Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 63 (1972)

Heft: 8

Artikel: Elektrizitätswirtschaftliche Überlegungen und Markterwartungen für Elektofahrzeuge

Autor: Stoy, B.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-915684

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Elektrizitätswirtschaftliche Überlegungen und Markterwartungen für Elektrofahrzeuge [1])

Von *B. Stoy*, Essen

629.113.65 : 620.9 : 051.3

Über den möglichen Elektrofahrzeugmarkt, dessen Entwicklung den verschiedensten Einflüssen unterliegt, und über seine elektrizitätswirtschaftlichen Auswirkungen kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt nur mit grossen Vorbehalten eine Aussage gemacht werden. Fest steht allein, dass der personelle und finanzielle Aufwand und damit die Risikobereitschaft sehr hoch sein müssen, um diese Reise mit der Aussicht auf Erfolg zu starten. Der Beantwortung anstehender Fragen soll jedoch nicht ausgewichen, sondern es soll vielmehr versucht werden, die Vielzahl der Einflussfaktoren in ihren positiven oder negativen Auswirkungen auf die Elektrofahrzeugentwicklung gegenüberzustellen und wichtige Anhaltspunkte zu geben.

Bei der Ausarbeitung dieses Referates konnte der Verfasser neben den Informationen, die aus verschiedenen Quellen zugehen, auf wertvolle Erfahrungen und Anregungen aus den mit diesen Pionierarbeiten beschäftigten RWE[2])-Tochtergesellschaften SELAK (Stromversorgung für elektrisch angetriebene Kraftfahrzeuge) und GES (Gesellschaft für elektrischen Strassenverkehr), vor allem des Geschäftsführers dieser beiden Gesellschaften Dr.-Ing. *Hans-Georg Müller,* zurückgreifen.

1. Einstellung der Automobilindustrie

Sehen wir von kleinen Werken ab, die vornehmlich Sonderfahrzeuge herstellen, in der Regel kleinere Serien fertigen, zumeist auch experimentierfreudiger sind, so gilt für alle grossen Automobilhersteller, dass sie das Elektrofahrzeug zunächst mit grosser Zurückhaltung beurteilen. Inzwischen ist die skeptische Einstellung einer «kritisch-positiven» Grundhaltung gewichen. Ausserdem zeichnen sich unterschiedliche Entwicklungsrichtungen ab. Während in den USA, in Japan, England, Frankreich und Schweden zumeist PKW[3])-Prototypen entstanden, zeichnet sich in der BRD vorläufig ein Trend zum elektrisch angetriebenen Nutzfahrzeug ab, das — wie bekannt — in England schon seit Jahren, wenn auch mit heute unzureichenden Fahrleistungen, im Zustelldienst eingesetzt wird.

Einige wichtige Gründe für die Zurückhaltung der grossen Automobilhersteller sind:

Erschliessung des Käufermarktes nur bei Großserienfertigung möglich, und diese setzt eine jahrelange Entwicklung voraus;

Abhängigkeit von der Energieversorgung, für die noch kein Tankstellennetz in den Gebäuden oder an den Strassen existiert;

Mögliche Verschiebung von Marktpositionen, denn bei den Herstellungskosten entfällt beim E-Fahrzeug ein weit grösserer Anteil auf Fremdleistungen, also die Zulieferindustrie für Batterien, Elektromotoren und elektronische Steuerungen;

Noch wenig versprechende Fahrleistungen, zumindest beim PKW;

Unsicherheiten darüber, ob nicht andere Antriebssysteme zu besseren wirtschaftlichen und technischen Ergebnissen führen könnten;

Schliesslich die Sorge vor verfrühten staatlichen Vorschriften, sobald sich neue technische Lösungen abzeichnen.

Man kann also verstehen, dass Millionen-Investitionen für die Entwicklung neuer Fahrzeuge nur dann aufgebracht werden, wenn eine gewisse Aussicht auf Erfolg besteht. Da sich auf bestimmten Gebieten Absatzchancen ergeben könnten, beschäftigen sich inzwischen alle namhaften Automobilhersteller, zumindest in der BRD, mit der Elektrofahrzeug-Entwicklung, wie zum Beispiel VW[4]), Daimler-Benz, MAN[5]) und das führende Unternehmen für Auto-Elektrik und -Elektronik, das Haus Bosch. Letzteres investiert, ebenso wie die vorgenannten Firmen, erhebliche Mittel für die Grundlagenforschung im E-Mobil-Bereich. Man kennt dort die der Abgasreinigung von Verbrennungsmotoren gesetzten Grenzen und gibt dem E-Fahrzeug echte Chancen. Man teilt unsere Ansicht, dass nur über die Massenproduktion der Elektrokomponenten preisgünstige E-Mobile auf den Markt zu bringen sind.

Auch das grosse Entwicklungs- und Forschungsunternehmen, die Firma Messerschmitt-Bölkow-Blohm (MBB), das den ersten Elektro-Kleintransporter baute, ist in diesem Zusammenhang zu nennen. Dieses Unternehmen hat sich mit grosser Initiative für die Elektrofahrzeug-Entwicklung eingesetzt.

