

RATGEBER 2022

Installation
von Ladeinfrastruktur
für E-Fahrzeuge

6. Auflage beruhend auf den SIA 2060-Ausbaustufen



Autor:

Protoscar

Sponsoring Druck:



Realisiert mit der Unterstützung von:

energie360°

Wir bringen Energie



ewz



SIEMENS

Energiefachstellen der Ostschweizer Kantone und des Fürstentums Liechtenstein



Die Zeit ist reif, in Ladeinfrastruktur zu investieren

Das eigene E-Auto laden zu können, wird für immer mehr Menschen zum Kriterium bei der Wohnungssuche. Ladestationen verschaffen Liegenschaften einen bedeutenden Mehrwert. Allerdings sind die Immobilienbesitzer oft mit Fragen bezüglich Planung und Installation konfrontiert.

Protoscar steht Ihnen bei der Konzeption und Planung der Ladeinfrastruktur zur Seite – bei der Wahl der Technik bis zu den Zugangs- und Abrechnungssystemen. Als agiles und unabhängiges Beratungsunternehmen für E-Mobilität entwickeln wir für Sie die beste, zukunftsfähige Strategie.

Protoscar E-Mobility Check in 4 Schritten

- 1 Pre-Check – Einschätzung Ihrer Bedürfnisse in Sachen E-Mobilität
- 2 Analyse – Quantifizierung der nötigen Ladestationen
- 3 Planung – Identifizierung der besten Standorte für die Ladeinfrastruktur
- 4 Unterstützung bei der Umsetzung – Wahl der Hard- und Software, der Installationspartner, des Zugangs- und Zahlungssystems für die Verwaltung der Ladeinfrastruktur.

Ihr Ansprechpartner für E-Mobilität



Marius Schwering
Director

marius.schwering@protoscar.ch
+41 79 525 40 98
+41 91 649 60 60

Impressum

Protoscar SA
Impact Hub Ticino
Via Antonio Ciseri 3
6900 Lugano
Tel.: +41 91 649 60 60
info@protoscar.ch
www.protoscar.ch

Redaktion:
Giorgio Gabba
Ilaria Besozzi
Maud Rasmussen
Denise Schuler
Iwan Gehrig

Gastbeiträge:
Andrea Rolandi
Christian Müller
Anja Maurer

Koordination Redaktion, Übersetzung und Korrektorat:
Maud Rasmussen
Marius Schwering
Giorgio Gabba

Layout:
Luca Butti

Druck:
Imprimerie Colorset – Carouge

Ziel des Ratgebers ist es, die notwendigen Informationen zu liefern, um die bestmöglichen Vorrichtungen für die Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge zu planen und dabei die Investitionskosten und Fehlentscheide (resp. Fehlinvestitionen) zu minimieren.

Der Ratgeber bezieht sich primär auf die in der Schweiz geltenden Gegebenheiten. Dieses Instrument wurde nach bestem Wissen und Gewissen verfasst.

Die Verfasser bedanken sich bei all jenen, die, in diesen Jahren mit konstruktiven Kommentaren und Korrekturen zur Entstehung einer ergänzten und verbesserten Auflage beigetragen haben.

Für die Ergänzung, insbesondere auch mit interessanten Fallbeispielen, und Verbesserung der aktuellen 6. Auflage danken wir den langjährigen sowie neubeitragenen Partnern. Wieder dabei: Kanton Aargau, Energiefachstellen der Ostschweizer Kantone und des Fürstentums Liechtenstein, Invisia und SIEMENS. Energie 360°, EKZ, ewz, EVTEC und TCS danken wir speziell für die langjährige Unterstützung.

Inhalt

Die Rechte dieses Dokuments sind ausschliessliches Eigentum der Protoscar SA. Das Dokument kann kostenlos verbreitet werden. Im Fall eines Zitates muss immer die Quelle sowie der Herausgeber genannt werden. Die Veräusserung der Inhalte dieses Dokumentes an Dritte ist ausdrücklich untersagt.

1. Einleitung	6
1.1 Entwicklung der Elektromobilität	6
1.2 Inhalt und Aufbau	7
1.3 Wirtschaftliche Bedeutung des Ratgebers	8
1.4 Nutzung des Ratgebers	9
2. Das Laden von E-Fahrzeugen	10
2.1 Begriffsbestimmungen	10
2.1.1 Ladebetriebsarten	11
2.1.2 Ladeleistungen	11
2.1.3 Ladestationen	11
2.1.4 Ladestandorte und -häufigkeit	12
2.1.5 Stromversorgung der Fahrzeuge	12
2.1.6 Bidirektionalität	12
2.2 Notwendigkeit einer Ladestation	13
2.3 Laden von E-Fahrzeugen und Lieferwagen	14
2.3.1 Ladestation Positionierung vs. Anschluss- Positionen Fahrzeugseite	15
2.4 Laden von Nutzfahrzeugen und Bussen	16
2.4.1 E-Busse	16
2.4.2 E-Lastwagen	17
2.4.3 E-Landwirtschaft	18
2.5 Laden von Flotten	19
2.6 Laden von E-Bike, E-Scooter, E-Roller und E-Motorrad	20
2.6.1 E-Bike	20
2.6.2 E-Scooter (E-Trotinett)	22
2.6.3 E-Roller und E-Motorrad	22
2.7 Künftige Entwicklungen	23
3. Ladeinfrastruktur: Anwendung, Ausbau und Segmente	24
3.1 Anwenderklassen	24
3.2 Ausbaustufen	25
3.3 Segmentierung der Ladeinfrastruktur	26
4. Berechnung des Leistungs- und Energiebedarfs sowie der Ladezeit	27
4.1 Lademanagementsystem	27
4.1.1 Die Notwendigkeit eines Lademanagementsystems	27
4.1.2 Funktionsprinzip der Lademanagementsysteme	28
4.2 Berechnung des Leistungsbedarfs	29
4.3 Berechnung des Energiebedarfs	30
4.4 Berechnung der Ladezeiten	30
5. Ausbaustufen A und B: Empfehlungen für die Vorbereitung	31
5.1 Definition der Anzahl Parkplätze	31
5.2 Definition der Ladepunkte	33
5.3 Layout der Ladeplätze	34
5.4 Vorbereitungen für das Stromversorgungs- und Kommunikationssystem	37
5.4.1 Vorbereitungen für die Ausbaustufe A	37

5.4.2	Vorbereitungen für die Ausbaustufe B	38
5.4.3	Übersichtstabelle: Rohrdurchmesser	38
6.	Ausbaustufen C1 und C2: Empfehlungen für die Erstellung der Stromversorgungsanlage	39
6.1	Wahl der Versorgungsart der Ladestationen	39
6.2	Erstellung der Stromversorgungsanlage	41
6.3	Einrichtung der Ladestationen	42
6.3.1	Wall Box-Ladestation	42
6.3.2	Säule-Ladestation	42
6.3.3	Kandelaber-Ladestation	42
7.	Ausbaustufe D: Empfehlungen für die Einrichtung der Ladestationen	43
7.1	Definition der Anzahl Ladestationen	43
7.2	Wahl der Ladestation und Einbauposition	44
7.3	Energiemanagement	44
7.4	Energiemanagement mit PV-Anlage	46
7.5	Zugangs- und Zahlungsabwicklung	47
7.5.1	Zugangs- und Zahlungsabwicklung bei Mehrfamilienhäusern/Miteigentümern	48
7.5.2	Zugangs- und Zahlungsabwicklung im öffentlichen Bereich	49
7.6	Markierung und Signalisation der Ladeflächen	49
7.7	Genehmigungen für die Installation einer Ladestation	50
8.	Empfehlungen für die Erstellung von Ladepunkten in bestehenden Gebäuden	51
9.	Anwendungsbeispiele	54
9.1	Parkplätze für Bewohner eines Einfamilienhauses mit Photovoltaikanlage und Speicher	54
9.2	Parkplätze für Bewohner einer Eigentumswohnanlage/Mehrfamilienhaus mit Photovoltaikanlage und Speicher	54
9.3	Parkplätze für Besucher oder Kunden	55
9.4	Parkplätze für E-Bikes	55
10.	Fallbeispiele	56
10.1	Mehrfamilienhäuser und Eigentumswohnungen	56
10.1.1	Areal Suurstoffi – Rotkreuz ZG 2021	56
10.1.2	Wohnüberbauung “Quattro Sorelle” – Bülach 2020	57
10.2	Öffentliche Parkplätze	58
10.2.1	Stolzestrasse 30 – Zürich 2021	58
10.2.2	Volkiland – Zürich 2021	59
10.3	Bidirektionales Laden	60
10.3.1	V2X – Walperswil BE 2020	60
10.4	Laden von E-Bussen	61
10.4.1	Erster Elektrobus für die VBG Verkehrsbetriebe Glattal AG – Flughafen Zürich 2021	61
10.5	Energiemanagement	62
10.5.1	Altbau Ackeretstrasse – Winterthur 2021	62
11.	Vertiefungen	64
11.1	Lademanagement und Energiemanagement	64
11.1.1	Verfügbare Leistung	65
11.1.2	Lademanagementmethode	65
11.1.3	Lademanagement-Typ	67
11.1.4	Systemaufbau	67
11.2	Zugangs- und Zahlungssysteme	68
12.	Rechtliche Grundlagen	73
13.	Anhang	75

1. Einleitung

Der allgemeine Stand der Elektromobilität in der Schweiz und die Faktoren, die ihre Entwicklung vorantreiben, sind die Hauptthemen dieser Einführung, zusammen mit allgemeinen Informationen zur Nutzung des Ratgebers.

1.1 Entwicklung der Elektromobilität

In den letzten Jahren war eine bedeutende Steigerung der Anzahl an Zulassungen von elektrischen Fahrzeugen in der Schweiz festzustellen (Abb. 1). Viele Automobilhersteller haben bereits bedeutende Investitionen in die Forschung und Entwicklung in diesem Bereich getätigt und investieren auch weiterhin. Dadurch können sie auf dem Markt Modelle anbieten, die immer effizienter sind und sich durch immer kürzere Ladezeiten auszeichnen. Die weltweit grössten Automobilkonzerne, wie die VW Gruppe oder der Stellantis Konzern haben sich strategisch auf den vollständigen Umstieg auf den Elektroantrieb mindestens im PW Segment festgelegt.

Die Entwicklung des Marktes der E-Fahrzeuge im Jahr 2020 und in den ersten Monaten des Jahres 2021 bestätigt die Prognosen eines starken Wachstums der Elektromobilität. Im September 2021 waren 20% der in der Schweiz verkauften Autos Steckerfahrzeuge. Eine zusätzliche Bestätigung dieser Tendenz liefern die Daten zu den Zulassungen von Steckerfahrzeugen in der Schweiz Stand Ende 2020 (E-Fahrzeuge und Plug-in-Hybridfahrzeuge): Von 2'268 im Jahr 2014 erfolgte eine Steigerung auf 33'469 neuzugelassene E-Fahrzeuge im Jahr 2020¹ und fast 37'000 in den ersten 9 Monaten des Jahrs 2021.

In den kommenden Jahren wird die Marktdurchdringung von Steckerfahrzeugen zunehmen und in nicht allzu ferner Zukunft bis auf 100 % der Zulassungen ansteigen. Das zeigen beispielsweise die Szenarien von Swiss eMobility und Protoscar, die für 2025 einen Anteil von 40 bis 60 % und für 2035 von 90 bis 100 % prognostizieren. Das Marktwachstum ist nun unumkehrbar und wird durch eine Reihe von Faktoren sowohl auf der Angebots- als auch auf der Nachfrageseite angetrieben, die nach und nach alle Kaufhindernisse beseitigen.

Zu den wichtigsten Faktoren gehören:

- Die Sanktionen gegen Treibhausgasemissionen: Hersteller sind verpflichtet, E-Fahrzeuge zu vermarkten und zu verkaufen, um diese Strafen zu vermeiden. Diese Belebung des Angebots wird auch die Nachfrage ankurbeln, da durch die grössere Zahl der verfügbaren Marken und Modelle zunehmend mehr Marktbedürfnisse befriedigt werden können. Die Umlenkung erheblicher Forschungs- und Entwicklungsressourcen von konventionellen Fahrzeugen auf Elektrofahrzeuge wird wiederum dazu führen, dass die Attraktivität der Ersten abnehmen wird.
- Das Erreichen der Kostenparität: Der anhaltende Rückgang der Batteriepreise wird es zusammen mit anderen Skalenvorteilen ermöglichen, dass konventionelle und elektrische Fahrzeuge bis zum Ende dieses Jahrzehnts Kostengleichheit erreichen und damit eines der grössten Hindernisse für den Kauf von Elektroautos beseitigt wird. Während bis vor kurzem Reichweiten von ≥ 300 km für Kleinwagen nicht realisierbar waren, wird die Senkung der Kosten, wie es bereits heute der Fall ist, erhebliche Reichweiten für alle Fahrzeugtypen ermöglichen. Darüber hinaus werden die Betriebskosten, in einigen Fällen schon niedriger sind, noch weiter sinken.
- Die Entwicklung der Ladeinfrastruktur: Die weite Verbreitung von Schnellladestationen wird ein weiteres Hindernis für Elektroautos aus dem Weg räumen, nämlich die geringere Reichweite herkömmlicher Fahrzeuge. Die Möglichkeit, jede Strecke mit einigen wenigen Schnellladestopps zurückzulegen, wird selbstverständlich sein. Für Besitzer konventioneller Fahrzeuge, die auf ihrem täglichen Weg immer mehr Ladestationen sehen, wird es ein Hindernis weniger geben, sich für den Umstieg auf ein Elektrofahrzeug zu entscheiden, wenn sie das Auto ersetzen oder ein Neues kaufen wollen.

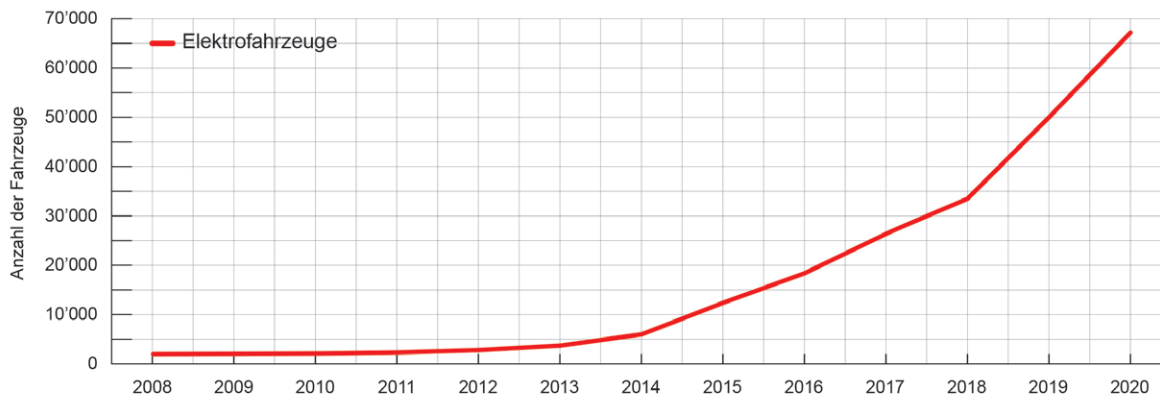


Abb. 1: Entwicklung Bestand Elektrofahrzeuge (inkl. PHEV und Range Extender) in der Schweiz pro Jahr von 2008 bis 2020 (Quelle: Protoscar).

- Die Vertrautheit mit der Technologie: Eine Reihe von Kaufhindernissen ist in der Regel auf mangelndes Wissen zurückzuführen, die zunehmende Popularität von Elektrofahrzeugen wird diese Technologie jedoch in der breiten Öffentlichkeit bekannter machen und Zweifel und Ängste allmählich ausräumen.

Daher wird es in den kommenden Jahren notwendig, sich an die Anforderungen dieser neuen Mobilität anzupassen. Dies gilt vor allem für die Infrastruktur, die zur Aufladung der Fahrzeuge dient. Insbesondere müssen bei Neu- oder Umbauten (Gebäude, Parkplätze usw.), die typischerweise mindestens einige Jahrzehnte lang verwendet werden sollen, die prognostizierten Entwicklungen der Elektromobilität berücksichtigt werden. Der SIA (Schweizerischer Ingenieur und Architekten Verein) hat am 1. Juni 2020 das Merkblatt SIA 2060² veröffentlicht, mit dem Ziel, den Entwurf und die Installation von Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in neuen oder bestehenden Gebäuden mit umfassenden Sanierungen zu strukturieren und Handlungsempfehlungen zu geben.

Die SIA 2060 definiert die Punkte, die in den verschiedenen Phasen des Projekts von der Planung bis zur Inbetriebnahme der Ladestationen zu berücksichtigen sind. So wird z.B. eine minimale und wünschenswerte Anzahl von Parkplätzen definiert, die mit einer Ladeinfrastruktur für die verschiedenen Benutzerklassen ausgestattet werden soll, es werden Ratschläge für die Wahl eines Ausstattungsniveaus und eines Ladesystems gegeben, Berechnungstabellen zur Abschätzung des Energie- und Leistungsbedarfs für diese Infrastruktur gezeigt und Empfehlungen für die Inbetriebnahme und den Betrieb der Ladestationen gegeben.

Vorliegender Ratgeber wird als ein ergänzendes Instrument zum SIA 2060-Merkblatt vorgeschlagen, das alle erforderlichen Informationen für eine wirksame

Umsetzung liefert. Er vermittelt das Basiswissen, die praktischen Informationen, die für die Implementierung der Ladepunkte notwendig sind, Fallbeispiele und "Best Practices". Dank jährlicher Überarbeitung fließen im Ratgeber stets die neuen Trends der Elektromobilität ein.

1.2 Inhalt und Aufbau

Der erste Teil des Dokuments, insbesondere Kapitel 2, befasst sich mit der verwendeten Terminologie, der Beschreibung des aktuellen Zustands und einer Vorschau der möglichen Weiterentwicklung des Ladevorganges von E-Fahrzeugen. Kapitel 3 befasst sich mit den Themen der Segmentierung der Ladeinfrastruktur, der Benutzerklassifizierung und der im SIA 2060-Merkblatt definierten Ausbaustufen. Kapitel 4 befasst sich mit der Berechnung des Leistungs- und Energiebedarfs für den Ladeprozess der E-Fahrzeuge. Die Kapiteln 5, 6, 7 und 8 enthalten Empfehlungen für die praktische Umsetzung der Ladeinfrastruktur nach den verschiedenen Ausbaustufen der SIA 2060 inklusive des Themas der Markierung der Ladepunkte. Theoretische und praktische Beispiele bilden Kapitel 9 und 10. Der Anhang erteilt Vertiefungen zu Lastmanagement ("smart charging"), Zugangs- und Zahlungssysteme für Ladeinfrastruktur.

² SIA 2060-Merkblatt Infrastruktur für Elektrofahrzeuge in Gebäuden, Juni 2020.

1.3 Wirtschaftliche Bedeutung des Ratgebers

Die Vorbereitungen von Neubauten für die Installation der Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge haben bedeutende wirtschaftliche Auswirkungen und ermöglichen beträchtliche Einsparungen für diejenigen, die in Ladeinfrastruktur investieren. Werden die in diesem Ratgeber vorgeschlagenen Vorbereitungen während der Bau- oder Umbauarbeiten umgesetzt, so können begrenzte Investitionen, die Ausgabe beträchtlicher Summen im Falle späterer Anpassungen vermieden werden. Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn für wenige Franken pro Meter vorsorglich Leerrohre verlegt werden. Dadurch werden teure Investitionen bei der Erstellung von zukünftigen Versorgungsleitungen eingespart, sei es in einem Gebäude, auf einem Parkplatz oder entlang einer Strasse. Die wirtschaftliche Relevanz dieser Massnahmen hat bewirkt, dass in Kalifornien, dem Pionierstaat der Elektromobilität, entsprechende Regelungen in das Baurecht aufgenommen wurden. In diesem Zusammenhang wird geschätzt, dass die Kosten einer Versorgungsleitung für eine Ladestation in einem Einfamilienhaus im Durchschnitt nur US\$ 350 betragen, wenn das Haus bereits entsprechend vorbereitet wurde; die Kosten steigen hingegen durchschnittlich auf US\$ 3'500³, wenn die Vorbereitungen nicht unternommen wurden.

Schon seit einigen Jahren hat auch die Europäische Union die Wichtigkeit der Vorbereitungen anerkannt: Die Richtlinie 2018/844 legt fest, dass bei Nichtwohngebäuden mit mindestens 10 Parkplätzen 1 Ladepunkt installiert und dass 1/5 der Parkplätze für künftige Ladepunkte vorbereitet werden muss; Wohngebäude mit mindestens 10 Parkplätzen müssen hingegen alle Parkplätze vorbereiten. Auch die schweizerische SIA 2060 geht in diese Richtung und der Kanton Schaffhausen hat als erster Kanton das Merkblatt SIA 2060 «Infrastruktur für Elektrofahrzeuge in Gebäuden» für Neubauten als obligatorisch erklärt⁴. Demnach müssen fertige Ladestationen für mindestens 20 Prozent der Parkplätze installiert sein. Die Anschlussleitung muss für 60 bis 80 Prozent der Parkplätze ausgelegt sein und die leere Leitungsinfrastruktur als Voraussetzungen für einen einfachen Ausbau muss für sämtliche Parkplätze vorhanden sein. Andere Schweizer Kantone werden dem wohl nachziehen.

³ Electric Vehicle Readiness Study, California Department of Housing and Community Development, 2013.

⁴ Verordnung über den Energiehaushalt in Gebäuden und Anlagen (Energiehaushaltverordnung, EHV, 2005), Kanton Schaffhausen, § 17d, Einfügung vom 2. März 2021, in Kraft getreten am 1. April 2021.

1.4 Nutzung des Ratgebers

Die Empfehlungen sind als Hilfe für Planer, Architekten und Ingenieure gedacht, die im Baugewerbe mit der Integration der Vorbereitungen für das Laden von E-Fahrzeugen in Neubauten und bedeutende Umbauten bzw. Renovierungen und der Ausführung von Ladepunkten betraut werden.

Im Allgemeinen fokussiert sich der Ratgeber auf die Planungsphase. Die behandelten Themen können jedoch in allen Projektphasen angewandt werden, von der Planung bis zur Ausführung und Bewirtschaftung der Ladeinfrastruktur. Es ist sinnvoll aufzuzeigen, während welcher Umsetzungsphase die Inhalte der einzelnen Kapitel, Paragraphen und Sektionen angewendet werden können. Die Phasen entsprechen denjenigen, die in der Empfehlung SIA 112 beschrieben sind.

1. Strategische Planung

Bei einer Neuplanung oder einer bedeutenden Renovierung eines Standortes, die das Parken von Fahrzeugen vorsieht, kann man die Tatsache nicht ignorieren, dass ein Anteil der künftigen Fahrzeuge elektrisch sein wird. Wenn die Forderung, die Ladebedürfnisse der Fahrzeuge zu berücksichtigen, nicht direkt vom Auftraggeber kommt, wird man diesen dazu überzeugen müssen:

- Anregungen zu den Argumenten für die Überzeugung des Auftraggebers s. Vorwort zu diesem Kapitel, Kap. 1.1, Abb. 1 und Kap. 8.

2. Vorstudien

In der vorbereitenden Analyse ist es notwendig, die Anzahl und Nutzung der Ladeplätze zu definieren und eine genaue Vorstellung des Energie- und Leistungseinsatzes zu haben. Um die Leistungen zu definieren, ist es wiederum notwendig, die Ladebetriebsart zu ermitteln (s. Kap. 4 u. 5).

3. Projektierung

Das Vorhandensein von Ladepunkten hat einen Einfluss auf die Entwicklung der Baudetailpläne, aufgrund des Platzbedarfs der Ladestationen, deren Positionierung und Speisung: diese Themen sind in Kapiteln 5.3 u. 5.4. u. in den Kapiteln 6 u. 7. behandelt.

4. Ausschreibung

Wenn das Projekt auch die Übergabe und Inbetriebsetzung von Ladestationen einschliesst, ist es notwendig die Produktvorgaben zu bestimmen. Die detaillierte Festlegung von Produktvorgaben ist nicht Gegenstand dieses Handbuchs. Die darin enthaltenen Informationen können jedoch demjenigen helfen, der beauftragt sein wird, die Spezifikationen zu definieren, und um die verschiedenen Alternativen zu analysieren.

5. Realisierung

Das vorliegende Handbuch behandelt verschiedene Themen der Umsetzungsphase, insbesondere in den Kapiteln 6, 7 und 8.

6. Bewirtschaftung

Der Ratgeber behandelt Argumente zum Energiemanagements des Gebäudes, d.h. Bemessung und Abrechnung der genutzten Ladeenergie sowie das Lademanagement in den Kapiteln 4.1, 7.3, 7.4 und im Kapitel 11.

2. Das Laden von E-Fahrzeugen

Nachstehend eine Einführung in die Ladeterminologie, den aktuellen Stand und den möglichen Entwicklungen der Ladeinfrastruktur.

2.1 Begriffsbestimmungen

Die derzeit im Handel angebotenen E-Fahrzeuge zeichnen sich durch konduktive Ladesysteme aus, bei denen die Übertragung von Energie aus dem Netz in das Fahrzeug mittels eines Kabels erfolgt. Einige Automobilhersteller forschen an der Entwicklung von induktiven Ladesystemen, bei denen die Energie über ein Magnetfeld übertragen wird. Angesichts der Tatsache, dass es sich um eine noch wenig verbreitete Lösung handelt, wird die induktive Ladebetriebsart im vorliegenden Ratgeber nicht berücksichtigt.

Beim konduktiven Laden werden im Wesentlichen zwei Anschlussarten unterschieden:

- Standard Steckdose/Steckverbinder, die in elektrischen Anlagen im Heimbereich oder in der Industrie verwendet werden.
- Standardisierte Steckdose/Steckverbinder, die ausschliesslich für die Nutzung mit aufladbaren Fahrzeugen sowohl seitens der Infrastruktur als auch des Fahrzeugs. Davon existieren verschiedene Arten je nach Stromtyp (AC oder DC, s. Abb. 2):
 - AC: Typ 1 und Typ 2.
 - DC: CCS und CHAdeMO. Da Stecker von DC-Ladestationen mit allen Autos kompatibel sein müssen, muss eine Ladestation beide Stecker aufweisen: CCS und CHAdeMO.
 - Tesla-Steckverbinder für AC- und DC-Ladung (geometrisch mit den Steckverbindern Typ 2 kompatibel).

Für das Laden von E-Fahrzeugen werden häufig sogenannte Ladestationen (EVSE = Electric Vehicle Supply Equipment) verwendet. Dabei handelt es sich um Vorrichtungen, welche in einem Gehäuse alle Komponenten für die Bereitstellung von Wechsel oder Gleichstrom für ein aufladbares Fahrzeug enthalten sind und die über spezielle Steckdosen/Steckverbinder verfügen.

Das Laden kann im Allgemeinen über zwei verschiedene Methoden erfolgen: durch einen On-board-Ladevorgang, bei dem die Umwandlung Wechselstrom/Gleichstrom an Bord erfolgt oder durch einen Off-board-Ladevorgang, bei dem die Umwandlung innerhalb der Ladestation erfolgt.

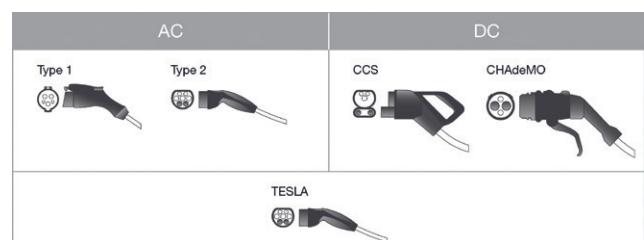


Abb. 2: In Europa verwendete dedizierte Stecker/Steckverbinder. Die Tesla-Steckverbinder sind mit denjenigen des Typs 2 kompatibel, werden aber auch für das DC-Laden genutzt.

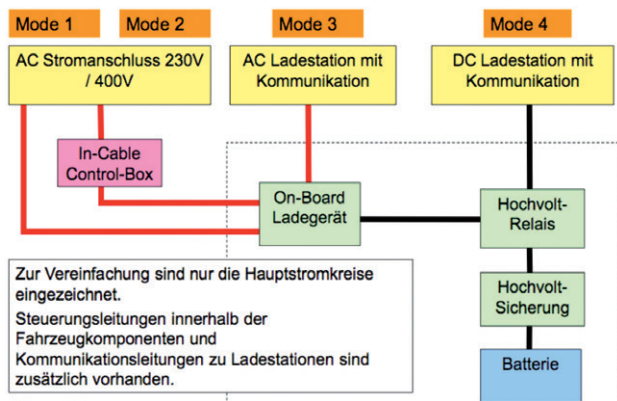


Abb. 3: Die Verbindung zwischen Stromnetz und Fahrzeug.

2.1.1 Ladebetriebsarten

Die internationale IEC-Norm (IEC 61851) definiert 4 verschiedene Ladebetriebsarten (Abb. 3) für das Laden von E-Fahrzeugen:

- Ladebetriebsart (mode) 1: On-board-Ladevorgang mit standardmässigen Steckverbindern auf Netzseite und einem maximalen Strom von 16 A je Phase.
- Ladebetriebsart (mode) 2: On-board-Ladevorgang mit standardmässigen Steckverbindern auf Netzseite und einem maximalen Strom von 32 A je Phase. Auf dem Versorgungskabel zur Verbindung von Fahrzeug und Stromnetz ist eine Vorrichtung mit der Bezeichnung In Cable Control Box (ICCB) integriert, welche die Sicherheit der Abläufe während des Ladens garantiert. Der Anschluss des E-Fahrzeuges an das Wechselstromnetz muss auf Netzseite mit genormten Ein- oder Dreiphasen-Steckdosen erfolgen, auf der Fahrzeugseite hingegen ist eine dedizierte Verbindung nötig. Die ICBB-Vorrichtung ist mit Steuerungsfunktionen und einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) ausgestattet. Auch wenn die internationale Norm 32 A erlaubt, sind in der Schweiz ausschliesslich folgende Kombinationen möglich:
 - a. Anschluss ans Netz über einen CEE Stecker 16 A (blau einphasig) respektive 32 A (rot dreiphasig) pro Phase.
 - b. Anschluss ans Netz über T13, T23 oder Schuko Stecker 8 A (die In-Cable Control Box beschränkt die Ladung automatisch auf 8 A je nach Anschlusstyp und -temperatur).
- Ladebetriebsart (mode) 3: On-board-Ladevorgang mit speziellen Steckverbindern auf Netzseite und einem maximalen Strom von 32 A je Phase. Das Laden erfolgt mittels einer entsprechenden Ladestation.
- Ladebetriebsart (mode) 4: Off-board-Ladevorgang mit Gleichstrom und speziellen Steckverbindern. Das Laden erfolgt mittels einer entsprechenden Ladestation.

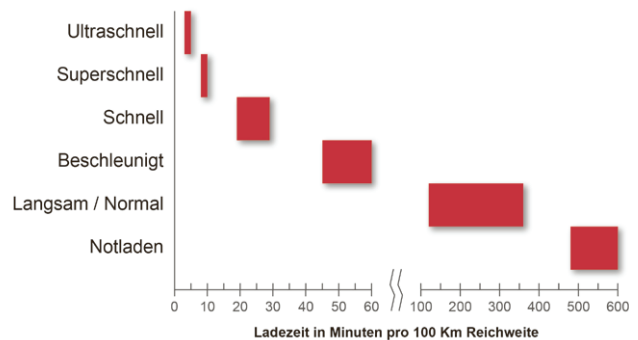


Abb. 4: Ladezeit für 100 Km Reichweite je nach Ladeniveau.

2.1.2 Ladeleistungen

Je nach Niveau der zum Laden verwendeten elektrischen Leistung erfolgt eine Unterteilung in 6 Kategorien (Abb. 4):

1. Notladen/Heimladen: mit höchstens 2 kW (< 10 km Reichweite je Ladestunde).
2. Langsames/Normales Laden: von 3.6 bis 11 kW (von 10 bis 50 km Reichweite je Ladestunde).
3. Beschleunigtes Laden: typischerweise 22 kW (bis 100 km Reichweite je Ladestunde).
4. Schnelles Laden: typischerweise 50 kW (bis 200 km Reichweite je Ladestunde).
5. Superschnelles Laden, sog. "Supercharging": typischerweise von 120 bis 150 kW (bis 100 km Reichweite in 10 Minuten).
6. Ultraschnelles Laden: typischerweise zwischen 250 bis 350 kW (100 km Reichweite in 5 Minuten). Die 350 kW-Ladung ist nur mit ≤ 800 Volt Batterien möglich⁵.

2.1.3 Ladestationen

Die im Handel angebotenen Ladestationen können in drei Hauptkategorien unterteilt werden:

- Wall Box: An der Wand montierte Ladestation. Diese verfügt üblicherweise über einen einzigen speziellen Steckverbinder und wird folglich vor allem im privaten Umfeld verwendet, wo meistens jede Station einem Fahrzeug zugehörig ist.
- Säule: Am Boden montierte Ladesäule. Diese ist üblicherweise mit speziellen und verschiedenen Steckverbindern in unterschiedlichen Ausführungen ausgestattet, um eine möglichst grosse Anzahl an Fahrzeugklassen zu versorgen. Diese Art von Station wird nur an öffentlichen Orten installiert.
- Kandelaber: An einem Lichtmast installierte Ladestation (Abb. 5). Sie verfügt üblicherweise über einen einzigen speziellen Steckverbinder und wird hauptsächlich in offenen Bereichen (öffentlich und privat) verwendet.

⁵ Erste Hersteller haben die 800V-Technik bereits auf der Strasse: Porsche Taycan, Audi E-Tron GT, Crossover Kia EV6 und Hyundai Ioniq 5.



Abb. 5: Kandelaber-Ladestationen sind an einem Lichtmast fixiert (Quelle: EKZ).

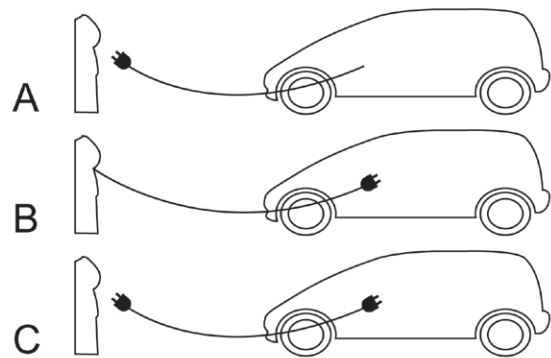


Abb. 6: Verbindungsarten zwischen Ladestation und Fahrzeug.

2.1.4 Ladestandorte und -häufigkeit

Bezüglich des Standorts und der Häufigkeit des Ladens unterscheiden wir folgende Kategorien:

- Öffentliches Laden: Der Ladepunkt ist auf öffentlichem oder privatem Grund installiert, aber für alle Nutzer ohne Einschränkungen zugänglich. Der Ladepunkt kann frei zugänglich sein oder Regelungen unterliegen.
- Privates Laden: Der Ladepunkt ist auf privatem Grund angebracht und steht nur dem Eigentümer des Grundstücks zur Verfügung oder Drittpersonen, denen der Zugang vom Eigentümer genehmigt wurde.
- Gewöhnliches Laden: Ladevorgang, der regelmäßig an dem Standort durchgeführt wird, an dem das Fahrzeug die meiste Zeit geparkt ist und der dazu dient, den grössten Teil der erforderlichen Energie für die Fahrzeugverwendung zu speichern.
- Gelegentliches Laden: Ladevorgang, der gelegentlich an verschiedenen Standorten erfolgt, die nicht mit dem üblichen Parkplatz übereinstimmen.

2.1.5 Stromversorgung der Fahrzeuge

E-Fahrzeuge werden mit einer der folgenden Ladebetriebsarten mit Strom versorgt: Mittels eines Kabels, das fix mit dem Fahrzeug verbunden ist (Abb. 6, Fall A), mittels eines Kabels, das fix mit der Ladestation verbunden ist (Abb. 6, Fall B) und mittels eines mobilen, in der Fahrzeugausstattung inbegriffenen Anschlusskabels, welches die externe Steckdose oder Ladestation mit dem autoseitigen Anschluss (Abb. 6, Fall C) verbindet. Fall A wird nie für E-Fahrzeuge oder Lieferwagen benutzt. Fall B wird immer für die Ladebetriebsart mode 4 verwendet. Für die Ladebetriebsart mode 3 ist an den öffentlichen Ladestationen Fall C mit Typ 2-Steckdose die meist verwendete Lösung. Fall B ist jedoch im privaten Bereich immer mehr verbreitet (s. Kapitel 2.1.1 über Ladebetriebsarten). Da es verschiedene Typologien Steckverbinder gibt (Kap. 2.1), wird die Interoperabilität folgendermassen gewährleistet:

- Ladebetriebsart mode 3, Fall C:

- E-Fahrzeuge mit Steckverbinder Typ 1 (nur einige japanische oder amerikanische Modelle) sind mit einem Verbindungskabel ausgerüstet, das autoseitig einen Steckverbinder Typ 1 und ladestationsseitig einen Steckverbinder Typ 2 aufweist.
- E-Fahrzeuge mit Steckverbinder Typ 2 (fast bei allen neuen in Europa vertriebenen Automodellen vertreten) sind mit einem Verbindungskabel ausgestattet mit zwei Typ 2-Steckverbindern.
- Ladebetriebsart mode 3, Fall B: Die Ladestation muss mit Typ 1- und Typ 2-Verbindungskabeln ausgerüstet sein, um einen diskriminierungsfreien Ladevorgang zu gewährleisten.
- Ladebetriebsart mode 4, nur Fall B: Die Ladestation muss mit zwei Verbindungskabeln ausgerüstet sein, um alle Fahrzeuge laden zu können: ein Kabel mit CHAdeMO-Steckverbinder (hauptsächlich von japanischen Fahrzeugen benutzt) und das andere mit CCS-Steckverbinder.

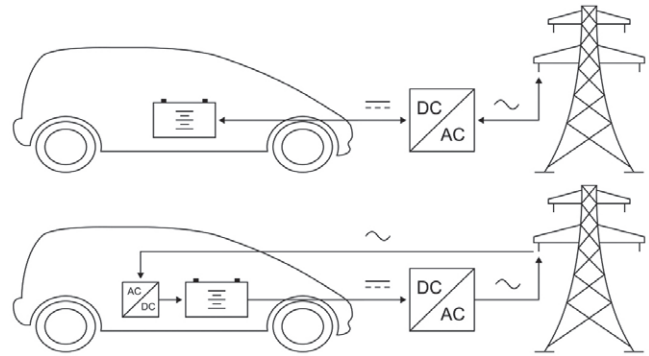
2.1.6 Bidirektionalität

Mit dem Begriff Bidirektionalität wird beim Laden von Autos (M1) und Nutzfahrzeugen (N1) die Möglichkeit angegeben, elektrische Energie vom Netz (Ladestation) zum Fahrzeug und in umgekehrter Richtung fließen zu lassen. Bei diesem System können die Batterien des Fahrzeugs für Netzregeldienste, als Vehicle-to-Grid (V2G) bezeichnet, oder zur Unterstützung der Regelung der lokalen Produktion von erneuerbarer Energie, als Vehicle-to-Home (V2H) bezeichnet, verwendet werden. Für die Einspeisung von Energie der Batterien in das Netz, muss vorerst der Gleichstrom in Wechselstrom gewandelt werden.

Da während des Batterie-Ladevorganges genau das Gegenteil passiert, ist der Einsatz von bidirektionalen Aufladern, die in anderen Worten im Stande sind, beide Umwandlungen zu vollziehen, eine mögliche Lösung. Die meisten Lösungen, die heutzutage erhältlich sind, basieren auf bidirektionalen Off-board Ladegeräten, die



Abb. 7: Bidirektionalität mittels bidirektionalem Lader (Foto: sospeso&charge von EVTEC) oder mit On-Board-Lader und externem Inverter.



sich am DC-Eingang des Autos verbinden. Diese Ladegeräte funktionieren typischerweise in Verbindung mit Fahrzeugen, die mit einem DC-Steckverbinder des Typs CHAdeMO ausgerüstet sind, aber schon ab 2022 sollte es auch möglich sein, sie mit Fahrzeugen mit CCS-Anschlüssen zu kombinieren. Eine Ausnahme stellen einige Prototypen des Renault Zoe dar, welche im Stande sind, beide Umwandlungen On-board durchzuführen. Eine weitere Lösung, vorläufig nur in Japan angeboten, ist den Batterien-Gleichstrom mittels eines fahrzeugexternen Wandlers in Wechselstrom umzuwandeln. Auch diese Art von Wandler funktioniert in Anwendung mit Fahrzeugen, die mit DC Steckverbinder des Typs CHAdeMO ausgestattet sind. Abb. 7 zeigt die zwei Methoden.

Die Hindernisse in der Verbreitung der Bidirektionalität sind nicht technischer Natur, wie von vielen Pilotprojekten gezeigt (s. auch Fallbeispiele 10.3), sondern marktabhängig.

