulierten Ladeplan.



Das Projekt eLISA-BW konnte erfolgreich abgeschlossen werden. Dennoch bleibt festzuhalten, dass die Anbindung der Ladeinfrastruktur an das jeweilige Backend nicht immer per »plug-and play« zu realisieren ist.

Im Projekt war ein hoher Aufwand für Abstimmungen und Fehlerbehebung notwendig. Es wurde deutlich, dass ein intelligentes Lademanagement ein großes Potential bei Fahrzeugflotten besitzt.

Mithilfe des Lademanagements ist es auch zukünftig in der Parkgarage Waldhornstraße möglich, weitere Ladeinfrastruktur zu errichten ohne die Netzanschlussleistung mit großen Investitionen zu erhöhen.

01

Moderne Elektrofahrzeuge haben genug Reichweite für den größten Anteil an Fahrten.

Dennoch zeigen sich Berührungsängste mit E-Fahrzeugen und Unsicherheiten bezüglich der Reichweite.

Man sollte daher Nutzer:innen durch Aufklärung und Schulung an den Umgang mit E-Fahrzeugen heranführen. Eine Möglichkeit dazu: Nutzer:innen bei der Buchung informieren, welches Fahrzeug zur geplanten Fahrt passt.

02

Im Schnitt stehen die Fahrzeuge für längere Zeitspannen, als sie zum Laden benötigen.

Also können sie für bevorstehende Fahrten in der Regel ausreichend Energie laden.

Denn bei mehreren gleichzeitigen Ladevorgängen kann die Summe der Ladeleistungen die restliche verfügbare Leistung übersteigen, falls keine Limitierung der Ladeleistung erfolgt.

Die Verwendung von Buchungsdaten ermöglicht ein intelligentes Lademanagement. Damit laden Sie Ihre Flotte kostengünstig und effizient - und garantieren außerdem die notwendigen Energien für bevorstehende Fahrten.

03

Schlüsselfertige Lösungen für spezifische Anwendungsfälle gibt es bisher noch kaum.

Ein Beispiel dafür sind Buchungssysteme, die bereits in das Lademanagement integriert sind.

Das Projekt hat jedoch gezeigt, dass zusätzliche Informationen helfen, ein Lademanagement-System effizienter zu gestalten. Dadurch können Sie Kosten für zusätzliche Investitionen in den Netzausbau oder in Speicher vermeiden.

Für die Inhalte sind das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt – Institut für Fahrzeugkonzepte und das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg und verantwortlich.

Autoren: Sebastian Sigle (DLR), Tobias Schneider (DLR) und Dennis Huschenhöfer (ZSW).

Die Bilder stammen (sofern nicht anders erwähnt) von stock.adobe.com

Gestaltung: DIE KAVALLERIE GmbH



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Die Arbeiten dieses Projekts wurden mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg durchgeführt