

Forschungsbericht BWPLUS

**Aufbau von intelligent gesteuerten Ladestationen, sowie Entwicklung eines Geschäftsmodells für Parkeinrichtungen auf Landesliegenschaften**

von

Prof. Dipl.-Ing. Matthias Grandel

Hochschule Biberach  
Institut für Gebäude- und Energiesysteme

Förderkennzeichen: BWINP 21105

Laufzeit: 15.11.2020 – 30.09.2022

Die Arbeiten des Programms Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung werden mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert

September 2022

**Hochschule Biberach**

Biberach University of Applied Sciences

Institut für Gebäude- und Energiesysteme

**HBC.**  
HOCHSCHULE  
BIBERACH  
UNIVERSITY  
OF APPLIED SCIENCES

---

# Abschlussbericht

## Förderprojekt HBC.IntelliCharge

---

Projektleiter:

Prof. Dipl.-Ing. Matthias Grandel

Gefördert durch:



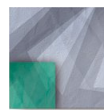
**Baden-Württemberg**

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Umweltforschung Baden-Württemberg

BWPLUS – Baden-Württemberg Programm

Lebengrundlage Umwelt und ihre Sicherung



**PTKA**

**Projektträger Karlsruhe**

im Karlsruher Institut für Technologie

Karlsruher Institut für Technologie

Projektträger Karlsruhe PTKS-BWP

Projektträger des Landes Baden-Württemberg

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>II</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>III</b>
<b>1. Ladeinfrastruktur Basiswissen .....</b>	<b>1</b>
1.1 <i>Wertschöpfungskette Ladeinfrastruktur.....</i>	<i>1</i>
1.2 <i>Verbindung zwischen Ladestation und Backend.....</i>	<i>4</i>
<b>2. Szenarien zum Betrieb der LIS .....</b>	<b>7</b>
<b>3. Planung .....</b>	<b>10</b>
3.1 <i>Stellplatzgröße und Anordnung der Ladeinfrastruktur.....</i>	<i>10</i>
3.2 <i>Beschilderung .....</i>	<i>11</i>
3.3 <i>Netzanschluss (Dimensionierung Netzanschluss und Batterie) .....</i>	<i>13</i>
3.4 <i>Auswahl LIS .....</i>	<i>19</i>
3.5 <i>Konzeptionierung eines Anreiz- und Tarifsystems .....</i>	<i>23</i>
<b>4. Rechtliche Einordnung .....</b>	<b>34</b>
4.1 <i>Vorgaben Ladesäulenverordnung (LSV).....</i>	<i>34</i>
4.2 <i>Rechtliche Vorgaben.....</i>	<i>35</i>
4.3 <i>Energie- und Klimaschutzkonzept für landeseigene Liegenschaften 2020 bis 2050 – E-Mobilität bei landeseigenen Liegenschaften .....</i>	<i>37</i>
<b>5. Bau und Betrieb .....</b>	<b>39</b>
5.1 <i>Aufbau und Installation.....</i>	<i>39</i>
5.2 <i>Freischalten der Ladestation.....</i>	<i>40</i>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>V</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Abrechnung / Rückvergütung .....	1
Abbildung 2: Gegenüberstellung CPO- und eMSP-Aufgaben .....	3
Abbildung 3: Zusammenspiel zwischen eMSP und CPO während Ladevorgang.....	3
Abbildung 4: Kommunikationsverbindung zwischen Ladestation und Backend.....	4
Abbildung 5: Anbindung via Gateway .....	6
Abbildung 6: Anordnung Ladestationen.....	11
Abbildung 7: Ladestationen für Elektrofahrzeuge .....	11
Abbildung 8: Empfehlung Beschilderung .....	12
Abbildung 9: Sinnbild "elektrisch betriebene Fahrzeuge" (§ 39 Abs. 10 StVO) .....	12
Abbildung 10: Beschilderung am Hochschulparkplatz.....	13
Abbildung 11: Zusätzliche Beschilderung "Nur für Elektrofahrzeuge" .....	13
Abbildung 12: Statisches und Dynamisches Lastmanagement .....	15
Abbildung 13: Ausschnitt Simulation .....	18
Abbildung 14: Container mit Batterie, Leistungselektronik, Kommunikationstechnik	19
Abbildung 15: Ladebetriebsarten.....	20
Abbildung 16: Darstellung Parkplatzbelegung-Ladestationen .....	21
Abbildung 17: ChargeHere TwinCharger.....	22
Abbildung 18: Darstellung der verschiedenen dynamischen Preismodelle .....	25
Abbildung 19: Variationsmöglichkeiten der Lastverschiebung.....	26
Abbildung 20: Preisrisiken .....	27
Abbildung 21: Milieuverteilung der Stichprobe.....	30
Abbildung 22: Schematischer Ablauf Bau und Installation Ladeinfrastruktur.....	39
Abbildung 23: Authentifizierungsmöglichkeiten .....	40

## Abkürzungsverzeichnis

AC	Alternating Current (Wechselstrom)
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.
CPO	Charge Point Operator
CCS	Combined Charging System
CPP	Critical Peak Pricing
CSO	Charge Station Owner
DC	Direct Current (Gleichstrom)
EEG	Erneuerbare Energien Gesetz
eMSP	eMobility Service Provider
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
EV	Electric Vehicle
EVU	Energieversorgungsunternehmen
GSM	Global System for Mobile Communications
IEC	Internationale Elektrotechnische Kommission
ISO	Internationale Organisation für Normung
kWh	Kilowattstunde
LAN	Local Area Network
LIS	Ladeinfrastruktur
LSV	Ladesäulenverordnung
MsbG	Messstellenbetriebsgesetz
M2M	Machine to Machine
NFC	Near Field Communication (Nahfeldkommunikation)
OCPP	Open Charge Point Protocol
PAngV	Preisangabenverordnung

PBW	Parkraumgesellschaft Baden-Württemberg
PnC	Plug-and-Charge
RFID	Radio-Frequency Identification (Identifikation über elektromagnetische Wellen)
RTP	Real Time Pricing
SoC	State of Charge
ToU	Time of Use Pricing
VB-BW	Amt für Vermögen und Bau Baden-Württemberg
VPN	Virtual Private Network
WiFi	Wireless Local Area Network

# 1. Ladeinfrastruktur Basiswissen

## 1.1 Wertschöpfungskette Ladeinfrastruktur

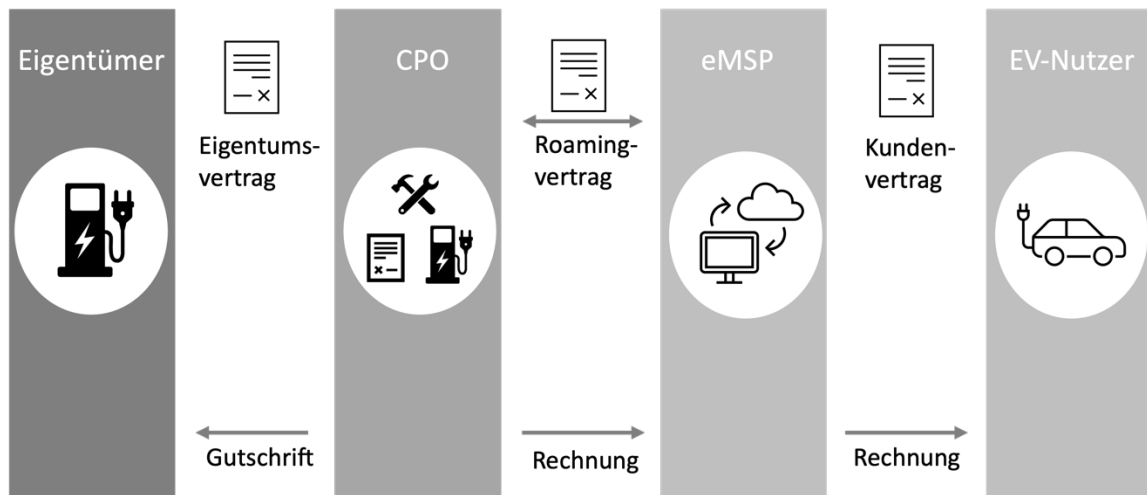


Abbildung 1: Abrechnung / Rückvergütung<sup>1</sup>

Um besser verstehen zu können, wie die Kommunikation sowie die vertraglichen Beziehungen innerhalb der Ladeinfrastruktur (LIS) geregelt sind, soll zuerst die gesamte Wertschöpfungskette der Ladeinfrastruktur betrachtet werden.

Die Grundvoraussetzung für die Errichtung einer Ladestation ist das Grundstück. Der Eigentümer des Grundstücks muss jedoch nicht gleichzeitig auch der Eigentümer der Ladestationen (CSO – Charging Station Owner) sein.<sup>2</sup>

Die nächste Stufe der Wertschöpfungskette stellt die Funktion des CPO (Charge Point Operator) dar, dieser ist der Betreiber der Ladepunkte. Zu seinen Aufgaben zählen Installation, Service und Wartung der Ladestationen. Gleichzeitig kümmert er sich um die Strombeschaffung, denn gemäß § 3 Nr. 25 EnWG ist der Betreiber Letztverbraucher und somit für die Beschaffung zuständig.<sup>3</sup>

Die im nächsten Schritt folgende Rolle ist die des eMobilitäts-Anbieters, auch MSP/eMSP/EMP (Mobility Service Provider / e-Mobility Service Provider / E-Mobility

<sup>1</sup> in Anlehnung an P3 Energy & Storage, 2019, S. 8

<sup>2</sup> vgl. bdew, 2020, S. 5; Landesenergie- und Klimaschutzagentur Mecklenburg-Vorpommern, 2019, S. 16

<sup>3</sup> vgl. Energy Brainpool, 2018, o.S.

Provider) genannt. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird hierfür die Abkürzung eMSP verwendet. Der eMSP ist die kontaktbasierte Schnittstelle zum eMobilitäts-Kunden (EV-Nutzer) in Form einer App oder Desktop-Version. Der eMobilitäts-Anbieter sorgt dafür, dass Elektromobilitätskunden Ladestationen über eine Karte finden können und Zugang zu der Ladestation erhalten, um ihr E-Fahrzeug zu laden.

Die Kundendaten und Zugangsmöglichkeiten werden in der Software des eMSP verwaltet. Hier können Nutzer-Gruppen und Authentifizierungsmittel definiert werden, genauso wie Tarife erstellt werden. Damit die Kunden an der Ladestation laden können, müssen sie sich zuerst authentifizieren, dafür stellt der eMSP geeignete Authentifizierungsmöglichkeiten zur Verfügung, wie zum Beispiel RFID-Karten oder RFID-Chips. Auch bieten manche eMSP-Anbieter die Authentifizierung via App oder Kreditkarte an. Nachdem die Software den Kunden identifiziert hat, kann die Ladestation für den Ladevorgang freigegeben werden.

Im Anschluss an den erfolgreichen Ladevorgang rechnet die Software des eMSP automatisch mittels der vom Kunden hinterlegten Zahlungsmittel ab und sendet monatlich eine Rechnung per Post.

Damit der Kunde die Ladevorgänge sowie Tarife im Überblick hat, stellt der eMSP eine Kunden-Plattform zur Verfügung, welche der Kunde in Form einer Desktop-Anwendung oder App nutzen kann. Hier ist es möglich weitere Ladepunkte zu finden oder teilweise Ladepunkte zu reservieren.<sup>4</sup>

Folgende Grafik stellt die beiden Rollen CPO und eMSP gegenüber und veranschaulicht die Hauptaufgaben.

---

<sup>4</sup> vgl. ZDNet, 2020, o.S.



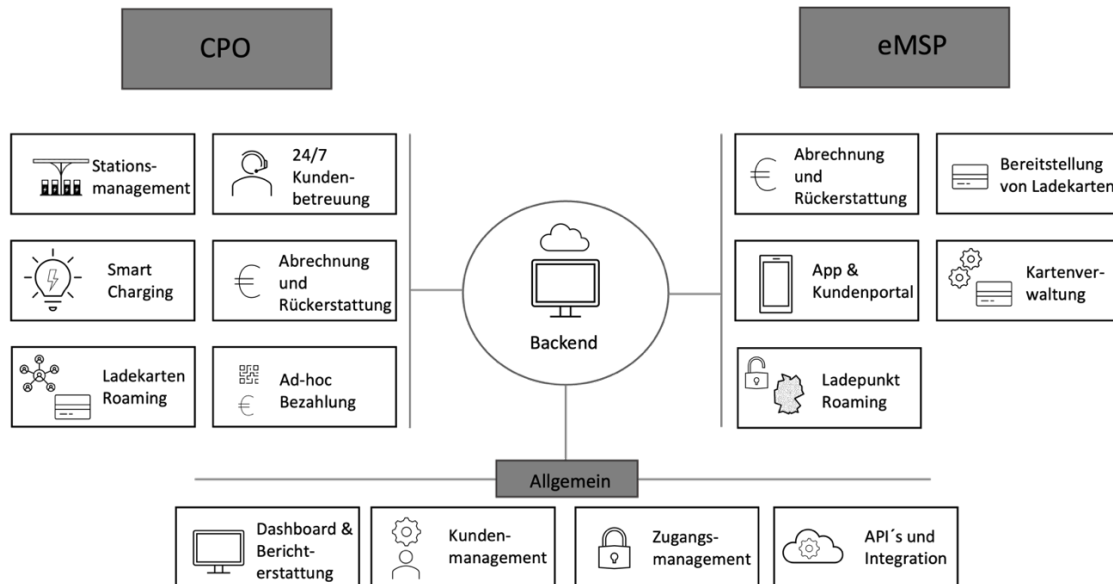


Abbildung 2: Gegenüberstellung CPO- und eMSP-Aufgaben<sup>5</sup>

Wie Abbildung 2 zeigt, gibt es eine Schnittstelle zwischen CPO und eMSP, welche besser bekannt als Backend ist. Das Backend ist eine Plattform, die Informationen verarbeitet und Befehle weitergibt. Die Plattform ermöglicht es, Daten in Form von Dashboards oder Berichterstattungen anzuzeigen, genauso wie Freigabeprozesse zu verwalten. Ebenfalls ist das Backend der Schlüssel zu weiteren Schnittstellen, welche im Bereich der Programmierung APIs (Application Programming Interface) genannt werden.<sup>6</sup>

Wie die beiden Rollen CPO und eMSP in Kombination mit dem Backend agieren, wird in Abbildung 3 vereinfacht dargestellt.

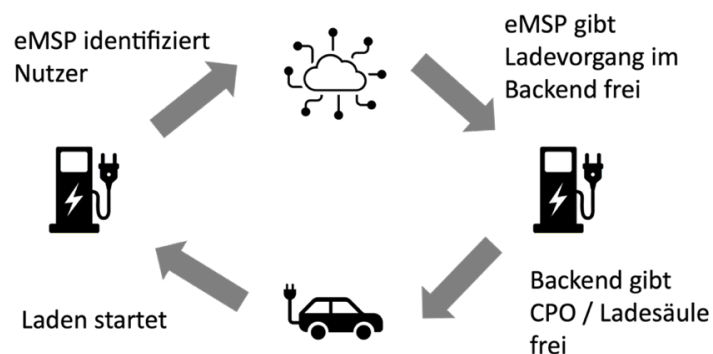


Abbildung 3: Zusammenspiel zwischen eMSP und CPO während Ladevorgang<sup>7</sup>

<sup>5</sup> in Anlehnung an Last Mile Solutions, 2020, o.S.

<sup>6</sup> vgl. Last Mile Solutions, 2020, o.S.

<sup>7</sup> in Anlehnung an Energy Brainpool, 2018, o.S.