2. Einstellung der Stromversorgungsunternehmen

Wie auch auf anderen Gebieten der Stromanwendung, waren es — von den USA bis nach Japan — vor allem die EVU, oder wenigstens einige unter ihnen, die mit zum Teil erheblichen Anstrengungen die ersten Schritte für die Wiederaufnahme der Elektrofahrzeug-Entwicklung unternahmen. Soweit uns bekannt, mussten in allen Fällen die wirklich massgebenden Automobilhersteller nach langwierigen, geduldigen und oft erfolglosen Bemühungen für das Elektroauto aus den vorgenannten Gründen interessiert werden. Für die Bundesrepublik Deutschland darf sicher gesagt werden, dass sich das RWE durch die Ideen und Entscheidungen von Dr.-Ing. *Meysenburg* zum Initiator der Entwicklung marktgerechter Elektroautos gemacht hat.

Für die RWE-Bemühungen gelten drei Gesichtspunkte als Leitlinien:

a) Alle Entwicklungen werden zunächst auf den Nutzfahrzeugbereich konzentriert.

b) Durch die Gründung der GES wurde ein Pol geschaffen, über den die verschiedensten Interessen sowohl der Automobilindustrie als auch der Batteriehersteller, als auch der EVU oder auch der staatlichen Einflüsse koordiniert werden können. Der Präsident einer der grössten Batteriehersteller der USA, *Frederick Port,* sagte kürzlich auf einer amerikanischen Tagung: «Soll die Entwicklung des Elektroautos langfristig Erfolg haben, dann muss ein Kristallisationskeim mit bleibendem neutralen Interesse vorhanden sein.» Dieser Kristallisationskeim ist mit der GES über das RWE gegeben.

[1]) Vortrag, gehalten an der Informationstagung der Elektrowirtschaft über Möglichkeiten des Elektromobils am 19. Januar 1972 in Zürich.

[2]) RWE = Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG.

[3]) PKW = Personenkraftwagen.

[4]) VW = Volkswagenwerk AG.

[5]) MAN = Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG.

c) Durch die Gründung der SELAK, wie auch der Name dieser Gesellschaft besagt, wird die «Stromversorgung Elektrisch Angetriebener Kraftfahrzeuge» systematisch vorangetrieben. Die ebenfalls von Dr. *Meysenburg* hierzu konzipierten Ideen haben zum Ziel, die Stromversorgung in Form einer Stromübergabestelle im Fahrzeug, sei es durch die häusliche Nachladestation, sei es mit Hilfe der Batterie-Wechseltechnik, zu verwirklichen. Die Batterie-Wechseltechnik bietet in Form eines «Strom-Tankstellennetzes» zwei Vorteile: Indirekte Erweiterung des Aktionsradius durch minutenschnellen Batteriewechsel und Vorfinanzierung der teuren Batterien für den Fahrzeugbesitzer; denn bei einem Kraftfahrzeug kauft man den Treibstoff auch nicht im voraus für 70000...100000 km.

3. Einstellung der breiten Öffentlichkeit

Hier gibt es verschiedene Gruppen. Davon wären drei wichtige herauszugreifen. Die *Meinungsbildner* haben seit einiger Zeit das Elektrofahrzeug entdeckt. Zur Zeit findet man entweder eine übertrieben positive oder negative Berichterstattung, denn es macht sich gut, im Zeichen der Umweltschutz-Hysterie über Elektroautos zu schreiben. Ernst zu nehmen ist diese Pressewelle — das Fernsehen wird sich demnächst wohl auch häufiger für das Elektrofahrzeug interessieren — nur insofern, als sie nachteilige Folgen haben kann. Wenn nämlich immer wieder über Elektrofahrzeuge berichtet wird, ohne dass Interessenten solche Fahrzeuge kaufen können, verliert die breite Öffentlichkeit das Vertrauen zu dieser Entwicklung und lässt sich dann, wenn solche Autos wirklich zu kaufen sind, nicht so leicht überzeugen. Deshalb versuchen wir, die Publicity für Elektrofahrzeuge soweit irgend möglich in Grenzen zu halten.

Die zweite Gruppe stellt eine zukünftige *private Käuferschicht* dar. Wie Meinungsumfragen zeigten, wird der Stromanwendung nahezu unbegrenztes Vertrauen entgegengebracht. Dieses positive Image des Stroms wird auch auf das Elektrofahrzeug übertragen. Der Wunsch nach einem leisen, sauberen, komfortablen Elektro-PKW mit hohen Fahrleistungen — das versteht sich von selbst — ist gross. Hierin liegt nun nach unserer Meinung eine Gefahr: Käme schon in wenigen Jahren ein relativ teurer Kleinwagen, zum Beispiel ein Stadtwagen, mit geringer Höchstgeschwindigkeit und dem nun einmal begrenzten Aktionsradius auf den Markt, so könnte die Enttäuschung um so grösser sein und das Elektrofahrzeug einen schlechten Start haben.

Neben dieser Gruppe der privaten Käufer gibt es jedoch noch einen Käuferkreis, der in der Anlaufphase unser wichtigster Partner sein kann. Dies sind Unternehmen oder *Betriebe,* die *im innerstädtischen Bereich* Waren transportieren oder Zustelldienste leisten. Dieser Gruppe, so hoffen wir, kann mit dem Elektro-Nutzfahrzeug Ende dieses Jahrzehnts ein wirtschaftlich interessantes und technisch aus dem Versuchsstadium hinauswachsendes Angebot unterbreitet werden. Für diese Betriebe wird der E-Fahrzeugeinsatz vermutlich dann besonders interessant sein, wenn die E-Mobile in Flotten von einigen bis mehreren Wagen vom gleichen Unternehmen betrieben werden. Auch für den Personentransport, sei es im Taxi oder im Autobus, hat das Elektrofahrzeug gewisse Chancen.

