

E-Mobility: Empfehlungen für die zukünftige Ladeinfrastruktur

Zur Realisierung einer zukunftssicheren Ladeinfrastruktur im öffentlichen, halböffentlichen und privaten Bereich ist eine Kooperation zwischen E-Fahrzeugherstellern, Ladetechnik-Herstellern und Ladetechnik-Betreibern, sowie Ministerien und Kommunen von Bund und Ländern erforderlich.

Aktueller Stand der Ladeinfrastruktur

Elektroautos werden immer besser, aber die Lade-Infrastruktur ist noch nicht zufriedenstellend. Es gibt weder einen einheitlichen Ladestecker-Standard noch ein einfaches, überregional funktionierendes Bezahlssystem.

Grundsätzlich wird der Elektroantrieb begünstigt durch seine exzellente Umweltverträglichkeit, wodurch gerade in Ballungszentren (Mega-Innenstädten) die Bewohner von Abgasen und Lärm entlastet werden.

Der sehr hohe Wirkungsgrad des Elektromotors (> 90 % / Verbrennungsmotor nur < 40 %) und begrenzte Ölreserven - und damit langfristig steigende Kraftstoffpreise - tragen weiterhin zur Durchsetzung des Elektroantrieb bei.

Elektrofahrzeuge brauchen eine eigene Lade-Infrastruktur

Die öffentlichen Ladestationen incl. der Laternen-Ladepunkte sollten, wie auch die öffentliche Straßenbeleuchtung vom Staat finanziert und unterhalten werden, wobei die Lade-Stromkosten hier vom Ladekunden bezahlt werden, wogegen die Stromkosten für die Straßenleuchten auch noch vom Steuerzahler bezahlt werden. Der Fahrstrom sollte von Steuern und Angaben befreit werden, dann kostet die kWh nur noch etwa 0,15 €.

Der Schlüssel zum Erfolg der E-Mobilität ist, die Ladestationen dort zu haben, wo Autos lange stehen: Auf Behörden- und Firmenparkplätzen, auf privaten Grundstücken und im öffentlichen Raum, speziell in Wohnstraßen, da auch hier die E-Fahrzeuge in den Nachtstunden stehen.

Es gibt momentan zwei unterschiedliche Ladeszenarien:

Langsames Aufladen von Elektrofahrzeugen über eine längere Zeitspanne am Wohnort oder am Arbeitsplatz mittels einphasiger Netzspannung mit 230 VAC / 16 A (10 A).

Schnelles Laden an öffentlichen universellen Ladestationen mit 500 V Gleichspannung bzw. dreiphasiger Wechselspannung 400 / 230 VAC (sog. Drehstrom) bis 32 A.

Die Nationale Plattform Elektromobilität - das Beratergremium der Bundesregierung – fordert deshalb: **Pro Elektroauto eine Lademöglichkeit.**

Aktuelle Ladeinfrastruktur nicht optimal

Der derzeitige Stand der Ladeinfrastruktur ist unbefriedigend. Es gibt eine Vielzahl von unterschiedlichen Ladesteckern für Gleich- und Wechselstrom und diverse kWh-Abrechnungs- und Bezahlssysteme.

Zitat aus dem handelsblatt.com über einen Bericht über die deutsche Ladeinfrastruktur:

„Es handelt sich um eine Auflistung sämtlicher hier zu Lande üblichen Stecker, Kabel und Anschlussmöglichkeiten zur Aufladung von E-Fahrzeug-Batterien und eine Auskunft darüber, welches der in Deutschland gebräuchlichen, rund 22 verschiedenen Autos mit Elektroantrieb vom BMW i3 über den Mitsubishi EV und den Nissan Leaf bis zum Volkswagen E-Up welchen Lade-Standard verträgt und welchen nicht. Da ist von AC und DC die Rede; Fachbegriffe wie Mode 1, 2 und 3; Typ 1 / Typ 2; CCS und Chademo sowie Tesla- und Mennekes-Stecker tragen noch mehr zur Verwirrung bei.

