

# Stand der Elektromobil-Entwicklung und getroffene Massnahmen zur Realisation der Verkehrstauglichkeit

Autor(en): **Oehms, K.J.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins : gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)**

Band (Jahr): **63 (1972)**

Heft 8

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-915682>

## **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.

# Stand der Elektromobil-Entwicklung und getroffene Massnahmen zur Realisation der Verkehrstauglichkeit<sup>1)</sup>

Von K. J. Oehms, Essen

629.113.65 : 656 : 061.3

## 1. Allgemeines

In einem für die Internationale Motorwagen-Ausstellung Berlin 1899 herausgegebenen Katalog wird von der Daimler-Motoren-Gesellschaft über die Vorzüge des Elektrobetriebes folgendes ausgeführt:

«Während die Motorfahrzeuge mit Benzin-, Dampftrieb etc. gleichsam den bürgerlich-gewerblichen, starken und kräftigen Typus derjenigen Beförderungsmittel repräsentieren, die gebaut werden, um schwere Lasten zu transportieren, lange Strecken auf Landstrassen mit mehr oder minder gutem Pflaster zurückzulegen, haben die elektrischen Fahrzeuge die mehr aristokratische Aufgabe zu erfüllen, in verkehrsreichen Strassen der Großstädte geräusch- und geruchlos zu verkehren, angenehmer, bequemer und schneller, als es das beste Pferdegespann im Luxuswagen zu leisten imstande wäre.

Die Entfernung, die elektrische Fahrzeuge, ohne Neuladung der Akkumulatoren zurücklegen können, hängt von der Leistungsfähigkeit der Akkumulatoren selbst ab; im allgemeinen ist die Grenze hierfür etwa 60 km.»

Wir wissen, dass sich das Elektrofahrzeug gegenüber dem Benzinfahrzeug nicht durchsetzen konnte. In den USA, von wo aus der Impuls kam, zeigte das Elektrofahrzeug zwar eine grössere Widerstandskraft als in Europa, aber auch dort wurde die Serienfertigung anfangs der zwanziger Jahre eingestellt.

Obwohl uns in unseren heutigen Kraftfahrzeugen ausgeiferte und ausgefeilte Produkte mit einer mehr als fünfzigjährigen Entwicklung und Erprobung zur Verfügung stehen, beschäftigen sich alle grossen Fahrzeughersteller der Welt heute wieder ernsthaft mit dem Elektrostrassenfahrzeug.

Woran liegt das?

Die Antwort auf diese Frage ergibt sich aus den Siedlungsgewohnheiten des Menschen in diesem industriellen Zeitalter.

Überall in der Welt wandern die Menschen aus der Landwirtschaft ab in die Städte und bilden immer grössere industrielle Ballungsräume. Für diese Ballungsräume ist das Elektrostrassenfahrzeug aus drei Gründen prädestiniert:

a) Der in den Ballungsräumen übliche Go-and-stop-Verkehr mit seinen dauernden schnellen Lastwechseln und langen Leerlaufzeiten wird vom Elektroantrieb besser beherrscht als von der Verbrennungsmaschine.

b) Die täglichen Fahrleistungen sind bei der Mehrzahl der in den Ballungsräumen eingesetzten Fahrzeuge kleiner als 50 km. Die geringe Reichweite des Elektrostrassenfahrzeuges ist deshalb im Ballungsraum keine unzumutbare Behinderung mehr für den Betreiber, zumal sich die Reichweite wegen der Verbesserung der Energiequellen bald auf 100 km pro Ladung steigern lassen wird.

c) Die konzentrierte Ansammlung von Verbrennungsmotoren heutiger Bauart hat in den grossen Städten zu einer Umweltbelastung geführt, die durch den Einsatz von Entgiftungsanlagen, um die sich die Hersteller jetzt ausserordentlich bemühen, zwar sehr vermindert werden könnte, jedoch wird man nie wie mit dem Elektrostrassenfahrzeug ganz abgasfrei fahren.

<sup>1)</sup> Vortrag, gehalten an der Informationstagung der Elektrowirtschaft über Möglichkeiten und Grenzen des Elektromobils am 19. Januar 1972 in Zürich.

## 2. Stand der Elektromobil-Entwicklung

Welche technischen Eigenschaften könnten nun bei einem zum Beispiel 1975 in Serienproduktion gehenden Elektrostrassenfahrzeug verwirklicht werden? Wodurch würde sich ein solches Fahrzeug von denen der Bauart früherer Jahre unterscheiden, die von der Öffentlichkeit als für den flüssigen Verkehr ungeeignet und zu langsam angesehen wurden?

Zur Beantwortung dieser Frage soll zunächst einmal ein Blick auf den Elektrotransporter der Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH geworfen werden, der in Zusammenarbeit mit Bayer, Bosch, RWE<sup>1)</sup> und Varta<sup>2)</sup> entstanden ist (Fig. 1 und 2).

### 2.1 Motor

Der Antrieb erfolgt über einen fremderregten Gleichstrom-Nebenanschlussmotor der Bosch GmbH mit einem Gewicht von 95 kg. Er hat eine Stundenleistung von 26 kW und eine für die Beschleunigungsphase einsetzbare Kurzzeitleistung von 44 kW.