Gestartet wird mit der Authentifizierung des Kunden durch den eMSP. Anschließend meldet der eMSP dem Backend, dass der Ladevorgang freigegeben werden kann. Das Backend wiederum gibt den Befehl an den CPO weiter, welcher letztendlich die nötigen Schritte auf Seiten der Hardware einleitet.<sup>8</sup>

Zusätzlich kann das Backend noch mit einem eRoaming Hub erweitert werden. E-Roaming Plattformen sind ein Netzwerk aus vielen Mobilitäts-Anbietern und ermöglichen dem Kunden dadurch mit nur einer Authentifizierungsmöglichkeit weitere Ladestationen des Netzwerks nutzen zu können.<sup>9</sup>

## 1.2 Verbindung zwischen Ladestation und Backend

Grundvoraussetzung für den Betrieb einer Ladesäuleninfrastruktur ist die Verbindung zwischen der Ladesäule und dem Backendsystem, hierfür gibt es mehrere Möglichkeiten:

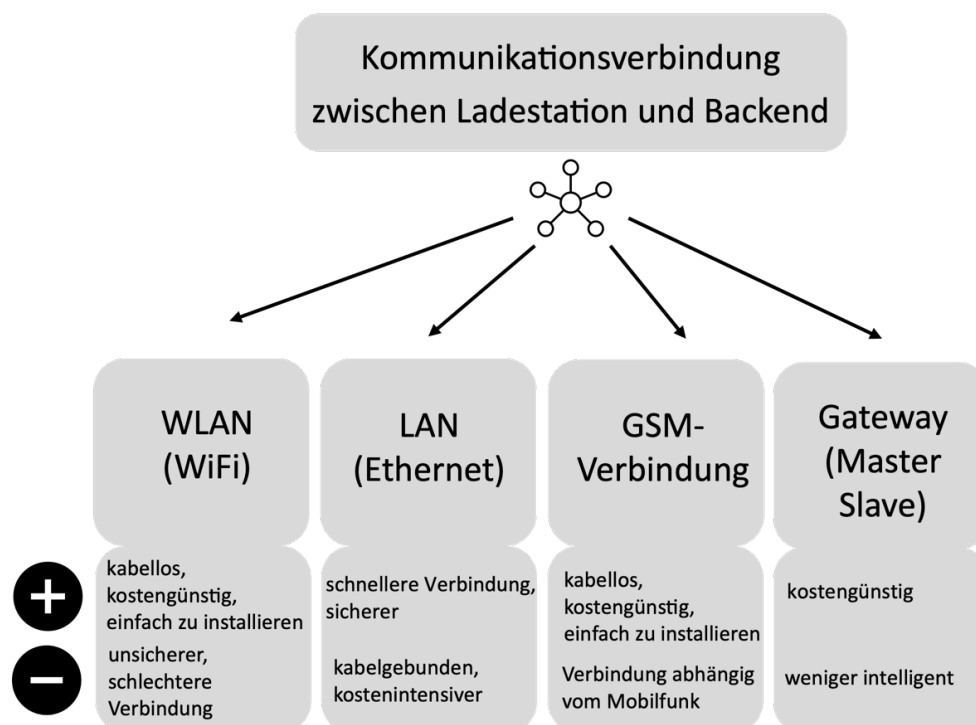


Abbildung 4: Kommunikationsverbindung zwischen Ladestation und Backend<sup>10</sup>

Zum einen kann die Verbindung mittels eines Wireless-LAN-Netzwerks (WLAN), genauer einer WiFi-Verbindung hergestellt werden. Die Voraussetzung hierfür ist, dass

<sup>8</sup> vgl. Energy Brainpool, 2018, o.S.

<sup>9</sup> vgl. reev, 2021, o.S.

<sup>10</sup> eigene Darstellung

jeder Ladepunkt über einen WLAN-Adapter verfügt und die Ladepunkte sich in Reichweite des bestehenden Netzwerkes befinden.

Zum anderen gibt es die Möglichkeit eine LAN-Verbindung zu nutzen. Dabei wird jede Ladestation mit einem LAN-Kabel an einen Router angeschlossen, welcher wiederum mittels einer LTE/DSL-Verbindung mit dem Backend kommuniziert. Die LAN- bzw. Ethernet-Verbindung hat den Nachteil, dass Kabel verlegt werden müssen, bietet jedoch den Vorteil einer höheren Sicherheit sowie geringeren Störanfälligkeit und schnelleren Verbindung.<sup>11</sup> Sollte die Verbindung mittels WLAN gewünscht sein, gibt es so genannte VPN- (Virtual Private Network) Protokolle, welche die Sicherheit erhöhen. Die bekannteste Methode ist die Verschlüsselung mittels OpenVPN.<sup>12</sup>

Eine weitere Möglichkeit der Verbindungsherstellung ist das Verwenden einer GSM-Netzwerkverbindung. GSM (Global System for Mobile Communications) beschreibt einen Mobilfunkstandard in Form eines digitalen Übertragungsverfahrens.<sup>13</sup> In Kombination mit GSM ist auch die Abkürzung M2M (Machine-to-Machine) zu nennen, welche die Vorgehensweise eines automatisierten Informationsaustauschs zwischen Maschinen, Fahrzeugen, etc. beschreibt.<sup>14</sup> Voraussetzung für die Umsetzung der M2M-Kommunikation ist, dass der Controller des Ladepunkts über ein GSM-Modul und über eine Antenne verfügt. Des Weiteren wird eine SIM-Karte entweder vom Backendbetreiber oder vom Mobilfunkanbieter benötigt. Die SIM-Karte wird anschließend in den SIM-Slot des Controllers gesteckt.

Sobald mehrere Ladestationen errichtet werden sollen, besteht ebenfalls die Option, dass nicht jede Ladestation eine eigene Verbindung zum Backend benötigt, sondern eine Master Slave Verbindung zum Einsatz kommt. Die Master Slave-Lösung kann über ein Gateway umgesetzt werden, was bedeutet, dass ein Ladepunkt beispielsweise über eine SIM-Karte und die GSM-Verbindung mit dem Backend kommuniziert und alle weiteren Ladepunkte mit einer LAN-Verbindung verknüpft werden. Zwischen der Master-Ladestation, welche über die Sim-Karte verfügt und den weiteren Ladestationen wird ein Switch verbaut, an welchen die LAN-Kabel angeschlossen werden.<sup>15</sup>

---

<sup>11</sup> vgl. Tipp-Center ComputerBild, 2019, o.S.

<sup>12</sup> vgl. LinuxCommunity, 2004, o.S.

<sup>13</sup> vgl. m2m-mobil, kein Datum, o.S.

<sup>14</sup> vgl. Magenta Business, 2016, o.S.

<sup>15</sup> vgl. The Mobility House, 2021, o.S.

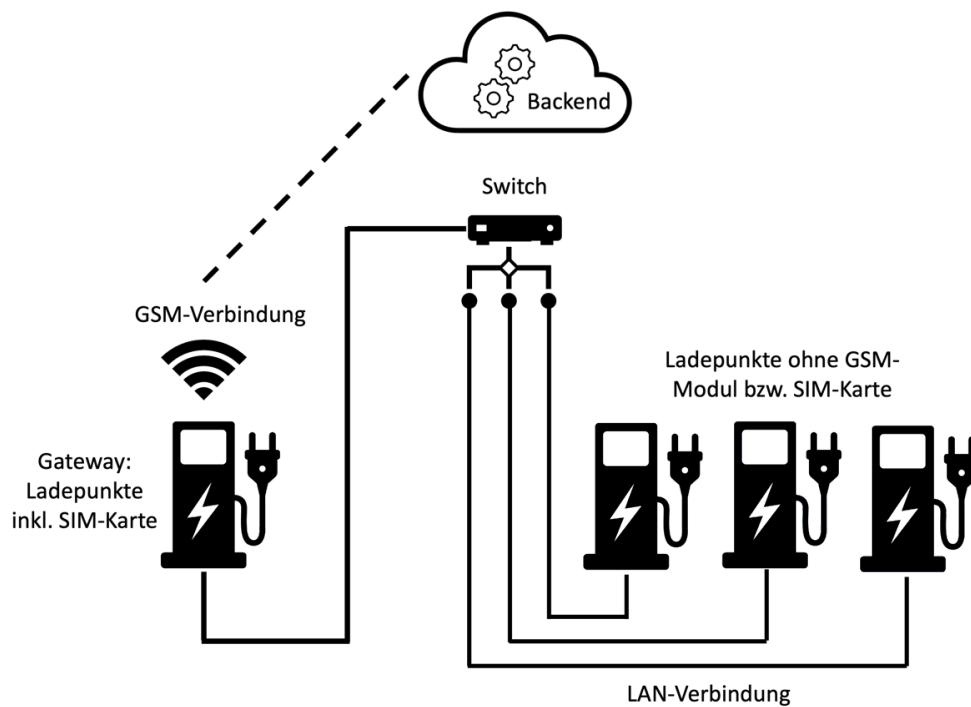


Abbildung 5: Anbindung via Gateway<sup>16</sup>

### Umsetzung Projekt HBC.IntelliCharge

Da für die Installation der Ladestationen, Tiefbauarbeiten und das Verlegen von Leerrohren von Nöten ist, hat sich die Hochschule dazu entschieden ein zusätzliches LAN-Kabel zu verlegen. Wie bereits im vorherigen geschildert, ist hierdurch eine deutlich bessere Verbindung zum Backend gewährleistet. Dies ist besonders wichtig, da die LIS mittels einem Lade-/Lastmanagement gesteuert wird.

Im späteren Verlauf des Abschlussberichts wird detaillierter auf die ausgewählte Ladetechnik sowie das Lade-/Lastmanagement eingegangen. Vorwegzunehmen ist, dass es sich bei der von der Hochschule gewählten LIS, um eine Master-Slave-Lösung handelt.

<sup>16</sup> in Anlehnung an ebee, kein Datum, o.S.

## **2. Szenarien zum Betrieb der LIS**

Bei der Auswahl eines Betreibermodells sind die Zielsetzung, die Nutzergruppen und der Standort maßgeblich entscheidend. Die Umsetzung des Aufbaus und des Betriebs kann in unterschiedlichen Betreibermodellen unterteilt werden, welche im Folgenden näher erläutert werden.

### **Grundlegendes zur Bewirtschaftung durch Eigenbetrieb**

Wie anfangs beschrieben gibt es mehrere Akteure und Aufgaben im Rahmen der Errichtung und des Betriebs der LIS. Um die Option Eigenbetrieb zu prüfen, ist es deshalb wichtig die einzelnen Aufgaben der Akteure zu prüfen. Beginnend mit dem CPO, welcher für die Installation, den Service und die Wartung der Ladestationen zuständig ist. In der Regel wird die Installation der Ladestationen nicht direkt von der Hochschule übernommen, sondern von einem externen Partner. Die anschließenden Servicearbeiten können über das Backend erledigt werden. Hierzu gehört beispielsweise das Prüfen der Ladevorgänge. Bei Vorliegen eines Fehlers, würde dies im Backend angezeigt werden. Auch Auswertungen und die Einsicht von Grafiken können über das Backend eingesehen werden. Zuletzt ist es auch möglich Over-the-air Updates mittels dem Backend anzusteuern. Weitere Wartungsarbeiten müssen in aller Regel von einem Service-Techniker übernommen werden.

Der nächste Aufgaben-Bereich ergibt sich im Rahmen des Mobilitätsanbieters (eMSP). Zu den Aufgaben zählen die Ausgabe von Autorisierungsmedien (z.B. RFID-Karte, App, Ad-Hoc-Laden), welche den Zugang zu den Ladestationen ermöglichen. Auch die Definition von Preisen und Zahlungsmodalitäten wird vom eMSP übernommen. Hierbei unterstützt eine Software, welche auf das Backend zugreift. Software-as-a-Service Ladelösungen bieten hierfür mehrere Anbieter.

Neben den Vor- und Nachteilen des Eigenbetriebs gibt es im rechtlichen Rahmen der Hochschule weiteres zu beachten. So ist die Hochschule keine Gesellschaft mit beschränkter Haftung und unterliegt damit anderen Rechten und Pflichten, welche im Folgenden in drei möglichen Szenarien dargestellt werden.

### **Szenario 1 – Hochschule installiert die LIS und verschenkt den Ladestrom**

Das erste Szenario beschreibt den Eigenbetrieb der Ladestationen. Darunter fällt, neben der Installation der Ladestationen, die Wartung und Instandhaltung. Ziel ist es dabei den Beschäftigten und Studierenden den Strom unentgeltlich zur Verfügung zu stellen. Dabei ist zu beachten, dass gemäß § 3 Nr. 46 EStG der getankte Ladestrom nicht bei der Lohnsteuer angegeben werden muss. So wird das kostenlose Laden nicht mehr als geldwerter Vorteil gewertet. Zu beachten ist jedoch die Entrichtung der Umsatzsteuer. Des Weiteren stellt sich die Frage, ob das Verschenken des Stroms gemäß dem Hochschulgesetz gestattet ist. Grund hierfür ist, dass durch das Verschenken des Stroms ein Vorteil entsteht, welcher auf öffentlichen Geldern basiert.

Gemäß § 2 Landeshochschulgesetz Baden-Württemberg sind die Aufgaben der Hochschule, die Pflege und Entwicklung der Wissenschaften und Künste, durch Forschung, Lehre, Studium und Weiterbildung.<sup>17</sup> Für Dienstleistungen und Waren, welche damit nicht in Zusammenhang stehen, gibt es keine Ermächtigungsgrundlage.

### **Szenario 2 – Hochschule installiert die LIS und verkauft den Ladestrom**

Die Hochschule würde ebenfalls, wie in Szenario 1 die LIS betreiben, jedoch den Ladestrom kostenpflichtig anbieten, um Einnahmen zu erzielen. Dieses Vorhaben könnte mittels eines Betriebes gewerblicher Art (BGA) ermöglicht werden.

Ein Betrieb gewerblicher Art entsteht sobald eine juristische Person des öffentlichen Rechts eine Tätigkeit ausübt, welche mit einer gewerblichen Tätigkeit vergleichbar ist. Entscheidend ist dabei die nachhaltige Erzielung von Einnahmen. In Hinblick auf die Hochschule sind Betriebe gewerblicher Art sämtliche Beurteilungseinheiten, welche wirtschaftlich tätig sind und dies nicht im Rahmen des Hochschulbetriebs (Forschung und Lehre) ausgeübt wird. Grundsätzlich besteht ein Betrieb gewerblicher Art, wenn nachhaltig (i.d.R. mehr als einmal) Einnahmen erzielt werden und Kriterien, wie beispielsweise direkter Wettbewerb zu anderen Unternehmen oder eigene Organisationsstrukturen (bspw. erkennbare Kostenstelle, etc.) sind.<sup>18</sup>

---

<sup>17</sup> vgl. Landesrecht BW, kein Datum, o.S.

<sup>18</sup> vgl. Universität Siegen, 2016, o.S.

### **Szenario 3 – Hochschule beauftragt externen Betreiber für die Abrechnung des Ladestroms**

Die Hochschule stellt die LIS zur Verfügung, kümmert sich aber weder um den Betrieb noch um die Abrechnung der Ladestationen und -vorgänge. Diese Dienstleistungen werden von einem externen Anbieter übernommen. Der Anbieter stellt so im Namen der Hochschule den Ladestrom kostenpflichtig zur Verfügung und betreut alle Abläufe eigenständig. Kritik an diesem Szenario äußert sich darin, dass der externe Anbieter, als wirtschaftliches Unternehmen, Gewinne am Markt erzielt und es sich deshalb um eine unzulässige Beihilfe handeln kann.

### **Umsetzung Projekt HBC.IntelliCharge**

Nach ausführlicher Abwägung der einzelnen Szenarien hat sich die Hochschule dazu entschieden, einen externen Betreiber für die LIS zu beauftragen. Grund hierfür ist der nicht vorhandene regulatorische Rahmen, wie die Hochschule den Strom für Ladestationen abrechnen kann.