Dieses kaum durchschaubare Durcheinander könnte mit verantwortlich dafür sein, dass es mehr als schleppend mit der Eroberung deutscher Straßen durch rein elektrisch betriebene Automobile vorangeht.

Laut KBA wurden 2014 in Deutschland 8.522 reine Elektroautos verkauft. AC-Schnelllader haben davon die Renault ZOE (1498 Stück), Tesla Model S (814 Stück) sowie der Smart ED (gegen Aufpreis, 1589 Stück). Das sind also 3.901 von 8.522 oder 45,8%.

Von den 22.405 in Europa erfassten AC- und DC-Ladepunkten sind 266 mit 43kW AC (1%), 5881 mit 22kW AC (26%) und 3.038 immerhin mit 11kW AC (13%) ausgestattet.

Bei **DC-Schnellladung** sieht es leider nicht so einheitlich aus: in Europa sind 756 CHAdeMO und 390 Combined Charging (CCS) Ladepunkte erfasst. Bevor eine Säule aufgestellt wird, die nur CCS oder CHAdeMO unterstützt, sollte besser ein Triple-Charger installiert werden, der beide DC-Varianten liefert und AC mit 22kW oder besser noch 43kW.

Insgesamt **5.500 öffentlich zugängliche Ladepunkte** gab es laut Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) zum Jahresende 2014 in Deutschland.

„Ein Elektroauto aufzuladen muss genauso einfach werden wie heutzutage die Fahrt zur Tankstelle“, sagt Wirtschaftsminister Sigmar Gabriel und startete im April vergangenen Jahres das Forschungsprojekt „SLAM - Schnellladenetz für Achsen und Metropolen“.

Vorteile der ausschließlichen DC-Lade-Technik

Da die Fahrzeugbatterie eine Gleichstromquelle ist, muss diese prinzipiell auch mit Gleichstrom geladen werden, d. h., anstelle von AC-Ladeverfahren sollte zukünftig nur noch DC-Laden im Leistungsbereich von etwa 3 kW ... 120 KW für sämtliche E-Fahrzeuge eingeführt werden.

Im E-Fahrzeug würde das einphasige bzw. dreiphasige AC / DC-Ladegerät entfallen, das spart im E-Auto Kosten, Volumen und Masse und es könnte ein vereinfachter, modifizierter CCS-Stecker für den gesamten o.g. DC-Leistungsbereich verwendet werden.

Dies kann z.B. der DC-Teil des CCS-Steckers sein, der um die Signalkontakte CP und PP für die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladesäule aus dem AC-Teil ergänzt wird, damit der Ladevorgang gezielt gesteuert werden kann. Aufgrund größer dimensionierter DC-Kontakte im Vergleich zum AC-Laden sind Ströme bis 200 A möglich, wodurch ein schnelles Laden zum Beispiel für unterwegs realisiert werden kann. Standardisiert sind bereits bis zu 125 A bei bis zu 850 V Nennspannung.

Beispiel: Kein vernünftiger Elektroingenieur würde die Ladegeräte für Smartphones, Laptops, Akkurasierer usw. nur mit einem Niedervolt-Wechselspannungsausgang entwerfen mit der Folge, dass die Gleichrichtung im mobilen Smartphone erfolgen müsste, obwohl dort der Platz äußerst knapp ist. Nur die bisherigen E-Autos leisten sich den überflüssigen Luxus, die Netzgleichrichtung an Bord mitzuführen, was natürlich unwirtschaftlich ist.

Wenn die Netz-Gleichrichtung im Fahrzeug installiert ist, wird diese nur ab zu während des Wiederauflade-Vorgangs benutzt. Wenn die Netz-Gleichrichtung dagegen im Ladepunkt installiert ist, wird diese viel häufiger für viele Fahrzeuge zum Aufladen verwendet, d.h. sie kann viel effektiver verwendet werden. Weshalb sich diese triviale Erkenntnis nicht längst durchgesetzt hat, ist mir als Elektroingenieur bis heute ein Rätsel.