Als Motoren für eine Serienfertigung stehen derzeit nur Gleichstrom-Reihen- und -Nebenschlussmotoren zur Diskussion. Dabei zeigt die fremderregte Gleichstrom-Neben-

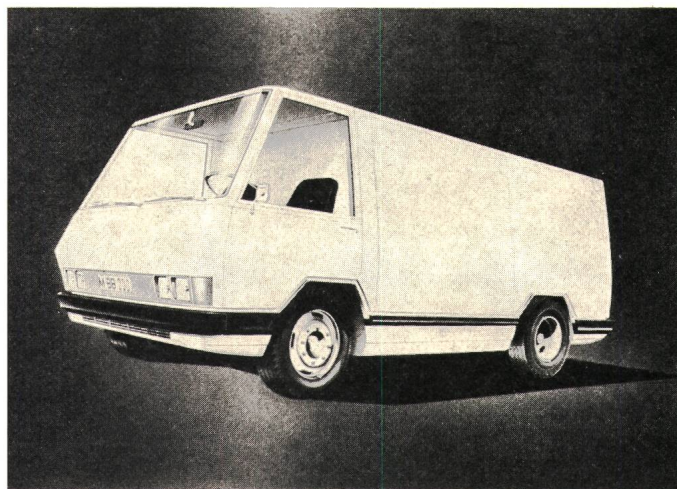


Fig. 1  
Elektrotransporter der MBB

schlussmaschine für das Elektrostrassenfahrzeug die besten Eigenschaften. Im unteren Drehzahlbereich bringt sie das hohe Drehmoment des Reihenschlussmotors durch Steuerung der Reihenspannung, und im oberen Drehzahlbereich wird dann bei Anwendung der Feldschwächung im Gegensatz

<sup>1)</sup> RWE = Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG.

<sup>2)</sup> Varta = Varta Pertrix-Union GmbH.



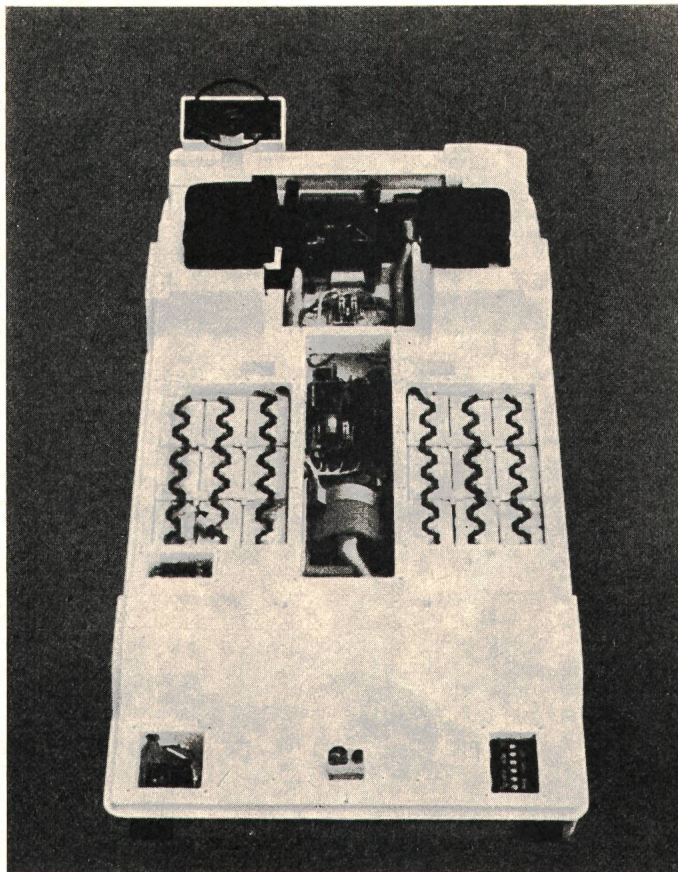


Fig. 2  
Chassis der MBB-Elektrotransporter

zum Reihenschlussmotor noch ein ausreichendes Drehmoment für die Einhaltung der Spitzengeschwindigkeit erzeugt. Deshalb kann dann beim Elektrofahrzeug das bei konventionellen Fahrzeugen übliche Getriebe entfallen.

Technik und Gewicht des Gleichstrommotors sind trotz des immer noch verhältnismässig empfindlichen Kollektors schon sehr zufriedenstellend. In Schienenfahrzeugen werden Laufleistungen von mehr als 500 000 km erreicht. Der noch leichtere und robustere Drehstrommotor, kombiniert mit einem entsprechenden Umrichter, wird aus wirtschaftlichen Gründen vorerst nicht zum Einsatz in der Serienfertigung kommen.

Der oft diskutierte Radnabenmotor stellt noch eine Reihe ungelöster technischer Probleme. Er erhöht die ungefederten Massen der Räder und ist als Kollektormotor den Stossbeanspruchungen sicherlich nicht gewachsen.

### 2.2 Steuerung

Die früher übliche Widerstandssteuerung war mit hohen Verlusten behaftet, die die Reichweite der Elektrostrassenfahrzeuge sehr negativ beeinflussten. Die verlustarme Thyristorsteuerung hat hier Abhilfe geschaffen und die Reichweite der Elektrostrassenfahrzeuge um wenigstens 10 % vergrößert. Die Thyristorsteuerung ermöglichte dadurch einen der entscheidendsten technischen Fortschritte im Elektrostrassenfahrzeugbau.

Die mit ihr fast ohne Mehraufwand einfach und effektiv zu verwirklichende Nutzbremmung erhöht die Reichweite von Fahrzeugen im innerstädtischen Einsatz nochmals um 10 bis 25 %. Hinzu kommt die Möglichkeit zur stufenlosen Regelung, die dem Elektrostrassenfahrzeug bedeutend bessere

Fahreigenschaften verleiht. Die dem Motor während der Beschleunigungsphase abverlangte Kurzzeitleistung kann den jeweiligen momentanen Motortemperaturen angepasst werden. Die Thyristorsteuerung wird schon seit einiger Zeit mit grossem Erfolg bei mit Gleichstrom gespeisten Schienenfahrzeugen angewendet. Bei kleineren Elektrostrassenfahrzeugen wird auf sie zwar heute noch oft aus Kostengründen verzichtet. Sie wird aber bei dem schnellen Fortschritt der Entwicklung auf dem Gebiet der Halbleitertechnik bald in allen Elektrostrassenfahrzeugen Verwendung finden.

Die Firma Bosch lieferte für den MBB-Transporter<sup>3)</sup> und den MAN-Bus<sup>4)</sup> die elektronische Impulssteuerung. Sie hat Zweipunktregelung mit variabler Impulsfrequenz und variabler Impulsdauer und erlaubt einen Bremsbetrieb mit Energierücklieferung an die Batterie bis zum Fahrzeugstillstand.

