

Straßenleuchten mit integrierter Ladestation für Elektroautos

Prof. Dr.- Ing. Peter Marx - www.mx-electronic.com - info@mx-electronic.com

Zusammenfassung

Viele der in der EU vorhandenen rd. 60 Mio. Bestands-Laternen (davon rd. 9 Mio. in Deutschland) können relativ preiswert zum Laden ertüchtigt werden und damit den vielen Wohnungsmietern ohne eigenen Stellplatz bzw. Garage die Möglichkeit eröffnen, sich ein E-Fahrzeug anzuschaffen. Diese Kombilaternen sind kostengünstiger als zwischen den Laternen separate und i. A. sehr teure Ladestationen aufzustellen. Wie bekannt, sind auch die meisten Stadtarchitekten gegen eine zunehmende Zahl von Stadtmöbeln in Form von einzelnen Ladestationen, die zwischen den Laternen installiert werden. Vorteilhaft ist auch, dass die Laternen-Ladestationen in den Dunkelstunden beleuchtet sind.

Groteske Zustände an den Strom-Tankstellen kennzeichnen die aktuelle öffentliche Ladesituation

Die öffentliche Ladeinfrastruktur ist ein chaotischer Flickenteppich. Regionale Monopolisten diktieren Preise und schaffen ein babylonisches Wirrwarr an Bezahlkarten, Apps und Abrechnungs-Systemen.

Ladekunden sollten jedoch zum Haushaltsstrom-Tarif an jeder Ladesäule laden können.

Wettbewerb ist nur direkt an der Ladesäule möglich. Der Fahrer wählt seinen Fahrstrom-Lieferanten so frei wie er heute auch seinen Haushaltsstrom-Lieferanten wählt. So kann jeder E-Autobesitzer den Stromtarif seines Wunschversorgers mit einer Ladekarte an jeder öffentlichen Ladesäule auswählen.

Die Verbraucherschützer beklagen Preisunterschiede, falsche Leistungswerte und kaputte Ladesäulen.

Wer eine öffentliche Ladestation ansteuert, erlebt nach Einschätzung von Verbraucherschützern viel zu oft ein blaues Wunder. Die Preise weichen teils um einige 100 Prozent voneinander ab - ohne dass die Nutzer das sofort merken würden.

In einem Forderungskatalog mahnen die Verbände faire Preise, deutlich mehr Transparenz und einheitliche Zahlungsmodelle an. Die öffentliche Ladeinfrastruktur muss einfach und transparent zu nutzen sein, fordern die Verbraucherzentrale Bundesverband, der Bundesverband Car-Sharing und mehrere Interessenverbände für Elektromobilität.

Experten beklagen bislang einen regelrechten Wildwuchs an den Stromzapfsäulen. Bei seinem aktuellen jährlichen Vergleich stellte der Stromanbieter Lichtblick je nach Region und Anbieter Preisunterschiede von 300 Prozent fest. Dem Test zufolge kostete spontanes Laden ohne festen Vertrag z. B. bei EnBW 54,4 Cent pro Kilowattstunde. Da mal pauschal pro Ladevorgang, mal nach Zeit und mal nach Kilowattstunden abgerechnet wird, ist ein Preisvergleich oft kaum möglich. Erst bei den Monatsabrechnungen erkennt man die wahren Kosten.

Die Verbraucherschützer decken teils groteske Zustände an Ladesäulen auf. So müssten Verbraucher bei Tarifen pro Tankvorgang auch dann zahlen, wenn aus technischen Gründen der Ladevorgang nach kurzer Zeit abbricht - „ohne dafür eine Gegenleistung zu erhalten“. Zeitbasierte Tarife diskriminieren Verbraucher, deren Autos langsamer laden.

Die geplante neue Ladesäulenverordnung der Bundesregierung soll das Laden

an allen öffentlichen Ladestationen ohne ein Vertragsverhältnis mit dem Stromlieferanten oder dem Ladesäulenbetreiber ermöglichen.

In Deutschland existieren z. Z. rund 13.500 öffentliche und teilöffentliche Ladepunkte an insgesamt rund 6.700 Ladesäulen. 13 Prozent davon sind Schnelllader. Hinzu kommen noch ca. 70.000 private Lademöglichkeiten. Der deutsche Staat will 12.000 öffentliche Ladepunkte mit 300 Mio. € fördern.

Aktuell gibt es in Deutschland 54.000 reine E-Autos und 44.500 Plug-in-Hybridautos.

Die meisten Elektrofahrzeuge besitzen Personen mit einem Eigenheim, weshalb rd. **80 Prozent der Ladevorgänge** an heimischen Ladestationen in Garagen bzw. eigenen Stellplätzen stattfinden.