Die Messung der von der Ladestation in das E-Fahrzeug eingespeisten DC-Energie:

$$W_{DC} = U_{DC} \cdot I_{DC} \cdot t \quad [\text{kWh}]$$

kann mit elektronischen Mitteln sehr genau und mit relativ geringem Aufwand gemessen werden.

Das neue **universelle DC-Charging-Steckersystem** steht dann in Konkurrenz zum CHAdeMO-Schnellladesystem mit Gleichstrom, welches in Japan und den USA etabliert und auch in Europa eingeführt ist.

Vorteile des neuen universellen DC-Charging-Steckersystems

Die Vielzahl der heute vorhandenen Stecker für AC und DC-Laden entfällt. (z.B. Schuko, Typ 2, CCS, Chademo usw.)

In den Ladestationen (Wallbox, Ladesäule, Light & Charge Ladeleuchte) wird später dann generell Gleichspannung mit geringer Welligkeit mittels einer Dreiphasen-Gleichrichterschaltung erzeugt und zum Laden der E-Fahrzeuge verwendet.

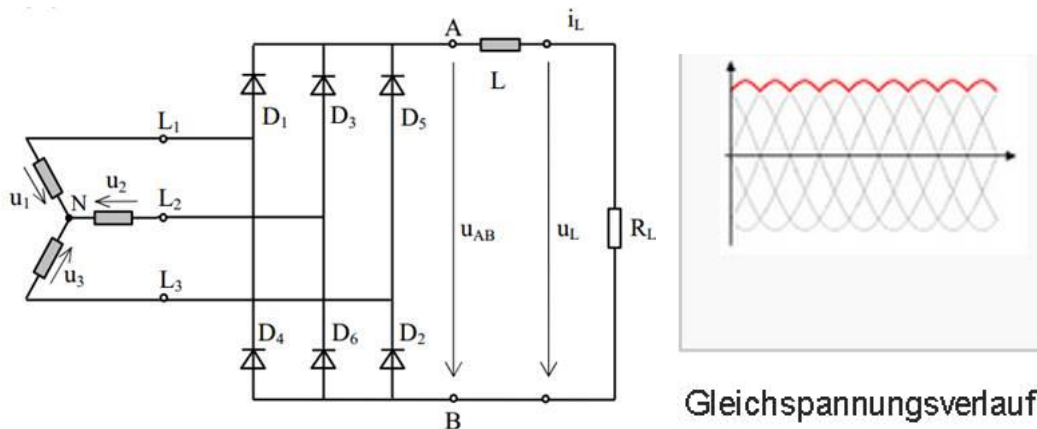


Bild 1. Prinzip der Drehstrom-Gleichrichter-Schaltung (230 V / 400 V)

Bei idealen Dioden beträgt der Effektivwert der Ausgangs-Gleichspannung **538,5 V** und der Gleichrichtwert ist **538 V**, d.h. die Fahrzeugbatterien können mit einer Spannung von etwa 534 V geladen werden. Dreiphasengleichrichter haben eine geringe Welligkeit (Brummspannung). Ein weiterer Vorteil ist der angenähert sinusförmige Eingangsstrom und dadurch eine geringere Belastung des Versorgungsnetzes mit Verzerrungsblindleistung und Netz-Oberschwingungen.

Zur Stromversorgung der Ladestationen wird nur noch Drehstrom aus dem öffentlichen Versorgungsnetz verwendet, auch im privaten Wohnbereich, da Dreiphasen-Wechselstrom überall installiert ist. Vorteilhaft ist außerdem die gleichmäßige Belastung der drei Netz-Phasen, wodurch starke Netz-Unsymmetrien vermieden werden. In Abhängigkeit der verfügbaren AC-Stromstärken

ergeben sich folgende Ladeleistungen: $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$

$$P = \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 6 \text{ A} = 5 \text{ kW}$$

$$P = \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 10 \text{ A} = 7 \text{ kW}$$

$$P = \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 16 \text{ A} = 11 \text{ kW}$$

$$P = \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 32 \text{ A} = 22 \text{ kW}$$

$$P = \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 64 \text{ A} = 44 \text{ kW}$$

$$P = \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 128 \text{ A} = 88 \text{ kW}$$

Im Prinzip verbindet sich das Batterie-Management-System des Autos mit der Ladestation und meldet dieser den aktuellen Ladestand des Fahr-Akkus, die Gleichspannung und maximale Stromstärke mit der geladen werden darf, die Temperatur des Akkus und andere Parameter.