Daraus resultierend wurde ein Unternehmen gesucht, welches die Bewirtschaftung der Ladestationen im Sinne der Hochschule übernimmt. Das gewählte Unternehmen ist die Parkraumgesellschaft Baden-Württemberg MBH, kurz PBW. In Baden-Württemberg sollen öffentliche Ladepunkte auf Landesliegenschaften durch die landeseigene Parkraumgesellschaft Baden-Württemberg mbH (PBW) bewirtschaftet und betrieben werden. Dies geht aus dem *„Energie- und Klimaschutzkonzept für landeseigene Liegenschaften 2020 bis 2050 – E-Mobilität bei landeseigenen Liegenschaften“* hervor. Auf die organisatorische Rolle der PBW beim Betrieb von Ladeinfrastruktur wird im Kapitel 4.3 genauer eingegangen. Grundsätzlich wurde die 1984 gegründete PBW für den Zweck der Bewirtschaftung von landeseigenen Parkflächen ins Leben gerufen. Aktuell bewirtschaftet die PBW in über 50 Städten insgesamt 25.000 Stellplätze, dabei stehen zum jetzigen Zeitpunkt 550 Ladepunkte zur Verfügung.<sup>19</sup> Aufgrund dieser Referenzen übergibt auch die Hochschule Biberach die Bewirtschaftung nach Projektabschluss an die PBW, welche sich anschließend um einen reibungslosen Betrieb der LIS und zum anderen um die Abrechnung der einzelnen Ladungen kümmert.

---

<sup>19</sup> vgl. PBW, kein Datum, o.S.

### 3. Planung

#### 3.1 Stellplatzgröße und Anordnung der Ladeinfrastruktur

Grundsätzlich bestimmt der Standort, an welchem die LIS errichtet werden soll, über den baulichen Aufwand des Vorhabens. Beispielsweise ist ein Aufbau in der Nähe des Anschlusspunktes (z.B. Niederspannungshauptverteilung) von Vorteil, da hierdurch die Tiefbauarbeiten (z.B. Länge des Kabelgrabens) reduziert werden können. Des Weiteren kann bei einer kürzeren Entfernung zum Anschlusspunkt vor allem auch Material (z.B. Leerrohre, Stromleitungen, Datenleitungen, etc.) eingespart werden. Dies ist in Zeiten von stark gestiegenen Rohstoffpreisen (vgl. Auswirkungen Corona-Pandemie und Russisch-ukrainischer Krieg) ein nicht unerheblicher Faktor für die Planung und Ausführung eines LIS-Projektes. Hinsichtlich der Anordnung der Ladestationen ist die Parkplatzausrichtung hin zur Fahrbahn zu beachten. Vorzugsweise kann die Ladestation vor dem Fahrzeug angebracht werden. Alternativ kann bei größeren Stellplatzbreiten eine seitliche Montage von Vorteil sein und eine Ladesäule wird zwischen zwei Parkplätzen angeordnet.

Laut VDI wird für die Parkplatzgröße eine Länge von mindestens 5 m empfohlen. Bei einer Montage der Ladestation vor dem Fahrzeug wird eine Länge von 5,5 m empfohlen. Empfohlen wird für die Breite ein Maß von mindestens 3 m.

Die Abbildung 7 verdeutlicht die Platzverhältnisse bei unterschiedlichen Fahrzeug-Modellen. Das Bild links zeigt dabei einen Parkplatz mit 2,5 m Breite, wohingegen die rechts davon abgebildeten Zeichnungen einen Parkplatz mit 3,5 m zeigen.<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup> vgl. VDI, 2020, S. 15



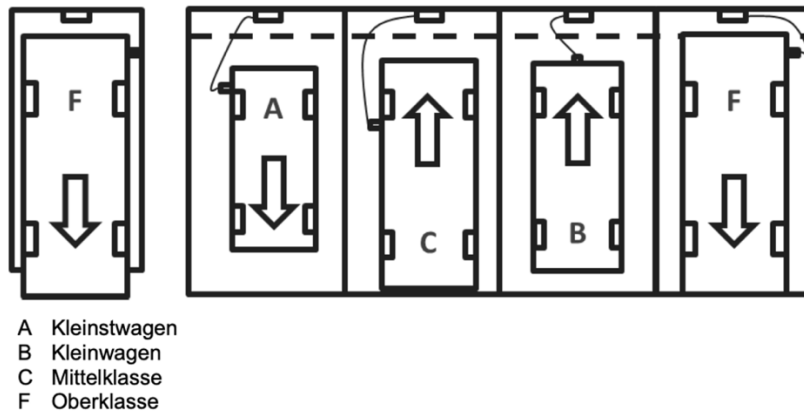


Abbildung 6: Anordnung Ladestationen<sup>21</sup>

### 3.2 Beschilderung

Mittels einer sinnvollen Beschilderung soll den Lade-Kunden eindeutig gezeigt werden, welche Parkplätze zum Laden vorgesehen sind. In aller erster Linie ist es jedoch wichtig, schon vorab mit einem Hinweisschild, darauf aufmerksam zu machen, wo sich die Ladestationen befinden.



Z 365-65

Abbildung 7: Ladestationen für Elektrofahrzeuge<sup>22</sup>

Für die Parkplatzbeschilderung ist zwischen einer Negativbeschilderung (Bspw. „eingeschränktes Halteverbot mit Ausnahme von Elektrofahrzeugen“) und einer Positivbeschilderung (Bspw. „Parkplatz für Elektrofahrzeuge“) zu unterscheiden. In der Praxis hat sich gezeigt, dass Negativbeschilderungen effektiver sind als Positivbeschilderungen. Auch ist die Rechtswirksamkeit der entsprechenden Beschilderungen umstritten. Grundsätzlich gibt es eine Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrsordnung (VwV-StVO zu § 45), welche die Bevorrechtigung von Elektrofahrzeugen mit dem Zeichen

<sup>21</sup> vgl. VDI, 2020, S. 16

<sup>22</sup> VZKAT, kein Datum, o.S.

314 („Parken“) oder Zeichen 315 („Parken auf Gehwegen“) mit dem passenden Zusatzzeichen vorgibt. Soll verhindert werden, dass das Elektrofahrzeug länger als die Ladedauer parkt, gibt es das Zusatzzeichen 1050-32, welches auffordert den Parkplatz unmittelbar nach dem Ladevorgang freizugeben.



Abbildung 8: Empfehlung Beschilderung<sup>23</sup>

Zusätzlich zu der Beschilderung ist auch eine Bodenkennzeichnung hilfreich und sinnvoll. So kann auch hier auf eine Bevorrechtigung von Elektrofahrzeugen hingewiesen werden. Auf öffentlichen Parkplätzen bietet sich eine Markierung mittels weißen Symbols an. Wohingegen auf nicht öffentlichen Parkplätzen eine Markierung mittels grünen Symbols empfohlen wird (vgl. Abbildung 9).

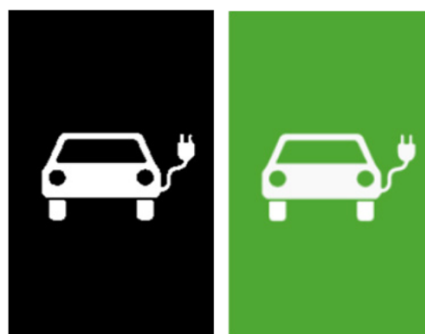


Abbildung 9: Sinnbild "elektrisch betriebene Fahrzeuge" (§ 39 Abs. 10 StVO)<sup>24</sup>

Geeignet ist hier ebenfalls das Symbol für „Elektrisch betriebene Fahrzeuge“ gemäß §39 Abs. 10 StVO. Dieses Symbol beschreibt alle Fahrzeuge mit einem E-Kennzeichen.<sup>25</sup>

<sup>23</sup> VDI, 2020, S. 20

<sup>24</sup> VDI, 2020, S. 20

<sup>25</sup> vgl. VDI, 2020, S. 20

## Umsetzung Projekt HBC.IntelliCharge

Grundsätzlich ist der Hochschulparkplatz ein Privatparkplatz, weshalb es für die Beschilderung keine Vorschriften gibt, jedoch ist es das Ziel, existierende Empfehlungen für die Beschilderung von Ladesäulen umzusetzen, um keine Verwirrungen zu verursachen. Daher wurden Hinweisschilder mit dem Zeichen „Ladestationen nur für Elektrofahrzeuge“ (vgl. Abbildung 10) aufgestellt. Um die Parkplätze mit Ladepunkt einfacher erkenntlich zu machen, wird jeweils rechts und links der Ladestationen-Reihe ein Hinweisschild mit passendem Pfeil angebracht (vgl. Abbildung 10).

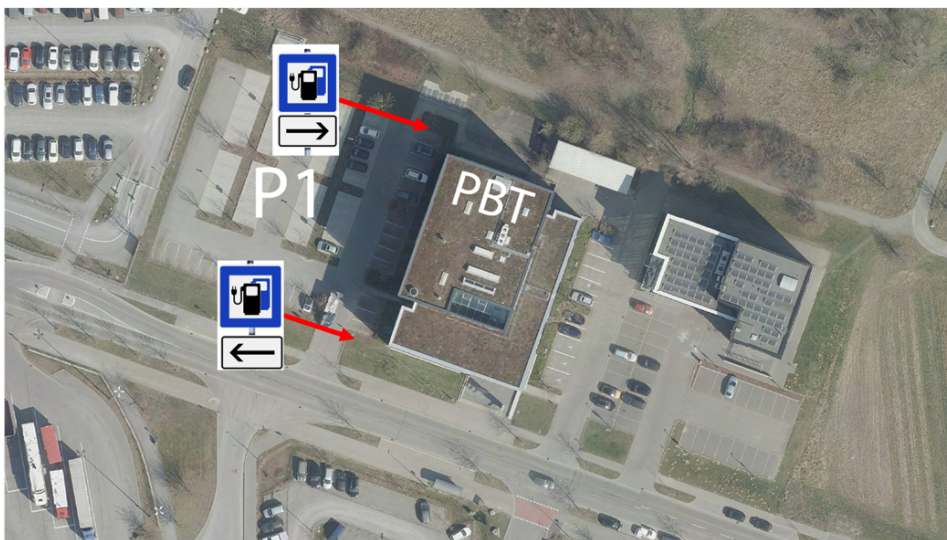


Abbildung 10: Beschilderung am Hochschulparkplatz<sup>26</sup>

Zusätzlich wurden an jedem Rammschutzbügel passende Park-Beschilderungen angebracht, welche darauf hinweisen, dass hier nur Elektrofahrzeuge parken dürfen.

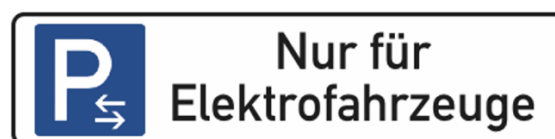


Abbildung 11: Zusätzliche Beschilderung "Nur für Elektrofahrzeuge"<sup>27</sup>

### 3.3 Netzanschluss (Dimensionierung Netzanschluss und Batterie)

<sup>26</sup> eigene Darstellung

<sup>27</sup> eigene Darstellung

In erster Linie ist die bestehende Netzanschlussleistung entscheidend für die Berechnungen und Auswahl der LIS. Neben der vorgegebenen Netzanschlussleistung müssen zudem alle weiteren Verbraucher, neben der LIS beachtet werden. Das Problem, welches meist bei bestehenden Gebäuden auftritt, ist, dass bei der Auslegung der Netzanschlussleistung zum damaligen Zeitpunkt, die zusätzlich benötigte Ladeleistung für Elektrofahrzeuge nicht beachtet wurde. Folglich geraten die bestehenden Netzanschlüsse bei der Errichtung von mehreren Ladepunkten schnell an ihre Grenzen. Um dem Ruf nach LIS dennoch gerecht zu werden, muss der bestehende Netzanschluss erweitert werden. Je nach Leistung des Transformators sowie dem vorgelagerten Netz des Energieversorgers ist dies jedoch häufig nicht möglich oder mit hohen Kosten verbunden. Daher gilt es eine Alternative zur Erweiterung des bestehenden Netzanschlusses zu finden. Hierbei können entsprechende Speichersysteme in Betracht gezogen werden, welche ihre Kapazität zu Schwachlastzeiten des Gebäudes (im Regelfall nachts) aufladen und bei Bedarf wieder ausgeben können. Für die Dimensionierung der benötigten Speicher ist allerdings eine statische Betrachtung der benötigten Kapazität bzw. der Be- und Entladeleistung nicht ausreichend, da diese von verschiedensten Faktoren, wie zum Beispiel dem Lastgang des Gebäudes, der gleichzeitigen Belegung der Ladesäulen, der benötigten Kapazität, dem Lademanagement und unter anderem auch der möglicherweise verbauten Erzeugungsanlage abhängig ist. Daher wird zur Dimensionierung der Speicher eine Simulation herangezogen, in welcher die genannten Faktoren berücksichtigt werden und verschiedene Batteriekapazitäten mit unterschiedlichen Be- und Entladeleistungen hinterlegt werden können. Die richtige Dimensionierung von Batterien hat einen sowohl wirtschaftlichen Hintergrund (je größer die Kapazität, desto höher die Anschaffungskosten), als auch einen Ökologischen (je größer die Kapazität, desto mehr Rohstoffe werden benötigt). Des Weiteren soll eine Simulation die Möglichkeit bieten, eine dynamische Betrachtung der Auslastung des Netzanschlusses zu tätigen, um eine ungenaue Leistungsbetrachtung mittels Gleichzeitigkeitsfaktoren zu umgehen.

Insofern die Erhöhung der Netzanschlussleistung aufgrund von Kosten- oder technischen Gründen nicht möglich ist, so ist neben dem Einsatz eines Batteriespeichers, das Verwenden eines Last-/ Lademanagements empfehlenswert. Bei der Auswahl der Lademanagementverfahren (LMV) muss grundsätzlich zwischen statischen und dyna-

mischen LMV unterschieden werden. Statische LMV zeichnen sich durch eine vorgegebene konstante Ladeleistung aus, welche unabhängig von sonstigen Verbrauchern des Netzanschlusses zur Verfügung steht. Hier wird eine Worst-Case Betrachtung der verfügbaren Netzanschlussleistung getätigt, um die Leistung, welche jederzeit für das LMV verfügbar ist, eruieren zu können. Bei dynamischen LMV hingegen wird die verfügbare Ladeleistung je nach sonstigen Verbrauchern am Netzanschluss angepasst. Ein dynamisches LMV setzt dabei die Erfassung aller Verbraucher (mittels entsprechender Sensorik) am zugehörigen Netzanschluss voraus.

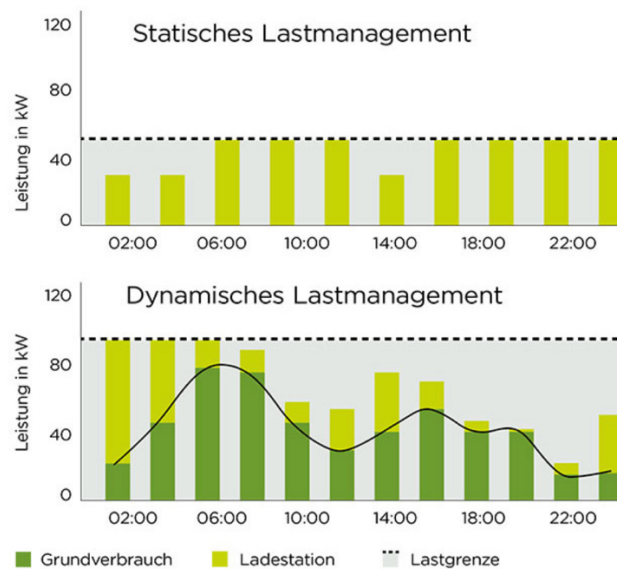


Abbildung 12: Statisches und Dynamisches Lastmanagement<sup>28</sup>

Grundsätzlich kann zwischen mehreren Lademanagementverfahren (LMV) unterschieden werden, welche im Folgenden erläutert werden:

#### LMV 1 - Gleichmäßige Verteilung der Ladeleistung ohne Priorisierung

Beim LMV 1 wird die verfügbare Ladeleistung gleichmäßig auf alle Lader verteilt. Hierbei wird keine Priorisierung der Parkdauer, des Parkbeginns oder dem Parkende vorgenommen.

