

# Gegenwärtiger Stand der Entwicklung von elektrischen Fahrzeugen in der Welt

Autor(en): **Samuel, Jon M. G.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **68 (1977)**

Heft 3

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-914986>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

statistisch abzusichern und die Entwicklungsingenieure durch gewonnene Erfahrungen auf dem neuesten Stand zu halten.

Die vielfältigen technischen wie wirtschaftlichen Verknüpfungen zwischen Versorgungsinfrastruktur, Elektrizitätsspeicher, Fahrzeug und Antrieb erfordern *engste Zusammenarbeit aller beteiligten Fachbereiche*. Ohne Kenntnis der Probleme des anderen und die Bereitschaft, diese bei den eigenen Arbeiten zu berücksichtigen, wird das Gesamtsystem elektrischer Stras-

senverkehr nicht optimal entwickelt werden können. Internationaler Erfahrungsaustausch ist wichtige Voraussetzung für die unerlässliche gemeinsame Arbeit an Sicherheitsrichtlinien und Normen.

#### Adresse des Autors

Hans-Georg Müller, Dr.-Ing., Geschäftsführer der GES, Gesellschaft für elektrischen Strassenverkehr mbH, Tersteegenstrasse 77, D-4 Düsseldorf 30.

## Gegenwärtiger Stand der Entwicklung von elektrischen Fahrzeugen in der Welt

Von Jon M. G. Samuel

*Zweck der vorliegenden Ausführungen ist, über Fahrzeuge, die sich im Produktionsstadium befinden oder es in kurzer Zeit erreichen werden, sowie über die Verbesserungen an den Batterien, die gegenwärtig im Handel sind, und schliesslich über die wahrscheinliche Auswirkung dieser Verbesserungen auf die Entwicklung von Fahrzeugen auf kurze und mittlere Frist zu berichten.*

### 1. Einleitung

Die zunehmende Energieknappheit in der Welt ist für jeden durch die Ereignisse der letzten drei Jahre klar deutlich geworden. Die Ölvorräte sind begrenzt, und die «Rohölwaffe» ist jetzt zu einem äusserst mächtigen politischen Instrument geworden. Die Verbraucherländer sind von Erzeugerländern, auf die man sich nicht stets verlassen kann, abhängig. Lärm und Luftverschmutzung sind in verschiedenen Stadtgebieten unerträglich geworden, und die Bemühungen, diese Phänomene bei den Verbrennungsmotoren einzudämmen, sind sehr kostspielig und steigern noch den Benzinverbrauch. Beim Transportwesen ist unsere gegenwärtige Abhängigkeit vom Rohöl fast vollkommen, und wir erschöpfen durch das Verbrennen von Öl in Verbrennungsmotoren ohne jegliche Einsicht die Lagerbestände, die wir vorteilhafter als Rohstoffe für die chemische Industrie verwenden könnten.

Ganz abgesehen von den Ölproblemen leidet ein grosser Teil der Automobilindustrie zurzeit unter Überkapazität, und man kann sich selbst fragen, ob dieser Industriezweig jemals das Niveau der Expansion wieder erreichen wird, das er zu Beginn der siebziger Jahre erreicht hatte. Seit Ende des Krieges stand die Automobilindustrie im Mittelpunkt der wirtschaftlichen Entwicklung der westlichen Welt, so dass es für die Regierungen der verschiedenen Länder vital ist, die Anzahl der Arbeitsplätze in diesem Sektor beizubehalten und die Nutzung der Ölquellen zu rationalisieren.

Keiner ist sich darüber im Zweifel, dass das gegenwärtige Klima nicht günstig für Umstellungen in der Automobilindustrie wäre; seit mehr als sechzig Jahren hat es keinerlei fundamentale Veränderungen mehr bei den Antriebssystemen gegeben. Fast sämtliche Bemühungen, die unternommen worden sind, waren darauf ausgerichtet, den Verbrennungsmotor bis in die kleinsten Details zu verbessern und zu vervollkommen. Trotz den aussergewöhnlichen Problemen, die sich in bezug auf Technik und Ingenieurwesen ergeben, gestatten die elektrischen Fahrzeuge einen Transport mit Multi-

*Le présent exposé traite des véhicules électriques qui sont parvenus au stade de la production ou qui y parviendront d'ici peu de temps, des améliorations apportées aux batteries qui se trouvent actuellement sur le marché et des répercussions probables que ces améliorations auront sur le développement des véhicules à court et à moyen terme.*

treibstoff, eine Reduzierung von Lärm und Luftverschmutzung und schliesslich eine absolute nationale Unabhängigkeit gegenüber dem eingeführten Rohöl.

### 2. Die Fahrzeugentwicklung in den verschiedenen Ländern

Die *amerikanische Industrie* ist vom Kongress, der im Jahre 1975 einen «Electric Vehicle Research, Development and Demonstration Act» (120 Millionen Dollar) erlassen hat, sehr ermutigt worden. Mike McCormack, Hauptreferent dieses Gesetzentwurfes, hat als Mitglied des Kongresses erklärt: «Erst wenn der Beweis gegeben ist, dass die Öffentlichkeit diese Initiative zustimmend annimmt, wird sich unser Land in massiver Weise für eine Politik engagieren, die darauf ausgerichtet ist, neue Transportsysteme zu entwickeln, die geeignet sind, unsere Abhängigkeit vom importierten Öl zu reduzieren und die Auswirkungen dieser Abhängigkeit auf unsere Wirtschaft einzuschränken.» Es ist zu hoffen, dass dieses Gesetz möglichst bald zu einer Beschleunigung der Entwicklung der elektrischen Fahrzeuge führen wird, obwohl in letzter Zeit die Anregungen mit der grössten direkten Wirkung von dem «Electric Vehicle Council» ausgingen, das die Elektrizitätsversorgungsunternehmen vertritt und ein Anschaffungsprogramm für elektrische Nutzfahrzeuge lanciert hat.

Im Rahmen dieses Programms hat die Firma *Batronic* aus Boyertown (Pennsylvania) einen Vertragsabschluss über 120 Lieferwagen erzielen können. Diese Lieferwagen, die eine Nutzlast von 450 kg aufweisen, gehen in mancher Hinsicht der Zeit voraus.

Für die Inbetriebnahme dieser Fahrzeuge in den amerikanischen Städten war es unbedingt erforderlich, dass sie sich in geeigneter Form in den Verkehr auf den Autostrassen einfügen. Da ihre Maximalgeschwindigkeit 90 km/h beträgt und sie ein grosses Beschleunigungsvermögen besitzen, stellt

diese Bedingung kein Problem dar. Die Reichweite des Batronic-Lieferwagens ist im beladenen Zustand auf 70 km beschränkt, aber die Benutzer führen wesentliche Einsparungen an, die sie bei den Betriebskosten erzielt haben, da die Stillstandzeiten äusserst kurz waren. Eine weitere interessante Eigenschaft dieses Lieferwagens: das Zweiganggetriebe, wodurch ermöglicht wird, mit einer wirtschaftlichen Geschwindigkeit innerhalb der Stadt (weniger als 60 km/h) und mit höheren Geschwindigkeiten auf der Autostrasse zu fahren. Damit dieses Fahrzeug sich definitiv auf dem Markt durchsetzt, müssen jetzt seine Herstellungskosten reduziert werden. Ein wesentliches Problem bleibt demnach noch zu lösen, denn die Produktion in kleiner Serie ist in der Tat gleichbedeutend mit hohen Kosten. Es besteht die Möglichkeit, dass eine finanzielle Unterstützung seitens des Kongresses ermöglichen wird, möglichst bald aus diesem Engpass herauszukommen.