### 2.3 Energiequellen

Die Gleichstrommotoren und die ihre Drehzahl und Leistung regelnden Impulssteuerungen mit Leistungselektronik haben einen sehr hohen technischen Stand erreicht. Das entscheidende technische Problem im gesamten elektrischen Antriebssystem ist die Energiequelle.

Unter den technisch ausgereiften Energiespeichern ist heute aus wirtschaftlichen Gründen nur der Blei-Säure-Akkumulator einsetzbar. An ihm wurden in den letzten Jahren verschiedene Verbesserungen vorgenommen. So konnte durch Änderungen im Aufbau die Strombelastbarkeit der Panzerplatten-Batterien kräftig erhöht und die Lebensdauer verlängert werden. Die hohe Strombelastbarkeit der Batterien erlaubt wiederum die Verwendung von Motoren höherer Leistung, die den Elektrostrassenfahrzeugen eine Beschleunigung ermöglichen, die in den unteren Geschwindigkeitsbereichen in einigen Fällen sogar besser als bei herkömmlichen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren ist.

Im Gegensatz zu älteren Elektrostrassenfahrzeugen vermögen sich die heute entwickelten Typen auch mit Blei-Säure-Akkumulatoren dem Verkehrsfluss auf unseren innerstädtischen Schnellwegen und Strassen mühelos anzupassen. Die verbesserte Strombelastbarkeit ermöglicht neben den aufgezeigten Vorteilen auch eine schnellere Nach- und Zwischenladung der Blei-Säure-Batterien. Das spezifische Energiegewicht des Blei-Säure-Akkumulators einschliesslich Batterietrog wurde seit der Jahrhundertwende – bezogen auf eine fünfstündige Entladung – auf etwa 35 Wh/kg vervierfacht. Mit anderen Worten: Zur Speicherung einer einzigen kWh wird eine Batterie mit einem Gewicht von 30 kg benötigt.

Die Fahrzeughersteller und Betreiber fordern eine Reichweite des Elektrostrassenfahrzeuges von 150...200 km. Dazu müsste das spezifische Energiegewicht der Bleibatterie von jetzt 35 Wh/kg auf etwa 60 Wh/kg verbessert werden, was durchaus noch realisierbar ist. Mit solchen Blei-Säure-Batterien liesse sich dann die Zeit bis zum produktionsreifen Abschluss der Entwicklung neuartiger Energiespeicher, von denen im Referat von Dr. F. Kurth die Rede ist, überbrücken.

Bleibatterien mit hoher Energiedichte werden heute noch von Hand in Einzelfertigung hergestellt. Um den Herstel-

<sup>3)</sup> MBB = Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH.

<sup>4)</sup> MAN = Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG.



lungspreis von heute etwa 10 DM/kg auf 3...4 DM/kg Batteriegewicht zu senken, ist der Ausbau einer rationalisierten Massenproduktion notwendig, wie man sie heute nur für Starterbatterien kennt. Eine solche billige Serienfertigung wird zwar die Lebensdauer der Bleibatterie von heute etwa 1500 ... 2000 möglichen Ladezyklen stark herabsetzen. Eine billige Batterie mit mittlerer Lebensdauer kann aber bei den hohen Kapitalkosten wirtschaftlicher als eine teure Batterie mit hoher Lebensdauer sein.

### 3. Entwicklungsstand in Japan

Es sei noch einmal daran erinnert, dass das Elektrostrassenfahrzeug in absehbarer Zukunft kein Fahrzeug für den Fernverkehr sein will. Für den Verkehr in den Ballungsräumen besitzt es aber auch mit Blei-Säure-Batterien schon heute völlig ausreichende Fahreigenschaften.

So beträgt die Höchstgeschwindigkeit der in Deutschland geplanten Transporter 80 km/h, ihre Steigfähigkeit mehr als 20 %. Die Fahrzeuge beschleunigen in weniger als 9 s von 0 auf 50 km/h und fahren mit einer Batterieladung je nach Fahrweise 60 ... 100 km weit.

In Japan hat man heute wohl die unterschiedlichen Aufgabenstellungen im Ballungsverkehr und im Fernverkehr am klarsten erkannt. Diese Erfahrung wurde in einer Reihe von persönlichen Gesprächen bei Behörden und Herstellern im November letzten Jahres in Japan gewonnen.

Der Lage des Landes und der für europäische Verhältnisse ungeheuren Menschenkonzentration in wenigen grossen, sehr dicht bebauten Großstädten entsprechend, ist das Problem der Umweltbeeinträchtigung in Japan besonders akut. Von den etwa 100 Millionen Einwohnern leben allein etwa 25 Millionen in den sechs immer noch rasch weiter wachsenden Millionenstädten der Hauptinsel Honshu.

Der Anteil der Autobahnen an den japanischen Fernstrassen ist ausserordentlich klein, und die Fernstrassen sind zum Teil noch nicht auf einen starken Autoverkehr eingestellt. Der grösste Teil des japanischen Landverkehrsnetzes sowohl für den Personen- als auch den Gütertransport besteht aus ausgezeichneten und gut ausgelasteten Eisenbahnlinien, die die Ballungsräume miteinander verbinden.

Der Strassenverkehr konzentriert sich derzeit hauptsächlich auf die Städte. Dort muss man in den nächsten Jahren noch mit einer Verschärfung der Probleme rechnen. Dementsprechend erwägt man schon heute drastische Massnahmen wie zum Beispiel totale Verkehrsstille an einem Sonntag je Monat, um die Städte «auszulüften», oder aber in absehbarer Zukunft weitestgehende Einführung der Elektrotraktion mit Eisenbahnen, U-Bahnen, batteriegetriebenen Strassenfahrzeugen. Von der Abgasentgiftung der konventionellen Automobile erwartet man nur Teilerfolge. Und man sieht sich zur staatlichen Reglementierung verpflichtet beziehungsweise gezwungen. Um zum Beispiel die Verstopfung der engen Strassen durch den ruhenden Verkehr besser beherrschen zu können, werden in Tokio, Nagoya und Osaka Neuzulassungen von Automobilen seit kurzem nur noch dann erteilt, wenn ein Unterstellplatz ausserhalb der Strasse nachgewiesen werden kann.