4. Voraussetzungen für den Einsatz von Elektrofahrzeugen

Einige Voraussetzungen müssen erfüllt sein, wenn die Bemühungen um das Elektrofahrzeug nicht von vornherein zum Scheitern verurteilt sein oder die Prototypen nicht zu kostspieligen Prestigeobjekten werden sollen.

Wichtige Voraussetzungen sind:

Mitarbeit grosser Automobilfirmen;
Bereitschaft zu den im Automobilbereich erforderlichen Investitionsprogrammen für die Vorbereitung einer Serienfertigung;
Abstimmung über die Normung z. B. der Batteriebehälter und anderer Elemente des Elektrofahrzeugs, die im Hinblick auf Serienfertigung und Austauschmöglichkeiten in ein genormtes Baukastensystem einzufügen sind;
Vorhandensein eines Stromtankstellen-Systems, in der ersten Stufe zunächst in Ballungsgebieten.

Eine Voraussetzung, von der weltweit geredet wird, muss nach unserer Meinung nicht unbedingt erfüllt sein: die Erfindung eines Speichersystems, das gegenüber den konventionellen Blei-Säure-Akkumulatoren einen mindestens doppelt so grossen Aktionsradius bei gleicher Batterie-Lebensdauer und etwa gleichen oder geringeren Batteriekosten gewährleistet. Selbst wenn — was jedoch kaum anzunehmen ist — keine leichtere Batterie in diesem Jahrhundert gefunden würde, so liesse der gegenwärtige Stand der Technik weitere Verbesserungen hinsichtlich der Abmessungen, der Gewichte und der Kosten konventioneller Batterien erwarten, so dass auch mit diesen Batterien für bestimmte, allerdings begrenzte Bereiche, Elektrofahrzeuge in grösseren Stückzahlen zum Einsatz kommen dürften.

Der Blei-Säure-Akkumulator hat zur Zeit ein spezifisches Energiegewicht von 30...35 Wh/kg, was einem Arbeitsgewicht von rund 30 kg/kWh entspricht. Liesse sich, voraussichtlich auf Kosten der Lebensdauer dieser Batterien, ein spezifisches Energiegewicht von 55...60 Wh/kg, gleichbedeutend mit einem Arbeitsgewicht von nur noch rund 18 kg/kWh erzielen, so könnten Elektro-Nutzfahrzeuge hierdurch einen grösseren Aktionsradius erhalten. Von der Kostenseite aus betrachtet, dürfte eine Verringerung der Lebensdauer zugunsten eines grösseren Aktionsradius nach heutiger Kenntnis zu betriebswirtschaftlich günstigeren Ergebnissen führen.

Wenn andere Batteriesysteme mit bis zu 120 Wh/kg, d. h. nur 8...9 kg/kWh, zur Serienreife gebracht werden könnten, so würden sowohl der Aktionsradius als auch die Höchstgeschwindigkeit der Elektrofahrzeuge vergrössert werden.

5. Vor- und Nachteile des Elektrofahrzeugs für den Betreiber und für die Allgemeinheit

Für die Allgemeinheit kann der elektrische Strassenverkehr an sich nur Vorteile bringen. Der Vorwurf der erhöhten Luftverschmutzung durch die Stromerzeugung für Elektrofahrzeuge kann entkräftet werden (siehe entsprechendes Kapitel dieses Referates).

Für den einzelnen, den Betreiber des Fahrzeugs, sind der höhere Fahrkomfort durch leisere Fahrgeräusche und leichtere Handhabung, durch optimale Anpassung des Fahrzeugs an den Verkehrsfluss (kein ruckartiges Anfahren und Abbremsen), durch das Fehlen von Geräuschen, Fahrzeugerschütterungen und Abgasen beim Stillstand, z. B. vor Ampeln, sicher vorteilhaft. Setzen wir innerstädtischen Verkehr voraus, weil alles andere in nächster Zeit in den Bereich der Utopie gehört, so bleiben in unserem Land bedauerlicherweise noch immer die ungerechtfertigt hohe Besteuerung und der besondere Führerschein, den man zum Führen eines E-Mobils braucht, als Nachteile.

In dem unglücklichen deutschen Verkehrsfinanzgesetz von 1955 wurde die Batterie eines Elektrofahrzeugs mit in das zu

versteuernde Gewicht einbezogen. Natürlich bemühen sich viele massgebende Stellen um eine Änderung dieses Gesetzes. Zunächst hiess es, dieses Gesetz würde dann geändert, wenn Elektrofahrzeuge auf den Markt kommen. Doch dies hiesse, das Pferd am Schwanz aufzuzäumen. Der letzte offizielle Kommentar war die Antwort der deutschen Bundesregierung auf eine Kleine Anfrage von Abgeordneten aller Bundestagsfraktionen am 22. Oktober 1971. Darin wurde ausgeführt, dass in dem Gesetzentwurf für ein neues Kraftfahrzeug-Steuergesetz auch Regelungen über die steuerliche Behandlung von Elektrofahrzeugen enthalten seien. Darüber hinaus würde zur Zeit geprüft, ob Erleichterungen für den Erwerb von Fahrerlaubnissen für Elektrofahrzeuge zu schaffen seien.

