

Anmerkungen zur E-Mobility und zur Ladeinfrastruktur

Die Ladesysteme werden, soweit bekannt, nicht von DIN / ISO genormt, sondern von der IEC und CEN / CENELEC und da geht es extrem formal zu.

Die EU-Kommission schreibt nun das CCS für Europa vor. Ein gemeinsames System zwischen Japan/USA und Europa ist offensichtlich leider nicht möglich. Man war dicht an einer Einigung: Deutscher Stecker und japanische Kommunikation (CAN-BUS), den Software-Layer hätte Europa komplett akzeptiert.

Aber selbst dies war politisch am Ende nicht durchsetzbar!

Deutschland / EU sollte m.E. deshalb ein eigenes optimales DC-Ladesystem – mittels Drehstromgleichrichtung – und einem einheitlichen DC-Stecksystem entwickeln, d.h. ein zweipoliger DC-Stecker mit einer Kommunikations-Steckverbindung (z. B. CAN-Bus) der langsames bis schnelles Laden abdeckt.

Zwischenlösung: CCS

Die DC-Steckverbindung hat immer dieselbe Geometrie und ist für die max. Schnellladung ausgelegt, die Verbindungsleitung wird entsprechend der Leistung der Ladestation dimensioniert und ist fest mit dieser verbunden. Soweit bekannt, haben die Fahrzeugbatterien Spannungen zwischen 400V, 600 V und 800 V.

Der Drehstromgleichrichter liefert etwa 530 VDC, deshalb wäre eine Batteriespannung von 600 VDC m. E. hier günstig (evtl. auch 800 VDC).

In den Ladestationen muss dann neben der Drehstromgleichrichtung auch ein DC-DC-Wandler mit unterschiedlichen Leistungen für langsames bis schnelles Laden installiert sein, der mit dem BMS-System der Fahrzeugbatterie im E-Auto kommuniziert.

Die Sicherheitstechnik kann ggf. auf der Drehstromseite installiert werden wie bisher. Ein DC FI-Schalter ist jetzt verfügbar. Der DC-Stecker darf nur im stromlosen Zustand betätigt werden zur Vermeidung einer Funkenbildung, eine automatische Verriegelung ist vorzusehen.

Die kWh-Messung kann preiswert in einer AC-Phase erfolgen (mal 3) wegen der vorteilhaften symmetrischen Belastung des Netzes oder auf der DC-Seite. $W = U \times I \times t$

Der Schuko-Stecker von 1920 ist ein leuchtendes Beispiel für ein einheitliches Stecksystem!

Disruptive Technologien

Eine **disruptive Technologie** (engl. disrupt – unterbrechen, zerreißen) ist eine Innovation, die eine bestehende Technologie, ein bestehendes Produkt oder eine bestehende Dienstleistung möglicherweise vollständig verdrängt.

Disruptive Innovationen sind meist am unteren Ende des Marktes und in neuen Märkten zu finden. Die neuen Märkte entstehen für die etablierten Anbieter in der Regel unerwartet und sind für diese, besonders auf Grund ihres zunächst kleinen Volumens oder Kundensegmentes, uninteressant.

Sie können im Zeitverlauf ein starkes Wachstum aufweisen und vorhandene Märkte bzw. Produkte und Dienstleistungen komplett oder teilweise verdrängen.

Beispiele für technische Umwälzung durch disruptive Technologien:

Die LED-Technik (disruptive Technologie) wird die meisten klassischen Lichtquellen ersetzen (etablierte Technologie)

TV- und PC-Flachbildschirme haben Bildröhren ersetzt!

Digitalkamera: Zunächst konnten Digitalkameras qualitativ nicht überzeugen. Auflösungen unter einem Mega-Pixel stellten einen großen Nachteil gegenüber der klassischen Kleinbild-Fotografie dar. Doch wurden auch die Vorteile dieser Technologie deutlich: Das Bildergebnis ließ sich sofort überprüfen, für zahlreiche Schnappschüsse entstanden keine weiteren Kosten und die Bilder ließen sich sofort weiterverarbeiten oder kopieren. Inzwischen hat sich die Bildqualität so weit verbessert, dass Digitalkameras die analogen Kameras nahezu verdrängt haben.^[2]

Halbleiterelektronik: In den Anfangsjahren waren die Halbleiter den Röhren noch unterlegen. Als es aber gelang, Halbleiterbauelemente für größere Leistungen und höhere Frequenzen zu bauen, verdrängten diese die Elektronenröhren immer mehr, da die Halbleiterelektronik kleiner, zuverlässiger und energieeffizienter ist.

Etablierte Technologie	Disruptive Technologie
Segelschiff	Dampfschiff
Seilbagger	Hydraulikbagger
Integrierte Stahlwerke	Elektrostahlwerke („Minimills“)
5 ¼-Zoll-Festplattenlaufwerke	3,5-Zoll-Festplattenlaufwerke
Kaufhäuser	Discount Händler
Mechanische Uhr	Quarzuhr
Tintenstrahldrucker	Laserdrucker
Enzyklopädie	Wikipedia
Festnetztelefonie	Mobiltelefonie
Filmkamera	Digitalkamera
Klassische Fluglinie	Low-Cost-Airline
Musik-CD	MP3
Reisebüro	Online-Buchungssysteme
Installierte Software	Software-as-a-Service
Stationärer Handel, Kataloghandel	Online-Handel
Universalbanken	Direktbanken
Verbrennungsmotor	Elektroauto
Telefon	Voice over IP
PC/Notebook	Tablets
PC/Notebook/Tablet	Smart Phone

Tabelle 0.1: Beispiele von disruptiven Innovationen

Sehr geehrter Herr Professor Marx,

möchte mich zunächst sehr herzlich für unser Gespräch und nun auch für die große Menge Information bedanken.

Selbst eine ganz kurze Durchsicht der email - Anlagen beeindruckt durch Ihre äußerst professionelle und sorgfältige Arbeit - na ja, wie man es von einem Messtechniker erwartet, bin selber so, auch "von Geburt" Messtechniker. Sie haben ja bereits Enormes zum Thema Elektroauto geleistet, kenne nichts Vergleichbares. Und die vielen Kontakte.

Der Mut der Wiener Zeitung, meinen Artikel zu veröffentlichen, ist einmalig, denn hier sind auch letztlich große Werke betroffen wie BMW - Motorenwerk Steyr, wo fast alle Motoren gebaut werden, oder das GM - Getriebewerk in Wien.

Ich bin gerne nach Kräften Mitstreiter und bin sicher, dass wir den unaufhaltsamen Siegeszug des E-Autos noch erleben werden..

Für heute darf ich mich verabschieden.

Mit besten Grüßen aus Wien

Artur Seibt

DR.- ING. ARTUR SEIBT (E-Technik)

Auszug aus einer

Expertise zum Thema Elektroauto und zu dessen umwälzenden

volkswirtschaftlichen Auswirkungen

Das Elektroauto (EA) lässt sich nicht länger aufhalten, in 5 bis höchstens 10 Jahren gibt es nichts anderes mehr, zunächst bei PKWs. Insbesondere die deutsche Autoindustrie und ihre gesamte Zulieferindustrie werden größtenteils untergehen, da sie im Verbund mit der Ölindustrie das Elektroauto bisher und immer noch mit aller Kraft sabotieren, weil die maßgebenden Leute Verbrennungsmotorenspezialisten sind, die ihre Positionen bis zum letzten behalten wollen, und weil neben Auto-, Zuliefer- und Ölindustrie eine ungeheure Liefer- und Dienstleistungskette am Verbrennungsmotor (VM) hängt: Rohöl- und Benzin-/Diesel - Transportindustrie, Raffinerien, Tankstellen, Werkstätten etc.
Aber auch andere große Industrien in EU sind komplett untergegangen, z.B. Kohle, Unterhaltungselektronik, Computer, Foto, Film.

Die Auswirkungen auf die Volkswirtschaften wie auf den einzelnen Autofahrer werden gewaltig sein, aber in Summe extrem positiv.

Es ist Zeit, der extremen Desinformation über das EA entgegenzutreten.

1. Wirtschaftliche Vorzüge, Umwelteinflüsse

1.1 Niedrigere Anschaffungskosten.

Die HK von EAs sind **bedeutend** niedriger als die von Benzin- oder Dieselaautos, so dass auch die Kaufpreise entsprechend sehr viel niedriger sein werden!

Geschätzt ½ bis 2/3.

Der gegenwärtige Zustand stellt die Tatsachen auf den Kopf!

Grund: E-Autos bestehen nur noch aus folgenden Baugruppen:

Karosserie mit Lenkung, Fensterhebern, Scheibenwischern, Innenausstattung, allen Leuchten, Rädern, eine mechanische Not- und Feststellbremse, weil die elektrische Nutzbremmung nur in der Bewegung wirkt.

1 oder 2 (bei billigen) bzw. 4 Elektromotoren (EMs) direkt an den Rädern. Die EMs halten sehr lange, sie haben keine Verschleißteile außer den Lagern.

Leistungselektronik für deren Ansteuerung; diese formt den vom Akku gelieferten Gleichstrom in Mehrphasen – Wechselstrom variabler Frequenz und Stromstärke um.

Akku als Hauptbauteil und teuerstes; mit je nach Typ begrenzter Kapazität und Lebensdauer. Ladeelektronik wird aus Kosten- und Gewichtsgründen i.a. nicht an Bord, sondern in den Ladesäulen enthalten sein.