Das Elektrostrassenfahrzeug wurde seit etwa 1965 in erster Linie wie auch in Europa von den grossen Elektrizitätsversorgungsunternehmen und den Batterieherstellern geför-

dert. Es wurden wenigsten 50 verschiedene Prototypen und Versuchsfahrzeuge gebaut.

Als Hinweis für die Bereitschaft zum finanziellen Engagement sei hier Tokio Electric Power genannt, die allein im letzten Jahr für 400 000 DM von Mitsubishi 10 «Minivans» gekauft haben.

Ein erster Schritt zur Serienfertigung wurde anlässlich der Weltausstellung in Osaka von Daihatsu aus der Toyota-Gruppe getan. Es wurden mehr als 100 Fahrzeuge mit zum Teil recht beachtlichen Fahrleistungen gebaut.

Der japanischen Mentalität folgend, hat sich die Regierung Ende 1970 entschlossen, die Entwicklungs- und Forschungsarbeiten auf dem Gebiet des Elektrostrassenfahrzeuges zu koordinieren. Dass dabei das Ministerium für International Trade and Industry federführend ist, beweist, dass man nicht nur an die Lösung der Probleme im eigenen Lande, sondern weitgehend auch an die Erschliessung von Exportchancen denkt.

Das MITI-Programm wird von der gesamten japanischen Industrie ausserordentlich ernst genommen und als eine nationale Aufgabe angesehen, an der alle mitarbeiten müssen. Seine Grössenordnung erkennt man daran, dass es mit einem Etat von etwa 50 Millionen DM einen Anteil von etwa 7 % an allen derzeit in Japan laufenden Entwicklungsprogrammen der Regierung zur Förderung neuer Technologien hat. An ihm sind alle bedeutenden Automobilfirmen ebenso beteiligt wie die Elektro- und die Batterieindustrie.

Das MITI-Programm umfasst im wesentlichen die Entwicklung von fünf von Grund auf neu konstruierten Fahrzeugtypen, die von Personenwagen über den Kombiwagen, den Kleintransporter bis zum Bus reichen. Allen gemeinsam ist, dass man mindestens Reichweiten zwischen 130...200 km bei einer mittleren Reisegeschwindigkeit von 40 km und einer Höchstgeschwindigkeit von mehr als 70 km/h erstrebt.

Mit der geplanten Reichweite kommt man in Japan auf jeden Fall mindestens einen ganzen Tag aus, und die Nachladung ist mit Nachtstrom vorgesehen. Das milde Klima der Insel Honshu kennt nur sehr kurze Heizperioden. Die japanischen EVU<sup>5)</sup> sehen deshalb im Elektrofahrzeug

Fahrzeuge Merkmale		Deutschland	Japan	
		M-B-B	MITI-Programm	
		Transporter	Transporter	Lieferwagen
Nutzlast	(kg)	1000	1100	300
Gesamtgewicht	(kg)	3100	3500	1100
Batteriegewicht	(kg)	870 (28%)	1050 (30%)	330 (30%)
Höchstgeschwindigkeit	(km/h)	80	70	70
Reichweite	(km)	60-90	180-200	130-150

Fig. 3  
Anforderungen des MITI-Programmes

<sup>5)</sup> EVU = Elektrizitäts-Versorgungs-Unternehmen.



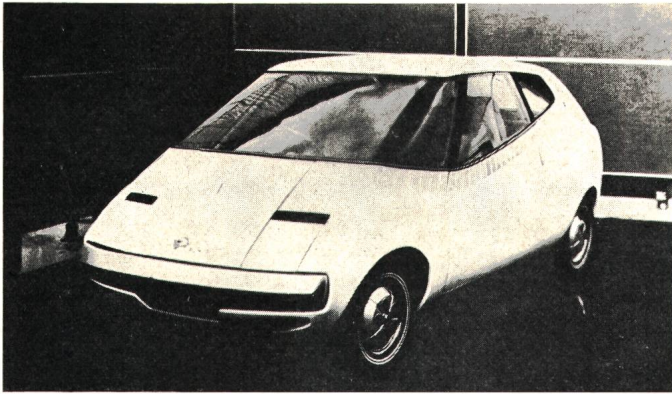


Fig. 4  
Prototyp eines japanischen Personenwagens

die Möglichkeit, die Nachttäler in ihrer Belastungskurve ganzjährig auszufüllen.

Die Anforderungen des MITI-Programms sind in Fig. 3 den beim MBB-Transporter verwirklichten Werten gegenübergestellt worden. Die japanischen Anforderungen gehen nur bei der Reichweite über die beim MBB-Transporter realisierten Werte hinaus. Mit der auch in Japan gewünschten, aber erst noch zu entwickelnden Bleibatterie von 60 Wh/kg käme der MBB-Transporter auf die gleiche Reichweite.

Auch der zuletzt in Japan im November 1971 auf der Automobilausstellung vorgestellte Prototyp eines Personenwagens – der Toyota BCX – besitzt nur eine Reichweite von 60 km (Fig. 4).

Neben den Neuentwicklungen des MITI-Programms hat insbesondere die Firma Daihatsu begonnen, auf Anfrage Kleinserien (20...100 Fahrzeuge) auf der Basis konventioneller Fahrgestelle zu bauen. Bisher wurden etwa 1000 Fahrzeuge ausgeliefert. Als Käufer werden in erster Linie Elektrizitätsversorgungsunternehmen und Behörden genannt. Aus Kostengründen werden bei diesen Kleinserien die Schaltgetriebe oft im konventionellen Fahrzeug belassen. In

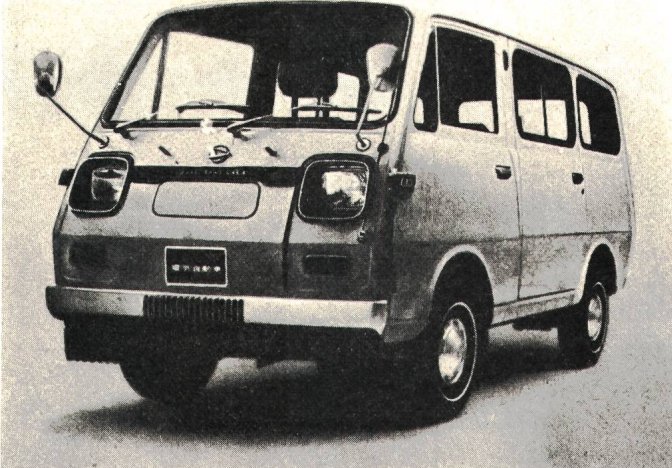


Fig. 5  
Electric Hit Jet Van

kleineren Fahrzeugen wird wegen des Preises auch noch der Einsatz von Widerstandssteuerungen erwogen. Für die Heizung ist im milden Klima der Insel Honshu die Verlustwärme von Motor und Steuerung ausreichend.

