

1) Welche Vorteile/Nachteile hat das Fahren mit elektrisch betriebenen Fahrzeugen?

Vorteile sind die lokal verbesserte Luftqualität, die ab ca. 100 000 km Fahrstrecke geringere CO₂-Emission in der Gesamtbilanz (bei deutschem Strommix!), der geringere Gesamt-Energieaufwand über die Fahrzeuglebenszeit, die geringere Lautstärke beim Fahren im Stadtverkehr, das erhöhte Fahrvergnügen durch rascheres Beschleunigen, die deutlich geringeren Energie-Betriebskosten.

Nachteilig sind die höheren Feinstaubemissionen in der Gesamtbilanz (beim deutschen Strommix), der höhere Kaufpreis, die hohen Akku-Ersatzkosten, falls ggf. ein Akkutausch nach der Garantiefrist erforderlich ist, die z. Zt. überwiegend umweltschädliche und nach europ. Standard tw. inhumane Fördertätigkeit z. B. der Seltenen Erden für Permanentmagnete der E-Motoren, der Kobalt- und Lithiumförderung für die Li-Ionen-Akkus, die momentane Reichweitenbeschränkung je nach Größe/Masse des Akkus, die Zusatzmasse des Akkus in der Fahrzeugmasse und das rel. langsame Laden der Akkus bzw. die Verringerung ihrer Lebensdauer durch Schnellladen.

2) Ist die Umweltbelastung wirklich geringer -> Akku-Herstellung?

Je größer die gewünschte E-Reichweite mit einer Akku-Ladung ist, desto größer sind der Akku und damit der Einfluss des Energieverbrauchs inkl. Emissionen für die Akku-Herstellung auf die Umweltbelastung durch E-Autos. Es ergibt sich beim deutschen Strommix ab ca. 100 000 km Fahrstrecke eine geringere CO₂-Emission in der Gesamtbilanz im Vergleich zum Antrieb mit Verbrennungskraftmotoren, wie sie zur Zeit in der Masse in Verwendung sind. Bei „guten“ Verbrennungskraftantrieben mit ca. 4 Liter/100 km Kraftstoffverbrauch (EU-Forderung für Neuwagen ab 2021) ist die gesamte Umweltbelastung über eine Lebensdauer von 10 Jahren nur wenig höher als beim E-Auto.

3) Müssen die Akkus auch alle 5 bis 6 Jahre gewechselt werden/Sind diese Batterien teuer?

Einige namhafte Automobilhersteller geben für den Akku eine Garantie für 8 Jahre bzw. 160 000 km Fahrstrecke. Ersatzakkus sind teuer (ca. 8 000 ... 10 000 Euro als Richtwert abhängig von der Akkugröße). Es werden daher auch Mieten für den Akku mit z. B. 100 Euro/Monat angeboten.

4) Wie funktionieren die Schnellladesysteme?

Schnell-Ladesysteme für minutenschnelles Aufladen sind für „Stromtankstellen“ konzipiert. Das öffentliche Drehstromnetz speist diese Ladesäulen, die z. B. für 50 kW ... 350 kW ausgelegt sind. Fahrzeugseitig kommuniziert das Batteriemanagementsystem elektronisch mit der Ladesäule, wobei die Leistungselektronik-Schaltung zur Gleichrichtung aus Platzgründen nicht im Fahrzeug, sondern in der Ladesäule installiert ist. Das Laden z. B. eines 38,5 kWh-Akkus mit 50 kW dauert rechnerisch etwa 45 Minuten, mit 350 kW ca. 7 Minuten.

5) Wie steht es mit der E-Mobilität in Deutschland?

2019 waren 83 200 Elektroautos in Deutschland zugelassen (Zuwachs zu 2018: +54 %). Gegenüber dem Ziel der deutschen Bundesregierung 2010 von 1 Mio. E-Fahrzeuge 2020 ist die Realität mit ca. -90 % deutlich entfernt. Im 09/2019 waren in Deutschland 16 600

öffentliche Ladestationen in Betrieb, davon bisher 600 Schnellladepunkte, welche bis Ende 2020 auf 7 100 Schnellladepunkte anwachsen sollen. Die öffentliche Hand will mit 300 Millionen Euro die Errichtung weiterer 15 000 öff. Ladepunkte deutschlandweit fördern. Für den Neukauf eines E-Autos wird eine Umweltprämie von 2 000 € gewährt, für den Neukauf eines Autos mit Hybridantrieb 1 500€.

6) Würde unser aktuelles Stromnetz die Umstellung auf elektrisch betriebene Fahrzeuge versorgen können?

Die aktuell 83 200 E-Autos stellen nur ca. 0,05 % des aktuellen deutschen el. Netto-Energieverbrauchs dar. Wären allerdings alle z. Zt. zugelassenen PKWs in Deutschland E-Autos (42 Mio.), betrüge der Jahresenergiebedarf 25,4 % des aktuellen deutschen el. Netto-Energieverbrauchs, so dass auf der Erzeugerseite zusätzliche Maßnahmen nötig wären. Für die aktuell 83 200 E-Autos ist bei angenommenen 22 kW-Ladestationen die el. Ladeleistung bei einem „Gleichzeitigkeitsfaktor“ von 10 % nur 0,2 % der aktuellen deutschen el. Spitzenlast 90 GW. Wären alle 42 Mio. zugelassenen PKWs E-Autos, übersteigt rechnerisch die Ladeleistung mit 103 GW die aktuelle Spitzenlast von 90 GW! Schon bei einem Drittel aller PKW als E-Autos sind Maßnahmen zur el. Netzentlastung erforderlich. Wenn bis 2035 mehr als jedes dritte Auto elektrisch angetrieben werden sollte, wird dies auch zu lokalen Engpässen im verbrauchernahen Verteilernetz führen. Hier wären Nachrüstungen in den Ortsnetzen nötig.

Hintergrund-Fakten zu den o.g. Fragen u. Antworten:

1) Welche Vorteile/Nachteile hat das Fahren mit elektrisch betriebenen Fahrzeugen?

Vorteile:

- a) Lokal verbesserte Luftqualität: Lokale Emissionen (CO₂-Emissionen und weitere tw. gesundheitsschädliche Autoabgase) treten beim el. Fahren nicht auf. Die lokale Feinstaubemission wird wegen der fehlenden Auspuffgase verringert, aber es verbleibt Feinstaub durch Reifenabrieb und Bremsen.
- b) Je nach Größe des Akkus und je nach Liter-Verbrauch von aktuell in Gebrauch befindlichen konv. Vergleichsfahrzeugen ergibt sich beim deutschen Strommix ab ca. 100 000 km Fahrstrecke eine geringere CO₂-Emission in der Gesamtbilanz im Vergleich zum Antrieb mit Verbrennungskraftmotor. Wegen der guten Rauchgasbehandlung in den thermischen Kraftwerken Deutschlands ergibt sich auch eine geringere Stickoxidemission in der Gesamtbilanz im Vergleich zum Verbrennungskraftmotor.
- c) Energieaufwand über die Fahrzeuglebenszeit: Energieaufwand zwar höher bei Fahrzeugherstellung (Akkusherstellung!), wird jedoch überkompensiert durch geringeren Energieverbrauch beim Fahren. Betrachtet wird der Energieverlust als Wärme vom Energieweg elektrisch inkl. Kraftwerk bis „Straße“ bzw. beim Verbrennungskraftmotor von der Raffinerie bis „Straße“. Der E-Antriebsstrangwirkungsgrad (inkl. Rückgewinnung von mech. Energie beim Bremsen in den Akku) ist auch bei Teillast ca. 3-fach höher als beim Verbrennungskraftantrieb.

- d) Die Lautstärke beim Fahren wird im Stadtverkehr (Wohngebiete, Ampeln, Kreuzungen) wegen der leisen E-Motoren verringert. Bei höheren Geschwindigkeiten ab ca. 25 ... 40 km/h dominieren aber die Rollgeräusche der Reifen auf der Fahrbahn und aerodynamische Geräusche, so dass dann kein Vorteil mehr für das E-Auto existiert.
- e) Erhöhtes Fahrvergnügen durch sehr schnell bereit gestelltes hohes Beschleunigungs-Drehmoment des E-Motors vor allem bei niedrigen Geschwindigkeiten (Stadtverkehr)
- f) Geringere Energie-Betriebskosten, da el. Energie z. Zt. deutlich billiger als Benzin oder Diesel bei gleichem Energieinhalt
- g) Weniger Einzelkomponenten beim E-Auto sollten zu einem robusteren Fahrzeug beitragen

Nachteile:

- 1) 20 ... 30 % höhere Feinstaubemission in Gesamtbilanz als Verbrennungskraftantrieb wegen aufwändigerer Fertigung (Akku) und el. Energie aus therm. Kraftwerken (deutscher Strommix)
- 2) Aktuell deutlich höherer Kaufpreis, wobei ggf. erforderlicher Akku-Tausch zusätzlich die Kosten erhöht
- 3) Z. Zt. tw. umweltschädliche und nach europ. Standard inhumane Fördertätigkeit z. B. der Seltenen Erden für Permanentmagnete der E-Motoren in VR China, Kobaltförderung für Akkus z. B. in Afrika (Kongo; Welt-Marktanteil 66%), Lithiumförderung in der Atacama-Wüste, Nordchile (für 1 Tonne Lithium ca. 2 000 Tonnen verdunstetes Grundwasser, dazu großer Einsatz von Lösungsmitteln wie Kerosin, Salzsäure u. weitere Chemikalien. Zwar können durch Recycling der Akkus bis zu 95% der Funktionsmaterialien Kobalt, Nickel und Kupfer zurück gewonnen werden, ist aber teuer und aufgrund der z. Zt. noch niedrigeren Rohstoffkosten noch unwirtschaftlich
- 4) Momentane Reichweitenbeschränkung je nach Größe/Masse des Akkus, Zusatzmasse des Akkus in der Fahrzeugmasse, rel. langsames Laden der Akkus bzw. Verringerung ihrer Lebensdauer durch Schnellladen

2) Ist die Umweltbelastung wirklich geringer -> Akku-Herstellung?

Dazu eine Vergleichsrechnung, bevor die Antwort folgt:

a) Herstellung von Li-Ionen-Akkus:

z. B. Angaben von Ford-Akku (LG Chem):

140 kg CO₂-äquiv. Emissionen je kWh Batterie-Energieinhalt,

z. B. Angaben von Tesla-Akku:

150 kg CO₂-äquiv. Emissionen je kWh Batterie-Energieinhalt

(bei Berücksichtigung des deutschen „Strom“-Mix 2019 ca. 470 Gramm CO₂ je kWh !), weiter verwendeter Mittelwert:

145 kg CO₂-äquiv. Emissionen je kWh Batterie-Energieinhalt

b) Energiemenge beim Fahren mit dem E-Auto (Kleinwagen bis Mittelklasse):

ca. 15 ... 17 kWh je 100 km

je nach Geschwindigkeitsprofil, ergibt 7 ... 8 kg CO₂ je 100 km bei Berücksichtigung des deutschen „Strom“-Mix 2019,

weiter verwendete Mittelwerte: 16 kWh je 100 km; 7,5 kg CO₂ je 100 km

- c) Vergleich mit herkömmlichem Verbrennungsmotor-Antrieb: EU-Grenzwert für Neuwagen ab 2021: 9,5 kg CO₂ je 100 km
(entspricht 3,6 Liter Diesel-Treibstoff/100 km bzw. 4,1 Liter Benzin/100 km)
- d) Ab welcher zurückgelegten Strecke L ist der kumulierte CO₂-Ausstoß beim Verbrennungsmotorantrieb größer als beim E-Auto (inkl. Akku-Fertigung)?
- d1) Für 38,5 kWh-Batterie (e-Ford) = ca. 240 km Reichweite:
 $0,095 \times L = 38,5 \times 145 + 0,075 \times L$: $L = 279\ 000$ km
 Bei 6 Liter/100 km Diesel-Kraftstoffverbrauch:
 $(6/3,6) \times 0,095 \times L = 38,5 \times 145 + 0,075 \times L$: $L = 67\ 000$ km
- d2) Für 100 kWh-Batterie (Tesla) = ca. 620 km Reichweite:
 $0,095 \times L = 100 \times 145 + 0,075 \times L$: $L = 725\ 000$ km
- d3) Wie d1), jedoch Aufladung der Batterie aus hauseigenem PV-Solarstrom (ohne Berücksichtigung des beträchtlichen Energieaufwands bei der PV-Modul-Herstellung):
 16 kWh je 100 km; 0 kg CO₂ je 100 km: $0,095 \times L = 38,5 \times 145$: $L = 59\ 000$ km

Zusammenfassung: Je größer die gewünschte E-Reichweite mit einer Akku-Ladung ist (z. B. Tesla, Beispiel d2), desto größer ist der Einfluss des Energieverbrauchs inkl. Emissionen für die Akku-Herstellung (Recycling kommt extra dazu) auf die Umweltbelastung durch E-Autos. Beim gegenwärtigen Strommix in Deutschland und mit der für E-Autos guten Annahme nur eines Akkus während der gesamten Fahrzeuglebensdauer ist gemäß Bsp. d1) bei „guten“ Verbrennungskraftantrieben die gesamte Umweltbelastung wohl ähnlich hoch wie beim E-Auto. Z. Zt. garantieren Fahrzeughersteller z. B. dass sich bis zu einem Akku-Alter von 8 Jahren oder 160 000 km Fahrstrecke sich der Akku um nicht mehr als „10 % bis 40 %“ verschlechtert, so dass bei $L = 279\ 000$ km optimistisch von nur einem Akku (ohne Ersatzakku) ausgegangen werden darf.

Um also mit dem E-Auto einen „echten“ Umweltbeitrag ab ca. 60 000 km „Laufleistung“ zu liefern, ist es nötig, dieses „garantiert“ mit CO₂-arm erzeugten Strom zu betreiben, wie z. B. mit einer hauseigenen PV-Anlage (Bsp. d3).

Natürlich haben viele z. Zt. im Einsatz befindliche Verbrennungskraftantriebe höhere CO₂-Einträge als unter c) angenommen, aber der Vergleich muss fair mit z. Zt. machbaren (Peugeot Diesel-PKW 8,9 kg CO₂/100 km), aber zukünftig geforderten Grenzwerten für die Systeme gemacht werden. Da der Anteil an „grünem“ Strom in Deutschland weiter zunehmen wird, verändert sich der hier gemachte Vergleich künftig tendenziell zugunsten des E-Autos.

3) Müssen die Akkus auch alle 5 bis 6 Jahre gewechselt werden/Sind diese Batterien teuer?

Die Speicherfähigkeit der Li-Ionen-Zellen nimmt mit der Anzahl der Lade-/Entladezyklen ab (ca. 1 000 ... 3 000 Zyklen als „Lebensdauer“-Wert). Z. B. nennt der ADAC nach 100 000 km 25 % Verlust an Speicherfähigkeit beim Nissan Leaf, Tesla nur ca. 7 % nach 180 000 km. Beim Ampera-E beispielsweise übernimmt Fa. Opel für den Akku (60 kWh) eine Garantie bis zum Alter von 8 Jahren oder 160 000 km, wobei sich innerhalb dieser beiden „Fristen“ die Speicherfähigkeit des Akkus sich um nicht mehr als „10 % bis 40 %“ verschlechtern darf (Reichweite bei „vollem“ Akku sinkt um 10 % ... 40 % gegenüber

Ausgangswert). Bei größeren Verschlechterungswerten wird der Akku in autorisierten Werkstätten als Garantiefall repariert oder getauscht. Ähnliche Garantieverpflichtungen übernehmen VW, Audi, Mercedes, Tesla, so dass bei diesen Marken von zumindest 8 Jahren (bei 20 000 km/Jahr) „sorgenfreier“ Akku-Nutzung ausgegangen werden darf. Akkus sind sehr teuer, z. B. der Akku-Ersatzteilpreis des Renault Zoe 44 kWh: 8 000 Euro. Deshalb bietet Renault das Mietmodell von z. B. ca. 70 ... 110 Euro/Monat für den 44 kWh-Akku an (für 7 500 ... 17 500 km/Jahr), das zum Kfz-Neupreis (ohne Akku) hinzukommt. Mit steigenden E-Auto-Verkaufszahlen wird der Akku-Preis tendenziell weiter sinken.

4) Wie funktionieren die Schnellladesysteme?

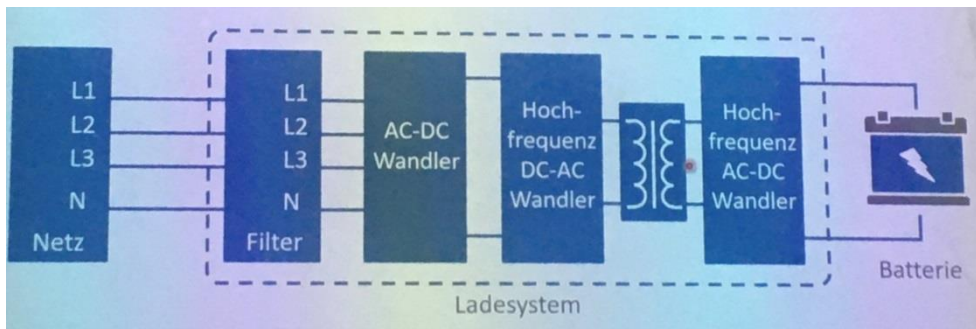
Es existieren unterschiedliche Systeme zum Laden des Akkus mit Gleichspannung und Gleichstrom aus dem öffentlichen Wechselstrom- bzw. Drehstromnetz!

a) Das *einphasige Wechselstromnetz* (Zwei Klemmen: L und N, Haushaltsnetz) mit 230 V (Effektivwert der Wechselspannung, Frequenz 50 Hz) bietet mit dem 2,3 kW-Haushalts-Ladestecker (genormte Steckverbindung) die Möglichkeit, z. B. einen 38,5 kWh-Akku langsam während der Zeit $T = 38,5/2,3 = 16,7$ Stunden zu laden. Die einphasige Gleichrichtung der Wechselspannung erfolgt durch eine leistungselektronische Schaltung im E-Auto, wobei dem Haushaltsnetz etwa der Wechselstrom (effektiv) von ca. 2,3 kW/230 V = 10 A entnommen wird.

b) Mit „*Drehstrom*“ 400 V, 50 Hz (drei Klemmen L1, L2, L3 plus N) wird eine 11 kW bzw. 22 kW-Ladesteckdose („Wallbox“) versorgt, wobei der Drehstrom wieder durch eine Leistungselektronik-Schaltung im E-Auto gleichgerichtet wird: z. B. 38,5 kWh-Akku während der Zeit 3,6 h (11 kW) bzw. $T = 38,5/22 = 1,8$ Stunden laden. Dem Haushaltsnetz 400 V wird dabei der Strom je Phase (effektiv) von 16 A (11 kW) bzw. $22 \text{ kW}/(1,7 \times 400 \text{ V}) = 33 \text{ A}$ entnommen. Typische Haushaltsanschlüssen sind eingangsseitig mit 60 A abgesichert = 100 % des zulässigen Anschlusswerts.

c) *Schnell-Ladesysteme* sind für minutenschnelles Aufladen gedacht und daher nicht für Heimanwendungen, sondern für „Stromtankstellen“ konzipiert. Das öffentliche Drehstromnetz speist diese Ladesäulen, die z. B. für 50 kW ausgelegt sind. Fahrzeugseitig kommuniziert das Batteriemanagementsystem elektronisch mit der Ladesäule, wobei die Leistungselektronik-Schaltung zur Gleichrichtung aus Platzgründen nicht mehr im Fahrzeug, sondern in der Ladesäule installiert ist. Laden z. B. eines 38,5 kWh-Akkus während der Zeit $T = 38,5/50 = 45$ Minuten. Dem öff. Netz 400 V wird dabei der Strom je Phase (effektiv) von ca. $50 \text{ kW}/(1,7 \times 400 \text{ V}) = 74 \text{ A}$ entnommen. Wirklich schnelles Laden erfordert deutlich mehr Ladeleistung, z. B.: 350 kW-DC-Schnellladesäule. Ein möglicher Aufbau erfolgt mit Hochfrequenz-Trenntransformator (HF, damit Trafo kleinere Abmessungen hat) zur galvanischen Entkopplung von Ladeseite und Fahrzeug. Wieder wird in der Säule der Drehstrom elektronisch gleichgerichtet. Bei 1 000 V Gleichspannung ist der Ladegleichstrom zumindest 350 A (praktisch eher 400 A), was einen dicken Leiterquerschnitt mit relativ steifem Kabel

erforderlich macht: Laden z. B. eines 38,5 kWh-Akkus während der Zeit $T = 38,5/350 = 7$ Minuten.



Quelle: Messtechnikseminar der Fa. Zimmer an der TU Darmstadt vom 09.10.2019

Die summierte Ladeleistung aller Ladesäulen am Lade-Standort erfordert meist die Installation eines separaten Einspeise-Transformator, ggf. ergänzt um einen parallelen Batteriespeicher, der die Lade-Leistungsspitzen, die das Netz belasten, abfängt. Beim Schnellladen kommt meist das IU-Ladeverfahren (CCCV – constant current, constant voltage) zum Einsatz. Bei diesem Verfahren umfasst der Ladevorgang mehrere Phasen, um die Batterie mit ihrer vollen Kapazität zu laden und gleichzeitig bestimmte Sicherheitsregeln einzuhalten. Der Ladevorgang beginnt mit der Vorlade-Phase mit geringem Strom. Hier wird überprüft, ob die Batterie in einem einwandfreien Zustand ist. Anschließend wird der Ladevorgang mit der Aktivierungsphase fortgesetzt, während der Strom für einen längeren Zeitraum auf dem gleichen Wert gehalten wird. Wenn die Batteriespannung je Li-Ionen-Zelle einen Wert von 3 V überschreitet, folgt die Schnellladephase, in der mit einem Konstantstrom geladen wird. Diese Phase wird solange fortgesetzt, bis die Ladeschlussspannung von 4,2 V erreicht wird. Dann schaltet das Ladeprogramm auf eine Phase mit konstanter Spannung um. Hierbei gilt die Batterie als vollgeladen, wenn der Ladestrom unter den Ladeschlussstrom abgesunken ist, und der Ladevorgang wird beendet.

5) Wie steht es mit der E-Mobilität in Deutschland?

2017/2018/2019 waren 34 000 / 54 000 / 83 200 Elektroautos in Deutschland zugelassen. Ziel der deutschen Bundesregierung waren 2010 allerdings 1 Mio. (2020) / 5 Mio. (2030). Im 09/2019 waren in Deutschland 16 600 öffentliche Ladestationen in Betrieb, davon bisher 600 Schnellladepunkte. Diese Anzahl soll bis Ende 2020 auf 7 100 Schnellladepunkte anwachsen. Der Bund unterstützt dabei den Aufbau der Lade-Infrastruktur finanziell. Deutschlandweit sollen rund 15 000 neue öffentliche Ladesäulen entstehen. Dafür hat die öffentliche Hand 300 Millionen Euro als Fördermittel eingeplant. Für den Neukauf eines E-Autos wird eine Umweltprämie von 2 000 € gewährt, für den Neukauf eines Autos mit Hybridantrieb 1 500 €.

6) Würde unser aktuelles Stromnetz die Umstellung auf elektrisch betriebene Fahrzeuge versorgen können?

a) Kann die el. Energie insgesamt aktuell bereitgestellt werden?

Ein E-Auto mit 16 kWh/100km Energieverbrauch soll im Jahr 20 000 km zurücklegen (als angenommener Mittelwert aller E-Autos in Deutschland).

Es benötigt pro Jahr $16 \times 20\,000/100 = 3\,200$ kWh. Für die aktuell 83 200 E-Autos ist dies ein el. Jahresenergiebedarf $3\,200 \times 83\,200 = 266,24$ GWh pro Jahr. Das sind nur 0,05 % des aktuellen deutschen el. Netto-Energieverbrauchs, der ca. 530 TWh beträgt, was durch die bestehende Kraftwerksinfrastruktur ohne Probleme abgedeckt wird.

Wenn alle 42 Mio. zugelassenen PKW in Deutschland E-Autos wären, beträgt der Jahresenergiebedarf 25,4 % des aktuellen deutschen el. Netto-Energieverbrauchs. Dafür müssten auf der Erzeugerseite zusätzliche Investitionen im Kraftwerksbereich geschaffen werden.

b) Kann die el. Ladeleistung bereitgestellt werden, wenn alle E-Autos über Nacht mit 22 kW Ladeleistung geladen werden (Ladezeit ca. 2 h)?

Für die aktuell 83 200 E-Autos ist dies eine el. Ladeleistung $22 \text{ kW} \times 83\,200 = 1,83$ GW, somit 2 % der aktuellen deutschen el. Spitzenlast 90 GW. Bei einem „Gleichzeitigkeitsfaktor“ von nur 10 % sinkt diese resultierende Ladeleistung auf 10 %, also 0,2 % der deutschen Spitzenlast, was mit der aktuellen Erzeugerseite leicht bewerkstelligt wird.

Bei 42 Mio. E-Autos in Deutschland, 22 kW Ladeleistung und 10 % Gleichzeitigkeitsfaktor übersteigt die Ladeleistung mit 103 GW die aktuelle Spitzenlast von 90 GW! Hier müssten jedenfalls Maßnahmen zur el. Netzentlastung (z.B. Zwischenspeicher aus Alt-Akkus, reduzierte Ladeleistung, ...) und eine Nachrüstung auf der Erzeugerseite erfolgen!

c) Sind die aktuellen Verteilnetze mit ihren Ortsnetztransformator-Stationen und der 400 V, 50 Hz-Verkabelung zu den einzelnen Haushalten in der Lage, die Ladeleistung bereitzustellen?

Typisch sind in Deutschland 50 bis 200 Haushalte je einspeisenden Ortsnetztransformator, wobei von diesem zu den Haushalten in D fast immer die Zuleitung als Erdkabel (aus optischen Gründen) ausgeführt ist. Je nach dem, wie viele Haushalte ein E-Auto besitzen und dieses über ihr Hausnetz laden, besteht die Gefahr der lokalen Verteilnetz-Überlastung. Mit steigender Ladeleistung erhöht sich naturgemäß die el. Netz-Spitzenlast. Es zeigt sich, dass die Lastspitze für das Laden der Elektrofahrzeugflotte zwischen 17 und 20 Uhr auftritt und sich damit mit der bereits bestehenden Abend-Lastspitze (Kochen, ...) überschneidet. Bei einer Anschlussleistung je Haushalt von ca. 45 kW (3x400 V, 60 A) steigert eine 22 kW-Ladestation die Anschlussleistung um ca. 50 %. Ortsnetz-Transformatoren haben diese Reserven i. A. nicht vorgesehen. Aus diesem Grund wurde für Ladestationen zu Hause bis 11 kW Leistung nur eine Meldepflicht, über 12 kW aber auch eine Genehmigungspflicht eingeführt. Die jetzige geringe Anzahl von E-Autos stellt kein Problem dar, aber für deutlich mehr E-Autos ist das Niederspannungs-Verteilnetz i. A. nicht ausgelegt. Wenn tatsächlich bis 2035 mehr als jedes dritte Auto elektrisch angetrieben werden soll (inklusive der Plug-in-Hybride, deren (kleinere) Batterie auch aus dem öff. Netz geladen werden kann), wird dies zu lokalen Netz-Engpässen führen. Studien von Verteilnetzbetreibern zeigen punktuell bereits in den kommenden 5 ... 10 Jahren Versorgungsengpässe. So prognostiziert man z. B. mit hoher Wahrscheinlichkeit eine flächendeckende Überlastung des Verteil-Stromnetzes ab einer Elektromobilitätsquote von 30 %, welche zwischen 2025 (optimistisch) bis 2040 (konservativ) eintritt. Das heißt: Bei einer Ortsnetzgröße von 120 Haushalten je Transformator führen 36 Elektroautos bereits zur lokalen Überlastung.