Vorteil: Das Laden zu Hause erfolgt zum Haushaltsstromtarif von ca. 26 Cent pro kWh. Eine Ladestation (sog. Wallbox) mit 11 kW (400 V, 3 x 16 A) – diese sind überwiegend im privaten Bereich installiert – kostet etwa 600 €. Hinzu kommen die Kosten für die elektrische Installation der Ladestation in der Garage bzw. auf dem Stellplatz.

Wenn z. B. im Keller des Eigenheims bereits ein Drehstromanschluss mit 400 V / 3 x 63 A vorhanden ist, kommen noch etwa 1000 € für die elektrische Leitungsverlegung und die Inbetriebnahme der Wallbox hinzu. Somit kann man mit etwa 1600 € netto rechnen. Die Gesamtkosten zzgl. Umsatzsteuer betragen rd. 1900 €.

Im Stadtverkehr benötigt ein E-Auto für 100 km zirka 15 kWh, d. h. das Laden zu Hause kostet nur

15 kWh x 0,26 € = 3,90 € für 100 km

Das Laden an öffentlichen Elektroauto-Ladesäulen dagegen ist kompliziert und teuer. Verwirrende Tarifstrukturen, unterschiedliche Zugangsvoraussetzungen sowie eine Vielfalt von Abrechnungsmethoden verkomplizieren den Alltag der Kunden. Die Preise an den Ladesäulen liegen teilweise **signifikant** über dem Haushalts-Kilowattstundenpreis.

Öffentliche Ladesäulen bis 22 kW kosten in etwa 10.000 € zzgl. Unterhaltskosten. Momentan kommen in Deutschland rd. 8 E-Autos auf einen öffentlichen Ladepunkt. Im Mittel fahren diese 11.000 km im Jahr, d.h. pro Auto werden 110 x 15 kWh = 1650 kWh zum Laden benötigt.

Würden alle E-Fahrzeuge nur an öffentlichen Ladepunkten laden, käme statistisch auf einen Ladepunkt ein Umsatz von 8 x 1650 kWh = 13.200 kWh. Das entspricht einem Jahresumsatz von 13.200 kWh x 0,26 € = 3.432,00 € bzw. 286,00 € pro Monat!

Da derzeit jedoch ca. 80% der Ladevorgänge privat zu Hause erfolgen, beträgt der monatliche Umsatz nur noch $286 \text{ €} / 5 = 57,20 \text{ €}$.

Aus diesen Zahlen wird deutlich, dass hier kein wirtschaftlich erfolgreiches Ladesäulen-Geschäftsmodell generiert werden kann, selbst wenn der Staat etwa 60 % der Ladesäulenkosten übernimmt und die Kilowattstunde an der öffentlichen Ladesäule viel mehr kostet als 26 Cent.

Bisher ergeht es einem E-Autobesitzer mit einer Mietwohnung wie folgt:

Er kommt z. B. gegen 17 Uhr von der Arbeit und sucht eine Lademöglichkeit. Wenn er Glück hat, findet er eine freie öffentliche Ladesäule in der Nähe seiner Wohnung. Nach der teuren Ladung – der kWh-Preis ist signifikant höher als der Haushaltsstromtarif - und wg. des üblichen Zeittarifs muss er dann gegen 22 Uhr sein Fahrzeug umparken, wobei er um diese Uhrzeit nur mit viel Glück noch einen freien Parkplatz in der Nähe seiner Wohnung findet, d.h. dieses umständliche und teure Ladeverfahren kann nicht der Schlüssel zum Erfolg der E-Mobilität für Inhaber von Mietwohnungen sein.

Lade-Strategien

Man muss differenzieren zwischen **langsamem Laden (AC, DC und induktiv)** z. B. zu Hause, am Arbeitsplatz, an Ladelaternen in Wohnstraßen und **schnellem DC-Laden (bis 450 kW)** an Autobahnen, Bundesstraßen usw..

Das Laden an öffentlichen Ladestationen ist z. B. in Berlin leider - wie bekannt – etwa doppelt so teuer wie das Laden zu Hause!

Elektroautos fahren günstig? Leider nein, wie AUTO BILD in der Ausgabe 9/2017 berichtet. Um Energie für 100 Kilometer an einer öffentlichen Standard-Ladesäule in der Berliner Innenstadt zu zapfen, muss ein aktueller VW e-Golf fast vier Stunden für 19,80 Euro am Stecker hängen. Zum Vergleich betankte die Redaktion einen Golf TSI mit Verbrennungsmotor. Das Ergebnis: Beim Benziner reichen 9,65 Euro für 100 Kilometer.

Damit sind die Stromkosten für 100 km teurer als das Tanken von Benzin oder Diesel pro 100 km. Diese Preispolitik ist kontraproduktiv und benachteiligt Mieter ohne eigene Lademöglichkeit. Straßenlaternen werden überwiegend über eigene Leitungen versorgt. Diese sind nicht geeignet, um Ladestationen zu versorgen, außerdem werden sie tagsüber ausgeschaltet. Wenn eine bereits vorhandene Straßenlaterne mit einer Ladezusatzeinrichtung versehen werden soll, muss i. d. R. ein elektrischer Anschluss durch Aufgraben und Verbinden mit dem üblichen 400 V / 230 V Erd-Netz Kabel hergestellt werden. Dieses ist auch erforderlich, wenn eine Ladesäule zwischen den Laternen installiert werden soll, d. h. der Aufwand für den Anschluss an die städtische Stromversorgung ist kostenneutral, jedoch ist die Kombination der Laterne mit der Ladefunktion kostengünstiger. In einigen Städten, z.B. Berlin, Hamburg, Köln sind die Straßenleuchten direkt mit der 400 V / 230 V Netzleitung verbunden. Hier ist der Anbau einer Ladeeinrichtung besonders preiswert, da das Aufgraben und der Stromanschluss (Kosten i. d. R. 1000 €) entfallen, wenn bereits alle drei Phasen L1, L2, L3 und der Null-Leiter N am Laternen-Anschlusspunkt zur Verfügung stehen.

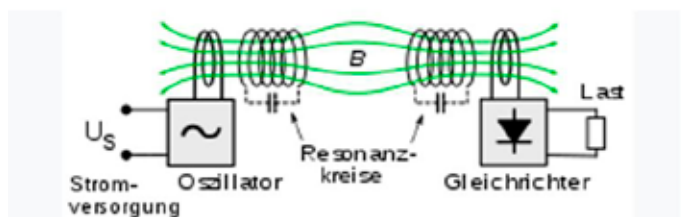
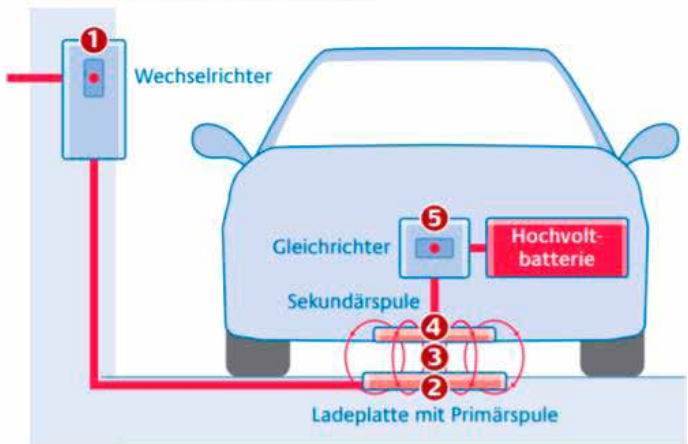
Das i. d. R. aufrollbare Ladekabel – wie beim Staubsauger zu Hause - kann sich in der Ladestation für langsames Laden befinden. Im Fahrzeug entfallen dann unterschiedliche Ladekabel und Adaptern.

Viele Straßenlaternen in Europa werden bis 2030 ausgetauscht und um neue intelligente Funktionen erweitert, z. B. als WLAN-Sender, Notrufsäule, zur Verkehrs- und Parkraumüberwachung, für Umweltmessungen, Überwachungs-

kamera und als **E-Auto-Ladestation** usw. Die neuen Elektroautos werden standardmäßig eine **CCS-Steckdose** an Bord haben, damit sie an AC-Ladesäulen und DC-Schnell-Ladepunkten laden können. In den nächsten Jahren wird sicher das AC-Laden noch eine gewisse Bedeutung haben, längerfristig wird sich dennoch das DC-Laden – auch für langsames Laden an Laternen bzw. zu Hause - durchsetzen, vergleichbar mit dem Schuko-Stecksystem zu Hause, mit dem eine 2 W LED-Leuchte oder auch ein 2000 W Staubsauger mit Strom versorgt werden kann. Es wird sich später wahrscheinlich auch in Europa ein optimales DC-Ladesystem mit einem einheitlichen DC-Stecksystem herausbilden, d.h. ein zweipoliger DC-Stecker mit einer Kommunikations-Steckverbindung (z. B. CAN-Bus) und einem Erdleiter, womit langsames und schnelles Laden ermöglicht wird.