Obwohl der technische Stand dieser Fahrzeuge oft noch zu wünschen übrig lässt, beginnen sie in Japan ihren Markt zu finden, wie z. B. der in Fig. 5 gezeigte Daihatsu «Electric Hit Jet Van».

#### 4. Batteriewechseltechnik

Zur Vergrößerung der Reichweite von Elektrofahrzeugen kann ausser der Entwicklung leichter Batterien auch noch ein schneller Wechsel der entladenen Batterien beitragen.

In mehreren Untersuchungen ist in der letzten Zeit vorgeschlagen worden, auch aus anderen Gründen die leere Batterie nicht im Fahrzeug nachzuladen, sondern generell gegen eine schon vorher geladene Batterie auszutauschen.

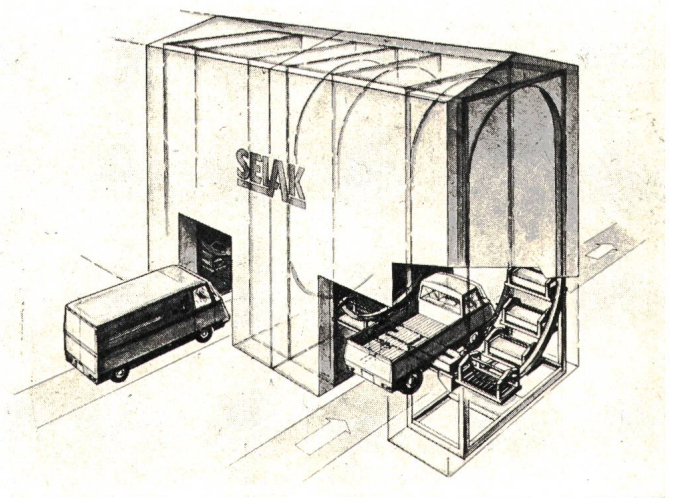


Fig. 6  
Entwurf I einer Batterie-Lade- und Wechseltechnik

Dem Verbraucher werden damit im einzelnen folgende Vorteile geboten:

Zunächst ist keine Umgewöhnung gegenüber der bisherigen Handhabung beim Fahrzeug mit Verbrennungsmotor notwendig. Es wird weiterhin an einer «Tankstelle getankt», nur statt Benzin eine mit elektrischer Energie gefüllte Batterie und das bei wahrscheinlich noch kleinerem Zeitaufwand. Bei heutigen Bleibatterien dauert die Nachladezeit immer noch wenigstens zwei Stunden. Durch einen schnellen Batteriewechsel wird ein von der Nachladezeit nicht unterbrochener und damit beliebig lange dauernder Einsatz der Fahrzeuge in ihrem Aktionsbereich möglich.

Der Betreiber des Fahrzeuges wird von den Anschaffungskosten der Batterie entlastet. Er erhält die Möglichkeit, diese über eine «Leihgebühr» als normale Betriebskosten abzuzahlen. Die Vorfinanzierung eines Brennstoffäquivalents für etwa 50 000 km war bisher ein sehr grosses Verkaufshemmnis für das Elektrostrassenfahrzeug. Durch den häufigen Wechsel der Batterie kommt diese ständig zur «Tankstelle» zurück, wo sie im Interesse ihrer Lebensdauer und ihrer Zuverlässigkeit von Fachleuten sorgfältig und fachkundig gepflegt und geladen wird. Die Eigenverantwortung sowie der Zeit- und Arbeitsaufwand für Ladung und



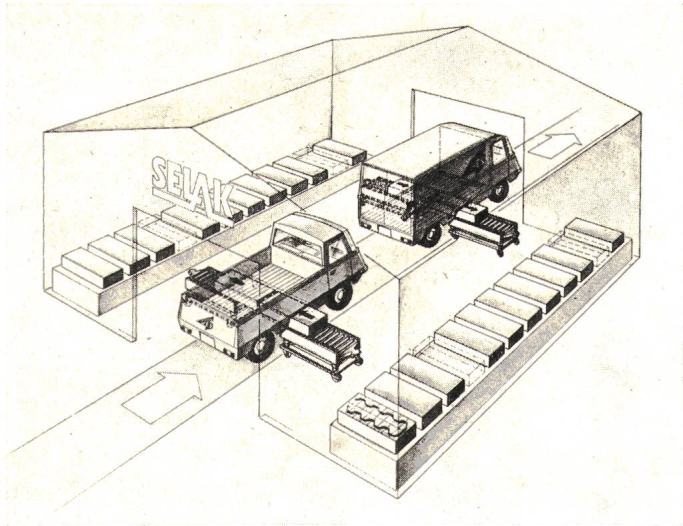


Fig. 7

Entwurf II einer Batterie-Lade- und Wechseltechnik

Pflege der Batterie werden vom Fahrzeughalter auch als lästig und umständlich empfunden und können ihn vom Kauf eines Elektrofahrzeuges abschrecken.

Mit der Aufgabe der Batteriewechseltechnik werden sich auch die Anfang 1971 gegründeten Tochtergesellschaften des RWE, die GES<sup>6)</sup> und SELAK<sup>7)</sup>, beschäftigen, von denen die Entwürfe in den Fig. 6 und 7 stammen.