Ausdrücklich sei darauf hingewiesen, dass alle Teile des Elektroantriebs außer den Akkus bereits seit Jahrzehnten in großem Umfang in Straßenbahnen, U- und S - Bahnen unter harten Bedingungen eingesetzt werden. Da ist nichts Grundsätzliches mehr zu entwickeln oder zu erfinden! In einem EA sind die betreffenden Baugruppen nur etwas kleiner und an die Räder angepasst.

Für Kunden, die Angst haben, dass sie mit den derzeit verfügbaren Akkus unterwegs liegenbleiben könnten, stehen heute kl. Benzin- oder Dieselmotoren mit Generator als Plug-in zur Verfügung, sog. range extender. Da die meisten Fahrten in der näheren Umgebung stattfinden, wird dies nur geringe Bedeutung haben und mit weiterentwickelten Akkus und der Schnell-Ladung eine vorübergehende Erscheinung sein. Auch der ADAC wird aufrüsten und liegegebliebene EAs mittels Schnell-Ladung in wenigen Minuten wieder flottmachen; heute bleiben auch Autos, deren Kraftstofftank für 500 Km reicht, liegen.

Das Hybridauto mit 2 Antrieben und "Plug-in Hybride" sind nur vorübergehende Erscheinungen, die mit dem Aufkommen neuer Akkus und flächendeckender Schnell-Ladung zum unnötig komplizierten und sehr teuren Exoten werden.

Desgleichen ist die Brennstoffzelle relativ kompliziert und teuer in Anschaffung und Unterhaltung, der Wirkungsgrad ist ungünstig.

1.2. Liste der Aggregate bzw. Baugruppen oder Bauteile, die es in EAs nicht mehr gibt, so dass deren Hersteller in der Zulieferindustrie untergehen, und die Autofabriken schrumpfen werden.

Schwere volkswirtschaftliche Verwerfungen wird folgende, bisher in allen Veröffentlichungen nicht erkannte bzw. verschwiegene Tatsache auslösen. Diese Liste muß man sich einmal verdeutlichen, um die ungeheure Umwälzung zu begreifen.

Teure Aggregate: (Automatik-) – Getriebe, (Doppel-) – Kupplungen, Motorblöcke, Zylinderköpfe, Ventile, Einspritzdüsen, Diesel - Einspritzpumpen, Kurbelwellen, Bremsservos, gesamtes hydr. Zweikreis – Bremssystem mit Scheibenbremsen, Bremsbelägen, Bremszylindern, 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, Kühlerventilatoren, 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, Bremsöle, Kühlwasser – Gefrierschutz, Zusätze für Abgasreinigung. Es entfällt das Wechseln von Motor-, Getriebe-, Differentialölen, von Kraftstoff-, Öl-, Luftfiltern, Abgasreinigungsanlagen etc.

Nicht mehr vorhandene Teile müssen weder entwickelt, noch geprüft und zugelassen, eingekauft, gelagert, montiert noch gewartet, repariert oder ersetzt werden, Ersatzteillager schrumpfen auf Karosserieteile, Elektronikbaugruppen und Akkus zusammen. Die meisten Werkstätten werden zusperren, die Leute entlassen.

Die gesamte ungeheure Öl - Logistik für obige Stoffe wird größtenteils verschrottet, von den Ölquellen über die Tankschiffe bzw. Ölleitungen, über die Raffinerien bis zu den Benzin-/Dieseltransportern und Zapfsäulen an Tankstellen, alles weg! Öl wird nur noch für die chemische Industrie, z.B. für Kunststoffteile und Reifen benötigt. Der Anteil an privaten Ölheizungen ist nur noch gering.

Strom braucht weder mit Schiffen oder LKWs transportiert, noch raffiniert und auch nicht in den Tankstellen in unterirdischen Behältern gespeichert zu werden. Vor allem kann er im Land erzeugt werden, keine Abhängigkeit von anderen Ländern mehr.

1.3. Die Unterhaltskosten (Wartungs- und Reparaturkosten) für EAs sind unvergleichlich niedriger.

Die Werkstätten verlieren in größtem Ausmaß Reparatur- und Wartungsaufträge, alle nicht mehr vorhandenen Teile müssen weder gewartet, noch repariert, noch ersetzt werden. Insbesondere fallen die besonders einträglichen regelmäßigen Wartungsarbeiten wie Ölwechsel, Altölersorgung, Ölfilter, Luftfilter, Kraftstoff-Filter, Bremsanlage, Kupplung, Kühlanlage ersatzlos fort.

Was für die Werkstätten übrigbleibt sind Unfallschäden, Karosserieschäden und Schäden an deren Bestandteilen wie Fensterhebern, Reifen, Inneneinrichtung, mechan. Feststellbremse, Auswechseln der Elektronik und der Akkus.

Weder die EMs noch die Leistungselektronik bedürfen einer Wartung: Die Motoren sind wartungsfrei und halten ewig, d.h. länger als die Karosserie. Die Elektronik kann wie jede ausfallen, wird jedoch als Baugruppe schnell ausgetauscht.

Die Akku - Austauschfristen hängen von deren Eigenschaften ab und wie sie behandelt wurden. NB: 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. Siehe Kap. "Akkus". Die Lebensdauer von Akkus wird meist durch die Zahl der Lade-/Entladezyklen bestimmt. Wer also nicht viel fährt und immer wieder nachlädt, wird einen Akku viele Jahre nutzen können. Der Akku ist – neben den Reifen – das einzige Verschleißteil. Totalausfälle dürften sehr selten sein, normal ist ein langsames Nachlassen der Kapazität; es hängt ganz vom Autofahrer ab, wie lange er damit leben kann.

Es wird ein Austauschsystem geben wie heute bei Austauschmotoren, d.h., es sind nur die Austauschkosten zu zahlen, da alte Akkus wieder aufgearbeitet werden können. Wegen der stürmischen Akkuentwicklung und zahlreicher Hersteller werden die Preise stark sinken, zweitens wird es heftige Konkurrenz zwischen zahlreichen Akkufirmen

geben, drittens werden diese anbieten, an den Werkstätten vorbei die Akkus selber kostengünstiger auszutauschen - so wie dies heute schon mit den Bleiakkus geschieht.

Es sind also - ab dem 1. Austausch - die Akkuaustauschkosten auf die Akkulebensdauer und dann auf die Kilometerleistung umzulegen.

Fazit: Die Unterhaltskosten sind verglichen mit denen jedes VM - Autos minimal

und entlasten besonders Autofahrer mit niedrigen Einkommen. Ein negativer Nebeneffekt ist allerdings, dass dadurch, den niedrigeren Preis sowie die niedrigen Stromkosten viele zum Kauf eines EA animiert werden. Unbekannt ist noch, wie der Staat die heutigen hohen Einnahmen aus Kfz - Steuer, Treibstoffsteuer und Umsatzsteuer bei EAs erheben wird. Vermutlich wird die Besitzsteuer (Kfz - Steuer) bleiben, und es wird wohl die Wegstrecke kontrolliert und besteuert werden, da die Erfassung des Stromverbrauchs sinnlos wäre. (siehe LKW-Maut)

1.4 **Lebensdauer und Zuverlässigkeit sind unvergleichlich höher.**

Die Lebensdauer wird hpts. von der Karosserie bestimmt. Wie man die gefürchteten Rostschäden wirksam eindämmen kann, ist bekannt, kostet nur etwas, dies wird ein starkes Werbeargument werden. Es sei betont, daß ein Verschleiß wie beim Verbrennungsmotor (Kolbenringe, Auf-und Abbewegung, Kurbelwelle etc) und seinen zahllosen zugehörigen Baugruppen nicht auftritt. Die Motoren sind optimal direkt an die Räder montiert, ihre Lager bzw. die Radlager sind für die Lebensdauer des Autos geschmiert. da die Bremsung elektrisch erfolgt, gibt es keine Bremse im herkömmlichen Sinn und keine Bremsbeläge, und wo nichts ist, gibt es auch keinen Verschleiß!

Es wird eine mehr oder weniger einfache mechanische Feststellbremse geben, denn die elektrische Bremsung mit den Motoren, die dann als Generatoren arbeiten, versagt im Stillstand; auch kann man wie heute je 2 Motoren über Kreuz zusammenschalten, so dass ein elektrisches Zweikreissystem entsteht..

Dem EA ist es egal, ob es ständig benutzt wird oder lange steht, außer einer gewissen Selbstentladung des Akkus passiert nichts.

Kurzstreckenfahrten auch im Winter, schädigen die Motoren nicht. Man braucht auch die Motoren bei Kälte nicht zu schonen, bis sie warm sind, noch gibt es einen höheren Verbrauch bei Kälte. Es hängt von der Akkutechnologie ab, ob und wie sehr seine Kapazität bei Kälte reduziert wird.

Man wird sicher mit einer Autolebensdauer von über 20 J. rechnen können, insbesondere, wenn der Besitzer dafür sorgt, dass der Rostschutz verbessert und regelmäßig nachgebessert wird. Dies hat Konsequenzen einmal für die jährlichen Umsatzstückzahlen der Hersteller, die sich etwa halbieren dürften wie auch für die Einnahmen des Staates aus der Umsatzsteuer beim Kauf.