Die Ladestation passt die Ladeparameter (Spannung, Stromstärke) an die vom Auto mitgeteilten Akkuparameter an. Auf diese Weise wird der Ladevorgang vom Auto aus gesteuert, wodurch eine möglichst rasche und gleichzeitig schonende Aufladung des Akkus bewirkt wird.

Die Lade-Elektrik / -Elektronik wird entsprechend der gewünschten DC-Ladeleistung dimensioniert, um die Kosten niedrig zu halten.

Die Ladestationen sollten unbedingt entweder eine Ladekabel-Aufrollvorrichtung – wie bei Staubsaugern seit Jahren üblich – oder eine Kabelaufhänge-Vorrichtung aufweisen, um das Handling beim Laden zu erleichtern und eine Verschmutzung der Hände des Stromtank-Kunden zu vermeiden.

Wie der Tankschlauch bei den üblichen Tankstellen, sollte das Ladekabel in bequemer Bedienhöhe (ca. 1,5 m) von der Ladestation abnehmbar sein, aber erst, wenn die Ladesäule durch den Stromtank-Kunden aktiviert wird.

Im nicht aktivierten Zustand der Ladestation ist der Kabelstecker in seiner Ladestations-Aufnahme verriegelt. Weiterhin ist das Ladekabel mit einer stabilen Schutzhülle gegen Vandalismus zu versehen.

Bei diesem Konzept gibt es also nur noch einen genormten DC-Ladestecker für den DC-Leistungsbereich von etwa 3 kW ... 120 kW und das Ladekabel ist entsprechend der Ladestations-Leistung dimensioniert, um die Kabelkosten (Kupfer etc.) gering zu halten.

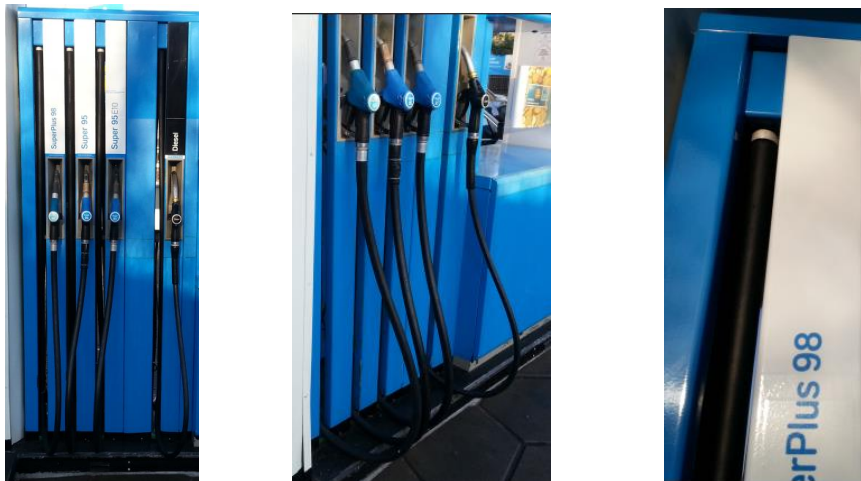


Bild 2. Bedienungsfreundliche Tankschlauch-Aufhängung bei den üblichen Tankstellen

Der heutige Zustand, wo der E-Autobesitzer verschiedene Ladekabel (teilweise verschmutzt) im Kofferraum mit sich führen muss, ist absolut inakzeptabel. Niemand würde auch auf die Idee kommen, einen Tankschlauch für flüssige Kraftstoffe im Kofferraum mitzuführen.

Ebenso unbefriedigend ist die Errichtung von Multiladesäulen mit Ladeausgängen für AC- und DC-Laden mit verschiedenen Steckern.