Die bisher bekannten Konzepte für Elektrostrassenfahrzeuge sahen bei fest im Fahrzeug eingebauter Batterie das Laden und Nachladen ausschliesslich während der Fahrpausen und vor allem nachts in der Garage mit kleinen privaten Ladegeräten vor. Die Batterieelemente konnten dann bei festem Einbau relativ freizügig im Fahrzeug aufgeteilt werden. Die Aufwendungen für die Ladeanschlüsse, die bei diesem Konzept dicht verteilt nicht nur in den Garagen, sondern auch an allen öffentlichen Park- und Halteplätzen einschliesslich der Laternengaragen installiert werden müssten, sind aber auch gross, so dass auch von der Investitionskostenseite her ein Batterie-Tankstellennetz interessant werden kann. Es sei aber hier schon ganz eindeutig darauf

hingewiesen, dass die Batteriewechseltechnik nur eine – allerdings bisher wenig untersuchte – Möglichkeit zur Energieversorgung des Elektrostrassenfahrzeuges ist. Die Energieversorgung über eigene Ladegeräte an Bord des Fahrzeuges oder über ausserhalb des Fahrzeuges in Garagen und auf Parkplätzen fest installierte Ladegeräte wird wahrscheinlich sogar für ein und dasselbe Fahrzeug – parallel und ergänzend zur Batteriewechseltechnik – angewandt werden. So wie ein Kraftfahrzeug früher alle 2500 km zum Ölwechsel in die Werkstatt musste, werden eine Reihe von Elektrostrassenfahrzeugen vielleicht in Zukunft in einer Batteriestation die Batterie alle 2500 km zur Pflege auswechseln lassen, während die normale Ladung der Batterie über eigene Ladegeräte des Fahrzeughalters erfolgt.

Der Problembereich der Batteriewechseltechnik soll auch im Rahmen der Entwicklung untersucht werden, die das Volkswagenwerk gemeinsam mit den genannten Tochtergesellschaften des RWE, der GES und der SELAK, durchführt.

Zunächst soll ein Transporter untersucht werden, der mit Batterieantrieb unter realistischen Bedingungen eine Reichweite von 50 ... 100 km haben wird. Das Fahrzeug ist für den

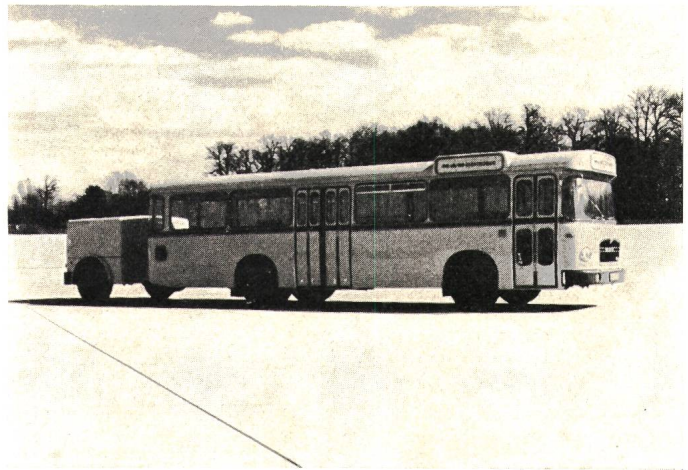


Fig. 9

Elektrobuss der MAN

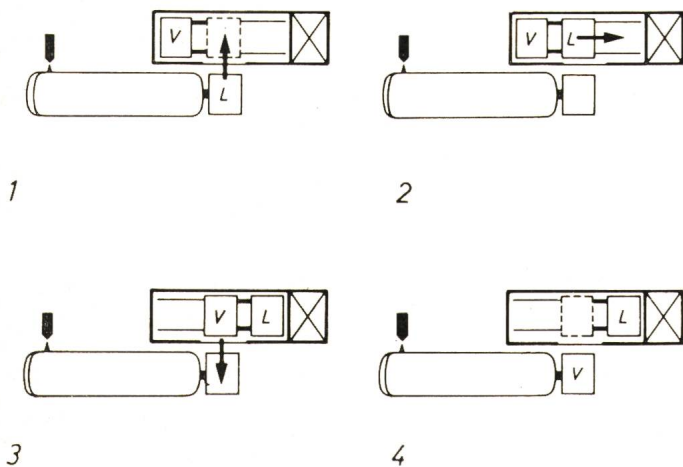


Fig. 8

Batteriewechselvorgang an der Ladestation des MAN-Busses

Bezeichnungen siehe im Text

<sup>6)</sup> GES = Gesellschaft für elektrischen Strassenverkehr m.B.H.

<sup>7)</sup> SELAK = Stromversorgung elektrisch angetriebener Kraftfahrzeuge GmbH.

Verkehr in Ballungsräumen vorgesehen, seine Spitzengeschwindigkeit wird in der Grössenordnung von 75 km/h liegen. Die Antriebsbatterie soll an speziellen Batteriewechselstationen schnell und mühelos ausgetauscht werden können, so dass der Aktionsbereich dieses Fahrzeuges erheblich ausgeweitet wird.

Dieses Konzept soll mit einer stufenweise steigenden Zahl von E-Mobilen erprobt werden. Zunächst sind 10...20 Fahrzeuge vorgesehen. Bei erfolgreichem Verlauf dieses Versuches sollen in der zweiten Stufe etwa ab 1974 mit rund 200 Fahrzeugen weitere Erfahrungen gesammelt werden, um danach eventuell auf noch breiterer Basis die Entwicklung fortführen zu können.

Das Interesse von VW konzentriert sich auf die Erprobung der Fahrzeuge selbst. Die SELAK will hauptsächlich Erfahrungen über die Energieversorgung mit Hilfe der Batteriewechseltechnik sammeln.

Bei dem von der MAN gemeinsam mit Bosch, RWE und Varta entwickelten Linienomnibus wurde das Prinzip der Batteriewechseltechnik erstmals verwirklicht (Fig. 8).