Zukünftig wird auch das Induktionsladen mit Leistungen bis etwa 10 kW an Bedeutung gewinnen für das langsame Laden zu Hause, am Arbeitsplatz, an Ladelaternen in den Wohnstraßen, für Hotelparkplätze usw.. Dieses bietet dann einen sehr hohen Ladekomfort und ist noch einfacher und bequemer als das jetzige Tanken von Benzin oder Diesel.

Prinzip des induktiven Ladens



Prinzip der resonant induktiven Energieübertragung

Es sei daran erinnert, dass Tesla und auch die Japaner (CHademo-System) primär ihre E-Autos mit DC-Ladetechnik ausgestattet haben. Nur durch die AC-Fehlentwicklung in D und EU wurden diese gezwungen, AC-Adaptern in ihre Fahrzeuge einzubauen.

Die Ladegeräte für Handys, Elektrorasierer usw. liefern eine kleine Gleichspannung zum Laden und keine Wechselspannung, denn in den mobilen Geräten ist kein Platz für eine Gleichrichtung. Nur die E-Autos sind noch mit Gleichrichtern ausgestattet, obwohl diese in die Ladestation gehören. Mit 6 preiswerten Leistungs-Dioden wird aus dem Drehstromnetz (400 V / 230 V) eine Gleich-

spannung von ca. 540 VDC erzeugt, die hervorragend geeignet ist, E-Autos aufzuladen. Eine zukünftige DC-Steckverbindung hat immer dieselbe Geometrie und ist für die max. Schnellladung (800 V / 450 kW) wie auch für langsames Laden geeignet.

In Berlin gibt es 224.500 Straßenlaternen, davon werden 181.000 mit Strom betrieben und noch rund 31.500 mit Gas. Aktuell sind **ca. 2460 reine E-Autos und etwa 1849 Plug-in-Hybride in Berlin zugelassen**. Für diese stehen 750 öffentliche Ladepunkte zur Verfügung mit unterschiedlichen Preisen (pauschal, pro Minute, pro Kilowattstunde) und Bezahlmöglichkeiten (App, RFID, Kreditkarte usw.).

Wie bereits erläutert, kostet die komplette Installation einer privaten Ladestation (sog. Wallbox) mit 11 kW rd. 1900 €. Von einem Mieter, der sich ein E-Auto anschaffen will, kann nun auch erwartet werden, denselben Betrag aufzuwenden, um die Laterne vor seinem Wohnhaus zum Laden zu ertüchtigen. Dieser Ladepunkt mit eigenem kWh-Zähler ist dann nur für ihn reserviert incl. des Parkplatzes vor der Laterne. Die Ladesteckdose ist mit einer Tür mit Sicherheitsschloss nur für ihn zu öffnen. Er zahlt dann auch nur den Haushaltsstromtarif und ist nicht mehr sozial benachteiligt gegenüber einem Garagen- / Stellplatzbesitzer. Wenn die Laternenladestation 2 Ladepunkte für 2 Mieter bereitstellt, stehen maximal 3800 € zur Verfügung. Dieser Betrag ist für die Installation mehr als ausreichend, da hier keine komplizierte Technik mit elektronischer Zugangsberechtigung und Datenübertragung des Verbrauchs usw. erforderlich ist, wie auch bei der technisch unkomplizierten Wallbox daheim beim Eigenheimbesitzer.

Vorteil: Der Steuerzahler muss sich an den Kosten nicht beteiligen.

Wenn der Staat hier aber auch einen Zuschuss gewährt, ist die Finanzierung der Lade-Straßenleuchte noch problemloser.

Das Prozedere könnte folgendermaßen ablaufen:

Ein Mieter beschließt, ein E-Auto zu kaufen. Er beantragt bei der zuständigen Behörde für die Stadtbeleuchtung und bei dem örtlichen Stromversorger eine vorhandene Laterne vor seinem Haus mit einer Ladestation auszurüsten. Eine Installationsfirma wird mit der Herstellung beauftragt. Der Mieter beteiligt sich mit 1900 € an den Kosten. Die Bezahlung des Ladestromverbrauchs zum Haushaltsstromtarif erfolgt wie in der Wohnung durch Ablesen des separaten kWh-Zählers - der sich in der Ladestation befindet - in bestimmten Zeitabständen. Die Verkehrsbehörde reserviert den Parkplatz vor der Laterne für diesen Mieter. Mit dieser Ladestrategie wird es den Mitbürgern - die in Mietwohnungen leben - ermöglicht, ein E-Fahrzeug anzuschaffen und problemlos aufzuladen, wobei sie gleichzeitig bzgl. der Ladestromkosten sozial gleichgestellt sind mit Besitzern von Wohneigentum mit eigener Garage bzw. eigenem Stellplatz. Auch auf Firmen- und Behörden-Parkplätzen sowie für Großsiedlungen mit Parkplätzen z. B. in Innenhöfen von Häuserblöcken sind die Ladestationen mit einem integrierten personen-gebundenen kWh-Zähler vorteilhaft einzusetzen.