Pittsburgh ist der Sitz der *Westinghouse Corporation*, und obwohl die Bestrebungen dieser Firma in erster Linie auf Atomkernreaktoren ausgerichtet sind, haben ihre Versuchsabteilungen nichtsdestoweniger bedeutende Fortschritte auf dem Gebiete der Motoren und Batterien für elektrische Fahrzeuge erzielt.

Ich habe die Gelegenheit gehabt, die neue Eisen-Nickel-Batterie von Westinghouse bei zwei kleinen Personenwagen in Betrieb zu sehen. Bei einer Energiedichte von 44 Wh/kg bei einer praktischen zweistündigen Entladung sind die erzielten Leistungs- und Energiedichten grösser als die der gegenwärtigen Bleibatterien mit einer vergleichbaren Lebensdauer von fünf bis sechs Jahren.

Ein verhältnismässig kompliziertes Kreislaufsystem hält das Niveau des Elektrolyts während der Ladezeit automatisch konstant. Diese Vorrichtung scheidet ebenfalls die ausgestrahlte Wärme aus und ermöglicht, im Bedarfsfall auf hohe Aufladegeschwindigkeiten zurückzugreifen.

Die Kommerzialisierung dieser Batterien könnte in weniger als einem Jahr stattfinden. Hinsichtlich der Anfangskosten – was eine wichtige Frage darstellen dürfte – hat Westinghouse die Absicht, die Eisen-Nickel-Batterie zu einem Preis auf den Markt zu bringen, der mit dem der Antriebs-Bleibatterien vergleichbar ist, und zwar kalkuliert auf der Basis der Kosten pro Zyklus. Dies könnte beträchtliche Auswirkungen auf die gegenwärtigen Projekte von Nutzfahrzeugen haben, wie beispielsweise der Lieferwagen von Batronic oder der Jeep von American Motors.

Das Erscheinen von *American Motors* mit Gould auf dem Markt der Elektrofahrzeuge mit einem umgebauten Jeep stellt einen wichtigen Wendepunkt in der Geschichte der Automobilindustrie von Detroit dar (Fig. 1).

Seit 1920 wurden in Detroit sozusagen keine elektrischen Ausrüstungen mehr hergestellt; die Firma American Motors verdient es, für die Bemühungen beglückwünscht zu werden, die sie zusammen mit der amerikanischen Postverwaltung unternommen hat. Die technischen Daten sind darauf ausgerichtet, die Wartung zu vereinfachen und das Einfügen in den ausgedehnten Automobilpark der Postverwaltung zu ermöglichen. Maximalgeschwindigkeit: 60 km/h, Reichweite bei Lieferung mit häufigem Anhalten: 50 km, Nutzlast: 250 kg. Die Postverwaltung hat bereits beträchtliche Brennstoffeinsparungen registriert: 1,50 Dollar pro Tag und Fahrzeug in Kalifornien, wobei die Preissteigerung für Benzin

noch weiter zu der Einsparung beiträgt. Gould hat ein komplettes Antriebssystem entwickelt, das Motor, stufenlos regulierbares Getriebe, Batterie und Ladegerät umfasst.

Das elektronische System besteht aus: Steuerung der Lenkung und der Motordrehzahl, Laderegler, Hilfsversorgungssystem und Kontrolle des Ladezustands der Batterie. 250 dieser Jeeps wurden bis jetzt eingesetzt, und es ist bereits vorgesehen worden, bis zu 5000 zusätzlich in verhältnismässig kurzer Frist in Dienst zu stellen. Beim Kauf kostet der elektrische Jeep noch zweimal so viel wie ein Jeep mit Benzinmotor. Es müssten demnach Anstrengungen unternommen werden, diese Preisdifferenz zu reduzieren, falls beabsichtigt wird, diese Jeeps in grossen Mengen zu verkaufen. Es ist ebenfalls wichtig, die Reichweite dieser Fahrzeuge zu steigern, falls sie von der Öffentlichkeit akzeptiert werden sollen.

Die Privatfahrzeuge erfordern einen hohen Grad an Flexibilität, und ihre Entwicklung hat aus diesem Grund die Tendenz, gegenüber denjenigen der Lieferwagen und Lastwagen, für die die begrenzte Leistungsfähigkeit der Batterie kein so ernstes Problem darstellt, ins Hintertreffen zu geraten. In den Vereinigten Staaten existiert jedoch ein Markt für «Neuheiten», wobei die Personen, die besonders begeistert sind, nicht zögern, neuen Ideen eine Chance zu geben, und bereit sind, die Nachteile mit in Kauf zu nehmen und mit den Hindernissen fertig zu werden, die dabei auftreten, und zwar ausschliesslich aus Freude daran, als Benutzer eines Elektrofahrzeugs eine Pionierstellung einzunehmen.

Im Verlauf der letzten beiden Jahre haben sich zwei kleine elektrische Privatfahrzeuge in den Vereinigten Staaten beträchtlich durchgesetzt. Das Modell Citicar von *Sebring-Vanguard* wird in Sebring (Florida) in einem umfangreichen Werk hergestellt. Es sind mehr als 2000 dieser zweisitzigen Fahrzeuge mit ABS-Plastikkarosserie und Chassis aus Aluminium hergestellt worden, deren Vertrieb in rund 200 Verkaufsstellen gewährleistet wird. Der Motor ist bis 50 km/h temperamentvoll, aber die nutzbare Reichweite ist auf etwa 50 km beschränkt. Dieses Fahrzeug ist verhältnismässig gut vom Markt aufgenommen worden, obwohl der Schutz gegen Witterungseinflüsse auf das strikte Minimum beschränkt ist und ein Beschlagen der Scheiben nur durch die vom 3-kW-Motor ausgestrahlte Wärme verhindert wird. Bob Beaumont, Präsident von Sebring-Vanguard, erklärt in dieser Beziehung: «Unsere Kundschaft erstreckt sich von Studenten, die



Fig. 1 Kleinlieferwagen der American Motors General Corporation für die US-Postverwaltung

Max. Geschwindigkeit: 60 km/h

Reichweite pro Batterieladung: mindestens 50 km

ihr erstes Fahrzeug kaufen und nur am lokalen Transport interessiert sind, bis zu Leuten, die über drei oder vier Fahrzeuge verfügen. 75 % unserer Kunden waren nicht Autokäufer, als sie einen Citicar erworben haben.»