V2H ist zwar schon möglich, es gibt jedoch noch zu wenige Fahrzeuge, die in der Lage sind diese Technologie zu unterstützen. Insbesondere im Bereich des V2Gs sind die Energieversorger noch nicht bereit, E-Fahrzeugbesitzer für die ins Netz eingespeiste Energie zu entlohnen, da die Herkunftsnachweise heute noch nicht nachverfolgt werden können. Ein Autobesitzer kann nur Energie einspeisen, wenn er einen Vertrag mit einem Abnehmer hat. Der Abnehmer, der auch ein Verteilnetzbetreiber sein kann, müsste dann die Energie bezahlen.

2.2 Notwendigkeit einer Ladestation

Ladepunkte für E-Fahrzeuge (M u. N) müssen aus nachstehenden Gründen mit einer Ladestation ausgestattet werden:

- Sicherheit:
 - Die Erdverbindung wird bevor Strom fließt, geprüft.
 - Das Stecken ist stromlos (keine Funkenerosion – keine Überhitzung).
 - Die elektrischen Schutzvorrichtungen können bereits in die Ladestation integriert werden, wodurch Änderungen am externen elektrischen System minimiert werden.
- Komfort und Information:
 - Ladekabel sind bereits vor Ort und der E-Fahrer muss diese nicht im Kofferraum verstauen.
 - Informationen sind vom Display ablesbar und ein App-Zugang ist möglich.
- Möglichkeit der Umsetzung von Zugangs- und Zahlungsverwaltung Systemen (MFH, öffentliche Parkplätze usw.).
- Möglichkeit der Umsetzung von Lastmanagement, wobei die Anschlussleistung lokal und/oder regional (durch EVU) sein kann.

Das Aufkommen von aufladbaren Fahrzeugen hat die Entwicklung von spezifischen Vorschriften für die Ladung notwendig gemacht:

- Um die Kommunikation zwischen Auto und Ladepunkt zu definieren.
- Um die Sicherheit im Vergleich zu normalen elektrotechnischen Standards zu erhöhen und die Risiken eines unvorsichtigen Verhaltens der Benutzer zu minimieren.

	Mode			
	1	2	3	4
Ultraschnell				●
Superschnell				●
Schnell		○	○	●
Beschleunigt	○	○	●	●
Normal	○	●	●	○
Notladen/Heimbereich	○	●	○	○

● verwendete Kombinationen ○ mögliche Kombinationen

Abb. 8: Darstellung der technisch möglichen Kombinationen aus Lademodus und angeschlossener Leistung für Fahrzeuge des Typs M1 und N1 (Automobile und Nutzfahrzeuge). In roter Farbe werden die effektiv verwendeten Kombinationen hervorgehoben.

2.3 Laden von E-Fahrzeugen und Lieferwagen

Bei Autos des Typs M1 und Nutzfahrzeugen des Typs N1 wird die Ladebetriebsart 2 für die Ladeleistungen Heimbereich oder normal verwendet, die Ladebetriebsart 3 für die Ladeleistungen normal bis beschleunigt und die Ladebetriebsart 4 für die Ladeleistung beschleunigt-schnell und darüber. Es ist zu beachten, dass in der Praxis die Kombinationen laut Abb. 8 verwendet werden, obwohl umfassendere Kombinationen aus Ladebetriebsarten und Ladeleistungen zugelassen sind.

Derzeit können alle Fahrzeuge der Kategorie M1 und N1 das normale On-board-Laden durchführen, während das beschleunigte und schnelle Laden noch eine Ausnahme darstellt. Das Laden in der Ladebetriebsart 4 (Gleichstrom, Off-board-Laden) hingegen wird, mit



Abb. 10: Beim Mercedes-Benz Van (EQV) ist die Anschluss-Position am vorderen Kotflügel, Fahrertür, Pos. 8. (Quelle: motor1.com)

Ausnahme des Modells VW XL 1 (bei dem ausschliesslich mit Gleichstrom geladen wird), als zusätzliche Option eingefügt. Falls vorhanden, erfolgt das Laden in der Ladebetriebsart 4 immer für beschleunigtes oder express Laden mit einer maximalen Ladeleistung, die bei immer mehr Modelle 50 kW überschreiten kann (Peugeot 208 sowie 2008 70 kW und Hyundai Kona bis 125 kW je nach Modell; Volkswagen ID.3 103 kW, Hyundai Ioniq 5 und Kia EV6 bis zu 225 kW laut ADAC; Jaguar I-Pace 100 kW; Porsche Taycan 270 kW; Tesla Model 3 bis zu 250 kW und Audi e-tron GT 270kW⁶).

Abb. 9 zeigt eine allgemeine Übersicht der Ladeleistungen verschiedener Fahrzeuge. Dabei wird zwischen Fahrzeugen unterschieden, die nur in der Wechselstrom-Ladebetriebsart 3 On-board laden können und Fahrzeugen, die auch die Gleichstrom-Lade-

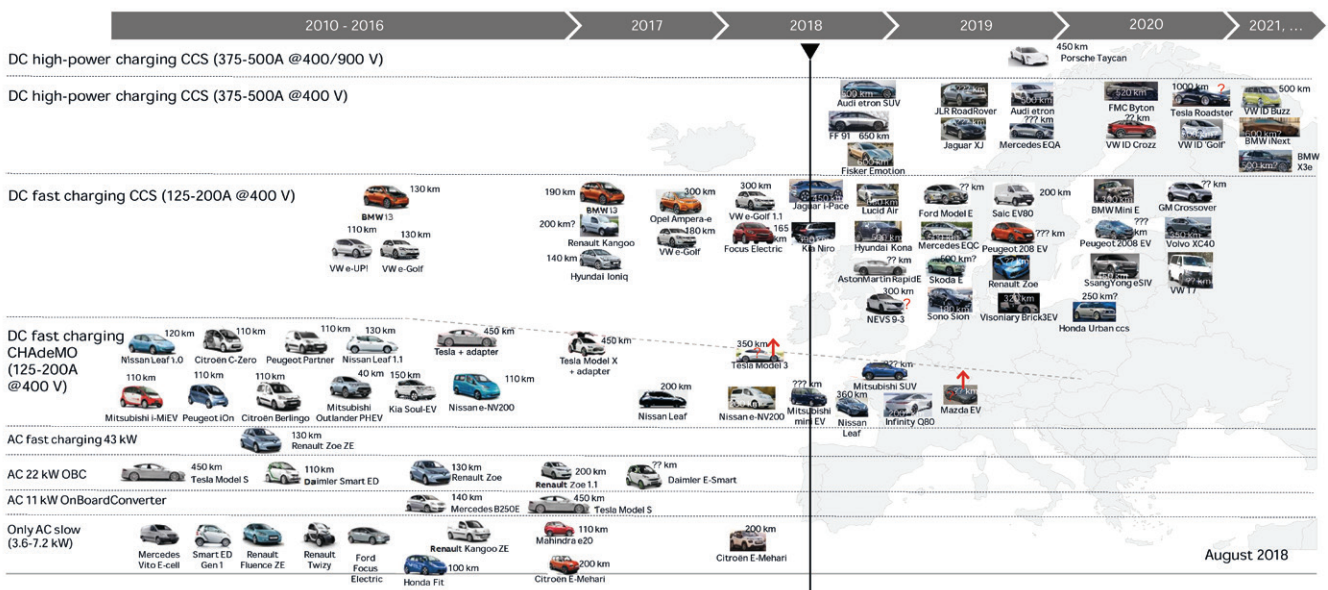


Abb. 9: Ladeleistungen beim Laden mit Wechselstrom On-board und mit Gleichstrom Off-board der verschiedenen E-Fahrzeuge (Quelle: ABB, Follow the car through Europe, and open standard protocols, 28 September 2018). Bemerkung: der in der Abbildung angegebenen Strom- und Spannungswerte entsprechen folgende Ladeleistung: 125 A x 400 V = 50 kW; 375 A x 400 V = 150 kW ; 375 A x 800 V = 300 kW.

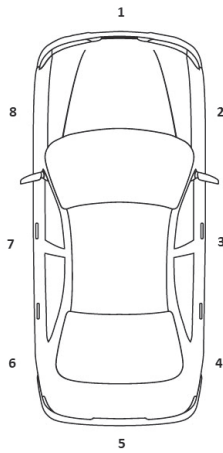


Abb. 11: Die verschiedenen Anschluss-Positionen am Fahrzeug.

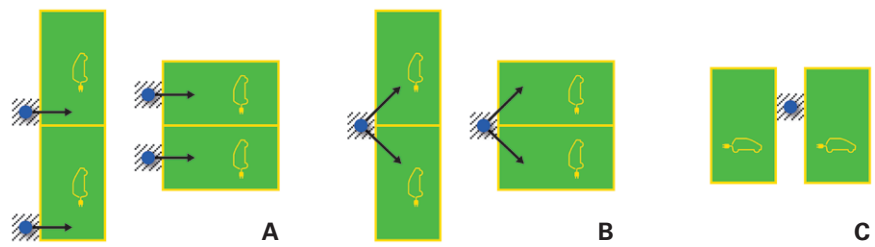


Abb. 12: Verschiedene Standortmöglichkeiten für die Ladestation.

betriebsart 4 Off-board serienmässig unterstützen. Diese letzten laden hauptsächlich in AC, zwischen 3.6 u. 11 kW Max., mit Ausnahme des Renault ZOE (22 kW oder 43 kW), der Tesla Modelle S oder X (vormals 22 kW oder 11 kW, jetzt 16.5 kW) und des Smart Electric (Aufladung mit 22 kW als Option). Die Bidirektionalität beim Laden ist bislang noch kaum verbreitet. Diese Funktion, über die momentan nur wenige japanische Autos beim mode 4 (CHAdEMO) verfügen, ist noch nicht besonders häufig verkauft (Abb. 7). VW hat allerdings angekündigt, dass ab 2022 Fahrzeuge mit bidirektionalem Laden verfügbar sein werden.

Für Flottenmanager werden Managementsysteme, die in der Lage sind, neben der kontinuierlichen Zustandserfassung der Fahrzeuge, dem kommenden Fahrprofil auch die Infrastruktur der Ladestationen integrieren können, immer wichtiger. Batterie- und Ladedaten können auch dazu verwendet werden, die Batteriealterung im Auge zu behalten, was die Betriebssicherheit des Gesamtsystems positiv beeinflusst.

2.3.1 Ladestation Positionierung vs. Anschluss-Positionen Fahrzeugseite

Bezüglich der Anschlussposition am Fahrzeug gibt es keine Norm und es wird in absehbarer Zeit auch keine dazu geben. Dies bedeutet, dass je nach Fahrzeugtyp die "Steckdosen-Position" an unterschiedlichen Stellen ist (Abb. 10 u. Abb. 11). Bei den Vorbereitungen bzw. Installation einer Ladesäule, muss diese Gegebenheit zwingend miteinbezogen werden. Ein Ladeplatz ist so zu konzipieren, dass alle Fahrzeuge umstandslos geladen werden können: natürlich muss auch der/die E-Fahrzeugfahrer/in beim Einparken die Anschlussposition des eigenen Fahrzeuges berücksichtigen.

Um die verschiedenen Anschluss-Positionen zu ermitteln, wird geraten das Suchinstrument Autosuche des TCS zu benutzen (Abb. 13).

Beispiele von Anschluss-Positionen:

- 1: Nissan Leaf, BEV Plug&Play, CHAdEMO Typ 2, Hyundai Kona u. Kia e-Nero, BEV Plug&Play, CCS Typ 2 (AC u. DC gleicher Standort).
- 4: VW ID 3, Opel Mokka, Audi Q4 e-tron, BEV Plug&Play, CCS Typ 2(AC u. DC gleicher Standort).
- 4+6: Lexus UX, CHAdEMO Typ 2 (AC 4 u. DC 6)
- 5: Mercedes-Benz C 300, PHEV Plug&Play, Typ 2 (nur AC).
- 6: Hyundai Ioniq 5, BEV Plug&Play, CCS Typ 2 (AC u. DC gleicher Standort).
- 8: Jaguar I-Pace und Mercedes-Benz EQV, BEV Plug&Play, CCS Typ 2 (AC u. DC gleicher Standort) (Abb. 10).

Generell sind die meistvertretenen Anschluss-Positionen: Stirnseite Mitte (1), vordere Fahrerseite (8), hintere Kotflügel rechts und links (4 u. 6). Und in den meisten Fällen behalten die Marken bei den verschiedenen Modellen die gleiche Anschluss-Position bei (nicht so: Opel u. Renault). Aufgrund dieser Unterschiede ist es nicht möglich für alle fahrzeugseitigen Anschluss-Positionen eine optimale Ladeplatzeinrichtung zu ermitteln.

Zur Ermittlung des Ladestationsstandorts wird jedoch folgendes empfohlen:

- Bei Ladesäulen mit zwei Ladepunkten (Abb. 12, Fälle B u. C) muss die Ladesäule zwischen zwei Ladeplätzen positioniert werden, egal ob diese parallel oder senkrecht zur Fahrriichtung platziert sind (Innenseite des Ladeplatzes, wenn parallel zur Fahrriichtung; Vorderseite, wenn senkrecht zur Fahrriichtung).
- Bei Ladeplätzen parallel zur Fahrriichtung ist die Position der Ladesäule für Fahrzeuge ideal mit folgenden Anschluss-Positionen: Mitte hinterer Kotflügel (5) oder hinterer Kotflügel rechts (6); Stirnseite (1) oder vordere Fahrerseite links (8).
- Bei Ladeplätzen senkrecht zur Fahrriichtung ist die Position der Ladesäule für Fahrzeuge ideal mit Anschluss-Positionen: Mitte Stirnseite (1), vordere Kot-

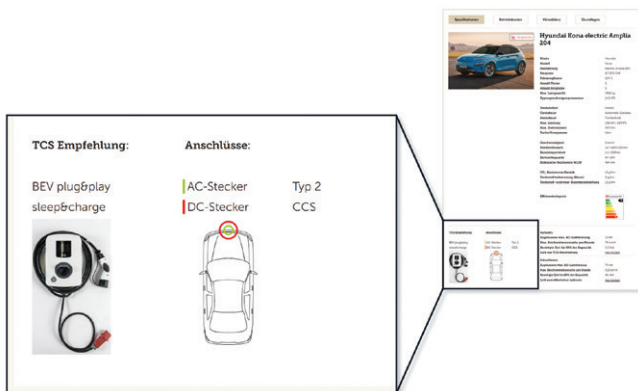


Abb. 13: www.tcs.ch/Autosuche, dann E-Auto auswählen, sie finden Informationen um das Laden im unteren Teil der Spezifikationen.



Abb. 14: E-Busse, die am Depot laden, verwenden die gleichen Lademethoden wie Autos (Quelle: bernmobil.ch).

flügel links/rechts (8 u. 2) beim Vorwärtseinparken; Mitte hinterer Kotflügel (5), hintere Kotflügel rechts/links (4 u. 6) beim Rückwärtseinparken.

- Bei Ladesäulen mit zwei Ladepunkten gibt es auch die Variante in Abb. 12, Fall C. Nachteil dieser Auslegung ist der grosse Platzaufwand. Für zwei Ladepunkte samt Ladestation werden über 5,50 m (bei einer PP-Breite von 2,35 m und einer Ladestation-Breite von 0,93 m) benötigt.
- Bei einzelnen Ladesäulen (Abb. 12, Fall A), d.h. bei einer Ladesäule pro Ladepunkt muss diese:
 - Bei Ladepunkten, die parallel zur Fahrrichtung verlaufen, im hinteren Bereich der Innenseite des Ladepunktes eingerichtet werden. In diesem Fall ist die Einrichtung optimal für Fahrzeuge mit folgender Anschluss-Position: hinterer Kotflügel rechts/links (4 u. 6).
 - Bei Ladepunkten, die senkrecht zur Fahrrichtung verlaufen in der Mitte der Vorderseite des Ladepunktes eingerichtet werden. In diesem Fall ist die Einrichtung optimal für Fahrzeuge mit folgenden Anschluss-Positionen: Stirnseite (1), vordere linke und rechte Kotflügel (8 u. 2) und Hinterseite (5), hintere linke/rechte Kotflügel (6 u. 4) je nach Einpark-Richtung.

Falls das Ladekabel an der Ladestation angebracht ist, muss dieses, in Anbetracht eines mindestens 3 m langen Kabels und der verschiedenen Einparkmöglichkeiten, lang genug sein, um die meistvertretenen Anschluss-Positionen am Fahrzeug zu erreichen.

2.4 Laden von Nutzfahrzeugen und Bussen

Auch der Sektor der schweren Nutzfahrzeuge erfährt dank der Zunahme der Batterieleistung und der Entwicklung der Schnellladung eine rasche Elektrifizierung. Während Elektrobusse als ausgereifte Produkte anzusehen sind, befinden sich Lastkraftwagen und landwirtschaftliche Fahrzeuge noch in der Phase der Kleinserienfertigung oder der fortgeschrittenen Prototypenfertigung, wobei insbesondere für erstere die Aussicht besteht, in den kommenden Jahren zur Serienfertigung überzugehen.

2.4.1 E-Busse

Der tägliche Betrieb einer Flotte von E-Bussen stellt den Flottenbesitzer vor neue Herausforderungen, auch hinsichtlich Ladeinfrastruktur. Das Angebot von Bussen und Ladeinfrastrukturlösungen steigt. Treiber dieser Entwicklung ist die Öffentliche Hand, welche motiviert ist, einen aktiven Beitrag zum lokal emissionsfreien Verkehr zu leisten.

Bereits bei der Fahrzeugwahl fließt die Topografie der Route ins Ladekonzept mit ein, was zusätzlich einen entscheidenden Einfluss auf die Art und Grösse der Traktionsbatterie hat. Es werden die Depotlader und Gelegenheitslader unterschieden, was in manchen Anwendungsfällen auch in Kombination möglich ist. Der Möglichkeit von Batteriewechselsystemen wird derzeit im Markt der E-Busse wenig Beachtung geschenkt und wird hier nicht betrachtet. Egal ob im Depot oder unterwegs geladen wird, für die Kommunikation werden die gleichen Normen angewendet IEC 61851 und EN ISO 15118 für die PW-Ladung. Für die Ladung im Depot (Abb. 14) werden Gleichspannungssysteme (mode 4) mit dem Stecksystem CCS Combo 2 sowie Wechselspannungssysteme mit dem Stecker Typ 2 (mode 3) eingesetzt. Mit der Automatisierung des Ladesystems wird in Zukunft das Ein- und Ausstecken des Steckers ohne menschliches Zutun möglich sein.



Abb. 15: Das Gelegenheitsladen findet typischerweise an den Haltestellen statt und zeichnet sich durch eine hohe Leistung und Pantographenverbindung aus (Quelle: luzernerzeitung.ch, E-Bus Zug).



Abb. 16: Eine Lösung für das LKW- Gelegenheitsladen besteht darin, Strassenabschnitte mit einer Luftlinie zu versehen, an der LKWs mit einem Stromabnehmer angeschlossen werden können (Quelle: handelsblatt.com, E-LKW Pantograph E-Highway).



Abb. 17: E-LKWs, die am Depot laden, verwenden die gleichen Lademethoden wie Autos (Quelle: bote.ch, E-Kehricht Luzern).

Für die Gelegenheitsladung mode 4 haben sich die automatisierten Verbindungssysteme TOSA (Abb. 15) und OPPCharge auf dem Markt einen Platz erkämpft. Im TOSA-System ist der Pantograph auf dem Fahrzeug verbaut, beim OPPCharge-System ist er auf der Ladestation installiert und verbindet sich automatisch mit den, auf dem Dach angebrachten Stromschiene. Bei der Depot-Ladung wie beim Gelegenheitsladen muss den Auswirkungen auf das lokale Elektrizitätssystem und das Netz ein besonderes Augenmerk gegeben werden. Im Depot werden mit dem gleichzeitigen Laden einer Vielzahl von Bussen Elektroinfrastruktur und Lastmanagement, standortabhängig dynamisch oder statisch, speziell beansprucht (Kap. 4.1) und dieses ist besonders wichtig, um zu verhindern, beim Stromversorger, eine Leistung zu beantragen, die sich einfach aus der Summe der maximalen Leistungen der einzelnen Ladestationen zusammensetzt, wie in Kapitel 4.2 erklärt. Die Berechnung der Leistung, die den Depot-Ladebedarf deckt, und die Wahl des Lastmanagementsystems, müssen den Einsatzplan und den täglichen Energiebedarf der einzelnen Fahrzeuge berücksichtigen. Bei der Gelegenheitsladung ist neben der Infrastruktur vor Ort (Netzanbindung mit >400 kW) die Verfügbarkeit der Lademöglichkeit (Betriebssicherheit) durch eine Echtzeitüberwachung und intelligente Wartungsstrategie sicherzustellen. Sich abzeichnende Störungen müssen frühzeitig erkannt und durch qualifiziertes eigenes oder externes Personal behoben werden. Es gibt Lieferanten, welche die Flotte wie auch die Infrastruktur in ein einheitliches System einbinden und jederzeit auf die wichtigen Parameter zugreifen können. Es erfordert Weitsicht und offene Systeme, um schon heute Lösungen installieren zu können, die zukünftigen Anforderungen gerecht werden.

Derzeit konzentriert sich der Elektrobussektor hauptsächlich auf den öffentlichen Nahverkehr, aber in Zukunft sollen auch Reisebusse elektrifiziert werden.

Es kann davon ausgegangen werden, dass der Ladebedarf durch Aufladen in Depots, ähnlich wie bei Bussen des öffentlichen Verkehrs, durch Aufladen am Zielort mit einer den Depots gleichwertigen Leistung (z. B. könnten Hotels, die von organisierten Fahrten frequentiert werden, Ladestationen bereitstellen) und durch Schnellladen entlang von Autobahnen und Schnellstrassen (gemeinsame Infrastrukturnutzung mit LKWs, s. Kap. 2.4.2), gedeckt wird.

2.4.2 E-Lastwagen

Durch kontinuierliche Fortschritte in der Batterietechnik, gesteigerte Energiedichte, geringere Anschaffungskosten und immer mehr spezifische Anwendungen ist die Elektrifizierung von Lastkraftwagen heute Realität, und die Zahl der auf dem Markt befindlichen Modelle nimmt rasch zu. Die meistverbreiteten Lademöglichkeiten, obwohl es verschiedene Beispiele für Gelegenheitsladen gibt (Abb. 16), sind:

- Das Depotladen (Abb. 17) im mode 3 mit Typ-2-Stecker und im mode 4 mit CCS2-Combo-Stecker
- Destination-charging (in der Regel in Logistikzentren) in ähnlicher Weise wie bei der Depotladung
- Das Laden an Nacht-Rastplätzen entlang von Autobahnen (mode 4 bis 100 kW)
- Öffentliches Schnellladen entlang von Autobahnen und Fernstrassen.

Für das öffentliche Schnellladen werden drei Leistungsstufen angenommen: < 350 kW, da 350 a 500 kW, > 500 kW. Auch für die E-Lastwagen gelten die Überlegungen zu den Auswirkungen des Ladeprozesses auf das lokale elektrische System und auf das Netz, welche in Bezug auf die elektrischen Busse (Kap. 2.4.1), gemacht wurden.



Abb. 18: Beispiel eines E-Traktors (Quelle: Rigitrac).



Abb. 19: Beispiel eines E-Mähers (Quelle: aebi-schmidt.ch).

2.4.3 E-Landwirtschaft

In der Schweiz nimmt die Landwirtschaft mit einem Energieverbrauch von 14'200 KWh pro ha die Position eines grossen Energieverbrauchers ein. Rund ein Drittel dieser Energie ist direkte, elektrische Energie und zwei Drittel stammt aus fossilen Energieträgern. Neben den vielbeachteten und für die breite Masse sichtbaren Bewegungen im Markt der Elektrofahrzeuge auf der Strasse, hat sich auch im Bereich der landwirtschaftlichen Maschinen und Geräten einiges interessantes in Bewegung gesetzt. Wenn man an Landwirtschaft denkt, dann zuerst wohl an Traktoren (Abb. 18). Der Gerätepark auf einem Landwirtschaftsbetrieb ist um einiges vielfältiger und bietet zahlreiche Möglichkeiten für den Umstieg auf einen Elektroantrieb, so sehr, dass bereits Prototypen von Maschinen wie Mäher oder Hoflader entwickelt wurden (Abb. 19). Für den täglichen Einsatz ist eine Integration der Ladeinfrastruktur in das Gesamtsystem des Betriebs sinnvoll, da sich landwirtschaftliche Betriebe auch zu Energieerzeugern wandeln. Blockheizkraftwerke mit Biogas und Generator, Photovoltaik auf den ausgedehnten Dächern und wenn möglich auch Windenergie, könnten den Landwirtschaftsbetrieb zukünftig 100 % eigenversorgen oder sogar energiepositiv, d.h. der Betrieb erzeugt mehr Energie als er verbraucht, machen.

Es ist davon auszugehen, dass auch zukünftige Geräte und Fahrzeuge sich an Ladesystemen orientieren werden, welche die gleichen Automobilstandards der Normen IEC 61851 und ISO 15118 für die Kommunikation anwenden. Der Kommunikation der Ladestationen untereinander und der Integration in ein übergeordnetes Energiemanagementsystem kommt zukünftig besondere Bedeutung zu. Die Energie soll dann verbraucht werden, wenn sie produziert wird, was speziell bei Photovoltaikanlagen im Konflikt mit den Arbeitszeiten auf dem Bauernhof steht. Die Energie wird dann produziert, wenn die Fahrzeuge vorzugsweise im Einsatz stehen. Daher ist es denkbar, dass Elektrofahrzeuge

durch ein System geladen werden, das auch ein Energiespeichersystem z.B. in Form einer Batterie umfasst. Angetrieben durch den steigenden Automatisierungsgrad und die einfache Regelbarkeit von Elektromotoren sehen immer mehr Hersteller die Chancen, welche sich mit elektrischen Antrieben ergeben. Es ist derzeit noch ein Nischenmarkt, der jedoch die Gelegenheit bietet, selber Energie zu produzieren und diese gleichzeitig selber zu verwenden. Die Elektrifizierung der landwirtschaftlichen Fahrzeuge wird den Grundstein für eine sich eigenständig mit Energie versorgende, innovative und nachhaltige Landwirtschaft legen.

2.5 Das Laden von Flotten

Der Umstieg von Fahrzeugen mit Verbrennungs- hin zum Elektromotor ist nicht nur ein Austausch von Autos: Es gilt, einige Punkte zu beachten, damit die Umstellung auf Elektromobilität kosteneffizient gelingt. Ein absolut zentraler Aspekt ist dabei, dass die vorhandenen Standzeiten der Flottenfahrzeuge am Firmenstandort optimal für die Energiezufuhr, sprich das Aufladen der Batterien, genutzt werden. Somit wird der Ladeprozess integraler Bestandteil des operativen Betriebs werden. Wie gelangt ein Unternehmen nun zur optimalen, auf seine Anforderungen zugeschnittenen, individuellen Ladelösung? Eine initiale Planung, welche möglichst langfristig ausgelegt ist, ist von zentraler Bedeutung. Künftige Erweiterungen der Flotte und somit der benötigten Ladeinfrastruktur sollten von Beginn an mit einfließen. Genauso ist es ratsam, die Implementierung eines zukunftssicheren, schnittstellenoffenen und skalierbaren, übergeordneten Lade- und Energiemanagement-Systems inkl. Lastmanagementfunktion zu berücksichtigen, um einen kosten- und energieeffizienten Betrieb sicherzustellen. Es wird an dieser Stelle dringend empfohlen, geschlossene (proprietäre) Ladelösungen zu vermeiden, da diese im schlechtesten Fall zu einem „stranded asset“ führen können. Des Weiteren ist es essenziell, gegebene Standortbedingungen des Betriebsgeländes im Rahmen der Planung optimal zu berücksichtigen. Nur wenn das Laden in seiner Gesamtheit betrachtet wird, können Investitionskosten sinnvoll eingesetzt und ein effizienter Aufbau sichergestellt werden.

Wichtige Fragen sollten deshalb schon am Anfang an klar beantwortet werden.

- Wo und wann soll die Fahrzeugflotte geladen werden?
- Wie viele Stellplätze sollen elektrifiziert werden? Wie sieht die Hochlaufplanung aus?

- Sind zukünftige (Funktions-)Erweiterungen der Ladeinfrastruktur vorgesehen?
- Welchen Energiebedarf haben die Fahrzeuge und welche Ladeleistungen werden benötigt?
- Reicht der vorhandene Netzanschluss zum Laden der Fahrzeuge heute und morgen?
- Wird ein Lade- und Energiemanagement benötigt?
- Müssen Ladevorgänge abgerechnet werden und wenn ja, wie?

Im Anschluss an eine saubere Planung erfolgt die Realisierung der Ladelösung am Unternehmensstandort. Dabei empfiehlt es sich, einen im Bereich des Flottenladens erfahrenen Installationsbetrieb oder Elektromobilitätsdienstleister mit der Umsetzung zu beauftragen. Je nach Grösse des Projekts kann eine Realisierung nämlich einiges an Zeit und Ressourcen beanspruchen. Auch wenn in einem ersten Schritt nur ein Teil der Flotte elektrifiziert werden soll, ist zu empfehlen, etwaige Installationen wie Lehrrohre, Verkabelungen oder ein Lade- und Energiemanagementsystem von Beginn weg so zu installieren, dass die Gesamtlösung mit der Anzahl und den Anforderungen der Fahrzeugflotte mitwachsen kann. Ebenso sollten Ladestationen eingesetzt werden, welche auf offenen Kommunikationsstandards basieren (OCPP 1.6 oder höher). Dies erleichtert nicht nur eine spätere Erweiterung, sondern stellt auch sicher, dass die Ladeinfrastruktur problemlos in die bestehende Energielandschaft integriert werden kann.

Der intelligente und kostenoptimierte Betrieb der Ladeinfrastruktur setzt ein wie oben beschriebenes Lade- und Energiemanagementsystem inkl. Lastmanagement-Funktion voraus. Wie in den Kapiteln 7.3 u. 11.1 im Detail ersichtlich, stellt ein intelligentes Lastmanagement sicher, dass die vorhandene Netzanschlussleistung einerseits nicht überstiegen wird und

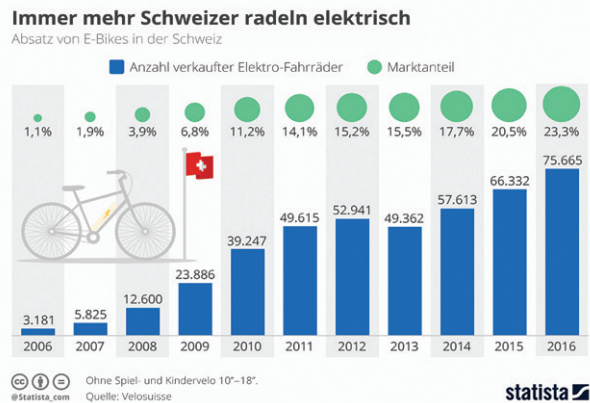


Abb. 20: Die meisten E-Bikes werden im Sport Segment verkauft.

andererseits die Fahrzeuge kostenoptimiert geladen werden. Je nach Art der Flotte können die Anforderungen an ein Lademanagement unterschiedlich sein:

- Eine Dienstwagenflotte wird in der Regel (je nach Einsatzzweck der Fahrzeuge) tagsüber am Firmenstandort geladen. Da während des Tages im Normalfall auch andere Stromverbraucher auf dem Betriebsgelände im Einsatz sind (z.B. Aufzug), sollte die aktuelle Gebäudelast stets bei der Ladeoptimierung berücksichtigt werden.
- Eine Logistikflotte hingegen muss in vielen Fällen über Nacht geladen werden können, um tagsüber einsatzbereit zu sein (ggf. ist eine Zwischenladung notwendig, je nach benötigter Reichweite), was in der Tendenz eine höhere Gleichzeitigkeit und somit Netzanschlussleistung erfordert (hingegen sind nachts andere Verbraucher im Gebäude in der Regel weniger ein Thema).
- Bei einer E-Busflotte wiederum müssen die Fahrzeuge in Abhängigkeit ihrer Fahrpläne geladen werden können, welche – im Unterschied zu einer Dienstwagenflotte – exakt bekannt sind. In Kombination mit einem bekannten State-of-Charge (SoC) der Fahrzeuge lassen sich die benötigte Ladeleistung minimieren und dadurch die Kosten in Bezug auf die Leistungsentgelte entsprechend optimieren.

Abschliessend lässt sich festhalten, dass eine saubere, vorausschauende Bedarfsanalyse sowie Planung der Grundstein für eine nachhaltige, skalierbare und zukunftsorientierte Ladelösung im Betrieb sind. Das Herzstück stellt dabei eine herstellernerneutrale, offenes Lade- und Energiemanagement-System wie z.B. ChargePilot von The Mobility House oder E-Fleet von Swisscharge dar, welche die heutigen sowie künftigen Anforderungen an das Flottenladen sicherstellen und gleichzeitig weitere Themen wie z.B. das Monitoring, die Überwachung des Ladebetriebs oder auch die Abrechnung von Fahrstrom abdecken.

2.6 Laden von E-Bike, E-Scooter, E-Roller und E-Motorrad

Die Elektrifizierung schreitet im 2-Rad Segment zügig voran. Die Angebote von E-Bikes, E-Scooters, E-Rollern und E-Motorrädern werden für die Freizeit oder zum Pendeln rege genutzt.

2.6.1 E-Bike

Auch in der Schweiz erfahren E-Bikes steigende Beliebtheit: Im Jahr 2016 wurden nach Angaben von Velosuisse 75.665 Elektro-Fahrräder verkauft, dies entsprach einem Marktanteil von 23,3 Prozent. Ihr Absatz wächst seit Jahren deutlich, sodass sie zunehmend zu Modellen aus dem City Segment aufschliessen. Die mit Abstand meisten Räder werden jedoch nach wie vor im Sport Segment verkauft, obwohl sie in der Schweiz rege zum Pendeln benutzt werden Abb. 20⁷.

Das Laden von E-Bikes

Ob zu Hause, unterwegs oder am Arbeitsplatz E-Bikes (Pedelec oder S-Pedelec) können an jeder normalen Haushaltssteckdose geladen werden. Grundsätzlich lassen sich Pedelec und S-Pedelec in Europa/Schweiz wie folgt unterscheiden (gilt nicht für USA und Kanada):

Pedelecs (Pedal Electric Cycle)

- Sie sind den Fahrrädern rechtlich gleichgestellt.
- Es besteht weder Führerschein-, Helm-, Versicherungs- noch Kennzeichenpflicht.
- Sie verfügen über einen maximal 250 Watt starken Elektromotor.
- Sie unterstützen den Fahrer beim Treten bis zu 25 km/h.
- Die Schiebehilfe ohne Treten beträgt 6 km/h.
- Wie bei Fahrrädern ist es möglich, überall zu fahren, wo es nicht ausdrücklich verboten ist.
- Kindersitze und Anhänger sind erlaubt.



Abb. 21: Schliessfach mit integrierter Steckdosen zum Laden
(Quelle: EKZ).



Abb. 22: Fahrradständer mit angebrachten Standard Steckdosen
(Quelle: EKZ).

- Altersgrenze: In der Schweiz darf ein Pedelec ab 14 Jahren gefahren werden, ab 14 bis 16 Jahre allerdings mit Führerausweis der Kat. M.

S-Pedelec, die schnellere Variante

- Innerhalb der Schweiz benötigt man ein Kennzeichen mit gültiger Vignette.
- S-Pedelecs werden in der EU als Leichtkrafträder eingeordnet (Kat. L1e-B) und sind demnach versicherungs- und kennzeichnungspflichtig.
- In der Schweiz Helmpflicht (Fahrrad-Helm in den USA hingegen Motorrad-Helm). Zusätzlich muss es mit Licht und Spiegel (links) versehen sein.
- Die maximale Motorleistung liegt bei Watt (CH: max. Kilowatt)⁸, die Tretunterstützung geht bis zu 45 km/h.
- Die Schiebehilfe ohne Treten beträgt 6 km/h.
- In der Schweiz können diese auf der Strasse oder auf Fahrradwege, wo es nicht ausdrücklich verboten ist, fahren.
- Die Montage von Kindersitzen wie auch Anhängern ist in der Schweiz⁹, Kindersitz und Anhänger sind in der EU verboten.
- Altersgrenze: in der Schweiz darf es ab 14 Jahren mit Führerausweis der Kat. M, ab 18 Jahren ohne Führerausweis gefahren werden.

E-Bike-Akku im Rahmen

Die Integration des Akkus im Rahmen ist bei den grossen Herstellern inzwischen Standard, nur einige wenige Einsteigermodelle mit veralteter Technik haben externe Akkus.

Der herausnehmbare E-Bike-Akku im Rahmen bietet Vorteile: schlanker Look, Wendigkeit und unbeeinträchtigte Präzision beim Fahren, Schutz des integrierten Akkus.

Die Lebensdauer eines E-Bike-Akkus im Rahmen hängt nicht von der E-Bike-Akku-Position, sondern von der Qualität des Energiespeichers ab. Hochwertige Lithium-Ionen-Akkus mit effizienter Stromspeicherfähigkeit

können bis zu 1.000 Ladezyklen ermöglichen.

Je nachdem, wie oft das E-Bike genutzt wird, kann mit einem Produktlebenszyklus von etwa drei bis fünf Jahren gerechnet werden. Die Reichweite hingegen wird bedingt von der kWh-Kapazität des Akkus. Die Referenz für die Batteriekapazität für das Jahr 2021, für alle grossen Hersteller gültig, beträgt 625 w/h. Bei allen neuen E-Bikes können die Akkus direkt am Pedelec/S-Pedelec oder extern aufgeladen werden. Bei preiswerten/älteren Modellen müssen die Akkus vom E-Bike entfernt und extern aufgeladen werden.

Wie lange es dauert den Lithium-Ionen-Akku wieder aufzuladen, kommt auf den jeweiligen Akku und das dazugehörige Netzteil an. Für eine 100% Ladung kann eine Akkuladung zwischen 2-9 Stunden dauern. Viele Geräte erreichen schon nach der Hälfte der Gesamtladungszeit 80% ihrer Ladekapazität.

Die Formen der öffentlichen Ladestationen sind sehr unterschiedlich. Die Möglichkeiten reichen von Schliessfächern (Abb. 21) mit integrierten Steckdosen über Fahrradständer mit angebrachten Standard Steckdosen (Abb. 22) bis hin zu Ladesäulen für E-Autos und E-Bikes oder Restaurants/Hotels, die einen Raum anbieten in dem der Akku geladen werden kann. Es gibt zudem Anbieter, die ein eigenes Ladekabelsystem zu ihren E-Bike Stromtankstellen anbieten. Die meisten öffentlichen Ladestationen sind extern angebracht und können 24h genutzt werden. Bei den Ladestationen, die sich unter freiem Himmel befinden, empfiehlt es sich das E-Bike nicht aufzuladen während es regnet, denn die meisten Netzteile sind wasserempfindlich und können beschädigt werden. Damit man bei längeren Fahrten an jeder Steckdose Strom tanken kann, empfiehlt es sich das eigene Ladegerät (Netzteil) oder einen 2. aufgeladenen Akku mit im Gepäck zu haben.

⁸ Pro Velo Schweiz <https://www.pro-velo.ch/de/themen/das-velo/elektrovelos>

⁹ VRV Verkehrsregelverordnung, Art. 63 Kap. 3/4

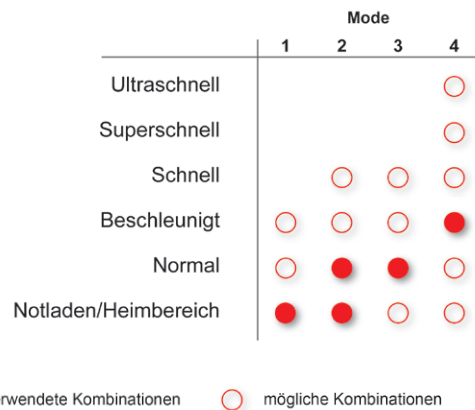


Abb. 23: Darstellung der technisch möglichen Kombinationen aus Lademodus und angeschlossener Leistung für eMotorräder. In roter Farbe werden die effektiv verwendeten Kombinationen hervorgehoben. Im mode 1 zu laden bedeutet mit einem externen Batterieladegerät laden.

2.6.2 E-Scooter (E-Trotinett)

Ob zu Hause, unterwegs oder am Arbeitsplatz – um einen E-Scooter (E-Trotinett) zu laden, müssen Verbraucher den Akku an einer haushaltsüblichen Steckdose, welche mit einem Fehlerstrom- oder Kombischutzschalter versehen, anschliessen. Je nach Modell dauert es etwa drei bis acht Stunden, bis ein E-Scooter vollständig geladen ist. Wie bei den E-Bikes ist auch bei den E-Scootern das Ladegerät meist nicht im Fahrzeug eingebaut (Off-board). Die mitgelieferten Ladegeräte sind hauptsächlich für eine Innenanwendung geeignet und haben keinen speziellen Wasser- und/oder Staubschutz. Die vom Hersteller mitgelieferten Ladekabel sind wie bei den E-Bikes meistens eher kurz (ca. 1,5 m). In Häusern oder im öffentlichen Bereich sollten die Batterien daher in einem geschützten, feuersicheren Umfeld geladen werden können. Für E-Bikes und E-Scooter ist eine Absicherung mit 6 A ausreichend.