In dem Referentenentwurf eines Kraftfahrzeug-Steuergesetzes ist vorgesehen, die Steuer für deutsche PKW und Krafträder ab 1. 1. 1974 nach der in kW ausgedrückten Motorleistung zu bemessen. Für batteriegespeiste Elektrofahrzeuge soll sich die Jahressteuer um die Hälfte ermässigen. Für andere Fahrzeuge als Krafträder und PKW soll die Jahressteuer nach dem verkehrsrechtlich zulässigen Gesamtgewicht bemessen werden. Letzteres soll für batteriegespeiste Elektrofahrzeuge nur zur Hälfte angesetzt werden. Berücksichtigt man bei einem Steuervergleich die wegen der grösseren Gewichte höheren Motorleistungen (PKW) bzw. die höheren zulässigen Gesamtgewichte (LKW), so würde sich demnach beim PKW eine Steuerersparnis von 30...40% und beim Kleintransporter eine Steuerersparnis von rund 25% ergeben.

6. Imponderabilien

Ein langfristig betrachtet vielleicht entscheidender Teil dieser Analyse sind die «nicht wägbaren Faktoren». Welchen Einfluss werden diese Imponderabilien auf die Elektrofahrzeug-Entwicklung haben? Niemand kann dies voraussagen. Doch mehr intuitive Auslegungen lassen den Schluss zu, dass viele Weichenstellungen in Richtung auf den elektrischen Strassenverkehr verlaufen werden. Nur der Zeitfaktor, das heisst, wann z. B. 10% aller Fahrzeuge mit Strom fahren werden, wann es ein Drittel sein könnte, ist nicht abzuschätzen. Für ein anderes Stromanwendungsgebiet kann in diesem Zusammenhang ein sicher überzeugendes Beispiel angeführt werden: Noch vor zehn Jahren gab man der elektrischen Speicherheizung auch nicht annähernd die Entwicklungschancen, die inzwischen in einer kaum noch zu bewältigenden Verbrauchernachfrage eingetreten sind. Wer damals, also vor nur zehn Jahren, vorausgesagt hätte, dass 1972 schon etwa 12% aller RWE-Kunden ihre Wohnungen oder Häuser mit Speicherheizungen ausgestattet haben würden, der hätte sich unglaubwürdig gemacht. Es waren in erster Linie die «nicht wägbaren Faktoren», welche diesen Vorgang beschleunigten.

Ungewiss zum Beispiel sind die Auswirkungen der Auflagen für konventionelle Fahrzeuge. Der Bleigehalt im Benzin darf in Deutschland nach dem 1. Januar 1972 statt heute noch 0,5 g/l nur noch 0,4 g/l betragen und nach dem 1. Januar 1976 nur noch maximal 0,15 g/l. Um die technologischen Möglichkeiten für fast bleifreies Benzin zu schaffen, muss die Mineralölindustrie in der Bundesrepublik etwa eine Milliarde DM investieren. Schon sind weitere Auflagen in Vorbereitung. Sie müssten sich im Benzinpreis niederschlagen.

Ungewiss ist, wann die Bundesregierung in der BRD die Steuergesetzgebung für Elektrofahrzeuge den tatsächlichen Gegebenheiten anpasst und ob dabei berücksichtigt wird, dass diese Fahrzeuge wegen ihrer geringeren Geschwindigkeit, vor allem wegen ihrer gleichmässigen Beschleunigung, den Strassenbelag weit weniger angreifen und dass sie zunächst nur in Ballungsgebieten fahren, also keine Überlandautobahnen belasten werden.

Ungewiss sind vor allem die politischen Programme, das heisst die Abhängigkeit des Energiebedarfs von der wirtschaftspolitischen Konzeption der BRD oder der mit uns verflochtenen Länder einerseits und die Verhaltensweisen und politischen Ziele der Energielieferländer, hier insbesondere die Erdöllieferländer, andererseits. Das sich hieraus notwendigerweise ergebende preispolitische Verhalten kann sich auf die Elektrofahrzeug-Entwicklung langfristig gesehen eher positiv auswirken. In dem von *Mézerette* im November 1971 in der Schweizerischen Fachzeitschrift «Elektrizitätsverwertung» veröffentlichten Beitrag «zur Geschichte und Entwicklung des E-Mobiles» weist dieser am Beispiel der Verstaatlichung der iranischen Erdölgesellschaft und der Schliessung des Suezkanals nach, dass hierdurch in den USA schon zur damaligen Zeit neue Impulse für die Auseinandersetzung mit den technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten des Elektroantriebs ausgingen.

Ungewiss sind die notwendigen Massnahmen für den Umweltschutz. Es ist bekannt, in welchem Ausmass die Luftverschmutzung in Ballungsräumen durch den Strassenverkehr verursacht wird. Wie in einigen nordamerikanischen und in japanischen Großstädten, kann es auch in unseren Städten schon bald dahin kommen, dass, ohne Rücksicht auf noch unausgereifte Techniken und wirtschaftliche Mehrbelastungen, ganz einfach neue Lösungen gefunden und vorgeschrieben werden müssen.

Ungewiss sind allerdings auch die Auswirkungen der mit ebensolcher Intensität betriebenen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten für konkurrierende Systeme, wie Antriebe mit Flüssiggas oder verflüssigtem Erdgas, Brennstoffzellen, Hybridsysteme oder Abgasreinigung bei konventionellen Fahrzeugen.