#### LMV 2 - Verteilung der Ladeleistung mit Priorisierung des Parkbeginns (First in / First Load)

<sup>28</sup> CKW, kein Datum, o.S.

Beim LMV 2 wird die verfügbare Ladeleistung unter Priorisierung des Parkbeginns verteilt. Daraus folgt, dass bei begrenzter verfügbarer Ladeleistung diejenigen zuerst mit maximaler Leistung geladen werden, die den früheren Parkbeginn aufweisen. Weitere Parker werden nach der Reihenfolge des Parkbeginns bedient.

#### LMV 3 – Gleichmäßige Verteilung der Ladeleistung ohne Priorisierung, Ladeleistung = benötigte Kapazität/Parkdauer

Die folgenden LMV 3 bis 5 setzen voraus, dass die voraussichtliche Parkdauer bei Ladebeginn angegeben wird. Die benötigte Ladeleistung resultiert dann aus der benötigten Kapazität, dividiert durch die angegebene Parkdauer. Das LMV 3 ist somit grundsätzlich identisch aufgebaut, wie das bereits vorgestellte LMV 1. Der Unterschied liegt in der Anpassung der Ladeleistung auf die benötigte Kapazität in Abhängigkeit der Parkdauer.

#### LMV 4 – Verteilung der Ladeleistung mit Priorisierung des Parkbeginns (First in / First Load), Ladeleistung = benötigte Kapazität/Parkdauer

Das LMV 4 setzt sich aus dem bereits vorgestellten LMV 2 und LMV 3 zusammen. Die Priorisierung des Parkbeginns wird parallel zum LMV 2 umgesetzt. Die Ermittlung der durchschnittlich benötigten Ladeleistung in Abhängigkeit der benötigten Kapazität bzw. der Parkdauer wird analog zum LMV 3 umgesetzt.

#### LMV 5 – Verteilung der Ladeleistung mit Priorisierung des Parkendes (First out / First Load), Ladeleistung = benötigte Kapazität/Parkdauer

Wie beim LMV 3 und LMV 4 wird beim LMV 5 die benötigte Ladeleistung über die benötigte Kapazität in Abhängigkeit der Parkdauer ermittelt. Im Vergleich zum LMV 4 wird die Priorisierung nicht anhand des Parkbeginns vorgenommen, sondern anhand des Endes des Parkvorgangs. Daraus folgt, dass der Lader mit dem frühesten Parkende die höchste Priorisierung genießt.<sup>29</sup>

### **Dimensionierungsvorschrift Netzanschluss und Batteriegröße**

Zur Überprüfung, inwieweit der vorhandene Netzanschluss ausreichend ist oder eine Batterie sinnvoll ist, eignet sich eine Simulation mit mehreren möglichen Szenarien. Zunächst müssen Parameter definiert werden, mit welchen berechnet werden kann,

---

<sup>29</sup> Dennis Koch, 2022, o.S.

ob der Netzanschluss ausreichend ist oder inwieweit dieser erneuert werden muss. Alternativ gibt es die Möglichkeit eine Batterie als Pufferspeicher zu nutzen. Diese Möglichkeit ist kostensparend und kann in den meisten Fällen bereits ausreichend sein.

Zu Berechnung, ob der vorhandene Netzanschluss ausreichend ist oder welche Batteriegröße von Nöten ist, sind die folgenden Parameter entscheidend:

- Maximale Netzanschlussleistung
- Maximale Ladeleistung
- Kapazität Batterie
- Be- / Entladeleistung Batterie
- Anzahl Ladepunkte

Für die weiteren Berechnung muss zusätzlich das Lastprofil aller weiteren Verbraucher berücksichtigt werden. Unter weitere Verbraucher fallen z.B. die Beleuchtung, TGA-Komponenten sowie sonstige elektrische Betriebsmittel.

Im nächsten Schritt kann mittels Simulationen errechnet werden, unter welchen Bedingungen es zu einem Engpass kommt. Die Simulation betrachtet mehrere Tage auf Stundenbasis und je Ladepunkt. Dabei wird zuerst der Verbrauch der Ladepunkte mit dem der sonstigen Verbraucher addiert und anschließend der verfügbaren Netzleistung gegenübergestellt. Sollte die berechnete Netzleistung zu mehreren Zeitpunkten die benötigte Leistung unterschreiten, sollte der LIS eine Batterie hinzugefügt werden.

Abfragen allgemein										Batterie							Laden		Säule 1					Säule 2					
Stunde	Sonstige Verbraucher	Lüft./Netz	Summe Anwesend	Summe Lader	Ladeleistung gewünscht	Ladeleistung kann aus Netz bereit gestellt werden	übrige Netzleistung abzüglich AutoLaden	Entladen			Laden				Kapazität Batterie	SOC Batterie	übrige Netzleistung abzgl. Autoladen&Batteriefläche	Ladeleistung tatsächlich	Anwesend	Kapazität benötigt	Ladeleistung gewünscht	Ladeleistung erhalten	nicht geladene Kapazität	Anwesend	Kapazität benötigt	Ladeleistung gewünscht	Ladeleistung erhalten	nicht geladene Kapazität	Anwesend
h	kW	kW	St	St	kW	0/1	kW	0/1	kW	kW	0/1	kW	kW	kWh	%	kW	kW	0/1	kWh	kW	kW	kWh	0/1	kWh	kW	kW	kWh	0/1	
0	50	200	0	0	0	1	200	0	0	0	1	50	50	100	100	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	50	200	0	0	0	1	200	0	0	0	0	0	0	100	100	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	50	200	0	0	0	1	200	0	0	0	0	0	0	100	100	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	50	200	0	0	0	1	200	0	0	0	0	0	0	100	100	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	50	200	0	0	0	1	200	0	0	0	0	0	0	100	100	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	50	200	0	0	0	1	200	0	0	0	0	0	0	100	100	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	50	200	0	0	0	1	200	0	0	0	0	0	0	100	100	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	50	200	0	0	0	1	200	0	0	0	0	0	0	100	100	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	50	200	0	0	0	1	200	0	0	0	0	0	0	100	100	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	50	200	0	0	0	1	200	0	0	0	0	0	0	100	100	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	70	180	0	0	0	1	180	0	0	0	0	0	0	100	100	180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	100	150	2	2	22	1	128	0	0	0	0	0	0	100	100	128	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	110	140	2	2	18	1	122	0	0	0	0	0	0	100	100	122	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	100	150	2	0	0	1	150	0	0	0	0	0	0	100	100	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	80	170	2	0	0	1	170	0	0	0	0	0	0	100	100	170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	70	180	0	0	0	1	180	0	0	0	0	0	0	100	100	180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	70	180	2	2	22	1	158	0	0	0	0	0	0	100	100	158	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	90	160	15	15	161	0	0	1	1	1	0	0	0	99	99	0	161	1	40	11	11	0	1	40	11	11	0	1	
18	130	120	15	13	139	0	0	1	19	19	0	0	0	80	80	0	139	1	29	11	11	0	1	29	11	11	0	1	
19	150	100	15	11	121	0	0	1	21	21	0	0	0	59	59	0	121	1	18	11	11	0	1	18	11	11	0	1	

Abbildung 13: Ausschnitt Simulation<sup>30</sup>

## Umsetzung Projekt HBC.IntelliCharge

Nach dem Vergleich mehrerer Lade-/ Lastmanagement Produkte ist die Wahl auf den Tesvolt Energymanager gefallen. Bei der Auswahl war besonders wichtig, dass das Modul über die passenden Anschlüsse, wie Modbus/TCP verfügt. Dies ist essenziell, da das Modul über diese Schnittstelle im Schaltschrank angeschlossen wird. Das Lade-/ Lastmanagement der Firma Tesvolt bietet eine nahtlose Integration der Tesvolt-Batterie und ermöglicht es so, Daten zu erfassen und Energieflüsse zu optimieren. Die Messdatenverläufe und Energieberichte können im TESWORLD Online-Portal eingesehen werden.<sup>31</sup>

So ist es möglich die Lastspitzen zu kappen und Verbraucher zu steuern. Des Weiteren kann hierdurch eine digitale Erfassung der Ladevorgänge sowie die intelligente Vernetzung von Ladestationen erfolgen. Solch eine Vernetzung ermöglicht eine direkte Steuerung der Ladepunkte sowie die Durchführungen von verschiedenen Arten der Lade-Priorisierung.

<sup>30</sup> vgl. Dennis Koch, 2022

<sup>31</sup> vgl. Tesvolt, kein Datum, o.S.



Das gewählte EMS bietet hier drei Arten der Priorisierung an, eine harte, mittlere und weiche Priorisierung. Bei der harten Priorisierung erhält der erste priorisierte Ladepunkt so viel Leistung, wie benötigt wird. Alle weiteren Ladepunkte erhalten den verbleibenden Überschuss je nach Priorisierung bzw. zur Verfügung stehender Leistung. Bei der mittleren Priorisierung erhält der erst-priorisierte Ladepunkt die minimale Ladeleistung. Alle verbleibenden Ladepunkte erhalten erstmals nur die minimale Ladeleistung. Sobald dann weitere Leistung vorhanden ist, erhält dieser der höchstpriorisierte Ladepunkt und anschließend die Übrigen.

Bei der weichen Priorisierung erhält der erst-priorisierte Ladepunkt die minimale Ladeleistung. Sollte weiterer Überschuss verfügbar sein, wird dieser gleichmäßig auf alle weiteren Ladepunkte verteilt. Es ist bei allen drei Arten möglich unterschiedliche Reihenfolgen anzuwenden. Zur Verfügung stehen die Reihenfolgen „first come – first serve“, „last come – first serve“ und „nach Ladepunktnummer“.<sup>32</sup>

Die Tesvolt Batterie in Zusammenhang mit dem Last- und Lademanagement sind genauso, wie die Schalttechnik im klimatisierten Technik Container untergebracht. Der Container befindet sich aufgrund von Brandschutzregularien, mit genügend Abstand zum Gebäude, neben dem Parkplatz.



Abbildung 14: Container mit Batterie, Leistungselektronik und Kommunikationstechnik<sup>33</sup>

### 3.4 Auswahl LIS

---

<sup>32</sup> vgl. Tesvolt, 2021, o.S.

<sup>33</sup> eigene Darstellung

Bei der Auswahl von LIS und insbesondere der Ladepunkte wird grundsätzlich zwischen Normalladen (AC-Laden) und Schnellladen (DC-Laden) unterschieden. Dabei kann beim AC-Laden mit einer Leistung bis maximal 22 kW geladen werden. Beim Schnellladen sind bis zu 350 kW möglich.

Weiterhin wird zwischen vier Ladebetriebsarten unterschieden:

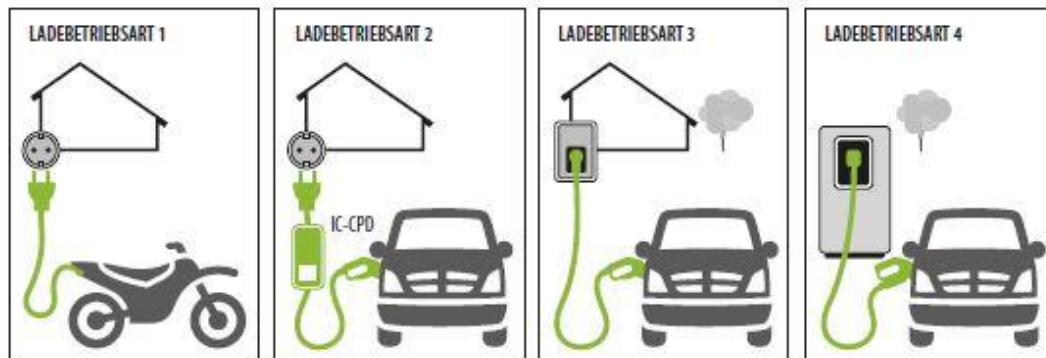


Abbildung 15: Ladebetriebsarten<sup>34</sup>

**Ladebetriebsart 1** beschreibt dabei das AC-Laden an einer Haushaltssteckdose. Dadurch wird kein Datenaustausch ermöglicht und auch jegliche Art von Überwachung der technischen Bauteile fehlt.

**Ladebetriebsart 2** beschreibt ebenfalls das AC-Laden an einer Haushaltssteckdose, allerdings befindet sich im Ladekabel eine integrierte Steuer- und Schutzeinrichtung. Ebenfalls findet ein Datenaustausch zwischen dem Kabel-Kontroll-System und dem Fahrzeug (Ladesteuerung) statt.

**Ladebetriebsart 3** wird durch einen zweckgebundenen AC-Ladepunkt beschrieben. Zum Einsatz kommt eine festinstallierte Ladesäule oder Wallbox mit Netzanschluss. Der Datenaustausch findet auch hier Anwendung über die Ladesteuerung.

**Ladebetriebsart 4** wird durch einen zweckgebundenen DC-Ladepunkt (Typ CCS oder CHAdeMO) ermöglicht. Dabei kommt eine fest installierte Ladesäule/Wallbox mit Netzanschluss zum Einsatz. Der Ladepunkt verfügt ebenfalls über eine Ladesteuerung.<sup>35</sup> Neben der Auswahl von mehreren Ladebetriebsarten spielt die Kompatibilität eine wichtige Rolle.

## Umsetzung Projekt HBC.IntelliCharge

<sup>34</sup> Bockstahler, kein Datum o.S.

<sup>35</sup> vgl. LEKA, 2019, o.S.

Ziel war es 14 Ladepunkte auf einem Parkplatz der Hochschule aufzubauen. Dabei ist zu beachten, dass es einen Weg (unten rot markiert) gibt, welcher die Parkplatzreihe so aufteilt, dass auf der linken Seite des Weges 11 Parkplätze zur Verfügung stehen und auf der rechten Seite drei Parkplätze. Diese ungerade Verteilung ist problematisch, da herkömmliche Ladesäulen meist zwei Ladepunkte besitzen und damit am Standort mehr Ladepunkte aufgebaut werden müssten, ohne dass diese genutzt werden können. Auch das Verlegen des Ladekabels über den Weg ist aus Sicherheitsgründen keine Option.



Abbildung 16: Darstellung Parkplatzbelegung-Ladestationen<sup>36</sup>

Nach ausgiebiger Recherche wurde eine Lösung der Fa. ChargeHere, ein Unternehmen der EnBW AG, gefunden. Die Ladelösung von ChargeHere setzt darauf, die gesamte Leistungselektronik und Kommunikationstechnik nicht in der Ladesäule zu verbauen, sondern diese Komponenten in einem zentralen Verteilerschrank unterzubringen. Durch die gegebene Skalierbarkeit bietet sich diese Ladelösung vor allem in Parkhäusern an, kann aber auch im Außenbereich eingesetzt werden. Der zentrale Verteilerschrank (sog. ChargeBase), kann dabei bis zu 20 Ladepunkte mit der vorgegebenen Ladeleistung von maximal 11 kW versorgen. Ausgehend von der ChargeBase führen anschließend unterirdisch oder auf Kabeltrassen verlegte Kabel zu den einzelnen Parkplätzen. Am Parkplatz ist eine Halterung angebracht, welche über die Typ2-Ste-

<sup>36</sup> eigene Darstellung

cker mit Kabel und ein kleines Display verfügt. Zur Auswahl stehen entweder so genannte Twin-Charger aber auch Single-Charger. Dadurch ist es möglich, auch an einzelnen Parkplätzen, ressourcensparend einen Ladepunkt anzubringen.