Induktives Laden

Die induktive Energieübertragung ist eine gangbare und neue Alternative zum Laden von z.B. E-Scooter. Kabelloses oder induktives Laden ist speziell im öffentlichen Raum interessant, wo die Platzverhältnisse begrenzt sind. Ausserdem hat induktives Laden neue Einsatzbereiche wie bei den gemieteten E-Scootern eröffnet.

Kosten/Abrechnung

Die Ladekosten für E-Bikes/E-Scooter sind aufgrund der begrenzten Energiemenge sehr gering, sodass ein System der Energiebezahlung an öffentlichen Ladestationen unter Berücksichtigung der Betriebskosten wirtschaftlich nicht sinnvoll ist.

2.6.3 E-Roller und E-Motorrad

Im Prinzip lassen sich Akkus für E-Roller und E-Motorräder an einer normalen Haushaltssteckdose aufladen. Das dauert je nach Typ fünf bis acht Stunden. Zwei Stunden reichen aber meist bei Akkus auf Lithium-Basis, um 70-80 Prozent der Leistung zu erreichen. Bei den E-Rollern bieten einige Hersteller tragbare Akkus, die ca. 10 Kilo wiegen an. Mit einem Schnelllade-Gerät verkürzt sich die Ladezeit. Die Ladezeit verkürzt sich zusätzlich dort, wo 400 Volt zur Verfügung stehen, wie an vielen öffentlichen Ladesäulen.

Leistungsstärkere Fahrzeuge werden autoähnlich geladen, d.h. entweder mit einem mode 2-Kabel, das an einer normalen Steckdose angeschlossen wird, oder mittels Ladebetriebsart mode 3 oder 4 (s. Kap. 2.1.1 u. Abb. 3). In diesen Fällen ist der motorradseitige Anschluss für das AC-Laden des Typs 1, insbesondere für Modelle asiatischer Hersteller, oder des Typs 2 für die meistens Modelle europäischer Hersteller. Unter den wenigen Beispielen für schnelles DC-Laden im mode 4 erwähnen wir den Harley-Davidson LifeWire, der mit einem CCS 2-Kontakt ausgestattet ist (s. Kap. 2.1 Definitionen der Steckertypen). Abb. 23 gibt einen Überblick der Lademodi.

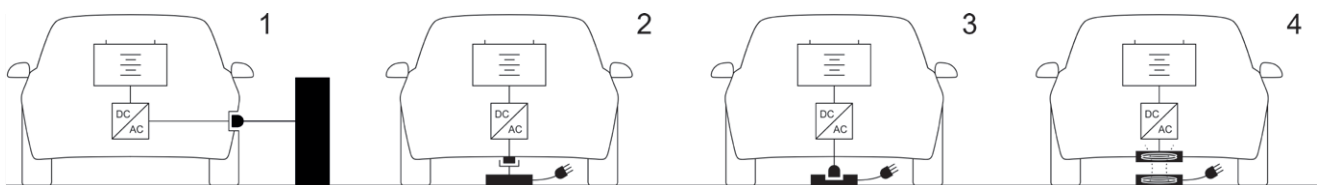


Abb. 24: Automatisierte Ladelösungen in der Entwicklung: 1) Konduktionsladung mit Roboterarm an der Ladestation und seitlichem Anschluss; 2) wie 1, aber unterer Anschluss; 3) wie 1, aber Roboterarm am Auto; 4) Induktionsladung.

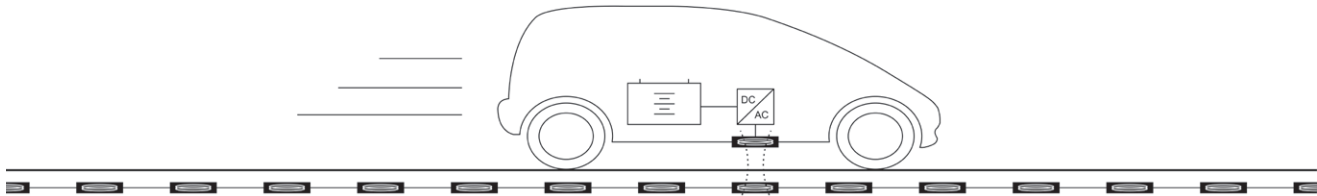


Abb. 25: Induktives Laden mit Spulen unter der Strassenoberfläche, um das Laden bei fahrenden Fahrzeugen zu ermöglichen.

2.7 Künftige Entwicklungen

Die künftigen Bedürfnisse des Ladevorgangs und die Suche nach neuen Lösungen werden aus heutiger Sicht voraussichtlich in die nachstehenden Richtungen gehen:

- Das gängigste AC-Laden On-board wird künftig die normale Ladebetriebsart sein, ggf. als Option durch das beschleunigte Laden ergänzt. Nur sehr wenige Fahrzeuge werden in der Lage sein, das schnelle Laden mit Wechselstrom auszuführen.
- Das DC-Laden Off-board wird künftig von den meisten Fahrzeugen (ausser Plug-in-Hybride) übernommen werden.
- Die Anzahl Fahrzeuge, dessen maximale Leistung beim DC-Laden bis 150 kW und mehr erreicht, wird zunehmen; zumindest bei Fahrzeugen mit grossen Batteriepaketen (ab 60 kWh).
- Kontinuierliche Weiterentwicklung von Lastmanagementsystemen zur besseren Integration in das Energiemanagement des gesamten Gebäudes.
- Mehr Angebot der Fahrzeuge und Ladestationen für bidirektionales Laden. Die Funktion der Bidirektionalität wird weiterhin von japanischen Herstellern (Nissan, Mitsubishi und Honda) angeboten. Südkorea bietet sie mit dem Kia EV¹⁰ an und demnächst auch mit Hyundai. In Europa unterstützen Peugeot iOn und der Citroën C-Zero bidirektionales Laden. Audi und Hager arbeiten an der Einbindung des Elektroautos in das häusliche Stromnetz unter besonderer Berücksichtigung der Photovoltaik (PV) und der VW-Konzern kündigt an, ab 2022 bidirektionales Laden in die Breite bringen zu wollen. Das könnte der Technologie zum Durchbruch verhelfen

Darüber hinaus ist mit der Einführung einer internationalen Norm bis 2025 zu rechnen, welche auch das bidirektionale Laden mit CCS Ladesteckern verbindlich regeln wird¹¹.

Es werden viele Anstrengungen unternommen, um rentable Geschäftsmodelle zu finden, die auf der Teilnahme von bidirektionalen Fahrzeugen am Energiemarkt (Laden der Batterien, wenn die Energie billiger ist, und Entladen, wenn die Energie teurer ist), am Markt für Stromnetzregulierungsdienste und an anderen auftretenden Gelegenheiten basieren.

- Auf Grund der zunehmenden Digitalisierung werden in einigen Jahren Plug&Charge-Ladelösungen nach ISO 15118 auf den Markt kommen. Bei solchen Lösungen wird das Fahrzeug beim Anstecken an der Ladestation automatisch erkannt und der geplanten Route entsprechend geladen (das bietet Tesla bereits im eigenen Ladenetz). Das wird nicht nur den Ladevorgang, sondern für Flottenbetreiber auch die Zuordnung von Energie und Kosten vereinfachen. RFID-Karten und andere externe Authentifizierungsmethoden könnten dadurch hinfällig werden.
- Die Automatisierung des Ladevorgangs wird angesichts der zunehmenden Bedeutung selbstfahrender Fahrzeuge und gemeinsam genutzter Fahrzeuge immer wichtiger, ganz zu schweigen von den Vorteilen eines automatisierten Ladevorgangs für Flottenmanager. Die Forschung konzentriert sich sowohl auf konduktive Lösungen (d. h. Ladestationen mit Robotersteckern) als auch auf induktive Lösungen, wie in Abb. 24 zusammengefasst.
- Insbesondere für schwere Fahrzeuge werden Lösungen erforscht, die das Aufladen während der Fahrt ermöglichen, entweder auf der Grundlage einer Oberleitung (Abb. 16) oder durch Induktion, indem Spulen unter der Fahrbahnoberfläche angebracht werden, um das Magnetfeld zu erzeugen (Abb. 25). Das Ziel dieser Lösungen ist es, eine hohe Autonomie zu gewährleisten, ohne an Schnellladestationen anhalten zu müssen, und die Anzahl der Batterien im Fahrzeug zu minimieren, was deutlich Gewicht sparen und die Effizienz im Betrieb eines Elektrofahrzeugs exponentiell steigern würde.

¹⁰ <https://ecomento.de/2021/04/08/vw-will-bidirektionales-elektroauto-laden-in-die-breite-bringen/>

¹¹ <https://www.swiss-emobility.ch/de/Laden/bidirektionales-Laden.php>.

3. Ausbaustufen und Anwenderklassen

In diesem Kapitel werden einige grundlegende Konzepte vorgestellt, die in den folgenden Kapiteln vertieft werden: Anwenderklassen, Ausbaustufen und Segmentierung der Ladeinfrastruktur.

Die in einem Gebäude zu installierende Ladeinfrastruktur hängt nicht nur von der Art des Fahrzeugs ab, sondern auch von den Nutzern der Fahrzeuge. Aus diesem Grund ist die Ladeinfrastruktur entsprechend den verschiedenen Anwenderklassen segmentiert. Sobald die Art der erforderlichen Infrastruktur identifiziert ist, kann die Ausstattung eines Gebäudes zum Laden von Elektrofahrzeugen auf verschiedenen Ebenen erfolgen, von der einfachen Vorbereitung bis zur Installation der Ladestationen.

Ziel dieses Kapitels ist es, die Ausbaustufen und Anwenderklassen, nach SIA 2060-Merkblatt, zu definieren und die Segmentierung der Ladeinfrastruktur zu zeigen.

3.1 Anwenderklassen

Die SIA-Empfehlung sieht je nach Fahrzeug und Nutzung der Parkplätze unterschiedliche Anwenderklassen vor:



Parkplätze für Bewohner eines Einfamilienhauses (sleep&charge).



Parkplätze für Bewohner eines Mehrfamilienhauses (sleep&charge).



Parkplätze für Mitarbeiter oder Firmenflotten (work&charge).



Parkplätze für Besucher oder Kunden (shop&charge).



Parkplätze für Kurzaufenthalter auf der Durchreise, die in erster Linie das Ziel haben, ihr Auto zu laden und dann weiterzufahren. In diesem Fall stehen DC-Ladestationen (coffee&charge, cappuccino&charge, espresso&charge) zur Verfügung.



Parkplätze für Motorräder und Leichtfahrzeuge.



Parkplätze für Fahrräder und andere 2-räder.

3.2 Ausbaustufen

Die SIA 2060 sieht 5 Ausbaustufen für die Vorbereitung von Gebäuden vor (Abb. 26):

Eine höhere Ausbaustufe hat den Vorteil, den Zeitaufwand für die Installation neuer Ladestationen zu reduzieren und die gesamten Endmontagekosten insgesamt zu senken, obwohl die anfänglichen Anschaffungskosten höher sind.




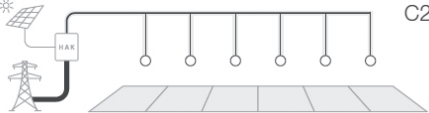
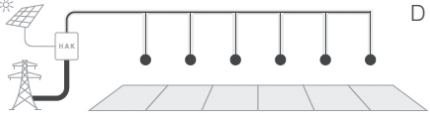
Ausbaustufe	Beschreibung	S. Kapitel
<p>A (Pipe for power)</p> 	<p>Der Parkplatz hat ein leeres Rohr (oder die Möglichkeit, elektrische Kabel ohne Bauarbeiten zu führen), sodass es leicht, ohne weitere bauliche Eingriffe möglich ist, elektrische Kabel zu einem späteren Zeitpunkt zu verlegen.</p>	5 (5.4.1)
<p>B (Power to building)</p> 	<p>Das Gebäude verfügt über ein ausreichend dimensioniertes Eingangskabel, um den zukünftigen Strombedarf der Ladestationen zu decken.</p>	5 (5.4.2)
<p>C1 (Power to garage)</p> 	<p>Die Garage, nicht aber der einzelne Parkplatz, ist mit Stromkabeln ausgestattet, so dass es einfacher ist, die einzelnen Parkplätze zu einem späteren Zeitpunkt anzuschließen. Typischerweise wird diese Ausbaustufe mit Flachkabeln oder mit Stromschienen realisiert.</p>	6
<p>C2 (Power to parking)</p> 	<p>Der Parkplatz verfügt über eine Stromversorgung, sodass es schneller ist, eine Ladestation zu installieren. Typischerweise geschieht dies mit industriellen CEE 11 kW (16 A 3-phasig)-Steckdosen, wie bei Alfen Plug&Play und TCS-Ladestationen, oder mit produktspezifischen Rückplatten.</p>	6
<p>D (Ready to charge)</p> 	<p>Die Ladestation ist vorhanden und es ist bereits möglich, das Fahrzeug zu laden.</p>	7

Abb. 26: Grafische Darstellung der Ausbaustufen (Quelle: Protoscar).

3.3 Segmentierung der Ladeinfrastruktur

Es gibt verschiedene Bezeichnungen für die verschiedenen Ladearten. In diesem Ratgeber werden sie in folgende Kategorien eingeteilt:



“sleep&charge“: Ladevorgang, bei dem der Parkzeitraum möglichst umfassend ausgenutzt wird, typischerweise zu Hause.



“work&charge“: Ladevorgang, bei dem der Parkzeitraum möglichst umfassend ausgenutzt wird, typischerweise am Arbeitsplatz.



“shop&charge“: Ladevorgang, bei dem der begrenzte Parkzeitraum zwischen zwei Fahrten ausgenutzt wird, typischerweise auf Parkplätzen an Strassen, in Parkhäusern, Einkaufszentren, Hotels, Restaurants usw.



“coffee&charge“: Ladevorgang, bei dem ein begrenzter Parkzeitraum genutzt wird, für gewöhnlich 1-2 Stunden.



“cappuccino&charge“: Ladevorgang, bei dem ein sehr begrenzter Parkzeitraum genutzt wird, für gewöhnlich 30 Minuten – 1 Stunde.



“espresso&charge“: Ladevorgang, bei dem ein kurzer Parkzeitraum genutzt wird, für gewöhnlich unter 30 Minuten (typischerweise bei Tankstellen).



“ristretto&charge“: Ladevorgang, bei dem ein sehr kurzer Parkzeitraum genutzt wird, z.B. weniger als 10 Minuten (typischerweise bei Tankstellen).








Parkzeit	Empfohlene Ladestation	Ladeleistung
Bis 8 Stunden	3.6 - 11 kW AC  <i>sleep&charge</i>	Langsam/Normal
Bis 8 Stunden	3.6 - 11 kW AC  <i>work&charge</i>	Langsam/Normal
2 - 4 Stunden	3.6 - 11 kW AC  <i>shop&charge</i>	Langsam/Normal
1 - 2 Stunden	22 kW AC + DC  <i>coffee&charge</i>	Beschleunigt
30 Minuten bis eine Stunde	50 kW DC  <i>cappuccino&charge</i>	Schnell
Weniger als 30 Minuten	120 - 150 kW DC  <i>espresso&charge</i>	Superschnell
Weniger als 10 Minuten	250 - 350* kW DC  <i>ristretto&charge</i> oder <i>ultra</i>	Ultraschnell

Tabelle 1: Empfohlene Ladestation abhängig von der Parkzeit.
* Diese Ladeleistungen sind nur mit 800 Volt Batterien möglich.

4. Berechnung des Leistungs- u. Energiebedarfs und der Ladezeit

Zweck dieses Kapitels ist es Berechnungsmethoden zur Erforschung der erforderlichen Ladeleistung, des Gesamtenergiebedarfs und der Ladezeiten vorzustellen.

4.1 Managementsystem

In den Fällen, in denen mehr als eine Ladestation nötig ist, erfolgt die Berechnung des Leistungsbedarfs, in dem der geringstmögliche Wert ermittelt wird, um den Ladeanforderungen jedes einzelnen Fahrzeugs gerecht zu werden. Eine Dimensionierung durch einfache Addition der maximalen Leistungen jedes Ladepunkts würde zu einer übertriebenen und unnötig hohen Stromnachfrage beim Stromversorger führen. Die Einführung eines Lademanagementsystems ermöglicht es den Stromverbrauch und damit die Kosten zu minimieren.

4.1.1 Die Notwendigkeit eines Lademanagementsystems

Befinden sich zwei oder mehrere Ladepunkte am gleichen Standort (beispielsweise im Fall von Mehrfamilienhäusern, Garagen für Flotten, privaten oder öffentlichen Parkplätzen) wird von den "Werkvorschriften" des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE, Kap. 12, 3) empfohlen, ein intelligentes Lastmanagementsystem für die Ladestationen zu installieren. Dieses wird oft "smart charging" oder "load management" genannt und wird, gemäss Vorgaben des Verteilnetzbetreibers, eingesetzt, um Lastspitzen im Verteilnetz zu vermeiden. Auch wenn der lokale Verteilnetzvertreiber es nicht explizit vorschreibt, werden diese Lademanagementsysteme sehr empfohlen, da sie den Energiebedarf minimieren und dabei auch die lokale Energieproduktion und ein potentielles Speichersystem integrieren.

Wenn man mit mehreren Ladepunkten unter demselben Netzanschluss zu tun hat, sind möglicherweise nicht alle gleichzeitig in Betrieb (Startzeiten und Dauer des Ladevorgangs sind unterschiedlich), und sie liefern möglicherweise weniger als die maximale Leistung (Nutzungsfaktor), da die maximalen Ladeleistungen von Fahrzeug zu Fahrzeug unterschiedlich sind und die Ladeleistung nach einer ersten mehr oder weniger langen Phase bei konstantem Wert typischerweise dazu neigt, abzunehmen (bei Schnellladung hängt es auch von der Temperatur der Batterie ab). Die alleinige Berücksichtigung des Gleichzeitigkeitsfaktors und des Nutzungsfaktors reicht nicht aus, um die Leistung zu minimieren. Angenommen, man hätte in einem Mehrfamilienhaus eine bestimmte Anzahl von Ladestationen, die maximal 11 kW liefern können, ist das Risiko sehr hoch, selbst wenn die Abendladungen anfänglich gestaffelt sind, dass diese zu einer bestimmten Zeit (z.B. nach 19.30 Uhr) gleichzeitig laden, was zu einem Gleichzeitigkeitskoeffizienten von 1 führen würde. Selbst bei einem

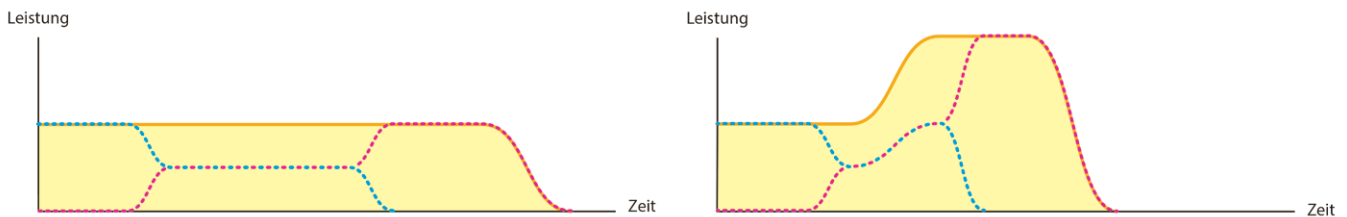


Abb. 27: Statisches Lastmanagement (links), dynamisches Lastmanagement (rechts). Beispiel mit 3 Benutzern.

Nutzungsfaktor von 0,6 wäre die Leistung immer noch überdimensioniert. Die Fahrzeuge haben tatsächlich eine ganze Nacht Zeit, für die komplette Ladung. Die benötigte Ladezeit ist jedoch nur ein Bruchteil der verfügbaren Zeit (um 100 km Autonomie bei 11 kW zu laden, würden in der Tat weniger als 2 Stunden ausreichen). Würde man statt mit voller Leistung für eine begrenzte Zeit, mit einer niedrigeren Leistung für eine längere Zeit laden (z.B. 8 Stunden bei etwas mehr als 2 kW), wäre es möglich, morgens komplett aufgeladene Fahrzeuge vorzufinden, was die Endverbraucher wünschen, mit weniger Leistungsverbrauch und somit in Summe weniger benötigter Hausanschlussleistung bei gleichem Resultat für den Nutzer.

4.1.2 Funktionsprinzip der Lademanagementsysteme

Grundsätzlich gibt es zwei Arten des Lademanagementsystems:

- Statisches Lademanagement (Abb. 27, links): es wird ein konstanter Gesamtleistungswert für die verschiedenen Ladestationen vordefiniert, unabhängig von anderen Verbrauchern (Rest des Mehrfamilienhauses) oder Erzeugungssysteme erneuerbarer Energie. Die gleichbleibende, verfügbare Ladeleistung wird auf alle angeschlossenen Fahrzeuge verteilt. Es gibt Systeme, die die fahrzeugspezifische Ladeleistung für die Verteilung berücksichtigen und zuteilen können, falls genügend Leistung verfügbar ist.
- Dynamisches Lademanagement (Abb. 27, rechts): die gesamtverfügbare Leistung für die verschiedenen Ladestationen verändert sich während der Zeit je nach Verbrauch der anderen Benutzer, die mit dem gleichen Ladepunkt bzw. Elektroanschluss verbunden sind oder je nach lokal produzierter erneuerbarer Energie. Wenn z.B. die Sonne scheint und die Photovoltaikanlage Energie produziert, können die Ladestationen ihre Ladeleistung erhöhen. Wenn sich hingegen im Gebäude ein höher priorisierter Verbrau-

cher aktivieren würde, dann reduziert sich die verfügbare Leistung der Ladestationen. Die einzige Beschränkung besteht darin, dass die mit dem Energieversorger vertraglich angewandte Höchstleistung für das Gesamtenergiesystem nicht überschritten werden kann.

In beiden Fällen wird die erforderliche Leistung nach der in Kap. 4.2 erläuterten Methode berechnet. Mit dem gleichen Ladeleistungsbedarf, bietet ein dynamisches System eine grössere Menge verfügbarer Ladeleistung, d.h. die Differenz zwischen der vom Netz abnehmbaren Höchstleistung, wie im Anbietervertrag oder vom elektrischen Anschluss des Parkplatzes festgelegt, und der Leistung der anderen am gemeinschaftlichen Netz angeschlossenen Lasten. Während ein statisches System nur die benötigte Leistung auf die Ladepunkte aufteilt (Abb. 27 links), teilt ein dynamisches System die verfügbare Leistung auf (Abb. 27 rechts). Ein dynamisches System nutzt die in Abbildung 28 gezeigten Tagesschwankungen, die sogar stärker sein könnten in Präsenz von Produktionssystemen von erneuerbarer Energie, wie Photovoltaik oder Windkraftanlagen.

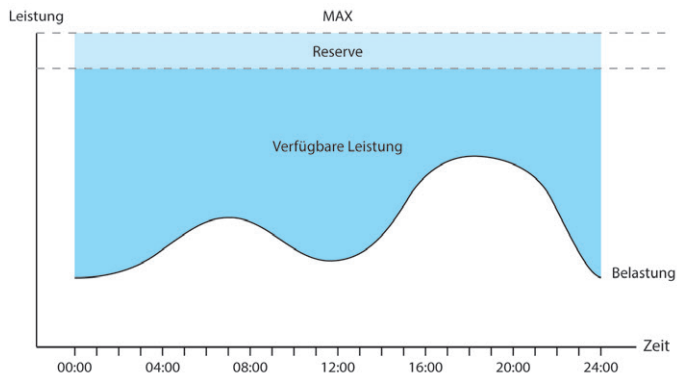


Abb. 28: Die verfügbare Ladeleistung ergibt sich aus der Differenz zwischen der vertraglich festgelegten Höchstleistung und der von anderen Belastungen verbrauchten Leistung, unter Berücksichtigung einer Reserve. Die verfügbare Energie ist die in blau gekennzeichnete Fläche und muss unter allen Fahrzeugen aufgeteilt werden.

4.2 Berechnung des Leistungsbedarfs

Methode 1

Im Allgemeinen ist die erforderliche Leistung:

$$P_{\text{Bedürfnis}} = \sum_{i=1}^{\text{Anzahl Ladepunkte}} p_i k_i$$

wobei p_i die Leistung des allgemeinen Ladepunktes ist und k_i ein Korrektorkoeffizient ist, der folgende Faktoren einschliesst:

- Gleichzeitigkeitsfaktor.
- Nutzungsfaktor.
- Wirkung des Lademanagementsystems.

Wenn das Projekt die Anzahl der Ladepunkte festgelegt hat (z.B. gemäss den Empfehlungen der SIA 2060, siehe Kap. 5.1), muss der k -Faktor bestimmt werden. Im Allgemeinen hängt dieser Faktor von der Anzahl der Ladepunkte, den Anwenderklassen (siehe Kap. 3.1) und der Leistung der Ladestation ab. Um die Arbeit der Projektbeauftragten zu erleichtern enthält das SIA 2060-Merkblatt auch Formeln und Tabellen, die es ermöglichen (unter Berücksichtigung des Lastmanagements) für die verschiedenen Anwenderklassen und für die unterschiedlichen Leistungen der Ladestationen k zu berechnen. Darüber hinaus steht auch eine kostenlose Webapplikation, SIA-Konfigurator¹², zur Verfügung, die es ermöglicht, den Jahresbedarf und die benötigte Leistung nach Angaben der SIA 2060-Kalkulationstabellen (Abb. 29) zu berechnen. Wenn es nur einen Ladepunkt gibt, stimmt der Leistungsbedarf mit der maximalen Ladepunkteleistung überein. Alternativ kann sich der Konstrukteur bei der Berechnung des k -Faktors auf seine eigenen Methoden und Erfahrungen stützen, mit der Empfehlung, alle genannten Parameter zu berücksichtigen. Es ist jedoch zu beachten, dass die Berechnung des Leistungsbedarfs keine exakte Wissenschaft ist, da das Benutzerverhalten, der Ladezustand der Batterie der E-Fahrzeuge und die Ladeleistung keine konstanten Grössen sind. Darüber hinaus ist wichtig, den richtigen Kompromiss zwischen dem theo-

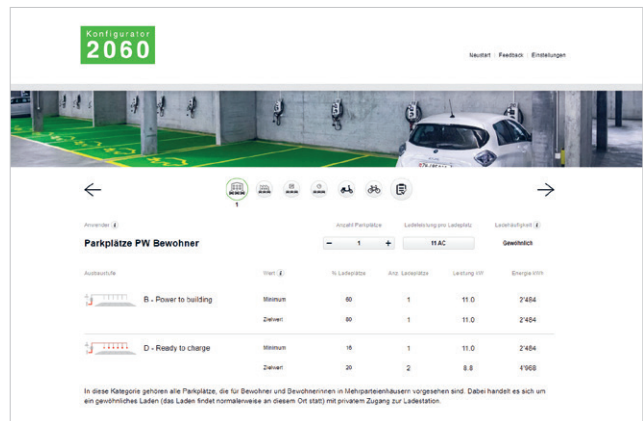


Abb. 29: Nach Angabe der Ladepunktzahl und -leistung ermöglicht diese Applikation (www.konfigurator2060.ch) den Jahresbedarf an Energie und die Gesamtleistung der Ladepunkte zu berechnen.

retischen Leistungsbedarf und der technisch-wirtschaftlichen Machbarkeit der Elektroanlage zu finden.

Methode 2

Im Falle gewöhnlicher Ladeprozesse (s. Kap. 2.1.4) kann der durchschnittliche Leistungsbedarf eines einzelnen Ladepunktes auf Basis der Menge der zu ladenden Energie (aufgrund der durchschnittlichen Fahrroute) und der Zeit, die das Auto an der Ladestation angeschlossen ist, berechnet werden. Diese Methode empfiehlt sich, wenn die Nutzergewohnheiten bekannt sind oder ausreichend gut abgeschätzt werden können, wie z.B. bei Wohngebäuden, Fuhrparks und Büros. Der Leistungsbedarf ist:

$$P_{\text{Bedarf}} = \sum_{i=1}^{\text{Anzahl Ladepunkte}} \frac{c_i l_i}{t_i}$$

Wobei c_i der Energieverbrauch in kWh/km vom Netz des Ladefahrzeugs bis zur Ladestation i ist und l_i die täglich gefahrenen Kilometer sind und t_i zur Verfügung stehende Ladezeit ist. Wenn z.B. ein E-Fahrzeug aufgeladen werden muss, das 30 km pro Tag fährt (Schweizer Durchschnitt: 36,7 Km¹³) und 8 Stunden pro Tag lädt, beträgt der tägliche Energiebedarf:

$$E = 20 \text{ kWh}/100 \text{ km} \cdot 30 \text{ km} = 6 \text{ kWh}$$

und folglich wird die durchschnittlich benötigte Leistung:

$$P = \frac{6 \text{ kWh}}{8 \text{ h}} = 0.75 \text{ kW}$$

Bei 10 Benutzer mit dem gleichen Profil bspw. werden theoretisch insgesamt 7,5 kW benötigt (und nicht 10 mal 11 kW - wenn Ladestationen mit dieser Leistung verwendet werden - d.h. 110 kW). Im realen Fall müsste natürlich auch das Worst-Case-Szenario berücksichtigt werden, bei dem mehrere Benutzer mehr Kilometer als berechnet zurücklegen oder weniger Zeit zum Laden haben, und dann könnte eine 11kW oder 22kW-Leistung installiert werden.

¹² www.konfigurator2060.ch

¹³ [https://www.energieschweiz.ch/mobilitaet/Mobilität in der Schweiz](https://www.energieschweiz.ch/mobilitaet/Mobilitaet%20in%20der%20Schweiz) Wichtigste Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010

Batterie Kapazität (kWh)	20	40	60	80	100
Ladezeit (Std.) von 3.6 kW	6.8	13.5	20.3	27	33.8
Ladezeit (Std.) von 11 kW	2.3	4.5	6.8	9.1	11.4

Täglich zurückgelegte Distanz (Km)	20	50	80	100	200
Ladezeit (Std.) von 3.6 kW	1.1	2.9	4.6	5.7	11.5
Ladezeit (Std.) von 11 kW	0.4	1.0	1.5	1.9	3.9

Tabelle 2: Benötigte Ladezeit um eine bestimmte Energiemenge oder Reichweite zu laden.

4.3 Berechnung des Energiebedarfs

Je nachdem, ob es sich um eine regelmässige oder eine gelegentliche Ladung handelt, werden zwei Methoden vorgeschlagen (s. Kap. 2.1.4 für die Definition dieser beiden Begriffe). Für den üblichen Ladevorgang ist der jährliche Energiebedarf so zu berechnen:

$$E_{\text{üblicher Ladevorgang}} = \sum_{i=1}^{\text{Anzahl Ladepunkte}} c_i l_i$$

Wo c_i der Energieverbrauch in kWh/km vom Netz des Ladefahrzeugs bis zur Ladestation i und l_i die jährlich gefahrenen Kilometer sind. Wenn Sie diese beiden Werte nicht kennen, können Durchschnittswerte wie im SIA 2060-Merkblatt angegeben nehmen oder andere Quellen verwenden. Für den gelegentlichen Ladevorgang empfiehlt sich hingegen:

$$E_{\text{gelegentlicher Ladevorgang}} = \left(\sum_{i=1}^{\text{Anzahl Ladepunkte}} P_i k_i \right) t$$

Dabei steht P_i für die maximale Leistung der Ladestation (in kW), k_i für einen Korrekturfaktor und t für die jährliche Stundenanzahl. Auch in diesem Fall beinhaltet k den Gleichzeitigkeits- und den Nutzungsfaktor und hängt auch von der Leistung der Ladestation ab. Die Energie kann auch mit der Webanwendung SIA Konfigurator berechnet werden.

4.4 Berechnung der Ladezeiten

Die Ladezeit ergibt sich aus:

$$t_{\text{Ladevorgang}} = \frac{E_{\text{Ladevorgang}}}{P} (1 + k)$$

Wo $E_{\text{Ladevorgang}}$ die zu ladende Energie in kWh darstellt, P die Ladeleistung, welche in nachstehenden Fällen:

- Für Fahrzeuge die mit Ladebetriebsart mode 3 laden: der Nennleistung der Ladestation (in kW) gleichkommt oder des On-board-Ladegeräts, wenn

niedriger als die Nennleistung der Ladestation.

- Für Fahrzeuge die mit Ladebetriebsart mode 4 laden: der Nennleistung der Ladestation (in kW) gleichkommt oder der maximalen Ladeleistung im mode 4 des Fahrzeuges, wenn niedriger als die Nennleistung der Ladestation.
- Für die Fahrzeuge ein externes (Off-board) Ladegerät verwenden (bspw. E-Bikes): der Nennleistung des Ladegeräts gleichkommt.

k ist ein Faktor, der die Effizienz und die Tatsache berücksichtigt, dass der Ladevorgang nicht bei konstanter Leistung erfolgen kann. Für indikative Berechnungen kann $k = 0,2$ verwendet werden.

Möchten man z.B. an einer Ladestation mit 3.6 kW Nennleistung (= Leistung des On-board-Ladegeräts) 17 kWh laden (= Energiebedarf um eine Distanz von 100 Km zurückzulegen), dann ergibt sich eine theoretische Zeit von 4,6 Stunden (17/3,6), wobei die tatsächliche Zeit 5,5 Stunden beträgt. Der Energiebedarf ist von der Fahrzeugnutzung abhängig.

Generell ist eine komplette Ladung des Fahrzeuges eine Ausnahme. In den meisten Fällen wird nur die Energie geladen, die benötigt wird, um die tägliche Durchschnittsstrecke zu bewältigen. Tabelle 2 zeigt die Ladezeiten sowohl für die komplette Batterieladung als auch für den Energiebedarf einer bestimmten täglichen Strecke (typischer Energieverbrauch von 17kWh/100km). Wie aus der Tabelle 2 ersichtlich, braucht die vollständige Ladung einer Batterie mehrere Stunden, wenn man hingegen den täglichen Energieverbrauch berücksichtigt, sind die Ladezeiten ausgesprochen niedriger.

5. Ausbaustufen A und B: Empfehlungen für die Vorbereitung

Das Hauptziel nachstehender Empfehlungen besteht darin, dass die Anforderungen der Elektromobilität auf Gebäudeebene sowohl bei Neu- als auch umfassende Umbauten integriert werden, nach den Ausbaustufen A und B der SIA 2060.

Bei der Planung und dem Bau eines neuen Gebäudes oder einer grösseren Renovierung bedeutet die Konformität mit den Ausbaustufen A und B der SIA 2060, alles Notwendige bereitzustellen, um die Stromleitungen und möglicherweise die Kommunikation zu den Ladepunkten zu bringen, ohne später Bauarbeiten durchführen zu müssen. Dazu ist es notwendig, Folgendes zu definieren:

- Anzahl der Parkplätze, auf denen es eine Ladestation geben wird, und ihre Lage;
- Art der Ladepunkte, der den vorgesehenen Nutzerkategorien am besten entspricht;
- Position der Ladepunkte und Grösse der Parkplätze unter Berücksichtigung der Grösse der zukünftigen Ladestationen;
- Aufbau der Stromversorgungssystem (z.B. Rohre, Kanäle, Stromschienen), einschliesslich der Kommunikationsleitungen.

5.1 Definition der Anzahl Parkplätze

Die Anzahl der Parkplätze, die in Zukunft mit einer Ladestation ausgestattet werden sollen, hängt von den Anwenderklassen und dem Fahrzeugtyp ab. Als Alternative zu den Anforderungen der SIA 2060, d.h. dass 100% der Parkplätze so vorbereitet werden, dass sie künftig mit einer Ladestation ausgestattet werden können, wird empfohlen, Tabelle 3 zu verwenden.

Diese Tabelle gibt den Prozentsatz der vorzubereitenden Parkplätze an, für die verschiedenen Fahrzeugklassen und -typen. Dieser Prozentsatz bedeutet nicht, dass für jeden Parkplatz eine Ladestation vorhanden sein muss: wie in Kap. 2.1.3 für PKWs/Lieferwagen und Kap. 2.6 für Zweiräder erläutert, kann eine Ladestation auch das gleichzeitige Aufladen mehrerer Fahrzeuge ermöglichen.

Bei Gebäuden mit mehreren Anwenderklassen (z.B. ein Gebäude mit Wohn- und gewerblicher Nutzung) sind die Prozentsätze natürlich auf die Anzahl der Parkplätze, die für jede Anwenderklasse bestimmt sind, anzuwenden. Die letzte Anwenderklasse (in Kap. 5.2 vertieft behandelt) erfordert schnelles Aufladen. In diesem Fall sollten Investoren und Planer darauf hingewiesen werden, dass in Kontexten, in denen die grösste Nachfrage nach einer Schnellladeinfrastruktur erwartet wird, z.B. auf Autobahnrastplätzen oder Raststätten in der Nähe von Autobahnausfahrten, es angebracht ist von vornherein eine Erweiterung der Lademöglichkeiten vorzusehen. Es ist nicht ausgeschlossen, dass in Zukunft auch die leistungsstärksten Motorräder, die Kapazität haben werden, schnell aufzuladen, es ist jedoch nicht notwendig, besondere Plätze vorzusehen, da sie dieselbe Schnellladestation wie Autos benutzen werden.

Für E-Bikes wird empfohlen keinen Parkplatz mit Lademöglichkeit für die Bewohner vorzusehen, da das Aufladen meistens durch die Entfernung der Batterie in der Wohnung erfolgt.

Anwenderklassen	% Parkplätze mit Lademöglichkeit			Bemerkungen
	Autos/ Lieferwagen	Fahrräder	Motorräder, Kleinfahrzeuge	
Parkplätze Bewohner	100%	0%	100%	Bsp.: Einfamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser und Eigentumswohnanlagen.
Parkplätze Flotten	100%	100%	100%	Nicht explizit in der SIA 2060 erwähnte Klasse, zur Kontinuität mit den vergangenen Ausgaben des Ratgebers beibehalten.
Parkplätze Beschäftigte	20-40%	100%	100%	
Parkplätze Kunden/Besucher	20-40%	100%	100%	Zu dieser Kategorie gehören Kundenparkplätze von Geschäften, Restaurants, Hotels inkl. öffentliche Parkplätze und Tiefgaragen, die Besucherparkplätze bei Büros u. Gewerbe.
Parkplätze für Kurzaufenthalter auf der Durchreise	Mindestens 8 Parkplätze*	N/A	N/A	Bsp.: Autobahnraststätten und andere Schnellladeplätze. Diese Klasse ist nur für Autos und Lieferwagen.

Tabelle 3: Anzahl Parkplätze, die für die künftige Installation von Ladepunkten vorbereitet sind, je nach Anwenderklasse. *für Autobahnrastplätze

Anwenderklassen (M1 u. N1)	Ladebetriebsart (mode)	Anz. der Parallel-Lad. pro Station	Max. Anschlussleistung	Stationstyp (*&charge)	Bemerkungen
Parkplätze Bewohner	3 (2)	1	11 kW	sleep*	
Parkplätze Flotten	3	1	11 kW	work*	Es wird empfohlen, Ladestationen zu verwenden, die in der Lage sind, 2 Fahrzeuge parallel zu laden, um das elektrische System zu optimieren.
		2	22 kW		
Parkplätze Beschäftigte	3	1	11 kW	work*	Es wird empfohlen, Ladestationen zu verwenden, die in der Lage sind, 2 Fahrzeuge parallel zu laden, um das elektrische System zu optimieren.
		2	22 kW		
Parkplätze Kunden/Besucher	3	1	11 kW	sleep*	Es wird empfohlen, Ladestationen zu verwenden, die in der Lage sind, 2 Fahrzeuge parallel zu laden, um das elektrische System zu optimieren.
		2	22 kW		
Parkplätze Kunden/Besucher	(4)	2	43 kW bis zu 150 kW	coffee*, capuccino*, espresso*	Notwendig, wenn der Bedarf besteht, ein Fahrzeug zwischen 2 Einsätzen zu laden. Die Leistung hängt davon ab, wie viel Energie zwischen den beiden Nutzungen geladen werden muss und der Anzahl Fahrzeuge, die zu laden sind.
Parkplätze für Kurzaufenthalter auf der Durchreise	4	2	150 kW	espresso*, ristretto*	Alternative zum obigen Fall, wenn geplant wird, eine Station mit Ladepunkten auf beiden Seiten zu installieren.
		4	350 kW		

Tabelle 4: Empfohlener Ladepunkttyp für PKWs und Nutzfahrzeuge (M1 u. N1) je nach Anwenderklassen.