Für Flüssiggas ergaben allerdings Hochrechnungen, dass eine allgemeine Umstellung von Kraftfahrzeugen auf diese Energie — ein Begleitprodukt der Erdölraffinierie — an den begrenzten Liefermöglichkeiten scheitern würde. Für verflüssigtes Erdgas trifft dies nicht in dem Umfang zu. Jedoch haben Gasturbinen für Fahrzeuge den Nachteil, dass dieser Antrieb sehr laut ist, dass die Wärmeprobleme noch ungelöst sind und kostspieliges Material für die Turbinenschaufeln verwendet werden muss. Sollte das Problem der Fahrzeugbeheizung im Winter beim E-Mobil wegen des vorübergehend hohen Energiebedarfs im Elektrofahrzeug nicht zu lösen sein, so kann hier vielleicht durch Flüssiggas Abhilfe geschaffen werden. Auch wenn man über solche Vorschläge lächeln mag, was hindert uns, elektrisch zu fahren und mit Flüssiggas während der Fahrt zu heizen?

Ebenso ungewiss sind aber auch die Weiterentwicklung der Stromspeicher, der Lade- und Wechseltechnik. Allein die Verringerung des Arbeitsgewichtes der Batterien um z. B. 30% verändert die gesamte Wettbewerbssituation.

Ungewiss sind die möglichen Änderungen der Verbrauchergewohnheiten und Verbraucherwünsche zum Beispiel durch das Zweit- oder Drittauto oder durch die Freizeitgestaltung

oder durch die zunehmenden Dienstleistungen oder durch das Verkehrsproblem in Stosszeiten. Das zukünftige Automobil muss wesentlich konsequenter als Komponente eines umfassenden Verkehrssystems aufgefasst werden. Die gute Automatisierungs- und Steuermöglichkeit macht das Elektromobil in diesem Zusammenhang besonders interessant. Beispiel: Dual-Modes-System für Zubringer; Guide-Line-System für Fernverkehr. Auch bei vollkommen neuen Verkehrssystemen muss der Flächengüterverkehr noch bewerkstelligt werden. Hier hat das Elektromobil seine grosse Chance.

Ungewiss sind die Einflüsse des internationalen Wettbewerbs. Die Japaner müssen ihre Verkehrsprobleme lösen, und sie werden sie lösen, höchstwahrscheinlich zum Teil mit Elektrofahrzeugen, die dann mit Sicherheit auch exportiert werden. Die japanische Automobilindustrie rechnet fest mit dem Beginn einer Massenproduktion von Elektrofahrzeugen in den achtziger Jahren, weil entsprechende Vorschriften der Stadtverwaltungen und der Regierung kommen müssen, denn in den dortigen Siedlungsräumen leben heute 10000 Menschen pro km^2. Vor dem Hintergrund dieser Situation werden Kostennachteile in der Grössenordnung bis zu 30 % gegenüber den konventionellen Fahrzeugen in Japan nicht sehr hoch bewertet.

Ungewiss ist schliesslich, wie gross die Bereitschaft zur Innovation sein wird. Noch immer konnte der Mensch den höheren Anforderungen mit seinem Erfindergeist, der letztlich einem Neugier- und Spieltriebverhalten entspringt, begegnen.

7. Luftverschmutzung durch konventionelle Fahrzeuge und durch Elektrofahrzeuge

In den USA ist ein regelrechter Meinungsstreit zwischen Experten der Automobilindustrie und solchen der EVU zu diesem Thema entbrannt. Im Februar vergangenen Jahres fand sich sogar der Präsident von General Motors, *Cole,* dazu bereit, in einem Vortrag an der TH des Bundesstaates Georgia über die Emission der Kraftfahrzeuge und der Elektromobile einige Daten anzugeben, die in der Feststellung gipfelten, dass sich beim Elektrofahrzeug das Problem der Luftverschmutzung lediglich vom Auspuffrohr des PKW zum Kamin des Kraftwerkes verlagern würde und dass letzteres weitaus grössere Mengen von Schwefeloxyden emittiere.

Inzwischen liegen etliche «Kilogramm Papier» allein zu diesem Thema vor. Als Mitglied der Electric Vehicle Council, New York, bat das RWE um Zusendung dieser Unterlagen. Ihre Auswertung ergab, dass General Motors durch folgende Tricks zu günstigeren Werten für Kraftfahrzeuge kommt: Da Elektrofahrzeuge langsamer fahren, rechnet man die Emissionen bei Kraftfahrzeugen auf geringere Geschwindigkeiten und damit geringeren Verbrauch um. Die Konzentration im unmittelbaren Atemluftbereich wird nicht behandelt, sondern alle Berechnungen beziehen sich auf die für das ganze Land ermittelten durchschnittlichen Auswurfmengen.

Grundsätzlich ist hierzu einmal festzuhalten, dass beim Kraftfahrzeug mit Verbrennungsmotor die Emissionen gleich den Immissionen sind, während für den elektrischen Strassenverkehr die Emissionen durch das Kraftwerk über hohe Schornsteine in geringeren Konzentrationen über ein grösseres, meist weniger dichtbesiedeltes Gebiet abgegeben werden und die Immissionen durch das Fahrzeug gleich Null sind. Für das Elektrofahrzeug sprechen ausserdem der mit hohem Lastgrad durchlaufende Betrieb von Kraftwerken im Gegensatz zum ständigen Wechsel zwischen Leerlauf und Lastbetrieb von Kraftfahrzeugen (unvollständige Verbrennung), die wirkungsvolleren und wirtschaftlicheren Schutzmassnahmen und die laufende Betriebsüberwachung bei Kraftwerken. Es bleibt jedoch die Tatsache bestehen, dass Kraftwerke grössere Schwefeldioxyd-Mengen emittieren.

Nun könnte man sich auf den Standpunkt stellen, dass die Abgase der Kraftfahrzeuge weitaus gefährlichere Stoffe, wie Kohlenmonoxyd, polyzyklische und aromatische Kohlenwasserstoffe, speziell das Lungen- und Bronchialkrebs fördernde oder verursachende Benzpyren, die Stickoxyde, das Blei und andere Antiklopfmittel sowie viele weitere Stoffe der verschiedensten Art enthalten und im Atemluftbereich abgegeben werden. Doch gibt es noch ein überzeugenderes Argument gegen den Vorwurf der Schwefeldioxyd-Emissionen durch Kraftwerke, nämlich dass bei Elektrofahrzeugen, die es noch nicht gibt, doch wohl nicht die bestehenden Kraftwerke gemeint sein können. Für neue Steinkohlen-, Braunkohlen-, Erdgas- oder Ölkraftwerke gelten jedoch viel strengere Auflagen, ganz abgesehen davon, dass ein immer grösserer Prozentsatz der Stromerzeugung auf Kernenergie entfällt, bei der diese Schadstoffe überhaupt nicht auftreten. Es kann kein Zweifel daran bestehen: Bezieht man die Markterwartungen für Elektrofahrzeuge ein und errechnet man dann die Schadstoffanteile der hierfür im Jahr 1980 oder später zu errichtenden Kraftwerke, so spricht das Ergebnis eindeutig für den elektrischen Strassenverkehr.

8. Mögliche Einsatzgebiete für Elektrostrassenfahrzeuge in naher Zukunft

Aus den bisherigen Ausführungen geht klar hervor, dass aus technischen und wirtschaftlichen Gründen elektrisch angetriebene Nutzfahrzeuge zunächst die grössten Marktchancen haben dürften. Die Expertengruppe «Elektrostrassenfahrzeuge» der VDEW[6]) hat die täglichen Fahrleistungen von Transportern mit etwa einer Tonne Nutzlast in den Fuhrparks von vier großstädtischen Elektrizitätsversorgungsunternehmen untersucht: Berlin, Essen, Hamburg und München. An 70 % der Einsatztage dieser Fahrzeuge war die Fahrleistung kleiner als 50 km, an 25 % der Einsatztage lag sie zwischen 50 und 100 km und nur bei 5 % der Einsatztage lag sie über 100 km. Betrachtet man einen Zeitraum von 100 Tagen, so hätten diese Fahrzeuge an 70 Tagen einmal, an 25 Tagen zweimal und nur an fünf Tagen dreimal eine «Batterietankstelle» zum Batteriewechsel anfahren müssen.

Von den PKW bewegen sich nach statistischen Erhebungen je Tag rund 90 % weniger als 20 km weit. Rund die Hälfte aller Fahrzeuge ist in den Großstädten und grösseren Mittelstädten zugelassen. Auch für PKW wäre demnach ein Markt für den Nahverkehrsbereich vorhanden. Doch würde dies nur für den Zweit- oder gar Drittwagen zutreffen, denn das Familienauto wird am Wochenende und im Urlaub für weite Strecken gebraucht. Ausserdem sind, ganz abgesehen vom Aktionsradius und der Höchstgeschwindigkeit, die technischen Probleme bei den Gewichts- und Platzfragen unter Umständen auch bei der Heizung beim PKW grösser als beim Kleintransporter. Vielleicht werden deshalb Kombiwagen oder Taxis die ersten Elektro-PKW sein, die in Serie hergestellt und als Elektrofahrzeuge eingesetzt werden.

[6]) VDEW = Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke.

9. Wirtschaftlichkeitsvergleich für die Anschaffungs- und Betriebskosten für ein Nutzfahrzeug

Zu dem 1. Europäischen Elektrofahrzeug-Symposium im März 1972 in Brüssel hat die GES einen Bericht zu diesem Thema eingereicht. Aus der umfangreichen Arbeit wurden anlässlich der Zürcher Tagung am 19. 1. 1972 einige Ergebnisse vorgetragen. Die Diskussion hierüber zeigte, dass ein reger Meinungsaustausch über die Ausgangswerte und Zwischenergebnisse dieses Wirtschaftlichkeitsvergleichs gewünscht wird. Doch selbst ein Bericht nur zu diesen Fragen würde nicht ausreichen, um die Vielzahl der Einflussfaktoren und deren mögliche Bewertung auszudiskutieren. Beispielsweise fallen allein die Batteriekosten für das Ausgangsmaterial, für dessen Aufbereitung und Veredelung oder die Schrotterlöse für Altblei oder die Kostendegression bei Serienfertigung von Fahrzeugbatterien (nicht Starterbatterien, die in Großserie gefertigt werden) oder die Optimierung zwischen niedrigerem Arbeitsgewicht der Batterien und geringerer Batterielebensdauer oder die Zinsbelastung durch Anschaffung neuer bzw. Vorhaltung aufgeladener Batterien im Zusammenhang mit der Wechseltechnik, derart ins Gewicht, dass hier nur die Endergebnisse angedeutet werden können.

