Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 73 (1982)

Heft: 18

Artikel: Technische Voraussetzungen, Organisationsprobleme und energiewirtschaftliche Fragen im Zusammenhang mit der Entwicklung des Elektrofahrzeuges

Autor: Casal, F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-905015

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: 10.12.2025

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

Fourgon VESSA*) / Fiat 900
Charge utile 300 kg + 2 passagers; vitesse: 70 km/h; autonomie 60 à 80 km
*) Véhicule Electrique Suisse SA, Yverdon

Véhicule électrique suisse: Carville
(3 portes, 4 places, poids en ordre de marche: 1150 kg)

simple, il y a l'obligation d'introduire un facteur variable de correction, donc une nouvelle dérogation. Dans ce secteur, on peut espérer une exonération quasi totale des taxes fiscales décrétées sur le plan fédéral, ce qui serait un encouragement important au développement des véhicules électriques. Cette idée est d'ailleurs déjà née à l'étranger.

Le prix des véhicules électriques est aussi, quand on le compare, bien supérieur à celui des voitures traditionnelles. Si l'on tient compte de l'ensemble des frais dus au vieillissement de la batterie et à son renouvellement, même si l'énergie électrique ne représente que 1 à 2 centimes/km, selon les tarifs, on a une équivalence du coût à l'exploitation pour autant que le propriétaire d'un véhicule électrique le conserve une dizaine d'années en roulant un petit nombre de kilomètres.

Dans ce domaine également, il reste du chemin à parcourir pour que fleurissent en grand nombre les voitures électriques. Malgré tous ces obstacles, le véhicule électrique se développe et s'améliore.

Le véhicule électrique est destiné à un bel avenir, mais spécifique en ville et ne va pas, pour longtemps, détrôner la voiture à combustion interne.

Adresse de l'auteur
H. Payot, président de l'ASVER, directeur à la Société Romande d'Electricité, rue du Lac 118, 1815 Clarens.

Technische Voraussetzungen, Organisationsprobleme und energiewirtschaftliche Fragen im Zusammenhang mit der Entwicklung des Elektrofahrzeuges

Von F. Casal

Das Elektrofahrzeug kann erst dann zu einer ernsthaften Alternative zu den heutigen benzin- oder dieselölgetriebenen Fahrzeugen werden, wenn gewisse technische (Batterie, Ladezeit), organisatorische (Elektrotankstellen, Besteuerung) und energiewirtschaftliche Voraussetzungen (Benzin/Strompreis-Verhältnis, Energieversorgung) erfüllt sind. Diese Fragen werden kurz erörtert.

L'électromobile ne peut devenir une alternative sérieuse aux véhicules actuels à essence ou Diesel que si l'on réussit à remplir certaines conditions techniques (batterie, temps de charge), d'organisation (stations-service électriques, taxation) et d'économie énergétique (relation de prix essence/courant, production d'énergie). Ces questions sont brièvement examinées ici.

1. Einleitung

Die Furcht vor den Folgen der Erdölverknappung und die Sorge um unsere Lebensqualität haben das Interesse am batteriegetriebenen Strassenfahrzeug in den letzten zehn Jahren stark angehoben. Gewiss, einige erfolgreiche Entwicklungen im Bereich der Alternativtreibstoffe lassen vorausahnen, dass der althergebrachte benzin- oder dieselölgetriebene Kolbenmotor noch lange nicht die Hauptlast unseres Strassenverkehrs seinem elektrisch betriebenen Bruder wird übertragen können, aber die Verbesserungen, die sich in bezug auf die Umweltbelastungen an Ort damit erreichen lassen, sind begrenzt: Lärm und giftige Abgase sowie die klimatisch extrem riskante Anreicherung von Kohlendioxyd in unserer Atmosphäre stellen die langfristige Zukunft des überaus praktischen und leistungsfähigen Kolbenmotors sehr in Frage. Nach einer Studie von Seiffert und Heitland werden Elektrofahrzeuge höchstwahrscheinlich nie die herkömmlichen Automobile ganz verdrängen können, es ist jedoch zu erwarten, dass sie als Bestandteil eines energiesparenden und umweltschonenden Mixes von Strassenfahrzeugen namhaft in Erscheinung treten.

