

Diskussionspapier

Thema

*„(Elektro)mobilität von morgen – Fragestellungen zum Individualverkehr,
zur Automobilwirtschaft, zur Raum- und Stadtplanung und zur
Energiewende“*

IZES gGmbH (Institut für ZukunftsEnergieSysteme)
IT Park Saarland, Gebäude A1
Altenkesseler Str. 17
66115 Saarbrücken

Arbeitsfeld: Energiemärkte, Prof. Dr. Uwe Leprich

Autor: Guillem Tänzer

Tel.: 0681-9762-855

E-Mail: taenzer@izes.de

Version: 1.2

Saarbrücken, den 27. September 2013

"Denken wir nur, wie sich das Aussehen unserer Industrieorte ändern wird. Kein Rauch, kein Ruß, keine Dampfmaschine, ja kein Feuer mehr."

1887, Wilhelm Ostwald, Direktor des ersten Instituts für Physikalische Chemie in Leipzig über die Brennstoffzelle (Anmerkung des Autors: Fahrzeuge mit Brennstoffzellen sind auch Elektrofahrzeuge)

„Als Motorfahrzeuge, welche ihre Energie zur Fortbewegung mit sich führen, machen sich zur Zeit drei Gattungen bemerkenswert, nämlich: durch Dampf bewegte Fahrzeuge, durch Ölmotoren bewegte Fahrzeuge und durch Elektrizität bewegte Fahrzeuge. Die erste Gattung dürfte voraussichtlich in Zukunft hauptsächlich für Wagen auf Schienen und schwere Straßen-Fahrzeuge in Betracht kommen, während das große Gebiet des weiten Landes von Ölmotorfahrzeugen durcheilt werden und die glatte Asphaltfläche der großen Städte wie auch die Straßenschiene von mit Sammlerelektrizität getriebenen Wagen belebt sein wird."

Präsident Oberbaurat a.D. Klose während der Gründungsversammlung des Mitteleuropäischen Motorwagen-Vereins ; Berlin, 30. September 1897

Beispiel für die Definition des Begriffs Utopie:

*„Eine **Utopie** ist eine Wunschvorstellung, die sich dadurch auszeichnet, dass sie zwar denkbar und in vielen Fällen wünschenswert, vor dem jeweiligen historisch-kulturellen Hintergrund jedoch in vielen Fällen (noch) nicht oder nicht mehr realisierbar ist.“*

1. Fragestellungen

Wie sieht das Auto der Zukunft aus – ist es das Elektroauto als Teil der Energiewende? Ist das Auto überhaupt noch kompatibel mit einer modernen Raum- und Stadtplanung oder wäre eine charmante Alternative nicht ein voll ausgebauter, attraktiver ÖPNV? Kann die Elektromobilität hierbei als Teil des ÖPNVs wahrgenommen werden? Wie vertragen sich solche Ansätze mit der klassisch geprägten Automobilwirtschaft? Gefährdet sie gar den Wirtschaftsstandort Deutschland?

Letztlich steht man vor einer konträren Fragestellung mit volkswirtschaftlichem und gesellschaftlichem Ausmaß: Bleibt das Konzept des eigenen (lieb gewonnenen) Autos (mit seinen Vor- und Nachteilen) bestehen oder wird man zum Nutzer von öffentlichen Mobilitätsangeboten? Ist der (regulatorische) Fokus im Klima- und Umweltschutz sowie in der Ressourcenschonung oder in der Wirtschaftspolitik (Arbeitsplätze, Exportabsatz) gesetzt? Ist im Idealfall beides möglich?