Die Gründe, die für den Kauf eines Citicars angeführt werden, lassen sich wie folgt aufteilen:

- 22 %: Umweltprobleme
- 24 %: Energieeinsparung
- 54 %: geringe Betriebskosten

Der Citicar-Wagen, dessen Grundpreis sich auf 2950 Dollar beläuft, ist sicherlich nicht billig. Falls man jedoch in Betracht zieht, dass die Energiekosten sich auf nur 20 Cents pro 50 km belaufen, dürfte es verständlich sein, dass diese Fahrzeuge bei den Autofahrern, die an Einsparungen interessiert sind, ein starkes Interesse erwecken kann. Es ist unbestreitbar, dass ein reiner Faktor der Neuheit besteht, der sich zugunsten dieses Fahrzeugs auswirkt, aber im Laufe der Zeit dürfte die Nachfrage allgemeiner und solider werden.

Der Elcar, der von *Zagato* (Italien) hergestellt wird, weist eine gleichartige Leistung und Reichweite wie der Citicar auf. Das Vertriebszentrum der Firma Elcar in Illinois hat davon etwa 500 Exemplare verkauft. Das handwerkliche Können der Italiener ist aus der perfekt geformten, mit Glasfaser versteiften Plastikkarosserie ersichtlich (Fig. 2). Darüber hinaus ist ein besonderer Wert auf Lenkung und Strassenlage gelegt worden. Kürzlich ist das Erscheinen einer grösseren Ausführung des Elcar angekündigt worden, und zwar handelt es sich um einen Lieferwagen mit dem gleichen Chassis. Die amerikanischen Verbände zum Schutz der Autofahrer haben diese Fahrzeuge heftig kritisiert, und zwar aufgrund ihrer geringen Festigkeit im Falle von Unfällen. Obwohl dies in der letzten Zeit zu einem Verkaufsrückgang geführt hat, darf angenommen werden, dass alles unternommen wird, um den amerikanischen Sicherheitsnormen zu entsprechen und die eventuell noch bestehenden Befürchtungen aufzuheben.

Im Lauf der letzten zehn Jahre hat die Firma *Electric Fuel Propulsion* (Detroit) eine eindrucksvolle Serie von Privatfahrzeugen in elektrische Fahrzeuge umgebaut. Das Modell Transformer I, das in einer Serie von etwa zwei Exemplaren pro Woche hergestellt wird, erreicht eine Maximalgeschwindigkeit von 110 km/h und eine Reichweite von

100 km. Die Firma *Electric Fuel Propulsion* hat die Klimatisierung entwickelt sowie ein an Bord des Fahrzeugs installiertes Schnell-Ladegerät, Nutzbremmung und Servolenkung. Es handelt sich wahrhaft um ein Luxusfahrzeug, und durch den Preis (19 000 Dollar) steht es an der Grenze dessen, was man für einen Personenwagen noch als zulässig bezeichnen darf. Es ist kaum möglich, ein Luxusfahrzeug dieses Typs in grosser Serie zu verkaufen, und aus diesem Grunde sind die *Electric Fuel Propulsion* sowie andere Firmen dabei, Privatwagen europäischen Formats und mittlerer Reichweite zu entwickeln, die in quantitativer Hinsicht den wahren Sektor der Expansion von elektrischen Privatfahrzeugen bilden dürften.

Das elektrische Stadtfahrzeug, das von der *Copper Development Association* entwickelt und hergestellt worden ist, stellt ein sehr gutes Beispiel dar für das, was sich machen lässt, wenn ein Fahrzeug mittlerer Grösse, das auf einen sehr bestimmten Zweck zugeschnitten ist, konstruiert wird. Die Geschwindigkeit von 100 km/h sowie die Reichweite von 150 km bei Maximalgeschwindigkeit dürften dazu beitragen, das Interesse der Hersteller und potentiellen Kunden zu stimulieren. Jedesmal, wenn dies sich als möglich erwies, haben Serienteile Verwendung gefunden, und man kann diese Handlungsweise hinsichtlich der hohen Kosten der Werkzeugausstattung nicht genug loben.

Die *Energy Development Association* hat eine Batterie mit hoher Energiedichte entwickelt, die mittelfristig sehr interessant sein dürfte und sich jetzt im Stadium der Kommerzialisierung befindet. Die *Energy Development Association* stellt ein Konsortium dar, in dem die *Occidental Petroleum* und die *Gulf and Western Company* in Detroit zusammengeschlossen sind. Die Energiedichte dieser Chlor-Zink-Batterie beträgt 150 Wh/kg, ist demnach ungefähr viermal höher als diejenige der Bleibatterie. Mit einem umgebauten Fahrzeug des Typs Chevrolet Vega ist eine Reichweite von mehr als 330 km bei 110 km/h erreicht worden. Diese Batterie erfordert ein kompliziertes Rohrleitungssystem zur Versorgung der Elemente mit flüssigem Chlor, nachdem es sich von einem Block von gefrorenem Chlorhydrat gelöst hat, worin es gespeichert ist. Herr Philipp Simons, Leiter einer Forschungsgruppe von 50 Personen, äussert sich vorsichtig in seiner Voraussage: «Eine Zink-Chlor-Batterie könnte das Stadium der Serienproduktion gegen 1980 erreicht haben; sie würde eine Lebensdauer von mehr als fünf Jahren haben, und der Anschaffungspreis würde sich auf etwa die Hälfte des Preises einer Blei-Akkumulatorenbatterie belaufen. Vom chemischen Gesichtspunkt her gesehen läuft alles gut, aber es bleiben noch viele technische Probleme zu lösen.»

In *Japan* wird die Entwicklung von elektrischen Fahrzeugen in sehr wirksamer Weise vom Handels- und Industrieministerium (MITI) gefördert und organisiert. Ein nationales Forschungs- und Entwicklungsprogramm für elektrische Fahrzeuge ist 1971 aufgestellt worden und sah zwei Etappen von einer jeweiligen Dauer von fünf Jahren und einer Subvention von seiten der Regierung von 14 Millionen Dollar vor. Ein grosser Teil der Ziele, die im Rahmen der Phase I des MITI-Programms festgelegt waren, sind, obwohl ziemlich hochgesteckt, bereits erreicht worden, und gegenwärtig werden Pläne für die Phase II aufgestellt. Die Phase II wird wahrscheinlich die Herstellung einer bestimmten Anzahl von Fahrzeugen enthalten, die anschliessend in Dienst gestellt



Fig. 2 Zele 1000 (in den USA Elcar genannt)  
Hergestellt in Italien und in den USA  
Max. Geschwindigkeit: 40 km/h  
Reichweite pro Batterieladung: max. 80 km

werden, auf der Basis von Subventionen, in den öffentlichen Dienstleistungsbetrieben sowie in den staatlichen Automobilmotors. Die beiden bedeutendsten Gruppen der Automobilindustrie, *Toyota* und *Nissan*, haben in gleicher Weise wie eine grosse Anzahl von anderen kleineren Firmen im Rahmen der Phase I des MITI-Programms Verträge abgeschlossen. Es ist erstaunlich, nebenbei zu bemerken, dass die Fonds, die von diesen Firmen für diese Forschungen bestimmt wurden, und die Anstrengungen, die von diesen auf diesem Gebiet unternommen wurden, den Betrag der Regierungshilfe weitgehend überschritten haben.