Straßenlaternen mit Ladestationen

Einfachere Ladetechnik für E-Autos, die nur auf der Gleichstrom- Ladetechnik beruht

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 4 kW ... 450 kW für sämtliche E-Fahrzeuge eingeführt werden.



Straßenlaternen und Pollerleuchten mit Ladestationen (Kombilaternen) und architektonisch elegantem Design

Die Ladung erfolgt nur mit Gleichstrom mit einer einheitlichen Steckverbindung (2 Kontakte für Gleichstrom bis 450 A und bis 1000 V) sowie 2 kleine Kontakte für die Kommunikation zwischen Ladestation und E-Auto. Die Gleichrichtung erfolgt in der Ladestation und nicht im E-Auto.

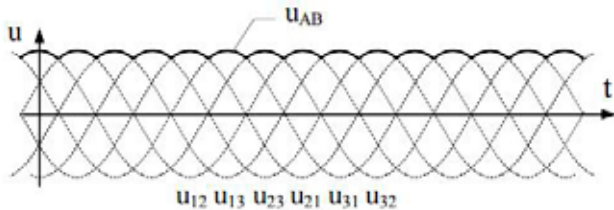
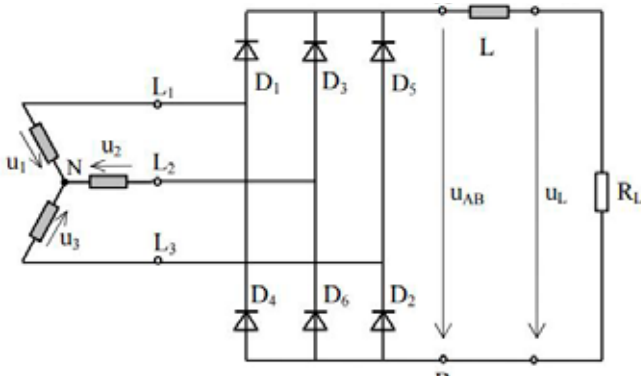
Im E-Fahrzeug würde das einphasige bzw. dreiphasige AC / DC-Ladegerät entfallen, das spart im E-Auto Kosten, Volumen und Masse und es könnte **nur ein Stecksystem** für den gesamten DC-Leistungsbereich verwendet werden. Damit ist dann langsames und schnelles Laden überall möglich. Der bekannte Schuko-Stecker ist ein Beispiel für eine universelle Anschlusstechnik!



Das Ladekabel ist fest mit der Ladestation verbunden, wie der Tankschlauch an der normalen Tankstelle.

Prinzip der Drehstrom-Gleichrichtung

Eingang: 230 / 400 VAC Ausgang: 538 VDC



$$U_s = 230 \text{ V} \cdot \sqrt{2} = 325,27 \text{ V} \quad U_{I-2} = 230 \text{ V} \cdot \sqrt{3} = 398,37 \text{ V}$$

Ausgangs-Gleichspannung mit geringer Welligkeit (fBrumm = 300 Hz)

$$U_{AB \text{ max}} = 230 \text{ V} \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{2} = 398,37 \text{ V} \cdot \sqrt{2} = 563,38 \text{ V}$$

$$U_{AB \text{ -eff}} = 538,47 \text{ V} \quad U_{AB \text{ -DC}} = 537,99 \text{ V}$$

Ladeleistungen mit Drehstromgleichrichtung

In Abhängigkeit der verfügbaren Dreiphasen-Stromstärken ergeben sich folgende Ladeleistungen:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

$$P = \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 6 \text{ A} = 4 \text{ kW}$$

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

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

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

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

Realisierung der Gleichrichtung: Mit 6 Dioden = ungesteuerter Betrieb

Öffentliche **DC-Ladestationen** werden derzeit zu sehr hohen Preisen angeboten (bis etwa 40.000 €), obwohl eine 400 V - Drehstromgleichrichterbrücke mit 6 Leistungsdioden je nach Stromstärke nur zwischen **10 € – 60 € kostet**.

Mit 6 IGBTs (Transistoren / Thyristoren) = gesteuerter Betrieb, hiermit kann auch Energie zurückgespeist werden

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

Hinweis: 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 Gerät 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.

Laden mit Solarstrom

Eine Fotovoltaikanlage mit 1 kW_{peak} benötigt etwa 10 m².

Diese 10 m² - Solarfläche (Preis ca. 1800 €) erzeugt in Deutschland etwa 1000 kWh pro Jahr.

Bei einem Verbrauch eines E-Autos von 15 kWh für 100 km reicht das für

$$1000 \text{ kWh} / (15 \text{ kWh}/100 \text{ km}) = 6666 \text{ Kilometer im Jahr.}$$

Die Lebensdauer der Solarzellen beträgt etwa 30 Jahre. In dieser Zeit können mit dem E-PKW

$$6666 \text{ km} \times 30 = 199.980 \text{ km für 1800 € gefahren werden.}$$

Zum Vergleich: Ein Mittelklasse Verbrenner-PKW verbraucht für diese Fahrleistung

$$1999,8 \times 8 \text{ Ltr. Benzin} = 15.998 \text{ Liter Benzin}$$

nach heutigen Preisen kostet das

$$15.998 \text{ Liter Benzin} \times 1,40 \text{ €} = 22.397 \text{ €}$$

Der PKW-Weltbestand mit Verbrennungsmotor betrug Ende 2017 eine Milliarde. Davon waren rund 15 Millionen = 1,5 Prozent mit einem Elektromotor ausgestattet, darunter knapp 3 Millionen reine Elektroautos und Plug-in-Hybride mit externer Lademöglichkeit sowie rund 12 Millionen Hybride ohne Ladesteckdose.

Etwas 85 Millionen PKW wurden 2017 weltweit produziert (davon VW ≈ 10 Mio // BMW ≈ 2,4 Mio // Daimler ≈ 2,2 Mio).

Der Verkehr hat weltweit seit 1990 bei den Emissionen um 28 % zugelegt. Er ist in Europa für 24 % des CO₂-Ausstoßes verantwortlich. Der Straßenverkehr hat davon einen Anteil von 72 %, d. h. ohne eine grundlegende Veränderung der Mobilität kann der Klimawandel nicht gestoppt werden.

Elektroauto - Revolution vor über 100 Jahren

Was heute klingt wie eine Zukunftsvision des 21. Jahrhunderts, ist in Wahrheit lange her: 60.000 batteriebetriebene Wagen fuhren bereits 1912 durch die USA.



Um 1912 benutzt eine junge Frau ein per Hand zu bedienendes Ladegerät für die Batterien ihres Elektroautos, Modell Columbia Mark 68 Victoria

Sogar Kaiser Wilhelm fuhr ein Elektroauto. Doch dann gelang 1911 Charles Kettering, einem Mann aus Ohio, eine Sensation. Er baute einen elektrischen Anlasser für Benzinmotoren.

Der Boom um die Elektroautos hatte gerade erst seinen Höhepunkt erreicht, da endete er schon wieder. Plötzlich galten Benziner als einfacher zu bedienen, außerdem hatten sie inzwischen deutlich größere Reichweiten als die leisen Konkurrenten erreicht.

Und so scheiterten die Wunderwagen vor 100 Jahren. Aktuell wird jedoch der Umstieg vom Benziner / Diesel aufs Elektroauto möglich durch moderne Lithium-Ionen-Batterien mit Reichweiten bis etwa 500 km.

Hinweis: Ein Verbrennungsmotor hat rd. 1200 Bauteile, ein vergleichbarer Elektroantrieb nur etwa 200 Teile!

Liste der Bauelemente, die es in E-Autos nicht mehr gibt:

Teure Aggregate:

Automatik-Getriebe, Doppel-Kupplungen, Motorblöcke, Zylinderköpfe, Kolben, Kolbenringe, Pleuelstangen, Ventile, Einspritzdüsen, Diesel-Einspritzpumpen, Kurbelwellen, Differentiale, Kardanwellen, Lichtmaschinen, Anlasser, Auspuffkrümmer, Auspuffrohre, Abgasrückführung, Abgasnachbehandlung, Lambdasonden, Rußfilter, Schalldämpfer, Kühler, Kraftstofftank, alle elektronischen Steuergeräte, die zum Motor, zum Getriebe, zur Abgasnachbehandlung etc. gehören.

Kleinere Baugruppen:

Wasserpumpen, Kühlventilatoren, Benzinpumpen, Vergaser, Zündanlage mit Zündspule, Verteiler, Zündkerzen, Vorglühkerzen, Ölpumpen, Ölfilter, Kraftstoff-Filter, Luftfilter, 12 V-Akku, Dichtungen, Schläuche, Rohre, Riemen, Ketten etc.

Betriebsstoffe:

Benzin oder Diesel, Motoröle, Getriebeöle, Kühlwasser-Gefrierschutz, Zusätze für Abgasreinigung. Es entfällt das Wechseln von Motor-, Getriebe-, Differential-Ölen, von Kraftstoff-, Öl-, Luftfiltern, Abgasreinigungsanlagen etc.

Die Unterhaltskosten (Wartungs- und Reparaturkosten) für EAs sind deutlich niedriger

Insbesondere fallen die besonders einträglichen regelmäßigen Wartungsarbeiten wie Ölwechsel, Altölentsorgung, Ölfilter, Luftfilter, Kraftstoff-Filter, Kupplung, Kühlanlage ersatzlos fort. Die Bremsbeläge halten viel länger wg. des überwiegend elektrischen Bremsens.

Ganz wichtig:

Die Akkuentwicklung befindet sich in der Anfangsphase, in Kürze wird es wesentlich billigere Akkus mit wesentlich höherer Kapazität und Lebensdauer geben! Li-Ionen-Akkus sind nur eine Zwischenlösung.

Lebensdauer und Zuverlässigkeit von E-Autos sind signifikant höher.

Der Strompreis setzt sich in Deutschland zusammen aus:

- Kosten für Stromerzeugung und Vertrieb	19 % = 5,32 Cent
- Netznutzungsentgelt	26 % = 7,28 Cent
- Steuern, Abgaben und Umlagen	55 % = 15,40 Cent

Würde der Staat bis zum Erreichen von 1 Million E-Autos auf Steuern, Abgaben und Umlagen (= 55 %) verzichten, dann lägen die

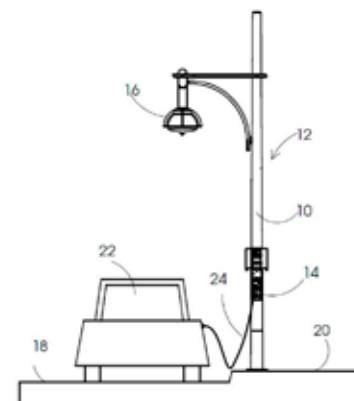
Stromkosten für 100 km nur noch bei 1,76 €.

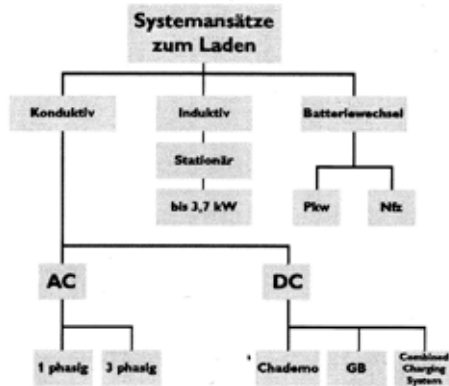
Das wäre ein starker Anreiz, ein E-Fahrzeug zu kaufen!

Kombi-Straßenleuchte mit Ladestation für Elektrofahrzeuge

Die im Juli 2016 für die Berliner Selux AG patentierte Leuchtenmast-Ummantelung bietet genügend Raum, um die Elektrik und Elektronik für das AC-, DC- und induktive Laden hier einzubauen.

Es gibt unterschiedliche Ladeszenarien: AC-Laden mit Wechselstrom 1-phasig / 230V und 3-phasig / 400 V (Drehstrom) sowie DC-Laden mit Gleichstrom bis 1000 V.





Systemansätze zum Laden

Langsames Laden von Elektrofahrzeugen über eine längere Zeitspanne am Wohnort, am Arbeitsplatz, im Hotel usw. mittels ein- oder dreiphasiger Wechselspannung.

Bis 3,7 kW mit 230 VAC und bis 22 kW mit 400 VAC

Schnelles Laden an öffentlichen Ladestationen mit Drehstrom bis 44 kW oder Gleichspannung bis 450 kW (Porsche Taycan)

Superschnelles Laden an Autobahnen mit DC-Ladestationen bis 450 kW und 800 V

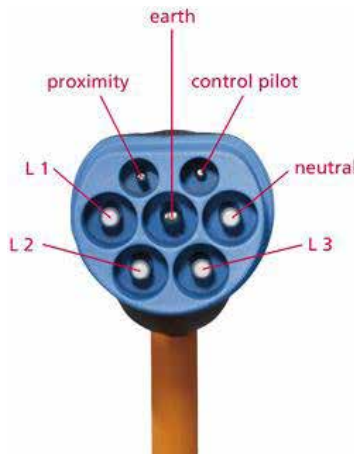
Combined Charging System – ein System für AC- und DC-Laden

Ladepunkt	Funktionen	Stecker	Kommunikation	Ladedose
AC 1-/3-phasig	1-phasiges AC-Laden/ 3-phasiges AC-Laden mit Stecker Typ 2 IEC 62196-2	Typ 2	ISO 15118	
DC	DC-Laden mit Stecker Combo 2 IEC 62196-3	Combo 2		



CCS-Steckverbindung (Combined Charging System)

CCS ermöglicht Gleichstromladen und Wechselstromladen mit nur einer Steckverbindung am Fahrzeug. Ende 2017 waren 7000 CCS-Ladepunkte weltweit installiert, davon 4400 in Europa.