Abbildung 17: ChargeHere TwinCharger<sup>37</sup>

Wie bereits eingangs erwähnt, bieten AC-Ladelösungen i.d.R. eine maximale Leistung von 22 kW. Die Hochschule hat im Rahmen der Bedarfs- und Nutzergruppenanalyse festgestellt, dass die Nutzer der Ladesäulen auf dem Hochschulparkplatz mehrere Stunden parken und damit auch laden. Dadurch ist eine schnellere Ladegeschwindigkeit von über 22 kW nicht nötig. Als Vorteile für die Reduzierung der maximalen Ladeleistung auf 11 kW können die kompakte Bauweise, geringere Kabelquerschnitte und der i.d.R. günstiger Anschaffungspreis genannt werden.

Außerdem war bei der Auswahl der LIS ebenso die Interoperabilität entscheidend. Für eine schnelle und sichere Kommunikation sorgt vor allem der Kommunikationsstandard OCPP 1.6. Zudem sind zusätzliche Schnittstellen, wie z.B. Modbus wichtig, um ein Lade-/ Lastmanagement zu ergänzen.

Neben den technischen Anforderungen gilt es ebenfalls die rechtlichen Anforderungen zu beachten. So ist die gewählte Ladelösung eichrechtskonform und entspricht den Vorgaben der Ladesäulenverordnung (LSV). Aufgrund der Änderungen der LSV, wel-

---

<sup>37</sup> eigene Darstellung

che ab dem Jahr 2023 wirksam werden, gibt es die Möglichkeit ein Kreditkartenterminal nachzurüsten.

### **3.5 Konzeptionierung eines Anreiz- und Tarifsystems**

Generell bestehen Stromtarife primär aus Steuern, Abgaben und Gebühren, sowie den Erzeugungskosten. Des Weiteren kommen Kosten aus unterschiedlichen Ladetarifen hinzu. Diese sind je nach Anbieter und Ladung abweichend.

#### **Einheitstarife – AdHoc-Laden und Roaming**

Die eMSP bieten mittlerweile einen flächendeckenden Einheitstarif an, ermöglicht durch eRoaming.<sup>38</sup> Dadurch kann unabhängig vom CPO an vielen Orten zum gleichen Preis bezahlt werden, mittlerweile auch im Ausland. Es ergibt sich der Vorteil, dass die Höhe des Tarifs schon bei Vertragsabschluss bekannt ist. Hierbei muss aber erwähnt werden, dass diese Einheitstarife nicht zeitbasiert sind und dementsprechend keine dynamischen Anreize gewährt werden können.

Beim AdHoc Laden kann ebenfalls an jeder Ladestation geladen werden. Hierbei wird allerdings der Strom von einem Fremdanbieter bezogen. Aus diesem Grund ergibt sich kein Einheitspreis, vielmehr müssen die Preise des Fremdanbieters bezahlt werden. Diese sind für gewöhnlich jedoch teurer.<sup>39</sup>

#### **kWh-basierte Tarife**

Wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, nutzen die meisten eMSP, aufgrund der Änderung des Eichrechts, ein kWh-basierten Tarif. Dieser dient dem Verbraucherschutz und bietet den Kunden eine transparente Einsicht, welche Energiemenge geladen wurde. Daraus resultierend zahlt der Kunde ausschließlich die geladene Energie. kWh-basierte Tarife gelten als dynamisch und können Engpasssituationen in vorgelagerten Netzebenen positiv beeinflussen. Zusätzlich kann die lokale Nutzung von erneuerbaren Energien erhöht werden.<sup>40</sup> Dabei ergeben sich zwei Möglichkeiten der Abrechnung. Erstens kann die verbrauchte Energie gemessen werden und/oder zweitens, die Standzeit des Elektrofahrzeuges an der Ladestation wird gemessen.<sup>41</sup>

---

<sup>39</sup> vgl. EnBW, 2022, o.S.

<sup>40</sup> vgl. TÜVRheinland, 2020, o.S.

<sup>41</sup> vgl. The Mobility House, kein Datum, o.S.

Die eingebauten Messgeräte in der Ladestation registrieren, sobald der Kunde sein Elektrofahrzeug mit der Ladesäule verbindet, einen Zählerstand und messen die Zeit bis der Nutzer den Ladevorgang beendet. Ferner erkennt das Messgerät die Nutzer ID, die der Säule per RFID-Karte, Ladekarte oder per Smartphone-App mitgeteilt wird. Der Zugriff auf die Daten erhält der CPO und der eMSP, sowie der Kunde. Die Datensicherheit wird durch die Verschlüsselung der Daten gewährleistet.

### **Zeitvariable und dynamische Tarifmodelle**

Die kWh-basierten Tarife inkludieren zeitvariable und dynamische Tarifmodelle. Sie beinhalten zeitlich verschiedene Preise, die im Vorhinein angepasst werden, so können die Nutzer in ihrem Verhalten und in ihrem Verbrauch beeinflusst werden. Das Fraunhofer Institut kam in ihrer Studie zur Erkenntnis, dass Kunden statische Modelle präferieren, da dynamische Tarifmodelle eine Flexibilität der Nutzer postulieren und zumal Nutzer Tarife präferieren, die weniger Preisschwankungen aufweisen.<sup>42</sup> Des Weiteren gehören dynamische Tarifmodelle zu den Demand Response (DR) Programmen und können wie folgt unterschieden werden:

- Differenzierung durch die Netzlast, beispielsweise bei Tarifen, die an Zeiten starker Inanspruchnahme des Netzes anknüpfen
- Unterscheidung durch die Kundenlast, beispielsweise bei Tarifen, die an Zeiten starker individueller Leistungsanspruchnahme durch den Kunden aufgegriffen werden, oder
- Differenzierung durch die Systemlast, beispielsweise Tarife, die an Zeiten, in denen im Gesamtsystem viel Strom erzeugt und verbraucht wird, angeschlossen werden.

Im Folgenden werden die verschiedenen Tarife des DR dargestellt:

---

<sup>42</sup> vgl. ECONSTOR & Fraunhofer, 2012, o.S.

<b>Englische Bezeichnung</b>	<b>Deutsche Bezeichnung</b>
Time of Use Pricing (ToU)	Zeitvariable Tarife
Critical Peak Pricing (CPP)	Zeitvariabler Tarif mit Events
Real-Time Pricing (RTP)	Dynamischer Tarif
Direct Load Control (DLC)	Direkte Laststeuerung
Emergency Demand Response	Notfallprogramme
Curtable Load	Lastbegrenzung
Interruptible Load	Unterbrechbare Lasten
Demand Bidding	Nachfrage-Bietverfahren

Abbildung 18: Darstellung der verschiedenen dynamischen Preismodelle<sup>43</sup>

Für das Projekt HBC.IntelliCharge sind primär die ersten drei Tarife relevant, da diese eine Verschiebung der Lasten bewirken. Folgend werden diese genauer erläutert und des Weiteren wird untersucht, inwieweit diese Tarife bereits in der Praxis umsetzbar sind oder gegebenenfalls bereits auf dem Markt bestehen.

#### **Time of Use Pricing (ToU):**

Die Preise des ToU schwanken im Zeitverlauf und orientieren sich an der Nachfrage und früheren Lastkurven. Dementsprechend sind die Preise zeitabhängig, nicht dynamisch und sind Tages und Saisonal abhängig. Hierbei können günstige Preissignale an den Nutzer gesendet werden. Des Weiteren wird der ToU-Tarif an einem Tag in verschiedene Zeitblöcke eingeteilt, wobei saisonale Schwankungen beachtet werden. Die Anzahl der Preisstufen sowie die Dauer sind beliebig. Beispielsweise kann bei einem zweistufigen ToU-Tarif ein Tages- und Nachttarif umgesetzt werden

#### **Critical Peak Pricing (CPP):**

Beim CPP werden die Preise bspw. 24 Stunden vorab mittgeteilt. CPP gelten als dynamisches Modell, infolgedessen kann der Energieversorger, bei kritischer Netzbelastung, einen kritischen Peak-Preis erheben. Dies gibt an, dass höhere Preise zu verschiedenen kritischen Netzzeiten erhoben werden können. Im Übrigen bleibt der CPP ein fester Preistarif. Aus diesem Grund kann durch einen solchen Tarif ein gutes Last-

<sup>43</sup> in Anlehnung an Bundesnetzagentur, 2009, S. 41

verschiebungspotenzial erreicht werden. Mit Unterstützung eines intelligenten Messsystems, können höhere Lastverschiebungen hervorgerufen werden. Darüber hinaus kann bei Senkung des Verbrauchs zu Hochlastzeiten ein Rabatt oder eine Gutschrift angeboten werden – das so genannte CPR (Critical Peak Pricing with Rebate).

### Real Time Pricing (RTP):

Das RTP ist die flexibelste Form der Tarifgestaltung. Dabei werden die Preise je nach Marktgegebenheiten angepasst. Die Übermittlung der Preise erfolgt entweder am Vortag oder tagesaktuell und auf stündlicher Basis. Wie bei den anderen Modellen ist eine Verschiebung der Lastspitzen bei diesem Tarif gegeben, sie gelten dabei als flexibelster Tarif, da die Tagespreise sich essenziell voneinander differenzieren. Besonders ist, dass je größer der Vorlauf der Preisinformation, desto ungenauer wird die Preisinformation wiedergegeben. Grundlegend hierfür ist die aktuelle Situation von Angebot und Nachfrage auf dem Energiemarkt. Hierbei erfolgt die Tarifierung an Beispielen von anderen Industrien, wie z.B. Benzinpreise, die ebenfalls als volatil angesehen werden und über den Tag schwanken. Dabei kann der Verbrauch der Kunden gezielt gesteuert werden, einerseits kann bei einem niedrigen Verbrauch, niedrigere Preise offeriert werden und andererseits, ergeben sich bei Spitzenlasten hohe Preise.<sup>44</sup>

Abschließend ergibt sich, dass die genannten Modelle als Kombination miteinander genutzt werden können und verfolgen insbesondere die Zwecke der ökonomischen Optimierung, schnelle Reaktion auf Marktereignisse und dem Netzschutz.

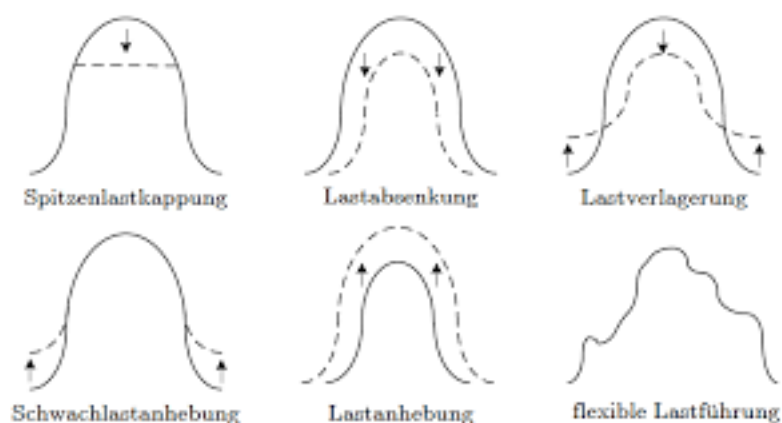


Abbildung 19: Variationsmöglichkeiten der Lastverschiebung<sup>45</sup>

<sup>44</sup> vgl. ECONSTOR & Fraunhofer, 2012

<sup>45</sup> TU Dresden, 2013, S. 4



Die unterschiedlichen Tarife bringen verschiedene Vor- und Nachteile mit sich. Gerade die Risiken sind hier nicht zu unterschätzen, weshalb diese im Folgenden kurz beleuchtet werden.

Zuerst wurde vorrangig die Verteilung der Preisrisiken für eMSP und Nutzer untersucht. Das unten gezeigte Schaubild bildet die Risiken ab:

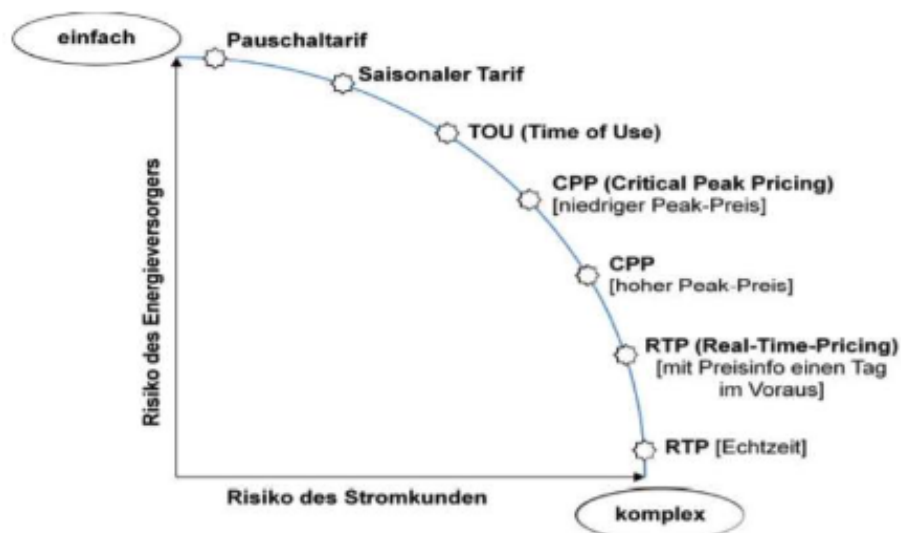


Abbildung 20: Preisrisiken<sup>46</sup>

Aus dieser Abbildung lassen sich verschiedene Preisrisiken ablesen. Ein pauschaler Tarif, auch Einheitstarif, inkludiert ein niedriges Risiko für Nutzer, da die Preise unabhängig von Menge und Zeitpunkt des Ladevorgangs erfolgen. Hingegen stellt es für den eMSP das größte Risiko dar, da dieser während Spitzenlastzeiten zusätzlichen Strom bereitstellen muss. Der konträre Fall ist bei den RTP-Tarifen gegeben, hierbei werden Preisschwankungen direkt an die Nutzer weitergegeben. Somit verschiebt sich das gesamte Risiko auf die Endkunden.

Des Weiteren müssen folgende Punkte bei der Modellierung eines Tarif- und Anreizsystems beachtet werden.

- Stehdauer des Elektrofahrzeuges
- State of Charge bei der Ankunft

<sup>46</sup> ECONSTOR & Fraunhofer, 2012, S. 8

- State of Charge bei der Abfahrt

Die Hochschule geht von der Annahme aus, dass die Mehrheit der Studierenden und Lehrbeauftragten, eine Stehdauer von ca. 3,5 Stunden aufweisen, je nach Anzahl der Vorlesungen und der Vorlesungsdauer kann diese Stehdauer variieren. Hinzukommend ist die geringe Parkdichte am Wochenende, da die Studierenden aufgrund der nicht stattfindenden Vorlesungen am Wochenende, nach Hause fahren. Zudem muss auf die Vorlesungszeiten der Hochschule eingegangen werden, die zwischen 8 Uhr bis 18 Uhr auftreten, dementsprechend werden die meisten Studierenden zwischen diesen Zeiten an der Hochschule parken. Des Weiteren existiert an der Hochschule selbstverständlich die Nutzergruppe der Mitarbeitenden. Deren Stehdauer orientiert sich am Umfang des Beschäftigungsverhältnisses.

Der State of Charge (SOC) bei der Ankunft bedingt sich aus dem Faktor, ob bereits zu Hause geladen worden ist und deshalb die Ladestation an der Hochschule nur zur Nachladung genutzt wird. Eine zusätzliche Problematik ist, dass die Nutzer vorrangig in den Morgenstunden laden und damit hier die Last am höchsten sein wird. Zur Lastglättung soll daher ein Batteriespeicher zum Einsatz kommen. Grundsätzlich ist denkbar, dass günstigere Tarife möglich sind, soweit die Nachfrage mit dem Angebot der Batterie übereinstimmt.

## **2.6. Anreizsysteme**

Neben den oben genannten Preis- und Tarifmodellen lassen sich für die Hochschule gleichermaßen nicht-monetäre Anreize erwägen. Diese können zusätzlich zu den Preismodellen offeriert werden. Möglicherweise präferieren einzelne Studierende diese über einem potenziell günstigeren Tarif.