Der letzte Schrei der gegenwärtigen Entwicklung von Privatfahrzeugen ist das viersitzige Elektrofahrzeug EV 2 von *Toyota*. Es handelt sich um ein Fahrzeug, das vollständig für den Betrieb mit Batterien entwickelt worden ist. Auf einem selbsttragenden Chassis aus Stahl von geringem Gewicht ist ein 20-kW-Motor hinten angeordnet mit einem automatischen Dreiganggetriebe. Der Nebenschlussmotor wird durch Zerkhacker gesteuert, besitzt eine Nutzbremse bis auf niedrige Geschwindigkeiten und ist über einen Zentralcomputer an die Steuerung des Geschwindigkeitswechsels angeschlossen. Diese Charakteristik sowie die Maximalgeschwindigkeit von 94 km/h und die Beschleunigung, die an diejenige eines 2-Liter-Personenwagens erinnert, ergeben, dass der Typ EV 2 von *Toyota* ein sehr angenehm zu fahrendes Fahrzeug ist.

Die Heizung wird durch eine Wärmespeichervorrichtung gewährleistet, bei der eine chemische Zustandsladung in NaOH Verwendung findet, womit eine hohe Wärmekapazität bei geringem Gewicht erreicht wird. Die Blei-Akkumulatorenbatterien der *Nippon Battery Company*, mit denen der Typ EV 2 ausgerüstet ist, weisen eine fast unglaubliche Energiedichte von 60 Wh/kg bei fünfständiger Entladung auf, was jedoch zu Lasten der Lebensdauer geht, die sich nur auf etwa sechs Monate bei Normalbetrieb belaufen soll.

Ein Versuchsfahrzeug hat bei Verwendung der Blei-Akkumulatorenbatterie des neuesten Modells eine Reichweite von 250 km bei einer konstanten Geschwindigkeit von 40 km/h erreicht. Der Leiter des Projekts, Herr Toshiji Matsui, hat uns eingestanden, dass er mit dieser Leistung nicht zufrieden ist: «Das Elektrofahrzeug ist auf äussere Einflüsse zu empfindlich, wie beispielsweise Reifendruck, Umgebungstemperatur, Nutzlast usw. Die Leistung dieser Fahrzeuge muss mit einer ausreichenden Reserve geplant werden, um sämtliche dieser Faktoren zu berücksichtigen.» Die nachfolgenden Kommentare stammen von Leuten, die wirkliche Spezialisten der Automobilindustrie sind: «Die elektrischen Fahrzeuge müssen auf in jeder Beziehung gleichen Ebenen mit den Fahrzeugen mit Benzinmotor konkurrieren.»

Die *Nihon Battery Company* hat in enger Zusammenarbeit mit *Toyota* und anderen Firmen im Rahmen des MITI-Programms gearbeitet und eine eindrucksvolle Serie von Blei-Akkumulatorbatterien mit einer durchschnittlichen Lebensdauer und hoher Energiedichte entwickelt. Sämtliche Batterien sind mit einer automatischen Wasserversorgungsvorrichtung versehen, wobei auch das Freiwerden von Säure und Wasserstoff beim Aufladen berücksichtigt wird. Dem Fahrzeugkonstrukteur steht es jetzt frei, die Batterie dort, wo es ihm richtig erscheint, im Fahrzeug anzuordnen, da es nicht mehr notwendig ist, einen freien Zugang zur Batterie für Wartungszwecke zu haben.

Die *Nihon Battery Company* entwickelt gegenwärtig für kommerzielle Zwecke eine Batterie von 50 Wh/kg, die eine Lebensdauer von 500 Zyklen (zweieinhalb Jahre) aufweist. Dies bedeutet, dass die Kapazität im Vergleich zu Golfwagen um 80 % verbessert worden ist und der beste Kompromiss zwischen der Energiedichte und der Lebensdauer erreicht ist.

*Daihatsu*, eine weniger bedeutende Firma, die auf die Produktion von Fahrzeugen spezialisiert ist, stellt seit einigen Jahren einen kleinen Lieferwagen mit elektrischem Antrieb, das Modell ES 38 V, her. Etwa 500 dieser Lieferwagen sind in den Stadtzentren in Japan in Dienst gestellt worden. Die Maximalgeschwindigkeit beträgt 55 km/h, und die Reichweite beläuft sich auf 40–60 km mit GS-Batterien mit automatischer Wasserversorgungsvorrichtung.

Die maximale Nutzlast ist auf 100 kg begrenzt bei Mitnahme von zwei Personen. Es finden eine einfache, normale Kupplung Verwendung sowie ein Vierganggetriebe. Der Verkaufspreis für diesen Lieferwagen beläuft sich in Japan auf etwa 5000 Dollar, demnach das Doppelte der Version mit Verbrennungsmotor. Dieser Nachteil wird allmählich, je nach der Steigerung des Produktionsniveaus, verringert. *Daihatsu* hat ebenfalls an dem Programm der MITI teilgenommen mit dem Modell EV 1, das im Rahmen der Phase I produziert wurde.

Bei der *Nissan Motor Company* konzentriert sich die Arbeit gegenwärtig auf das Modell EV 4, einen Lastwagen mit hoher Leistungsfähigkeit, der den Erfordernissen der Phase I des MITI-Programms entspricht. Die Nutzlast beträgt 1 Tonne bei einer Maximalgeschwindigkeit von 70 km/h. Die Reichweite übersteigt bei einer Geschwindigkeit von 40 km/h 230 km. Gegenwärtig werden bei der *Sanyo Electric Company* Versuche an dem Modell EV 4 durchgeführt, das mit einer Zink-Luft-Batterie ausgerüstet ist, die für eine Energiedichte von 91 Wh/kg entwickelt wurde. Die Ergebnisse dieser Versuche werden im Laufe des Jahres veröffentlicht werden. Der grösste Teil der bisher durchgeführten Untersuchungen der Firma *Nissan* waren auf die umgebaute «Laurel»-Limousine ausgerichtet. Dieses Modell verfügt über Nutzbremssystem und Klimaanlage und hat eine Strassenleistung, die mit derjenigen der Limousine vergleichbar ist, die ursprünglich mit einem Verbrennungsmotor ausgerüstet war; die Reichweite ist jedoch sehr begrenzt.

Die *Yuasa Battery Company* führt Versuche mit einer Akkumulatorenbatterie mit zahlreichen feinen Bleischichten mit Elektrolytzirkulation durch, die 61 Wh/kg bei fünfständiger Entladung ergibt. Dies ist das Ergebnis der mehrjährigen Erfahrung dieser Firma mit hochleistungsfähigen Bleibatterien.