1.4. **Die Betriebskosten sind bedeutend niedriger**

Sind also die Anschaffungs- und Unterhaltskosten schon so viel günstiger, so trifft dies insbesondere auf die reinen laufenden Betriebskosten, d.h. die Energiekosten zu. Allerdings wird zu klären sein, wie der Staat EAs besteuert. Die Anschaffung wird sowieso besteuert. Ein Ersatz für die hohen Einnahmen aus der Mineralöl- und Umsatzsteuer auf Kraftstoffe wird nicht leicht zu finden sein. Der Ladestrom wird zwar besteuert, das aber bringt nicht genug. Vermutlich wird man die Wegstrecken besteuern.

1. Der Energieverbrauch ist bedeutend niedriger wegen der sehr hohen Wirkungsgrade der EMs und der Leistungselektronik, der mit 85 - 90 % angenommen werden kann.

Beim Akku hängt es sehr stark von seiner Technologie ab, auch von der Temperatur, wie hoch die Lade- und Entladeverluste sind. Bei Schnell-Ladung sind die Verluste höher.

Die Stromkosten sind sehr unterschiedlich, von Null bei Eigenerzeugung (Dach oder Windrad) bis zu teurem Haushaltsstrom, beides eher seltene Fälle. Wie an anderer Stelle erwähnt, werden die Strompreise zukünftig stark von der Wetter- und Verbrauchslage abhängen, so dass man dann zur Tankstelle fährt, wenn es gerade billig ist, was am Armaturenbrett oder/und auf dem Handy angezeigt werden wird. Statt überschüssigen Strom ans Ausland zu verschenken oder noch Draufzuzahlen wird man den Strom eher an die EA -Besitzer kostenlos abgeben.

Hier wird es eine Wechselwirkung mit einer aufkommenden Puffer - Akkuspeicherung in Haushalten mit Eigenerzeugung (Dach, Windrad) geben: Die Hersteller von Hochleistungsakkus für EAs haben diesen zusätzlichen Absatzweg für ihre Akkus entdeckt, auch hier ist der Eigentümer von Tesla, Elon Musk, ein Vorreiter. Erstens bringen die höheren Serienstückzahlen für die Hersteller Kostenvorteile, zweitens können die Haushalte überschüssigen Strom speichern, um über Inverter in dunklen oder/und windstillen Zeiten davon zu zehren oder/und ihr EA aus dem Puffer nachzuladen. Die Möglichkeit, das EA selbst zur Speisung des Haushalts zu nutzen, wurde schon oft erwähnt. Jedoch können diese Vorteile nur relativ wenige EA - Besitzer nutzen, die wie in den USA das Auto gleich neben der Küche stehen haben.

2. Als mechanische Verluste verbleiben nur Radlagerreibung, Reifenabrollwiderstände und -walkarbeit, alle Verluste im Verbrennungsmotor, in Kupplung, Getriebe, Differential etc. entfallen. Die aufzuwendende Leistung bzw. Energie zur Überwindung des Luftwiderstands hat nichts mit der Art des Antriebs zu tun.

3. Wegen des geringeren Gewichtes des EA ist der Energieverbrauch niedriger, da eine kleinere Masse beschleunigt und abgebremst werden muss.

4. Rekuperation beim Bremsen, s.u.

5. Es gibt keinerlei Energieverbrauch im Stand, an der Kreuzung, im Stau etc. ! Es gibt auch keinen Mehrverbrauch und keine höhere Abnutzung bei Kaltstart und Warmlauf. Damit entfallen diese sehr hohen heutigen Energieverluste

1.5. **Beim Bremsen wird Energie in den Akku zurückgeliefert,**

Dies allein ist ein enormer Vorteil gegenüber allen anderen Antrieben, man nimmt an, dass gut 1/3 der im rollenden Fahrzeug steckenden kinetischen Energie rekuperiert werden kann. Dies macht sich besonders im Stadtverkehr mit ständigem Stop-and-Go stark bemerkbar. Bei Bergabfahrten wird der Akku beim Bremsen geladen.

Für den Fall, dass der Akku schon voll ist und keine Bremsenergie mehr aufnehmen kann, wird die überschüssige Energie in Superkondensatoren gespeichert, erst wenn diese nichts mehr aufnehmen können, wird letztlich die Bremsenergie in Widerständen vernichtet, d.h. in Wärme umgesetzt, das dürfte selten vorkommen.

Bei Verbrennungsmotoren würde das analog bedeuten, beim Bremsen im Auto Benzin bzw. Diesel zu erzeugen und in den Tank zurückzupumpen.

1.6 **Nutzung inländischen Stroms und schwankender Strompreise.**

Bereits heute wird bei Sonnenschein oder/und Wind in D mehr Strom erzeugt als verbraucht wird, der wird dann ans Ausland verschenkt, bzw. man zahlt noch drauf, damit man ihn nur loswird; auch das Stillsetzen von Windanlagen ist sehr teuer!

Es ist zu erwarten, dass die Strompreise an den Tankstellen über den Tag dem Angebot folgen werden, was dem Autofahrer auf dem Armaturenbrett oder Handy angezeigt werden wird; er kann dann "auftanken" fahren. (Vorgriff: nach Meinung des Autors werden EAs in Zukunft hpts. an Schnelladesäulen in den bestehenden Tankstellen geladen, in der 2. Ausbaustufe wird dort ohne auszusteigen kontaktlos geladen und übers Handy bezahlt werden.) Man kann sich auch vorstellen, dass Autofahrer bei Stromüberschuss regelrecht aufgefordert werden, die nächste Tankstelle anzufahren und aufzutanken, ev. kostenlos (!), statt an Nachbarstaaten noch zu zahlen, damit sie überschüssigen Strom abnehmen. Überschüssiger Strom destabilisiert die Netze und verursacht hektische Maßnahmen.

Eine ähnliche Möglichkeit besteht bei Kraftstoffen nicht, im Gegenteil: zu Ferienzeiten wird gnadenlos abgezockt.

Hierbei ist von der Situation, d.h. vom technischen Stand in 5 bis 10 J. auszugehen, dann werden EAs in der Regel Akkus für 500 Km enthalten; die meisten Fahrten sind aber wesentlich kürzer, maW: mit einer Akkuladung kann man meist 1 Woche fahren. Der kluge Autofahrer wird also den Wetterbericht, der künftig auch eine genauere Voraussage über Sonne und Wind beinhalten wird, verfolgen und laden fahren, wenn es besonders günstig ist

Ansonsten kann das EA nachts mit dem billigeren Nachtstrom geladen werden. Ein üblicher Haushalt – Drehstromanschluss kann bis 40 KW liefern, so dass die Ladezeit nur einige Stunden beträgt. Dies dürfte nur für einen kleinen Teil der Autobesitzer zutreffen, die eine Garage haben. In Sammelgaragen wird es an den Stellplätzen vermutlich Ladeanschlüsse, später kontaktlose, geben, ob das Laden dort billiger als an den Tankstellen sein wird, ist eine andere Frage.

1.7. Nutzung vom Autobesitzer selbst erzeugten Stromes,

Strom z.B. von Photovoltaikanlagen auf dem Dach, einem Windrad im Garten, kann mit geringem elektronischem Aufwand direkt zum Laden des Autos verwendet werden. Dann kostet das Autofahren fast nur noch Steuer und Versicherung..

Im Gegenzug kann der Akku des EAs in der Garage herangezogen werden, an dunklen Tagen oder nachts Energie über denselben Inverter der Photovoltaikanlage in das Hausnetz einspeisen. Wegen der hohen Energie im Autoakku kann man damit das ganze Haus lange betreiben.

- 1.8 Aufgrund dieser Tatsachen werden sich sogar mehr Leute ein Auto leisten können, auch dann, wenn es wenig gebraucht wird. Da aufgrund der autofreundlichen Verkehrsplanung viele absolut auf ein Auto angewiesen sind und zähneknirschend die hohen Kraftstoffpreise und hohen Unterhaltskosten bezahlen müssen, ist zu erwarten, dass, sobald EAs zu diskutablen Preisen angeboten werden, ein Run, d.h. ein sehr, sehr rasches "Umsteigen" erfolgen wird. Nichts fürchten Auto- und Ölindustrie mehr.

Viele haben noch immer nicht begriffen, dass die Einführung neuer Technologien heute in 1/10 der Zeit wie früher geschieht. Zahlen wie 2075 für die Umstellung sind nichts als Volksverdummung. Der Autor rechnet mit einem Verbot von VM - Autos, zumindest PKWs, etwa 2025.

2. Technische Vorzüge der EAs.

- 2.1 Die Bedienung eines EA ist wesentlich einfacher als die eines Benzin- oder Dieselfahrzeugs:

Es gibt nur „Gas“- und Bremspedal und einen Schalter für Vorwärts/Rückwärts. Wenn man den Fuß vom „Gas“ nimmt, rollt das Auto ungebremst weiter, denn die EMs bremsen nur, wenn man das will, es verbleiben also beim Dahinrollen nur die Lagerreibung der Räder mit den Motoren und die Abrollwiderstände der Reifen (und bei hohen Geschwindigkeiten der Luftwiderstand). Es ist also ähnlich einem herkömmlichen Automatikgetriebe ohne dessen Reibungsverluste; mithin bekommt man kostenlos den Komfort eines sonst sehr teuren Automatikgetriebes mit Kupplung, genauer eines der modernsten Doppelkupplungsgetriebe, denn ein normales ruckt beim Schalten!