Der Batterieblock wird auf einer dritten Achse, die der dritten Achse von Gelenk-Omnibussen ähnelt, dem Fahrzeug nachgeführt (Fig. 9). Dank dieser Lösung bleibt die Nutzlast des Busses erhalten, und der Innenraum kann voll für die Unterbringung von 100 Fahrgästen genutzt werden. Die freie Lage des Batterieblockes über den Rädern des Anhängers ermöglicht seine schnelle und weitgehend automatisierte seitliche Auswechslung.

Nach einer Fahrstrecke von etwa 50 km, für die im Linienverkehr einer Stadt wenigstens zwei Stunden benötigt werden, fährt der Elektrobus an einer Endhaltestelle neben die Lade- und Wechselstation, die für den Versuchsbetrieb in einem einfach auf verschiedene Versuchsstrecken versetzbaren serienmässigen Container untergebracht ist. In der Ladestation wurde während der vorausgegangenen zweistündigen Fahrzeit ein zweiter Batterieblock auf etwa 90 % seiner Nennkapazität aufgeladen. Ein hydraulisch angetriebener Greifarm zieht die entladene Batterie auf einen Fahrwagen im Container (Fig. 8, Feld 1). Der Fahrwagen mit den beiden Batterien wird – wiederum durch hydraulischen Antrieb – seitlich so weit verschoben, bis die geladene Batterie vor dem jetzt leeren Anhänger des Omnibusses steht (Fig. 8, Feld 2) und mit einem zweiten Greifarm auf ihn geschoben werden kann (Fig. 8, Feld 3 und 4). Für den Batteriewechsel, den der Fahrer des Elektrobusses von einem Schaltpult in der Containerwand aus steuert, werden von der Ankunft bis zur Weiterfahrt des Elektrobusses weniger als 5 min benötigt. Die geschilderte Wechseltechnik wird in ihren Einzelkomponenten bei den nächsten Versuchsfahrzeugen verändert und verbessert werden. Ausserdem wird überlegt, über den I-Ast der IU-Ladekennlinie in z. B. 20 min so viel in eine Batterie einzuladen, dass sie dann schon wieder gegen eine entladene Batterie eines nach 20 min die Ladestation anfahrenen anderen Busses ausgetauscht werden kann. Das hätte den Vorteil, dass man bei einer Wagenfolge von 10 min mit zwei Ladeplätzen pro Omnibuslinie auskommen könnte. Allerdings müsste die Batterie so gross ausgelegt werden, dass sie auch allein über den I-Ast der IU-Ladekennlinie in 20 min genügend Energie für die Fahrt zur nächsten Endhaltestelle und zurück aufnehmen kann. Den Erwärmungsproblemen ist hierbei besondere Beachtung zu schenken.

### 5. Hybrid-Antrieb

Ganz andere Lösungswege bieten sich an, wenn es gelingt, die Elektrotraktion auf lange Zeit in Verbindung mit Hybrid-Systemen, auch im Fernverkehr, einzuführen.

Grössere Fahrzeuge, wie insbesondere Gütertransporter, können mit solchen Hybrid-Systemen, die fest an Bord montiert sind, im Ballungsgebiet über die mitgeführte Batterie elektrisch fahren, während sie im Überlandverkehr Verbrennungsmotoren benutzen, die entweder mechanisch an die Antriebsachse angekoppelt werden oder die einen Generator betreiben, der im Parallelbetrieb die Batterie puffert und damit für eine entsprechende Vergrösserung der Reichweite sorgt. Letztgenanntes System hat Vorzüge, da dann der Verbrennungsmotor bei konstanter Last betrieben und so hinsichtlich seiner Abgas- und Lärmentwicklung optimiert werden kann. Die Daimler-Benz AG hat einen so ausgerüsteten Omnibus auf der letzten IAA in Frankfurt der Öffentlichkeit gezeigt.

### 6. Fahrgestell und Karosserie

Die gesamte Entwicklungsgeschichte des Elektrostrassenfahrzeuges ist gekennzeichnet durch Bemühungen, ein für Normalantrieb mit Verbrennungsmotor entwickeltes Fahrzeug mit elektrischen Aggregaten zu bestücken. Diese Tendenz hat sich bis in die jüngste Vergangenheit, von wenigen, dann aber auch recht gelungenen Ausnahmen abgesehen, fortgesetzt.

Ziel der laufenden Entwicklungsaktivitäten ist es, Fahrzeuge zu entwickeln, die den besonderen Anforderungen der elektrischen Antriebstechnik Rechnung tragen.

Wegen seines höheren Eigengewichtes erfordert das Elektroauto die Entwicklung eines auf seine Belange neu zugeschnittenen Fahrgestells mit geeigneten Lenkungs-, Federungs-, Dämpfungs- und Bremssystemen sowie entsprechend starken Achsen und Tragrahmen bzw. tragenden Karosserien. Wegen ihres hohen Gewichtes wird die Batterie in der Mitte des Fahrzeuges angeordnet sein. Nach Möglichkeit sollte sie ungeteilt in einem Quertunnel angeordnet werden, so dass sie für eine Auswechslung in Durchschubtechnik von beiden Seiten her leicht zugänglich ist, aber auch für eine Aufladung an Bord leicht angeschlossen werden kann. Gerade diese Konzeption beeinflusst den grundsätzlichen Aufbau des Fahrzeuges in besonderem Masse.

Von besonderer Bedeutung ist das Problem der Heizung des Fahrzeuges im Winter. Hierfür kann man zwar die Verlustwärme der Akkumulatoren, der Steuerung und je nach Bauart auch der Motoren mit heranziehen. Bei strenger Kälte muss jedoch zusätzlich Strom für die Heizung aus den Akkumulatoren oder zusätzliche Wärme aus besonderen Wärmespeichern entnommen werden, wenn man dann keine mit fossilen Brennstoffen betriebene Heizung einsetzen will.

Die für das Elektrostrassenfahrzeug wichtigen elektrischen Antriebskomponenten Gleichstrommotor, Thyristorsteuerung, Blei-Säure-Akkumulator und Batteriewechseltechnik haben sich in Versuchsfahrzeugen für den innerstädtischen Einsatz ausreichend bewährt. Die Marktchancen in den industriellen Ballungsräumen sind gross. Die Automobilindustrie wurde dadurch ermutigt, ernsthaft mit der Weiterentwicklung der ersten Versuchsfahrzeuge zu serienreifen Fahrzeugen zu beginnen.