Folgende Systeme ergeben sich für die Hochschule Biberach:

- Garantierte Parkmöglichkeiten für die Studierenden, Dozenten, Mitarbeitende und Gäste der Hochschule
- Einfache Handhabung und mehr Transparenz durch Smartphone-Apps und im Intranet
- Ökotarife

## **Garantiere Parkmöglichkeiten**

Bei der Betrachtung der Parkplatzsituation an der Hochschule kann insbesondere eine Knappheit der vorhandenen Parkflächen festgestellt werden. Primär werden die verfügbaren Parkplätze obendrein durch Dauerparker besetzt. Die LIS betreffend bedarf es im Wesentlichen einem smarten Reservierungssystem, das in Form einer App angeboten werden könnte.

## **Smartphone-Apps**

Als Komplementär zu möglichen Reservierungssystemen bietet sich eine App an. Hier können nicht nur die Reservierungen der Parkplätze erfolgen, vielmehr fungieren sie mehr Transparenz und können mögliche Lastspitzen und günstige Preise beim Laden inserieren. Diesbezüglich können Meldungen und Informationen auch über das Intranet angezeigt werden, hierbei würde die App indessen eine fortgeschrittene Digitalisierung symbolisieren. Des Weiteren kann die App den Nutzen von dynamischen Modellen für den Nutzer leichter veranschaulichen, da diese zumeist komplex dargestellt sind.<sup>47</sup>

## **Ökotarife**

Die Ökotarife gehören im Allgemeinen zu den Preis- und Anreiztarifen, allerdings bieten sie den Nutzer einen nicht-monetären Anreiz in Form von Nachhaltigkeit und dem Fördern von regenerativen Energien als Strombezugsquelle.

## **Umsetzung Projekt HBC.IntelliCharge**

Bevor ein Tarif und Anreizsystem an der Hochschule konzeptioniert werden kann, muss zuerst das Nutzungsverhalten der Hochschulangehörigen analysiert werden. Im Rahmen der Studie „Sinus Move – Ergebnisse Wohnen und Mobilität“ wurden mehr als 1.000 Teilnehmer befragt. Nach Auswertung der Studie hat sich folgende Milieuverteilung an der HBC Biberach gezeigt:

---

<sup>47</sup> vgl. TÜVRheinland, 2020, S. 51

# Milieuverteilung der Stichprobe

im Vergleich zur Gesamtbevölkerung

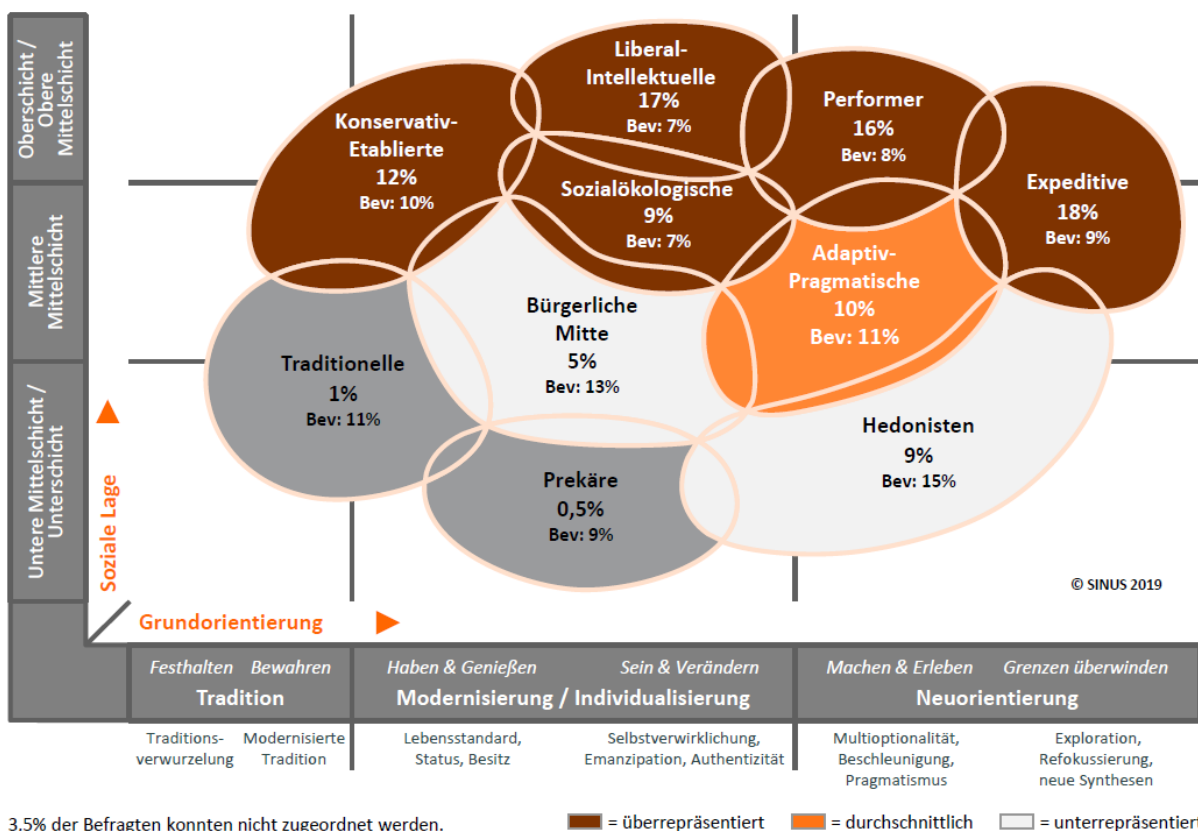


Abbildung 21: Milieuverteilung der Stichprobe<sup>48</sup>

Die drei Milieus mit dem höchsten Anteil sind dabei die Expeditiven (18%), die Liberal-Intellektuellen (17%) und die Performer (16%).

## Nutzergruppe 1, die Expeditiven

Der Großteil der Studierenden gehört der Gruppe der Expeditiven, mit ca. 18%, an. Dabei handelt es sich um eine Gruppe, die wie bereits angeführt wurde, umweltschonende und ökologische Gesichtspunkte als besonders wichtig erachtet. Hinzukommend ist diese Nutzergruppe für neue innovative Impulse offen. Hieraus lässt sich ableiten, dass Anreizsysteme insbesondere für diese Gruppe relevant sein könnten. Aufgrund der Tatsache, dass diese auf ökologische Gesichtspunkte großen Wert legen, kann beispielsweise ein Tarif konfiguriert werden, der beispielsweise einen Ökotarif anbietet. Des Weiteren kann die These gewagt werden, dass die Wichtigkeit ökologischen Strom zu beziehen, vor einem günstigen Preistarif steht.

<sup>48</sup> Hochschule Biberach, 2021

Folglich gilt die Annahme, dass diese Gruppe zeitlich an denen Stunden laden möchte, wenn generell genügend Öko-Strom vorhanden ist. Dieser Strom wird primär in den Mittagsstunden und in den Frühlings- und Sommermonaten zur Verfügung stehen, da hierbei die PV-Einspeisung am höchsten ist. Zusätzlich können Speicher dazu dienen, den überschüssigen Strom, soweit vorhanden, zu speichern und die Fahrzeuge schließlich in der Nacht zu laden. In diesem Zusammenhang kann ein günstigerer Nachtтарif offeriert werden, der zugleich mit dem ökologischen Gesichtspunkt einen zusätzlichen Preisanreiz bietet. Ergänzend kann ein ToU-Tarif angeboten werden, der Preissignale und Informationen, beispielsweise wann besonders viel Strom erneuerbaren Energien vorhanden ist, an die Nutzer übermittelt. Demnach bieten diese Modelle innerhalb der Gruppe der Expeditiven ein netzdienliches Lastverschiebungspotenzial.

Fraglich ist jedoch, inwieweit die in der Nacht geladenen Fahrzeuge am Morgen die Parkplätze blockieren werden. Dabei kann eine Blockade der Ladestationen, Anreize der Nutzer zunichtemachen, die ihr Fahrzeug insbesondere in den Morgenstunden laden wollen oder Vorlesungen in den Morgenstunden haben. Hier wäre ein möglicher Lösungsansatz mit negativen Anreizen entgegenzuwirken. Hierbei können beispielsweise Parkgebühren als mögliche Konsequenz dienen.

## **Nutzergruppe 2, die Liberal-Intellektuellen**

17% der Hochschulangehörigen gehören zu der Gruppe der Liberal-Intellektuellen. Für diese steht insbesondere das Gemeinwohl ihrer Mitmenschen im Vordergrund, gleichwohl ihre eigenen Interessen berücksichtigt werden sollen. An dieser Stelle können günstige Tarife, für den eigenen Nutzen inkludiert und komplementär mit Reservierungssystemen für das Gemeinwohl gestaltet werden. Insbesondere die Tarife des CPP und des RTP können implementiert werden.

Wie bereits beschrieben, können bei einem CPP Rabatte angeboten werden (CPR). Diese könnten in Form von Vergünstigungen, beispielsweise in der Mensa angeboten werden, vorausgesetzt der Nutzer lädt sein Fahrzeug bei Niedriglastzeiten. Vorrangig kann demgemäß am Abend und/oder in der Nacht geladen werden. Diesbezüglich lässt sich dieselbe Problematik, wie bei der ersten Nutzergruppe, feststellen. Insbe-

sondere für die Liberal-Intellektuellen steht nicht nur ein eigener Nutzen im Fokus. Ferner orientieren sie sich an einem Allgemeinwohl, der durch eine Blockade der Parkplätze nicht gegeben ist.

Wie beim oben beschriebenen CPP bietet ein RTP einen monetären Anreiz, das Laden auf Niedriglastzeiten zu verschieben. Als Konsequenz bieten Real-Time-Pricing Tarife jedoch keine Rabatte, vielmehr wird das Laden an Spitzenlastzeiten mit teuren Preisen sanktioniert. Hierbei bietet der RTP wiederholt eine Lastverschiebung. Allerdings muss der Nutzer bei diesem Tarif flexibel sein, da die Preise stündlich variieren können. In diesem Zusammenhang ist jedoch eine Differenz zwischen den Vorlesungszeiten der Nutzer und den Zeiten, an dem ein günstiger Tarif angeboten wird, erdenklich. Schlussfolgernd ermöglicht ein Real-Time-Pricing Tarif günstige Tarife für diejenigen, die in ihren Vorlesungs- und Arbeitszeiten flexibel sind und bereit sind, sich auf stark volatile Preise einzulassen.

An dieser Stelle lässt sich für diese Nutzergruppe ein Reservierungssystem, als zusätzlichen nicht monetären Anreiz, implementieren. So können die Nutzer durch die stündlich günstigen Preissignale des CPP und RTP Tarif, nach passenden Zeiten für eine Reservierung suchen. Infolgedessen kann durch eine Kombination der monetären und nicht monetären Anreize eine Lastverschiebung erzielen. Dabei gilt es noch einmal zu unterstreichen, dass so ein eigener Nutzen der Liberal-Intellektuellen hervorgerufen wird und ferner weitere Nutzer nicht benachteiligt werden.

### **Nutzergruppe 3, die Performer**

Diese Nutzergruppe hat ihre eigenen wirtschaftlichen Interessen im Fokus. Daneben sind sie offen für innovative Ideen. Für die Performer kommt demzufolge neben kostengünstigen Tarifen, gleicherweise Anreize in Frage, die einen unmittelbaren wirtschaftlichen Vorteil aufweisen und innovativ sind.

Der Time of Use Tarif wäre primär in den Morgenstunden für die Performer geeignet, da hier die Preise etwas geringer sind. Dessen ungeachtet kann ein ToU in Kombination mit anderen Tarifen angeboten werden.

Bei dieser Nutzergruppe kann erneut ein CPP und RTP angeboten werden. Zunächst bieten diese günstige Preise und gewähren zudem mögliche Rabatte, die einen zusätzlichen Vorteil für die Performer bringen könnte.

Daneben bieten garantierte Parkplätze über ein Reservierungssystem einen weiteren Vorteil für diese Gruppe. Dieser Anreiz greift die Innovationsfreudigkeit der Performer auf, die außerdem einen wirtschaftlichen Nutzen, in Form von intelligenter Parkraumbewirtschaftung, feststellen. Durch die Handhabung der Systeme mit einer App lassen sich Transparenz und Kundenbindung verbinden, sowie ein Vorgehen eines digitalen Hochschul-Campus.

Bei der Betrachtung der Aspekte, die für die Performer eine hohe Priorität haben, lässt sich festhalten, dass insbesondere Ökotarife keinen Anreiz für diese Gruppe bieten, da hierdurch kein wirtschaftlicher Nutzen entsteht.<sup>49</sup>

---

<sup>49</sup> vgl. Lea Reuter, 2022

## **4. Rechtliche Einordnung**

### **4.1 Vorgaben Ladesäulenverordnung (LSV)**

Die Ladesäulenverordnung wurde durch das Ministerium für Wirtschaft und Energie verordnet und ist am 17. März 2016 in Kraft getreten. Die Verordnung regelt zum einen die technischen Mindestanforderungen an den sicheren und interoperablen Aufbau und Betrieb von öffentlich zugänglichen Ladepunkten für Elektromobile, zum anderen werden Aspekte des Betriebes geregelt. Zum Themen-Bereich Betrieb gehört beispielsweise die Authentifizierung aber auch die Nutzung und Bezahlung. Zu beachten ist, dass im Sinne der Verordnung, Elektromobile nur rein Batterieelektrofahrzeuge oder aufladbare Hybridelektrofahrzeuge sind.<sup>50</sup>

Am 10. November 2021 wurde die Novellierung der Ladesäulenverordnung veröffentlicht. Diese tritt ab dem 1. Januar 2022 in Kraft und beinhaltet folgende Änderungen: Ladepunkte, welche ab dem 1. Juli 2023 neu errichtet werden, müssen über eine Schnittstelle verfügen, welche Standortinformationen und dynamische Daten übermitteln können. Die Schnittstelle soll beispielsweise das Übertragen der Betriebsbereitschaft und des Belegungsstatus ermöglichen.

Weiterhin müssen öffentliche Ladepunkte die für den bargeldlosen Zahlungsvorgang erforderliche Authentifizierungsmöglichkeiten bereitstellen. Darüber hinaus muss mindestens ein kontaktloser Zahlungsvorgang mittels Debit- und Kreditkartensystem angeboten werden. Alternative Zahlungsmöglichkeiten, wie webbasierte Systeme, über QR-Code oder App, dürfen zusätzlich angeboten werden. Die Novelle beinhaltet ebenfalls Änderungen im Punkt Ladekabel am Ladepunkt. So sind auch Normalladepunkte mit festangebrachtem Ladekabel zugelassen.

Zudem wurde die Anzeigepflicht bei der Bundesnetzagentur für neu errichtete Ladepunkte angepasst. Die Ladepunkte müssen nun spätestens zwei Wochen nach der Inbetriebnahme gemeldet werden.<sup>51</sup>

---

<sup>50</sup> vgl. DGWZ, kein Datum, o.S.

<sup>51</sup> vgl. Die Bundesregierung, 2021, o.S.



## 4.2 Rechtliche Vorgaben

Grundsätzlich gibt es baurechtliche, straßenrechtliche- sowie energierechtliche- und technische Anforderungen für die Errichtung von öffentlichen Ladesäulen. Jede Ladesäule ist im Sinne des Bauordnungsrechts eine bauliche Anlage, allerdings ist für die Errichtung der Ladesäule in den meisten Fällen keine Baugenehmigung nötig. So befindet sich bei etwa der Hälfte aller Bundesländer die Errichtung von Ladesäulen in der Liste der genehmigungsfreien Vorhaben. Trotzdem gilt es die bauplanungsrechtlichen Vorgaben für die Flächennutzung und die materiellen bauordnungsrechtlichen Vorgaben einzuhalten. Des Weiteren sind bei der Errichtung von öffentlichen Ladesäulen die straßenrechtlichen Vorgaben zu beachten, da es sich hierbei um eine straßenrechtliche Sondernutzung handelt und der Gebrauch der Allgemeinheit dadurch nicht beeinträchtigt werden darf. Daraus resultiert, dass eine Sondernutzung zu beantragen ist. Die Voraussetzungen für die Genehmigung sind in den jeweiligen Landesstraßengesetzen geregelt.