- 2.2 Die Charakteristik eines Elektromotors (EMs) ist völlig anders als die eines Verbrennungsmotors: ein EM entwickelt bereits im Stillstand sein maximales Drehmoment, daher beschleunigt ein EA mit relativ geringer Maximalleistung aus dem Stand ganz erheblich schneller als jedes vergleichbare Auto mit herkömmlicher Maschine. Dies ist in der Praxis wichtiger als eine hohe Maximalgeschwindigkeit. Ein "Abwürgen" gibt es nicht!

Ein Vergleich Benzin-/Dieselmotor – Auto zu EA anhand der Nenn- oder Maximalleistung ist grob irreführend, denn ein EA mit z.B. nur 40 KW Leistung fährt einem Benzin- oder Dieselauto mit der mehrfachen Leistung davon, und dies aus noch einem weiteren Grund:

- 2.3. Ein EM ist in seiner Leistung wie alle elektrischen Maschinen hpts. durch die Erwärmung begrenzt; dies bedeutet, dass ein EM kurzzeitig hoch überlastbar ist und die mehrfache Leistung abgeben kann, was sich besonders beim Beschleunigen/Überholen auszahlt. Ein EA mit z.B. 40 KW Maximaldauerleistung kann bezüglich der Beschleunigung fairerweise nur mit einem Benzin-/Dieselauto der mehrfachen Leistung verglichen werden. Die Maximaldauerleistung hat nur Bedeutung auf der Autobahn für die dort erreichbare Maximalgeschwindigkeit. MaW: Im Stadt- und Kurzstreckenverkehr braucht man kein EA mit einer hohen Dauerleistung; nur wer ständig auf der Autobahn hohe Geschwindigkeiten fährt.

Verbrennungsmotoren sind nicht überlastbar, sie werden dann abgewürgt! Deren Leistungsabgabe ist auch über den Drehzahlbereich nicht konstant, es gibt einen optimalen Bereich, deshalb benötigen sie ein Getriebe und eine Kupplung. Zum Anfahren und Beschleunigen müssen sie bereits im Leerlauf eine hohe Drehzahl haben, die Kupplung wird als Drehmomentwandler missbraucht.

- 2.4. Es gibt keinen Energieverbrauch im Stand an der Ampel oder im Stau.
- 2.5. Beim Bremsen wird die im Fahrzeug steckende kinetische Energie wieder tw. in elektrische zurückverwandelt, weil die Motoren dann als Generatoren fungieren, und in den Akku eingespeist. Dies ist ein ganz entscheidender Vorteil, man spricht vom Wiedergewinnen von mind. ca. 1/3 der Energie.
- 2.6. Akkus, die bei einem Unfall nicht in Brand geraten können sind bereits in der Entwicklung und werden mittelfristig ausschließlich eingesetzt, Es ist ein besonders hässliches Beispiel der gegenwärtig gegen das EA betriebenen Kampagne, von der "Brandgefahr bei Li - Ionen - Akkus" zu schreiben und nicht zu erwähnen, dass die Explosion von 50 l Benzin den Insassen kaum eine Chance lässt, lebend zu entkommen!!! Beim Brand eines Li - Ionen - Akkus ist noch niemand verletzt worden, auch gibt es in einem EA keine brennbaren Materialien wie 50 l Benzin, die davon entzündet werden könnten!
- 2.7. Kaltstart, Warmlaufen, Mehrverbrauch solange kalt, Startschwierigkeiten im Winter, alter bzw. leerer Akku gibt es ebenso wenig wie Überhitzen im Sommer und kochenden

Kühler. Allerdings ist die Akkukapazität temperaturabhängig. Völlig unempfindlich gegen Kurzstreckenverkehr,

- 2.8. Der Wirkungsgrad eines EM ist mehr als doppelt so hoch wie der eines Verbrennungsmotors, so dass der Energieverbrauch entsprechend geringer ist. Der Antriebsstrang, bestehend aus Leistungselektronik und EMs, kommt auf einen Gesamtwirkungsgrad von 85 ... 93 %. Der Akku hat, je nach Technologie, einen Lade- und Entladewirkungsgrad, d.h. beim Laden und Entladen (Fahren) geht jeweils ein kleiner Teil der Energie in Form von Wärme verloren.

2.9. **EAs sind chic, modern, fortschrittlich und umweltfreundlich.**

Das wird ihre Verbreitung fördern. Siehe Tesla S: Wer was auf sich hält, fährt in Kalifornien mit dem Tesla S vor! Der Tesla S wird jetzt auch für 70.000 in EU angeboten. In Norwegen werden trotz des Preises mehr Tesla als VW Golf verkauft. Tesla baut in D sogar eine eigene Struktur von Schnelladestationen auf und verschenkt den Strom - ebenso wie in Norwegen.

BMW hat mit der Vorstellung des komplett selbst entwickelten i3 in D für einen Paukenschlag gesorgt. Das Auto wird wegen 35.000,- begrenzten Absatz finden. BMW hat aber begriffen:

Wenn man eine Entwicklung nicht mehr aufhalten kann, soll man sich an die Spitze des Fortschritts setzen, wenn man nicht untergehen will.“

3. **Nachteile der EAs.**

- 3.1 Leider werden gerade die Vorteile der EAs (Anschaffen, Unterhalten und Fahren) dazu führen, dass sich unerwünschterweise wieder mehr Leute ein Auto zulegen und nutzen werden.
- 3.2 Vorläufig durch Akku begrenzte Reichweiten. Akkus derzeit noch sehr teuer, dadurch derzeit noch hohe Anschaffungskosten. Die Akkuentwicklung steht erst am Anfang, siehe unten. Bis zum Ausbau einer flächendeckenden Schnelladestruktur an den Tankstellen Nutzung eher auf die unmittelbare Umgebung beschränkt. Die meisten Fahrten finden allerdings dort statt. Dieser Nachteil entfällt bald.
- 3.3 Heizung kostet Reichweite. Die geringen Energieverluste des Antriebs bedeuten, dass damit nicht geheizt werden kann. Heizt man mit Akkustrom, so engt man die Reichweite ein; dies dürfte mit künftigen Akkus weniger eine Rolle spielen. Im Gegensatz zum Verbrennungsmotor, der erst warm werden muss – was bei den modernen wegen deren höherem Wirkungsgrad länger dauert - liefert die elektrische Heizung sogar schon Wärme vor dem Losfahren bzw. Einsteigen, ohne den Motor zu starten. Das gleiche gilt für den Energieverbrauch von Klimaanlage, auch hier kann man das Auto schon vor dem Einsteigen kühlen, ohne den Motor zu starten.
- 3.3 Benzin-/Dieselautos können auch in Gebieten mit fehlender Infrastruktur betrieben werden, indem man Treibstoff mitführt. In EU kein Thema.

4. **Akkus, Superkondensatoren**

Bei keinem Thema wird so viel gelogen und desinformiert wie bei Akku, Ladung und Reichweite.

Anmerkung: Im deutschen Fachsprachgebrauch wird scharf zwischen Batterie (nicht

aufladbar, muss weggeworfen werden) und Akku unterschieden, im amerikanischen Sprachgebrauch heißt alles battery!

4.1 Akku – Weiter- und Neuentwicklungen sind das Hauptthema:

Derzeit steht nur der Li – Ionen-Akku für hohe Leistungen zur Verfügung wie er in jedem Handy verwendet wird. Er ist von der Technologie her teuer und auch deswegen, weil EA - Akkus noch keineswegs in Großserie hergestellt werden, er kann brennen, was bei Milliarden Handys, die am Körper getragen werden, in Kauf genommen wird. Die meisten derzeitigen EAs haben daher trotz hoher Preise nur Reichweiten von 100 bis 200 Km, was neben den noch raren Lademöglichkeiten viele vom Kauf abhält. Obwohl dies für die meisten Autofahrer bei weitem für ihre täglichen Fahrten reicht, ist ein tägliches Nachladen unerwünscht.

Von diesen Tatsachen wird kräftig zur Desinformation Gebrauch gemacht, es wird daraus abgeleitet, dass das EA in weiter Ferne liegt, in einem Beitrag wurde **2075** für die vollständige Umstellung genannt, dies ist absurd.

Verschwiegen wird, dass in Ostasien und den USA längst mit Hochdruck an neuen Akkutechnologien und Serienproduktionsverfahren gearbeitet wird, sämtliche europäischen derzeitigen EAs müssen ihre Akkus aus Korea, Japan oder von Tesla beziehen. Tesla produziert bereits selbst Akkus und baut in Nevada für 2 Mill. \$ eine "Gigafactory"

Höhere Speicherkapazität bei niedrigerem Preis, Unfallsicherheit, lange Lebensdauer, weiter Temperaturbereich sind die Entwicklungsziele. Eine rasche und breite Einführung von EAs hängt nur von der Lösung des Akkuproblems ab

In wenigen Jahren werden mehrere billige Hochleistungs - Akkus marktfähig sein, und die Themen Preis und Reichweite sind erledigt! So sind bereits neue, billige Akkus auf z.B. Schwefelbasis und solche mit bis zu der zehnfachen Kapazität von Li - Ionen in Entwicklung. Bis solche Neuentwicklungen dann aus Großserie verfügbar sind, vergehen einige Jahre, aber dann purzeln die EA - Preise steil. Ferner werden künftige EAs standardmäßig über ca. 500 Km Reichweite verfügen. Europa spielt hier keine Rolle und wird hier allenfalls auf Lizenzbasis Akkus produzieren können - sofern Lizenzen vergeben werden; ohne Einfuhrzölle auf ostasiatische Akkus und EAs wird es keine europäische Produktion geben.