2. Geschichtliches

Die Geschichte zur Elektromobilität begann bereits im frühen 19. Jahrhundert mit der Entdeckung und Anwendung des Elektromagnetismus durch die beiden Physiker Hans Christian Ørsted und Michael Faraday. Letzterer konnte 1831 mittels der elektromagnetischen Induktion den ersten Dynamo konstruieren, das umgekehrte Prinzip, die ersten Elektromotoren, wurden 1834 durch Moritz Hermann von Jacobi entwickelt. Der Ingenieur Werner von Siemens baute, basierend auf diesen Entdeckungen, 1866 den ersten Elektrogenerator, die Grundlagen einer Stromwirtschaft waren somit geschaffen. Die Erfindung der wiederaufladbaren Batterie (Blei-Akkumulator) durch den Physiker Wilhelm Josef Sinsteden 1854 ermöglichte es, Strom zu speichern – die Kombination eines Akkumulators und eines Elektromotors in einer dreirädrigen Kutsche wurde im Jahr 1881 durch Gustave Trouvé auf der Internationalen Elektrizitätsausstellung vorgestellt – das erste Elektrofahrzeug war geboren! Mit Hilfe von Austauschbleiakkumulatoren erlangten Elektrofahrzeuge im Jahr 1912 ihre Blütezeit, etwa die Hälfte aller zugelassenen Fahrzeuge waren Elektrofahrzeuge, mit einem hohen Anteil an Klein-Lieferfahrzeugen (Post, Milchlieferung, etc.). Und schon um 1900 war man seiner Zeit weit voraus: Mit dem „Lohner-Porsche“ konnte bereits ein radnabenbetriebenes Elektrofahrzeug (sogar als serielle Hybridvariante) konstruiert werden, man erkannte schon damals die positiven Effekte einer getriebelosen Betriebsweise. Durch die Verbreitung und Optimierung¹ der Verbrennungskraftmaschinen, deren Vorteil vor auf bei der hohen chemisch gebundenen Energiedichte im Kraftstoff (Reichweite) beruht, wurde das Elektrofahrzeug größtenteils substituiert.

¹ z.B. durch Einsatz eines Anlassers zum einfachen Starten des Motors ab etwa 1920

3. Einleitung

100 Jahre später ist das Elektrofahrzeug wieder im Fokus von Politik und Wirtschaft: Mit der Ressourcenverknappung der nichtregenerativen Energieträgerer (insbesondere von Erdöl) und der steigenden Besorgnis über einen Klimawandels durch Treibhausgase (insbesondere durch CO₂) schein die Elektromobilität (nur in Verbindung mit der Bereitstellung von Strom aus größtenteils regenerativen Energieträgern) eine Option zu sein, um den straßenbezogenen ÖPNV und Individualverkehr klimaneutral und ressourcenschonend in Zukunft aufrecht zu erhalten. Unter dem Begriff „Elektromobilität“ versteht man im heutigen Sprachgebrauch insbesondere den Einsatz von E-Pkws, E-Rollern und Pedelecs. Letztlich fallen aber auch Oberleitungsbusse (Trolleys), Straßenbahnen, U-Bahnen sowie überwiegend Personen- und Güterzüge auch unter diesen Begriff. Generell sollte eine Verbindung zum Energiesystem bestehen, Ausnahmen können (autarke) Hybridsysteme sein. Der Charme der Elektromobilität besteht eindeutig darin, dass man, unabhängig vom Verkehrsträger, lediglich auf EINEN (sekundären) Energieträger angewiesen wäre. Würde dieser Energieträger vollständig aus Erneuerbaren Energien hergestellt, wären alle Verkehrsträger wesentlich schadstoffärmer als die konventionellen und zumeist (bilanziell) klimaneutral. Dies ist im aktuellen Strommix mit einem Anteil von 20,5 %² (noch) nicht der Fall. Zudem birgt Strom einen entscheidenden Nachteil: Sofern es keine durchgängige Verbindung des Verkehrsträgers zum Energiesystem gibt, muss der Strom zwischengespeichert werden. Für mobile Anwendungen geeignete chemische Speicher sind teuer und verfügen (zur Zeit nur) über geringe Energiedichten im Vergleich zu den etablierten fossilen Energieträgern wie Benzin und Diesel. Weltweit bemüht sich die Forschung jedoch mit großer Anstrengung, Akkumulatoren mit höheren Energie- und Leistungsdichten zu entwickeln. Allerdings könnte durch eine Massenproduktion von Akkumulatoren eine Abhängigkeit von seltenen Erden wie Lithium entstehen, was eine endliche Ressource durch eine andere endliche Ressource ersetzen würde. Es wird eine Frage der Zeit sein, ob diese Technologie sich im großen Maßstab etablieren kann. Ob damit der hochoptimierte Verbrennungsmotor verdrängt werden kann, ist jedoch offen, zumal für ihn Konzepte bestehen, die ebenfalls mit biogenen Kraftstoffen oder mit Wasserstoff eine interessante Alternative – auf die energetische Gesamtbilanz hin gesehen – bilden. Letztlich werden der Markt und die Rahmenbedingungen über Erfolg und Misserfolg von Fahrzeugsystemen entscheiden.