Auf Seiten der energierechtlichen Anforderungen ist zunächst zu klären, welche regulatorischen Pflichten die Rolle des Ladesäulenbetreibers mit sich bringt. Wie unter Punkt 1 beschrieben, ist der Ladesäulenbetreiber nach § 3 Ziff. 25 EnWG dem Letztverbraucher gleichgestellt. Diese Definition gilt grundsätzlich nur für das EnWG. Beispielsweise wird der Letztverbraucher im EEG wie folgt definiert: „jede natürliche oder juristische Person, die Strom verbraucht“. In diesem Sinne ist der Letztverbraucher, der Halter des elektrischen Fahrzeugs.

Der Betreiber von Ladestationen hat zudem bestimmte Pflichten zu erfüllen. Darunter verstehen sich gemäß § 74 EEG (2017) vor allem Meldepflichten im Umfang bestimmter Basisdaten an den Übertragungsnetzbetreiber sowie die Kommunikation bezüglich der gelieferten Strommenge an den Letztverbraucher. Der Betreiber verpflichtet sich ebenfalls dazu, jährlich eine Endabrechnung vorzulegen. Je nach Vorhaben müssen gegebenenfalls auch Punkte des Konzessionsrecht beachtet werden.

Neben den baurechtlichen- und energierechtlichen Anforderungen gibt es ebenso technische Anforderungen für öffentliche LIS. Diese sind in der vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) erlassenen Ladesäulenverordnung, kurz

LSV, festgehalten. Hier ist ebenso der diskriminierungsfreie Zugang zu öffentlichen Ladestationen geregelt. Darunter fällt auch die Möglichkeit an jeder öffentlichen Ladesäule spontan mit Hilfe der Ad Hoc-Authentifizierung (vgl. Kapitel 1.3) laden zu können. Eine Grundvoraussetzung für die Abrechnung öffentlicher Ladestationen ist die Pflicht der Nutzung eichrechtlich geprüfter Messgeräte sowie weiterer Zusatzeinrichtungen. Zu der eichrechtlich geprüften Hardware zählen alle Geräte, welche die unter Punkt „2.7 Inhalt von Datensätzen“ genannten Daten messen, speichern oder weiterleiten. Seit April 2019 müssen auch in Deutschland Ladestationen gemäß der Richtlinie 2014/94/EU des Europäischen Parlamentes über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe aufgebaut und abgerechnet werden. Grundlegend hierfür sind das Mess- und Eichgesetz (MessEG) die Mess- und Eichverordnung (MessEV) sowie die Preisangabenverordnung (PAngV). Hieraus entsteht die Verpflichtung alle relevanten Daten zu speichern, so dass z.B. am Monatsende eine Rechnung erstellt werden kann, welche weder manipulierbar noch fehlerhaft ist.<sup>52</sup>

Neben bau- und straßenrechtlichen Anforderungen sind auch die Genehmigungs- und Meldepflichten für den Netzanschluss zu beachten. Bei einer einzigen Wallbox/ Ladesäule mit einer Ladeleistung von bis zu 11 kW ist für die Installation keine Genehmigung erforderlich. Nach dem Kauf und der Installation durch einen Elektriker unterliegt die Installation aber der Meldepflicht. Bei weiteren Ladepunkten bzw. einer Ladeleistung über 11 kW ist die Installation genehmigungspflichtig und muss vor der Installation beim Netzbetreiber angefragt werden. Nach der Anfrage prüft der Netzbetreiber, ob ggf. eine Verstärkung des Netzanschlusses nötig ist.<sup>53</sup>

### **Umsetzung Projekt HBC.IntelliCharge**

Da die Hochschule Biberach ihren Standort im Bundesland Baden-Württemberg hat, unterliegt sie auch der dementsprechenden Landesbauordnung (LBO). In der Landesbauordnung für Baden-Württemberg ist geregelt, dass es verfahrensfreie Vorhaben gibt. Unter Punkt 4. „Anlagen der Ver- und Entsorgung“ sind ebenfalls „Leitungen aller Art sowie Ladestationen für Elektrofahrzeuge“ gelistet. Dementsprechend muss die Hochschule Biberach kein Genehmigungsverfahren im Sinne der Landesbauordnung einreichen.

---

<sup>52</sup> vgl. GÖRG, 2019, o.S.

<sup>53</sup> vgl. NetzeBW, kein Datum, o.S.

Aufgrund der von der Hochschule geplanten Anzahl von 14 Ladepunkten und damit einer Gesamtleistung größer 12 kVA unterliegt dieses Vorhaben einer Anmelde- und Zustimmungspflicht durch den Netzbetreiber. Bei der sog. „Anmeldung zum Netzanschluss“ wird anhand der zur Verfügung gestellten Informationen geprüft, ob der vorgesehene Netzanschluss für die gleichzeitig benötigte Leistung ( $P_{max}$ ) der LIS ausreichend ist. Sollte der vorhandene Netzanschluss (z.B. Niederspannungshauptverteilung des Gebäudes) nicht die notwendige Kapazität aufweisen, muss aus technischer Sicht ein eigener EVU-Anschluss für die LIS errichtet werden. Ergänzend hierzu wird der Aufbau von LIS auf Landliegenschaften weiter im bereits erwähnten „*Energie- und Klimaschutzkonzept für landeseigene Liegenschaften*“ (vgl. Kapitel 2) geregelt. Da dieses essenziell für die Errichtung von LIS auf Landesliegenschaften ist, soll im Folgenden auf dieses genauer eingegangen werden.

#### **4.3 Energie- und Klimaschutzkonzept für landeseigene Liegenschaften 2020 bis 2050 – E-Mobilität bei landeseigenen Liegenschaften**

Das titelgebende Konzept stammt aus dem Jahr 2020 und wurde vom Ministerium für Finanzen Baden-Württemberg erlassen. Innerhalb des Konzepts wird die Vorgehensweise für den Aufbau von LIS auf Landesliegenschaften geregelt. Die wichtigsten Punkte sollen hier kurz dargestellt werden:

##### **Abrechnung:**

„Die Abrechnung des Ladestroms erfolgt bei eigenem EVU-Anschluss direkt zwischen PBW und Stromversorger. Ist ein getrennter Anschluss nicht möglich, ist der Ladestrom vom VB-BW zu erfassen und mit der PBW zu verrechnen.“<sup>54</sup>

Grundsätzlich ist bei zu errichtender LIS ein eigener EVU-Anschluss zu bevorzugen.<sup>55</sup> Dies kann den Aufbau und die Installation extrem verteuern und verzögern. In der Regel trifft diese Entscheidung der zuständige Netzbetreiber im Rahmen der Anmeldung (vgl. vorheriges Kapitel).

##### **Betrieb:**

---

<sup>54</sup> Ministerium für Finanzen Baden-Württemberg, 2020, S. 3

<sup>55</sup> vgl. Ministerium für Finanzen Baden-Württemberg, 2020, S. 3

Der Betreiber von LIS auf Landesliegenschaften ist vorrangig die PBW. Die PBW betreibt die Ladepunkte auf Kosten der nutzenden Verwaltung. Die nutzende Verwaltung kann hierzu mit Unterstützung der PBW Fördermittel beim Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg beantragen.<sup>56</sup>

**Eigentumsrecht:**

Die LIS wird nach erfolgreicher Inbetriebnahme durch VB-BW an den staatlichen Verpachtungsbetrieb übertragen. Anschließend pachtet die PBW die LIS vom staatlichen Verpachtungsbetrieb. Für diesen Vorgang ist ein Übergabeprotokoll sowie eine Wertermittlung der LIS notwendig.

---

<sup>56</sup> vgl. Ministerium für Finanzen Baden-Württemberg, 2020, S. 3-4

## 5. Bau und Betrieb

### 5.1 Aufbau und Installation

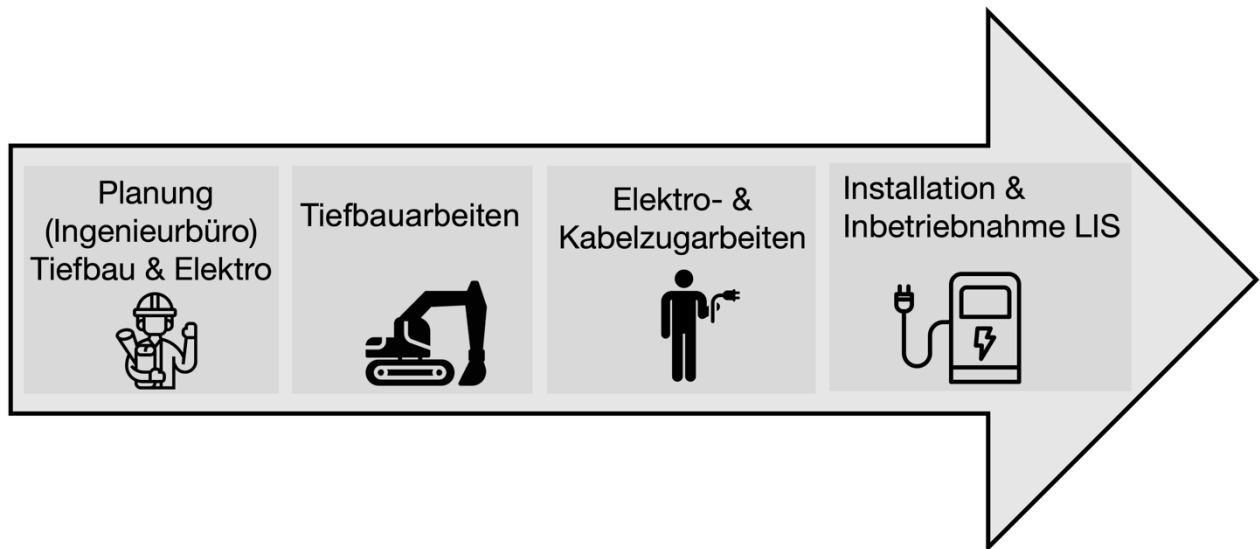


Abbildung 22: Schematischer Ablauf Bau und Installation Ladeinfrastruktur<sup>57</sup>

#### Aufbau

Grundsätzlich werden für den Aufbau von LIS die Gewerke Tiefbau und Elektro benötigt. Je nach Aufwand und örtlichen Gegebenheiten wird für die genannten Gewerke Planungsleistungen, meist in Form von Ingenieurdienstleistungen, benötigt. Nach Festlegung des Standortes der LIS müssen die entsprechenden Leitungswege geplant werden. Zum einen müssen Kabel für die Ladeinfrastruktur (Kommunikation und Strom) gelegt werden und zum anderen die Zuleitung für die Energieversorgung der LIS (z.B. Niederspannungshauptverteilung oder Transformator). Wenn bspw. die LIS an die Niederspannungshauptverteilung eines Gebäudes angeschlossen wird, müssen die Leitungen auf entsprechenden Kabeltrassen verlegt werden. Im Außenbereich muss für die Leitungsführung ein Kabelgraben ausgehoben werden. Je nach örtlichen Gegebenheiten muss hierfür der Asphalt aufgeschnitten und anschließend wieder verschlossen werden. Meist werden die Kabel, insbesondere die Datenleitungen, in Leer-

<sup>57</sup> eigene Darstellung

rohren verlegt. Meist muss für den Anschluss der LIS die Zuleitung in eine Unterverteilung eingeführt und angeschlossen werden. Die Kommunikationsanbindung der LIS erfolgt entweder kabelgebunden oder drahtlos. Die Entscheidung welche Kommunikationstechnik verwendet wird, muss evtl. von der Entfernung abhängig gemacht werden. Bei entsprechend großen Distanzen muss ggf. ein Lichtwellenleiter (Glasfaser) verwendet werden. Bei der Verwendung von Glasfaserstrecken muss mit einem erhöhten Aufwand für die Spleißung und Anbindung an die LIS gerechnet werden. Der eigentliche Aufbau und die Installation der Ladesäulen muss ggf. von einem zertifizierten Elekronunternehmen durchgeführt werden. Meist werden die benötigten Fundamente von einem Tiefbauunternehmen gesetzt oder selbst erstellt. Vor der Inbetriebnahme der LIS müssen alle Stromleitungen einer VDE-Prüfung durch das Elekronunternehmen unterzogen werden. Anschließend können die Ladesäulen in Betrieb genommen werden und die Anbindung zum Backend erfolgt. Hier werden die Authentifizierungsoptionen sowie die Tarife konfiguriert und verwaltet. Gleichzeitig können hier aktuelle Verbräuche und Ladestationen-Belegungen eingesehen werden.

## 5.2 Freischalten der Ladestation

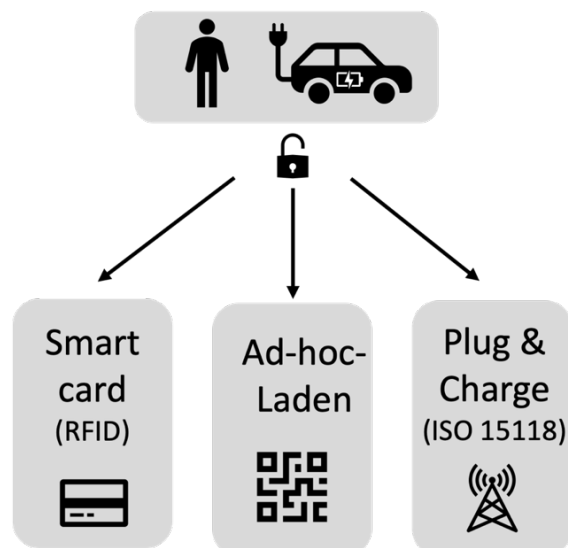


Abbildung 23: Authentifizierungsmöglichkeiten<sup>58</sup>

Für die Authentifizierung und Freischaltung der Ladestation gibt es grundsätzlich drei Möglichkeiten. Die am weitesten verbreitete ist die Authentifizierung via Smart Card, besser bekannt als RFID-Karte. RFID steht für Radio Frequency Identification und beschreibt die Identifizierung mittels elektromagnetischer Wellen, welche über Funk

<sup>58</sup> eigene Darstellung

von einem Lesegerät (Reader) ausgelesen werden. Die RFID-Technik kann auch in Form eines Chips genutzt werden. Der RFID-Transponder (Chip oder Karte) speichert Informationen, welche von einem Lesegerät via Funk ausgelesen werden können. Die RFID-Technologie funktioniert ähnlich einem Schlüssel, gleichzeitig können Daten durch die eindeutige Zuordnung für die Abrechnung verwendet werden. Neben der Freigabe zur Abrechnung können auch Daten zum Verbrauch und den Umsätzen generiert und anschließend in Form von Diagrammen visualisiert werden.

Die zweite Möglichkeit eine Ladestation freizuschalten ist das so genannte Ad-Hoc Laden oder auch punktuelle Laden. Dieses beschreibt den Vorgang eine Ladestation spontan freizuschalten, ohne einen Vertrag mit einem eMSP- oder eRoaming-Anbieter geschlossen zu haben. Zum Starten und Abrechnen des Ladevorgangs kann der Kunde seine Kreditkarte oder Girocard an das Lesegerät der Ladestation halten. Ad-Hoc Laden kann auch gestartet werden, in dem der Kunde mit seinem Smartphone einen QR-Code auf der Ladestation scannt. Anschließend gelangt der Kunden auf eine Webseite, auf welcher Informationen zur Ladesäule und Ladevorgang dargestellt werden. Hier werden Informationen zum jeweiligen Ladepunkt und der Preis pro kWh angezeigt. Zunächst muss der Kunde seine Daten hinterlegen und kann dann eine Bezahlmethode auswählen. Bevor der Ladevorgang startet, wird auf der angegebenen Bezahlmethode ein Betrag vorgemerkt. Dieser Betrag beträgt in etwa den eines Ladevorgangs. Nach abgeschlossenem Ladevorgang wird der vorgemerkte Betrag wieder freigegeben und der tatsächliche Betrag abgebucht. Darüber wird der Kunde informiert, indem er in den meisten Fällen die Rechnung per Mail erhält.<sup>59</sup>

In Bezug auf die Freischaltung eines Ladepunktes ermöglicht die Norm IEC 15118 das Starten und Beenden nur durch das An- und Abstecken des Ladekabels, genannt „Plug & Charge“ (PnC). Der Lade-Nutzer muss sich dadurch nicht mehr mit einer Ladekarte oder dem Ad-Hoc-Verfahren authentifizieren, denn dieser Vorgang läuft automatisch im Hintergrund ab.<sup>60</sup> Das Vorbild für die Nutzung dieser Technologie ist der Autohersteller Tesla, welcher seit Jahren das Laden und Abrechnen mit Hilfe von Plug & Charge ermöglicht.<sup>61</sup> Ende 2021 wurde die Ladesäulenverordnung aktualisiert. Die

---

<sup>59</sup> vgl. reev, 2021, o.S.

<sup>60</sup> vgl. all-electronis, 2021, o.S.

<sup>61</sup> vgl. electrive, 2021, o.S.

Novelle ist seit dem 01. Januar 2022 wirksam und soll das Laden an öffentlichen Ladestationen vereinfachen. Die Novelle setzt fest, dass ab dem Jahr 2023 alle öffentlichen Ladestationen über eine Schnittstelle verfügen müssen, welche es ermöglicht Daten bezüglich Standortinformationen und dynamische Daten zu übermitteln. Zudem müssen CPO's es den Kunden ermöglichen, bargeldlos mittels Kredit- und Debitkarte bezahlen zu können. Weiterhin können alle oben genannten Authentifizierungsmöglichkeiten angeboten werden.<sup>62</sup>

---

<sup>62</sup> vgl. Bundesregierung, 2021, o.S.



## Literaturverzeichnis

- all-electronis. (28. Mai 2021). *Plug & Charge: Dahin entwickelt sich die E-Auto-Ladeinfrastruktur*. Abgerufen am 18. Oktober 2021 von <https://www.all-electronics.de/automotive-transportation/der-weg-zu-plug-charge-so-entwickelt-sich-die-ladeinfrastruktur-weiter-378.html>
- Autohaus. (30. November 2020 ). *Prognose: Mehr als elf Millionen Elektroautos und Plug-Ins bis 2030*. Abgerufen am 10. Juli 2022 von <https://www.autohaus.de/nachrichten/autohandel/prognose-mehr-als-elf-millionen-elektroautos-und-plug-ins-bis-2030-2697632>
- bdew. (02. Oktober 2020). *Elektromobilität Definition der Ladeinfrastruktur- Marktrollen*. Abgerufen am 09. November 2021 von [https://www.bdew.de/media/documents/201008\\_PG-LIS\\_Definitionen\\_Marktrollen\\_neu.pdf](https://www.bdew.de/media/documents/201008_PG-LIS_Definitionen_Marktrollen_neu.pdf).
- Bockstahler. (kein Datum). *Ladestationen in Wohngebäuden- Was muss beachtet werden?* Abgerufen am 5. August 2022 von <https://www.bockstahlerelektro.de/ladestationen-in-wohngebaeuden-was-muss-beachtet-werden/>
- Bundesnetzagentur. (2009). [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen\\_Institutionen/NetzzugangUndMesswesen/MessUndZaehlwesen/EcofysLastvariableZeitvariableTarife.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/NetzzugangUndMesswesen/MessUndZaehlwesen/EcofysLastvariableZeitvariableTarife.pdf?__blob=publicationFile&v=1). Abgerufen am 23. August 2022 von [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen\\_Institutionen/NetzzugangUndMesswesen/MessUndZaehlwesen/EcofysLastvariableZeitvariableTarife.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/NetzzugangUndMesswesen/MessUndZaehlwesen/EcofysLastvariableZeitvariableTarife.pdf?__blob=publicationFile&v=1)
- Bundesregierung. (10. November 2021). *Einfacher zahlen an der Ladesäule*. Abgerufen am 12. Dezember 2021 von <https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/gesetzesvorhaben/novelle-ladesaeulenverordnung-1913026>
- CKW. (kein Datum). *ELEKTROMOBILITÄT: LASTMANAGEMENT FÜR IMMOBILIEN*. Abgerufen am 04. August 2022 von <https://www.ckw.ch/gebaeudetechnik/elektromobilitaet/lastmanagement-fuer-verwaltungen.html>
- Dennis Koch. (2022). *Dimensionierung von Batteriespeichern zur Reduzierung der benötigten Netzanschlussleistung in Verbindung mit Elektroladesäulen*. Hochschule Biberach.
- DGWZ. (kein Datum). *Verordnung über technische Mindestanforderungen an den sicheren und interoperablen Aufbau und Betrieb von öffentlich zugänglichen Ladepunkten für Elektromobile*. Abgerufen am 05. August 2022 von <https://www.dgwz.de/gesetze/ladesaeulenverordnung-lsv>
- Die Bundesregierung. (10. November 2021). *Einfacher zahlen an der Ladesäule*. Abgerufen am 05. Juli 2022 von <https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/gesetzesvorhaben/novelle-ladesaeulenverordnung-1913026>
- ebee. (kein Datum). *Ebee Charge Controller Documentation*. Abgerufen am 05. Oktober 2021 von [https://office.elinc.de/network#konfiguration\\_einer\\_gsm\\_netzwerkverbindung](https://office.elinc.de/network#konfiguration_einer_gsm_netzwerkverbindung)
- ECONSTOR & Fraunhofer. (2012). Abgerufen am 16. März 2022 von <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/55218/1/684814854.pdf>

- electrive. (20. Oktober 2021). *Plug & Charge: Wann wird das Laden endlich einfach?* Abgerufen am 20. November 2021 von <https://www.electrive.net/2019/09/29/plug-charge-wann-wird-das-laden-endlich-einfach/>
- electrive. (27. Juni 2022). *ChargeHere implementiert PV-optimiertes Laden.* Abgerufen am 10. August 2022 von <https://www.electrive.net/2022/06/27/chargehere-implementiert-pv-optimiertes-laden/>
- EnBW. (11. Juli 2022). *E-Auto mit Roaming aufladen: Was ist das?* . Abgerufen am 10. August 2022 von <https://www.enbw.com/blog/elektromobilitaet/laden/e-auto-mit-roaming-aufladen-was-ist-das/>
- energielösung. (16. August 2018). *RFID bei E-Ladestationen – das Prinzip dahinter kurz erklärt.* Abgerufen am 21. November 2021 von <https://www.energieloesung.de/magazin/rfid-bei-e-ladestationen-das-prinzip-dahinter-kurz-%20erklaert/>
- Energy Brainpool. (04. Dezember 2018). *E-Mobilität in Deutschland (III): Akteure rund um die Ladesäule.* Abgerufen am 27. Oktober 2021 von <https://blog.energybrainpool.com/e-mobilitaet-in-deutschland-iii-akteure-rund-um-die-ladesaeule/>.
- GÖRG. (06. Dezember 2019). *Elektromobilität – Rechtliche Rahmenbedingungen für die Errichtung und den Betrieb von Ladeinfrastruktur.* Abgerufen am 08. März 2022 von <https://www.goerg.de/de/aktuelles/veroeffentlichungen/06-12-2019/elektromobilitaet-rechtliche-rahmenbedingungen-fuer-die-errichtung-und-den-betrieb-von-ladeinfrastruktur>
- Hochschule Biberach. (2021). *Sinus Move – Ergebnisse Wohnen und Mobilität.* HBC Biberach .
- Landesenergie- und Klimaschutzagentur Mecklenburg-Vorpommern. (2019). *Leitfaden für die Errichtung von öffentlichen Ladepunkten der Elektromobilität.* Abgerufen am Oktober 2021 von <https://www.leka-mv.de/wp-content/uploads/2019/10/LEKA-Leitfaden-LANG-web.pdf>.
- Landesrecht BW. (kein Datum). *Gesetz über die Hochschulen in Baden-Württemberg.* Abgerufen am 15. Juli 2022 von [https://www.landesrecht-bw.de/jportal/portal/t/60k/page/bsbawueprod.psml;jsessionid=A95FCA391C380D564F4EB1D6214B82D7.jp90?pid=Dokumentanzeige&showdoccase=1&js\\_peid=Trefferliste&documentnumber=2&numberofresults=121&fromdoctodoc=yes&doc.id=jlr-HSchulGBWV28P](https://www.landesrecht-bw.de/jportal/portal/t/60k/page/bsbawueprod.psml;jsessionid=A95FCA391C380D564F4EB1D6214B82D7.jp90?pid=Dokumentanzeige&showdoccase=1&js_peid=Trefferliste&documentnumber=2&numberofresults=121&fromdoctodoc=yes&doc.id=jlr-HSchulGBWV28P)
- Last Mile Solutions. (24. Juni 2020). *e-Mobility ecosystem Part 3: The e-Mobility Service Provider.* Abgerufen am 20. Oktober 2021 von <https://www.lastmilesolutions.com/news/e-mobility-ecosystem-part-3-the-e-mobility-service-provider/>.
- Last Mile Solutions. (24. Juni 2020). *e-Mobility ecosystem Part 3: The e-Mobility Service Provider.* Abgerufen am 15. Januar 2021 von <https://www.lastmilesolutions.com/news/e-mobility-ecosystem-part-3-the-e-mobility-service-provider/>
- Lea Reuter. (2022). *Konzeptionierung von Preis- und Anreizsystemen für Ladestationen am Standort Hochschule Biberach.* Hochschule Biberach .
- LEKA. (Mai 2019). *Leitfaden für die Errichtung von öffentlichen Ladepunkten der Elektromobilität.* Abgerufen am 15. April 2022 von <https://www.leka-mv.de/wp-content/uploads/2019/10/LEKA-Leitfaden-LANG-web.pdf>
- LinuxCommunity. (Dezember 2004). *ichere WLAN-Vernetzung mit verschlüsseltem OpenVPN-Tunnel.* Abgerufen am 20. Oktober 2021 von <https://www.linux->

community.de/ausgaben/linuxuser/2004/12/sichere-wlan-vernetzung-mit-verschluesseltem-openvpn-tunnel/  
m2m-mobil. (kein Datum). *Was ist GSM?* Abgerufen am 20. November 2021 von <https://www.m2m-mobil.de/info/gms>

Magenta Business. (27. Juli 2016). *Was ist M2M (Machine-to-Machine)?* Abgerufen am 20. November 2021 von <https://businessblog.magenta.at/m2m>

Ministerium für Finanzen Baden-Württemberg. (2020). *Energie- und Klimaschutzkonzept für landeseigene Liegenschaften 2020 bis 2050 - E-Mobilität bei landeseigenen Liegenschaften*. Stuttgart.

NetzeBW. (kein Datum). *Ladeeinrichtung anmelden*. Abgerufen am 03. August 2022 von <https://www.netze-bw.de/elektromobilitaet/ladeeinrichtung-anmelden>

P3 Energy & Storage. (05. Juli 2019). *Geschäftsmodelle Ladeinfrastruktur*. Abgerufen am 25. Oktober 2021 von [https://www.strommarkttreffen.org/2019-07-05\\_Niggel\\_Geschaeftsmodelle\\_zum\\_wirtschaftlichen\\_Betrieb\\_von\\_Ladesaueleinfrastuktur.pdf](https://www.strommarkttreffen.org/2019-07-05_Niggel_Geschaeftsmodelle_zum_wirtschaftlichen_Betrieb_von_Ladesaueleinfrastuktur.pdf)

PBW. (kein Datum). *Fakten und Zahlen*. Abgerufen am 14. September 2022 von <https://www.pbw.de/?menu=unternehmen-faktenundzahlen>

reev. (01. Juni 2021 ). *Was ist e-Roaming?* Abgerufen am 27. November 2021 von <https://reev.com/was-ist-e-roaming/>.

reev. (01. Juni 2021). *Was ist Ad Hoc Laden?* Abgerufen am 27. November 2021 von <https://reev.com/ad-hoc-laden/>

Tesvolt. (14. September 2021). *LEISTUNGSBESCHREIBUNG LADESÄULENSTEUERUNG*. Abgerufen am 10. August 2022 von [https://www.tesvolt.com/\\_media/05%20SERVICE/03%20Downloads/Broschueren/Leistungsbeschreibung\\_Ladesauleensteuerung/210914\\_Leistungsbeschreibung-Ladesauleensteuerung\\_V3.pdf](https://www.tesvolt.com/_media/05%20SERVICE/03%20Downloads/Broschueren/Leistungsbeschreibung_Ladesauleensteuerung/210914_Leistungsbeschreibung-Ladesauleensteuerung_V3.pdf)

Tesvolt. (kein Datum). *TESVOLT ENERGIEMANAGEMENT-SYSTEM*. Abgerufen am 14. August 2022 von <https://www.tesvolt.com/de/produkte/energiemanagement-system.html>

*The Mobility House*. (24. Oktober 2021). Von [https://www.mobilityhouse.com/de\\_de/smart-charging](https://www.mobilityhouse.com/de_de/smart-charging). abgerufen

The Mobility House. (kein Datum). *Fragen und Antworten zum eichrechtskonformen Laden*. Abgerufen am 4. August 2022 von [https://www.mobilityhouse.com/de\\_de/ratgeber/fragen-und-antworten-zum-eichrecht](https://www.mobilityhouse.com/de_de/ratgeber/fragen-und-antworten-zum-eichrecht)

Tipp-Center ComputerBild. (25. Januar 2019). *LAN oder WLAN: Was sind die Vor- und Nachteile?* Abgerufen am 20. Oktober 2021 von <https://tipps.computerbild.de/internet/lan-oder-wlan-was-sind-die-vor-und-nachteile-639873.html>

TU Dresden. (15. Mai 2013). *Nutzung von Gebäuden als thermische Speicher*. Abgerufen am 10. August 2022 von [https://www.izes.de/sites/default/files/publikationen/Veranstaltungen/BET\\_2013\\_1\\_03\\_TUD\\_C.Felsmann.pdf](https://www.izes.de/sites/default/files/publikationen/Veranstaltungen/BET_2013_1_03_TUD_C.Felsmann.pdf)

TÜVRheinland. (Dezember 2020). *Getseuertes Laden von Elektrofahrzeugen über Preisanreize*. Abgerufen am 15. Juli 2022 von <https://vdivde-it.de/sites/default/files/document/gesteuertes-laden-von-elektrofahrzeugen.pdf>

Universität Siegen. (14. Dezember 2016). *Betrieb gewerblicher Art*. Abgerufen am 14. Juli 2022 von <https://www.uni->

siegen.de/zuv/dezernat1neu/abteilung\_1\_2/steuerpflicht\_hochschule/allgemeines/bga.html

VDI. (2020). *Planung elektrischer Anlagen in Gebäuden Hinweise für die Elektromobilität - VDI 2166 Blatt 2*. VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE.

VZKAT. (kein Datum). *Beschilderung von Ladestationen für Elektrofahrzeuge*. Abgerufen am 10. August 2022 von <http://www.vzkat.de/2018/Elektrofahrzeuge/Elektrofahrzeuge-Ladestationen.htm>

ZDNet. (23. Juni 2020). *E-Mobility-Dienstleister nutzt OCPI-Backend von X-INTEGRATE*. Abgerufen am 23. Oktober 2021 von <https://www.zdnet.de/88380859/e-mobility-dienstleister-nutzt-ocpi-backend-von-x-integrate/>.