Bei der Beurteilung von EA - Preisen müssen unbedingt die wesentlich längere Lebensdauer und die geringeren Unterhalts- und Betriebskosten berücksichtigt werden:
1 : 1 – Preisvergleiche mit heutigen Autos sind grob irreführend!

Dem Verfasser ist kein Betriebskostenvergleich über mindestens 1 Jahr zwischen einem VM - Auto und einem EA untergekommen, er würde haushoch zugunsten des EA ausgehen und zwar umso mehr, je länger der Betrachtungszeitraum ist. Außer Reifen wird jahrelang nichts zu zahlen sein, es verschleißt nichts, und es muss nichts gewartet werden! Das muss man sich einmal klarmachen.

4.2 Man muss nicht unbedingt mit einem Kauf warten, bis es bessere und billigere Akkus gibt. Es ist vorstellbar, dass man EAs so konstruiert, dass man sie mit vorhandenen Akkus verkauft, dass man diese aber später ohne weiteres gegen leistungsfähigere austauschen kann, damit also auch die Reichweite erhöhen kann. Eine Normung von Maßen und Anschlüssen wird es vermutlich nicht geben.

4.3 Superkondensatoren sind außerhalb der Elektronik nicht bekannt.

Ein Kondensator ist ein elektrisches Bauelement, das Energie speichern kann. Allerdings ist die Speicherkapazität der in der Elektronik üblichen Kondensatoren viel zu gering, um Antriebe zu speisen. Seit einigen Jahren gibt es aber sog.

Superkondensatoren mit Speicherfähigkeiten, die um viele Größenordnungen höher liegen.

Superkondensatoren haben Kapazitäten von hunderten Farad (Einheit der Kapazität) und können für kurze Zeiten (Beschleunigen) sehr hohe Ströme abgeben, sie werden während der Fahrt wieder aufgeladen. Sie werden derzeit bereits in erheblichem Umfang von Rennwagen bis zu Bussen und Müllfahrzeugen zum Starten eingesetzt, vor allem für Start-Stop-Betrieb, d.h., dass im Stillstand sofort der Benzin-/Dieselmotor abgeschaltet und beim Tritt aufs Gaspedal wieder gestartet wird, dies bringt etliche Prozent Treibstoff- und Schadstoffersparnis. Inzwischen ist der technische Stand soweit fortgeschritten, dass ein EA - Bus mit der Energie aus einem solchen SK 5 Km fahren kann; eine Firma teilte gerade mit, die habe einen neuen Typ mit 5-facher Kapazität entwickelt, ausreichend für 25 Km.

Für alle Akkus gilt, dass die entnehmbare Kapazität von der Höhe des Entladestroms abhängt, je höher dieser ist, umso mehr Energie des Akkus geht verloren. Schaltet man einen Superkondensator parallel und holt daraus die hohen Beschleunigungsströme, so vermeidet man diese Energieverluste.

5. Ladung, Schnell-Ladung, kontaktlose induktive Schnell-Ladung.

5.1 Normale langsame Ladung.

Darunter versteht man eine Ladung mit niedriger Ladeleistung, die je nach Akkutechnologie typisch einige Stunden dauert. Zu solchen Ladezeiten ist man z.B. gezwungen, wenn nur ein Drehstrom - Hausanschluss mit 11 KW (400 V, 16 A) maximal zur Verfügung steht. Ist für EAs sinnvoll, wenn das Auto über Nacht in der eigenen Garage oder eigenem Stellplatz bzw. alternativ am Arbeitgeberparkplatz oder an öffentlichen Laternen mit Ladeanschluss über mehrere Stunden aufgeladen werden kann.

5.2 Schnell-Ladung.

Besonders intensive Desinformation wird bezüglich Reichweite und Akkuladung betrieben, so dass sich in den Köpfen der Kunden der absurde Eindruck festsetzt, EA sei gleichbedeutend mit geringer Reichweite und stundenlangen Ladezeiten, so dass also bei leerem Akku selbst eine Hilfe durch den ADAC unterwegs unmöglich sei, weil nur teures Abschleppen mit anschließendem stundenlangem Laden das Auto wieder flottmachen würde. Das ist natürlich eine Horrorvorstellung, die noch dadurch verstärkt wird, wenn man weiß, dass die nächste Ladestation weit entfernt ist. Es wird also der Eindruck hervorgerufen, dass sich jeder, der ein EA kauft, auf Abenteuer einlässt.

Jeder Modellflugzeugbauer kennt seit Urzeiten Schnell-Ladung. Hierbei wird der Akku mit einem Vielfachen des normalen Ladestroms je nach Akkutyp schon in wenigen Minuten aufgeladen bzw. nachgeladen. Die naheliegende Frage, weshalb man dies nicht zur "normalen" Ladung macht, ist leicht zu beantworten: der Aufwand für das Ladegerät ist höher.

Ladung des eigenen EA dürfte nur für einen kleinen Bruchteil der Haushalte bzw. Autobesitzer überhaupt machbar sein: wer keine Garage oder eigenen Stellplatz hat, kann nicht aus dem 4. Stock sein Auto laden. Dies ist ebenso wenig realistisch wie Ladesäulen längs der Straßen, alle diese Vorschläge sind wirklichkeitsfremd bis absurd.

Neben dem langsamen Laden wird sich eine Schnell-Ladung an bestehenden Tankstellen in Städten und Fernstraßen in 2 Stufen durchsetzen: Zuerst über Kabel und Stecker, dann kontaktlos induktiv.

Es wird schlicht neben den Zapfsäulen für Benzin und Diesel Schnelladesäulen für EAs geben, an denen man, je nach Kapazität des im Auto steckenden Akkus und der Leistung der Ladesäule in ca. 5 ... 15 min. mind. 80 % der Kapazität hineinladen kann. Mehr wird normal nicht hineingehen, da man ja ebenso wenig mit leerem Akku wie mit leerem Tank vorfährt. Das ist in derselben Größenordnung wie Tanken von Kraftstoff. Der Autofahrer muss sowieso, während geladen wird, eine Toilette aufsuchen und ggf. einen Kaffee trinken, die Scheiben putzen, Scheibenwaschwasser nachfüllen und evtl. auch den Luftdruck kontrollieren. Dann muss er bezahlen, das kann heute auch übers Handy erfolgen. Jedenfalls kann man sich allenfalls nur um Minuten streiten.

Es ist also überhaupt nicht erforderlich, um es noch einmal deutlich zu sagen, für EAs eine neue, eigene Infrastruktur aufzubauen, die Tankstellen bieten ja auch heute schon oft neben Benzin und Diesel Gas an. Damit ist auch das wirtschaftliche Überleben der Tankstellen gesichert, auch für EAs braucht man deren übliche sonstigen Dienstleistungen. Der gleitende Übergang zu EAs wird einfach dazu führen, dass mehr und mehr Tankstellen ein Schild "Ladestation" anbringen; im Laufe von 1 bis 2 Dekaden werden nach und nach die Zapfsäulen verschwinden. Da deren Dichte enorm hoch ist, entfällt das Desinformationsargument, man könne mit einem EA keine weiten Reisen unternehmen! Es ist auch bei selber Fahrleistung nicht nötig, öfter als heute zum Tanken zum Laden anzufahren, denn künftige Großserien-EAs werden Akkus für ca. 500 km enthalten. Für die die Stecker und der Steuerung des Ladevorgangs wird es eine einheitliche Norm geben, Das wird sich alles bald einspielen!

Es gibt noch ein gewichtiges technisches Argument für die Ladestationen an den Tankstellen: Die für die Schnell-Ladung erforderliche hohe Anschlussleistung bedingt, dass ein Mittelspannungsanschluss vorhanden ist, dazu braucht man z.B. eine 10 KV - Zuleitung. Der dürfte bei größeren Stationen bereits vorhanden sein; für kleinere müsste von der nächsten EVU - Umspannstation ein Erdkabel gezogen und an der Tankstelle ein Trafo installiert werden, das ist ein einmaliger Investitionsaufwand, der niedriger ist als der Einbau von unterirdischen Treibstofftanks.

Ein Beispiel für den praktischen Einsatz der Schnell-Ladung ist z.B. Genf: dort hat die ABB Schnelladestationen für Busse mit 400 KW installiert, die in der Zeit, die die Passagiere zum Aus- und Einsteigen brauchen, den Akku nachladen.

5.3 Kontaktlose Ladung.

Sie ist von vielen Geräten des täglichen Lebens bekannt, z.B. von Handys, Zahnbürsten, allerdings meist für relativ kleine Leistungen. Es handelt sich um einen sog. Transformator, dies ist ein elektrisches Bauteil, mit dem Energie von einem sog. Primärkreis in einen Sekundärkreis durch magnetische Kopplung übertragen wird. Die magnetischen Kraftlinien werden hierbei durch einen magnetisch gut leitenden Kern aus Eisenlegierungen gebündelt. Bei kontaktloser Ladung geschieht dasselbe, jedoch sind Primär- und Sekundärkreis nicht durch einen gemeinsamen Eisenkern eng verkoppelt, sondern es befindet sich ein Luftspalt dazwischen, der die Kopplung verschlechtert.

Für EAs wurde in den USA bereits 2013 eine Übertragungsleistung von 22 KW realisiert! Mit raschem Erhöhen der Leistung ist zu rechnen. In der Praxis wird das so aussehen, dass man nur ungefähr über die Speisespule im Boden fährt, das genaue Positionieren werden künftige Autos selbsttätig durchführen. Natürlich kann man solche kontaktlosen Ladevorrichtungen überall einbauen, in Tankstellen, in der eigenen Garage oder auf Firmenparkplätzen oder in Parkhäusern, so dass man mit dem vollgeladenen Wagen

wegfährt. Die Verluste bei kontaktloser Ladung und damit die Stromkosten sind etwas höher, man zahlt also für den Komfort. Der Verfasser ist sicher, dass hier noch eine stürmische technische Entwicklung stattfinden wird. Die Kunst besteht darin, den schädlichen Luftspalt möglichst klein zu halten sowie besonders geeignete Übertragungsverfahren und -frequenzen zu finden.

Um die Ladezeit weiter abzukürzen, kann man z.B. 2 kontaktlose Übertragungsspulen parallel verwenden, um die Ladeleistung zu verdoppeln. Man wird dann i.a. im Auto die paar Minuten sitzenbleiben, per Handy zahlen und weiterfahren! Ohne dass dazu eine Bedienung nötig wäre.

Die US -Firma, die dies entwickelt hat, glaubt, dass man auch **Einspeisespulen längs der Straßen einbauen kann, so dass während des Fahrens nachgeladen wird, wie beim Transrapid-Zug.** Der Verfasser hält dies für durchaus machbar, aber nicht sinnvoll. Was soll das, wenn man an jeder Tankstelle in wenigen Minuten billiger nachladen kann?

6. Volkswirtschaftliche Vorteile.

6.1 EAs werden von - hpts. im Land erzeugtem - Strom betrieben werden,

Die Ölimporte gehen drastisch zurück, Öl wird nur noch für die chemische Industrie (z.B. Kunststoffe, Reifen) benötigt. Dadurch verbessert sich die Zahlungsbilanz dauerhaft enorm, und es entfällt die Abhängigkeit von Öl liefernden Staaten. Es muss nur noch Gas für Heizungen und Spitzenlast abdeckende Gaskraftwerke importiert werden. Länder mit einem hohen Anteil Wasserkraft wie Norwegen oder Österreich sind bevorzugt. (In N erhalten alle EA - Besitzer den Strom vom Staat geschenkt!) Experten sehen in den gesunkenen Ölpreisen auch den letzten Versuch der Ölindustrie, das EA aufzuhalten, denn 60 .. 65 % deren Umsätze gehen auf das Konto Verkehr!

Schon in den letzten Jahren wurde aufgrund hoher Sonneneinstrahlung und kräftiger Winde in D zeitweise der gesamte Bedarf durch die Photovoltaik- und Windanlagen gedeckt, so dass man gezwungen war, zur Netzstabilität Strom in die Netze der Nachbarstaaten zu drücken, der Preis für diesen Strom ging sogar ins Negative, d.h. D musste draufzahlen, um den überschüssigen Strom z.B. nach Polen oder in die Tschechei liefern zu können. Der Ausbau der Photovoltaik und Windkraft geht aber ungestüm weiter, so dass sich dieses - im Prinzip angenehme - Problem verschärfen wird!

Es ist also damit zu rechnen, dass der Strom für EAs je nach den Wetterverhältnissen stark schwanken wird. Man wird vermutlich sogar EA - Besitzer über Fernsehen, Radio oder übers Handy auffordern, kostenlos zu "tanken", um überschüssigen Strom zu verbrauchen.

6.2 Allerdings werden schwere Lastwagen, Baumaschinen, Motorräder etc. noch länger Treibstoffe benötigen. In Motorrädern wird man wegen Platzmangels keine Akkus mit diskutabler Kapazität unterbringen können; sie müssten dann öfters laden.

Bei LKWs und Bussen wird der Elektroantrieb ja schon seit langem teilweise eingesetzt, mit der zunehmenden Verfügbarkeit von leistungsfähigeren Akkus und Schnell-Ladung wird er sich bei den kleineren und mittleren LKWs und Bussen rascher einführen als man denkt, da die Flottenbetreiber die wirtschaftlichen Vorteile nutzen wollen! Taxibetriebe werden zu den ersten gehören, die auf EAs umstellen; sie werden als Organisation auch Zugang zu billigem Strom bekommen.

6.3 Die Schadstoffbelastung entfällt, die Lärmbelastung geht drastisch zurück,

In Ländern wie China und Indien, wo extreme Schadstoffbelastungen der Luft häufig auftreten, wird seitens der Regierung die Umstellung auf EAs mit hohem Druck und finanziellen und sonstigen Anreizen wie Zulassungen in Peking durchgesetzt. Sie hat auch alle ausländischen Autohersteller gezwungen, EAs anzubieten. Die Tatsache, dass es EAs von d. Autofirmen gibt, ist also diesem Zwang und nicht ihrem Bemühen, EAs in Europa einzuführen zuzuschreiben! Während in Europa sehr viele Politiker Juristen sind, sitzen in der chines. Regierung Ingenieure, der Staatschef ist Diplomingenieur!

Es bleiben nur noch die Reifenabroll- und Fahrtwindgeräusche. Die EMs erzeugen nur bei hoher Drehzahl etwas Geräusch. NB: Das von Straßenbahnen, S – Bahnen, Vollbahnen (ICE) bekannte unangenehme laute Singen im mittleren Audiobereich wird es nicht mehr geben, da die Elektronik inzwischen weit fortgeschritten ist: neuere Leistungshalbleiter arbeiten bei Frequenzen weit über dem Hörbereich. Auch hier wird von interessierter Seite bereits diskutiert, EAs müssten Geräusche erzeugen, damit sie wahrgenommen werden. Übersehen wird dabei, dass auch viele VM - Autos im Stadtverkehr nahezu geräuschlos fahren und nur beim forcierten Beschleunigen hörbar sind. Der Hauptlärm wird von LKWs etc. erzeugt.

6.4 Dies wird starken Einfluss auf die allgemeine Gesundheit haben.

Dass Dieselabgase krebserregend sind, hat man in der Autoindustrie immer gewusst, aber verhindert, dass dies in die abhängige Presse kommt. Übrigens hat die d. Autoindustrie auch beim Rußfilter lange gemauert. (Rußfilter halten nur den Ruß zurück, sie sind wirkungslos gegen die cancerogenen Feinstäube!) Die Rußfilter sind hpts. gut für die Werbung., die Leute sollen glauben, wenn Rußfilter drin sind, ist auch die Krebsgefahr behoben. Bei Inversionswetterlagen entfällt die Ansammlung von Autoabgasen. Die Feinstaubbelastung geht stark zurück, allerdings erst dann dramatisch, wenn auch LKWs elektrisch fahren.

6.5 An Ampeln und im Stau werden Stille und frische Luft herrschen, an stark befahrenen Straßen wird es sehr viel ruhiger sein, man kann die Fenster öffnen, ohne von einer Lärmhöhle betäubt und von Abgaswolken vergiftet zu werden.

6.6 Indirekte volkswirtschaftliche Vorteile:

Aufgrund der geringeren finanziellen Belastungen der Autobesitzer wird deren Kaufkraft anderen Industrie- und Handelszweigen zugutekommen, wodurch die Schrumpfungen teilweise kompensiert werden.

7. Negative volkswirtschaftliche Auswirkungen

7.1. Die volkswirtschaftlichen Konsequenzen sind enorm und werden die Länder mit bedeutender Auto- und Zulieferindustrie nachhaltig erschüttern und verändern!

Aufgrund des Wegfalls aller unter Pt. 1 aufgeführter VM - Baugruppen/Bauteile schrumpft der Fertigungsaufwand, dies wird zu Werksschließungen führen. Massenentlassungen, Gewerkschaftsproteste etc. werden kommen wie von den Schließungen anderer obsoleter Industrien, z.B. Kohle, bekannt. Bereits jetzt werden europaweit Werke geschlossen – jedesmal unter großen Protesten. Autoindustrie und die von ihnen beeinflusste Politik haben völlig versagt, rechtzeitig für Nachfolge - Industrien/Arbeitsplätze zu sorgen. Ganze Regionen, die heute komplett von der Autoindustrie leben (Rüsselsheim, Stuttgart, Wolfsburg etc., in Österreich z.B. Steyr) werden erheblich verarmen.

Es wird zu einer sehr starken Schrumpfung der Auto- und Zulieferindustrie und zum Wegfall ganzer Zweige der damit zusammenhängenden Industriezweige (Kraftstofftransport, Raffinerien, Werkstätten etc., kommen. Nicht nur werden die Importe von EAs aus Ostasien die hiesigen Produktionszahlen drücken, sondern aufgrund der sehr viel längeren Lebensdauer der EAs werden langfristig viel weniger neue Autos benötigt. Der Verfasser schätzt die Lebensdauer von EAs auf das Doppelte und die jährlichen Absatzzahlen auf die Hälfte. Dies ist im Sinne der Ressourcenschonung.

- 7.2 Die heutigen europ. Autofirmen werden noch Karosserie- und Fahrwerkentwicklung, Styling etc. selbst machen können, aus Kostengründen und wegen fehlenden eigenen Knowhows müssen Antrieb und Akkus komplett aus Korea, Japan, USA bezogen werden. Dies führt zu einer gefährlichen Abhängigkeit und wird ohne Zölle letztlich unvermeidlich zum gänzlichen Ruin der europ. Autoindustrie führen, denn die ostasiatischen und amerikan. Konkurrenten werden so hohe Preise verlangen, dass die Europäer ihre EAs nicht zu wettbewerbsfähigen Preisen anbieten können. Zudem können die ostasiatischen Hersteller, insbesondere von Akkus, immer mal "Lieferschwierigkeiten" vorgeben und damit den vollständigen Stillstand der Produktion ihrer hiesigen Konkurrenten hervorrufen.

Wie auch in den bisher untergegangenen Industrien wird das ganze hochgestochene Knowhow zu Benzin- und Dieselmotoren, zu ausgefeilten Getrieben etc. letztlich obsolet, nutzlos, wertlos und vergessen. Aber nur darauf beruht derzeit noch der Erfolg der d. Autoindustrie. Mit all' diesem Knowhow lässt sich bei EAs kein Blumentopf gewinnen. Um z.B. fotochemische Farbfilme herzustellen, war ein hohes Knowhow erforderlich und wurde in Jahrzehnten erarbeitet: wertlos, die Firmen wie Agfa sind sämtlich untergegangen, das Knowhow damit.

- 7.3 Wie die Politik auf den Wegfall der riesigen Steuereinnahmen auf Kraftstoffe reagieren wird, ist unklar, man wird eine Ersatzbelastung finden. Verpflichtende Energiezähler für den Ladestrom wären aus mehreren Gründen keine Lösung. Vermutlich wird man die Steuer auf die Wegstrecken erheben, damit kein Autobesitzer entkommt, der selbst Strom erzeugt; die Digitalindustrie wird z. B. anbieten, diese über GPS zu kontrollieren und übers Internet automatisch an die Finanz zu übertragen. Maut auf allen Straßen ist ja längst beschlossene Sache, dann werden die Wegstrecken automatisch individuell erfasst werden.
- 7.4 Der Verfasser ist überzeugt, dass die EU wieder Zölle auf Importautos erheben wird, D, I, F werden das verlangen. Es wird sich der Fluss umkehren: die Chinesen werden EAs nach EU liefern, weil die d. Autofirmen den Rückstand nie mehr aufholen können. Letztlich werden viele d. und europ. Firmen von den Chinesen aufgekauft und nach Absaugen des Knowhows (Fahrwerk, Karosserie, Styling) geschlossen werden, denn Fabriken brauchen sie schon gar nicht, und die Entwicklungskapazitäten haben sie bis dahin selbst, sie sind nur noch an der Übernahme der Markennamen interessiert.

8. Gründe für das Bekämpfen des EA in Europa, bes. in D.

- 8.1 Eines ist extrem wichtig festzuhalten: das EA hätte man schon vor Jahrzehnten haben können, denn wie dargelegt, außer dem Akku ist alles schon seit dem 19. Jahrhundert vorhanden, wie jede alte Straßenbahn zeigt, geht es mit einfachen Gleichstrommotoren auch ohne elektronische Motorsteuerung. Im Kleinen gab es EAs, z.B. bei Postautos in D. Hochleistungsakkus, mit denen man schon vor 20 J. 400 Km gefahren ist, gab es; wie erwähnt, wurde die weltweit führende Varta - Akkuentwicklungsabteilung von der Quandt - Familie dichtgemacht, weil sie den Wert nicht erkannten - oder eine Gefahr für BMWs VM - Autos sahen. Also wenn man gewollt hätte, man hat aber nicht und will auch heute nicht!

Der Verbrennungsmotor ist längst obsolet, und man wird in späteren Jahren einmal mit Schaudern auf das 20. Jahrhundert zurückblicken und fragen, wie es möglich war, dass man giftige Abgase und krebserregenden Ruß massenhaft in die Luft blasen, den Lärm ertragen, mit dem geringen Wirkungsgrad leben konnte!

- 8.2 Für das Bekämpfen von Neuerungen durch die etablierte Industrie gibt es zahlreiche Beispiele. Die Autoindustrie ist ein Schulbeispiel: Wenn man sich darüber wundert, dass der Verbrauch heutiger Autos in kurzer Zeit so stark reduziert werden konnte, so muß man wissen, dass die Autoindustrie das, teilweise schon Jahrzehnte, alles in der Schublade und zurückgehalten hatte. Da dürfte die früher allmächtige Ölindustrie ihre Finger im Spiel gehabt haben. So gab es z.B. auch den Kompressor schon in den 30ern. Je länger man eine bestehende Technik produzieren und verkaufen kann, verdient man mehr; erst wenn die Konkurrenz dazu zwingt, oder die Maschinen ausgeleiert sind, wird eine neue Technik eingeführt. Dasselbe gilt auch z.B. für die Abgasnachbehandlung, wie ungerne man dafür Geld ausgibt, beweist der VW - Skandal, denn die Betrugs - Software kostete nichts, während zusätzliche mechanische Teile etwas gekostet hätten. Software ist immer billiger, man zahlt nur einmal für deren Entwicklung, darnach kann man beliebige Stückzahlen herstellen. Der Skandal konnte auch nur in den USA aufgedeckt werden. Und erst mussten die Franzosen den Rußfilter bringen, bevor die d. Autoindustrie sich dazu bequemte.

Erst mussten neue Firmen wie Tesla gegründet werden, von der US - Autoindustrie wäre nie ein EA wie das Tesla S gekommen. **Die Chinesen werden das EA weltweit durchsetzen, und niemand wird sie aufhalten können**, sie brauchen sich nur auf den Akku zu konzentrieren. Da sie längst eigene Züge mit bis zu 420 km/h bauen und riesige Neubaustrecken routinemäßig mit 350 km/h befahren, darf man ihnen zutrauen, dass sie die weit einfacheren und kleineren EAs bauen können! Sie haben binnen weniger Jahre das jahrzehntelang erarbeitete Knowhow der Franzosen und Japaner übernommen und sind heute die weltweit führenden Eisenbahnanbieter. So schnell geht das heute! Den hohen Vorsprung der Europäer in der obsoleten VM - Technik mit allem Drum und Dran wie Getrieben etc. brauchen sie überhaupt nicht mehr zu lernen.

Die d. Autoindustrie hat die Einführung des EA nach besten Kräften sabotiert und dafür gesorgt, dass bis heute auch die Presse nur das schreibt, was ihr genehm ist, und das ist, desinformierende und tendenziöse Artikel gegen das EA zu bringen, z.B. 23.7.15, selbst in der relativ unabhängigen FAZ:

„Ist der Autofahrer heute bereit, in eine neue Technologie zu investieren, von der niemand weiß, ob sie wirklich zum automobilen Mainstream taugt? Die Zweifel sind groß.“

Warum sie mauert? Der Verfasser hat 8 J. als GF eine Firma für Autoelektronik geleitet und mit vielen d. und europ. Autofirmen zu tun gehabt. In der Autoindustrie sind die VM - Motoreningenieure die „Kaiser“, sie verteidigen mit aller Macht das, was sie können und ihre Positionen und Pfründe gegen Eindringlinge wie Elektro- und Elektronikingenieure. Für VM - Autos war eine riesige Industrie erforderlich, die wiederum größten politischen Einfluss mit sich brachte.

- 8.4 Die Mineralölindustrie war klassisch noch einflussreicher als die Autoindustrie, beide haben mit aller Macht gegen das EA gekämpft. Aber die Opec kann nicht mehr diktieren, andere Lieferländer wie der Irak und nun Iran kamen dazu, die USA sind autark und beginnen mit dem Export von Flüssiggas. Gleichzeitig geht der Ölverbrauch zurück. Sie könnte allenfalls den Kraftstoffpreis massiv reduzieren, wie es derzeit passiert.

Die Zukunft liegt im Elektroantrieb



Harald Kröger, Daimler-Entwicklungschef Elektroantriebe der Daimler AG über die Faszination E-Mobilität, skeptische Kunden und aktuelle Trends.

Elektromobilität scheint in Deutschland nicht so richtig in Fahrt zu kommen. Sehen Sie sich als Vorbild?

Ich selbst fahre aus Überzeugung eine B-Klasse Electric. E-Autos bieten beim Anfahren so viel Dynamik, der Motor spricht ab einem Drehmoment Null an und ist sofort da ist. Das ist ein Aspekt, der die Menschen komplett verblüfft. Das E-Auto hat zwar vielerorts den das Image "Ich rette die Eisbären", doch in der Realität macht es einfach wahnsinnig viel Spaß. Außerdem ist es sehr entspannend nahezu geräuschlos zu fahren. Es gibt noch viel mehr positive Effekte: kaum Verschleiß, entsprechend niedrige Wartungskosten, steuerliche Vorteile und saubere Luft in den Städten. Wir merken aber sehr wohl, dass Kunden den Elektroantrieb live bei einer [Probefahrt](#) erleben müssen. Was ist das für eine neue Antriebsform, wie fühlt sich das an, welche Vor- und Nachteile bringen Elektroautos mit sich. Das braucht seine Zeit, hier sind wir noch ziemlich am Anfang.

Dennoch sind viele Fuhrparkleiter und Dienstwagenfahrer skeptisch. Wie gehen Sie mit diesen Bedenken um?

Eine der ersten Fragen gilt immer der Reichweite. Doch wer in der Firma und Zuhause die Möglichkeit hat, sein E-Auto zu laden, kommt im Alltag in der Regel sehr gut zurecht. Auch das Argument, der Ladevorgang würde sehr viel Zeit in Anspruch nehmen, lässt sich entkräften. Wenn man es mal wirklich durchrechnet, sieht die Bilanz schon wieder anders aus. Ein Steckvorgang dauert rund zweieinhalb Sekunden und auch wenn man häufig lädt, etwa bei einem Hybrid-Modell – ist man unterm Strich immer noch deutlich schneller, wie an der Tankstelle. Am Ende spart man sogar noch Zeit. Darüber hinaus gibt es noch weitere Vorteile etwa eine Standkühlung. Im Sommer kann man in ein heruntergekühltes [Fahrzeug](#) einsteigen. Das ist echter Mehrwert. Bevor ich los fahre, kann ich meiner B-Klasse per Smartphone den Befehl geben: "Mach mal kühl oder mach mal warm – ich fahr in zehn Minuten los."

Sind Plug-in-Hybride eine Alternative?

Wir sind derzeit sehr erfolgreich beim Verkauf unserer Plug-in-Hybride. Da gibt es einen ganz einfachen Infektionseffekt. Wenn das [Auto7](#) mal auf der Straße ist, dann fragt der Kollege, der Nachbar ob er mal eine Runde fahren darf – und dann verbreite sich die Vorteile von ganz alleine. Wer einmal die Eigenschaften eines E-Autos erlebt, weiß was es bedeutet mit einer B-Klasse oder einer S-Klasse mit Hybridantrieb zu fahren. Da glaube ich, da passiert von ganz alleine was.

Eignet sich Elektromobilität für jedes Unternehmen, für jeden Dienstwagenfahrer?

Nein, diesen Anspruch erheben wir aber auch nicht. Problematisch ist Elektromobilität bei Vielfahrern, die sehr flexibel sein müssen. Man muss sich die Einsatzbereich schon sehr genau anschauen. So macht etwa der Plug-in-Hybrid für Mitarbeiter die täglich 300 Kilometer fahren wenig Sinn. Dann muss die Firma auch die richtigen Voraussetzungen bieten. Dazu gehören Ladestationen die einfach zu bedienen sind, transparente Abrechnungsmodalitäten, da kommt es drauf an. Dazu kommt, dass in vielen Unternehmen sehr konservative Ansichten hinsichtlich der Dienstwagenordnung herrschen. Da wird penibel darauf geachtet, wer fährt welches Modell, sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Hierarchiestufen auch klar erkennbar. So dürfen in vielen Unternehmen die Grenzen, die von der Car Policy bestimmt sind, nicht verwässert werden.

Nun kalkulieren Fuhrparkleiter in der Regel sehr konservativ. Und E-Autos können durchaus unbekannte finanzielle Risiken bergen. Wie stehen Sie dazu?

Dazu gibt es zwei Argumente. Ich persönlich bin der Meinung, dass die Motoren sehr robust sind. Damit können sie bis zum Mond und wieder zurück fahren. Die Bedenken gelten aber wohl eher der Lebensdauer der Batterie. Das wundert mich, denn auch da ist die Sorge unbegründet. Vermutlich gibt es hier noch sehr viele überholte Vorurteile. Eine Batterie geht schließlich nicht kaputt, es sinkt lediglich die Reichweite. Damit ist aber ihr Auto noch lange nicht wertlos geworden, außerdem dauert das aufgrund unseres ausgeklügelten Batteriemangements sehr lange. Da brauchen sich Fuhrparkleiter keine Sorgen zu machen.

Bleiben die Probleme bei Ladeinfrastruktur und Abrechnung. Ist da die Politik gefragt?

Eigentlich sind wir Hersteller schon sehr weit gekommen. wir haben einen einheitlichen Ladestandard etabliert, das Combined Charging System (CCS). Dieser agiert sehr clever und verfügt über eine große Spannbreite von der Steckdose bis zur Wallbox. Wo es vielleicht manchmal zu kompliziert zugeht ist in den Bereichen Abrechenbarkeit, steuerliche Vorteile. Hier könnte die eine oder andere Erleichterung oder Vereinfachung für Schwung sorgen. So sollte nicht jedes geladene Elektrönchen durch eine Rechnung belegt werden müssen. Das sorgt für große Probleme in den Buchhaltungen. Hier sollte der Gesetzgeber ein Auge zudrücken und das Abrechnungsprozedere erleichtern. Hier muss man auch die Kirche im Dorf lassen. Bei 1,50 Euro Kosten für einen Ladevorgang sollten die Politik auch die Verhältnismäßigkeit nicht aus den

Augen verlieren. Trotzdem bin ich zuversichtlich, die E-Mobilität wird sich auch gänzlich ohne Subventionen auf Sicht durchsetzen.

Wie schätzen Sie die Entwicklung ein?

Da werden wir in den nächsten Jahren auf der Erfolgsspur sein. Es gibt einen klaren Trend und das Interesse der Kunden ist groß. Wir erleben, dass unsere E-Modelle teilweise ausverkauft sind und das – obwohl wir dieses Thema vertriebstechnisch nicht in die erste Reihe stellen. Gleichzeitig arbeiten wir an Verbesserungen was Reichweite, Ladefähigkeit und Kraftentfaltung angeht. Da ist noch viel Luft nach oben, da werden wir mit jeder Generation eine ordentliche Schippe drauf legen. Weltweit arbeiten alle Batteriehersteller mit Hochdruck daran, die Leistung so zu verbessern, dass etwa Einschränkungen bei der Reichweite bald der Vergangenheit angehören.

Wenn sich E-Mobilität in großem Maßstab durchsetzt, kommt es dann zu Kapazitätsproblemen?

Es wird nirgendwo das Licht ausgehen, weil zu viele Fahrer gleichzeitig ihr Auto an eine Ladestation hängen. Ich warne immer vor Extremen. Zuerst hieß es "das kauft ja keiner weil es nicht erfolgreich ist, jetzt heißt es wenn alle E-Auto fahren dann geht die Stromversorgung in die Knie". Hier würde ich mir etwas mehr Gelassenheit wünschen. Wenn jeder Kilometer in Deutschland elektrisch gefahren würde, würde sich der Stromverbrauch lediglich um 15 Prozent erhöhen. Doch dazwischen gibt es noch ein großes Feld. Ich würde sagen, wir fangen damit an, probieren aus und dann sehen wir was passiert.

Rechnet sich die Produktion von E-Autos derzeit für Daimler überhaupt?

Eins ist klar, bei kleinen Stückzahlen ist Technologie immer teurer als bei großen Stückzahlen. Natürlich arbeiten wir intensiv daran die Kosten zu senken. Es ist wenig sinnvoll, Autos zu verkaufen bei denen ein Hersteller auf Dauer draufzahlt. Wenn wir als Hersteller in der Lage sind unsere Kosten zu optimieren, davon profitieren natürlich die Kunden. Mit zunehmend günstigen Batteriesystemen können wir unseren Kunden in Zukunft immer attraktivere Preise bieten.

Stichwort seltene Erden. Stimmt die Ökobilanz für E-Autos unterm Strich tatsächlich?

Hier stimmt schon die Bezeichnung nicht. Die sogenannten Seltenen Erden gibt es in größeren Mengen, eine Knappheit sehe ich definitiv nicht. Darüber hinaus wird eine extrem gute Recyclingquote geben. Grundsätzlich gilt, dass die verbauten Materialien in einer Batterie wie Nickel, Kobalt, Mangan, Kupfer oder Aluminium gut wiederverwertet werden können. Dass dann auch eine entsprechende Industrie entsteht hängt, natürlich auch davon ab, wieviel Volumen in einigen Jahren entsteht. Im Moment gibt es noch nicht so viel Verschrottungsreife Autobatterien. Außerdem können Batterien, deren Dynamik Unternehmen Kapazität nachlässt, als stationäre Speicher genutzt werden. Auch hier ist unser Unternehmen schon sehr weit.

Wie geht es mit der Brennstoffzelle weiter.

Die BZ ist kostenseitig noch deutlich anspruchsvoller. Wir haben dieses Thema vor rund 20 Jahren erfunden. nun sind alle Hersteller auf dieses Thema angesprungen. Das zeigt das Potenzial dieses Antriebs. Doch das geht nicht so schnell. Nun sind wir intensiv dran, dieses Thema auch für die Kunden attraktiv zu gestalten. doch dafür brauchen wir noch Zeit. Aber es gibt viele Vorteile, die zeigen dass es wichtig ist auf diesem Gebiet weiter zu forschen.

Induktives Laden für E-Autos. Könnte das in nächster Zeit Realität werden?

Das wird kommen. Bereits in einigen Jahren werden wir Elektro- und Hybridfahrzeugen von Mercedes-Benz mit der Technik für das induktive Laden ausstatten. Die neue Technik vereinfacht das Aufladen der Fahrzeugbatterie erheblich und macht es zugleich deutlich komfortabler. Er fährt das Fahrzeug einfach über eine flache Station und das berührungslose Laden beginnt. Da öfter geladen wird, ist die Batterie nicht selten komplett leer ist. Zum einen relativiert sich deswegen die maximale Ladedauer, die notwendig wäre, um eine erschöpfte Batterie wieder vollständig zu füllen. Zum anderen ermöglicht die Technik vielleicht sogar den Einsatz kleinerer Batterien, zumal diese ohnehin über die Weiterentwicklung der elektrochemischen Vorgänge immer leistungsfähiger werden. Die Kosten für eine induktive Lade-Infrastruktur im öffentlichen Raum dürften dabei in der gleichen Größenordnung liegen wie bei den herkömmlichen Ladesäulen der Energieversorger.

.

.