4. Das Auto als individuelles Fortbewegungsmittel als Teil der Verkehrswende?

Historisch gesehen, ist das Auto in Deutschland mit dem „Wirtschaftswunder“ zum Wohlstands- und Statussymbol gewachsen. Und dank einer voll ausgebauten Straßeninfrastruktur können mit ihm die meisten Fahrten (noch) relativ günstig, flexibel und schnell ausgeführt werden – hinsichtlich dieser mobilen Freiheit ist das Auto konkurrenzlos gut. Dieser Erfolg spiegelt sich auch in der Anzahl von Autos wider: In Deutschland sind knapp 43,4 Millionen

² Internet – Update BMU-Broschüre: Erneuerbare Energien in Zahlen ; Stand: Dezember 2012
Internet: http://www.erneuerbare-energien.de/erneuerbare_energien/datenservice/ee_in_zahlen/doc/2720.php ; 27.09.2013

Pkws zugelassen³, im Jahr 2012 wurden über 3 Millionen Pkw als Neuzulassungen angemeldet. Bei einer Bevölkerungszahl von knapp 82 Millionen Menschen und etwa 60 Millionen Menschen mit Führerschein⁴ kommt man auf eine Fahrzeugquote von etwa 70 % – fast jeder Führerscheininhaber besitzt demnach mindestens ein Auto.

Aufgrund schwindender konventioneller Energieträger wie Öl und Gas (und damit verbunden steigender Kraftstoffpreise), eines bedenklichen Klimawandels, verbunden mit den staatliche Restriktionen zur Minimierung des Ausstoßes von Treibhausgasen, kristallisieren sich zwei Varianten heraus, die aktuell teilweise sehr kontrovers diskutiert werden:

1. Das konventionelle Auto wird in einem weichen Übergang durch nachhaltige Elektrofahrzeuge mit Strom/Wasserstoff aus EE⁵, Fahrzeuge mit Biokraftstoffen oder Wasserstoff aus EE oder entsprechende Kombinationen ersetzt.
2. Das konventionelle Auto wird durch neue integrierte sowie umweltfreundliche Mobilitätskonzepte (ggf. mit nachhaltigen Autos) ersetzt.

Die erste Variante versucht den Verkehrssektor in seiner jetzigen Form beizubehalten, jedoch mit dem Unterschied, dass die Verkehrsträger (insbesondere die Pkws) ressourcenunabhängig und klimaneutral werden. Die zweite Variante stellt den reinen Nutzungsaspekt des Autos in den Vordergrund gemäß dem Motto „Nutzen statt Besitzen“ – der ÖPNV und weitere Mobilitätsdienstleister (z.B. in Kombination) rücken in den Fokus. Beide Varianten haben ihre Vor- und Nachteile: Während in der ersten Variante die Automobilindustrie „nur“ einem technologischem Wandel unterliegt, ändert sich in der zweiten das Mobilitätsnutzungsverhalten vehement, mit fundamentalen Auswirkungen auf die Automobilindustrie. Aus Sicht einer Stadt- und Raumplanung wäre jedoch die Variante 1 nur eine Behelfslösung, die automobilen Urbanisierung mit ihren Konsequenzen (Verkehrproblematik, weiterer Straßenbau, Lärm, etc.) würde weiter bestehen oder sogar zunehmen, während die Variante 2 eine deutliche Entlastung brächte.