Japan gibt gegenwärtig der praktischen Experimentierung von elektrischen Fahrzeugen, und zwar in einem gross angelegten Rahmen, den Vorrang. In dieser Beziehung sind eine Serie von japanischen Elektrofahrzeugen im Osadano Industrial Park, in der Nähe von Kyoto, im Zentrum der Hauptinsel, in Betrieb. *Daihatsu* hat sich an diesem Projekt beteiligt durch Bereitstellung von Kleinautobussen mit 15 Plätzen und leichten Lieferwagen, Typ ES 38 V. Mit Unterstützung der Lokalverwaltung werden diese Fahrzeuge in Leasing bewirtschaftet, und mehr als 50 Fahrzeuge sind gegenwärtig im Dienst, die völlig zufriedenstellend arbeiten.

Dank den koordinierten Anstrengungen, die in Japan gegenwärtig unternommen werden auf nationaler Ebene, be-

steht keinerlei Zweifel darüber, dass die Elektrofahrzeuge in zunehmender Anzahl in den nächsten Jahren auf dem Markt erscheinen werden. In Japan, wo der in bezug auf Umweltschutz und Brennstoffersparnis ausgeübte Druck viel grösser ist als anderswo, können wir ohne jeglichen Zweifel mit einem raschen und andauernden Fortschritt auf dem Gebiet der Elektrofahrzeuge im Laufe der nächsten Jahre rechnen.

Australien verfügt über eine strenge Gesetzgebung zum Schutze der nationalen Industrie und zur Einschränkung der Importe von Kraftfahrzeugen. Im Rahmen eines auf nationaler Ebene finanzierten und von der Universität in Flinders, Südaustralien, durchgeführten Projekts ist ein kontinuierlich variables hydrostatisches Getriebe für Privatfahrzeuge und Lieferwagen untersucht worden. Ein Motor mit konstanter Geschwindigkeit mit bedruckter Scheibe findet Anwendung, um hohe Leistungen bei einem niedrigen Preis zu erzielen. Die Versuche mit Prototypen sind zufriedenstellend ausgefallen, und gegenwärtig werden sechs bis acht Fahrzeuge hergestellt, wobei die Produktion von 50 weiteren Fahrzeugen vorgesehen ist. Es wird ein nationaler Hersteller gesucht, der in der Lage ist, die kommerzielle Durchführung dieses Projekts zu gewährleisten.

In Sidney hat die Firma *Leembruggen Associates* einen elektrischen Autobus mit 50 Plätzen entwickelt, und zwar ein völlig neuartiges Modell. Bei einer Verwendung von 2 Tonnen an Batterien für ein Gesamtgewicht, einschliesslich Ladung, von 14 Tonnen erreicht dieser Autobus 60 km/h und kann 3–4 Stunden im Stadtzentrum verkehren. Auf weltweiter Ebene findet dieser Autobus, Townobile, für die Verwendung in den Hauptverkehrszeiten ein grosses Interesse, da sich die Betriebskosten auf ungefähr die Hälfte eines Autobusses mit Dieselmotor belaufen würden, bei einer doppelten Lebensdauer. In technischer Hinsicht ist die Verwendung von Motoren in Verbindung mit einer Transmission durch Planetenzahnradgetriebe auf die Hinterräder, eine selbsttragende Rohrkonstruktion mit zusätzlichen, aus Glasfasern geformten Platten noch mehr ein Zeugnis von der Zeit vorausgreifenden Ideen auf dem Gebiet, wo der Umbau von Serienautobussen bisher am häufigsten war, wenn auch vielleicht weniger zufriedenstellend.

Grossbritannien hat von seiner langjährigen Erfahrung auf dem Gebiete der Elektrofahrzeuge profitieren können. Da sich mehr als 40 000 Lieferwagen bereits in Betrieb be-

finden, die keinerlei Probleme aufwerfen, verfügt das Land über eine aussergewöhnliche praktische Erfahrung, die die Entwicklung vor allem auf Lieferwagen und Lastwagen mit besseren Leistungen orientiert hat. Ohne jeglichen, auf nationaler Ebene koordinierten Plan, ist die Entwicklung den bereits auf die Entwicklung von elektrischen Fahrzeugen spezialisierten Firmen, wie beispielsweise *Crompton Electriccars* und *Harbilt*, überlassen worden.

Ein ausgedehntes Programm mit noch höheren Ambitionen wird von der in der Firma *Joseph Lucas Limited*, deren Batterien und Autozubehörteile in der ganzen Welt bekannt sind, durchgeführt. Diese Firma hat ihre Bemühungen auf Lieferwagen mit einer Nutzlast von 0,75–1,15 Tonnen ausgerichtet, die als das nächstliegende und nützlichste Anwendungsgebiet angesehen werden. Eine von der Firma Lucas durchgeführte Marktstudie hat ergeben, dass allein das Vereinigte Königreich jährlich wenigstens 10 000 Fahrzeuge dieses Typs mit Verbrennungsmotor durch Elektrofahrzeuge austauschen könnte.

Die Firma Lucas hat eine im Vergleich zu der SLI-Batterie verbesserte Antriebsbatterie mit dünnen Platten entwickelt. Die Energiedichte beläuft sich auf etwa 35 Wh/kg, und diese Batterien werden gegenwärtig unter normalen Bedingungen an zwanzig Bedford-CF-Lieferwagen mit einer Nutzlast von 1 Tonne erprobt, wovon einige an die Postverwaltung vermietet wurden, bei der sie gegenwärtig in Betrieb sind.

Die Firma Lucas verfolgt das Ziel, den Lieferwagen eine ausreichende Leistung zu verleihen, damit sie sich den Verkehrsbedingungen wirklich anpassen können, und auf jeden Fall eine Beschleunigung, die ebensogut oder besser ist als diejenige, die von vergleichbaren Lieferwagen mit Benzin- oder Dieselmotor erreicht wird. Die Verwendung eines Serienmotors mit durch Zerhacker kontrollierter Geschwindigkeit ermöglicht einen höchst wirkungsvollen und reibungslosen Antrieb mit einer Nutzbremmung, die bis zum Stillstand des Fahrzeugs wirkungsvoll ist.

Ausser dieser Anwendung bei Lieferwagen ist dieser Antrieb ebenfalls an ein Luxustransportfahrzeug mit 10 Sitzplätzen (Pullman Lucas) angepasst worden und kürzlich an ein elektrisches Taxi.

Das Taxi ist das erste vollständig originale Fahrzeug, das von der Firma Lucas entwickelt wurde. Es erfüllt sämtliche der gegenwärtigen, die Taxis von London betreffenden Bestimmungen, ist jedoch mehr als 1 m kürzer. Eine zusätzliche Verbesserung in bezug auf die Reichweite und die Leistung im Vergleich zu den umgebauten Bedford-Fahrzeugen erfolgte durch Steigerung des Verhältnisses zwischen Batteriegewicht und Fahrzeuggewicht. Das angestrebte Ziel ist, eine Reichweite von mehr als 160 km in der Stadt zu erreichen, obwohl die Taxis in London eine Reichweite von etwa 250 km haben sollten, um eine ausreichende Sicherheitsreserve aufweisen zu können. Ein bedeutender Vorteil dieses Taxis ist das leichte Auswechseln der Batterien. Das Auswechseln kann, falls das Taxi auf eine Hebebühne gesetzt wird, in weniger als 3 Minuten durchgeführt werden. Es ist unbestreitbar, dass ein grosser Teil der Taxis mit Elektrizität betrieben werden könnte. Dies ist ein Gebiet, bei dem wir eine direkte Massnahme der Regierung wünschen.

Ein «Midi»-Autobus mit 34 Sitzplätzen ist ebenfalls konstruiert worden, um in Manchester eingesetzt zu werden, und



Fig. 3 Midi-Bus der Lucas Industries Ltd.

Max. Geschwindigkeit: 70 km/h  
Transportkapazität: 34 Personen  
Reichweite pro Batterieladung: über 100 km

zwar im Zubringerverkehr «Centrelines», wo er sehr gut aufgenommen wurde (Fig. 3). Dieser Dienst erfordert eine Verwendung in Perioden von 12 Stunden und eine Reichweite von etwa 70 km. Der «Midi»-Autobus der Firma Lucas kann eine solche Leistung gut mit einer einzigen Batterieladung erfüllen. Im Januar 1975, bevor dieser Dienst eingerichtet wurde, ist der Autobus auf der Autostrasse von Birmingham nach Manchester eine Strecke von 150 km ohne Halt gefahren. Mit einer Batterie von 2,2 Tonnen, in der eine Energie von 70 kWh gespeichert ist, ist es natürlich möglich, eine bedeutende Reichweite bei einer konstanten Geschwindigkeit von etwa 50 km/h zu erreichen. Die Reichweite ist im allgemeinen um die Hälfte grösser als diejenige, die bei einem Dienst mit häufigem Anhalten im Stadtzentrum erreicht wird. Die von der Firma Lucas im Stadtzentrum erzielte Reichweite ist deshalb sehr beachtenswert.

Die Firma *Advanced Vehicle Systems* (AVS) hat ihre Anstrengungen auf die Entwicklung eines neuen Antriebssystems für elektrische Fahrzeuge konzentriert, wobei die elektrische Steuerung durch Zerhacker, die gleichzeitig geläufiger und teurer ist, ersetzt wurde und trotzdem eine gute Leistung, eine geringfügige Wartung und eine Nutzbremmung gewährleistet ist. Verschiedene Prototypen von Lieferwagen funktionieren mit dem AVS/Hobbs-System und erreichen Geschwindigkeiten von mehr als 80 km/h und eine nutzbare Reichweite von 80–100 km bei Anwendung von Batterien von 26 Wh/kg. Ein Leyland-Lieferwagen von 0,25 Tonnen wird gegenwärtig entwickelt für die kommerzielle Verwendung im Rahmen eines Automobilparks. Die wirtschaftlichen Berechnungen erweisen sich für diese Lieferwagen als zufriedenstellend, und zwar aufgrund der beträchtlichen Einsparungen, die an den Kosten für Motor und Getriebe erzielt wurden. In England werden jährlich Einsparungen von 30 % der Gesamtbetriebskosten festgestellt.

Das *Electricity Council* hat im Vereinigten Königreich ein Angebot ausgeschrieben für die Entwicklung eines zweisitzigen Elektrofahrzeugs. Dies hat zu einer grossen Anzahl von Projekten geführt, und 1972 ist ein Vertrag unterschrieben worden mit der Firma *Enfield Automotive* für die Lieferung von 60 Stadtfahrzeugen des Typs Enfield 8000 an die regionalen Elektrizitätsversorgungsbetriebe in England (Aera Boards). Das Enfield-Fahrzeug (Fig. 4) hat durch eine perfekte Anpassung an den in Betracht gezogenen Zweck bewiesen, wie leicht es möglich ist, Batterien und Fahrgäste auf sehr kleinem Raum unterzubringen, ohne dadurch den Komfort und die Sicherheit der Fahrgäste zu beeinträchtigen. Der Enfield-Wagen hat erfolgreich sämtliche Kollisionsversuche überstanden und zur Aufstellung neuer Normen für Komfort und Sicherheit beigetragen, die auf die elektrischen Fahrzeuge Sebring-Vanguard und Elcar, die in grösserer Serie hergestellt werden, ausgedehnt werden sollten. Aufgrund der Tatsache, dass der Enfield-Wagen in kleiner Serie hergestellt wird, ist der Preis von 4500 Dollar viel zu hoch, um auf dem Markt vordringen zu können. Falls nicht umfangreiche Investitionen erfolgen, um ein Werk für die Grossproduktion zu bauen, wird keinerlei Hoffnung bestehen, diesen Preis zu reduzieren. Die auf 50 km pro Batterieladung begrenzte Reichweite bleibt ebenfalls ein kommerzielles Handicap für die Zukunft dieses Fahrzeugs. Etwa 80 Fahrzeuge sind hergestellt worden und sind zurzeit in der Welt in Betrieb.



Fig. 4 Enfield 800

Max. Geschwindigkeit: 65 km/h  
Reichweite pro Batterieladung 50 km

*Chloride* ist einer der grössten Fabrikanten von Industrie- und SLI-Batterien im Vereinigten Königreich. Wie die Firma Lucas hat diese Firma zahlreiche Anstrengungen unternommen, um die Fahrzeugtechnik zu verbessern. Herr Geoff Cooper, technischer Direktor von Chloride, erklärte: «Wir glauben, dass ein sehr guter Markt für elektrische Fahrzeuge mit begrenzter Reichweite vorhanden ist, und zwar unter der Bedingung, dass wir bei diesen Fahrleistungen erzielen, die wenigstens mit denen der durch Verbrennungsmotor angetriebenen Konkurrenzfahrzeuge gleichartig sind. Unser erstes Beispiel ist der Autobus 'Silent Rider', der gegenwärtig einen Passagiertransport in Manchester gewährleistet.» Der Autobus funktioniert mit den industriellen, normalen Batterien von Chloride, wodurch ihm im Stadtzentrum eine Reichweite von 50–60 km verliehen wird (Fig. 5). Die Batterie hat eine Lebensdauer von fünf bis sechs Jahren, so dass die Betriebskosten sehr gering sind. Das nächste Ziel von Chloride ist eine Steigerung der Energiedichte um etwa 50 %, und zwar unter Beibehaltung der Lebensdauer von 1000 Zyklen. Versuche mit einem neuen Element auf dem Versuchsstand zeigen, dass dieses Ziel erreicht werden wird. Der Lieferwagen «Silent Carrier» ist kürzlich eingeführt worden. Er hat eine Nutzlast von 1500 kg und eine Maximalgeschwindigkeit von 60 km/h. Dieser Lieferwagen ist zusammen mit Britain's National Freight Corporation entwickelt worden, die sofort 2000 dieser Lieferwagen verwenden könnte, wodurch sich zeigt, dass die Benutzer in naher Zukunft substantielle Einsparungen erzielen können.

Chloride beteiligt sich ebenfalls an der Entwicklung des Natrium-Schwefel-Akkumulators mit hoher Energiedichte, des letzten Schreies der Technik. Dieser Akkumulator soll bei einer Temperatur von 350 °C in einem versiegelten Gehäuse mit kontrollierter Temperatur funktionieren, aber die Energiedichte könnte bis auf das Fünffache derjenigen der Blei-Akkumulatorenbatterien gesteigert werden. Dieses System wird gegenwärtig durch ein Konsortium entwickelt, zu dem British Rail, Electricity Council und Chloride gehören. Es wird noch drei Jahre dauern, bevor die Natrium-Schwefel-Batterien Gegenstand von realen Betriebsversuchen werden. Autobusse und Lastwagen dürften am ehesten von dieser neuen Technik profitieren können.

In Frankreich setzt die *Electricité de France* (EdF) seit drei Jahren Versuche an den Fahrzeugen Renault R4 und



Fig. 5 Stadtbuss «Silent Rider», entwickelt von der Akkumulatorenfabrik Chloride in Zusammenarbeit mit SELNEC, einer britischen Transportunternehmung

Max. Geschwindigkeit: 65 km/h  
 Transportkapazität: 50 Personen  
 Reichweite pro Batterieladung: 65 km

R5 fort. Eine grosse Anzahl von diesen sind in den französischen Städten in Betrieb, und wir warten ungeduldig darauf, die Ergebnisse dieser Untersuchungen zu erfahren, die während dieses Symposiums veröffentlicht werden.

Die Firma SOVEL führt ein umfangreiches Versuchsprogramm in Verbindung mit der EdF in ganz Frankreich durch. Die Autobusse mit 50 Sitzplätzen sind in etwa 16 französischen Städten in Betrieb, und die Herstellung eines neuen Typs mit 35 Sitzplätzen, der den Erfordernissen, die sich für Elektrofahrzeuge ergeben, entspricht, ist vorgesehen.

Eine kleine französische Firma mit dem Namen *Teilhol*, deren Geschäftssitz in Courpière, im Zentrum von Frankreich, ist, stellt das Modell «Citadine», ein sehr praktisches elektrisches Fahrzeug mit drei Rädern, her. Bei diesem Fahrzeug wird ein kleiner Motor von 4 kW benutzt, und es profitiert von dem Gesetz, in dem angeführt wird, dass für Fahrzeuge, deren Geschwindigkeit 30 km/h nicht überschreitet, kein Führerschein erforderlich ist. Gegenwärtig werden davon etwa 40 Fahrzeuge pro Monat hergestellt.

Die raffiniertere Ausführung «Handicar» ist mit einer Hinterradfederung mit elektrischer Steuerung versehen, die den Zugang für Behinderte erleichtert. Der Fahrer kann, wenn er sich einmal im Innern des Fahrzeugs befindet, die hintere Tür schliessen und das «Handicar» in seinem Rollstuhl sitzend lenken. Dies ist eine besonders intelligente Illustrierung der Vielfältigkeit von Elektrofahrzeugen für spezielle Verwendungszwecke.

Die Entwicklung von elektrischen Fahrzeugen in der Bundesrepublik Deutschland ist um das Konsortium GES, dessen Geschäftssitz sich in Düsseldorf befindet, zentriert. Die GES hat im Rahmen einer bemerkenswerten Koordinierung ihre Bemühungen auf die Entwicklung von elektrischen Lastwagen und Autobussen ausgerichtet. Die GES ist zusammengesetzt aus den Firmen *Varta* (Batterien), *Bosch* und *Siemens* Motoren und Getriebe), *Mercedes* und *VW* (Fahrzeuge) und *RWE* (Stromversorgung).

Ursprünglich hat die GES elektrische VW-Lieferwagen, «Transporter» genannt, sowie 20 Mercedes-Lastwagen für Betriebsversuche hergestellt. Diese VW-«Transporter»-Lieferwagen sind mit Motoren von 16 kW und einer Varta-Batterie von 21,6 kWh ausgerüstet. Sie weisen eine Reichweite von 50–60 km auf. Die Versuche haben noch nicht den Beweis ergeben, dass diese Lieferwagen den Benutzern ermöglichen, Einsparungen im Vergleich zu den üblichen Modellen zu machen. Eine Reduzierung des Kaufpreises müsste mit den an den Batterien erzielten Einsparungen einhergehen, bevor man wirklich Vorteile für den Benutzer, der über einen Automobilpark verfügt, erzielen kann. Herr Dr. Müller (GES) hat es beispielsweise so ausgedrückt: «Die sich der deutschen Regierung gegenwärtig bietenden Optionen, um dem hohen Preis für importiertes Rohöl entgegenwirken zu können, sind sehr begrenzt. Die Regierung kann nur den Brennstoff rationieren, die Importe einschränken oder die Steuern auf Brennstoffe erhöhen, was sich zugunsten des elektrischen Fahrzeugs auswirken würde.»

Die GES hat ebenfalls in einem grossen Rahmen eine Versuchsreihe mit elektrischen Autobussen in Mönchengladbach und Düsseldorf organisiert. Das Chassis ist von *MAN* geliefert worden mit Batterien, die auf einem *Hoesch*-Anhängers montiert sind. *Voith* hat Ladestationen konstruiert, bei denen von der Firma *BBC* entwickelte Ladegeräte Anwendung finden. Die Batterien können innerhalb einer Zeit von 4 Minuten in den automatischen Ladestationen ausgetauscht werden, die längs der Autobusstrecke angeordnet sind.

Bei einem zwei- bis dreimaligen Aufladen der Batterie und Geschwindigkeiten bis zu 60 km/h können diese Autobusse mit einem Gesamtgewicht im beladenen Zustand von 16 Tonnen durchschnittlich 240 km pro Tag zurücklegen. Die Betriebskosten sind 30 % höher als diejenigen der Dieselaubusse. Nichtsdestoweniger sind bereits 13 Millionen DM in dieses Projekt investiert worden, und zwar in Vorausicht auf neue Steigerungen der Rohölpreise.

*Varta* hat einen «Batterieblock» für Autobusse mit Wasserkühlung, automatischem Ladeanzeiger und automatischer Wasserstandskontrolle entwickelt. *Varta* hat ebenfalls eine ausgezeichnete Serie von Batterien mit hoher Energiedichte hergestellt, die ein günstiges Lebensdauer/Energiedichte-Verhältnis bieten. Es handelt sich um leichte, mittlere und schwere Ausführungen mit automatischem Wasserversorgungssystem. Diese Batterien werden gegenwärtig in Elektrofahrzeugen in der ganzen Welt montiert und bieten den Herstellern die Möglichkeit, die Batterie, die für jedes spezifische Anwendungsgebiet am besten geeignet ist, auszuwählen.

Eine andere Firmengruppe, die *Deutsche Automobilgesellschaft* (DAUG), hat einen Antrieb mit Drehmomentumformer für eine bestimmte Anzahl von VW-Lieferwagen entwickelt. Unter Verwendung eines Drehmomentumformers von geringen Kosten, eines Motors mit Feldsteuerung und Batterien in Serie/Parallel-Schaltung erreicht der DAUG-Lieferwagen eine ausgezeichnete Wirtschaftlichkeit mit einem Nutzbremssystem. Die von diesen Fahrzeugen erreichte Reichweite ist etwas niedriger als diejenige der GES-Fahrzeuge aufgrund der zusätzlichen Verluste im Getriebe. Die Kosten des Antriebs sind jedoch um das Zweifache niedriger als diejenigen des kompletten elektronischen Systems.