Ladestecker Typ 2 (Mennekes)

Typ 2 ist die Bezeichnung für den Stecker, welcher in Europa für die AC-Ladung von Elektrofahrzeugen an fast allen Ladesäulen gedacht ist.

Daneben verfügt der Stecker über zusätzliche Pins zur Kommunikation zwischen Elektroauto und Ladestation.

Es wird signalisiert, welche Leistung das eingesetzte Ladekabel sowie die Ladestation unterstützt und das Auto teilt seinen Leistungsbedarf mit.

Ladetechnik	Wallbox	AC-Ladesäule	DC-Ladesäule
Ladeleistung	> 3,7 kW	11 – 22 kW	50 kW
Hardware	1.200 €	6.000 € - 8.000 €	30.000 €
Netzanschlusskosten	0 – 2.000 €	2.000 €	bis 50.000 € u. mehr
Genehmigung / Projektierung	500 €	1.000 €	1.500 €
Installation / Beschilderung	500 €	2.000 €	3.500 €
Summe Investition (CAPEX)	2.200 €	12.000 €	35.000 € zzgl. Netzanschluss
Betrieb / Wartung / Backend (OPEX)	1.000 €/a	1.500 €/a	3.000 €/a

Tabelle 5: Nettokosten nach NPE Statusbericht 2015 u. eigene Werte

Nettokosten von Ladestationen



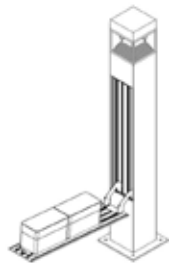
Ladesäulen mit Typ-2 (AC)-, CCS-Combo-2(DC) und CHAdeMO (DC)-Anschlüssen



Poller-Ladeleuchten auf einem Parkplatz



Poller-Ladeleuchten mit servicefreundlicher ausklappbarer Lade-Elektrik



Leuchtenteil mit 8 Hochleistungs-LEDs der Firma Cree

Lichttechnische Daten

LED-Leistung = $8 \times 2 \text{ W} = 16 \text{ W}$
 Leistung mit Konverter = $18,5 \text{ W}$
 Lichtstrom = $8 \times 260 \text{ Lumen} = 2080 \text{ Lumen}$
 Lebensdauer = 100.000 h
 Farbwiedergabe CRI = 80
 Lichtfarbe CCT = warm-weiß 3000 K
 Lichtausbeute ohne Konverter = 130 lm / W
 Lichtausbeute mit Konverter = 113 lm / W
 Der Leuchtenkopf wird mit Netzspannung 230 VAC versorgt

Literatur

- ▲ „Leuchte mit Elektroladestation für Elektroautos“
 Deutsches Patent Nr. 10 2012 023 252.7,
 Anmelder: Selux AG,
 Anmeldetag: 29.11.2012
- ▲ „Stromtankstelle“ Gebrauchsmuster DE 20 2010 005 543.1
 Anmelder: Selux AG,
 Anmeldetag: 2.6.2010
- ▲ „Außenleuchte mit Elektroladestation“ Gebrauchsmuster
 DE 20 2011 100 062.5
 Anmelder: Selux AG,
 Anmeldetag: 30.4.2011
- ▲ Marx, Peter: „Wirkungsgrad-Vergleich zwischen Fahrzeugen mit
 Verbrennungs- und mit Elektromotor“. Elektronik automotive,
 Sonderausgabe, Juli 2018,
 WEKA Fachmedien
- ▲ Dr.-Ing. Artur Seibt: „Persönliche Mitteilungen zum Thema Dis-
 ruption in der Autoindustrie“
- ▲ T. Gehrlein, B. Schultes: „Ladesäulen-Infrastruktur“
 ISBN 9781521300077, 2017
- ▲ J. Eickelmann: „Wachstumsmotor Elektromobilität“
- ▲ Phoenix Contact GmbH, 2016
- ▲ Klaus Hofer: „Elektromobilität“. ISBN 978-3-8007-3596-9, 2017“
- ▲ Einfache Ladebox (Ladestation) mit integriertem personengebundenen kWh-Zähler zum Laden von Elektrofahrzeugen im öffentlichen, halböffentlichen und privaten Raum für Elektroautos“ Deutsche Patentanmeldung vom 29.12.2018, AZ 10 2018 010 160.7
 Anmelder: Prof. Dr.-Ing. Peter Marx