Für die serienreife Entwicklung eines Automobils werden aber Jahre benötigt, und das selbst dann, wenn die Automobilindustrie bereit ist, mit der sonst bei anderen neuen Typen üblichen Konzentration auch am Elektrostrassenfahrzeug zu arbeiten. Die Entwicklung erfordert einen sehr hohen technischen und vor allem auch finanziellen Aufwand. Es müssen viele Einzelkomponenten eines Fahrzeuges konstruiert und berechnet werden.

Viele für die Entwicklung eines Fahrzeuges wichtige Faktoren lassen sich in Konstruktion und Berechnung nur angenähert und nur mit einer gewissen Unsicherheit behaftet berücksichtigen. Die Entwicklung muss deshalb in einem sehr zeitraubenden Versuchsbetrieb unter Berücksichtigung möglichst aller zu erwartender Betriebsbedingungen beim späteren Fahrzeugbenutzer vollendet werden. Das Verschleissverhalten wird in Langzeitversuchen im Strassendauerlauf ermittelt. Es folgen die Festigkeitserprobung auf Schlechtwegstrecken und dann spezielle Erprobungen auf



Steigungen und Gefälle sowie Prüfungen der Dauerhaltbarkeit auf Verwindungs- und Geländeteilstrecken. Erst dann ist die Freigabe für die Serienproduktion möglich. Und erst in einer Großserie mit einem Ausstoss von wenigstens einigen 10 000 Fahrzeugen pro Jahr wird das Elektrostrassenfahrzeug zu vertretbaren Preisen herstellbar sein.

Wir müssen deshalb alle ganz illusionslos sehen, dass es noch einige Zeit dauern wird, bis wir Elektrostrassenfahrzeuge serienmässig von der Industrie kaufen können, und zwar Fahrzeuge, die vom Preis und von der Zuverlässigkeit her akzeptabel sind. Aber dennoch ist die Aussage berechtigt,

dass das Zeitalter des endgültigen Durchbruchs des Elektrostrassenfahrzeuges begonnen hat.

#### Literatur

- [1] *A. H. Müller-Berner* u. a.: Ablauf der Entwicklung eines modernen Nutzfahrzeuges. *Automobiltechnische Zeitschrift* 73(1971)11, S. 406...414.
- [2] *H. G. Müller*: Elektrischer Strom für den Kraftfahrzeugantrieb. *Automobilwirtschaft* (1971)2.
- [3] *K. J. Oehms*: Stand der Entwicklung und Aussichten des elektrischen Strassenverkehrs. *Elektrizitätswirtschaft* 70(1971)17, S. 511...517.

#### Adresse des Autors:

*K. J. Oehms*, Dipl. Ing., Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG (RWE), Abt. AT, Essen.

## REGINALD AUBREY FESSENDEN

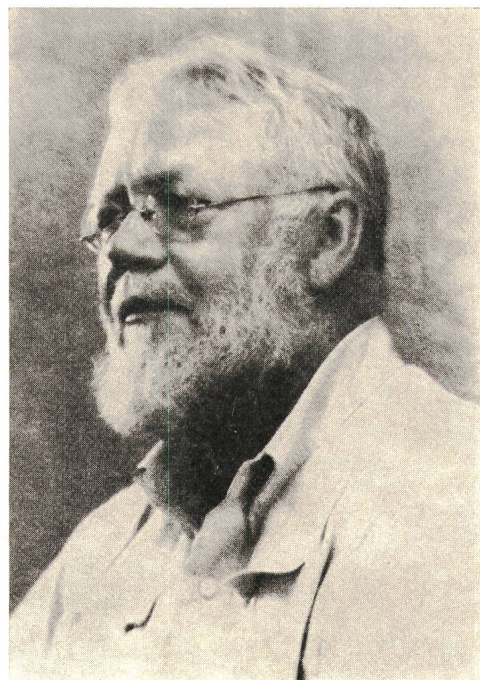
1866–1932

Fessenden, der am 6. Oktober 1866 in Bolton (Quebec) als ältester Sohn eines Pfarrers zur Welt kam, wurde zunächst Mathematiklehrer. Er interessierte sich aber für die Elektrizität und arbeitete eine Zeitlang bei Edison.

Die Erfindung eines elektrisch angetriebenen Kreisel-Kompasses blieb unbeachtet, bis der magnetische Kompass in den stählernen U-Booten versagte. Bei Westinghouse führte er für Wechselstrom-Maschinen das mit Silizium legierte Blech ein, wodurch die Eisenverluste reduziert wurden. Von 1892–1900 wirkte er an der Perdue-Universität und an der Universität Pittsburg. In dieser Zeit ersann er eine Multiplex-Schaltung für Telegraphie und beschäftigte sich mit Hochfrequenz. Beim Experimentieren mit einem Wehnelt-Unterbrecher hörte er beim Tasten eines «langen Morsestriches» im Empfänger den Ton des Unterbrechers, was ihn auf den Gedanken des drahtlosen Telephons brachte. Mit einem von Steinmetz gebauten und von Fessenden verbesserten Hochfrequenzgenerator erzielte er eine Frequenz von 100 kHz. Damit konnte er am 21. Dezember 1906 vor geladenen Gästen eine Ansprache sowie Musik drahtlos übertragen und ausstrahlen. Über dieses erste «Rundspruchkonzert» der Welt trafen Empfangsbestätigungen ein aus Westindien sowie von zahlreichen Schiffen.

Trotz diesen Erfolgen gingen seine Geschäfte schlecht. Patentstreitigkeiten brachten ihn in Not. Erst als 1928 die Radio Corporation of America zahlreiche seiner Patente von der ihm nahestehenden National Electric Signaling Co. erwarb, erlebte Fessenden die Genugtuung einer gerechten Bezahlung. Jetzt fielen ihm auch zahlreiche Ehrungen zu. Auf den Bermudas, der Heimat seiner Frau, starb er am 22. Juli 1932

*H. Wüger*



Universität, Pittsburg