### 3. Zukunftsperspektiven

Bei der Zusammenfassung der Entwicklungen der elektrischen Fahrzeuge in der Welt lässt sich gewiss behaupten, dass es keine magische Formel gibt, die den zukünftigen kommerziellen Erfolg der elektrischen Fahrzeuge bestimmen könnte. Die Entwicklung der Batterien – die äusserst unterschiedlich ist – ist immer noch massgebend, wenn man erreichen will, dass die elektrischen Fahrzeuge von der Öffentlichkeit noch besser aufgenommen werden. Jedoch sind die gegenwärtig unternommenen Bemühungen, die dem Chassis, dem Motor und dem Antrieb gewidmet sind, für eine optimale Anwendung der in der Batterie begrenzt verfügbaren Energie ebenfalls von grosser Bedeutung.

Es ist unbestreitbar, dass der stets wachsende Druck in bezug auf den Schutz der Umwelt und die Brennstofferspar-

nis einen Anreiz für die Entwicklung der elektrischen Fahrzeuge darstellen. Die letzten Jahre der intensiven Entwicklung haben uns lediglich das reale Potential der elektrischen Fahrzeuge aufgezeigt und an den Tag gelegt, wieviel noch zu machen ist, um daraus ein Maximum herauszuholen. Ich bin davon überzeugt, dass die erforderlichen Lösungen gefunden werden, dass die technische Entwicklung sich beschleunigen wird und dass die Öffentlichkeit sich immer mehr von den Vorteilen der elektrischen Fahrzeuge überzeugen lassen wird.

#### Adresse des Autors

Sir Jon M. G. Samuel, Advanced Vehicle Systems Ltd., Bessemer Road, Welwyn Garden City, Herts (GB).

## Energiequellen für Elektrofahrzeuge

Von Frederick J. Port

*Noch vor einigen Jahren gab man der Entwicklung von leistungsfähigen Traktionsbatterien keine grossen Chancen. Die ursprünglich projektierten rund 25 verschiedenen Batterietypen sind heute auf 4 zusammengeschmolzen, die Aussicht auf Erfolg bieten. Es sind dies eine verbesserte Blei-Säure-Batterie, dann die Nickel-Zink- und die Zink-Chlor-Batterie und als Zukunftshoffnung die Natrium-Schwefel-Batterie. Diese Entwicklungen können mit einiger Zuversicht beurteilt werden und würden, sofern sie in ein optimiertes Elektrofahrzeugsystem eingegliedert werden können, zu einer attraktiven Fahrleistung führen.*

### 1. Allgemeines

Vor zehn bis fünfzehn Jahren war der Hauptbeweggrund für die Entwicklung des Elektrofahrzeugs die Luftverschmutzung. Zwar sind durch Weiterentwicklung der Verbrennungsmotoren nicht unwesentliche Verbesserungen erzielt worden, leider aber auf Kosten erhöhten Kraftstoffverbrauchs. Nun sind sich heute jedoch weitblickende Leute darin einig, dass die Welt es sich einfach nicht leisten kann, Erdöl für Zwecke zu verwenden, für die eine sinnvolle Alternative besteht bzw. geschaffen werden kann. Der Erdölboykott und die drastischen Preissteigerungen haben erheblich zur Entwicklung dieses Bewusstseins beigetragen.

Dieser Umstand hat der Entwicklung des Elektrofahrzeugs erhöhte Berechtigung verliehen und darüber hinaus ihre volkswirtschaftliche Bedeutung erhöht. Ob die Reaktion der Öffentlichkeit den Sachverhalten entspricht, darüber lässt sich streiten; sicher ist jedoch, dass sie einen bedeutenden Nebeneffekt bewirkt hat, nämlich die Motivierung der Regierungsbehörden zur Beteiligung an der bevorstehenden Aufgabe. Selbst diejenigen, für die die unternehmerische Freiheit unabdingbar ist, können sinnvolle Regierungsbeteiligung an den mit hohen Investitionen und erheblichen Risiken verbundenen Arbeiten, die zur Verminderung unserer Anfälligkeit gegenüber abnehmenden Ölreserven erforderlich sind, nur begrüssen. Denn was würde die Nachwelt über uns sagen, wenn wir und alle Verantwortlichen jetzt nicht täten, was in unseren Kräften steht?

*Il y a quelques années encore, on accordait peu de chances de réussite aux travaux de mise au point de puissantes batteries destinées à la population. Des quelque 25 projets initiaux de différents types de batterie, il ne reste aujourd'hui plus que 4 qui ont des chances d'aboutir. Il s'agit notamment des projets d'une batterie améliorée à plomb et acide, d'une batterie à nickel et zinc et d'une autre à zinc et chlore, et finalement, comme perspective d'avenir, d'une batterie à natrium et soufre. Ces conceptions autorisent de bons espoirs, et, dans la mesure où elles peuvent être utilisées sur un véhicule électrique bien optimisé, elles devraient permettre à celui-ci d'intéressantes performances.*

Ein weiteres Ereignis war – zumindest in den Vereinigten Staaten – ein Meinungswandel bezüglich des meistversprechenden Sektors des Elektrofahrzeugmarktes. In den frühen Tagen des Elektrofahrzeugs richteten sich die Entwicklungsanstrengungen angesichts der tatsächlichen Leistungsmöglichkeit dieser Fahrzeuge auf Lieferwagen und Busse.

Zu jener Zeit waren die Unternehmen davon überzeugt, dass für diese Art Fahrzeuge «logische» Märkte bestünden. Diese Ansicht herrschte natürlich auch in Westeuropa, in Japan und – laut der Presse – auch in Russland und in den Ostblockstaaten vor.

In Amerika haben wir jedoch darüber hinaus noch einen etwas ungewöhnlichen Markt, dessen Entwicklung durch die Ereignisse seit jenen Jahren begünstigt worden ist. Es ist dies der Markt für Familienzweit- und -drittwagen. Über ein Drittel aller amerikanischen Familien, die Autobesitzer sind, haben mehr als einen Wagen. Gemäss Schätzungen gab es in diesen Familien im Jahr 1975 27 Millionen Zweit- und Drittwagen, und für 1980 wird diese Zahl auf 32 Millionen angesetzt. Statistiken, die indirekt über die Verwendung dieser Zweit- und Drittwagen Auskunft geben, lassen den Schluss zu, dass, vom Standpunkt ihres Einsatzes aus betrachtet, etwa die Hälfte der auf diesen Markt entfallenden Fahrzeuge durch dem neuesten Entwicklungsstand entsprechende Elektrofahrzeuge ersetzt werden können. Das wären etwa 16 Millionen Fahrzeuge im Jahr 1980.