Fragen, die sich stellen: „Bleibt das Auto das gewohnte individuelle Fortbewegungsmittel?“
„Oder ist eine verstärkte Bündelung von Verkehrsflüssen sinnvoller?“

5. Die Rolle der Automobilindustrie in Deutschland

Mit einer Produktion von rund 6 Millionen Automobilen (als drittgrößter Automobilhersteller weltweit), einem Umsatz⁶ von 356 Mrd. € (davon knapp 128 Mrd. € im Inland und 228 Mrd. € im Export) und mit 742.199 Arbeitsplätzen ist die Automobilindustrie die umsatzstärkste Branche in Deutschland – sogar vor dem Maschinenbau. Die Hälfte des Exportumsatzes der BRD wird von der heimischen Automobilindustrie abgedeckt. Diese Zahlen belegen eindrucksvoll, wie wichtig die deutsche Automobilindustrie für die Volkswirtschaft ist, und

³ KBA ; Jahresbilanz des Fahrzeugbestandes am 1. Januar 2013

Internet: http://www.kba.de/clin_032/nn_124584/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/bestand_node.html?_nnn=true ; 27.09.2013

⁴ dtoday - Deutschland mobil: 60 Millionen besitzen einen Führerschein

Internet: http://www.dtoday.de/regionen/marktplatz/auto-verkehr_artikel,-60-Millionen-besitzen-einen-Fuehrerschein-arid.33347.html ; 27.09.2013

⁵ Unter der Prämisse, dass die Ziele der Bundesregierung zum Ausbau der Erneuerbaren Energien (EE) erreicht werden

⁶ VDA ; Internet: <http://www.vda.de/de/zahlen/jahreszahlen/allgemeines/> ; 27.09.2013

offenbaren deren Bedeutung für Arbeitsplätze und Wohlstand. Eine solch gewaltige Branche kann nicht innerhalb kurzer Zeiträume ihre Produktions- und Wertschöpfungsketten umstellen oder – im schlimmsten Fall – einstellen. Dennoch gilt es, das Auto zu revolutionieren, es aus der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern zu befreien und klimaverträglich zu gestalten.

Die Frage, die sich stellt: „Kann die deutsche Automobilindustrie das Auto (r)evolutionieren, ohne dabei selbst (kurzfristig) Schaden zu nehmen?“

6. Die Energiewende – inklusive des Verkehrssektors?

Im Zuge der „Energiewende“ plant die Bundesregierung in ihrem Energiekonzept vom 28. September 2010 massive Energieeinsparungen in allen Sektoren: *„Bis 2020 soll der Primärenergieverbrauch gegenüber 2008 um 20 % und bis 2050 um 50 % sinken. (...) Danach strebt die Bundesregierung folgende Entwicklung des Anteils der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch an: 50 % bis 2030, 65 % bis 2040, 80 % bis 2050. (...) Im Verkehrsbereich soll der Endenergieverbrauch bis 2020 um rund 10 % und bis 2050 um rund 40 % gegenüber 2005 zurückgehen⁷.“* Hält die Bundesregierung an diesen geforderten Zielen fest, muss das heutige Wirtschafts- und Verkehrssystem einer Veränderung unterliegen.

Elektromobilität ist seit dem „Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung“, formuliert im Jahr 2009, ein vielversprechender Beitrag zur Gestaltung eines nachhaltigen Individualverkehrs. Modelliert man die im Jahr 2020 angestrebten eine Million Elektrofahrzeuge und geht man davon aus, dass jedes Elektrofahrzeug über einen Akkumulator mit 20 kWh Energie verfügt, müssen eine Million Elektrofahrzeuge mit Strom, idealerweise aus Erneuerbaren Energien, geladen werden. Bei einer Jahresfahrleistung von 10.000 km pro Elektrofahrzeug würde dies bedeuten, dass zusätzlich insgesamt 1,6 TWh Strom⁸ für die E-Pkw-Flotte im Jahr bereitgestellt werden müssen. Stellt man sich (als Extremfall) noch vor, dass die Fahrzeuge alle gleichzeitig geladen würden (z.B. abends zu Hause⁹) und alle Akkumulatoren völlig entladen wären, käme man zu einer Lastspitze (bei 230 V und 16 A Anschlüssen) von zusätzlich maximal 3,68 GW für ca. 5 Stunden und zusätzlich maximal 11 GW (bei 400 V und 16 A Anschlüssen) für ca. 2 Stunden. Dies entspräche etwa 1.840 bzw. 5.500 in Betrieb befindlicher Windkraftanlagen mit einer Leistung von 2 MW (ohne Übertragungsverluste). Die lokalen Verteilnetze würden so, je nach Verteilung der Elektrofahrzeuge, an ihre Betriebsgrenzen stoßen. Unter der Prämisse einer ausgebauten Ladeinfrastruktur (am Arbeitsplatz sowie an öffentlichen Plätzen) würden sich die Lastspitzen glätten und gleichmäßiger auf den Tageslastgang verteilen. Ein sinnvolles Lastmanagement bleibt unverzichtbar, insbesondere bei einem Zuwachs der Bestandszahlen der Elektrofahrzeuge über die eine Million nach 2020 hinaus. Würden alle Autos in Deutschland Elektrofahrzeuge sein, müssten die oben genannten Leistungs-