Zu den Anschaffungskosten: Unter dem Kaufpreis wird jener Preis verstanden, der für das betriebsbereite Fahrzeug ohne Batterie bezahlt werden muss. Die Batteriekosten werden entsprechend dem Gedanken, die Batterie leihweise zur Verfügung zu stellen, anteilig den Betriebskosten zugeschlagen. Die Untersuchungen zeigten, dass ein elektrisch angetriebenes Nutzfahrzeug im Versuchsstadium etwa Mehrkosten von 80... 130% des konventionellen Fahrzeugs auf Grund der Umrüstung und Verstärkung der Karrosserie verursachen wird. Diese Mehrkosten können jedoch bei Serienfertigung in den Bereich von 20% gesenkt werden. Ob dabei noch von einem Mehrpreis die Rede sein kann, bleibt abzuwarten, denn die klassischen Fahrzeuge müssen, um ähnliche Verbesserungen zu erhalten, auch teuerer werden.

Zu den Gesamtbetriebskosten: Ausgehend von einem Fahrzeug mit 1 t Nutzlast, das entspricht einem Gesamtgewicht von 2 t für einen Transporter mit Verbrennungsmotor bzw. von 3 t für ein Elektromobil, ergeben sich bei mittleren Serien Mehrkosten von 15...20% bei häuslicher Nachladung, während diese Mehrkosten bei der Batterie-Wechseltechnik höher liegen. Voraussichtlich bietet sich an, die häusliche Nachladetechnik mit der Batterie-Wechseltechnik zu kombinieren, d. h. nach einer bestimmten Anzahl häuslicher Nachladungen zur Stromtankstelle zu fahren und die Batterie auszutauschen. Wieweit die hier geschätzten Mehrausgaben für den Betrieb des Elektrofahrzeugs in etwa zehn Jahren prozentual noch zutreffen, bleibt abzuwarten. Die vorgenannten Imponderabilien werden eher zu einer Annäherung der Betriebskosten zwischen dem konventionellen und dem Elektrofahrzeug führen.

10. Prognosen für den Elektrofahrzeug-Markt

Für Nutzfahrzeuge darf man annehmen, dass mindestens 1 Mill. Kraftfahrzeuge ausschliesslich im innerstädtischen Verkehr eingesetzt werden und deshalb auf Elektrotraktion umgestellt werden könnten. Berücksichtigt man die Produktionsmöglichkeiten der Industrie und einen sinnvollen Anschaffungsrhythmus, so sollte sich die Bedarfsdeckung auf etwa zehn Jahre verteilen, was einer Jahresproduktion von 100 000 Fahrzeugen entspricht. Diese Zahl ist, verglichen mit den üblichen Ausstosszahlen der Autoindustrie, recht gering, erlaubt aber dennoch bereits das Auflegen attraktiver Serien zu entsprechenden Herstellungspreisen. Es sollte möglich sein, bis zum Jahre 1975 das Anlaufen derartiger Produktionen vorzubereiten.

Nach dieser Einführungsphase könnte dann Ende dieses Jahrzehnts mit der Massenproduktion solcher Fahrzeuge begonnen werden. Rechnet man mit 500 Fahrzeugen pro Tag und 200 Arbeitstagen und drei Herstellern gleicher Grösse, dann würde die Gesamtproduktion 300 000 Fahrzeuge betragen und bei 50%igem Exportanteil der deutsche Markt 150 000 Fahrzeuge aufnehmen müssen. Für dieses Aktionsprogramm auf breitester Basis könnten die grössten deutschen Konzerne im Fahrzeugbau und in der Elektronik gewonnen werden, wie das Volkswagenwerk, Daimler-Benz, MAN und BOSCH. Die erforderlichen Investitionen übersteigen zunächst alle Vorstellungen, wenn man andere Gebiete der Stromanwendung hiermit vergleicht. Legt man einen Prototyp-Preis je Elektromobil einschliesslich Batterie- und Wartungseinrichtungen von rund 50 000 DM zugrunde, dann läuft bei 2000 Autos — das ist die angestrebte Produktionsziffer im VW-Programm, wenn die Fertigung der 200 Fahrzeuge positive Ergebnisse bringt — bereits ein Betrag von 100 Mill. DM auf. Da die GES auch noch 20 MAN-Elektrobusse bestellt hat, kann man diesen 100 Millionen DM noch weitere 50...60 Millionen DM hinzufügen. Da längerfristig auch noch ein LKW-Erprobungsprogramm in Gang kommen soll, übersteigt die nötige Summe die Finanzkraft eines oder auch zweier Unternehmen. Die interessierten Gesellschaften werden daher, sobald sich in den ersten Phasen ihr Konzept als richtig erwiesen hat, an die deutsche Bundesregierung mit der Bitte um eine direkte Förderung herantreten. Ihre Vorstellungen bewegen sich um eine Fördersumme von rund 15 Millionen DM jährlich über fünf Jahre.

Die heutigen Kraftfahrzeuge brauchten für ihre perfekte Reife eine Entwicklungszeit von etwa 50 Jahren. Für die gleiche Perfektion benötigt auch die Elektrofahrzeug-Entwicklung einen Zeitraum von vielen Jahren, obwohl ein konkurrierende Technik in der Regel nicht die gleiche Entwicklungsdauer, im vorliegenden Fall mehrere Jahrzehnte, beansprucht. Für den Elektrofahrzeug-Markt könnte sich stimulierend auswirken, dass schon bei einer für die Automobilindustrie verhältnismässig geringen Stückzahl von 1 Mill. Nutzfahrzeugen ein Volumen von 30...40 Mrd. DM erreicht wird (15 000 DM pro Fahrzeug zuzüglich Kosten für Batterien, Nachladetechnik usw.).

11. Strombedarf für den elektrischen Strassenverkehr

In der deutschen Illustrierten Stern, Ausgabe Nr. 2/1972, erschien ein umfangreicher, nicht besonders sachkundiger Artikel mit dem Titel «Kommt das elektrische Auto?». Darin hiess es:

«Das Auto, das man nicht hört und nicht riecht, das keine Abgase erzeugt, was will man mehr? Doch leider ist es sinnlos, sich in diesen Gedanken zu verlieben, denn kluge Köpfe haben ihn schon zu Ende gedacht und — verworfen. Wenn alle Leute, die mit ihrem Auto in der Stadt herumfahren, künftig ihr Elektroauto über Nacht an die Steckdose hängen würden, bräche die Stromversorgung hoffnungslos zusammen.

Das Auto an der Steckdose würde pro Stunde fünf Kilowatt vernaschen und wie viele Autos pro Haus, pro Strasse, pro Wohnblock wären es? Über unser Land verteilt wären es eines Tages wenigstens zehn Millionen Autos. Ihr Energiebedarf würde die Existenz von zweihundert bis dreihundert Atomkraftwerken voraussetzen, ganz abgesehen davon, dass die gesamte Stromführung vom Werk in die Stadt, die Strasse, das Haus und die Garage erneuert werden müsste, denn die schlichte Steckdose wäre überfordert.»

Welcher Strombedarf könnte nun tatsächlich auftreten? Zur Beförderung von 1000 kg über 1 km im Stadtverkehr mit dort benötigten Beschleunigungen und Geschwindigkeiten werden etwa 0,150 kWh benötigt. Die Entnahme aus dem Netz des EVU beträgt bei einem Ladewirkungsgrad von 75% etwa 0,2 kWh je t/km. Nimmt man einmal an, dass die Fahrzeuge im Mittel 3 t wiegen und rechnet man mit einer durchschnittlichen jährlichen Fahrleistung von 15 000 km, so ergibt sich pro Fahrzeug und Jahr ein Energiebedarf von 9000 kWh. Würden schon 1 Mill. Fahrzeuge im Jahre 1980 elektrisch angetrieben, so entspräche das einem Energiebedarf von 9 Mrd. kWh, d. h. nur rund 2,25% des dann zu erwartenden Gesamtstromverbrauchs in der Bundesrepublik Deutschland.

Die Annahme von 1 Mill. E-Fahrzeugen schon für das Jahr 1980 ist vermutlich zu optimistisch, der angenommene Strombedarf pro Tonne und Kilometer vermutlich zu gering. Beide Komponenten heben sich demnach teilweise auf, so dass 1980 wohl höchstens 2% des Gesamtstrombedarfes auf den elektrischen Strassenverkehr entfallen dürften. Unterstellt man weiter, dass eine totale Umstellung des Strassenverkehrs möglich wäre, so würde diese mindestens 40 Jahre beanspruchen. Berücksichtigt man die bis dahin zu erwartende Sättigung des Strassenverkehrs, so dürfte sich dessen Energiebedarf auf höchstens 200 TWh/a steigern. Im gleichen Zeitraum wird aber der öffentliche Bedarf an elektrischer Energie etwa zehnmal so gross geworden sein. Der Anteil des Strassenverkehrs am Gesamtstrombedarf betrüge also auch dann nur etwa 10%. Bemerkenswert ist, dass die Japaner, die übrigens mit 300 Wh/t/km, also einem um 50% höheren Verbrauch als wir rechnen, für 1985 einen E-Fahrzeugbestand von 5 Mill. Fahrzeugen mit einem Strombedarf von 30 Mrd. kWh/a prognostizieren; das sind etwa 5% der japanischen Gesamtstromerzeugung. Tokio Electric Power rechnet dann mit einem zusätzlichen Leistungsbedarf von 2 MW/km² durch Elektrofahrzeuge. In Tokio liegt der Leistungsbedarf heute bei 40 MW/km² und 1980 schon bei 100 MW/km², weshalb man auch keine Schwierigkeiten in der Stromverteilung für Elektrofahrzeuge sieht.

Aus elektrizitätswirtschaftlicher Sicht ist noch anzufügen, dass der Strombezug von Elektrofahrzeugen zu einem Grossteil in lastschwache Bereiche verlegt werden kann und einen ganzjährigen Belastungsausgleich schon vorhandener Erzeugungs- und Verteilungsanlagen ermöglicht. Die Hauptabnahme wird ausserdem im ohnehin für die EVU belastungsschwachen Sommer liegen, da Strassenfahrzeuge im Winter weniger fahren.

Adresse des Autors:
Dr.-Ing. *B. Stoy*, Abt. Anwendungstechnik der Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk AG, (RWE), Essen.