Anwenderklassen (Fahrräder und andere 2-räder)	Ladebetriebsart (mode)	Anz. der Parallel-Lad. pro Station	Max. Anschlussleistung	Bemerkungen
Parkplätze Bewohner	Standardsteckdose	-	-	Die Ladung wird im Haus getätigt: Auf dem Parkplatz ist keine Infrastruktur vorzusehen.
Parkplätze Flotten		von 4 bis 10	3,6 kW	Zur Kostenoptimierung sollte jede Station nicht weniger als 4 Stellplätze versorgen. Es werden Konfigurationen mit 6/8/9/10 Stellplätzen empfohlen.
Parkplätze Beschäftigte				
Parkplätze Kunden/Besucher				

Tabelle 5: Empfohlener Ladepunkttyp für E-Bikes und andere 2-Räder mit austauschbaren Akkus, je nach Anwenderklasse.

Anwenderklassen (Motorräder u. 4-rädrige LFZ)	Ladebetriebsart (mode)	Anz. der Parallel-Lad. pro Station	Max. Anschlussleistung	Bemerkungen
Parkplätze Bewohner	1 (2)	1	3,6 kW	Der Ladevorgang erfolgt mittels einer Standardsteckdose (T23).
Parkplätze Flotten		1 (3)	3,6 kW 11 kW	Anzahl Parallelladungen = 1, bedeutet, dass man sich an eine Standard-Steckdose (T23) anschliesst. Um die Kosten zu optimieren, können die Steckdosen in einer Ladestation gruppiert werden.
Parkplätze Beschäftigte				
Parkplätze Kunden/Besucher		3	11 kW	Um eine missbräuliche Nutzung von Elektrizität zu vermeiden, wird empfohlen, die Steckdosen in einer Ladestation zu gruppieren.

Tabelle 6: Empfohlener Ladepunkttyp für Motorräder und 4-rädrige LFZ, je nach Anwenderklasse.



Abb. 30: Beispiel einer mobilen Ladestation mit CEE-Stecker (Quelle: EVTEC).



Abb. 31: Wall Box auf Halterung mit Rädchen.

5.2 Definition der Ladepunkte

Welches Ladesystem zu empfehlen ist, hängt von der Art des Fahrzeugs und der Anwendung ab.

Empfehlungen für die verschiedenen Fahrzeugtypen sind in den Tabellen 4, 5 und 6 aufgeführt. Jede Tabelle zeigt die Ladebetriebsart (s. Kap. 2.1.1 für die Definition der Ladebetriebsarten), die empfohlene Anzahl paralleler Ladungen für jede Ladestation, die maximale Anschlussleistung für jede Ladestation bzw. Steckdose und den empfohlenen Ladestationstyp (s. Kap. 3.3 für die Definition des Stationstyps). Wenn eine Ladebetriebsart in Klammern erscheint, bedeutet dies, dass es sich um eine Option handelt. Wenn von der Anzahl paralleler Ladungen die Rede ist, bedeutet es nicht unbedingt, dass die Ladestation über die gleiche Anzahl von Ladepunkten verfügt. Es gibt zum Beispiel Schnellladestationen mit vier Punkten, die aber gleichzeitig zwei Punkte mit Strom beliefern können.

Für PKW (M1) und Lieferwagen (N1) enthält Tabelle 4 Empfehlungen und mögliche Optionen für die verschiedenen Anwender.

Wenn im Fall von Parkplätzen für Flotten oder Kunden/Besucher die Absicht des Auftragsgebers bezüglich einer möglichen zukünftigen Installation von mode 4-Ladestationen nicht bekannt ist, wird empfohlen 75% der vorgesehenen Ladestationen für das Laden von Autos in der Ladebetriebsart 3 vorzubereiten und die verbleibenden 25% hingegen für das Laden in der Ladebetriebsart im mode 4.

Statt einen oder mehrere Plätze für E-Fahrzeuge zu reservieren, kann es in einigen Fällen von Nutzen sein, mobile Ladestationen (Abb. 30) oder auf Halterung mit Rädchen montierte Wall Boxen (Abb. 31) zu haben. Diese können je nach Bedarf dort positioniert werden,

wo ein Fahrzeug zu laden ist. Diese Lösung kann sich z.B. bei Autowerkstätten oder -Händlern nützlich erweisen, um Kundenautos zu laden, wenn diese dort abholbereit stehen oder in der Werkstatt befinden. Mit einigen CEE-Steckdosen könnte man in einer Werkstatt oder im Parkplatzbereich flexibel alle zur Verfügung stehende Plätze nutzen. Mobile Ladestationen können auch im Aussenbereich eingesetzt werden, in dem CEE-Stecker an einer Wand, an Säulen oder in Schächten montiert werden.

Für Fahrräder und andere Zweiräder mit herausnehmbaren Batterien empfehlen wir Folgendes (s. Tabelle 5) vorzusehen.

Tabelle 6 zeigt die Empfehlungen für Motorräder und vierrädrige Leichtfahrzeuge auf. Die Werte in Klammern bedeuten, dass es sich um Optionen handelt. Da es sich bei der Ladestation um eine Standardsteckdose handelt, hat die Ladebetriebsart im mode 2 keinen Einfluss auf den Ladestationstyp.

Unabhängig von der Fahrzeugart wird empfohlen, Wall Box Stationen immer dort zu verwenden, wo es möglich ist, die an den Parkplatz angrenzenden Wände zu nutzen und Säule- oder Kandelaber-Lösungen dort, wo es keine Alternativen zu Wall Boxen gibt.



Abb. 32: Beispiel eines Flottenparkplatzes, der schon für mehrere Ladepunkte dimensioniert wurde (Quelle: Invisia).

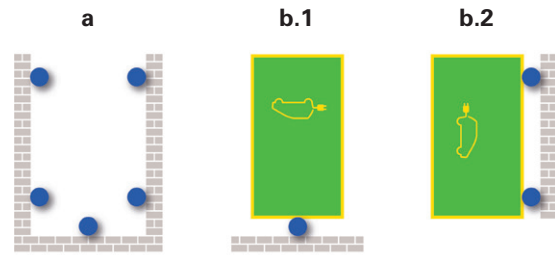


Abb. 33: Mögliche Installationspunkte der Ladestation (mit blauen Kreisen gekennzeichnet) bei Parkplätzen für Einfamilienhäuser. Fall **a**: Variante mit überdachtet Stellplatz/Garage, **b.1** und **b.2**: Parkplätze im Freien.

5.3 Layout Ladeplätze

Ladeplätze für E-Autos

Im Allgemeinen ist für Ladeplätze, die für E-Fahrzeuge vorgesehen sind, verglichen mit standardmässigen Parkplätzen, eine grössere Fläche erforderlich (Raum für das Ladekabel, eventueller seitlicher Anschluss usw., Abb. 32). Aus diesem Grund wird empfohlen, die Ladepunkte mit einer grösseren Parkfläche auszustatten: +60 cm Breite und +40 cm Länge. Befindet sich die Ladestation innerhalb des Stellplatzes, so muss das von der Station eingenommene Volumen bei der Definition der Zugänglichkeit berücksichtigt werden. Tabelle 7 gibt die Richtmasse der Grundfläche an.

Ladestationstyp	d [cm]	b [cm]
Wall Box	50	30
Säule	80	60

Tabelle 7

Aufgrund ihrer Grösse müssen Schnellladestationen immer ausserhalb der Oberfläche des Parkplatzes installiert werden.

Der bestgeeignete Standort für die Installation der Ladestation ist in Tabelle 8 aufgeführt.

In den Abb. 35, 36, 37 und Abb. 41 werden einige Layout-Ausführungen der Tabelle 8 gezeigt.

Es wird empfohlen, die Ladesäulen einer erhöhten Position im Vergleich zur Fahrbahn zu installieren (ähnlich wie bei Zapfsäulen), um die Sicherheit zu erhöhen. Da von einer künftig stark erhöhten Nachfrage an Schnell-Ladevorgängen auszugehen ist, sollten dort wo Parkplätze für Kurzaufenthalter auf der Durchreise vorgesehen sind, Zonen bevorzugt werden, die es ermöglichen bei Bedarf die Erweiterung um weitere angrenzende Stellplätze durchzuführen (Abb. 39). Bei der Wahl des Standortes sollte zusätzlich darauf geachtet werden, dass dieser gut anpassbar und somit für die

Ladestationen die gleichzeitig laden können	Positionierung der Ladestation	Layout	Anmerkung
1 Fahrzeug	– Gegenüber dem Stellplatz. – Im vorderen oder hinteren Viertel des Stellplatzes.	Abb. 33	Falls die Ladestation innerhalb eines überdachten Stellplatzes/einer Garage seitlich untergebracht werden soll, wird die Beifahrerseite empfohlen (von wo der überdachte Stellplatz normalerweise betreten wird).
2 Fahrzeuge	An der Schnittstelle zwischen den Stellplätzen.	Abb. 34	Es ist auch ratsam, die Kombination von 2 Autoparkplätzen mit 1 Abstellplatz für Motorräder/Vierräder zu berücksichtigen (Abb. 35).
4 Fahrzeuge	An der Schnittstelle zwischen den Stellplätzen.	Abb. 38	

Tabelle 8

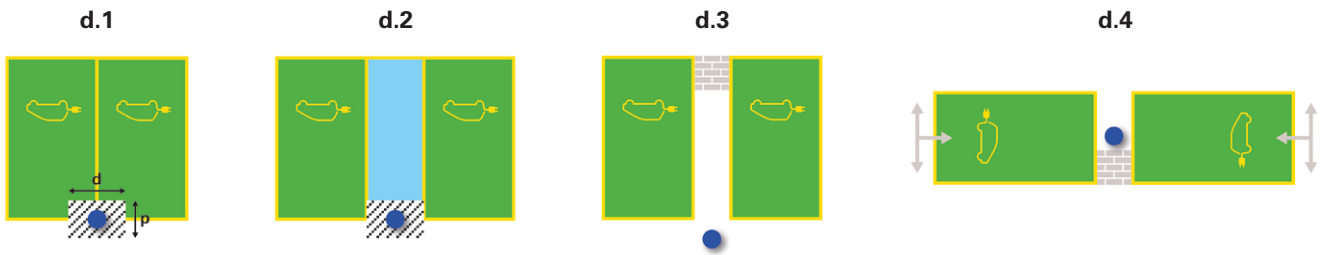


Abb. 34: Mögliche Installationspunkte einer Ladestation (mit blauen Kreisen gekennzeichnet) die gleichzeitig 2 Autos laden kann. Fälle **d.3** und **d.4** beziehen sich auf Parkplätze in Parkhäusern, die sich in der Nähe von tragenden Säulen befinden: hier ist es möglich, den Raum vor den Säulen, für die Installation der Station zu nutzen, ohne die Grösse der Parkplätze neu festlegen zu müssen.



Abb. 35: Gutes Beispiel einer Station des Typs "Säule" zur gleichzeitigen Versorgung von 2 Autos und eines Motorrads/vierrädrigen Fahrzeugs (Layout **d.2**, Abb. 34).



Abb. 36: Ladestation für normales/beschleunigtes Laden für Besucherparkplätze im Aussenbereich (Quelle: EKZ).



Abb. 37: Ladestation für schnelles Laden ausserhalb der Ladefläche positioniert.

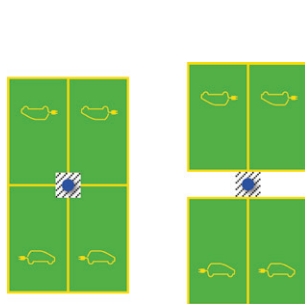


Abb. 38: Installation einer Ladestation, die 4 Fahrzeuge gleichzeitig aufladen kann, wobei die Station innerhalb (links) oder ausserhalb (rechts) der Parkplätzen installiert wird.

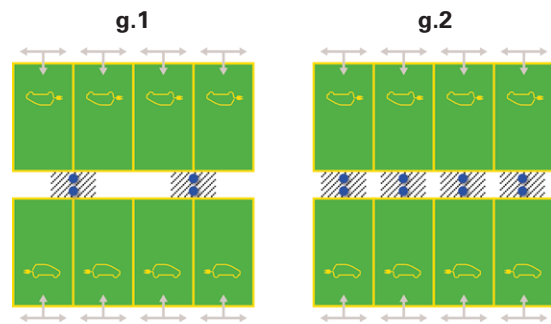


Abb. 39: Mögliche Auslegungen der Ladepunkte bei Autobahnraststätten. Fall **g.1** zeigt "parallele" Stationen, Fall **g.2** hingegen "serielle" Stationen.

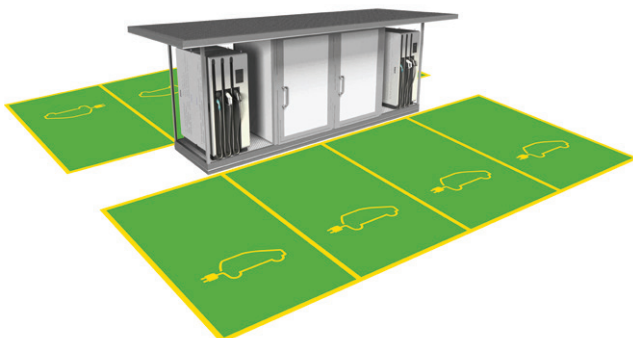


Abb. 40: Auslegungsmöglichkeit einer künftigen Ladestation von E-Fahrzeugen an einer Autobahnraststätte mit 4 "parallelen" Stationen und einem zentralen Speichersystem.



Abb. 41: Einrichtung von Schnellladestationen ähnlich wie bei herkömmlichen Tankstellen.

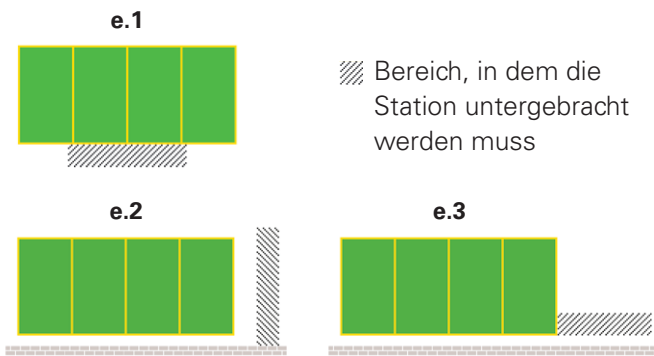


Abb. 42: Installationsmöglichkeiten von Stellplätzen und Ladestationen für E-Bikes.

Entwicklungen der Technologie im Bereich Schnellladung geeignet ist. Angesichts der ständigen Verbesserung der Speichersysteme für elektrische Energie wird künftig mit grosser Wahrscheinlichkeit die Installation von Puffer-Speichersystemen an Autobahnraststätten interessant werden, um Lastspitzen beim Netzanschluss zu verringern. Abb. 40 zeigt ein Auslegungsbeispiel mit Speichersystem.

Eine zusätzliche mögliche Entwicklung ist die vorgesehene Steigerung der Ladeleistung, welche zukünftig die komplette Ladung eines Fahrzeuges in weniger als 10 Minuten ermöglichen könnte. Angesichts der zu erwartenden immer kürzeren Ladezeiten könnten an den Autobahnraststätten künftig Ladepunkte installiert werden, die eine ähnliche Auslegung aufweisen, wie die aktuellen Tanksäulen. Die Abbildung 41 zeigt eine Umsetzung dieses Konzepts.

E-Bikes

Wie in Kapitel 5.2 erläutert, interessieren die Flächen mit Ladepunkt die Anwenderklassen der Flotten-, Beschäftigten-, und Kunden-/Besucher-Parkplätze. In diesen Kontexten wird empfohlen, alle E-Bike-Flächen in der Nähe des geplanten Installationspunkt der Ladestation zu gruppieren. Zusätzlich zu der Fläche, die von den abgestellten E-Bikes und der Ladestation eingenommen wird, sollte genügend Platz für den Zugang von Radfahrern zur Station selbst vorgesehen werden. Abbildung 42 zeigt mögliche Layouts.

Bei Stellplätzen im Freien wird empfohlen, die Möglichkeit der Installation eines Schutzdachs einzuplanen, um die Batterie auf komfortablere Weise einsetzen und entnehmen zu können.

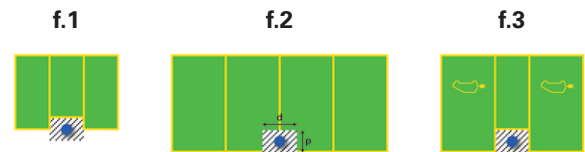


Abb. 43: Mögliche Installationspunkte der Ladestation (mit blauen Kreisen gekennzeichnet) für Motorräder und vierrädrige Leichtfahrzeuge an den öffentlichen Parkplätzen und Parkhäusern. Im Fall **f.1** versorgt die Station drei Stellplätze für Motorräder. In Fall **f.2** versorgt sie drei Stellplätze für vierrädrige Leichtfahrzeuge, während in Fall **f.3** zwei Parkplätze für vierrädrige Leichtfahrzeuge mit einem Parkplatz für Motorräder kombiniert werden.

Elektrische Motorräder und vierrädrige Leichtfahrzeuge

Die geeignetste Position für die Installation des Ladepunkts (Steckdose T23 230 V - 16 A) befindet sich gegenüber der entsprechenden Parkfläche. Für die Anwenderklassen Flotten, Beschäftigte, Kunden/Besucher wird empfohlen, die Wall Box oder Totem vor der zentralen Fläche zu platzieren (Abb. 43). Es besteht auch die Möglichkeit, die Fläche für vierrädrige Leichtfahrzeuge und Motorräder mit derjenigen zweier Autos zu kombinieren, sodass alle drei von einer Totem-Station bedient werden können (Abb. 34, Fall d2).

Bemerkungen:

Generell wird empfohlen, bei Parkplätzen im Freien eine Überdachung anzubringen, um die Ladestation vor Regen zu schützen und dies bei der Gestaltung der Parkplätze zu berücksichtigen (Abb. 44).

Ist die Ladestation in einem Bereich geplant, in dem der Durchgang von Rollstühlen vorgesehen ist, darf ihre Positionierung unter Berücksichtigung der Ladekabel nicht den Durchgang der Rollstühle behindern bzw. erschweren. In Kontexten, in denen Parkplätze für Menschen mit Behinderungen bzw. mit Rollstuhl zwingend sind (s. SIA 500/SN 521 500), wird empfohlen bei unter 25 Ladepunkten wenigstens einen mit den für Menschen mit Rollstuhl angebrachten Abmessungen auszustatten (s. Kap. 7.2, Abb. 54), 2 bei Ladepunktkapazitäten von 26 bis 50 Plätzen, 3 bei Ladepunktkapazitäten von 51 bis 75 Plätzen und 4 bei Ladepunktkapazitäten von 76 bis 100 Plätzen (z.B. gemäss kalifornischem Reglement).



Abb. 44: Beispiel von Ladestationen mit Vordach (Quelle: Gofast).



Abb. 45: CEE-Steckdose mit integriertem T23-Anschluss (z.B. für elektrische Motorroller, Staubsauger usw.): sinnvolle Lösung für Zähler, die nicht in der Ladesäule integriert sind, sondern sich bergwärts des Anschlusses („connecting point“) befinden.

5.4 Vorbereitungen für das Stromversorgungs- und Kommunikationssystem

Bei der Planung eines Neubaus oder einer Renovierung kann es sein, dass die Art der Ladeinfrastruktur noch nicht definiert ist, weshalb die in diesem Kapitel vorgestellten Vorkehrungen auf maximale Flexibilität ausgelegt sind. Je nach Lademanagementsystem müssen die Ladestationen z.B. kaskadenförmig vernetzt oder eins zu eins mit einem Server oder Router verbunden werden. Während der Planungsphase ist es ratsam beide Optionen vorzusehen, um dann eine grössere Wahlfreiheit zu ermöglichen.

5.4.1 Vorbereitungen für Ausbaustufe A

Vorbereitungen sind für die zukünftige Installation der Ladestationen erforderlich, daher:

- Das Laden von E-Bikes erfordert keine besonderen Vorbereitungen bei den Bewohner-Parkplätzen, da die Batterien zu Hause aufgeladen werden.
- Die Vorbereitung für das Laden von elektrischen Motorrädern und vierrädrigen Leichtfahrzeugen bei Abstellflächen, die nicht mit einer Lademöglichkeit ausgerüstet sind (s. Kap. 5.2), besteht ausschliesslich aus einer Anschlussmöglichkeit mit standardmässiger Steckdose des Typs T23 (230 V-16 A) (Abb. 45).

Für Autos und Nutzfahrzeuge sind die empfohlenen Vorbereitungen für die künftige Einrichtung von Ladestationen in den Tabellen 9 und 10 angegeben:

Anwenderklasse	Vorzu sehen für:	
	Stromversorgung der Ladestationen	Kommunikation mit und unter den Ladestationen
Einfamilienhaus	Rohr für die vorgesehene Leistung (Kap. 4.2) zwischen Hauptverteiler und Ladepunkt.	Rohr (Ø 25 mm) zwischen Ladepunkt und Hauptverteilung /Technikraum.
Mehrfamilienhaus und andere Anwenderklassen	Rohre für die vorgesehene Leistung ausreichend dimensioniert (Kap. 4.2 oder Sammelschienen mit den entsprechenden Fallrohren, zwischen der Hauptverteilung des Gebäudes/der sekundären Schaltanlage und der Ladepunkte. Bei der Auslegung die Möglichkeit berücksichtigen, dass alle Ladepunkte gleichzeitig angeschlossen werden.	Rohre oder Verbindungsrohre (Ø 25 mm) zwischen Hauptverteiler des Gebäudes/ sekundäre Schaltanlage und den verschiedenen Ladepunkten. Auch vorsehen, dass die Ladestationen kaskadiert werden können.

Tabelle 9

Anwenderklasse	In der Haupt-/Sekundärschalttafel vorzu sehen			
	Raum für Leitungsschutz	Dedizierte Zähler	Lastmanagementsystem	Internetverbindung
Einfamilienhaus	JA	-	-	-
Mehrfamilienhaus und andere Anwenderklassen	JA	JA	JA	JA

Tabelle 10

Anschluss Ladeleistung	1x 16 A 3,7 kW	1x 32 A 7,4 kW	3x 16 A 11 kW	1x 63 A 14,5 kW	3x 32 A 22 kW	3x 63 A 43,5 kW	3x 80 A 55 kW	3x 143 A 98 kW	3x 300 A 207 kW
Langsam/Normal	M25								
Beschleunigt		M32	M25						
Schnell				M40	M40				
Superschnell						M50	M50		
Ultraschnell								Ø65	Ø100

Tabelle 11: Darstellung des Anschlussstyps (Strom) und des Rohrdurchmessers (mm) für die vorgesehene Stromleitung gemäss der elektrischen Leistung, die von der Ladestation gefordert wird. Die Masse sind Richtwerte und berücksichtigen ein B2-Baukonstruktion Elektrokabel in Rohr in Beton), und werden auf Basis des Typs und Installationsort neu eingearbeitet.

Zusätzlich zur Tabelle: Bei grossen Entfernungen zwischen den vorgesehenen Ladepunkten und dem Hauptverteiler wird die Installation einer elektrischen Schaltanlage an den Parkplätzen empfohlen, die für E-Fahrzeuge vorgesehen sind. Bei der Auslegung des Anschlusses zwischen Schaltanlage und Hauptverteiler muss die Möglichkeit berücksichtigt werden, dass alle Ladepunkte gleichzeitig angeschlossen werden. Gemeinsam mit dem Rohr oder Schiene für die Stromleitung ist ein Rohr zur Unterbringung der Kommunikation (Ø 25 mm) vorzusehen, das die Schaltanlage mit dem Hauptverteiler verbindet. Für die Anwenderklasse «Parkplätze für Kurzaufenthalter auf der Durchreise» ist, aufgrund der benötigten hohen Leistungen, die Einrichtung einer sekundären Schaltanlage zwingend.

Generell wird empfohlen auch die Photovoltaik-Vorbereitung mit Speicher vorzusehen:

- Den nötigen Platz für die Unterbringung der Pufferbatterie und der Energieumwandlungssysteme (Umrichter usw.) sowie für das Anschlussrohr Technikraum-Dach vorsehen. Die Dimensionierung muss sich nach dem Gebäude und den Abmessungen der installierbaren Photovoltaikanlage richten.
- Genügend Breite der Zugänge/Türen, für den Durchgang der Batterien, vorsehen.

Im Fall, dass die Einrichtung einer Ladestation kurzfristig vorgesehen ist, werden nachstehende Grundvorbereitungen je nach Ladestationstyp vorgeschlagen:

- Bei einer Wall Box: Aufputz-Kästen mit einer Platte anbringen, um das Eindringen von Staub/Wasser zu vermeiden.
- Bei einer Säule-Ladestation: Installation eines Schachts zum Abdecken der Leitungen am vorgesehenen Punkt für die Ladestation.
- Bei einer Kandelaber-Ladestation: Für Lichtkabel und Ladestationsversorgungskabel dimensionierte Rohre in die Erde verlegen.

Anmerkung zur Bidirektionalität:

Die Vorbereitung für die Installation von bidirektionalen Ladevorrichtungen wird automatisch durch das Vorhandensein eines Rohrs zur Unterbringung der Kommunikation zwischen Ladepunkt und Hauptverteiler bereitgestellt. Diese Kommunikationsmöglichkeit kann verwendet werden, um die Einspeisung der im Auto gespeicherten elektrischen Energie in das Stromnetz zu regeln.

5.4.2 Vorbereitungen für Ausbaustufe B

Zusätzlich zu den Vorbereitungen für die Ausbaustufe A muss der Anschluss an das Stromnetz dimensioniert werden, indem der benötigten Ladeleistung (s. Kap. 4.2 zur Berechnung) diejenige, die von anderen Nutzern benötigt ist, addiert wird.

5.4.3 Übersichtstabelle: Rohrdurchmesser

Tabelle 11 fasst die empfohlenen Rohrdurchmesser für die Stromleitung je nach Anschlussleistung der vorgesehenen Ladestation zusammen¹⁴.

Für die Kommunikationsleitungen wird die Installation von Rohren mit einem Ø von 25 mm empfohlen.

¹⁴ Der elektrische Anschlussstyp, welcher im Bereich der Schnellladung gebraucht wird, variiert je nach Ladestationstyp. In der Tabelle werden Beispiele von elektrischen Anschlüssen, welche verschiedene auf dem Markt erhältliche Schnellladestationen charakterisieren, aufgezeigt.

6. Ausbaustufen C1 und C2: Empfehlungen für die Erstellung der Stromversorgungsanlage

Hauptanliegen nachstehender Empfehlungen ist es, Empfehlungen für die Einrichtung der Versorgungsanlage der Ladepunkte zu geben, sodass das Gebäude den Ausbaustufen C1 oder C2 der SIA 2060 entspricht.

Die Übereinstimmung mit den SIA 2060-Ausbaustufen C1 oder C2 bedeutet, dass die Stromversorgungsleitungen an den Ladepunkten entworfen und installiert werden müssen. Dazu ist Folgendes notwendig:

- Wenn die vom Ladepunkt gefragte Höchstleistung bekannt ist, welche an Hand der berechneten Leistungen berechnet wird (s. Kap. 4.2), mit der Dimensionierung der Kabel und der elektrischen Schutzvorrichtungen fortzufahren, gleich wie bei anderen elektrischen Geräten.
- Die Versorgungsart der Ladestation zu wählen.
- Zu entscheiden, wie die Ladepunkte mit Strom versorgt werden.
- Zu definieren, wie die elektrische Anlage für den Anschluss der Ladestationen einzurichten ist.

Mit Ausnahme der elektrischen Anlage, die den Normanforderungen entsprechen muss, sind für alle anderen Aspekte mehrere Lösungen möglich, die nachstehend als Empfehlungen zusammengefasst sind.

6.1 Wahl der Versorgungsart der Ladestationen

Es gibt drei Arten die Ladestation mit dem Versorgungsnetz zu verbinden:

- Fix.
- Mittels Stecker und fixer Steckdose.
- Mittels an der Wand befestigte Rückplatten, welche sowohl die elektrischen wie mechanischen Anschlüsse der Ladestation enthalten.

Je nach Lösung ist der Anschlusspunkt (Abb. 46) zwischen Fahrzeug und Netz/Ladestation von der NIN 2020 (7.22.2.2) als der Punkt bezeichnet, in dem ein E-Fahrzeug mit einer festen Einrichtung verbunden wird. Also stimmt dieser überein mit dem:

- Steckverbinder zwischen Fahrzeug und Ladestation, wenn die Ladestationen fest mit dem Netz verbunden sind.
- Steckverbinder zwischen Ladestation und Netz, wenn die Ladestation mittels Stecker mit einer festen Steckdose verbunden ist (Abb. 30 u. Abb. 45).

Die Wahl des Anschlusspunktes wird individuell bewertet und hat eine Auswirkung auf die Anforderungen der elektrischen Anlage wie in Kap. 6.2 gezeigt.

Tabelle 12 vergleicht die 3 Lösungen gemäss den unterschiedlichen Anforderungen.

Aus der Tabelle geht hervor, dass sich 1. und 3. Lösungen besonders in nachstehenden Fällen eignen:

- Wenn nicht vorgesehen wird, die Ladestation zu ersetzen.
- In öffentlichen Bereichen oder in Kontexten, in denen einer freizugängliche Steckdose nicht zu empfehlen ist.

		Mechanischer Wandanschluss	
		Fest	Mobil
Elektrischer Netzanschluss	Fest	<p>Wall Box (Mode 3)</p>	<p>Nonsense</p>
	Mobil	<p>Plug&Play Ladevorrichtung (Mode "2,7")</p>	<p>Notfallladung (Mode 2)</p>

Abb. 46: Mobil- und Festanschluss.



Abb. 47: Vorrichtung für eine spätere Ladestation mit CEE-Stecker und LAN-Verbindung. Optimale Lösung für die Einfügung der Ladestation in ein Lademanagement- und/oder Zugangs- und Zahlungssystem.

Abb. 48: Abschliessbare CEE Steckdose für den halböffentlichen Bereich.



Abb. 49: Beispiel von Adaptern die mit Schutzvorrichtung ausgestattet sind.

Die 2. Lösung ist vor allem an privaten Standorten besonders angebracht, in denen die Einrichtungsflexibilität bevorzugt wird. Diese Lösung, plug&play genannt, wird vom TCS Schweiz empfohlen und aktiv unterstützt (Anhang 1).

Auch die 3. Lösung erlaubt einen einfachen und schnellen Ersatz der Ladestation bei Ausfall, Mieterwechsel oder Wechsel zu einer mehr oder weniger leistungsstarken Ladestation. Bei den Rückplatten handelt es sich jedoch um proprietäre Lösungen, wie z. B. ZapCharger Pro (Abb. 50) und easee (Abb. 51, Fallbeispiel Kap. 10.2.1), welche die Flexibilität mit Hinblick auf die Zukunft einschränken.

Im Falle eines Verbindungspunkts mit festem Anschluss (durch Steckverbindung) wird empfohlen: Industrielle Steckdosen Typ EN60309 (CEE Steckdose) zu benutzen.

- Die Option einer dreiphasigen CEE Steckdose abzuschätzen auch wenn das zu ladende Fahrzeug nur

eine Phase benötigt – um eine flexiblere Einrichtung zu gewährleisten, falls ein Fahrzeugwechsel eintreten sollte.

- Immer Ladestationen wählen, die über eine mit der EN60309-Wandsteckdose kompatible EN60309-Steckverbindung verfügen.
- Zwischen Steckverbinder der Ladestation und Wandsteckdose nie Adapter verwenden. Insbesondere sind Adapter verboten, welche seitens Ladestation eine höhere Leistung als auf Netzseite verfügen, es sei denn, diese haben eine eingebaute Sicherheitseinrichtung (Abb. 49)¹⁵.
- Hat die Wandsteckdose z.B. eine Leistung von 16 A und die Ladestation einen Steckverbinder von 32 A, so kann man einen Adapter verwenden. Dieser muss jedoch mit einer Schutzvorrichtung ausgestattet sein. Um ein Fahrzeug zu laden ist es also notwendig, beim jetzigen Stand, die maximale Leistungsstärke der Ladestation auf 16 A zu begrenzen.

	Fixanschluss	Mit Stecker an einer fixen Steckdose	Mit Rückplatte
Ersatz der Ladestation	=	++	+
Hinzufügen von zusätzlichen Ladestationen	=	+	+
Möglichkeit Ladestationen unterschiedlicher Hersteller einzusetzen	JA	JA	NEIN
Bei Ladestationsausfall Möglichkeit ein Mode-2-Kabel einzusetzen.	NEIN	JA	NEIN
Möglichkeit einer irrtümlichen Unterbrechung der Verbindung	NEIN	JA, jedoch vermeidbar mittels mechanischen Schlosses.	NEIN
Möglichkeit einer Unterbrechung der Verbindung unter Last	NEIN	JA, jedoch vermeidbar mittels CEE-Steckdose mit Verschluss (Fig. 48).	NEIN
Möglichkeit Lastmanagement-Systeme Dritter einzusetzen.	JA	JA	NEIN

Tabelle 12

¹⁵ Laut Urteil des bundesstaatlichen Verwaltungsgerichtes vom 13.07.2016.



Abb. 50: Lösung mit Befestigungsplatte (Quelle: NovaVolt).



Abb. 51: Skalierbare Installation in einer Tiefgarage mit easee Stationen basierend auf Rückplatten (Quelle: ewz).

6.2 Erstellung der Stromversorgungsanlage

Bei jeder Art von Anschlusspunkt muss die Stromversorgungsanlage die Anforderungen der Tabelle 13 erfüllen. Der Fehlerstromschutz kann im Stromversorgungskreis und/oder in der Ladestation angebracht sein. Tabelle 14 zeigt die Mindestanforderungen auf.

Bei vorhanden sein von internen und externen FIs muss die Sensibilität des Verbindungspunkt schützenden FIs mit demjenigen der Ladestation kompatibel sein. Um die Asymmetrie der Phasen-Belastung nicht zu gross werden zu lassen, ist ein Stromunterschied von mehr als 16 A zwischen den Phasen in der Schweiz verboten und somit ist es untersagt Geräte und Autos, die einphasig mehr als 16 A beziehen, einzusetzen. Da jedoch in der Schweiz auch ausländische Autos verkehren (welche z.B. mit 32 A einphasig laden), muss die erwähnte Einschränkung durch die Ladestationen er-

folgen. Wenn es gilt mehrere Ladepunkte zu versorgen, ist die Symmetrierung der Phasenströme zwingend erforderlich, z.B. bei Mehrfamilienhäusern, Flottenpark-plätze, öffentliche Parkanlagen usw. Werden mehrere einphasig ladende Fahrzeuge gleichzeitig geladen, bestehen grundsätzlich zwei Optionen:

1. Einsatz einer Ladelösung mit integriertem dynamischem Phasenausgleich.
2. Fixer und alternierender Anschluss von einphasigen Ladestationen, d.h. der erste Ladepunkt wird von L1 versorgt, der Zweite von L2, der Dritte von L3, der Vierte von L1 und so weiter.

Die zweite Option hat den Nachteil, dass es bei zufällig ungünstigem Parkverhalten (z.B. ein Auto auf jedem dritten Parkplatz) trotz alterniert angeschlossenen Ladestationen zu hohen Schiefasten kommen kann.

Anforderung	Ref. NIN 2020	Umsetzung
Der Anschlusspunkt muss immer durch eine separate Leitung versorgt werden.	7.22.3.1.4	Diese Leitung kann realisiert werden, in dem z.B. jeder Ladepunkt entweder direkt an die Schalttafel, Sammelschiene oder Flachkabel angeschlossen wird (in diesem Fall begrenzt auf 63A pro Phase).
Der Anschlusspunkt muss immer vor Überstrom und Fehlerstrom geschützt sein, FI mit mindestens = 30 mA.	7.22.5.3.1	Wenn ein Fahrzeug über einen dedizierten Stecker mit Strom versorgt wird (s. Kap. 2.1), muss ein Gleichstromfehlerschutz hinzugefügt werden.
		FI Typ B, oder FI Typ A verbunden mit einem Schutzsystem, welches bei DC > 6 mA Fehlerstrom eine Verbindungsunterbrechung gewährleistet.
Die Versorgungsleitung muss zwingend die eigenen Sicherheitseinrichtungen haben.	7.22.5.3.3	-

Tabelle 13

Verbindung der Ladestation an die Stromversorgungsanlage	Ladestation zum Laden von 1 Fhgz pro Mal	Mehr als 1 Fhgz pro Mal
Fix oder mit Rückplatte	FI intern oder auf der Stromleitung	FI intern für jeden Steckverbinder
Mit Steckverbinder	FI auf der Stromleitung	FI auf der Stromleitung und in jedem Steckverbinder

Tabelle 14

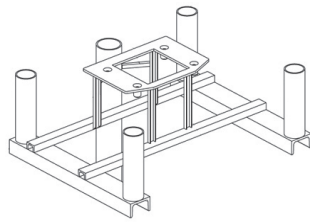


Abb. 52: Vorbereitung eines Ladepunkts, bei dem das Fundament opi2020 im Stahlbeton-Fundament integriert wurde. Die Rohre ermöglichen eine problemlose Installation der Schutzbügel und des Hinweisschilds. Für die Verwendung von opi2020 muss die Befestigungsplatte der Ladestation die passenden Bohrungen aufweisen. Wenn eine Station dieses Merkmal nicht aufweist, kann die Installation mit einer Adapter-Zwischenplatte erfolgen. Als Alternative kann auch ein geeignetes Fundament für die ausgewählte Station entworfen werden.

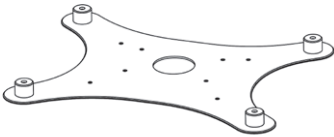


Abb. 53: Beispiel einer Befestigungsplatte mit Anschlüssen für Schutzbügel, eine einfachere Lösung für die Installation in Umgebungen, in denen kein Fundament verwendet werden kann.

6.3 Einrichtung der Ladestationen

6.3.1 Wall Box-Ladestation

Um den Anschlusspunkt der Station einfacher nutzen zu können, sollte er auf einer Höhe zwischen 1 m und 1.60 m (insbesondere bei Modellen mit Bildschirm) über dem Boden eingeplant werden. Zudem sollte der Anschlusspunkt mit zwei Aufputzkästen ausgestattet werden, einer für das Rohr zur Aufnahme der Stromleitung und einer für das Rohr zur Unterbringung der Kommunikation. Für die SIA 2060-Ausbaustufe C2 die Installation von Steckdosen, Rückplatten oder Anschlussdosen (s. Kap. 6.1) vorsehen, je nach technischen Spezifikationen der zu installierenden Wall Box-Ladestation.

6.3.2 Säule-Ladestation

Die empfohlene Installationsposition ist in den Empfehlungen bezüglich Auslegung der Parkplätze in den verschiedenen Kategorien enthalten. Für die SIA 2060-Ausbaustufe C Es wird empfohlen zusätzlich ein geeignetes Fundament als Schutzvorrichtung gegen Stöße vorzusehen, wenn die Installation der Ladestation nicht kurzfristig erfolgt. Es wird empfohlen, ein Fundament des Typs opi2020¹⁶ oder auf jeden Fall ein Fundament zu verwenden, das nicht nur für die Befestigung der Ladestation, sondern auch der Schutzbügel und des Hinweisschilds vorbereitet ist (Abb. 52). Wenn es nicht möglich ist, ein Fundament anzulegen, und die Säule somit direkt auf dem Boden befestigt werden muss (beispielsweise für den Fall, dass die Installation in einer Garage, einem Parkhaus usw. erfolgt), wird die Verwendung einer Zwischenplatte empfohlen. Diese sollte über eine Anbringungsmöglichkeit für die Schutzbügel und ggf. auch für das Hinweisschild verfügen und wird zwischen Boden und Säule eingesetzt. Dabei handelt es sich um eine Lösung, mit der die Installation stark vereinfacht werden kann (Abb. 53).

6.3.3 Kandelaber-Ladestation

Die empfohlene Installationsposition ist in den Empfehlungen bezüglich Auslegung der Parkplätze in den verschiedenen Kategorien enthalten.

7. Ausbaustufe D: Empfehlungen für die Einrichtung von Ladestationen

Hauptanliegen der nachstehenden Empfehlungen ist es übereinstimmend mit der SIA 2060-Ausbaustufe D, Vorschläge für die Auswahl und das Management von Ladestationen in Gebäuden zu geben. Dieses Kapitel behandelt auch die Installation von Ladestationen in bestehenden Gebäuden.

Die Einhaltung der Ausbaustufe D bedeutet die Ladestationen zu wählen und zu installieren. Dazu ist es notwendig:

- Die Anzahl, der zu installierenden Ladestationen zu definieren.
- Den Ladestationstyp zu wählen und den Standort zu definieren.
- Ein Lademanagement zu wählen.
- Ein Zugangs- und ggf. ein Zahlungssystem zu wählen, wenn der Ladestation-Zugang kontrolliert werden muss.
- Die Flächen zu markieren, die dem Laden gewidmet sind
- Wo erforderlich die entsprechenden Genehmigungen einzuholen bzw. zu beantragen.

7.1 Definition der Anzahl Ladestationen

Die Anzahl der mit einem Ladepunkt ausgestatteten Parkplätze und die Anzahl der in einem neuen Gebäude zu installierenden Ladestationen wird im Laufe der Zeit variieren, um der wachsenden Lade-Nachfrage gerecht zu werden. Wenn ein Gebäude bereits mit Ladepunkten ausgestattet werden soll, hängt die anfängliche Menge von verschiedenen Faktoren ab, z.B. von der Erfüllung eines unmittelbaren Bedarfs, da sofort schon eine bestimmte Anzahl von Elektrofahrzeugen geladen werden muss, von Marketing- und Imagegründen, um Kunden und Besuchern einen zusätzlichen Dienst anzubieten und von der Rentabilität der Investition. Das letztgenannte Kriterium gilt insbesondere für die Anwenderklasse «Parkplätze für Kurzaufenthalter auf der Durchreise», wo das Aufladen die Hauptaktivität darstellt. Aus all diesen Gründen ist es schwierig, eine empfohlene anfängliche Anzahl von Ladepunkten zu definieren. Daher wird, bei fehlender Angabe von Seiten des Bauherrn/Investors, empfohlen in einem Gebäude, die in der SIA 2060 vorgeschlagene Anzahl von Ladepunkten (Zielwert) zu installieren (Tabelle 15). Bitte beachten, dass die Anzahl der Ladestationen geringer als die Anzahl der mit einer Ladestation auszustattenden Parkplätze sein kann, wenn Stationen verwendet werden, die in der Lage sind, mehr als ein Fahrzeug gleichzeitig aufzuladen (s. Kap. 5.2).

Anwenderklassen (M1 u. N1)	Anzahl Parkplätze mit Ladepunkt
Parkplätze Bewohner (Einfamilienhaus)	1
Parkplätze Bewohner (Mehrfamilienhaus)	20%, mindestens 2
Parkplätze Flotten	Mindestens 2
Parkplätze Beschäftigte	20%, mindestens 2
Parkplätze Kunden/Besucher	Mindestens 2

Tabelle 15: Zielwert der einzurichtenden Ladepunkte.

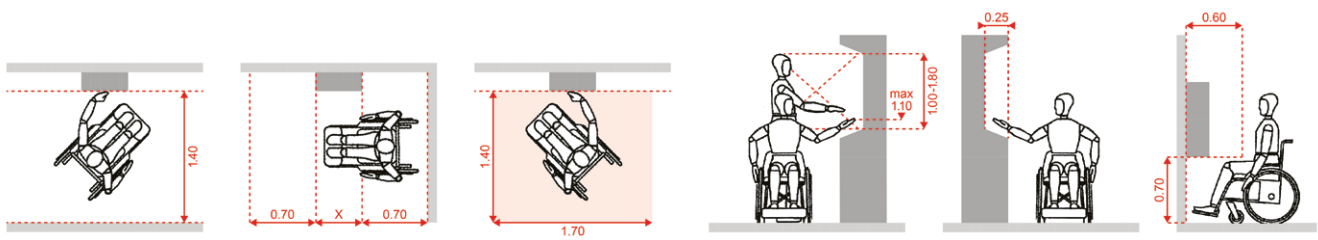


Abb. 54: Zugänglichkeit der Ladepunkte für Rollstuhlfahrer.

7.2 Wahl der Ladestation und Einbauposition

Mode 3- und mode 4-Ladestationen müssen alle dem gleichen technischen Standard entsprechen (der Normengruppe IEC 61851), daher werden in diesem Kapitel einige Hinweise gegeben, um bei den verschiedenen Herstelleroptionen durchzublicken, sowie einige Ratschläge zur Positionierung zu geben.

- Überall, wo die Möglichkeit besteht, sollten Ladestationen gewählt und installiert werden, bei denen die Benutzeroberfläche (bzw. Bedienelemente: Stecker/Steckdose, Schaltknöpfe und Bedienungsgeräte, wie Kartenleser usw.) auf einer Höhe zwischen 0,8 und 1,1 m vom Boden, eingerichtet ist. Bei der Ausstattung der Ladestation sollte auch darauf geachtet werden, dass der Weg zur Benutzeroberfläche seitlich hindernisfrei ist, wenigstens bis zu 0,7 m von der Benutzerfläche selbst auf eine oder beiden Seiten, wie von der SIA 500/SN 521 500 angegeben (Abb. 54). Diesbezüglich entsteht im Juni 2021 das Merkblatt der Schweizer Fachstelle Hindernisfreie Architektur¹⁷.
- Der Verband schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE) hat vorgeschlagen, die Fernsteuerung von neu installierten Ladestationen durch den Stromversorger ab 2022 verbindlich vorzuschreiben. Wenn es dem VES gelingt, diese Massnahme durchzusetzen, müssen Ladestationen ausgewählt werden, die über einen Relaiszugang (EIN/AUS) verfügen und in der Lage sind, auf ein Signal von diesem Eingang zu reagieren. Der Stromversorger installiert den eigenen Empfänger auf den Ladestationen, die mit einem zweiadrigen Kabel an den Empfänger angeschlossen sein müssen.

7.3 Energiemanagement

Sobald sich am gleichen Standort mehr als ein Ladepunkt befindet, wie in Kap. 4.1.1 erläutert, ist ein Lademanagementsystem notwendig. Auf dem Markt gibt es viele Lademanagementsysteme, welche oft von den Ladestation-Herstellern oder von unabhängigen Ladelösungsanbietern angeboten werden. Paragraph 11.1 enthält Vertiefungen über die Typologien und Funktionsweisen der verschiedenen Systeme.

Die erste Entscheidung, die getroffen werden muss, betrifft das Lastmanagement, ob dieses statisch oder dynamisch sein soll (Kap. 4.1.2). Deren Hauptmerkmale sind in Tabelle 16 verglichen.

Vergleichskriterien	Managementtyp	
	statisch	dynamisch
Einfachheit (= geringere Kosten)	+	-
Eigenverbrauch der vor Ort erzeugten photovoltaischen Energie	-	+
Bessere Nutzung der gesamtverfügbaren Leistung	-	+
Reaktion auf unvorhergesehene Belastungssituationen	-	+

Tabelle 16

Auch für andere Merkmale gibt es mehrere Möglichkeiten. In Tabelle 17 sind die meist empfohlenen zusammengefasst:

Eigenschaften	Empfohlene Option	Alternative
Laststeuerung	Durch Senkung der Leistung und/oder Programmierung der Ladebeginn-Zeiten	Mittels Thermostat-Logik (ein/aus)
Regulierung des Mindestleistungsniveaus	6 A pro Phase (d. h. etwa 1,4 kW Einphasensystem und 4,2 kW Dreiphasensystem)	0 A (s. Oben)
Automatische Regulierung der Phasenunsymmetrie	Vorhanden	Nicht vorhanden
Kommunikationsprotokoll für die Fernverbindung des Lastmanagements	OCPP	Proprietär
Assistenz im Falle einer Fernverbindung	24/7	Keine

Tabelle 17

Falls eine Fernverbindung für das Lastmanagement gewählt wird, gelten folgende Empfehlungen:

Eigenschaften	Empfohlenste Option	Alternative
Kommunikationsprotokoll	OCPP	Proprietär
Assistenz	24/7	Keine oder zu Bürozeiten
Software-Update	Automatisch, ferngesteuert	Manuell

Tabelle 18

7.4 Energiemanagement mit PV-Anlage

Die Investitionskosten für Photovoltaik Anlagen (PVA) sind in den vergangenen Jahren erheblich gesunken. Gleichzeitig sinkt aber die Vergütung für die ins Netz zurück gelieferte überschüssige Energie. Dies macht den Eigenverbrauch des selbst produzierten Solarstroms wirtschaftlich attraktiv.

Optimierung des Eigenverbrauchs dank intelligenter Steuerungen

Um den Verbrauch der eigens erzeugten Solarenergie zu maximieren, empfiehlt sich der Einsatz eines Energiemanagementsystems. Dabei werden die die Stromproduktion und grosse Energieverbraucher wie beispielsweise Ladestationen für Elektrofahrzeuge, Wärmepumpen, Boiler, Waschmaschinen oder andere industrielle Geräte mit hohem Energiebedarf untereinander vernetzt und abhängig vom Energiebedarf und der aktuellen Energieerzeugung angesteuert. Statt eine Überproduktion ins Netz einzuspeisen, werden grosse Verbraucher mit eingeschaltet. Die Priorisierung erfolgt in Absprache mit dem Nutzer.

Bei Mehrparteiengebäuden ist die Nutzung von eigens erzeugtem Solarstrom nicht ganz so einfach, wie beim Einfamilienhaus. Wollen mehrere Parteien im Gebäude vom Solarstrom profitieren, beispielsweise weil alle in die PV-Anlage investiert haben, muss unter den Teilnehmern ein sogenannter Zusammenschluss zum Eigenverbrauch (ZEV) gebildet werden. Ein ZEV tritt gegenüber dem Elektrizitätswerk als ein einziger Verbraucher auf. Innerhalb des Gebäudes werden Stromverbräuche privat gemessen und abgerechnet. Durch die Elektrifizierung der Wärmeerzeugung und der Mobilität verschiebt sich der Stromverbrauch stark zu den Gebäuden. Photovoltaikanlagen auf Dächern

oder an Fassaden bringen die Stromproduktion zum Ort des Stromverbrauchs. Die Stromnetze werden anders belastet als noch vor wenigen Jahren. Das Ziel sollte deshalb sein, lokal produzierten Strom zeit- und ortsnah zu verbrauchen, um die Stromnetze so wenig wie möglich zusätzlich zu belasten.

Sowohl für eine Steuerung zur Eigenverbrauchsmaximierung als auch eine Energielösung für die Realisierung des ZEV ist es wichtig, den richtigen Dienstleister zu finden, der ein intelligentes und modular erweiterbares System anbietet¹⁸.

Der Markt bietet verschiedene Systeme an, z.B. Neovac, Invisia, Solarville, SEL¹⁹. Ein typisches System, wie das von SEL oder Invisia misst den Solarstrom, steuert den Eigenverbrauch sowie die Lastspitzen und erledigt die Abrechnung. Ziel dieser Systeme ist es, die Wirtschaftlichkeit der Investition in eine PV-Anlage zu erhöhen – insbesondere durch die Eigenverbrauchsmaximierung und auch durch das Senken von Lastspitzen. Die von SEL ausgerüsteten Anlagen erzielten bspw. Renditen zwischen zwei und acht Prozent und führten zu bis zu 25 Prozent tieferen Stromkosten für die Bewohnerinnen und Bewohner.

Kernstück dieser Lösungen ist die eigens entwickelte Software, die auf einem Server läuft. Dieser Server wird in die Hauptverteilung des Gebäudes eingebaut, ans Internet angeschlossen und mit den Energiezählern sowie den steuerbaren Energieverbrauchern verbunden. Nach erfolgreicher Programmierung läuft die Optimierung automatisch und wird periodisch überwacht.

¹⁸ www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/stromversorgung/strom-aus-erneuerbaren-energien/anschlussbedingungen-fuer-produzenten-von-elektrizitaet-aus-erneuerbaren-energien.html

¹⁹ Neovac, www.neovac.ch/de/abrechnen-optimieren/photovoltaikanlagen/eigenverbrauchsoptimierung.html; Invisia, www.invisia.ch/de/; Solarville www.solarville.ch/dienstleistungen/eigenverbrauchsgemeinschaft-zev/; Smart Energy Link, kurz SEL, www.smartenergylink.ch.



Abb. 55: Zugang zum Ladeprozess mit RFID – Alfen EVE Single Pro-Line (Quelle: Alfen).

7.5 Zugangs- und Zahlungsverwaltung

In einigen Fällen (beispielsweise im Fall von Mehrfamilienhäusern, Garagen für Flotten, privaten oder öffentlichen Parkplätzen) sollte die Installation eines Zugangs- und Zahlungssystems abgewogen werden, um nur den berechtigten Personen den Zugang zu gewähren und danach die genaue Abrechnung für die Ladung vorzunehmen (Abb. 55).

Tabelle 19 zeigt eine synthetische Übersicht der möglichen Zugangs- und Zahlungssysteme, Kap. 11.2 enthält hingegen Vertiefungen zu den verschiedenen Systemen. Nachstehende Paragraphen enthalten zusätzliche Empfehlungen für die Wahl von Zahlungssystemen bei Mehrfamilienhäusern und Eigentumswohnungen sowie öffentlich zugänglichen Parkplätzen.

	Zugangssysteme			Zahlungssysteme								
	Frei	Private RFID-Karte	Öffentliche RFID-Karte	Kostenlos	SMS	Private RFID-Karte	Öffentliche RFID-Karte	App	Kreditkarte	Bargeld	Ablesung Zähler	Andere Systeme
Einfamilienhäuser	●			● *								
Mehrfamilienhäuser oder Miethäuser	●	●				●					●	
Flottenparkplätze	●	●		● *		●						
Mitarbeiterparkplätze	●	●		●		●						
Öffentliche Parkplätze und Parkhäuser	●		●	●	●		●	●	●	●		●
Kundenparkplätze	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●
Autobahnrastätten			●		●		●	●	●	●		●

Tabelle 19: Mögliche Kombinationen zwischen Zugangs- und Zahlungssysteme und spezifische Kontexte.

* Die Verrechnung ist nicht unmittelbar, wird sondern erst in einem späteren Moment getätigt (z.B. mit der Verrechnung der Elektrizität).

7.5.1 Zugangs- und Zahlungsabwicklung bei Mehrfamilienhäusern/Miteigentümern

Die Verwaltung der Zahlungen kann gewährleistet werden durch:

- Die Verwaltung des Gebäudes.
- Einen E-Mobilitätsdienstleister (E-Mobility Provider EMP).

Je nachdem, wer die Zahlungen abwickelt, gibt es verschiedene Möglichkeiten der Energieablesung.

Es gibt keine optimalen Lösungen für alle Situationen: Tabelle 20 vergleicht die verschiedenen Optionen.

Zahlungsverwaltung	Optionen für die Energieablesung	Kosten für das Zahlungssystem	Einbindung der Verwaltung	Möglichkeit, ein einziges System zu haben (Energie-emanagement + Bezahlung)	Verwaltung von mehrstündigen Stromtarifen
Verwalter	Manuell	Gering	Hoch	Nein	Nein
	Automatisch	Hoch	Moderat	Nein	Möglich
EMP	Automatisch	Höher	Gar nicht	Ja	Möglich

Tabelle 20

Die verschiedenen Optionen haben auch technische Anforderungen, wie in Tabelle 21 dargestellt.

Optionen für die Energieablesung		Energieablesung durch	Standort des Zählers	Internetverbindung/ GSM der Ladestationen	Energieanzeige an der Ladestation
Manuell	Extern	Verwalter	Schalttafel	Nein	Notwendig
	Display der Ladestation	Verwalter	Ladestation	Nein	Notwendig
	App	Fahrzeugnutzer	Ladestation	Nein	Nicht notwendig
Automatisch	Fernzugriff	Verwalter oder EMP	Ladestation	Ja	Nicht notwendig

Tabelle 21

Unabhängig vom Standort des Zählers müssen diese mindestens MID (Measuring Instruments Directive) zertifiziert sein, um die Genauigkeit der Messungen zu garantieren.

Es ist zu beachten, dass eine Ladestation mit integriertem Zähler zwar mehr kostet, aber den Vorteil hat, dass Verbrauchsberechnung und Verwaltung der Ladevorgänge die gleiche Verbindungsleitung und das gleiche

Steuergerät teilen. Aus diesem Grund ist diese besonders angebracht, wenn die Verwaltung oder ein Dienstleister die Zahlungsabwicklung über Fernablesung betreibt. Eine Ladestation ohne integrierten Zähler ist preisgünstiger, es müssen jedoch die Kosten eines zusätzlichen externen Zählers dazugerechnet werden. Diese Lösung hat den Vorteil, dass die Stromabrechnung vom Lademanagement getrennt werden kann.

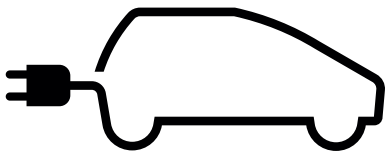


Abb. 56: Symbol "Ladestation"
(Quelle: SVV, Anhang 5.4.1).

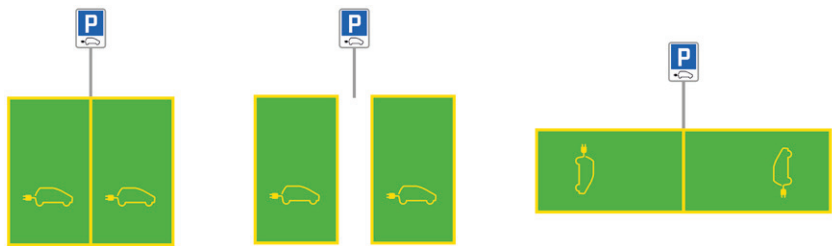


Abb. 57: Signalisierung wenn Parken erlaubt ist (Quelle: ASTRA).

7.5.2 Zugangs- und Zahlungsabwicklung im öffentlichen Bereich

Ein Zugangs- und Zahlungssystem sollte möglichst diskriminierungsfrei sein und eine hindernislose und kostengünstige Ladung ermöglichen. Deswegen sollte ein solches System:

- Einen Stromzähler integrieren, der entweder mindestens MID-zertifiziert ist oder eine gleichwertige Genauigkeit garantiert.
- Roaming auf Schweizer und internationaler Ebene mit den wichtigsten europäischen Ladenetzen anbieten, sodass auch in anderen Netzen geladen werden kann und dem gelegentlichen Benutzer, beispielsweise einem Touristen, auch die Möglichkeit geboten wird, diskriminierungsfrei zu laden.
- Möglichst niedrige Roaming-Kosten aufweisen, denn der Ladestation-Betreiber hat Interesse, dass eine möglichst grosse Anzahl Benutzer an seiner Ladestation ohne zusätzliche Kosten lädt.
- Möglichst viele Zahlungsmöglichkeiten erlauben (RFID-Karte, App, Kreditkarte mindestens über QR-Code).
- Erlauben die eigenen Tarife frei zu definieren. Einerseits um die flexible Handlung auf dem Markt zu ermöglichen (z.B. wenn die Konkurrenz eine Ladestation in der Nähe der eigenen einrichtet oder wenn der Standort speziell attraktiv ist und deswegen gewünscht wird, die eigenen Tarife zu reduzieren oder zu erhöhen) und andererseits um die eigenen Ziele optimal umzusetzen (z.B. zeitabhängige Tarife zugunsten eines schnelleren Benutzerwechsels).

7.6 Markierung und Signalisation der Ladeflächen

Der Bundesrat hat am 20. Mai 2020 Änderungen der Verkehrsregeln und Signalisationsvorschriften beschlossen, die per 1.1.2021 in Kraft getreten sind. Darin wird unter anderem eine spezielle Kennzeichnung von Abstellflächen mit Ladestationen für E-Fahrzeuge vorgesehen: "Für den ruhenden Verkehr wird neu das Symbol «Ladestation» (Abb. 56) geschaffen. Damit können Abstellflächen bezeichnet werden, die über eine Ladestation für Elektrofahrzeuge verfügen. Parkfelder mit Ladestationen für Elektrofahrzeuge können neu grün eingefärbt werden. Dies entspricht einem Anliegen des Parlaments (Motion der Grünliberalen Fraktion «Grüne Zonen für Elektrofahrzeuge», 17.4040) und soll es erleichtern, Ladestationen zu finden"²⁰.

Die rechtlichen Grundlagen für die Signalisierung und Markierung von Parkplätzen mit Ladestationen sind in Artikel 65, 79 und 79d der Signalisationsverordnung (SSV) enthalten. Demnach können Flächen mit Ladepunkten entweder als Parkierungsflächen oder als Parkverbotsflächen gekennzeichnet werden.

Die Berechtigung, entsprechend gekennzeichneten Flächen zu benutzen, beschränkt sich grundsätzlich auf die Zeit des Ladevorgangs des E-Fahrzeugs.

Auch in privaten Kontexten, insbesondere in Fällen (z.B. Kunden-/Besucherparkplätze, Mitarbeiterparkplätze, etc.), in denen Parkplätze nicht ausschliesslich einem Nutzer zugeordnet sind, empfiehlt es sich, die gleichen Farben und Symbole (Abb. 57 und Abb. 58) und die gleichen vertikalen Zeichen zu verwenden, um eine Homogenität mit den öffentlichen Strassenparkplätzen zu erreichen. Abbildung 57 zeigt eine Parkierungsfläche, während Abbildung 58 eine Parkverbotsfläche zeigt.

²⁰ Medienmitteilung vom 20.05.2020 des Bundesamtes für Strassen ASTRA, Bundesamt verabschiedet neue Verkehrsregeln und Signalisationsvorschriften, <https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/dokumentation/medienmitteilungen/anzeige-meldungen.msg-id-79193.html>

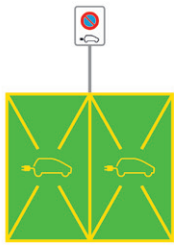


Abb. 58: Signalisation bei Parkverbot (exkl. E-Fahrzeuge während dem Ladevorgang) (Quelle: ASTRA).



Abb. 59: Kennezeichnung von alternativen Treibstoffen auf Raststätten und internationale Piktogramme.

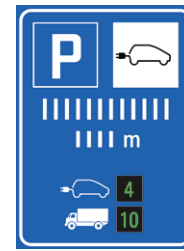


Abb. 60: Tafel mit Angabe Ladeplätze (Quelle: ASTRA).

In beiden Fällen wird zusätzlich zum Park- bzw. Verbotsschild eine ergänzende Tafel mit dem Ladestationssymbol (Abb. 58) angebracht, die deutlich darauf hinweist, dass das Parken nur für Fahrzeuge erlaubt ist, die gerade mit dem Ladevorgang beschäftigt sind.

Während in den früheren Ausgaben des Ratgebers empfohlen wurde, auf privatem Boden die Abstellfläche mit Ladestationen von >50kW-Leistung blau einzufärben, ist es jetzt angesichts der Vorschriften der neuen SSV nicht mehr angebracht, die Farbe der Flächen zu differenzieren.

Zur Kennzeichnung von Ladestationen auf Autobahnen und Nationalstrassen wird das internationale Piktogramm zur Kennzeichnung von alternativen Treibstoffen verwendet, welches aus dem Symbol "Tankstelle" (schwarz) und einer zurückversetzten Tanksäule in blauer Farbe besteht. Die beiden Tanksäulen werden mit der jeweils zutreffenden Buchstabenfolge (CNG, LPG, EV etc.) ergänzt, um anzuzeigen, welche Art von alternativem Treibstoff am betreffenden Ort angeboten wird (Abb. 59).

Darüber hinaus ist bei Rastplätzen mit dem Symbol "Ladestation" die Anzahl der Ladeplätze zwingend auf den Wegweiser-Tafeln anzuzeigen (Abb. 60).

7.7 Genehmigungen für die Installation einer Ladestation

Bei Einrichtung einer Ladestation müssen die Werkvorschriften des Verteilnetzbetreibers (VNB) eingehalten werden, die sich auf die Werkvorschriften Schweiz (WVCH) stützen. Unter Punkt 12 ist festgehalten, dass "bezüglich Meldewesen, Anschluss und Betrieb etc. die gleichen Bestimmungen wie für Verbraucheranlagen (Kap. 8) und Speicheranlagen (Kap. 11) sowie die Niederspannungs-Installationsnorm NIN 2020 (Kap. 7.22) gelten und ein technisches Anschlussgesuch (TAG) erfordern.

Werden mehrere Ladestationen an den gleichen Anschlusspunkt angeschlossen, wie es zumeist in Tiefgaragen auftritt, wird ein Lastmanagement nach den Vorgaben des VNB benötigt. Der Elektroinstallateur übernimmt die notwendigen Abstimmungen mit dem VNB.

Bei Mehrfamilienhäusern muss, wenn die Installation den Durchgang durch das Gemeinschaftseigentum und/oder den Anschluss an den Gemeinschaftszähler erfordert, die Zustimmung der Stockwerkeigentümergemeinschaft eingeholt werden (Kap. 8).

Als Mieter eines Parkplatzes muss mit dem Parkplatzbesitzer eine Lösung gefunden werden. Ein Anrecht auf den Anschluss einer Ladestation besteht nicht und von der eigenmächtigen Nutzung einer Steckdose mit Allgemeinstrom in der Tiefgarage wird dringend abgeraten.

8. Empfehlungen für die Erstellung von Ladepunkten in bestehenden Gebäuden

Was in den vorangegangenen Kapiteln erläutert wurde, kann auch bei der Installation von Ladestationen in bestehenden Gebäuden angewendet werden. Dieses Kapitel zeigt, wie die Empfehlungen in dieser Situation anzuwenden sind.

Die Anzahl elektrischer Fahrzeuge nimmt sehr schnell zu (Abb. 1). Die zuverlässigsten Prognosen (z. B. die Szenarien von Swiss eMobility und Protoscar²¹) gehen davon aus, dass der Anteil Stecker-Fahrzeuge im Jahr 2030 zwischen 45 %- 60 % liegen wird, mit der Aussicht auf eine vollständige Elektrifizierung der Fahrzeugflotte bis 2050.

Demnach wird davon ausgegangen, dass, wenn in einem Mehrfamilienhaus anfänglich nur ein Eigentümer/Mieter ein aufladbares Fahrzeug fährt, diese Anzahl rasch steigen wird. Das Gleiche gilt auch für andere Anwenderklassen. Für Umgebungen, die in den nächsten 10-20 Jahren keine radikale Umstrukturierung/Renovation der Parkplätze erleben werden, wird im Allgemeinen empfohlen, auch wenn nur die Einrichtung einer Ladestation beantragt wird, langfristige Überlegungen anzustellen, d.h.:

- Die die nötigen Eingriffe so zu tätigen, dass diese die künftige Einrichtung zusätzlicher Ladepunkte ermöglichen (Abb. 61). Die Stromversorgung der Ladestationen durch Anschluss an Sammelschienen oder Flachkabel (letztere sind auf einen maximalen Strom von 63 A pro Phase begrenzt) ist dank ihrer Flexibilität und Modularität besonders geeignet.
- Bei grossen Entfernungen zwischen dem vorgesehenen Ladepunkt und dem Hauptverteiler oder ohnehin bei Platzmangel im Hauptverteiler, wird in der Nähe der Ladeplätze die Einrichtung einer sekundären Schaltanlage empfohlen. Es muss dabei bei jedem Ladepunkt der notwendige Raum für einen Zähler (Privatzähler) und wenn notwendig auch für die Schutzvorrichtungen der Leitung berücksichtigt werden. Gemeinsam mit den Rohren/Kanälen für die Stromleitung ist zur Unterbringung der Kommunikation auch ein Verbindungsrohr zwischen Schaltanlage und Hauptverteiler vorzusehen.
- Falls die Einrichtung einer sekundären Schaltanlage sinnvoll ist, ist diese mit dem notwendigen Raum für alle Zähler, wenn diese notwendig sind (bspw. in einem Mehrfamilienhaus in dem die Ladepunkte vom gemeinschaftlichen Zähler gespeist werden) und Schutzvorrichtungen der Leitung vorzusehen, damit alle Parkplätze mit einem Ladepunkt ausgestattet werden können. Bei der Auslegung des Anschlusses zwischen sekundärer Schaltanlage und Hauptverteiler müssen Rohre oder Kanäle schon di-

²¹ https://www.swiss-emobility.ch/de-wAssets/docs/SwisseMobility_Szenario_2035_quer_interaktiv_e6.pdf

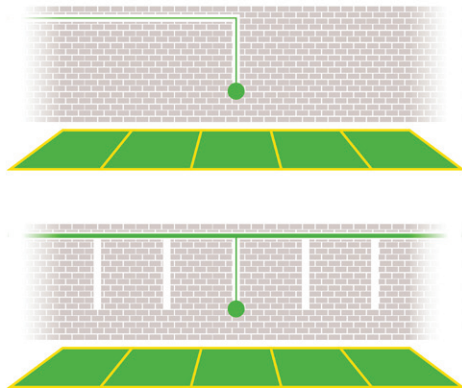


Abb. 61: Statt nur einen Parkplatz auszustatten (oben) wird ein Kanal/Rohr vorbereitet, der alle Parkplätze versorgen kann (unten).

mensioniert sein, um den gleichzeitigen Anschluss aller Ladepunkte zu ermöglichen.

- Bei der Dimensionierung der Rohre oder Kanäle für die Verteilung von der Haupt- oder Sekundärschaltanlage zu den Abgängen für die einzelnen Ladepunkte; von der Hauptschaltanlage zu den Sekundärschaltanlagen, von der Hauptschaltanlage zum Übergabeort die Anzahl der künftig einzurichtenden Ladepunkte berücksichtigen.
- Rohre oder Kanäle für elektrische Leitungen, welche die Hauptverteilung des Gebäudes/Sekundärschaltanlage mit den einzelnen Ladepunkten verbinden, auf 3L+N+PE (3x16 A) Kabel ausmessen, auch wenn anfänglich nur ein L+N+PE (1x16 A) Kabel benötigt wird. So folgt aus einer allfälligen Erhöhung der Ladeleistung nur der Ersatz des Kabels und der Schutzvorrichtungen statt des Wiederaufbaus der ganzen Leitung.
- Nebst den Rohren oder Kanäle für die Stromversorgung müssen Verbindungsrohre verlegt werden, um die Kommunikation zwischen Wohnungsverteiler und Ladepunkt zu ermöglichen.
- Ab sofort geeignete Lösungen für die Regulierung der Ladevorgänge (Kap. 7.3) wählen.

Für die Einrichtung eines Ladepunktes s. Erläuterungen in Kap. 6. Für das Layout und der Markierung der Ladeplätze s. Kap. 5.3 u. 7.6, 7.2 für die Wahl der Ladestation u. 7.7 bezüglich Genehmigungen. Bei Mehrfamilienhäusern müssen einige Besonderheiten berücksichtigt werden, die in nachstehenden Paragraphen eingehend behandelt werden.

Mehrfamilienhäuser und Eigentumswohnanlagen

Die Einrichtung einer oder mehrerer Ladestationen in einem Mehrfamilienhaus erfordert üblicherweise einen Eingriff auf den gemeinschaftlichen Teilen. Da Stockwerkeigentümer-Reglemente die Benutzung oder Belegung gemeinschaftlicher Teile auch nur zeitweise verbieten, muss die Genehmigung der Miteigentümer eingeholt werden. Dies ist ein kritischer Aspekt, denn solange diesbezüglich keine Änderungen in der gängigen Gesetzgebung vorgenommen werden, kann die Einsprache einer Eigentümerversammlung, die Anschaffung bzw. die Installation von Ladestationen verhindern.

Um die Zustimmung der Versammlung zu erlangen, wird dem Miteigentümer, der für sich oder für seinen Mieter, eine Ladestation einrichten möchte, empfohlen:

- Die Miteigentümer und die Verwaltung detailliert und umfassend über die Art des Eingriffes zu informieren. In der Annahme, dass die Energie von einem gemeinschaftlichen Zähler entnommen wird, sofort auch ein separates Zahlungssystem aufweisen.
- Versuchen die restlichen Eigentümer zu überzeugen, wenigstens an der Vorbereitung (Schaltanlage, Rohre/Kanäle der gemeinschaftlichen Teile) für die künftige Installation anderer Ladestationen teilzunehmen, mit dem Ziel die Kosten aufzuteilen (Abb. 61). Folgende Argumente können eingesetzt werden:

- Bevorstehendes, exponentielle Wachstum des elektrifizierten Fahrzeugbestands²². Viele Beispiele können diese Aussage bekräftigen: die Entwicklung des Schweizer Marktes z.B. (Abb. 1), die neuen Produkte in allen Fahrzeugsegmenten und das Bekenntnis der grössten Fahrzeughersteller weltweit zur Elektromobilität sowie die gesetzlichen Rahmenbedingungen im Bereich der CO₂ Steuern, die Initiativen vieler Regierungen den Verkauf von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor zu verbieten, die Programme der Automobilhersteller und die zusätzlichen Vorteile der Elektro-

mobilität ökologischer Art beim Betrieb mit nachhaltig produziertem Strom sowie weitere Anreize von örtlichen Behörden.

- Geldeinsparung: werden sämtliche Arbeiten zusammen erledigt, wird viel Geld gespart (Kostenvoranschlag vom Installateur/Elektriker vorlegen).
- Aufwertung des Eigentums, weil man sich auf den künftigen Standard der neuen Bauwerke vorbereitet sowie es heute mit dem Minergie-Standard geschieht.
- Abrechnungssysteme und Kontrollsysteme der Ladevorgänge sind schon auf dem Markt erhältlich und erprobt.
- Der Verwaltung vergegenwärtigen, dass:
 - Abrechnungssysteme (Kap. 7.4) für den Stromverbrauch erhältlich sind, die sehr wenig Einsatz fordern.
 - Angesichts der Unvermeidbarkeit der Elektrifizierung ist es im Interesse der Verwaltung ist sich an der Suche von den besten möglichen Lösungen zu beteiligen. Die Elektromobilität wird immer mehr in deren Fachgebiet eindringen²³.
- Generell gibt es beim Anschluss und Fakturierung der Energie zwei Möglichkeiten:
 - Die Energieversorgung der Ladestationen kann direkt über den Anschluss an den Zähler des einzelnen Eigentümers/Mieters erfolgen.
 - Die Ladestationen werden von einem gemeinsamen Zähler mit Strom versorgt.

In beiden Fällen wird empfohlen, die Rohre oder Kanäle, welche gemeinschaftliche Teile durchqueren und eventuell auch von anderen Miteigentümern/Mieter genutzt werden könnten, so zu dimensionieren, dass diese auch zusätzliche Leitungen (Versorgung und Kommunikation) enthalten können, um alle Parkplätze mit Ladepunkte ausstatten zu können (Abb. 61).

Im ersten Fall ist es nicht notwendig, einen Zähler vorzusehen, da die vom Ladepunkt verbrauchte Energie

direkt vom Hauptzähler des Wohnhauses gemessen wird. Wenn der Eigentümer/Mieter jedoch den Eigenverbrauch (den Verbrauchsanteil seines Fahrzeuges) kennen möchte, gibt es Ladestationen mit integriertem Verbrauchsmesser. Auch ein eventuelles Lademanagement hängt von der einzelnen Wohnung ab, demnach präsentiert sich das Schaltbild der Verbindung wie in den Beispielen in Anhang 3 (Schema C, D u. I) dargestellt. Im Fall der Versorgung mittels gemeinschaftlicher Zähler, wird empfohlen, da die Eigentümer wechseln können, die Möglichkeit zu erwägen, Ladestationen zu verwenden, die nicht fest, sondern mittels eines industriellen Steckverbindingssystems (Kap. 6.1) mit der Elektroanlage verbunden sind. So kann der Eigentümer/Mieter die Ladestation leicht mitnehmen und in einem neuen Haus verwenden.

Es ist in diesem Fall notwendig, ein Abrechnungssystem für den Stromverbrauch vorzusehen (Kap. 7.5). In den Anhängen 3 (Schemata E bis H), 4 und 5 werden Beispiele von Elektroanlagen mit Positionierung des Zählers an der Haupt-/Sekundären Schaltanlage oder neben der Ladestation dargestellt.

²³ Diesbezüglich auch das Dokument nachschlagen "Sie wollen für Ihr Auto Ladeinfrastrukturen im Mietverhältnis oder Stockwerkeigentum erstellen?" herausgegeben von Swiss eMobility (Seiten 88-89).

9. Anwendungsbeispiele

Nachstehend werden einige Anwendungsbeispiele der in den Kapitel 6 und 7 erläuterten Empfehlungen präsentiert.

Die Beispiele befassen sich mit folgenden vier Anwenderklassen: Parkplätze für Bewohner eines Einfamilienhauses, Parkplätze für Bewohner eines Mehrfamilienhauses, Parkplätze für Besucher oder Kunden, Parkplätze für Fahrräder. Was für die Anwenderklassen «Mehrfamilienhaus- und Besucher/Kunden-Parkplätze» angewandt wird, kann auch für die Anwenderklassen «Mitarbeiter- oder Firmenflotten-Parkplätze» gelten. Das Installationsschema der Ladestationen Ladebetriebsart (mode) 4 des Kap. 9.3 hingegen kann für die Anwenderklasse «Kurzaufenthalter auf der Durchreise», die in erster Linie das Ziel haben, möglichst rasch ihr Auto zu laden und dann weiterzufahren, angewandt werden. Auch die Kategorie öffentliche Parkplätze kann sich auf Kap. 9.3 beziehen.

Die bereitgestellten Beispiele und Daten haben den Zweck, eine mögliche Anwendung der Empfehlungen in den verschiedenen Kategorien zu zeigen. Sie zeigen auch wie man sich heute schon (Abb. 62 u. 63) für die kurzfristigen (Abb. 64 u. 65) und langfristigen (Abb. 66 u. 67) Ladebedürfnisse vorbereiten kann. Die Beispiele wurden nicht konzipiert, um direkt auf spezifische Fälle angewendet werden zu können.

9.1 Parkplätze für Bewohner eines Einfamilienhauses mit Photovoltaikanlage und Speicher

Beschreibung

Beispiel für die Integration der Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge in einem Einfamilienhaus, das mit einer Photovoltaikanlage mit Speicher ausgestattet ist. Bei der Vorbereitung der Photovoltaikanlage muss besonders auf die Verbindung zwischen Dach/Standort Solarpanele und Umrichter-/Batterieraum geachtet werden. Die Dimensionierung des technischen Raums ist von der Dimensionierung der zu installierenden Photovoltaikanlage abhängig.

Beispiel: Anhänge 2 (A, B).

9.2 Parkplätze für Bewohner einer Eigentumswohnanlage/Mehrfamilienhaus mit Photovoltaikanlage und Speicher

Beschreibung

Beispiel für die Integration der Ladeinfrastruktur für Elektroautos in einer Eigentumswohnanlage, die mit einer Photovoltaikanlage mit Speicher ausgestattet ist. In diesem Fall wird für jeden Hausbewohner ein Ladepunkt bereitgestellt und die verbrauchte Energie wird gemeinsam mit allen anderen Verbräuchen durch den Hauptzähler der Wohnung abgerechnet. Bei der Vorbereitung der Photovoltaikanlage muss besonders auf die Verbindung zwischen Dach/Standort Solarpanele und Umrichter-/Batterieraum geachtet werden. Die Dimensionierung des technischen Raums ist von der Dimensionierung der zu installierenden Photovoltaikanlage abhängig. Angesichts der Tatsache, dass generell in einer Eigentumswohnanlage der Eigentümer der Photovoltaikanlage nicht mit dem Benutzer übereinstimmt, wird empfohlen, das System mit Zähler zur Messung der erzeugten Solarenergie auszustatten.

Beispiel: Anhänge 3 (C, D, E, F, G, H, I).

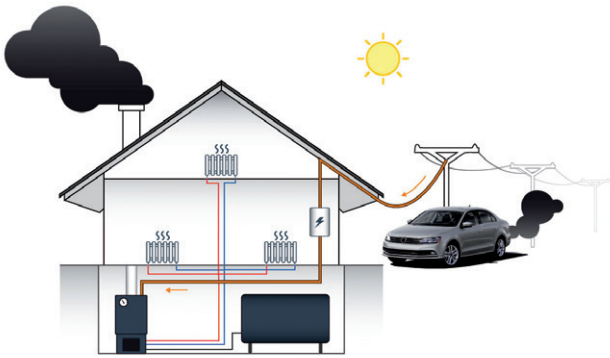


Abb. 62: Gestern Haus und Auto waren komplett getrennte Welten, beide verbrannten Erdöl (in unterschiedlichen Formen).

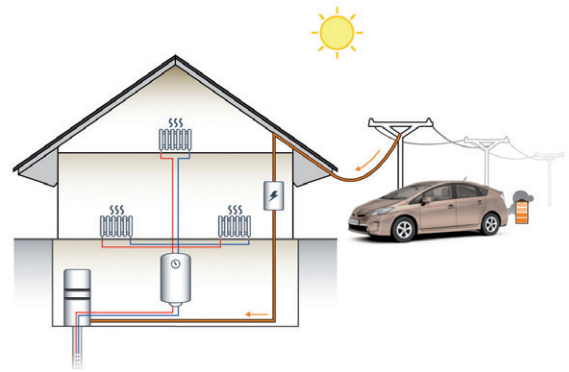


Abb. 63: Heute Haus und Hybrid-Auto sind immer noch getrennte Welten.

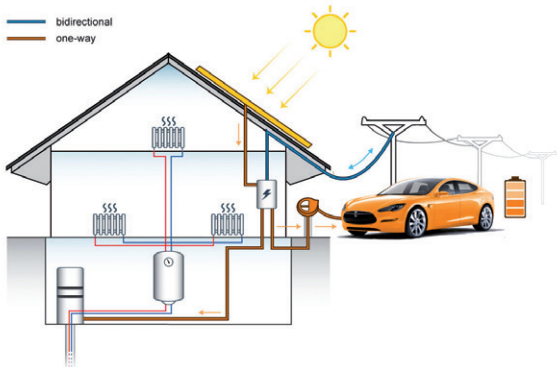


Abb. 64: Bei Plug-in-Autos wird das Haus jedoch zur Tankstelle.

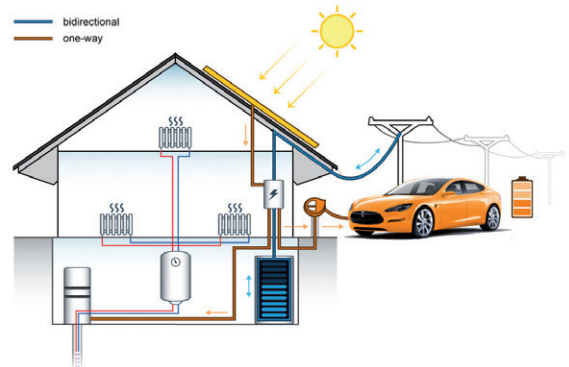


Abb. 65: Morgen Pufferspeicher optimieren das System sowohl energetisch als auch ökonomisch.

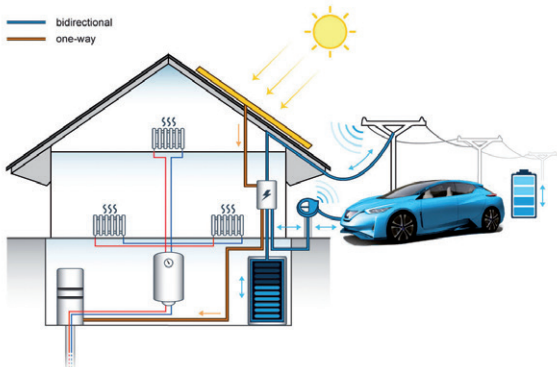


Abb. 66: ...auch mit bidirektional ladenden Plug-in-Autos.

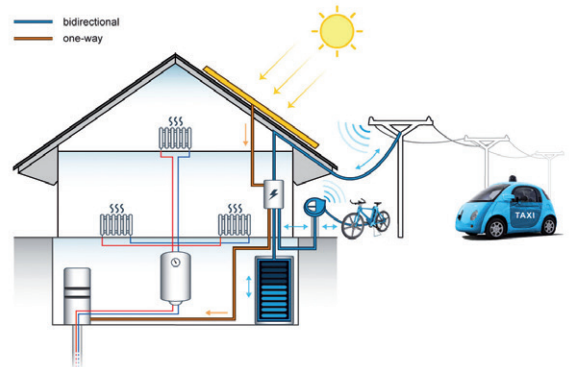


Abb. 67: In zwei bis vier Jahrzehnten Vielleicht ist dann das eigene Auto mehr ein "mobiler Energiespeicher" als ein Verkehrsmittel. Ein Auto ist statistisch für über 23 Std/Tag geparkt und ist deswegen mehr ein "Stehzeug" als ein Fahrzeug.

9.3 Parkplätze für Besucher oder Kunden

Beschreibung

Das Beispiel umfasst Ladepunkte für Automobile mit beschleunigter Ladebetriebsart Mode 3 und Express-Ladebetriebsart Mode 4 und eine Station für 2 vierrädrige Leichtfahrzeuge und einem Motorrad. Ausserdem wird auch die Installation einer Schaltanlage vorgestellt, die andere Ladestationen versorgt, um an verschiedenen Standorten laden zu können.

Beispiel: Anhang 4 (L).

9.4 Parkplätze für E-Bikes

Beschreibung

Beispiel für die Installation einer öffentlichen Station mit 4 Ladefächern für E-Bikes.

Beispiel: Anhang 5 (M).

10. Fallbeispiele

Dank unserer Partner werden in diesem Kapitel praktische Anwendungen der Kapitelinhalte 4 u. 5 gezeigt. Die Beispiele zeigen die Vorbereitungsstufe für die künftige Einrichtung der Ladeinfrastruktur, die Gestaltung der Elektroinstallationen, die Einrichtung der Ladestationen, die Wahl des Lastmanagements, der Zugangs- und Zahlungssysteme. Sie belegen die SIA 2060-Ausbaustufen A, C1, C2 und D. Auch ein konkretes Beispiel des innovativen Konzepts der bidirektionalen Ladung wird präsentiert.

10.1 Mehrfamilienhäuser und Eigentumswohnungen

10.1.1 Areal Suurstoffi – Rotkreuz ZG 2021

Beschreibung der Lage

Die Überbauung Suurstoffi befindet sich in Rotkreuz ZG. Im Endausbau wird die Suurstoffi Raum für rund 1'500 Bewohner, gegen 2'000 Studierende und über 2'500 Arbeitsplätze bieten.

Ladelösung und technische Ausrüstung

Energie 360° entwickelte ein integriertes Lösungskonzept für ein ausbaufähiges Netz von öffentlichen und privaten Ladestationen. Im Areal wurde die elektrische Erschliessung für Ladeparkplätze umgesetzt und es stehen Ladestationen für BewohnerInnen, Studierende und Firmen zur Verfügung.

Technische Lösung

Elektrischer Anschluss

Das Projekt besteht aus mehreren Gebäuden, in denen jeweils Stromschienen installiert wurden. Die

Stromschienen sind mit je 160 A Leistung versehen. Die einzelnen Ladestationen sind jeweils mit 32 A abgesichert, gem. Merkblatt SIA 2060, Ausbaustufe C2.

Ladeinfrastruktur

Intelligente Ladestationen 22 kW, gem. Merkblatt SIA 2060, Ausbaustufe D.

Lastmanagement

Ein komplexes dynamisches Lastmanagement erlaubt eine effiziente Nutzung der Leistung über das gesamte Areal und mehrere Verteilungen. Zudem ist ein Drosseln der Anlage durch z.B. ein Signal vom Netzbetreiber möglich.

Zugangs- und Zahlungssystem

Mit dem Ladeservice easycharge können die Ladestationen zuhause einfach und unkompliziert freigeschaltet sowie die Ladekosten im persönlichen Kundenportal eingesehen werden.



Areal Suurstoffi und Ladestationen (Quelle: Energie 360°)



(Quelle: EKZ)

10.1.2 Wohnüberbauung “Quattro Sorelle” – Bülach 2020

Beschreibung der Lage

4 Gebäude (Vermietung von Wohnungen) mit insgesamt 57 Parkplätzen in der Tiefgarage und Besucherparkplätzen im Aussenbereich.

Ladelösung und technische Ausrüstung

Tiefgarage:

- Vorbereitung Ladeinfrastruktur mit einem Flachbandkabel für 10 Parkfelder.
- Die Ladestationen werden im Abomodell den Mietern angeboten und entsprechend der Nachfrage installiert.

Aussenbereich:

- AC Ladestation mit 2 Ladepunkten für Besucher.

Technische Lösung

Elektrischer Anschluss

Tiefgarage:

- Flachbandkabel mit 63 A Absicherung gemäss SIA 2060 Ausbaustufe C1.

Aussenbereich:

- Die Ladestation im Aussenbereich sind direkt angeschlossen gemäss SIA 2060 Ausbaustufe D.

Ladeinfrastruktur

Tiefgarage:

- Alfen Eve Single Pro-line 11 kW.

Aussenbereich:

- Alfen Eve Double Pro-line 2x11 kW oder 1x22 kW.

Lastmanagement

Es ist ein statisch-dynamisches Lademanagement lokal installiert. Das heisst es bleibt auch dann voll funktionsfähig, wenn die Internetverbindung einmal ausfallen sollte. Das Lademanagement kann bei steigender Nachfrage auf ein dynamisch-dynamisches Lademanagement einfach und kostengünstig nachgerüstet werden, welches zudem die Gebäudelast berücksichtigt. Es verfügt über eine Schnittstelle für Lastabwurf für den Verteilnetzbetreiber. Das Sperrsignal des Verteilnetzbetreibers kann zentral aufgenommen werden. Es können mehrere Flachbandkabelzonen zentral gesteuert werden.

Zugangs- und Zahlungssystem

Tiefgarage:

- Die Abrechnung erfolgt verbrauchergerecht. Die Identifizierung erfolgt mit dem EKZ Zugangschip (RFID), somit kann nur die berechtigte Person auf die Ladestation zugreifen.
- Es erfolgt eine quartalsweise Abrechnung im Auftrag von EKZ durch die Firma. Enpuls AG an den Ladestationsnutzer mit einer Grund- und Ladegebühr. Die Ladegebühren entsprechen den lokalen Stromtarifen des Verteilnetzbetreibers nach Hoch- und Niedertarif.

Aussenbereich:

- Besucher können wahlweise die Ladevorgänge mit der Kreditkarte oder Ladekarte diverser Fahrstromanbieter bezahlen. Dieser muss Partner der Roaming Plattform Hubeject sein.



Parkplätze Stolzstrasse 30, Zürich (Quelle: ewz)

10.2 Öffentliche Parkplätze

10.2.1 Parkplätze Stolzstrasse 30 – Zürich 2021

Beschreibung der Lage

Stolzstrasse 30 in Zürich.

Ladeinfrastruktur und technische Ausrüstung

23 Aussenparkplätzen 14 mit Ladestationen ausgestattet. 10 davon für die Mieterinnen und Mieter und je 2 für die Carsharing-Anbieter Mobility und Helvetic Mobility. Für die restlichen 9 Parkplätze sowie die Lademöglichkeit für eCargo Bike Sharing ist die Ausbaumöglichkeit bereits vorbereitet.

Technische Lösung

Elektrischer Anschluss

Die Ladeinfrastruktur ist durch einen separaten Verteiler auf 63 A abgesichert. Um den Hausanschluss optimal zu nutzen, kommt ein dynamisches Lademanagement zur Anwendung. Die Ladestationen selber kommunizieren via Access Point und WLAN. Die Freischaltungen erfolgen über RFID-Erkennung. Von den 23 Ladestationen sind 14 gem. Merkblatt SIA 2060, Ausbaustufe D gebaut. Die restlichen 9 sind für eine mögliche spätere Elektrifizierung bereits ausgerüstet. Für die Lastenvelos von carvelo2go wird eine separate Zuleitung mit 13 A/230 V und Anschluss am Allgmeinanzähler bis zum geplanten Standort verlegt.

Ladeinfrastruktur

easee Charge 22 kW für die Elektrofahrzeuge und Steckdosen für carvelo2go.

Lastmanagement

Damit die begrenzte Hausanschlussleistung genutzt werden kann, wird die Infrastruktur mit einem skalierbaren, dynamischen Lastmanagement ohne übergeordnete Steuerung erstellt. Sie verfügt über eine Schnittstelle für Lastabwurf für den Verteilnetzbetreibenden. Das Sperrsignal des Verteilnetzbetreibenden kann zentral aufgenommen werden.

Zugangs- und Zahlungssystem

Die Ladestationen werden von unterschiedlichen Nutzergruppen verwendet. Die Freigabe bei den Mieterinnen und Mietern erfolgt nach der Anmeldung bei ewz mobil via RFID-Karte oder App, die Abrechnung läuft direkt über das Kundenprofil. Die Ladestationen der Geschäftskundinnen und -kunden werden ausserhalb der App abgerechnet.



Einkaufszentrum Volkiland, Zürich (Quelle: Energie 360°)

10.2.2 Volkiland – Zürich 2021

Beschreibung der Lage

Geplant ist die Ausstattung von über 100 Coop Standorten mit öffentlichen Ladestationen von Energie 360°.

Ladeinfrastruktur und technische Ausrüstung

An den meisten Standorten werden Ladestationen mit 22 kW Leistung installiert. Die Ladestationen können über den Ladeservice easycharge, per Kreditkarte oder über Roaming bedient werden. Die Anzahl Ladestationen wird mit entsprechender Nachfrage laufend ausgebaut.

Technische Lösung

Elektrischer Anschluss

Unterschiedliche Anschlüsse an verschiedenen Standorten.

Ladeinfrastruktur

An den meisten Standorten werden intelligente Ladestationen mit 22 kW installiert, gem. Merkblatt SIA 2060, Ausbaustufe D.

Zugangs- und Zahlungssystem

Die Ladestationen können über den Ladeservice easycharge, per Kreditkarte oder über Roaming bedient werden.



2 bidirektionale Ladestationen sospeso&charge (Quelle: EVTEC)

10.3 Bidirektionales Laden

10.3.1 V2X – Walperswil BE 2020

Beschreibung der Lage

Gebäude der Obst- und Beerenland AG mit Photovoltaik-Anlage auf den Dächern der landwirtschaftlichen Gebäude. Die Firma hat zwei E-Fahrzeuge e-NV200 (mit je 40kWh Batterien), die bidirektionale Ladung unterstützen.

Ladelösung und technische Ausrüstung

Es wurden zwei bidirektionale Ladestationen von je 10kW installiert. Die beiden E-Fahrzeuge e-NV200 werden mit Solarenergie geladen und bei Bedarf geben die beiden E-Fahrzeuge Energie an das Gebäude ab, gem. Merkblatt SIA 2060, Ausbaustufe D. Je nach Bedarf werden elektrische Spitzen gesenkt und/oder der Eigenbedarf optimiert. Mit den beiden E-Fahrzeugen stehen insgesamt 80kWh mobiler Pufferspeicher zur Verfügung.

Im weiteren gehen aktuelle Überlegungen dahin einen stationären Second-Life Pufferspeicher im kommenden Jahr zusätzlich zu installieren, damit noch mehr überschüssige PV-Energie aufgenommen werden kann und somit auch der Eigenbedarf weiter optimiert werden kann.

Technische Lösung

Elektrischer Anschluss

Elektrischer Anschluss pro Ladestation 3x16 A (11 kW).

Ladeinfrastruktur

- CHAdeMO-Stecker.
- Lade- und Entladeleistung pro Ladestation 10 kW, Total 20 kW.
- Elektrischer Anschluss pro Ladestation 3x16 A, 3x400 V.
- Integriertes Farbdisplay.
- Schnittstellen: GSM, Ethernet, RFID, OCPP.
- 2 bidirektionale Ladestationen 10kW.

Die Ladestationen können auch konventionell für das Laden von anderen E-Fahrzeugen genutzt werden.

Energiemanagement

“barista” (EVTEC).



(Quelle: Siemens)



(Quelle: Siemens)

10.4 Laden von E-Bussen

10.4.1 Erster Elektrobus für die VBG Verkehrsbetriebe Glattal AG – Flughafen Zürich 2021

Beschreibung der Lage

Gebäude

Die für den E-Bus-Betrieb nötige Ladeinfrastruktur wurde im Mai 2021 durch Siemens an der Busstation am Flughafen Zürich erstellt. Die Verkehrsbetriebe Glattal AG (VBG) schickt mit ihrer «Innovationslinie» 759 einen Elektrobus von Mercedes auf die 13 km lange Strecke via Balsberg, Wallisellen und Wangen bis zum Innovationspark in Dübendorf. Der Strom für den Busbetrieb stammt dabei aus erneuerbaren Quellen (Wasser-, Wind- und Sonnenenergie).

Ladelösung und technische Ausrüstung

Um den Bus, der täglich rund 450 Kilometer zurücklegt, aufzuladen, nutzt die VBG den Lademast am Flughafen und die zugehörige Schnellladestation von Siemens. Diese befindet sich unweit des Masts im Parkhaus. Die SICHARGE UC Ladestation nimmt per WLAN-Antenne im Mast mit dem Bus Kontakt auf, sobald der Chauffeur den Bus im Bereich unter dem Lademast platziert hat. Der so genannte Pantograph mit vier Kontaktschienen senkt sich ab und der Ladevorgang beginnt. Dabei wird innert rund 15 Sekunden die maximale Ladeleistung erreicht. Diese kann bei dieser Station bis zu 400 Ampère betragen, bei einer Spannung von maximal 1000 Volt, je nach Bustyp.

Technische Lösung

Elektrischer Anschluss:

Nenneingang	
Spannung (V AC)	400 (3ph + PE) +/- 10%
Strom bei Nennspannung je Phase	465
Frequenz (Hz)	50/60
Leistungsfaktor (cos phi)	> 0.98

Gleichstromausgang	
Spitzenleistung (kW)	400
Bemessungsleistung (kW)	300
Strom (max.) (A)	400
Spannung (V DC)	10 bis 1000
Wirkungsgrad (%)	96 bis 97

Ladeinfrastruktur

Siemens bietet mit dem umfangreichen SICHARGE UC-Portfolio staubgeschützte Ladestationen verschiedener Leistungsklassen, Dispensersäulen für das Laden mehrerer Fahrzeuge in Depots und den Lademast, mit oder ohne versenkbare Pantographen. Ein intelligentes Lademanagement ist in die linuxbasierte Steuerung der Ladestationen integriert und dank des Ladestandards Combined Charging System (CCS) können alle Busse – unabhängig vom Hersteller – geladen werden.



SICHARGE UC (Quelle: Siemens)

Lastmanagement

Die Optimierung der Stromkosten ist entscheidend: In der Software lassen sich die Strompreise der Elektrizitätsanbieter hinterlegen. Das Programm verlagert die Last in die Zeiten mit niedrigen Strompreisen und stellt so den kostengünstigsten Ladeplan für die gesamte Flotte zusammen. Nachts, wenn die Busse im Depot stehen, werden sie vollgeladen, da der Strom bis zu dreimal günstiger ist als tagsüber.

Beim Strombezug müssen Leistungsspitzen vermieden werden. Denn diese können bis zur Hälfte der monatlichen Stromkosten ausmachen. Es macht also in der Regel Sinn, die Fahrzeuge nicht möglichst schnell und gleichzeitig, sondern über eine längere Zeitdauer und nacheinander zu laden. Der Betreiber kann eine Obergrenze des Strombezugs festlegen, die das System berücksichtigt.

Überwachungs- und Steuerungssystem

Die Ladegeräte im Depot sind mit dem Überwachungs- und Steuerungssystem, dem sogenannten Backend, verbunden. Das Lademanagementsystem erhebt typischerweise mehr als zwanzig Parameter und bestimmt daraus alle relevanten Daten: Wie ist der Ladezustand der einzelnen Busse, welcher muss am längsten geladen werden, gibt es Verspätungen, fällt ein Fahrzeug aus? Berücksichtigt werden auch die maximalen Ladeleistungen von Batterien und Ladestationen und nicht zuletzt die Art des Depots – können die Fahrzeuge durchfahren oder herrscht ein First-in-last-out-Regime? Mit diesen Angaben wird jeweils der nächste Tag vorgeplant. Das System kann auch mehrere, unterschiedliche Ladepläne simulieren.



Altbau Ackeretstrasse in Winterthur (Quelle: Invisia)



ABB Ladestationen (Quelle: Invisia)

10.5 Energiemanagement

10.5.1 Altbau Ackeretstrasse – Winterthur 2021

Beschreibung der Lage

Das prachtvolle Gebäude im Zentrum der Stadt Winterthur bereitet sich auf die Zukunft vor. In der ersten Phase ist es ein Lademanagement für Elektroautos, später kann es auf einfache Art und Weise zum Energiemanagement erweitert werden.

Ladelösung und technische Ausrüstung

In diesem Fall wurde auf eine Flachbandkabel Installation verzichtet, sämtliche Stationen wurden sternförmig mit einzelnen Zuleitungen erschlossen. Der Hausanschluss wird dennoch überwacht und die Ladestationen dynamisch reguliert. Sämtliche Verbrauchsdaten werden direkt an die Immobilienbewirtschaftung der Stadt Winterthur weitergeleitet, welche diese dann direkt an Ihre Mieter weiter verrechnet. Die Umsetzung entspricht der Ausbaustufe D des Merkblatts SIA 2060.

Technische Lösung

Elektrischer Anschluss:

16 A Zuleitungen direkt auf Stationen.

Ladeinfrastruktur

ABB Ladestationen 22KW.

Lastmanagement

Invisia Server – Intelligent Dynamisch (s. Seite 64)

Zugangs- und Zahlungssystem

RFID, APP-Abrechnung automatisiert via Verwaltung.

11. Vertiefungen

In den nächsten Seiten werden Lademanagement-, Zahlungs- und Zugangssysteme vertieft.

11.1 Lademanagement und Energiemanagement

Aus kommerzieller Sicht betrachtet, vermeidet ein intelligentes Lade- und Energiemanagement einerseits eine kostenintensive, einmalige Erhöhung der Netzanschlussleistung (Investitionskosten) und verhindert andererseits Lastspitzen, die zu einer Erhöhung

des jährlich zu zahlenden Leistungspreises führen (Betriebskosten), sofern ein leistungsabhängiger Tarif anfällt. Abb. 68 zeigt den Vergleich einer ungesteuerten sowie einer gesteuerten Fahrzeugflotte.

Der Invisia Server. Ihr Anschluss an die Zukunft der Elektromobilität.



Der neue Invisia Server ist die Antwort auf die zunehmende Nachfrage nach Ladestationen in privaten und gewerblichen Liegenschaften. Der einfach zu installierende und kostengünstige Server im Zusammenspiel mit der einzigartigen Invisia Lademanagement-Software ist das wohl fortschrittlichste Ladekonzept auf dem Markt. Profitieren Sie jetzt von diesem Trend und schliessen auch Sie sich der Zukunft an.

Mehr Informationen unter invisia.ch/server oder 052 770 07 24.



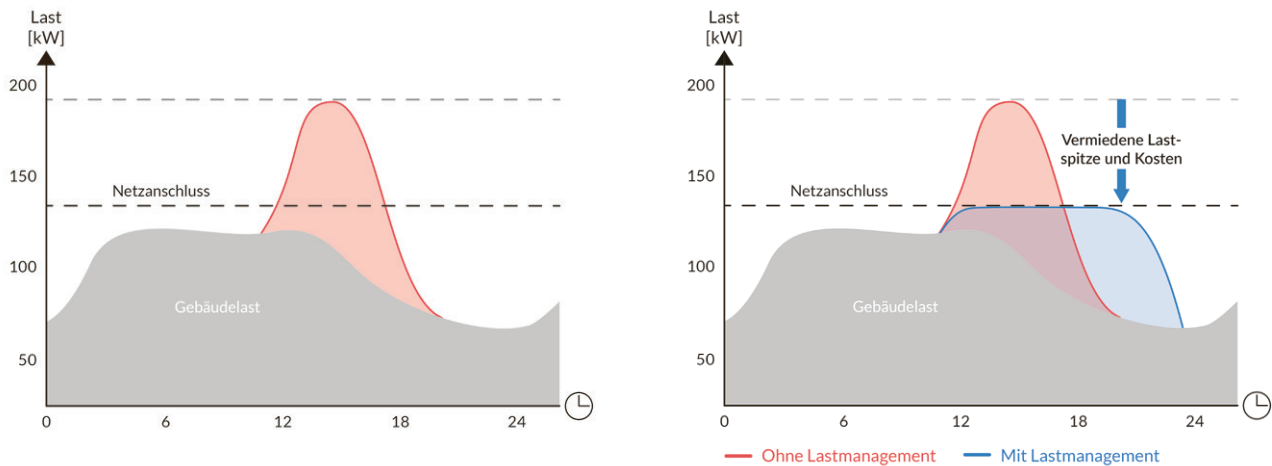


Abb. 68: Das Lademanagementsystem vermeidet Lastspitzen und reguliert die Ladeleistung so, dass die Netzanlassleistung nicht überschritten und die Kosten minimiert werden (Quelle: The Mobility House).

Grundlegende Aspekte eines Lademanagement-Systems sind die verfügbare Leistung, die Lademanagementmethode, die Regulierungsart, die Art des Lastmanagements und der Aufbau des Systems.

11.1.1 Verfügbare Leistung

Die maximal verfügbare Leistung für den Ladevorgang ist die Differenz zwischen der vom Netz abnehmbaren Höchstleistung, wie im Anbietervertrag oder vom elektrischen Anschluss des Parkplatzes festgelegt und der Leistung der anderen am gemeinschaftlichen Netz angeschlossenen Lasten. Normalerweise schwankt diese während des Tages wie in Abb. 68 gezeigt. Im Falle weiterer lokaler Produktionssysteme von erneuerbarer Energie, wie z.B. Photovoltaik- oder Windkraftanlagen wären diese Schwankungen noch grösser. Bei Nichtvorhandensein eines Lade- und Energiemanagementsystems würden die Fahrzeuge, unabhängig von der vorhandenen Leistungsreserve, die von den Ladestationen maximal erlaubte Leistung beziehen. Folglich muss das Lade- und Energiemanagementsystem dafür sorgen, dass die vorhandene Leistung sachgerecht verteilt wird.

- Bei "top-down" Systemen könnte die verfügbare Leistung bisweilen vom Verteilnetzbetreiber kurzzeitig eingeschränkt werden. Dies kann durch ein Rundsteuersignal, wie z.B. durch das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (ewz) oder Brugg (iBB Energie AG) spezifiziert, durchgeführt werden: Die Ladestationen mit über 8 A Strom, müssen durch ein Rundsteuersignal oder "smart meter"-Signal sperrbar sein. Es ist zu beachten, dass die Speisung von Ladestationen nicht immer unterbrochen werden kann, wie diejenige eines Boilers, denn einige E-Fahrzeuge interpretieren den Speisungsunterbruch als Blackout-Situation, was unangenehme Folgen haben kann: Einige E-Fahrzeuge lösen die Hupe aus, andere nehmen den Ladevorgang nicht wieder auf, bei Fortsetzung der Speisung, usw.
- Bei "bottom-up" Systemen, die in nachstehen-

den Abschnitten beschrieben werden, wird die vorhandene Leistung vom lokalen System festgelegt. Abb. 69 zeigt, wie die verfügbare Energie aufgeteilt werden kann. Vorausgesetzt wird in diesem Beispiel, dass drei Fahrzeuge, die maximal 3,7 kW laden können, am Ladevorgang teilnehmen. Anfänglich ist nur Fahrzeug 1 zugegen und da die vorhandene Leistung 4 kW beträgt, kann dieses folglich die Höchstleistung laden. Wenn Fahrzeug 2 dazu kommt, können beide 2 kW laden. In dem Moment, in dem die verfügbare Leistung allmählich steigt, wird auch die Ladeleistung steigen. Um 20:00 Uhr laden z.B. beide Fahrzeuge 3 kW. Um 21:00 Uhr kommt Fahrzeug 3 dazu und die verfügbare Leistung wird auf die drei Fahrzeuge verteilt. Um 22:00 Uhr liegt die verfügbare Leistung bei 12 kW, also können alle Fahrzeuge mit ihrer Höchstleistung laden. Sobald ein Fahrzeug fertig geladen hat, bleibt für die anderen Fahrzeuge mehr Leistung übrig.

11.1.2 Lademanagementmethode

Anhand der verfügbaren Leistung basieren die Methoden für intelligentes Laden auf der Leistungskontrolle (on/off oder Regulierung des Leistungsniveaus, Abb. 70) und/oder auf der Programmierung der Ladung (Abb. 71). Falls die verfügbare Leistung es nicht erlaubt mehrere Autos gleichzeitig zu laden, ist eine Möglichkeit, eine zyklische Regulierung (karussellartige Regulierung, Abb. 72) durchzuführen. Das erste Fahrzeug wird mit einer gewissen Leistung für eine bestimmte Zeit geladen. Wenn die Zeit abgelaufen ist, wird mit der gleichen Ladebetriebsart mit der Ladung des zweiten Fahrzeuges fortgesetzt usw. Nach der Ladung des letzten Fahrzeuges wird wieder beim ersten Fahrzeug gestartet bis alle Fahrzeuge komplett geladen sind. Ein anderer Ansatz im Fall von nicht ausreichender Leistung ist eine phasengenaue Verteilung der Leistung nach dem first-come-first-serve Prinzip. Dabei werden die Fahrzeuge - sofern nicht priorisiert - möglichst gleich-

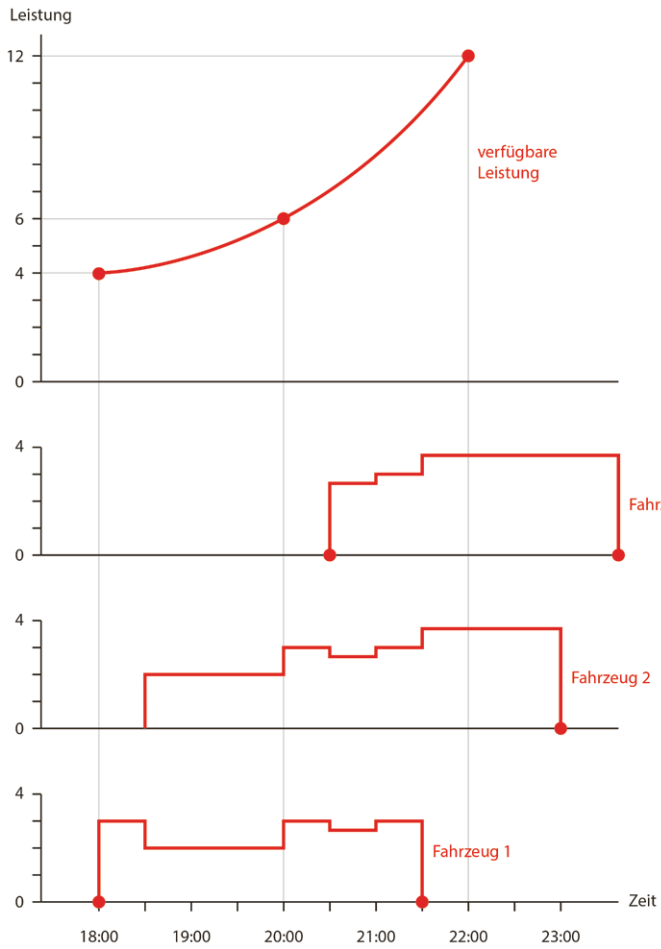


Abb. 69: Unterteilung der verfügbaren Leistung zwischen den Fahrzeugen.

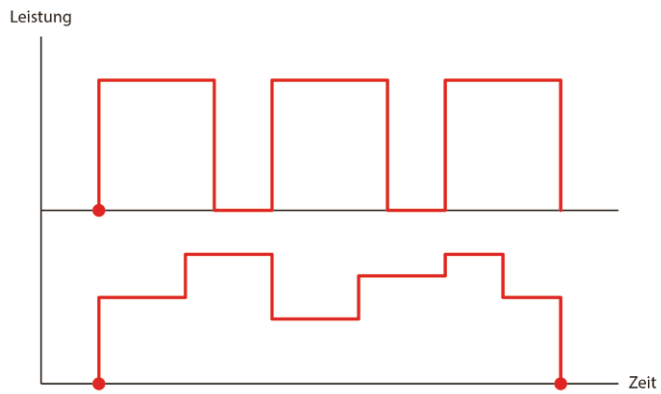


Abb. 70: Leistungskontrolle durch Schaltung on-off (oben), Niveauregulierung (unten).

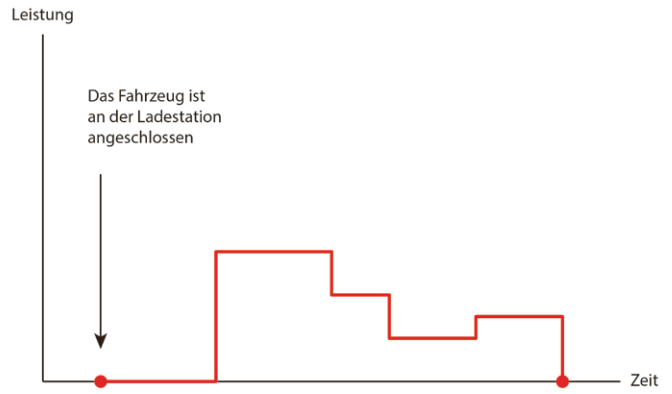


Abb. 71: Programmierte Ladung: das Kontrollsystem entscheidet wann der optimale Zeitpunkt für Ladebeginn ist.

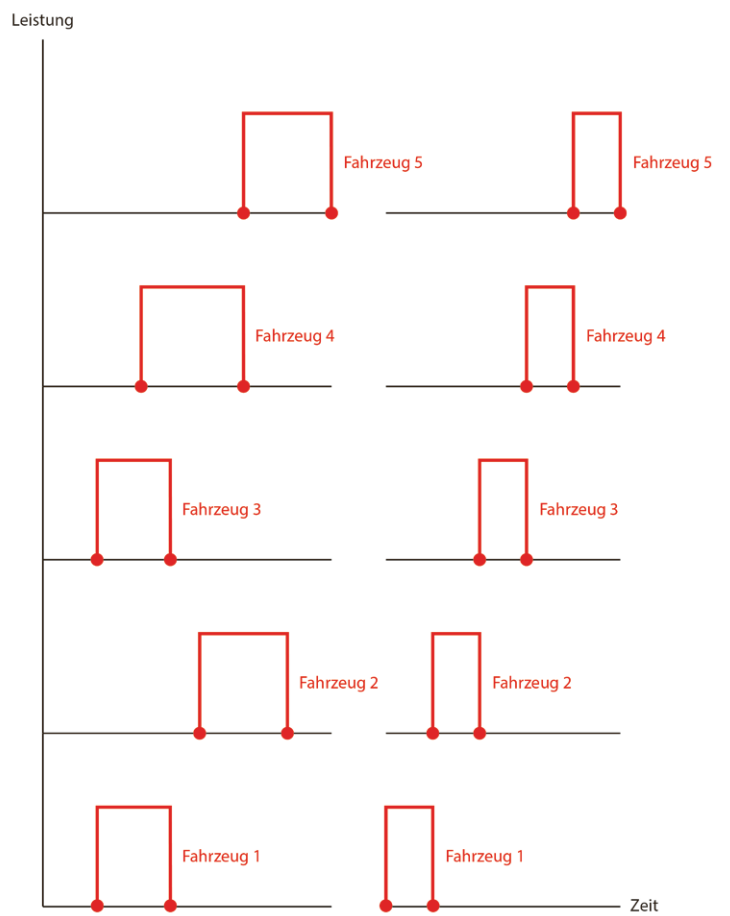


Abb. 72: Programmierte Ladung: jede Ladestation programmiert, mit einer gewissen Leistung, zu einer gewissen Zeit und für eine gewisse Dauer, zu laden. Das Muster kann auch zyklisch sein (rechts „Karussellartiges Muster“).

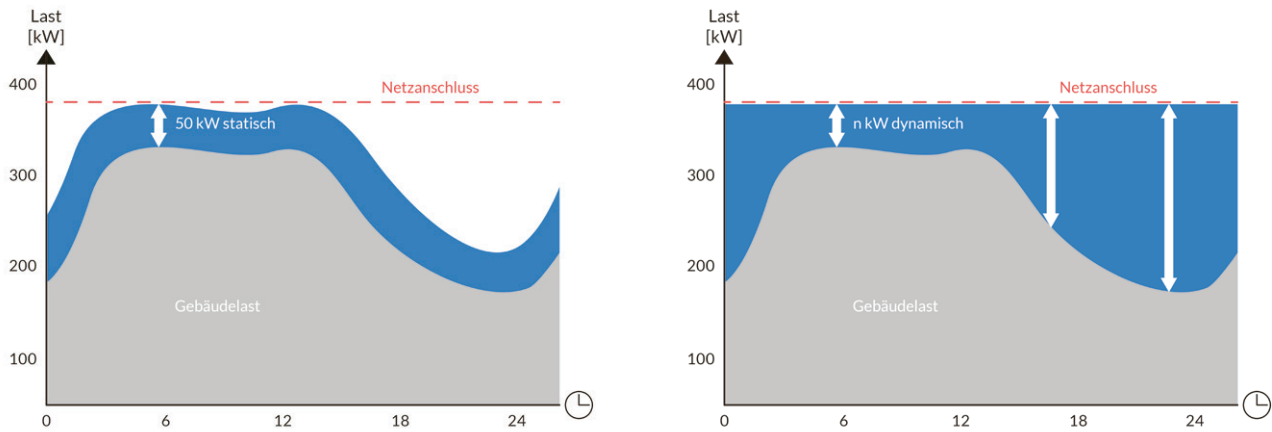


Abb. 73: Die 2 Arten des Lastmanagements: statisch (links) und dynamisch (rechts) (Quelle: The Mobility House).

mässig unter Einhaltung eines Mindestladestroms geladen. Falls Abfahrtszeiten und Batteriezustände der Fahrzeuge vorliegen, können diese zusätzlich für eine sequentielle Regulierung verwendet werden. Das bedeutet, die Fahrzeuge werden je nach Dringlichkeit nacheinander voll bzw. bis zum gewünschten Zielbatteriezustand geladen. Die Vorteile gegenüber einer karussellartigen Regulierung liegen insbesondere darin, dass die Leistungselektronik auf Grund weniger Ab-/Anschaltungen der Ladevorgänge entlastet wird.

11.1.3 Art des Lastmanagements

Im Zusammenhang mit Lade- und Energiemanagement Systemen wird primär zwischen statischer sowie dynamischer Lastmanagement-Funktion unterschieden:

- Statisches Lastmanagement (Abb. 73, links): Es wird ein konstanter Gesamtleistungswert für die verschiedenen Ladestationen unabhängig von anderen Verbrauchern oder Erzeugungssystemen auf Basis erneuerbarer Energien (es erfolgt keine Berücksichtigung der aktuellen Last im Gebäude) Vordefiniert. Die gleichbleibende, verfügbare Ladeleistung wird auf alle angeschlossenen Fahrzeuge verteilt. Es gibt Systeme, die die fahrzeugspezifische Ladeleistung für die Verteilung berücksichtigen und zuteilen können, falls genügend Leistung verfügbar ist.
- Dynamisches Lastmanagement (Abb. 73, rechts): Die maximal für die Ladung der angeschlossenen Elektrofahrzeuge zur Verfügung stehende Leistung wird in Abhängigkeit zur gesamten Gebäudelast in Echtzeit dynamisch geregelt. D.h. bei einer steigenden Gebäudelast (steigende Leistung durch andere Verbraucher im Gebäude, z.B. ein Aufzug) reduziert sich die Ladeleistung entsprechend. Umgekehrt kann bei einer angeschlossenen PV-Anlage bei Einspeisung die Ladeleistung entsprechend erhöht werden. Die einzige Beschränkung besteht darin, dass die mit dem Energieversorger vertraglich angewandte Höchstleistung nicht überschritten werden kann.

11.1.4 Systemaufbau

Grundsätzlich gibt es drei Schemas (Abb. 74). Die Ladestationen sind mit einem Kontrollsteuergerät verbunden (zentraler Aufbau), die Ladestationen sind miteinander verbunden (dezentraler Aufbau) und benötigen kein Steuergerät oder die Ladestationen sind unabhängig voneinander (unabhängiger Aufbau). In den zwei ersten Modi ist ein Informationsaustausch zwischen Stationen und Steuergerät oder zwischen Stationen notwendig. Zusätzliche Merkmale sind:

- Zentraler Aufbau: Hier lässt sich grundsätzlich unterscheiden zwischen einer Steuerung mittels eines lokalen Steuergeräts sowie über eine Cloud-Anbindung. Das Steuergerät kann örtlich oder abgelegen sein (je nach System verfügt das lokale Steuergerät über eine Cloud-Anbindung). Im Falle einer Cloud-Lösung sind die Ladestationen mit einem Router verbunden, der wiederum eine Internetverbindung hat. In beiden Fällen gibt es proprietäre Lösungen, d.h. dass Ladestationen und Steuergeräte vom gleichen Hersteller geliefert sind und offene Lösungen, bei denen die Ladestationen mit dem Steuergerät über das Open Source-Protokoll (OCPP) kommunizieren. In diesem Fall sind die Benutzer in der Wahl des Ladestationslieferanten frei. Im Hinblick auf Modularität, Flexibilität sowie Zukunftssicherheit sind offene Systeme zu empfehlen, welche in Bezug auf die Anzahl der zu verwendenden Ladepunkte nicht limitiert sind. Zudem sollte unbedingt darauf geachtet werden, dass ein Lade- und Energiemanagement über entsprechende Netzbetreiber-Schnittstellen (z.B. Rundsteuerempfänger) verfügt, um bei Bedarf die kontrollierte Steuerung der angebotenen Ladestationen durch den lokalen Netzbetreiber zu ermöglichen.
- Dezentraler Aufbau: Die Intelligenz, welche die verfügbare Gesamtleistung mehr oder weniger gleichmässig unter den verschiedenen Stationen aufteilt, ist in den Ladestationen integriert. Die Benutzer

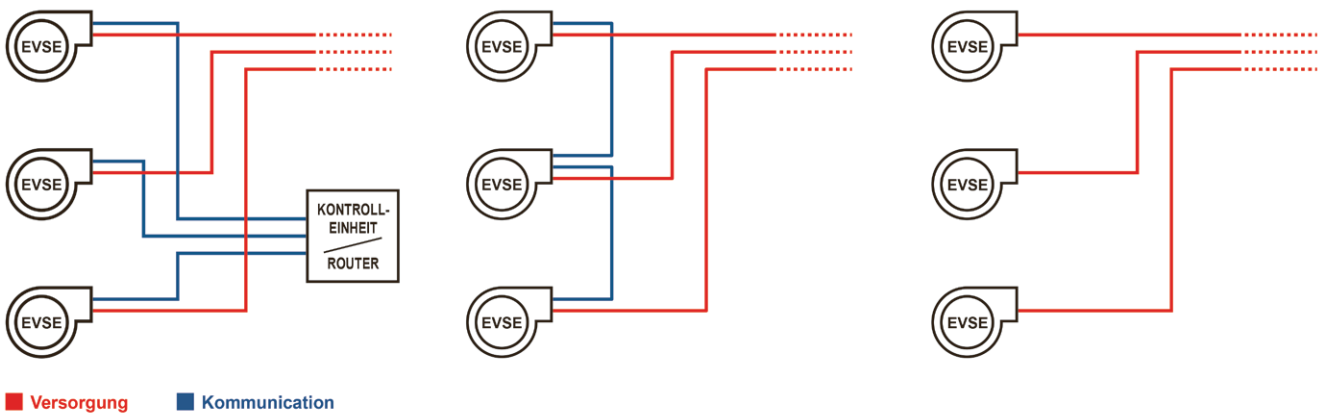


Abb. 74: Aufbau des Kontrollsystems: zentralisiert (links), dezentralisiert (in der Mitte), unabhängig (rechts).

müssen in diesem Fall die Stationen beim gleichen Anbieter oder untereinander kompatible Ladestationen kaufen. Abb. 75 zeigt eine Software, die im Stande ist für eine Gruppe von Ladestationen die verfügbare Höchstleistung zu ermitteln.

- Unabhängiger Aufbau: Die Ladestationen sind mit Algorithmen ausgestattet, die es ihnen ermöglichen, sich selbst zu regulieren, ohne untereinander kommunizieren zu müssen. Auch in diesem Fall müssen alle Benutzer die Stationen beim gleichen Anbieter kaufen, die Selbstregulierung gilt nämlich für Ladestationen, die das gleiche Eigentümeralgorithmus benutzen.

Da die zentralen und dezentralen Systeme, die auf dem Markt am meisten verbreiteten sind, wird immer empfohlen die elektrischen Anlagen so vorzubereiten, dass die Ladestationen mit dem Netz verbunden sein können.

11.2 Zugangs- und Zahlungssysteme

Es gibt verschiedene Zugangsarten:

- **Frei:** Der Benutzer muss während des Ladevorgangs nicht identifiziert werden und es ist nicht notwendig zu kontrollieren, wer den Ladevorgang tätigt. Typisch für Einfamilienhäuser oder wenn es nicht notwendig ist die Ladung zu verrechnen (z. B. bei Kunden).
- **Private RFID Karte (oder Token):** Der Benutzer muss identifiziert werden, damit gewährleistet ist, dass nur bestimmte Nutzer Zugang zur Ladestation haben. Typisch für Wohngemeinschaften/Mitbesitzer oder Besucherparkplätze, wo nicht jedermann die Lademöglichkeit nutzen soll oder wo der Benutzer identifiziert werden muss, um zu einem späteren Zeitpunkt die Rechnungsstellung auszuführen.

Smart Charging Network: TEST1

Id	Name	Socket	State	Current L1	Current L2	Current L3	Clock	Info
0	PRO_0107	1	Idle (E0)	-	-	-	58784	Min 0, Max 0, SP 0, Ex 0, Total 32 GrpMax 32
1	PRO_0107	2	Idle (E0)	-	-	-	58784	Min 0, Max 0, SP 0, Ex 0, Total 32 GrpMax 32
2	PRO_0012		Idle (E0)	0.0	0.0	0.0	59034	Min 0, Max 0, SP 0, Ex 0, Total 32
3	PRO_0047		Idle (E0)	-	-	-	58534	Min 0, Max 0, SP 0, Ex 0, Total 32
4	PRO_0105	1	Idle (E0)	0.0	0.0	0.0	58784	Min 0, Max 0, SP 0, Ex 0, Total 32 GrpMax 32
5	PRO_0105	2	Idle (E0)	0.0	-	-	58784	Min 0, Max 0, SP 0, Ex 0, Total 32 GrpMax 32
6	PRO_0108	1	Charging (C2)	14.4	15.6	12.0	58834	Min 6, Max 32, SP 16, Ex 0, Total 32 GrpMax 32
7	PRO_0108	2	Charging (C2)	14.9	14.9	14.8	58834	Min 6, Max 32, SP 16, Ex 0, Total 32 GrpMax 32
Total				29.3	30.5	26.8		
Available				32.0	32.0	32.0		

Settings

Total current (A) Alternating period (s)

Safe current (A)

When sockets are disconnected from the network, only the first 5 sockets are able to reach the safe current of 6A

Initialize

Abb. 75: Software für die Einstellung der gesamten Höchstleistung (hier 32 A pro Phase) für die verschiedenen Ladestationen (Quelle: Alfen).



Abb. 76: QR Kode (swisscharge.ch).



Abb. 77: Bargeldzahlung (ebs).

Die private RFID Karte kann für eine bestimmte Ladestation vorprogrammiert werden oder mit einem Karten Verwaltungssystem (Backend) verbunden sein, welches dann verifiziert und eventuell die Ladungen den einzelnen Benutzern verrechnen kann.

- Öffentliche RFID Karte (oder Token): Der Benutzer muss eine öffentliche Zugangskarte haben, um sich auszuweisen und eventuell später die Rechnung zu bekommen. Die häufigsten Systeme in der Schweiz sind: TCS-Zugangskarte, swisscharge.ch, Move, Plug&Roll, Easy4you, EV Pass, PlugSurfing, usw.

Es gibt verschiedene Zahlungssysteme:

- Kostenlos: Der Benutzer zahlt nicht für den Ladevorgang. Es ist zu beachten, dass die Ladekosten indirekt eingeholt werden können, z.B. durch Einkäufe in den Geschäften, Parkgebühr usw.
- SMS: Die Zahlung wird durch den Versand einer SMS getätigt. Der Nachteil dieses Systems ist, dass der Betrag vor Beginn des Ladevorgangs festgesetzt wird und steht dadurch nicht im Verhältnis mit der erhaltenen Dienstleistung (z.B. Zeit und geladene Energie).
- RFID Karte (oder Token) eines privaten Systems: Der Ladevorgang wird sofort oder im Nachhinein verbrauchsgerecht belastet, z.B. Ende Monat. Die Ladestation ist typischerweise mit einem privaten Backend oder mit dem Backend des Verwalters durch eine Open-Source-Schnittstelle Typ OCPP verbunden. Mit einer Anbieter-RFID-Karte hat der Benutzer Zugang zum Ladevorgang und wird vom Backend erkannt. So zahlt der Benutzer den Strom direkt dem Anbieter des Zugangs- und Zahlungssystems und dieser erstattet wiederum den Eigentümer. Typische Benutzer dieses Systems sind Miteigentümer, Angestellte oder Flotten.
- RFID Karte (oder Token) eines öffentlichen Systems: Der Ladevorgang wird dem Benutzer mittels der gleichen Karte verrechnet, die zur Zugangsidentifizierung dient.

Es gibt Pre- und Postpaid Systeme. Der Preis des Ladevorgangs variiert je nach Systemanbieter, benutztes Ladenetz und Ladestation (Leistung und Standort). Der Ladevorgang wird aufgrund von einem oder einer Kombination der drei nachstehenden Faktoren verrechnet: Transaktionskosten, erbrachte Energie, Ladezeit.

- App: normalerweise erlauben Anbieter von Zahlungs- und Zugangssysteme die Zahlung und Identifikation auch über die App (nach vorgängiger Eingabe der eigenen Daten). Darüber hinaus ermöglicht die App die Vorreservierung der Ladestation. Einige Systeme ermöglichen sogar das Herunterladen der App ohne vorgängige Registrierung und die Zahlung durch einfache Eingabe der eigenen Kreditkartendaten.
- Kreditkarte: Kreditkarten sind unter den Zahlungssystemen auf Grund der relativ hohen Bearbeitungsgebühren und der Lesegerätkosten nicht sehr verbreitet. Die Zahlung mit Kreditkarte kann wie folgt vollzogen werden:
 - Eingabe der Daten über Web (QR-Code): Auf dem Ladestation-Display erscheint ein QR-Code, durch Einscannen dieses Codes, erscheint eine Webseite, auf der die Kreditkartendaten eingegeben werden können, nach Bestätigung dieser, kann der Ladevorgang beginnen. Dieses System benötigt keine Voranmeldung und kann somit von jedermann benutzt werden (Abb. 76).
 - Einstecken der Karte in den Kartenleser: Einige Ladestationen verfügen über einen Kartenleser, der sich innerhalb oder ausserhalb der Ladestation befindet.
- Bargeld: in seltenen Fällen kann die Zahlung, so wie in den Parkplätzen, mit Bargeld getätigt werden. Diese Lösung wird selten umgesetzt, denn sie ist weder für den Endkunden (der über genügend lokalem Münzgeld verfügen muss) noch für den Betreiber optimal (Abb. 77).

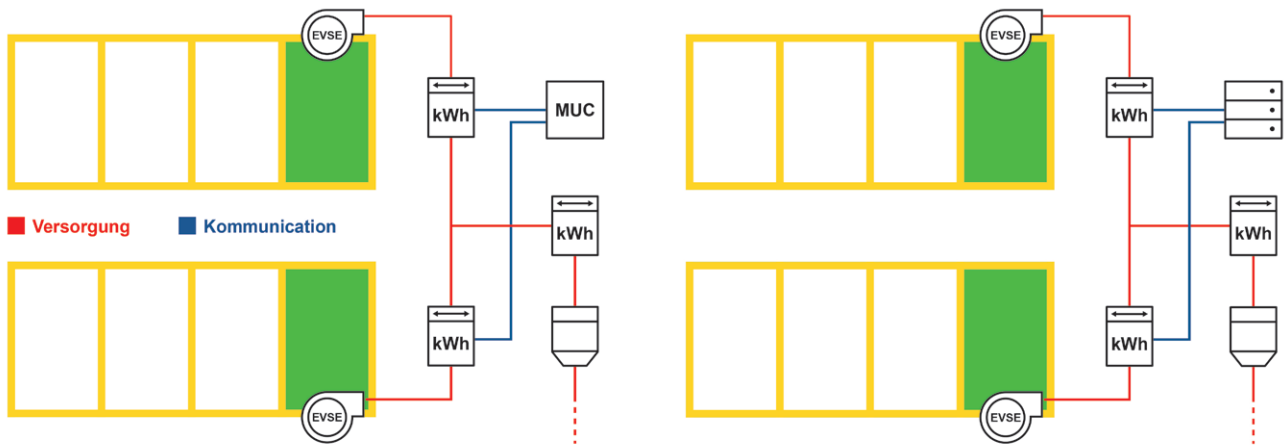


Abb. 78: Die automatische Energieablesung kann durch die Verbindung der einzelnen Zähler mit einem internen Server (MUC) stattfinden (links) oder jeder einzelne Zähler/Ladestation sendet die Daten an einen externen Server via Internet (rechts).

- **Zählermesswerte:** Die Ablesung des Zählers wird fast nur in einem Miteigentümer-Kontext getätigt wenn die Ladestation mit dem Gemeinschafts- und nicht mit dem Wohnungszähler verbunden ist. In diesem Fall wird ein spezieller Zähler eingerichtet oder man benutzt den in der Ladestation integrierten Zähler. Die Ablesung kann wie folgt geschehen:
 - Auf Veranlassung des Verwalters durch manuelle Ablesung: Visuelle Ablesung der Zähler, egal ob extern oder in der Ladestation integriert. Die Ablesung kann direkt durch den Verwalter erfolgen oder durch den Eigentümer selbst mit Mitteilung an die Verwaltung (Selbstablesung).
 - Auf Veranlassung des Verwalters durch automatische Ablesung: Die Energiezähler, egal ob extern oder in der Ladestation integriert, senden die Informationen einer externen und durch den Verwalter zugängliche Software (Backend), s. Abb. 78. Es gibt Eigentümer-Systeme, Zähler und Backend oder Ladestationen und Backend müssen vom gleichen Anbieter sein oder offene Systeme. Die Letzteren sind bei einigen Modellen von Ladestationen mit integriertem Energiemesser sehr verbreitet und benutzen ein Open-Source-Kommunikationssystem, wie das OCPP (Open Charge Point Protocol). Die Wohnungseigentümer sind somit in der Wahl des Ladestation Anbieters freier, vorausgesetzt, dass die Ladestationen im Stande sind Informationen gemäss OCP-Protokoll zu übersenden.
- Es gibt weitere Zahlungsarten, die mit einem oder mehreren obengenannten Systemen angewendet werden können. Z.B. mit Paypal, Kryptowährungen (mittels eWallet) oder mit pauschalen Zahlungen (bspw. für Mietwohnungen, Angestelltenladestationen oder für Hotelgäste). Eine interessante Alternative ist die Lösung für öffentliche sleep&charge Ladeplätze, bei denen der Zähler im Ladebetriebsart 3-Kabel integriert ist. Der Benutzer verbindet mit dem speziellen Ladebe-

triebsart 3-Kabel die vorgesehene Steckdose (z.B. auf dem Laternenpfahl) und das Fahrzeug. Der im Kabel integrierte Zähler ermittelt die verbrauchte Energie und sendet dem Backend die Information zur Verrechnung (Abb. 79).

Folgende grundsätzliche Punkte sollten bei der Wahl eines Zahlungssystems beachtet werden:

- Bedarfsermittlung in Bezug auf den Verwaltungsmodus (Lastmanagement).
- Bedarfsermittlung in Bezug auf Zahlungsarten
- Analyse der verschiedenen verfügbaren Systeme. Gibt es eine allabdeckende Lösung oder werden mehrere Lösungen benötigt?
- Überprüfen wie sich das System in bestehende genutzte Systeme integriert.
- Test mit einem oder zwei ausgewählten Systemen planen.



Abb. 79: Zähler im Kabel integriert (Ubitricity).

12. Rechtliche Grundlagen

- 1: Norm SN 411000, Niederspannungs-Installations-Norm (NIBT), 2015.
- 2: Norm SN 640291a, Parkieren – Geometrie, 2006.
- 3: Norm SIA 181, Schallschutz im Hochbau, 2006.
- 4: ISO 61518 u. ff.: Voraussetzungen für das Laden Fahrzeug und Versorgungsseitig. Vorgabe der Merkmale von Ladestationen und Low Level- Kommunikation zwischen Auto und Ladestation vor. Alle Sicherheitsanforderungen sind in dieser Norm enthalten.
- 5: ISO 62196 u. ff.: Legt die Geometrie und die Merkmale der speziellen Steckverbinder fest.
- 6: ISO 15118 u. ff.: Legt die High Level-Kommunikation zwischen Auto, Ladestation und Stromnetz fest.

13. Anhang

- 1 Installation von CEE-Steckdosen für TCS Heimpladestationen (S. 76).
- 2 Einfamilienhäuser:
 - A) Versorgung (1P) über den Stromzähler (S. 77).
 - B) Versorgung (3P) über den Stromzähler (S. 78).
- 3 Mehrfamilienhäuser und Eigentumswohnanlagen:
 - C) Versorgung (1P) über den Stromzähler des einzelnen Hausbewohners (S. 79).
 - D) Versorgung (3P) über den Stromzähler des einzelnen Hausbewohners (S. 80).
 - E) Versorgung (1P) über den Gemeinschafts-Stromzähler; Stromzähler der Ladestation im Schaltschrank (S. 81).
 - F) Versorgung (3P) über den Gemeinschafts-Stromzähler; Stromzähler der Ladestation im Schaltschrank (S. 82).
 - G) Versorgung (1P) über den Gemeinschafts-Stromzähler; Stromzähler in der Ladestation integriert (S. 83).
 - H) Versorgung (3P) über den Gemeinschafts-Stromzähler; Stromzähler in der Ladestation integriert (S. 84).
 - I) Versorgung (1P/3P) über den Stromzähler des einzelnen Hausbewohners, vorbereitet für künftige Erweiterung, mit Anschluss- und Bezüger-Überstromunterbrecher (S. 85).
- 4 (L) Besucher- u. Kundenparkplätze (S. 86).
- 5 (M) E-Bike-Parkplätze (S. 87).
- 6 Merkblatt Ladeinfrastrukturen im Mietverhältnis oder Stockwerkeigentum (S. 88-89).

Installation von CEE-Steckdosen für TCS Heimladestationen

Für den Anschluss der TCS Heimladestation wird eine dreiphasige CEE-Steckdose benötigt. Die Installation erfolgt durch einen Elektriker.

CEE-Steckdose:

Pro plug&play Ladestation ist eine CEE-Steckdose notwendig. Diese ist für kontinuierliche Belastung ideal dimensioniert.

Die CEE-Steckdose muss 16A 3-phasig (11kW rot) sein, auch wenn die Ladestation nur 1-phasig ist (alle TCS plug&play Ladestationen werden mit 3-phasigen CEE-Stecker geliefert). Beachten Sie bitte, dass eine 32A 3-phasige (22kW rot) CEE-Steckdose mit dem CEE-Stecker der Ladestation nicht kompatibel ist.

Für die private Nutzung wird empfohlen, die CEE-Steckdose mit einer zusätzlichen Haushalt-Steckdose **(A)** auszustatten. So können auch weitere Elektroapparate angeschlossen werden z.B. eBike, Staubsauger und andere Haushaltsgeräte.



Für die halböffentliche Nutzung wird empfohlen, eine einfache mit Schloss abschliessbare CEE-Steckdose **(B)** zu installieren.



Elektrischer Anschluss und Sicherungen:

Sicherung: ein FI-LS Typ A muss für die CEE-Steckdose vorhanden sein (die Gleichstromerkennung ist in den Alfen-Ladestationen bereits integriert).

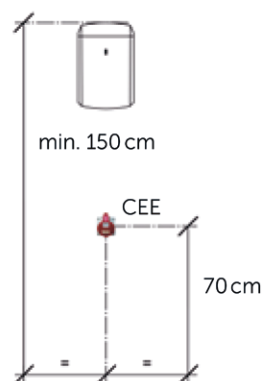
Phase L1, L2, L3 für unterschiedliche Ladestationen rotieren. So ist gewährleistet, dass bei 1-phasiger Ladung (die Mehrheit der eFahrzeuge laden nur mit 1 Phase), die Phasen gleichmässiger belastet werden.

Jetzt passende Ladestation finden und Richtofferte für die Elektroinstallation erhalten: tcs.ch/ladestation

Positionierung der CEE-Steckdose:

Die Steckdose muss auf einer Höhe von ca. 70 cm vom Boden positioniert werden.

Sicherstellen, dass die CEE-Steckdose max. 50 cm von der zu installierenden Ladestation entfernt ist. Die Ladestation muss so positioniert werden, dass es für das zu ladende eFahrzeug passt (Bemerkung: falls das Ladekabel an der Ladestation angebracht ist, sollte die Kabellänge 4m betragen). Die Positionierung des Anschlusses auf der eFahrzeug-Seite ist unter folgendem Link ersichtlich tcs.ch/autosuche (das gewünschte eFahrzeug suchen und dann «Spezifikation» wählen)



Vorteile von TCS Heimladestationen:

- Tiefe Installationskosten für den Kunden
- Einfacher Wechsel von PHEV zu BEV und umgekehrt
- Problemloser Umzug
- Tausch einer defekten Ladestation innerhalb von 6 Stunden
- Notladung mittels Mode2 möglich
- Sicherstellung der Rotation der Phasen
- Kompatibel mit Lastmanagement
- Zukunftscompatibel (z.B. DC und Induktiv)
- Die CEE-Steckdose muss erst nach 20 Jahren für den Erhalt des Sicherheitsnachweises (SiNa) getestet werden

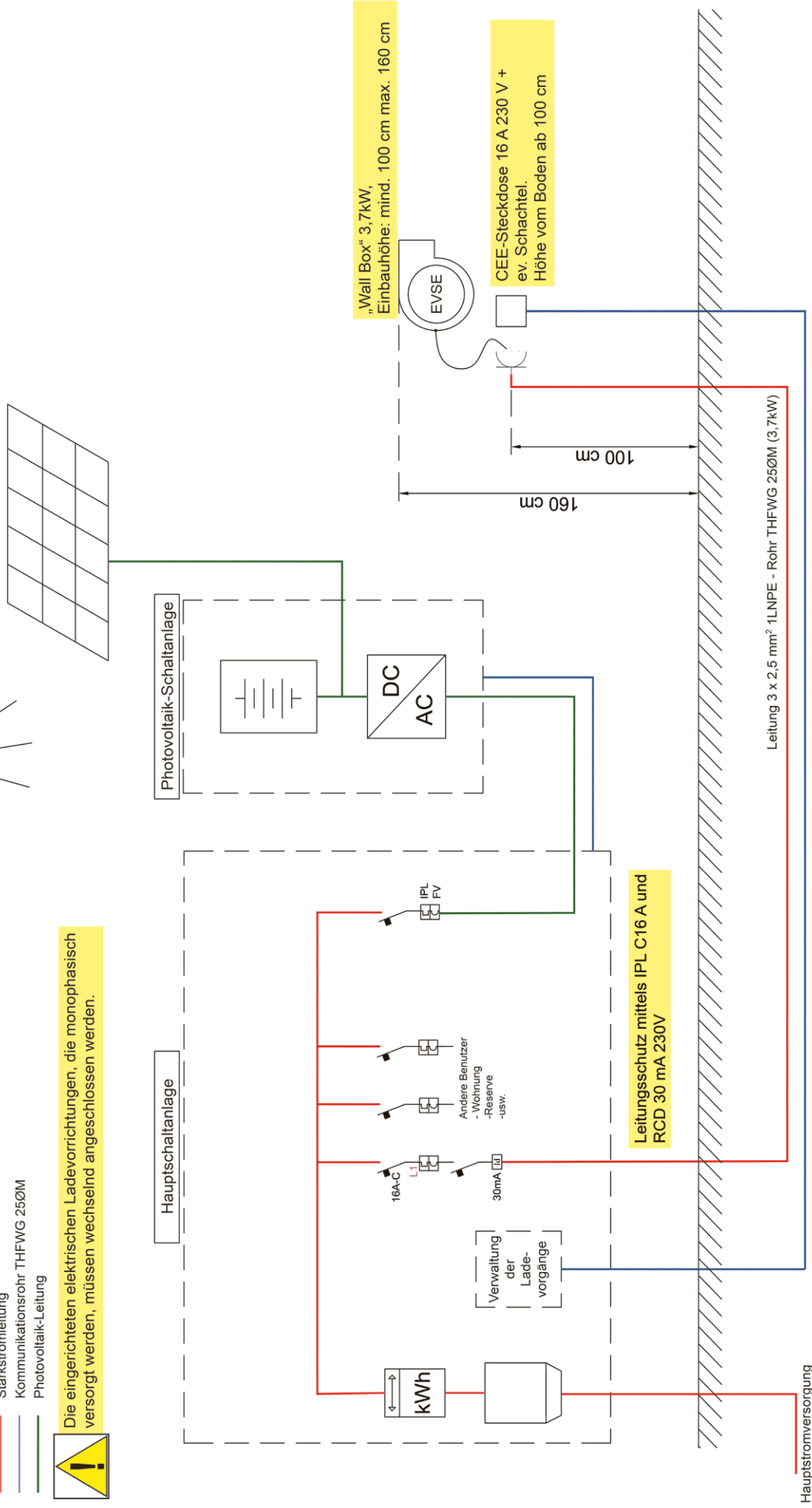
A BEISPIEL EINER ANLAGE FÜR EIN EINFAMILIENHAUS MIT PHOTOVOLTAIKANLAGE

- Starkstromleitung
- Kommunikationsrohr THFWG 25ØM
- Photovoltaik-Leitung



Die eingerichteten elektrischen Ladevorrichtungen, die monophasisch versorgt werden, müssen wechselnd angeschlossen werden.

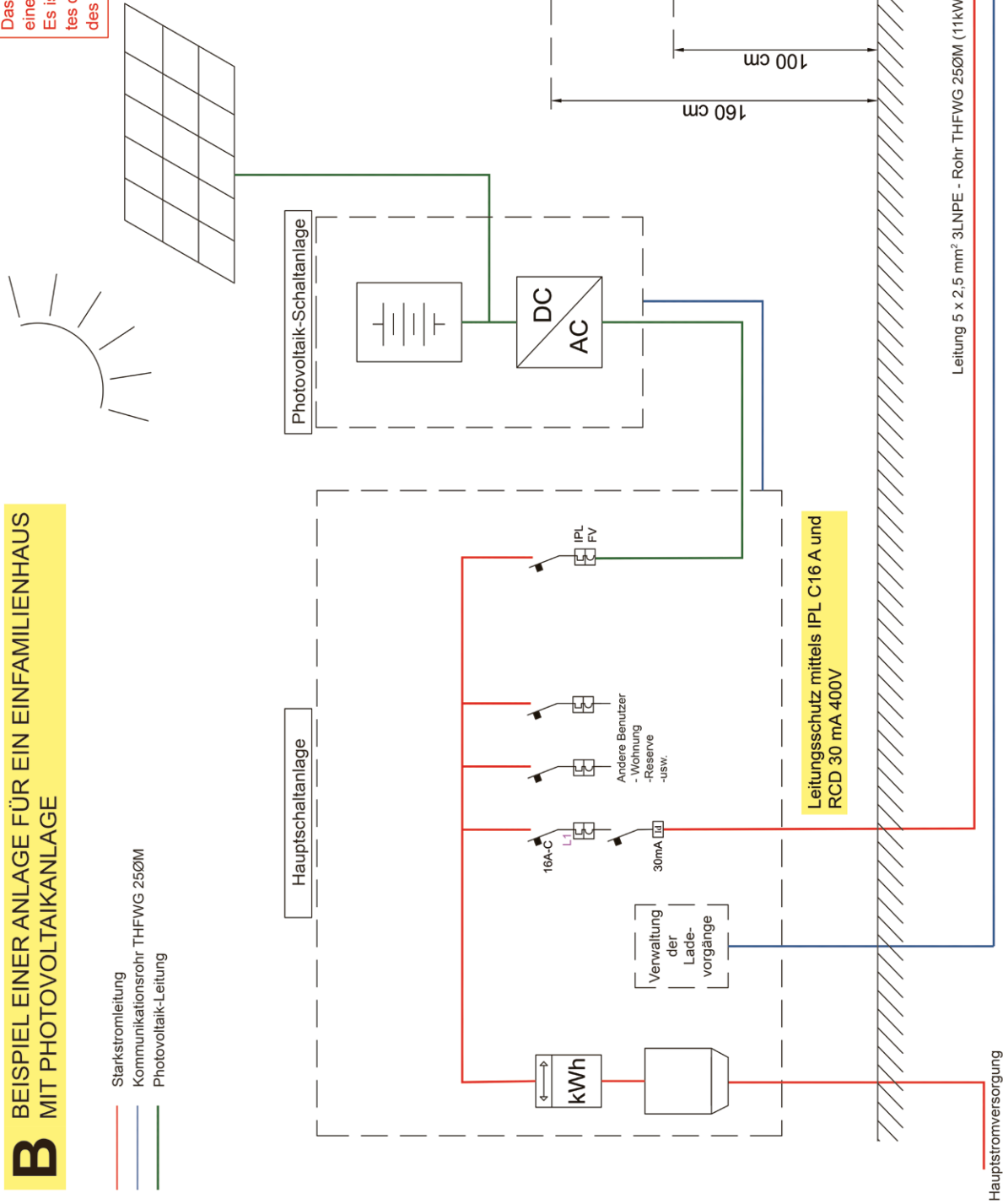
Das abgebildete Schema gilt als Beispiel und ist für die Ladung auf einer Distanz von unter 50m mit einer Ladesäule ohne FI gedacht. Es ist anzumerken, dass die Eigenschaften jedes einzelnen Elementes des Bauplanes abhängig von der Ladeleistung, des Abstandes und des Typs der Ladesäule sind.



B BEISPIEL EINER ANLAGE FÜR EIN EINFAMILIENHAUS MIT PHOTOVOLTAIKANLAGE




- Starkstromleitung
- Kommunikationsrohr THFWG 250M
- Photovoltaik-Leitung

Das abgebildete Schema gilt als Beispiel und ist für die Ladung auf einer Distanz von unter 50m mit einer Ladesäule ohne FI gedacht. Es ist anzumerken, dass die Eigenschaften jedes einzelnen Elementes des Bauplanes abhängig von der Ladeleistung, des Abstandes und des Typs der Ladesäule sind.



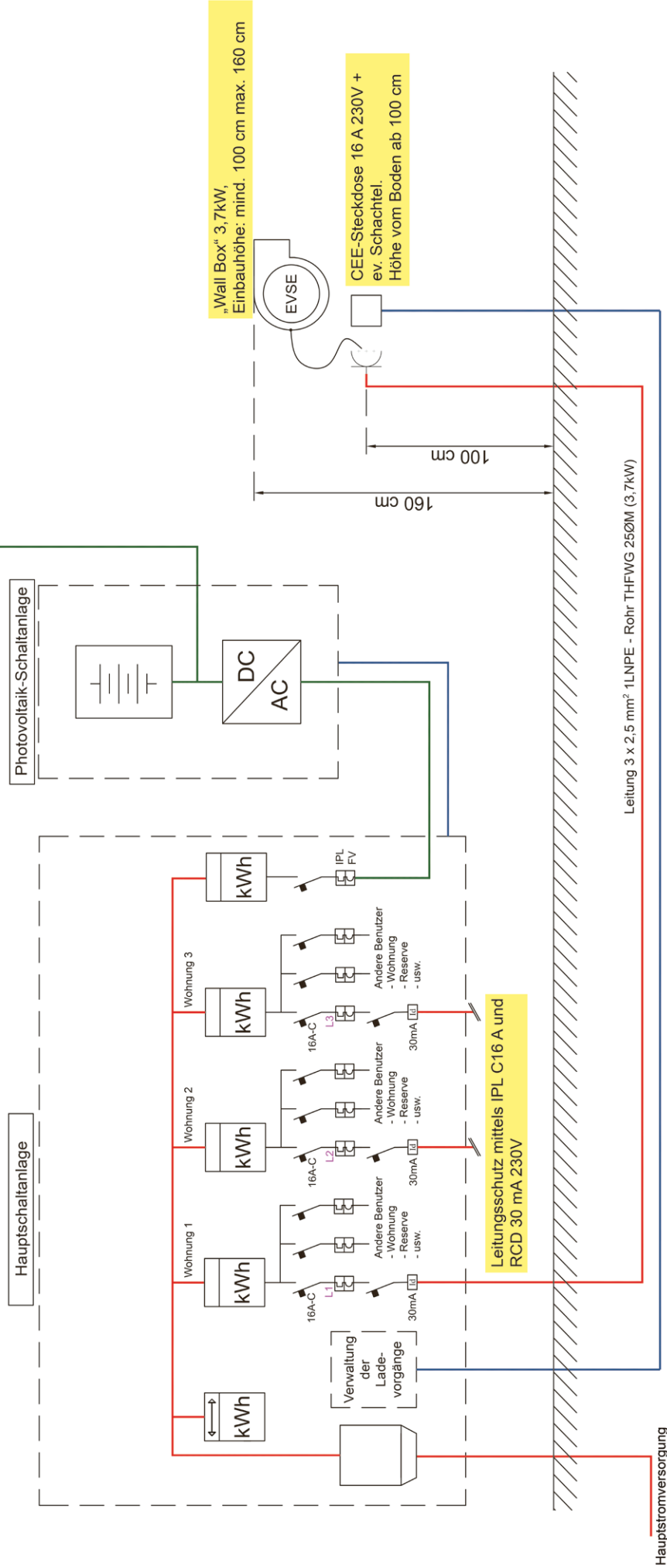
C BEISPIEL EINER ANLAGE FÜR EIN MEHRFAMILIENHAUS MIT PHOTOVOLTAIKANLAGE

Das abgebildete Schema gilt als Beispiel und ist für die Ladung auf einer Distanz von unter 50m mit einer Ladesäule ohne FI gedacht. Es ist anzumerken, dass die Eigenschaften jedes einzelnen Elementes des Bauplanes abhängig von der Ladeleistung, des Abstandes und des Typs der Ladesäule sind.

-  Starkstromleitung
-  Kommunikationsrohr THFWG 25ØM
-  Photovoltaik-Leitung



Die eingerichteten elektrischen Ladevorrichtungen, die monophasisch versorgt werden, müssen wechselnd angeschlossen werden.



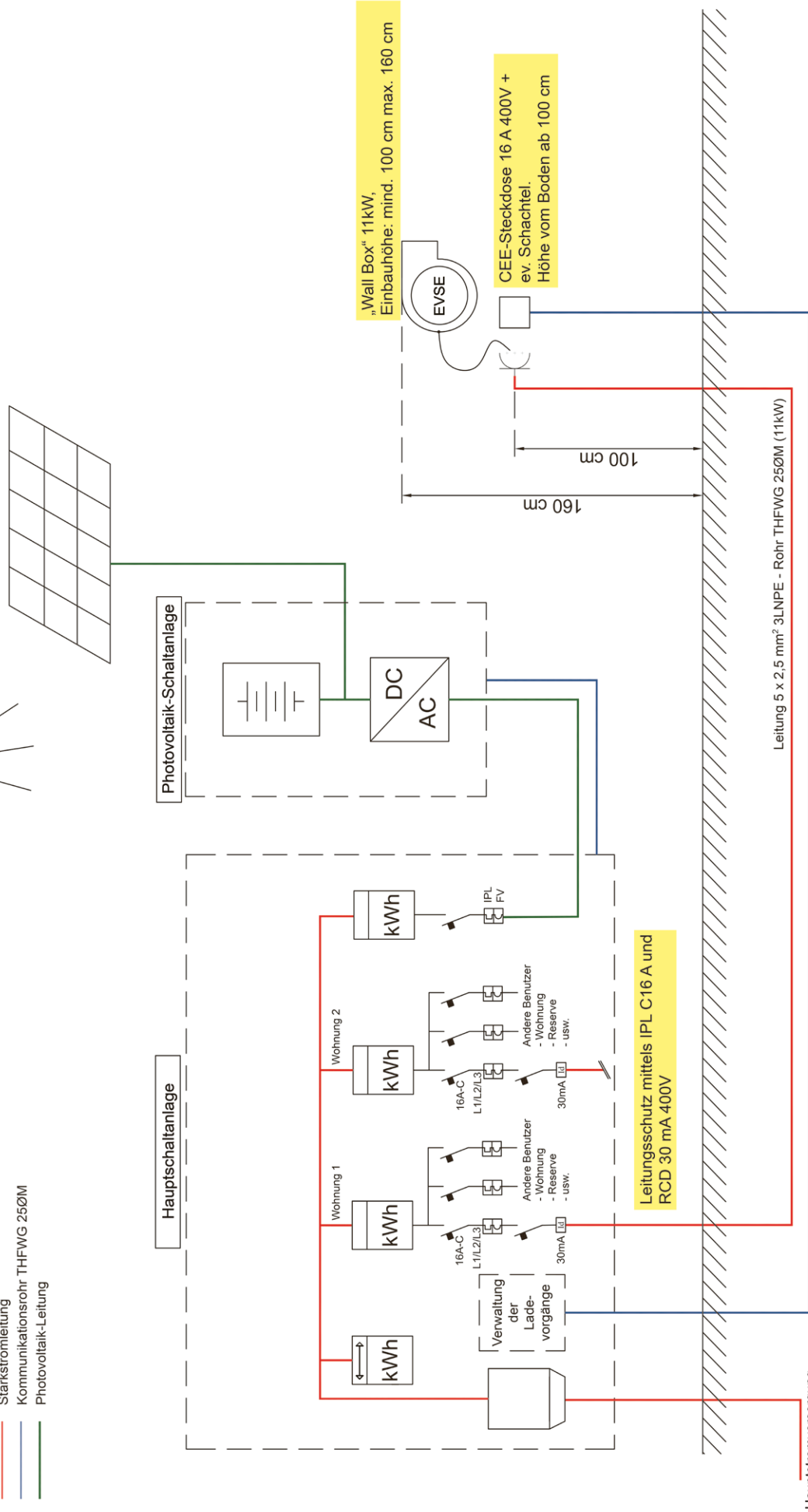
ifec
 IFEC Ingegneria SA
 Via Liscardo 9 - CH 6802 Rivera
 T. +41 91 936 27 00
 info@ifec.ch
 www.ifec.ch



D BEISPIEL EINER ANLAGE FÜR EIN MEHRFAMILIENHAUS MIT PHOTOVOLTAIKANLAGE

- Starkstromleitung
- Kommunikationsrohr THFWG 250M
- Photovoltaik-Leitung

Das abgebildete Schema gilt als Beispiel und ist für die Ladung auf einer Distanz von unter 50m mit einer Ladesäule ohne FI gedacht. Es ist anzumerken, dass die Eigenschaften jedes einzelnen Elementes des Bauplanes abhängig von der Ladeleistung, des Abstandes und des Typs der Ladesäule sind.



Leitung 5 x 2,5 mm² 3LNPE - Rohr THFWG 250M (11kW)

Hauptstromversorgung

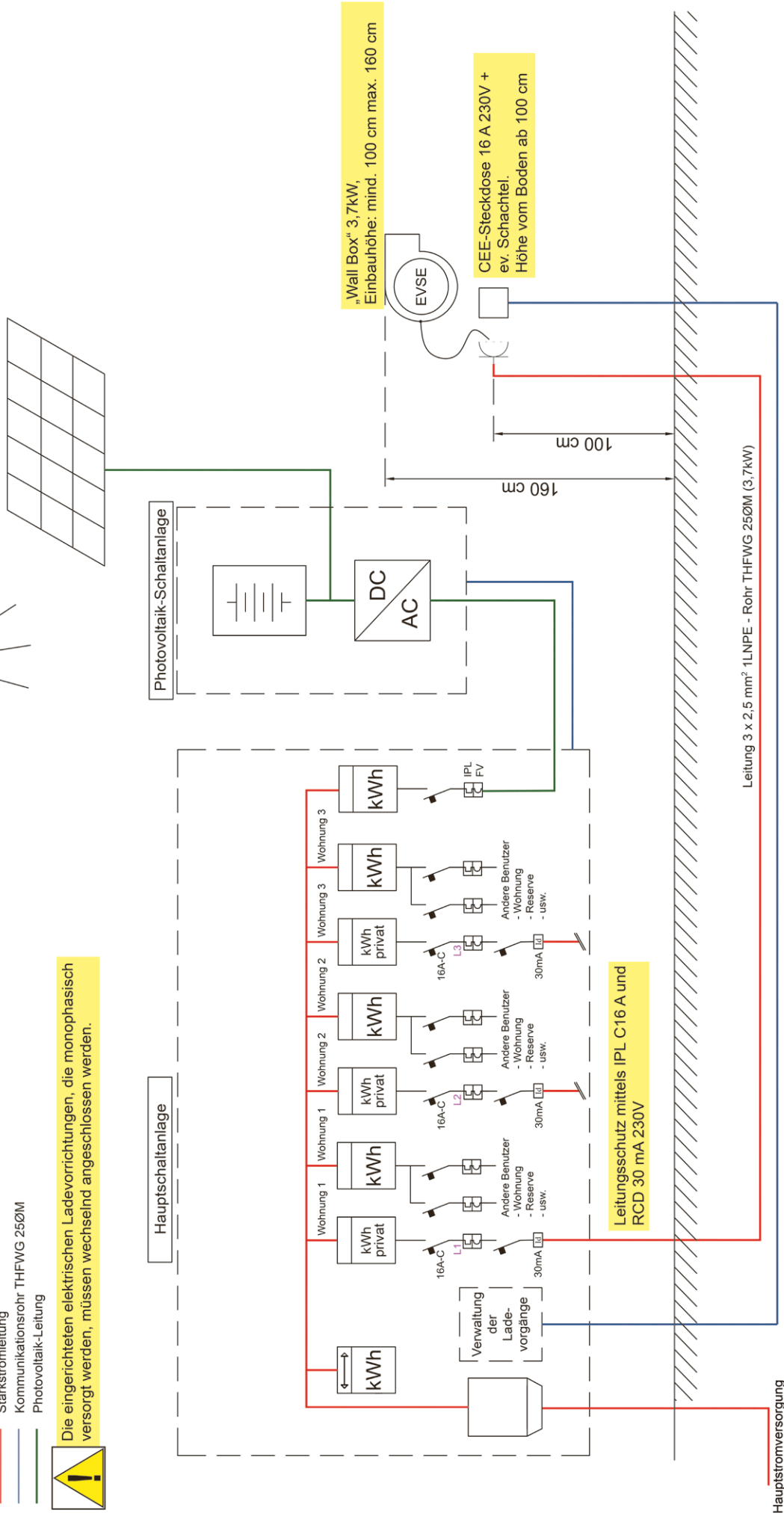
E BEISPIEL EINER ANLAGE FÜR EIN MEHRFAMILIENHAUS MIT PHOTOVOLTAIKANLAGE

- Starkstromleitung
- Kommunikationsrohr THFWG 250M
- Photovoltaik-Leitung



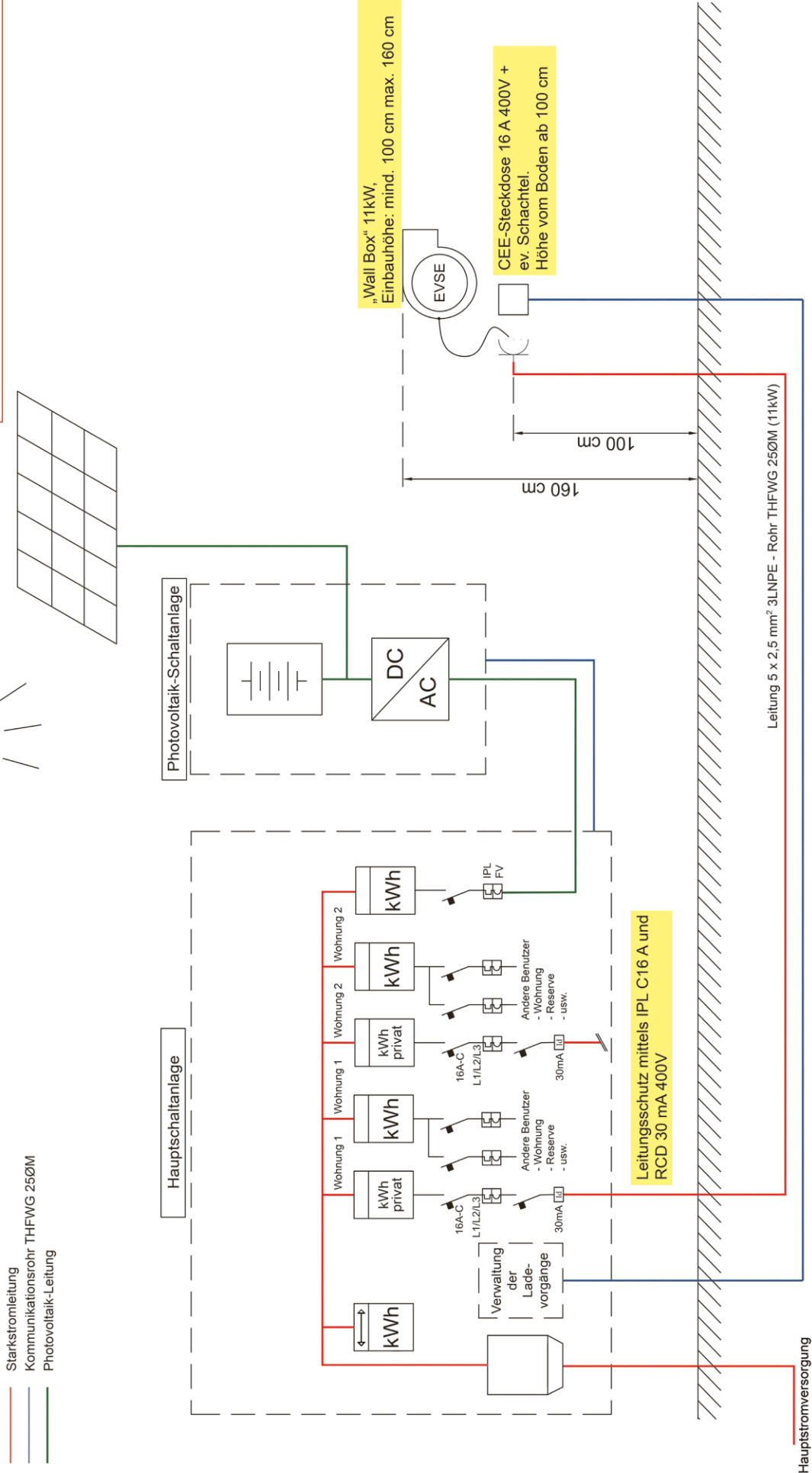
Die eingerichteten elektrischen Ladevorrichtungen, die monophasisch versorgt werden, müssen wechselnd angeschlossen werden.

Das abgebildete Schema gilt als Beispiel und ist für die Ladung auf einer Distanz von unter 50m mit einer Ladesäule ohne FI gedacht. Es ist anzumerken, dass die Eigenschaften jedes einzelnen Elementes des Bauplanes abhängig von der Ladeleistung, des Abstandes und des Typs der Ladesäule sind.



F BEISPIEL EINER ANLAGE FÜR EIN MEHRFAMILIENHAUS MIT PHOTOVOLTAIKANLAGE




Das abgebildete Schema gilt als Beispiel und ist für die Ladung auf einer Distanz von unter 50m mit einer Ladesäule ohne FI gedacht. Es ist anzumerken, dass die Eigenschaften jedes einzelnen Elementes des Bauplanes abhängig von der Ladeleistung, des Abstandes und des Typs der Ladesäule sind.



- Starkstromleitung
- Kommunikationsrohr THFWG 25ØM
- Photovoltaik-Leitung

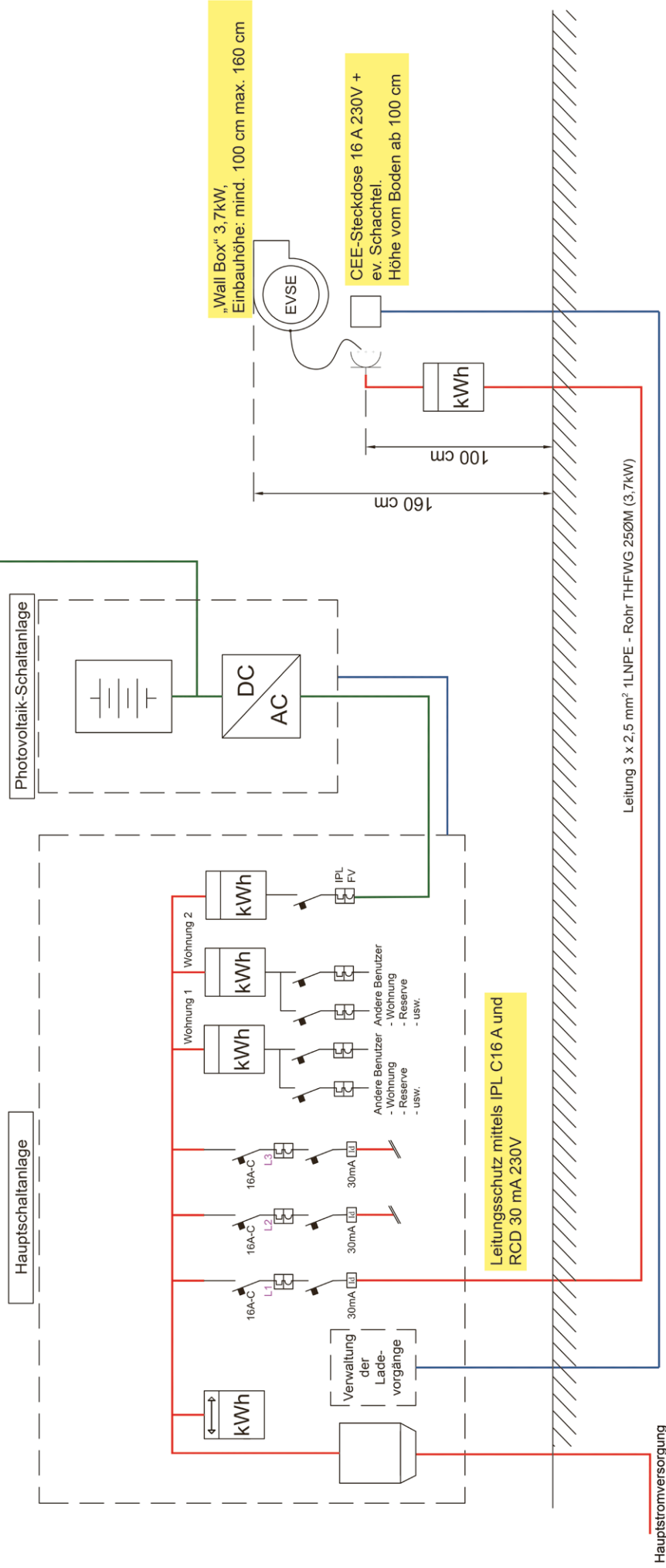
G BEISPIEL EINER ANLAGE FÜR EIN MEHRFAMILIENHAUS MIT PHOTOVOLTAIKANLAGE

Das abgebildete Schema gilt als Beispiel und ist für die Ladung auf einer Distanz von unter 50m mit einer Ladesäule ohne FI gedacht. Es ist anzumerken, dass die Eigenschaften jedes einzelnen Elementes des Bauplanes abhängig von der Ladeleistung, des Abstandes und des Typs der Ladesäule sind.

-  Starkstromleitung
-  Kommunikationsrohr THFWG 25ØM
-  Photovoltaik-Leitung



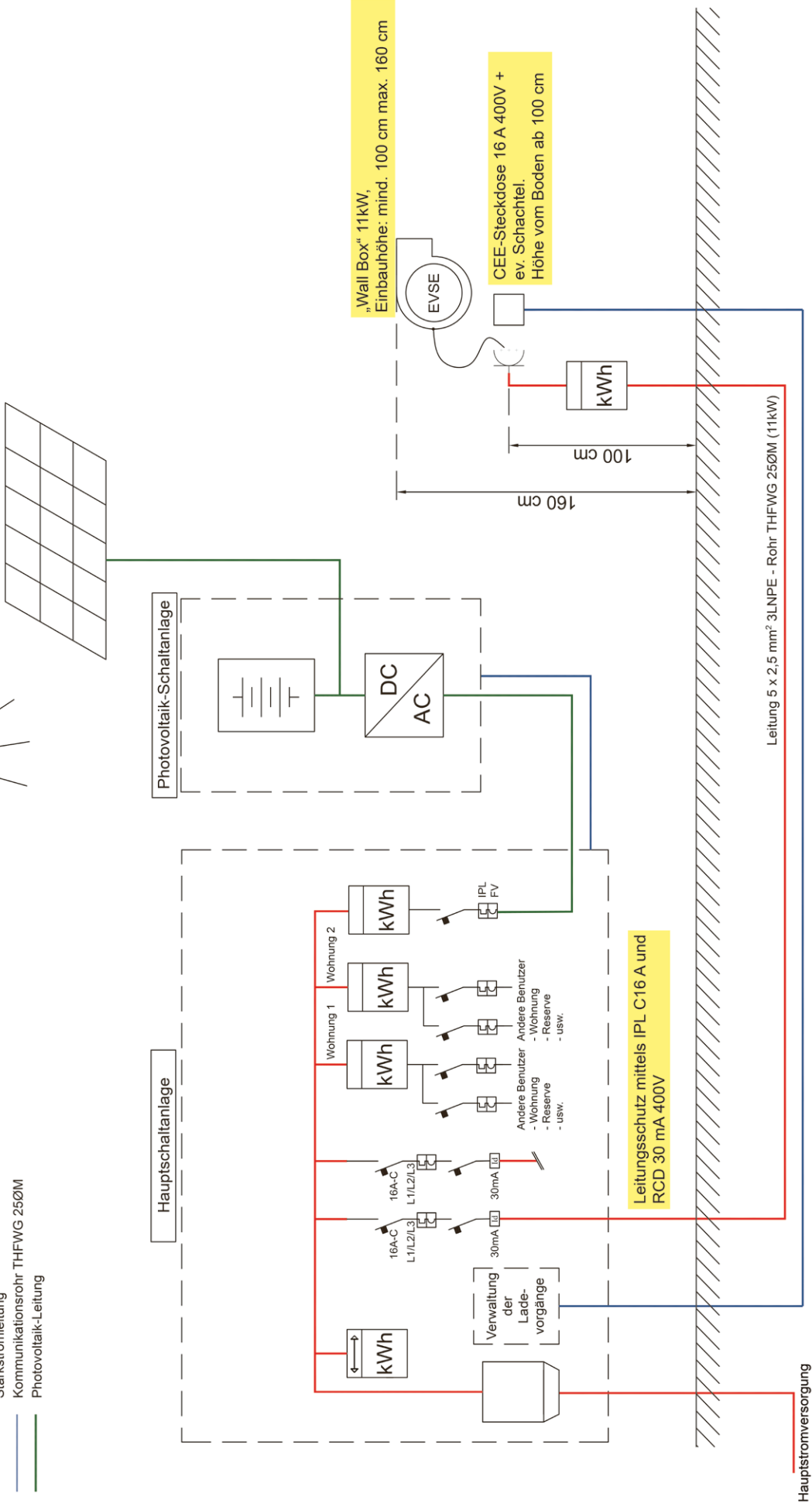
Die eingerichteten elektrischen Ladevorrichtungen, die monophasisch versorgt werden, müssen wechsellnd angeschlossen werden.



H BEISPIEL EINER ANLAGE FÜR EIN MEHRFAMILIENHAUS MIT PHOTOVOLTAIKANLAGE

- Starkstromleitung
- Kommunikationsrohr THFWG 250M
- Photovoltaik-Leitung

Das abgebildete Schema gilt als Beispiel und ist für die Ladung auf einer Distanz von unter 50m mit einer Ladesäule ohne FI gedacht. Es ist anzumerken, dass die Eigenschaften jedes einzelnen Elementes des Bauplanes abhängig von der Ladeleistung, des Abstandes und des Typs der Ladesäule sind.



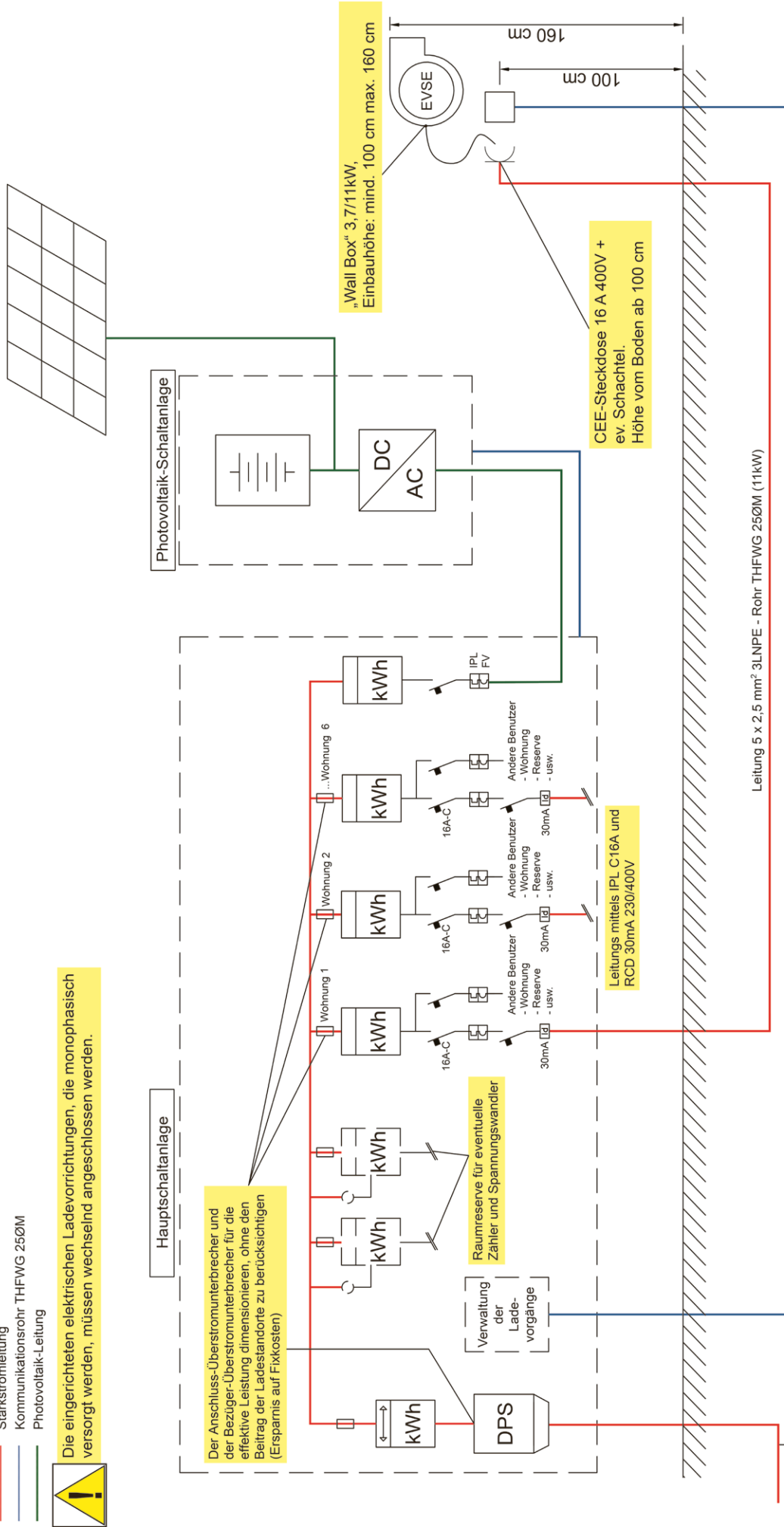
BEISPIEL EINER ANLAGE FÜR EIN MEHRFAMILIENHAUS MIT PHOTOVOLTAIKANLAGE

- Starkstromleitung
- Kommunikationsrohr THFWG 250M
- Photovoltaik-Leitung



Die eingerichteten elektrischen Ladevorrichtungen, die monophasisch versorgt werden, müssen wechsellnd angeschlossen werden.

Das abgebildete Schema gilt als Beispiel und ist für die Ladung auf einer Distanz von unter 50m mit einer Ladesäule ohne FI gedacht. Es ist anzumerken, dass die Eigenschaften jedes einzelnen Elementes des Bauplanes abhängig von der Ladeleistung, des Abstandes und des Typs der Ladesäule sind.



Darauf achten, dass der Netzbetreiber basierend auf die geplante Ladepunkt-Leistung die benötigten Einleitungen und den genauen Durchmesser für die Zuleitung vorsieht.

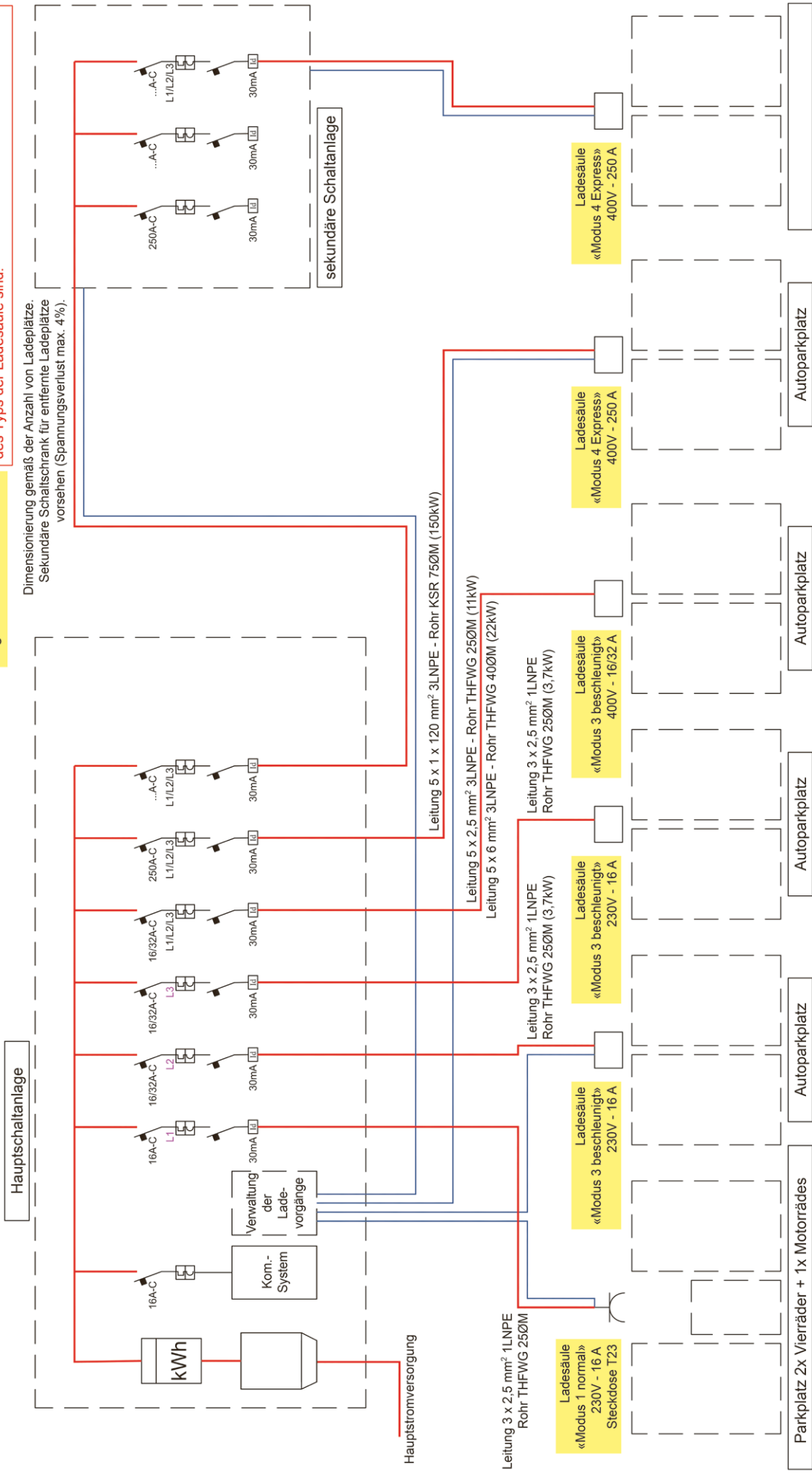
BEISPIEL EINER ANLAGE FÜR EINEN ÖFFENTLICHEN PARKPLATZ

Starkstromleitung
Kommunikationsrohr THFWG 250M



Eingerichtete elektrische Ladevorrichtungen, die monophasisch versorgt werden, müssen wechselseitig angeschlossen werden

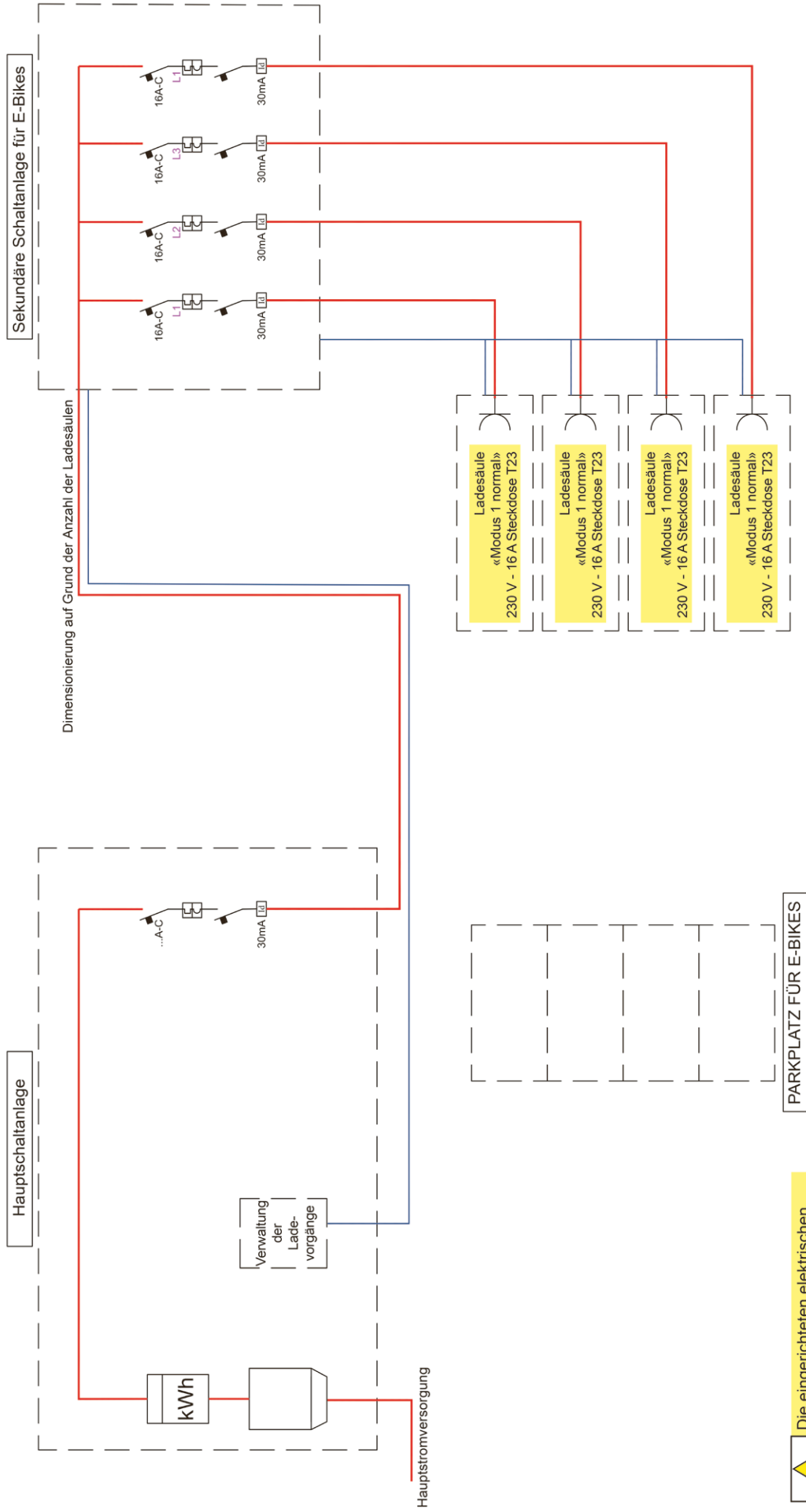
Das abgebildete Schema gilt als Beispiel und ist für die Ladung auf einer Distanz von unter 50m mit einer Ladesäule ohne FI gedacht. Es ist anzumerken, dass die Eigenschaften jedes einzelnen Elementes des Bauplanes abhängig von der Ladeleistung, des Abstandes und des Typs der Ladesäule sind.



Dimensionierung gemäß der Anzahl von Ladeplätze
Sekundäre Schaltschrank für entfernte Ladeplätze
vorsehen (Spannungsverlust max. 4%).

M BEISPIEL FÜR EINE ANLAGE FÜR EINEN ÖFFENTLICHEN PARKPLATZ FÜR E-BIKES

— Starkstromleitung
— Kommunikationsrohr THFWG 25ØM



Die eingerichteten elektrischen Ladevorrichtungen, die monophasisch versorgt werden, müssen wechselnd angeschlossen werden



IFEC Ingegneria SA
Via Liscardo 9 - CH 6802 Rivera
T. +41 91 936 27 00
info@ifec.ch
www.ifec.ch

SIE WOLLEN FÜR IHR E-AUTO LADEINFRASTRUKTUREN IM MIETVERHÄLTNIS ODER STOCKWERKEIGENTUM ERSTELLEN?

Folgendes müssen Sie wissen:

Elektroautos werden bestmöglich überall dort geladen, wo sie über längere Zeit stehen. Sprich vor allem zuhause. Die Schweiz ist das Land der Mieter und Stockwerkeigentümer, die Elektroautos sind oftmals in Tiefgaragen oder geteilten Garagen untergebracht. Wie können diese Abstellplätze mit Ladeinfrastrukturen ausgerüstet werden? Wenn Sie im Mietverhältnis oder Stockwerkeigentum sind, müssen Sie folgendes wissen:

Für den Mieter:

- Sie brauchen für den Einbau einer Ladeinfrastruktur das **Einverständnis des Vermieters**, resp. des Vertreters des Vermieters. Dies ist in der Regel eine Verwaltung.
- Die regelmässige Nutzung von Gemeinschaftsstrom zum Laden ist in den allermeisten Fällen vertraglich nicht geregelt. Sie benötigen nicht nur für die Erstellung der Ladeinfrastruktur das **Einverständnis**, sondern auch **für den Strombezug**.
- Es empfiehlt sich eine Verrechnung des Stroms zu einem Pauschalpreis.
- Auch möglich (aber teurer) ist der Einbau eines Zählers oder eines Anschlusses zum Zähler Ihrer Wohnung oder Liegenschaft.
- Sie haben **grundsätzlich keinen Anspruch auf Erschliessung** eines Stellplatzes oder die regelmässige Nutzung einer bestehenden Ladeinfrastruktur wenn diese nicht vereinbart ist (Art. 256 OR). Wenn Sie bereit sind, die Kosten ganz oder teilweise zu tragen, lässt sich aber in der Regel eine Lösung finden.
- Die Verwaltung dürfte unter diesen Umständen auch dazu bereit sein, **auf die Wiederherstellung** des früheren Zustandes am Ende der Mietdauer **zu verzichten**. Es empfiehlt sich, dies schriftlich zu vereinbaren (Art. 260a Abs. 2 OR).
- Es ist dienlich, dem Vermieter oder der Verwaltung ein **technisches Dossier der Ladeinfrastruktur vorzulegen**. Weisen Sie dabei die Kapazität (in kW) der Ladeinfrastruktur aus. Fordern Sie die nötigen Unterlagen beim Lieferanten oder oder Installateur Ihrer Ladeinfrastruktur an.
- Fragen Sie Ihren Elektroautohändler oder Installateur nach einem „Home Check“. Dabei wird die für Ihr Fahrzeug beste Ladelösung ermittelt.
- Es empfiehlt sich, die Möglichkeit und Notwendigkeit des Lastmanagements durch den Lieferanten oder Installateur mit dem Gebäudeelektriker abklären zu lassen. Der Austausch dieser Parteien findet in der Regel bei der Installationsauftragserteilung statt.



Für den Stockwerkeigentümer:

- Im Stockwerkeigentum sind Parkplätze, anders als abgeschlossene Garagenboxen, meist nicht zu Sonderrecht ausgeschieden. Sie brauchen für den Einbau einer Ladeinfrastruktur daher das Einverständnis der Eigentümerversammlung
- Die Erschliessung von Garagenplätzen mit Strom dürfte angesichts der wachsenden Bedeutung der Elektromobilität als „**notwendige Massnahme**“ zu sehen sein. Demzufolge benötigen Sie einen **Mehrheitsentscheid** der Eigentümer. Sie stützen sich dabei auf Art. 647c ZGB.
- Sollte der Einbau der Ladeinfrastruktur nur als „**nützliche Massnahme**“ betrachtet werden, benötigen Sie einen **Mehrheitsentscheid** der Eigentümer, die zu gleich auch die Mehrheit des Wertes der Sache auf sich vereinigen (**Wertquote**). Sie stützen sich dabei auf den Bundesgerichtsentscheid 5C.110/2001.
- Auch eine bauliche Änderung, die nur im Interesse eines einzelnen Stockwerkeigentümers ist, kann „nützlich“ in dem Sinne sein und bedarf daher zum Beschluss nur einer Mehrheit der Eigentümer, die zugleich auch die Mehrheit des Wertes der Sache auf sich vereinigen.
- Falls Sie als Einzelner den Einbau einer Ladeinfrastruktur planen, werden Sie den Mehrheitsentscheid wohl nur durch die **Übernahme der Erschliessungskosten** erreichen. Dies ist auch im Gesetz so vorgesehen (Art. 712h Abs. 3 ZGB).
- Falls zu einem späteren Zeitpunkt weitere Stockwerkeigentümer Ladeinfrastrukturen einbauen möchten, ist es nur fair, wenn diese sich **an den von Ihnen übernommenen Initialkosten beteiligen**. Eine entsprechende Regelung empfiehlt sich bei der Erstellung der ersten Ladeinfrastruktur.
- Erfordert die Erschliessung von **zu Sonderrecht ausgeschiedenen Garagen bauliche Massnahmen** an gemeinschaftlichen Bauteilen, müssen die übrigen Stockwerkeigentümer eine notwendige Durchleitung von Leitungen gegen Entschädigung dulden (Art. 691 ZGB).
- Es ist dienlich, der Eigentümerversammlung **ein technisches Dossier der Ladeinfrastruktur vorzulegen**. Weisen Sie dabei die Kapazität (in kW) der Ladeinfrastruktur aus. Fordern Sie die nötigen Unterlagen beim Lieferanten oder Installateur Ihrer Ladeinfrastruktur an.
- **Bereiten Sie** für die Eigentümerversammlung **einen Antrag** mit Begründung und den zu treffenden Abmachungen und Regelungen **vor**.
- Stellen Sie sicher, dass beim allfälligen Verkauf der Wohnung oder Liegenschaft die **vereinbarten Regelungen an den neuen Eigentümer übergehen**.
- Fragen Sie Ihren Elektroautohändler nach einem „Home Check“. Dabei wird die für Ihr Fahrzeug beste Ladelösung ermittelt.
- Es empfiehlt sich, die Möglichkeit und Notwendigkeit des **Lastmanagements** durch den Lieferanten oder Installateur mit dem Gebäudeelektriker abklären zu lassen. Der Austausch dieser Parteien findet in der Regel bei der Installationsauftragserteilung statt.





Auch bei



hilft der TCS.

Mit der unabhängigen Beratung zur E-Mobilität.

Dank unseren Ratgebern, Tipps, Tools und Services wie der E-Mobilitäts-Helpline erleichtern wir der ganzen Schweiz den Einstieg in die Elektromobilität.

emobility.tcs.ch

**Fragen zur E-Mobilität?
0844 888 333**



charge@immo

für die skalierbare Ladeinfrastruktur



Nachhaltig ✓

Zukunftssicher ✓

Investitionsoptimiert ✓

Alles aus einer Hand ✓



Energie 360° AG
Telefon +41 43 317 25 25 | mobilitaet@energie360.ch
e360.ag/e-mobilitaet-immo

energie360°





Strom im Tank

Wir glauben an die Technologien der Zukunft und fördern deshalb eine smarte Mobilität. Entscheiden auch Sie sich heute für die Elektromobilität und profitieren Sie von den Dienstleistungen unserer Gruppe.

ENERGIE

energieberatungAARGAU –
unabhängig und professionell

Gut unterwegs mit dem eigenen Strom.

**energieberatungAARGAU –
eine Dienstleistung für Ratsuchende
aus dem Kanton Aargau**

Wir freuen uns auf Ihren Anruf: **062 835 45 40**
Telefonische Beratung ist kostenlos.

Weitere Beratungsangebote und Informationen
finden Sie unter www.ag.ch/energieberatung



SIEMENS

Siemens – Treiber der eMobility

Die Entwicklung bei Elektrofahrzeugen, bei der Ladeinfrastruktur und im Energiemanagement verändert die Welt der Mobilität von Menschen und Gütern, wie wir sie kennen. Siemens ist wichtiger Treiber dieser Veränderung und verbessert gemeinsam mit seinen Kunden die Antriebstechnik und Ladelösungen für eine nachhaltige Zukunft der eMobility.

[siemens.ch/e-mobility](https://www.siemens.ch/e-mobility)



Unsere Lösungen

ab 3.7kW AC bis 384kW DC



caffè corretto system

Bis zu 384kW DC Ladeleistung
Ladespannung von 170-920V.
Äusserst kompakte Usereinheit.



ristretto&charge

Bis zu 384kW DC Ladeleistung
Ladespannung von 170-920V.
Mit integriertem Kabelmanagement.



espresso&charge

Bis zu 165kW DC + 65kW AC
für alle Fahrzeuge. Lädt bis zu
vier Fahrzeuge gleichzeitig.



cappuccino&charge

64kW DC, inklusive dynamischer
Lastverteilung, lädt bis zu drei
Fahrzeuge gleichzeitig.



coffee&charge

Schnell und einfach mit 20kW
DC + 22kW AC Laden. Auch
als bidirektionale Ladestation
erhältlich.



move&charge

Plug&play 20kW DC +
22kW AC laden. Optional als
1000V Variante mit allen
DC-Steckern erhältlich.



sospeso&charge

Mit 10kW DC bidirektional laden
und entladen und so einfach
das Haus oder den Betrieb mit
Strom aus dem Elektrofahrzeug
versorgen.



sleep&charge

Einfache Installation durch
CEE-Stecker. Sichere und
transparente AC-Ladung
mit bis zu 22 kW.



entwicklung & produktion
in Kriens-Obernau



FORTSCHRITTLICH MOBIL

Die Mobilität auf den Strassen verursacht heute in der Schweiz rund einen Drittel aller CO₂-Emissionen.

Und entgegen der energie- und klimapolitischen Ziele steigen die Emissionen aus Treibstoffen in den letzten Jahren weiter an.

Elektrofahrzeuge sind ein Teil der Lösung.

Sie tragen dazu bei, die Nutzung fossiler Energien im Verkehrssektor zu reduzieren. Ihr emissionsfreier Betrieb produziert keine Abgase und birgt Potenzial zur Verbesserung der lokalen Luftqualität und Lärmbelastung.

Die Ostschweizer Kantone wollen ihren Anteil an die Reduktion der CO₂-Emissionen im Verkehr leisten.

Sie alle sind im Begriff effektive Instrumente zu eruiieren. Einzelne Kantone haben bereits mit Berichten das Potenzial der Elektromobilität für den kantonsspezifischen Siedlungsraum aufgezeigt, andere setzen schon Massnahmen um.

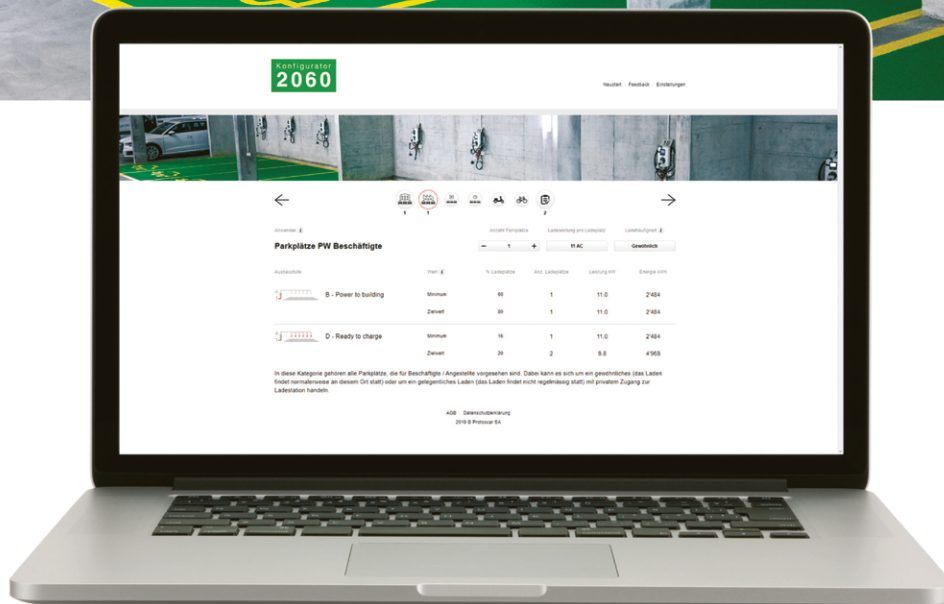
Eine Vorreiterrolle nimmt der Kanton Thurgau ein. Seit Anfang 2019 unterstützt er rein elektrische und mit Wasserstoff betriebene Fahrzeuge mit einer Umstiegsprämie, wenn der Autohalter 100 Prozent erneuerbaren Strom bezieht.

Erkundigen Sie sich nach den Massnahmen der Elektromobilität in Ihrem Kanton.

Energiefachstellen der Ostschweizer Kantone und des Fürstentums Liechtenstein



Infrastruktur für Elektrofahrzeuge in Gebäuden



Mit dem Konfigurator 2060 können Sie in wenigen Schritten die optimale Ladelösung für Ihre Immobilie berechnen und dabei gleichzeitig die Empfehlungen des Merkblatts SIA 2060 erfüllen.

www.konfigurator2060.ch



Planung, Realisation, Betrieb*

**Alles zusammen: *Planung,
*Realisation, *Betrieb.**

Bei uns bekommen Sie schlüsselfertige
Komplettlösungen von Ladestationen für
E-Fahrzeuge. Erfahren Sie mehr:

ewz.ch/ladelösung

 Ein Unternehmen
der Stadt Zürich

ewz



Dieser Ratgeber richtet sich an all diejenigen, die Informationen suchen, über:

- Das Aufladen von Elektrofahrzeugen
- Die Berechnung der zum Laden benötigten Leistung und Energie
- Die Vorbereitung eines neuen Gebäudes für die künftige Installation von Ladestationen
- Den Aufbau der elektrischen Anlage für die Versorgung der Ladestationen
- Die Installation von Ladestationen
- Die Verwaltung von Ladestationen in Bezug auf Last und Zugangs- und Zahlungssystemen

Bei der inhaltlichen Ausarbeitung wurden die Richtlinien des Merkblatts SIA 2060 Infrastruktur für Elektrofahrzeuge in Gebäuden verfolgt. Der Ratgeber ist mit zahlreichen Diagrammen, Tabellen, Bildern und praktischen Beispielen angereichert, um die Anwendung zu erleichtern, und gibt auch einen Ausblick auf künftige Entwicklungen der Technologie.