⁷ „Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung“ ; BMWi, BMU, Öffentlichkeitsarbeit ; September 2010 ; S.5 ; Internet: <http://www.bmu.de/energiewende/downloads/doc/46394.php>

⁸ Annahme: 16 kWh pro 100 km

⁹ Hierfür wurde ausschließlich die relative langsame „heimische“ Ladung betrachtet (Variante 1: 230 V einphasig ; Variante 2: 400 V einphasig)

angaben mit dem Faktor 43 multipliziert werden! Umgekehrt könnten Elektrofahrzeuge für Lastmanagementaufgaben genutzt werden. Technisch ist dies bereits möglich, die eine Wirtschaftlichkeit muss noch geprüft werden.

Fragen, die sich stellen: „Ist die Energiewende mit dem jetzigen Wirtschafts- und Verkehrskonzept überhaupt darstellbar? Ist hierbei die Elektromobilität einer der richtigen Wege und kann sie vom Energiesystem mitgetragen werden?“ „Wie wird der zukünftige Güterverkehr bewältigt?“

7. Die moderne Stadt- und Raumplanung

Das Auto in der Stadt: *Traum oder Alptraum?* Zukünftige Planungen gestalten Städte mit autofreien Wohn-, Arbeits- und Geschäftsbereichen, größtenteils oder ausschließlich erreichbar mit öffentlichen Verkehrsmitteln. Diese können multimodale Mittel, bestehend aus Fahrrad, Elektroauto, (E-)Bus, Straßenbahn, U-Bahn, Hochbahn oder sogar Seilbahn sein. Stau, Lärm und Abgase könnten so massiv reduziert werden, straßenbefreite Flächen könnten anderweitig genutzt werden. Dabei muss man betonen, dass bereits in den meisten Großstädten die Nutzungsrate des ÖPNV hoch ist. Problematisch sind dagegen ländliche Regionen, auch vor dem Hintergrund demografischer Entwicklungen. Insbesondere hier ist die Autodichte ausgeprägt hoch, der ÖPNV ist meist schwach ausgeprägt und wird sich voraussichtlich auch nicht verbessern – das Auto wird für fast alle Fahrten (Arbeitsplatz, Freizeitfahrten, etc.) eingesetzt. Der Verzicht auf ein Auto ist hier zur Zeit undenkbar.

Wunschziele: Verkehrsentlastete Städte mit sehr gutem ÖPNV und öffentlicher Fernverkehr sowie gut ausgebaute Mobilitätsachsen in ländlichen Gebieten, geprägt durch umweltfreundliche Zubringer wie Elektrofahrzeuge (in welcher Form auch immer).

Fragen, die sich stellen: „Stadt- und Raumplanung mit oder ohne (E-)Auto – oder beides?“ „Wird es eine engere Zusammenarbeit von Automobilherstellern, ÖPNV, Mobilitätsanbietern und Energiewirtschaft geben?“