Es muss zukünftig genügen, nur **ein** herausziehbares DC-Ladekabel mit **einem Steckertyp** zu verwenden.

Nissan und Endesa bringen bidirektionales Laden auf den Weg

Das BEM-Mitgliedsunternehmen [Nissan](#) und der spanische Energieversorger Endesa ebnen den Weg für die Markteinführung sogenannter Vehicle-to-Grid Systeme (V2G). Damit wird das bidirektionale Laden zwischen Elektrofahrzeugen wie dem Nissan Leaf und dem Stromnetz möglich. Das bedeutet: Ein Elektroauto kann die in der Batterie gespeicherte Energie wieder abgeben und damit beispielsweise den Strombedarf eines Hauses abdecken. Nissan und Endesa haben jetzt auf dem 85. Genfer Automobilsalon eine entsprechende Vereinbarung unterzeichnet. Ziel ist es, V2G-Systeme auf den Markt zu bringen und innovative Geschäftsmodelle zur Verbreitung dieser Technologie zu entwickeln.

Als führender Hersteller von Elektrofahrzeugen mit mehr als 160.000 weltweit abgesetzten Nissan Leaf schlägt Nissan mit dieser Partnerschaft ein neues Kapitel in der Null-Emissions-Mobilität auf. Die bidirektionale Ladetechnik von Endesa zeigt, welches Potenzial in den Batterien von Elektroautos steckt. Nissan setzt damit seinen Anspruch in die Tat um, nicht nur Elektrofahrzeuge zu bauen, sondern ein auf Elektromobilität basierendes ökologisch orientiertes System als Baustein einer emissionsfreien Gesellschaft auf die Beine zu stellen. Beide Nissan Elektrofahrzeuge, der Leaf (seit Modelljahr 2013) und der e-NV200, sind über ihre CHAdeMO Schnellladeanschlüsse mit den V2G-Systemen nutzbar. Eine „Freischaltung“ durch den Kunden ist nicht notwendig.

Die Ladetechnik befindet sich momentan in einer Übergangszeit

In der jetzigen Übergangszeit – diese dauert sicher einige Jahre - werden AC-Ladeleistungen (einphasig) von 2,3 kW bis 3,68 kW und dreiphasig bis 11 kW (22 kW) sowie DC-Ladeleistungen bis 100 kW in Ladepunkten angeboten, solange, bis nur noch DC-Laden möglich sein wird.

Die zukünftige reine Gleichstromladung kann ökonomisch vorteilhaft mit den vielen Millionen öffentlichen, halböffentlichen und privaten Außenleuchten („Laternen“) zu

Light & Charge-Leuchten

kombiniert werden.



Selux – Schutzrechte:

Leuchte mit Ladestation für Elektrofahrzeuge. Deutsche Patentanmeldung AZ 10 2012 023 252.7, Anmeldetag: 29.11.2012, Anmelder Selux AG

Außenleuchte mit Elektroladestation. Gebrauchsmuster Nr. DE 20 2011 100 062.5, Anmeldetag: 30.4.2011, Inhaber: Selux AG

Stromtankstelle. Gebrauchsmuster Nr. DE 20 2010 005 543 U1 Anmeldetag: 2.6.2010, Inhaber: Selux AG

Unterschiedliche Standards für die Schnellladung

Gleich- oder Wechselstrom, unterschiedliche Steckertypen und Leistungsniveaus – Schnellladestationen sind von einheitlichen Standards noch weit entfernt.

	400 Volt dreiphasig	CCS	Chademo	Supercharger	Combo
VW E-Golf	nein	ja	nein	nein	ja
BMW i3	nein	ja	nein	nein	ja
Tesla Model S	ja	nein	nein	ja	nein
Nissan Leaf	nein	nein	ja	nein	ja
Smart Fortwo E	ja	nein	nein	nein	nein

E-Mobility: Ladekonzepte

Eine sichtbare Ladeinfrastruktur wird wesentlich zur Akzeptanzbildung für Elektromobilität beitragen.

Durchgeführte Befragungen haben ergeben, dass 95 Prozent der Nutzer ihre Elektrofahrzeuge zu Hause oder am Arbeitsplatz laden wollen. Trotz dieser Aussage hält ein ähnlich hoher Prozentsatz von Antwortenden flächendeckend aufgestellte öffentliche Ladepunkte für notwendig. Erklärt wird das mit dem Gefühl der Sicherheit überall laden zu können, was wesentlich zur Akzeptanz für die neue Technologie beitragen kann.

Technologische Optionen

Eine Netzinfrastruktur zum Laden der Fahrzeuge ist zwar bereits vorhanden, im öffentlichen Bereich fehlen jedoch Ladeanschlüsse und im privaten Bereich ist eine separate Abrechnung des Ladestroms bislang nicht vorgesehen. Das ist aber die Voraussetzung für eine Aufteilung der Kosten auf mehrere Nutzer wie es für Betriebsparkplätze und Mehrfamilienhäuser notwendig wird.

Die [Nationale Plattform Elektromobilität](#) nennt aus der Abstimmung zwischen Energiewirtschaft, Elektrotechnik, Fahrzeug- und Batterieherstellern folgende technische Optionen, die bis zum Jahr 2020 in Deutschland einsetzbar sein werden:

Parameter	AC	AC	AC	AC	Induk.	Induk.	DC	DC	DC
Ladeleistung	3,7 kW	11 kW	22 kW	44 kW	3,7 kW	11 kW	< 20 kW	< 50 kW	60 kW
Spannungsebene	230 V	400 V	400 V	400 V	230 V	400 V	450 V DC	< 450 V DC	400 V DC
Stromstärke	16 A	16 A	32 A	63 A	16 A	16 A	32 A	< 100 A	150 A
von SOC min	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %
nach SOC max	100 %	100 %	100 %	80 %	100 %	100 %	100 %	80 %	80 %
Ladedauer bei	3,8 h	1,3 h	0,6 h	0,3 h	3,8 h	1,3 h	0,6 h	0,3 h	0,2 h

20 kWh Batterie	230 Min.	80 Min.	40 Min.	20 Min.	230 Min.	80 Min.	40 Min.	20 Min.	12 Min.
-----------------	----------	---------	---------	---------	----------	---------	---------	---------	---------

Technologieentwicklung Ladepunkt - abgestimmtes Szenario der [Nationalen Plattform Elektromobilität](#)

Zusätzlich werden aktuell auch technologische Lösungen entwickelt, fahrende Elektrofahrzeuge beispielsweise auf Busspuren induktiv zu laden.

Einige in der Tabelle genannten Werte sind theoretisch ermittelt. So sind beispielsweise Hausinstallationen in der Regel nicht für einen Dauerbetrieb mit 16 A Stromstärke ausgelegt. Eine Ladeleistung von 3,7 kW an 230 V wird deshalb nicht erreicht. Die Begrenzung auf ggf. 10 A für einen ungesteuerten Ladevorgang führt zu einer Verlängerung der Ladezeit um ca. 60 Prozent. Die herkömmliche Steckdose kann bei einem Dauerbetrieb mit 16 A wegen Überhitzung zu einem Sicherheitsrisiko werden. Es bietet sich das Verlegen eines separaten Stromkreises mit einem eigenen Stecker an.

Bei den Kosten unterscheiden sich Ladestationen aufgrund des betriebenen technischen Aufwands deutlich. So kosten Ladestationen mit einer Ladeleistung von 3,7 kW (Spannungsebene 230 V) wie sie vornehmlich im privaten Bereich eingesetzt werden ca. 500 € bis 1500 €. Demgegenüber können Ladestationen für Schnellladung mit 44 kW (Spannungsebene 400 V) bereits in eine Größenordnung von 20000 € kommen.

Ladeinfrastruktur

Beim ungesteuerten Laden wird die Batterie voll geladen, wenn das Elektrofahrzeug an das Stromnetz angeschlossen. Mit Blick auf Ladezeit, Belastung der Batterie, Strompreis und Netzbelastung ist ein gesteuertes Laden besser geeignet. Es wird in mehreren Ausbaustufen kommen:

- **Stufe 1 – Nutzergesteuertes Laden:**
Der Kunde bestimmt Zeitpunkt, Dauer und benötigte Energie des Ladevorgangs. Die Wahl eines bestimmten Stromtarifs (z. B. Nachtstrom oder ein Tarif, der zu Zeiten mit Überangebot an Ökostrom lädt) wird ebenfalls durch den Nutzer vorgegeben. Die Steuerung erfolgt über den Nutzer selbst, entweder über Eingaben im Fahrzeug oder am Ladepunkt. Am Ladepunkt sind netzseitig Informationen über die zur Verfügung stehende maximale Ladeleistung bereitzustellen. Die Technologien sind weitgehend vorhanden.
- **Stufe 2 – Netzgesteuertes Laden:**
Das netzgesteuerte Laden berücksichtigt neben den Kundenanforderungen entsprechend Stufe 1 den Zustand des Versorgungsnetzes zu jedem gegebenen Zeitpunkt. Nach Vorgaben aus dem Netz (bspw. drohende Überlastung) wird die Ladeleistung begrenzt oder der Ladezeitpunkt verschoben. Um dies ohne Kundeneinschränkungen gewährleisten zu können, muss das steuernde System die Anforderungen aller Kunden eines Netzgebiets kennen, für das Netzgebiet eine Ladestrategie entwickeln und diese fortlaufend anpassen. Das netzgesteuerte Laden erfordert zudem ein enges Zusammenspiel mit dem Stromlieferanten, der den Ladestrom für das Fahrzeug bereitstellt.
- **Stufe 3 – Erzeugungsgesteuertes Laden:**
Das erzeugungsgesteuerte Laden dient primär dem Ausgleich der fluktuierenden Erzeugung durch vornehmlich Wind- und Solarenergie. Um dies zu ermöglichen ist auf der einen Seite die Netzsituation und die Netzlast zu berücksichtigen, die im netzorientierten Laden bereits vorliegen sollte; zum anderen werden Informationen zum aktuellen Erzeugungsmix benötigt, also insbesondere Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien, um den Ladevorgang an deren Angebot ausrichten zu können.
- **Stufe 4 – Bidirektionales Laden:**
Das bidirektionale Laden ist eine Zukunftsoption. Beim bidirektionalen Laden wird nicht nur Energie in die Fahrzeugbatterie eingespeist, sondern es kann auch wieder Energie aus der Fahrzeugbatterie entnommen werden (bidirektionale Verbindung). Der Einsatz muss vor allem in Hinblick auf die Auswirkungen auf die Lebensdauer eng mit der Batterieentwicklung abgestimmt sein.

Niederspannungsrichtlinie

Die Niederspannungsrichtlinie – Richtlinie 2006/95/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten betreffend elektrische Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen – ist neben der EMV-Richtlinie das wichtigste Regelungsinstrument für die Sicherheit elektrisch betriebener Geräte. Die Niederspannungsrichtlinie gilt für elektrische Betriebsmittel im Spannungsbereich

- 50 V bis 1000 V für Wechselspannung und
- 75 V bis 1000 V für Gleichspannung.

Sobald das Elektrofahrzeug während der Ladung, zur Anwendung im dynamischen Lastmanagement oder als Speicher mit dem Stromnetz verbunden ist, muss es die Niederspannungsrichtlinie erfüllen! Der Nachweis der Übereinstimmung mit der Niederspannungsrichtlinie wird mittels der Einhaltung harmonisierter Normen erbracht. Soweit noch keine entsprechenden Normen festgelegt und veröffentlicht worden sind, gelten die Sicherheitsanforderungen der Internationalen Kommission für die Regelung der Zulassung elektrischer Ausrüstungen (CEE-el) oder der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC).

Wenn das Fahrzeug die Richtlinie erfüllt, trägt es ein CE-Kennzeichen.