2. Technische Voraussetzungen

Auch in Laienkreisen ist es allgemein bekannt, dass das Fehlen einer Batterie mit ausreichender Energiedichte dazu geführt hat, dass elektrische Strassenfahrzeuge leistungsmässig nicht gegen benzin- oder dieselgetriebene Fahrzeuge aufkommen können. Weniger allgemein bekannt sind einige weitere Faktoren, die die Einführung eines wirtschaftlich attraktiven Elektrofahrzeuges erschweren:

a) Eine Speicherbatterie genügender Energie- und Leistungsdichte müsste auch noch wirtschaftlich sein. Wie schon in den sechziger Jahren von amerikanischen Autoren gezeigt wurde und wie sich heute nun durch die Studie von Seiffert und Heitland bestätigt hat, belasten die Batterie-Erneuerungskosten den Kilometerpreis ebenso hoch wie der Preis der verbrauchten elektrischen Energie. Dies heisst nichts anderes, als dass man von neueren, vielleicht exotischen Batterietypen fordern muss, dass sie nicht nur eine höhere Energiedichte als die herkömmlichen aufweisen, sondern erst noch, dass sie den Kilometerpreis durch die Kosten ihrer Erneuerung weniger belasten als die heutigen Systeme. So schwierig, wie diese Forderung erscheint, so muss auch erkannt werden, dass keine physikalischen Grenzen gegen einen solchen Erfolg sprechen, da selbst bei den herkömmlichen Systemen die Spanne zwischen der theoretischen Energiedichte und der praktisch verfügbaren recht gross ist; hierin liegt eine Entwicklungschance, die sowohl den herkömmlichen wie auch den exotischen Systemen eine beträchtliche Reserve einräumt.

Eine Speicherbatterie, welche die obgenannten Bedingungen erfüllen würde, könnte nicht nur die breite Einführung von Elektrofahrzeugen ermöglichen, sondern wäre auch für den Einsatz als Lastausgleich für die stationären Verbraucher, seien es Einfamilienhäuser oder grosse Zweckbauten, sehr geeignet: Sie könnte damit sowohl die Dimensionierung der Verteilnetze wie auch die Forderung nach hoher Spitzenlastkapazität der Kraftwerke drastisch reduzieren helfen. Die Forderung nach einer wirtschaftlichen Speicherbatterie grosser Energiedichte und langer Lebensdauer erscheint somit auch nach dieser Überlegung von ganz besonderer Bedeutung.

b) Aus der Forderung nach einer schnellen Auftankung des Elektrofahrzeuges ergeben sich technische Probleme, welche zwar sicher lösbar sind, denen jedoch oft die Aufmerksamkeit nicht geschenkt wird, die ihnen zukommt. Selbst wenn es möglich wäre, eine Batterie zu entwickeln, die mit extrem hohen Stromstärken in wenigen Minuten aufgeladen werden könnte, erscheint es zweifelhaft, dass man Ladestationen und Verteilnetze bauen könnte, welche solch extrem hohen und unregelmässig anfallenden Spitzenlasten gewachsen wären. Es ist offensichtlich nicht möglich, Elektrofahrzeuge so zu betanken, wie Benzin- und Dieselfahrzeuge. Zwei Lösungen dieses Problemes drängen sich jedoch als durchaus realisierbar auf:

Konventionelle Langsamladung der Batterie im Fahrzeug während der Nacht oder Schnellwechsel der Batterie an der Tankstelle mit Langsamladung der entladenen Batterie während der Nacht. Beide Lösungen haben den Vorteil, dass sie bei breiter Einführung elektrisch getriebener Strassenfahrzeuge mithelfen würden, den Lastausgleich der Verteilnetze zu verbessern.

c) Zwei technische Forderungen sind zu erwähnen, welche bei elektrischen Fahrzeugen von Natur aus erfüllt werden können. Es sind dies die leichte Wartbarkeit und die Benützerfreundlichkeit. Mehr als zwei Jahre Erfahrungen mit einem auf Batteriebetrieb umgebauten Elektrotransporter haben in der Schweiz gezeigt, dass ausser dem Batterieservice dieses Fahrzeug einen viel geringeren Wartungs- und Unterhaltsaufwand erfordert, als ein konventionell angetriebenes. Seine Bedienung hat sich als so einfach herausgestellt, dass jedermann sofort in der Lage war, das Fahrzeug sachgemäss zu führen, wobei allerdings sowohl in diesem Einzelfall wie auch im Falle der deutschen Batteriebusse die Feststellung gemacht wurde, dass alle Fahrer etwas Zeit brauchten, die Kunst des energiesparenden Fahrens zu erlernen, was gewiss kein Nachteil ist, im Gegenteil, diese Kunst wurde von den Berufsfahrern später auf das Führen von Dieselbussen übertragen.

3. Organisatorische Voraussetzungen

Da mit den gegenwärtig anwendbaren Batterien der Aktionsradius von Elektrofahrzeugen auf 60–100 km beschränkt ist, müsste für die Bewältigung grösserer Distanzen ein Netz von Elektrotankstellen aufgebaut werden, welche den Schnellwechsel der allgemein normierten Batterien sowie ihre Nachtaufladung besorgen würde. Diesbezügliche Versuche in der BRD und in den USA sind schon seit Jahren erfolgreich. Am Massachusetts Institute of Technology sind bereits in den frühen sechziger Jahren Versuche mit Fahrleitungen und Stromabnehmern erfolgreich durchgeführt worden, wobei der Stromabnehmer sogar die automatische Steuerung des Automobils übernahm. Diese letzte Variante der Energieversorgung erlaubt zwar beliebig hohe Spitzengeschwindigkeiten und beschränkt den Aktionsradius nicht, erhöht jedoch die Lastspitze des Netzes während der Tageszeit beträchtlich und hat somit die gegenteilige Auswirkung wie die lastausgleichende Nachtladung der Batterien. Bei vielen modernen Elektrofahrzeugen ist ein Ladegerät direkt eingebaut. Dies eröffnet die Möglichkeit einer Langsamladung an entsprechend ausgerüsteten Parkplätzen und Parkuhren; die damit erreichbare Streckung des Aktionsradius' ist zwar nicht sehr gross, aber die Lebensdauer der Batterie wird dadurch beträchtlich erhöht.

Zu den organisatorischen Massnahmen gehören auch die fiskalischen: In den meisten Kantonen werden elektrisch betriebene Strassenfahrzeuge nach sogenannten Steuer-PS oder nach Gewicht besteuert. Da das Steuer-PS in bezug auf den Elektromotor physikalisch irrelevant ist, benützen die zuständigen Instanzen die Leistungsangaben des Motors als Mass für die Besteuerung des Elektrofahrzeuges. Da Elektrofahrzeuge generell ein hohes Gewicht aufweisen, benachteiligen beide Methoden dieses umweltfreundliche Gefährt ganz gewaltig, was im Widerspruch zu den Zielen moderner Gesetzgebung steht.

4. Energiewirtschaftliche Voraussetzungen

Solange das Benzin unrationiert und für weniger als *5 Franken* pro Liter gekauft werden kann und solange ein auf fünf Jahre amortisiertes Automobil pro Jahr nicht mehr als ein Monatssalär kostet, sind die Voraussetzungen für die

Einführung des Elektrofahrzeuges nicht gegeben, denn der Reichtum und die «power happiness» des schweizerischen Autofahrers liefern keine Motivation zum vielfach geforderten Umdenken. Einzig und allein die Verkehrsvereine einiger umweltbewusster Kurorte und einige wenige Idealisten und Bastler bilden die Ausnahmen. Ungünstig ist auch der Umstand, dass viele die Einführung von Elektrofahrzeugen mit dem forcierten Ausbau von Kernkraftwerken gleichsetzen. Dass diese Überlegung nicht stichhaltig ist, geht u. a. auch aus folgender Modellüberlegung hervor: Man stelle sich vor, es würden etwa 40% aller Lieferwagen und etwa 40% aller hauptsächlich für den Lokalverkehr benützten Personenwagen der kleineren Klassen gegen Elektrofahrzeuge ausgetauscht oder umgebaut. In den schweizerischen Städten würden somit etwa 40 000 elektrische Lieferwagen und etwa eine halbe Million Kleinwagen lärm- und geruchfrei zirkulieren. Unser Verteilnetz würde dann vorwiegend während der Nacht eine jährliche Mehrlast von etwa 1¼ Milliarden kWh aufbringen müssen. Ist das eine unzumutbare Mehrproduktion? Sie entspricht 13% der 1980 importierten und 7% der im gleichen Jahr exportierten Elektrizitätsmenge, und da sie ungefähr 8% der in den schweizerischen Kernkraftwerken jährlich produzierten Elektrizitätsmenge entspricht, würde sie den Ausbau des übernächsten Kernkraftwerkes um höchstens ein Jahr beschleunigen, wenn überhaupt. Der vom Bundesamt für Energiewirtschaft veröffentlichten Statistik für das Jahr 1980 lässt sich indirekt entnehmen, dass unsere Verteilnetze ohne Ausbau in der Lage wären, diese Energiemenge jeweils zwischen 10 Uhr abends und 6 Uhr morgens zu liefern. Und da pro Fahrzeug und Nacht für die Batterieladung Beträge zwischen 5 und 10 kWh bereitzustellen wären, wären auch die meisten Hausnetze in der Lage, ohne Ausbau diese neue Aufgabe zu erfüllen.

Der heute wesentlichste Aspekt der energiewirtschaftlichen Voraussetzungen ist wohl das dringende Bedürfnis nach Substitution des Erdöls und seiner Derivate wie dem Benzin. Die genannten 40% Substitutionsfahrzeuge auf elektrischer Basis würden jährlich eine Milliarde Liter Benzin einsparen, dies entspräche etwa 40 000 Eisenbahnwagen, und das nur bei Substitution im Lokalverkehr!

Legitim ist auch die Frage nach den umwelttechnischen Auswirkungen einer solchen Umstellung. Während der Verbrauch von 1 Milliarde Liter Benzin unsere Städte mit zahlreichen Giftgasen, deren Auswirkungen auf die Gesundheit unbestritten negativ sind, belasten, reichert dieser Ausstoss unsere Atmosphäre jedes Jahr auch noch um 2,5 Millionen Tonnen CO_2 an, was nach Ansicht der Klimatologen in nicht allzuferner Zukunft zur totalen Klimakatastrophe führen könnte.

Was wären die negativen Folgen der Verwendung von Elektrofahrzeugen nach dem hier angenommenen Modell? Beim gegenwärtigen Mix von vorwiegend hydroelektrischer und nuklearer Elektrizitätsproduktion in der Schweiz liesse sich keine Veränderung der Umweltbelastung feststellen, da die Kernkraftwerke nicht mehr als Vollast fahren können und dies ohnehin schon tun. Wollte man aber eine «ökologische Buchhaltung» einführen, dann müsste man den Elektrofahrzeugen eine Mehrproduktion von 420 Mio kWh Nuklearelektrizität jährlich anlasten, die auf die Kernkraftwerke entfallen würde. Dies entspräche einem Anteil von 120 Liter radioaktiven Abfällen, einem Würfel von weniger als 50 cm Kantenlänge.

Noch vor 10 Jahren hätte man einen zusätzlichen Umweltbelastungsfaktor in Betracht ziehen müssen: den Bleiabfall der erschöpften Batterien; heute wird dieser vollständig rezykliert.

Der hydroelektrische Anteil der Substitution ist uns wohl am sympathischsten: hier handelt es sich um echte Sonnenenergie, die Kosmologen versprechen uns, dass sie während Jahrmillionen zur Verfügung stehen wird.

5. Schlussfolgerung

Die Substitution von 40% Lieferwagen und Kleinwagen durch Elektrofahrzeuge mag manchem als unglaubwürdige Hochrechnung erscheinen. Deshalb seien diese Ausführungen mit einer offengelassenen Frage abgeschlossen: Was kommt wohl am schnellsten, die Wunderbatterie für den Elektroantrieb oder das fünffränkige Benzin?

Adresse des Autors

Dr. *F. Casal*, Direktor des Interkantonalen Technikums Rapperswil/Ingenieurschule, 8640 Rapperswil.