8. Fazit – die Verkehrswende als Teil der Energiewende

Fakt ist, dass die Ressourcen von nicht-regenerativen Energieträgern endlich sind. Vorhersagen prognostizieren von Öl noch statistische Reichweiten von ca. 20-50 Jahren¹⁰. Der gesamte (weltweite) Verkehrssektor hängt von diesem Treibstoff ab. Fakt ist, dass große Teile des über Jahrmillionen gebundenen Kohlenstoffdioxids innerhalb der letzten 150 Jahre in die Atmosphäre ausgestoßen wurden und weiterhin werden, dies hat negativen Einfluss auf das weltweite Klima. Fakt ist, dass Öl ein kostbares Gut ist, insbesondere in der Petrochemie und in der Pharmaindustrie der essenzielle Grundstoff ist, daher zu schade Gütertransporte und individuelle Mobilität aufgebraucht werden? – Fakt ist: Die Energiewende ist alternativlos, um den jetzigen volkswirtschaftlichen Standard in Zukunft zu halten oder zu verbessern.

¹⁰ Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) ; Energiestudie 2012 ; S. 33 ; 27.09.2013

Die Energiewende hat daher zwei große Herausforderungen für die Zukunft zu meistern:

- Reduktion bzw. Wegfall der Abhängigkeit von endlichen Energieträgern
- Reduktion und Vermeidung klimarelevanter und umweltrelevanter Emissionen

Beide Herausforderungen betreffen alle vier Wirtschaftssektoren¹¹ in Deutschland (und der Welt), insbesondere die Energiewirtschaft und den Verkehrssektor. Im Bereich der Energiewirtschaft bedeutet dies, die Erneuerbaren Energien und die benötigten Netze stark auszubauen und den Kraftwerkspark anzupassen. Im Bereich des Verkehrssektors bedeutet dies neue, umweltfreundliche und nachhaltige Mobilitäts- und Fahrzeugkonzepte zu entwickeln. Der Phantasie sind hier keine Grenzen gesetzt: eine Wasserstoff- oder Erdgaswirtschaft in Kombination mit Erneuerbare Energie, verbunden mit neuen umweltfreundlichen Mobilitäts- und Fahrzeugsystemen.

Elektrofahrzeuge – und mit ihnen die Elektromobilität als Teil einer Stromwirtschaft – könnten ein wichtiger Bestandteil dieser Energiewende sein. Letztlich ist das Elektroauto aber ein Stromverbraucher wie jedes andere mit Strom betriebene Erzeugnis auch. Und um die Energiewende mit einem Ausbau Erneuerbarer Energien voranzutreiben, welches das oberste Ziel sein sollte, bedarf es eines adäquaten Energiesystems, denn es handelt sich im klassischen Sinne um ein Logistikproblem. Wie kann schnell und effizient lokaler EE Strom (bspw. Windstrom von Nord- und Ostsee oder Solarstrom in Bayern) in Ballungszentren (und zu den Elektrofahrzeugen) transportiert werden? Parallel zu einem ambitionierten Netzausbau gilt es, entsprechende Regelenergien bereitzustellen, d.h. schnell regelbare Kraftwerke (weitestmöglich gespeist aus EE) und/oder optionale Speicherkapazitäten, um Minutenreserven, Stundenreserven, Tagesreserven und saisonale Reserven abzubilden, um im Falle von Fluktuationen das Energiesystem zu stabilisieren und die Energieversorgung zu sichern. Technisch ist dies alles bereits möglich.

Letztlich gilt es, einen energiesystemischen Paradigmenwechsel herbeizuführen:

Regelung des Kraftwerks- und Speicherparks anhand der Einspeisung der fluktuierenden Erneuerbaren Energien! Dies ist letztlich auch die Basis, um mit Hilfe der Elektromobilität, in welcher Form auch immer, den Verkehrssektor nachhaltiger gestalten.

Die alles entscheidende Frage, die sich stellt: „*Welches ist der volkswirtschaftlich sinnvollste Weg – mit welchen Technologien, in welchem Tempo und zu welchen Kosten?!*“

9. Diskussion

Was ist das Ziel dieses Diskussionspapiers? Es geht um die Anregung einer vertieften Auseinandersetzung mit den skizzierten (aktuellen und zukünftigen) Problemen um gesellschaftsübergreifende Lösungsansätze zu generieren!

Die Leser sind daher gerne aufgefordert, die formulierten Fragestellungen begründet zu kommentieren.

¹¹ Sektoren: Industrie, Verkehr, Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistung