

Unterrichtung

durch die Bundesregierung

Zweite Fortschreibung des Berichts über die Förderung des Einsatzes von Elektrofahrzeugen

Der Deutsche Bundestag hat in seiner 64. Sitzung am 5. April 1984 folgende Beschlußempfehlung des Ausschusses für Verkehr (14. Ausschuß) angenommen (Drucksache 10/1152):

„Die Bundesregierung wird ersucht, zum 30. Juni 1986 eine Fortschreibung des Berichtes in Drucksache 9/1816 vorzulegen.“

Vorbemerkung

Die Angaben zu diesem Bericht wurden auch von Unternehmen und Verbänden, die mit der Herstellung und dem Betrieb von Elektro-Kraftfahrzeugen befaßt sind, ermittelt. Zum Marktpotential und zur Marktakzeptanz von Elektrofahrzeugen wurde eine Stichprobenbefragung bei Städten und Gemeinden

sowie bei gewerblichen Unternehmen durchgeführt.

Die Zusammenstellung der Materialien besorgte die SNV Studiengesellschaft Nahverkehr mbH, Bergisch Gladbach, im Auftrage des Bundesministers für Verkehr. Ein Beirat mit den hauptbetroffenen Bundesressorts und dem Technischen Ausschuß der DGES*) begleitete zeitweise die Zusammenstellung.

Der Kostenstand des vorliegenden Berichtes entspricht dem 1. Oktober 1985; unberücksichtigt ist die aktuelle Preisentwicklung auf dem Mineralölsektor seit Frühjahr 1986.

*) DGES = Deutsche Gesellschaft für elektrische Straßenfahrzeuge; die DGES ist gleichzeitig die Deutsche Sektion der Association Européenne des Vehicules Electriques Routiers (A.V.E.R.E.)

Inhaltsverzeichnis

| | Seite |
|---|-------|
| 0. Zusammenfassung | 4 |
| 1. Energiewirtschaftliche und umweltpolitische Aspekte des Einsatzes von Elektrofahrzeugen | 4 |
| 2. Erfahrungen mit dem Einsatz von Elektrofahrzeugen im praktischen Betrieb | 5 |
| 2.1 Batterie-Elektro-Transporter | 5 |
| 2.2 Batterie-Elektro-Busse und Hybrid-Busse | 6 |
| 2.3 Elektro-Pkw | 8 |
| 3. Entwicklungsstand und -aussichten der Batterie-Elektrofahrzeug-technologie | 8 |
| 3.1 Fahrzeugkonzepte | 8 |
| 3.1.1 Elektro-Pkw | 8 |
| 3.1.2 Elektro-Transporter | 8 |
| 3.1.3 Elektro-Busse | 8 |
| 3.1.3.1 Batterieantrieb | 8 |
| 3.1.3.2 Hybridantrieb | 9 |
| 3.1.4 Hybridfahrzeuge | 9 |
| 4. Entwicklungsstand und -aussichten der Energiespeicher | 9 |
| 5. Energieversorgung für Elektrofahrzeuge | 10 |
| 6. Einzelwirtschaftliche Betrachtung | 11 |
| 6.1 Energiekosten | 11 |
| 6.2 Fahrzeugkosten | 11 |
| 6.3 Steuer und Versicherung, Wartungskosten | 13 |
| 6.4 Kostenvergleich für Pkw | 13 |
| 6.5 Kostenvergleich für Transporter | 15 |
| 6.6 Kostenbetrachtung für Elektrobusse | 16 |
| 7. Anwendungs- und Marktpotential für Elektrofahrzeuge | 17 |
| 8. Förderungsmöglichkeiten | 18 |
| Anhang | 19 |

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

| | | |
|------------|--|----|
| Tabelle 1 | Spezifische Emissionsfaktoren für Pkw-Konzepte | 5 |
| Tabelle 2 | Einsatzkenndaten für Batterie-Elektro- und Hybrid-Busse . | 6 |
| Tabelle 3 | Versuchsergebnisse für Batterie-Elektro- und Hybrid-Busse | 7 |
| Tabelle 4 | Fahrleistungen und Energieverbrauchswerte für Elektro-Pkw | 8 |
| Tabelle 5 | Gegenüberstellung von Batteriesystemen | 10 |
| Tabelle 6a | Preise für Blei- und Natrium-Schwefel-Batterien (Pkw) in Abhängigkeit von der Jahresproduktion | 12 |

| | Seite |
|-------------|---|
| Tabelle 6b | Preise für Blei- und Natrium-Schwefel-Batterien (Transporter) in Abhängigkeit von der Jahresproduktion 12 |
| Tabelle 7 | Jährliche Kosten für Kfz-Steuer und Versicherung nach Fahrzeugtypen 13 |
| Tabelle 8 | Varianten des Kostenvergleichs für Pkw 13 |
| Tabelle 9 | Varianten des Kostenvergleichs für Transporter 15 |
| Abbildung 1 | Kapazität der Kraftwerke durch Nachttäler 10 |
| Abbildung 2 | Energiepreisentwicklung 1. Juni 1982 bis 1. Oktober 1985 ... 11 |
| Abbildung 3 | Kostenübersicht bei einer Jahresproduktion von 10 000 Elektro-Pkw 14 |
| Abbildung 4 | Kostenübersicht bei einer Jahresproduktion von 100 000 Elektro-Pkw 14 |
| Abbildung 5 | Kostenübersicht bei einer Jahresproduktion von 10 000 Elektro-Transportern 16 |
| Abbildung 6 | Spezifische Systemkosten Obus/Zwischennachlade-Batterie-Bus 17 |

0. Zusammenfassung

Das elektrisch angetriebene Kraftfahrzeug, insbesondere von Batterien versorgt, kann grundsätzlich als Möglichkeit angesehen werden, zur Substitution von Mineralöl im Verkehrswesen und für einen umweltfreundlicheren Verkehr zu dienen.

Aufgrund der neuesten Entwicklungen für das schadstoffarme Kraftfahrzeug mit Verbrennungsmotor und den für elektrisch betriebene Straßenfahrzeuge noch immer bestehenden technischen und damit wirtschaftlichen Restriktionen wird das Marktpotential für die Anwendung von Elektroantrieben weiterhin gering eingeschätzt.

Die Erfahrungen im Einsatz von Elektrofahrzeugen insbesondere mit Batterietransportern, Batterie-Elektro- bzw. Hybrid-Bussen und Elektro-Pkw haben gezeigt, daß die niedrige Speicherkapazität und das hohe Gewicht der Bleibatterie, ungenügende Reichweite und Zuladung sowie hohe Fahrzeug- und Batteriekosten einen wirtschaftlichen Einsatz der Fahrzeuge derzeit nicht zulassen.

Dies gilt, solange es keinen sichtbaren Durchbruch in den Entwicklungen für alternative Energiespeicher (Batterien) gibt. Welchen Verlauf die Entwicklung für die Natrium-Schwefel-Batterie nimmt, bleibt abzuwarten.

Kostenvergleiche sowie Befragungen zu Anwendungspotentialen von Elektrofahrzeugen können zur Zeit daher nur theoretischer Natur sein. Eine intensivere Förderung durch die Bundesregierung für den breiten Einsatz von Elektrofahrzeugen ist nicht vertretbar. Es liegt insbesondere an einzelnen möglichen Betreibern und der Industrie, das Know-how elektrischer Antriebe für sich zu nutzen bzw. fortzuentwickeln.

1. Energiewirtschaftliche und umweltpolitische Aspekte des Einsatzes von Elektrofahrzeugen

Die energiewirtschaftliche Ausgangssituation ergibt ein widersprüchliches Bild: Einerseits haben die Ölpreisschübe in den siebziger Jahren Wirtschaft und Verbraucher vor die Notwendigkeit gestellt, sich auf Energievertierungen und -verknappungen einzustellen; andererseits gibt es gegenwärtig bei nahezu allen Energieträgern ein weltweites Überangebot. Diese Marktsituation wird sich voraussichtlich bis in die neunziger Jahre nicht entscheidend ändern. Es wird davon ausgegangen, daß die Versorgungslage zur Jahrhundertwende weniger günstig sein kann als zur Zeit, was auch die Europäischen Gemeinschaften (EG) veranlaßt, über Substitution von Mineralölen nachzudenken*).

* Die Substitution von Mineralöl wird u. a. von „COST“ behandelt. COST (Coopération européenne dans le do-

Kraftfahrzeuge sind nahezu vollständig vom Mineralöl als Primärenergieträger abhängig. Auch wenn ein weitgehender Verzicht von Mineralöl als Kraftstoff für den Verkehr aus heutiger Sicht nicht möglich ist, so kann doch die hohe Abhängigkeit des Straßenverkehrs vom Mineralöl in Teilbereichen durch den Einsatz von alternativen Energien bzw. durch alternative Antriebssysteme verringert werden.

Elektrische Energie steht grundsätzlich auch für den Einsatz in Elektrofahrzeugen zur Verfügung, ohne daß eine völlig neue Versorgungsinfrastruktur bei der Energieerzeugung und -verteilung aufgebaut werden muß. Elektrische Energie kann jedoch nicht direkt für Traktionszwecke gespeichert werden. Sie muß vorher in chemische (Batterie) oder mechanische Energie (denkbar: Schwungrad, Druckspeicher) umgewandelt werden.

Aus umweltpolitischer Sicht besteht der Vorteil der Elektrofahrzeuge in der Vermeidung von Abgasemissionen im Straßenraum. Die Schadstoffemissionen der Elektrofahrzeuge entstehen ausschließlich in Kraftwerken und dort vor allem nur dann, wenn die Kraftwerke mit fossilen Brennstoffen betrieben werden. Diese Schadstoffemissionen sind den Fernemissionen zuzurechnen.

Zur Beurteilung der umweltpolitischen Aspekte des Einsatzes von Elektro-Straßenfahrzeugen sind die technischen Entwicklungen im Bereich schadstoffarmer Kraftfahrzeuge zu beachten. Auch im Vergleich zum Katalysator-Pkw sind einem batteriebetriebenen Elektro-Pkw deutlich geringere CO- und CH-Emissionen und geringere NO_x-Emissionen zuzurechnen. Dagegen haben Elektro-Pkw höhere SO₂- und Staubemissionen zur Folge. Die den Elektrofahrzeugen zurechenbaren Emissionen entstehen im allgemeinen außerhalb der Innenstädte und oberhalb der üblichen Atemräume.

In Tabelle 1 sind den spezifischen Schadstoffemissionen heutiger Pkw die entsprechenden Emissionen von Pkw mit Katalysator sowie von batteriebetriebenen Elektro-Pkw gegenübergestellt.

maine de la Recherche Scientifique et Technique) bildet den Rahmen für Kooperationen auf dem Gebiet der technischen und wissenschaftlichen Forschung zwischen der EG und europäischen Drittstaaten. Konkrete Forschungsvorhaben werden im Rahmen von „COST-Aktionen“ durchgeführt. Für die Substitution von Mineralöl sind die folgenden COST-Aktionen relevant:

- COST 302: Forschungsarbeiten über die technischen und wirtschaftlichen Voraussetzungen für den Einsatz elektrischer Straßenfahrzeuge
- COST 303: Technische und wirtschaftliche Bewertung der Programme über bimodale Oberleitungsbusse
- COST 304: Verwendung alternativer Treibstoffe für den Antrieb von Straßenfahrzeugen

Tabelle 1

Spezifische Emissionsfaktoren für Pkw-Konzepte

| Pkw-Konzept | Schadstoffemission g/Fahrzeugkm | | | | |
|---|---------------------------------|------|-----------------|-----------------|-------|
| | CO | CH | NO _x | SO ₂ | Staub |
| | Emissionen im Stadtverkehr | | | | |
| Pkw ¹⁾ | 23,2 | 2,7 | 1,5 | 0,03 | — |
| bedingt schadstoffarmer Pkw ²⁾ | 23,2 | 2,7 | 0,9 | 0,03 | — |
| schadstoffarmer Pkw ³⁾ | 11,6 | 1,4 | 0,8 | 0,03 | — |
| schadstoffarmer Pkw ⁴⁾ | 2,5 | 0,24 | 0,2 | 0,03 | — |
| | Emissionen am Kraftwerk | | | | |
| batteriebetriebener UBA | 0,06 | 0,01 | 0,25 | 0,54 | — |
| E-Pkw ⁵⁾ GES | 0,05 | 0,05 | 0,14 | 0,27 | 0,18 |

- ¹⁾ Emissionswerte für heutigen Pkw-Bestand (Europatest, warm; gemäß ECE R15/04); Durchschnittswert über alle Fahrzeuggrößen. Quelle: TÜV Rheinland, Ermittlung des Abgas-Emissionsverhaltens von Personenkraftwagen in der Bundesrepublik Deutschland im Bezugsjahr 1983, Zwischenbericht, Stand März 1986.
- ²⁾ Bedingt schadstoffarmer Pkw; laut Anlage XXIV zu § 47 der StVZO sind bedingt schadstoffarme Fahrzeuge nach Stufen A, B und C definiert. Hier werden nur Fahrzeugkonzepte mit Abgasrückführung betrachtet. Dabei ist mit einer Schadstoffreduktion um etwa 40% bei NO_x zu rechnen (Quelle: Auskunft TÜV Rheinland).
- ³⁾ Schadstoffarmer Pkw entsprechend Anlage XXV zu § 47 der StVZO (Euro-Norm). Als technisches Konzept wird ein Fahrzeug mit ungeregeltem Dreiwege-Katalysator der Hubraumklasse von 1400 bis 2000 ccm betrachtet. Dabei ist mit einer Schadstoffreduktion von etwa 50% bei allen Schadstoffen zu rechnen (Quelle: Auskunft TÜV Rheinland).
- ⁴⁾ Schadstoffarmer Pkw entsprechend Anlage XXIII zu § 47 der StVZO (US-Norm). Als technisches Konzept wird ein Fahrzeug mit geregeltem Dreiwege-Katalysator betrachtet. Dabei ist mit einer Schadstoffreduktion von etwa 90% bei allen Schadstoffen zu rechnen (Quelle: Auskunft TÜV Rheinland).
- ⁵⁾ Zu erwartende Werte nach Umweltbundesamt (UBA) bzw. nach GES (= Gesellschaft für elektrischen Straßenverkehr mbH im Unternehmensbereich des RWE Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG) für CitySTROMer (unter Federführung der GES entwickelter batteriebetriebener Elektro-Pkw auf der Basis des Volkswagen Golf); die Abweichungen zwischen den Werten nach UBA und nach GES sind wesentlich durch verschiedene Annahmen über die Kraftwerksstruktur begründet.

Aus umweltpolitischer Sicht ergibt sich gegenüber den vorhergehenden Berichten eine vorsichtiger Beurteilung der Elektrofahrzeuge. Hauptgrund hierfür ist die Berücksichtigung von Katalysator-Fahrzeugen als Vergleichsmaßstab. Es bestehen jedoch nach wie vor Vorteile für das Elektrofahrzeug, die teilweise in geringeren spezifischen Emissionen und teilweise in der Verlagerung von Emissionen aus dem Straßenraum begründet sind. Je nach Batterietyp zählen Einflüsse des Batterie-Lebenszyklus zu den umweltpolitischen Aspekten.

2. Erfahrungen mit dem Einsatz von Elektrofahrzeugen im praktischen Betrieb *)

2.1 Batterie-Elektro-Transporter

Im Rahmen einer Befragung bei Betreibern von Elektrofahrzeugen in der Bundesrepublik Deutsch-

land und im Ausland wurden insgesamt 65 Elektro-Transporter erfaßt, die unter verschiedenen Betriebsbedingungen an verschiedenen Einsatzorten betrieben wurden bzw. werden. Der überwiegende Teil der Fahrzeuge war für Lieferdienste und Montage bestimmt worden; teilweise auch zum Personentransport.

Die Detailbewertung zeigt eine differenzierte Beurteilung der Fahrzeugeigenschaften: Zuladung, Bedienung und Anpassung an den Verkehrsfluß werden überwiegend gut oder befriedigend beurteilt, Reichweite und Fahrleistung hingegen bieten nach Ansicht der Betreiber Ansatzpunkte für Verbesserungen. Letzteres gilt auch für den Wartungsaufwand der Batterie.

Bei der Deutschen Bundespost wurden im Rahmen eines Versuchs insgesamt 34 Elektro-Transporter im Paketzustelldienst eingesetzt. Wie aus dem Erfahrungsbericht der Deutschen Bundespost hervorgeht, wurde die Fahrleistung (Beschleunigung, Geschwindigkeit etc.) als gut beurteilt. Bedienung und Handhabung, Anpassung an den Verkehrsfluß und Winterbetrieb wurden als befriedigend, mögliche

*) Über die hier dargestellten Erfahrungen hinaus wird in den kurzfristig zu veröffentlichenden Materialien auf Obusse sowie auf Erfahrungen im Ausland eingegangen.

Reichweite und das Verhältnis von Zuladung zum Gesamtgewicht der eingesetzten Elektro-Transporter hingegen als unbefriedigend bezeichnet. Alle eingesetzten Transporter wurden zwischenzeitlich stillgelegt. Ein zukünftiger Einsatz von Elektrofahrzeugen ist bei der Deutschen Bundespost insbesondere aus Wirtschaftlichkeitsgründen derzeit nicht vertretbar.

2.2 Batterie-Elektro-Busse und Hybrid-Busse

Im Testbetrieb wurden in der Bundesrepublik Deutschland zeitweise gleichzeitig — gefördert auch von der Bundesregierung — insgesamt 40 Fahrzeuge in unterschiedlichen Einsatzgebieten betrieben. Zur Zeit sind noch acht Fahrzeuge im Einsatz (Tabelle 2). Die vorliegenden Versuchsergebnisse sind in Tabelle 3 zusammenfassend dargestellt.

Ein Vergleich hinsichtlich der mittleren bzw. maximalen Laufleistungen pro Speicher zeigt nur geringe Unterschiede zwischen Speicher-Wechsel- und Hybridtechnik. Auffällig sind hier die Unterschiede beider Technologien zum Batterie-Elektrobus mit Zwischenladung, bei dem die Speicherlaufleistungen deutlich höher liegen.

Die Ursachen hierfür sind überwiegend in der bei Zwischenladungen geringeren Entladungstiefe der Speicher zu sehen (50 bis 60%), die sich positiv auf die Nutzungsdauer auswirkt. Beträgt die durchschnittliche jährliche Laufleistung von Standardlinienbussen im öffentlichen Personennahverkehr etwa 50 000 km, so ergeben sich für Batterien bei Wechsel- und Hybridtechnologie Nutzungsdauern von jeweils rund einem bis zu eineinhalb Jahren. Batterien mit Zwischenladung sind hingegen zwei bis drei Jahre nutzbar.

Tabelle 2

Einsatzkenndaten für Batterie-Elektro- und Hybrid-Busse

| Einsatzbereich | Batterie-Elektrobus mit Speicherwechsel | | Batterie-Elektrobus mit Zwischenladung Düsseldorf | Hybrid-Bus ¹⁾ | |
|---|---|-----------------|---|--|---------------------|
| | Düsseldorf | Mönchengladbach | | Stuttgart | Wesel |
| Kenndaten | | | | | |
| Einsatzkenndaten | | | ab 1. Juli 1982 = 20 am 30. Juni 1985 = 8 | | |
| 1. Fahrzeugzahl | 13 | 7 | | 13 | 7 |
| 2. Betriebsart | Linienbetrieb | Linienbetrieb | Linienbetrieb | Linienbetrieb | |
| 3. Linienlänge km | 11 | 19,5 | 11 | 26,3 | 165,2 ²⁾ |
| 4. Streckenlänge | | | | | |
| — Batteriebetrieb % | 100 | 100 | 100 | 24 | 25 |
| — Hybridbetrieb % | — | — | — | 76 | 75 |
| 5. Topographie (Steigung/Gefälle) | eben | eben | eben | bis 6% | eben |
| 6. Haltestellen | 26 | 47 | 26 | 40 | 286 |
| 7. mittl. Haltestellenabstand m .. | 430 | 420 | 430 | 660 | 580 |
| 8. Betriebsbeginn | März 1975 | Oktober 1974 | Juli 1982 | Mai 1979 | September 1979 |
| 9. Sondergenehmigung | — | — | — | Überschreitung der zul. Hinterachslast von 10 000 kg auf 12 400 kg | |
| 10. Betriebsende | Juni 1982 | Dezember 1981 | spätestens Ende 1987 | Juni 1984 | August 1985 |

1) Diesel/Elektro (Batterie)-Antrieb

2) keine feste Linie

Tabelle 3

Versuchsergebnisse für Batterie-Elektro- und Hybrid-Busse

| Einsatzbereich | Batterie-Elektrobus mit Speicherwechsel | | Batterie- Elektrobus mit Zwischenladung Düsseldorf | Hybrid-Bus ¹⁾ | |
|---|--|-----------------------|---|--------------------------|----------------------|
| | Düsseldorf | Mönchen- gladbach | | Stuttgart | Wesel |
| Versuchsergebnisse | | | | | |
| 1. Gesamtleistung km | 3 893 893 | 2 142 391 | 2 108 148 | 1 844 089 | 851 104 |
| 2. mittlere Fahrzeugeinzellauf- leistung km | 299 500 | 306 000 | 430 000 ²⁾ | 144 200 | 119 200 |
| 3. maximale Fahrzeugeinzellauf- leistung km | 384 800 | 324 000 | 516 000 ²⁾ | 169 250 | 142 356 |
| 4. mittlere Laufleistung/Speicher km | 57 500 | 57 200 | 117 200 | 55 900 | 48 600 |
| 5. maximale Laufleistung/Spei- cher km | 71 695 | 71 395 | 145 364 | 68 888 | 54 930 |
| 6. mittlere Beförderungsg- eschwindigkeit km/h | 22 | 19 | 22 | 23 | 26 |
| 7. tägliche Einsatzdauer h | 4—20 | 8—20 | 4—20 | 8—12 | 7,5—14 |
| 8. Laufleistung/Monat ca. km ... | 3 200 | 3 200 | ca. 3 900 | 4 000 | 2 200 |
| 9. Speicherwechselintervalle km | 46 | 39,2 | — | — | — |
| 10. Zwischenladungsintervall km . | — | — | 11 | 90,4 ³⁾ | ca. 70 ³⁾ |
| 11. Fahrzeugauslastung Ø Personen | 28 | 25 | 30 | 25 | 20 |
| 12. Netto-Strommengen- verbrauch ⁴⁾ Ah/km | *) 4,612 **) 5,190 | *) 4,394 **) 5,062 | *) 4,41 **) 5,06 | — | — |
| 13. Netzenergieverbrauch ⁴⁾ | ***) 3,21 *) 2,93 | ***) 3,03 *) 2,83 | *) 2,67 **) 3,07 | 0,93 | 1,39 |
| 14. Kraftstoffverbrauch l/km | 0,058 | 0,058 | 0,05 | 0,385 | 0,32 |
| 15. Gesamtverbrauch kWh/km ... | ***) 3,78 *) 3,12 | ***) 3,60 *) 3,12 | * 3,1 **) 3,6 | 4,71 | 4,52 |
| 16. mittlere Speicherladungszeit h | 2 | 2 | 0,27 | 4 | 4 |
| 17. mittlere Energiedurchsatz/ Speicher kWh | 109 000 | 106 000 | — | 50 900 | 51 100 |
| 18. Nutzbremse | ja | ja | — | ja | ja |
| 19. Speicherwechselzahl | 87 788 | 54 146 | — | 2 479 | 809 |
| 20. Störungshäufigkeit/10 Tkm | | | | | |
| — Fahrzeug | 0,5 | 0,8 | wird nicht erfaßt | 2 | 1 |
| — Antrieb | 1 | 1,1 | | 1 | 1 |
| — Speicher ³⁾ | | | | 0,18 | 0,05 |
| — Wechseleinrichtung/Ankop- peleinrichtung | 0,15 | 1,3 | | 0,0 | 0,01 |
| 21. Einsatztage/Monat | 20 | 23 | 25 | 25 | 20 |
| 22. tägliche Laufleistung km | 160 | 140 | 160 | 160 | 110 |

1) Diesel/Elektro (Batterie)-Antrieb;

2) einschließlich der Laufleistung im Speicherwechselbetrieb (siehe Kap. 3.1.3.1);

3) im Generatorbetrieb;

4) *) Nebenschlußmaschine, **) Reihenschlußmaschine, ***) Nebenschlußmaschine bzw. Reihenschlußmaschine, Mittelwert

2.3 Elektro-Pkw

Wesentliche Betriebsergebnisse des Einsatzes von 33 Elektro-Pkw zeigt Tabelle 4.

Als Fahrzeugkomponenten, an denen die Störungen im wesentlichen auftraten, wurden überwiegend die Batterie und die Antriebssteuerung genannt. Insgesamt werden die Elektro-Pkw jedoch positiv beurteilt: Bei 90% aller Betreiber (hauptsächlich Energieversorgungsunternehmen im Bereich des RWE) konnten die Fahrzeuge alle an sie gestellten Aufgaben erfüllen. 86% der Betreiber bekundeten zudem die Absicht, auch zukünftig Elektrofahrzeuge einsetzen zu wollen. Bei der Detailbewertung wurden Zuladung, Bedienung und Winterbetrieb überwiegend als gut beurteilt, während die Reichweite des Fahrzeuges sowie insbesondere der Wartungsaufwand der Batterien nur als befriedigend oder als unbefriedigend beurteilt wurden.

Tabelle 4

Fahrleistungen und Energieverbrauchswerte der Elektro-Pkw (je Fahrzeug)

| Fahrzeugtyp Kenndaten | CitySTROMer |
|------------------------------|------------------|
| Gesamtlaufleistung km | |
| Min/Max | 1 818 bis 45 000 |
| Durchschnitt | 9 111 |
| jährliche Fahrleistung km | |
| Min/Max | 5 625 bis 23 250 |
| Durchschnitt | 12 719 |
| tägliche Fahrleistung km | |
| Min/Max | 11 bis 75 |
| Durchschnitt | 38,8 |
| Netzenergiebedarf kWh/100 km | |
| Min/Max | 22 bis 73,5 |
| Durchschnitt | 40,2 |

3. Entwicklungsstand und -aussichten der Batterie-Elektrofahrzeugtechnologie

3.1 Fahrzeugkonzepte¹⁾

3.1.1 Elektro-Pkw²⁾

Der „CitySTROMer“ wurde unter Federführung der GES Gesellschaft für elektrischen Straßenverkehr mbH in Zusammenarbeit mit den Firmen Brown, Boveri & Cie AG und Auwärter entwickelt. Die

¹⁾ Die Entwicklung vollständig neuer Fahrzeugkonzepte für Batteriefahrzeuge wird hier nicht betrachtet; vergleiche dazu Sonderheft 32 (1983) der Reihe Forschung Stadtverkehr, herausgegeben vom Bundesminister für Verkehr.

²⁾ Zu weiteren Pkw-Versuchen siehe COST 302.

Fahrzeugkonzeption zielte insbesondere auf den Einsatz in innerstädtischen Bereichen, in Lärmschutzzonen sowie im Dienstleistungsgewerbe ab.

Für die Aufnahme der elektrischen Komponenten wurde der VW Golf C als Grundfahrzeug modifiziert. Um im Fahrzeugheck die Traktionsbatterie installieren zu können, ist der Einbau einer verstärkten Hinterachse notwendig. Als Traktionsbatterie kommt eine etwa 400 kg schwere Blei-Säure-Batterie in Rundröhrchentechnik zum Einsatz. Die Batteriemodule sind in einem GFK-Trog untergebracht und befinden sich unter dem Rücksitz sowie unterhalb des Kofferraums.

Als Antriebsmotor wird ein fremderregter Gleichstrommotor mit einer Nennleistung von 12 kW eingebaut. Der Antrieb erfolgt über die Vorderräder. Es wird ein serienmäßiges 4-Gang-Handschaltgetriebe verwendet. Die Steuerung der Gleichstrommaschine übernimmt ein Gleichstromsteller.

Als Höchstgeschwindigkeit werden für den CitySTROMer 98 km/h angegeben, die Beschleunigungszeit von 0 bis 50 km/h beträgt 13 sec., der Netzenergieverbrauch bei einer Konstantfahrt von 50 km/h etwa 21,5 kWh pro 100 km.

Eine Initiative zum Serienbau seitens der Industrie ist aus wirtschaftlichen Gründen nicht erkennbar.

3.1.2 Elektro-Transporter

Wie beim Elektro-Pkw mußten auch bei der Konzeption deutscher Elektro-Transporter¹⁾ die erhöhten Eigengewichte der elektrischen Batteriekomponenten berücksichtigt werden. Beim Elektro-Transporter ist je nach Bauart die Traktionsbatterie in zwei Trögen im hinteren Teil des Laderaums bzw. außerhalb des Laderaumes unterflur zwischen Vorder- und Hinterachse untergebracht. Das Batteriegewicht beträgt 1 050 kg bis 1 125 kg.

Als Antriebsmotore kommen Gleichstrom-Reihenschluß- und Nebenschlußmotore zum Einsatz. Die Nennleistung beträgt 30 kW. In den Antriebsstrang wurde ein serienmäßiges 4-Gang-Schaltgetriebe integriert.

Weitere Initiativen sind (analog zum Pkw) nicht erkennbar.

3.1.3 Elektro-Busse²⁾

3.1.3.1 Batterieantrieb

Aus Gewichtsgründen (Überschreitung der zulässigen Achslasten) mußte die Traktionsbatterie bei den Bussen in einem eigens mitgeführten Anhänger untergebracht werden. Einschließlich der 6 100 kg schweren Batterie ergibt sich für den Batterieanhänger ein Gesamtgewicht von 8 000 kg.

Nachdem die Fahrzeuge anfänglich ausschließlich mit einer Batteriewechseltechnik betrieben wurden, ist im Jahre 1982 eine Ankoppelungstechnik

¹⁾ VW, Daimler Benz.

²⁾ Vgl. hierzu auch Tabelle 2.

zur Kurzzeitzwischenladung entwickelt worden. Beim Ankoppelsystem wird die Traktionsbatterie während der fahrplanmäßigen Pausen an der Endhaltestelle nachgeladen. Das Nachladen erfolgt über einen dachseitigen Stromabnehmer. Ein jeweils 10- bis 15minütiger Aufenthalt an der Endhaltestelle zum Nachladen reicht aus, um die Batteriebusse ohne Wechseln der Batterie ganztägig zu betreiben.

3.1.3.2 Hybridantrieb

Erläuterungen zum technischen Konzept sind aus Kapitel 3.1.4 zu ersehen.

Serienhybridantriebe wurden im Rahmen eines Großversuches in 20 Bussen erprobt (vgl. Tabelle 2). Für den praktischen Einsatz konnte sich dieser Antrieb mit erhöhtem Energieverbrauch aufgrund des komplizierten Aufbaus nicht qualifizieren.

3.1.4 Hybridfahrzeuge

Durch Anwendung hybrider Antriebsaggregate werden prinzipiell die Vorteile von zwei verschiedenen Antriebsaggregaten oder Energie-Versorgungseinrichtungen genutzt. Ein Ziel der Entwicklung von hybriden Antrieben war es, den emissionsfreien Einsatz mit Elektroantrieb auf innerstädtische Kernzonen (z. B. Fußgänger- und Kurzonen) zu beschränken, während in Randzonen der Verbrennungsmotor eingeschaltet wird.

In der Ausführung der hybriden Antriebssysteme wird unterschieden zwischen dem

- Parallelhybrid (Antriebs- und Versorgungsaggregate sind parallel zueinander geschaltet),
- Serienhybrid (Antriebs- und Versorgungsaggregate sind in Reihe zueinander geschaltet).

Der Parallelhybridantrieb erfordert einen noch höheren technischen Aufwand als der Serienhybridantrieb, um die einzelnen Betriebsarten sowohl getrennt als auch zur Leistungssteigerung zusammenwirkend zu betreiben. Der Gesamtwirkungsgrad des Parallelhybridsystems führt jedoch möglicherweise zu günstigeren Energieverbrauchswerten als beim Serienhybridsystem.

Bei der deutschen Industrie laufen z. Z. Pkw- bzw. Transporterversuche mit Parallelhybridantrieb; die ersten Versuchsergebnisse lassen noch keine Beurteilung zu.

4. Entwicklungsstand und -aussichten der Energiespeicher

Die Funktionsfähigkeit eines Elektro-Straßenfahrzeugs hängt im wesentlichen von der verfügbaren speicherbaren (elektrischen) Energie und der Leistung der Fahrzeugbatterie ab. Die Energie einer Fahrzeugbatterie bestimmt weitgehend die Reichweite eines Elektrostraßenfahrzeugs, während die Leistung maßgebend für die Höchstgeschwindigkeit sowie das Beschleunigungs- und Steigungsvermögen ist. Entwicklungen von Batteriesystemen, die möglicherweise als Ersatz für die bisher eingesetzte Blei-Säure-Batterie angesehen werden können, haben teilweise beträchtlich höhere Energiedichten als diese zum Ziel (Tabelle 5).

Von seiten der deutschen Industrie werden gegenwärtig besondere Anstrengungen zur Weiterentwicklung der Natrium-Schwefel(NaS)-Batterie unternommen. In naher Zukunft ist zu erwarten, daß den derzeitigen Laborversuchen erste praktische Erprobungen der NaS-Batterie folgen. Die wichtigsten Vorteile der NaS-Batterie wären hohe Energie- und Leistungsdichte und damit höhere Reichweiten bei geringerem Batteriegewicht (vgl. Tabelle 5), Verwendung preiswert verfügbarer Rohstoffe sowie geringer Wartungsaufwand. Nachteile sind die Verwendung des Natriums und die hohe Arbeitstemperatur.

Neben elektrischen Energiespeichersystemen werden vereinzelt im Linienbusbereich auch Schwungrad- oder Hydraulikspeicher untersucht. Diese Systeme sind aufgrund ihres vergleichsweise geringen Speichervermögens jedoch nur als Ergänzungssysteme zum Hauptantrieb ausgeführt. Sie bieten ohne Lebensdauerverlust des Speichers schnelle Lade- und Entlademöglichkeiten. Sie werden überwiegend zur Bremsenergieerückgewinnung bei Fahrzeugen mit konventionellem Verbrennungsmotor eingesetzt*).

Als wesentliche Vorteile dieser Systeme sind die geringere Auslegung des Hauptantriebs bei gleicher Leistung sowie die geringeren Umweltbelastungen zu nennen.

*) Vgl. hierzu auch „Verkehrspolitische Beurteilung zukünftiger Entwicklungslinien für Bussysteme mit elektrischen Antrieben“ im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, durchgeführt von Fa. Rhein-Consult GmbH, 1985.

Tabelle 5

Gegenüberstellung von Batteriesystemen

| Batteriesystem | | Energiedichte Wh/kg | Leistungsdichte W/kg | Wirkungsgrad % | Lebensdauer Zyklen | Arbeits-temperatur Grad Celsius | Anschaffungs-betrag DM/kWh | Betriebskosten DM/kWh/Zyklus |
|------------------|------|---------------------|----------------------|--------------------|-----------------------|---------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Blei-Säure | real | 23 | 60 | 65 bis 70 | 1 200 | 25 bis 40 | 436 | 0,61 |
| | Ziel | 50 bis 60 | 100 | | 2 700 ¹⁾ | 25 bis 45 | | |
| Natrium-Schwefel | real | 80 ⁴⁾ | 125 ⁵⁾ | 89 | 300 ¹⁾²⁾⁶⁾ | 300 bis 350 | 200 bis 400 | |
| | Ziel | 120 ⁴⁾ | 100 ⁵⁾ | > 98 ³⁾ | 1 000 ⁶⁾ | 300 bis 350 | 200 | 0,30 bis 0,40 |
| Nickel-Eisen | real | 50 | > 100 | 60 bis 65 | 2 000 ²⁾ | 25 bis 50 | 350 bis 500 | 0,30 bis 1,20 |
| | Ziel | 70 | 110 | | | | 300 bis 500 | 0,60 bis 1,80 |
| Nickel-Zink | real | 60 bis 70 | 100 | | 300 | | | |
| | Ziel | | | | | | | |
| Zink-Brom | real | 50 bis 60 | 115 bis 130 | 65 bis 70 | 1 400 ¹⁾ | 10 bis 50 | | |
| | Ziel | 100 | 200 | 70 bis 80 | 1 500 | | > 300 | |

- 1) Laborwerte
- 2) 14-kWh-Batterie
- 3) Bei 2h Entladen und 4h Laden
- 4) Bei 2h-Entladung
- 5) Bei 2/3-Leerlaufspannung
- 6) 2h Entladen, 4h Laden, 100% Entladetiefe, Energieabnahme < 10%

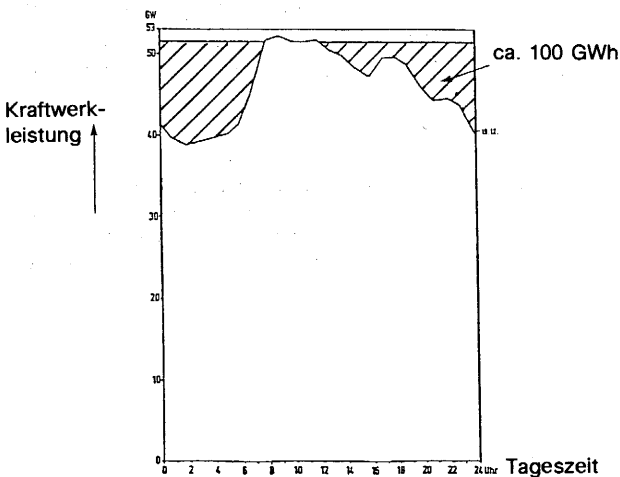
5. Energieversorgung für Elektrofahrzeuge

Die Abbildung 1 veranschaulicht die Energiemenge, die ohne Kapazitätserweiterungen täglich (theore-

tisch) für die Versorgung der Elektro-Straßenfahrzeuge in der Bundesrepublik Deutschland herangezogen werden könnte. Es ist erkennbar, daß täglich ein Minimum von Energie (Wintertag) von etwa 100 GWh zur Verfügung steht; im Sommer wäre es — abgesehen z. B. von den Revisionsplänen der Kraftwerke — mehr.

Abbildung 1

Kapazität der Kraftwerke durch Nachttäler



Aufgrund von Schätzungen des Anwendungspotentials für batteriebetriebene Elektrofahrzeuge kann dagegen ein Tagesenergiebedarf von 25 GWh angesetzt werden. Der gesamte Energiebedarf der Elektro-Straßenfahrzeuge könnte somit auch an Wintertagen bundesweit gerechnet durch die heute schon vorhandenen Kapazitäten der Kraftwerke abgedeckt werden.

Bei der Energieerzeugung und -verteilung fällt der Stromverbrauch der Elektrofahrzeuge nach dieser Abschätzung nicht ins Gewicht. Die Infrastruktur zur Versorgung müßte dagegen örtlich neu geschaffen werden (Steckdosen mit entsprechender Absicherung, ggf. Steuerung).

6. Einzelwirtschaftliche Betrachtung

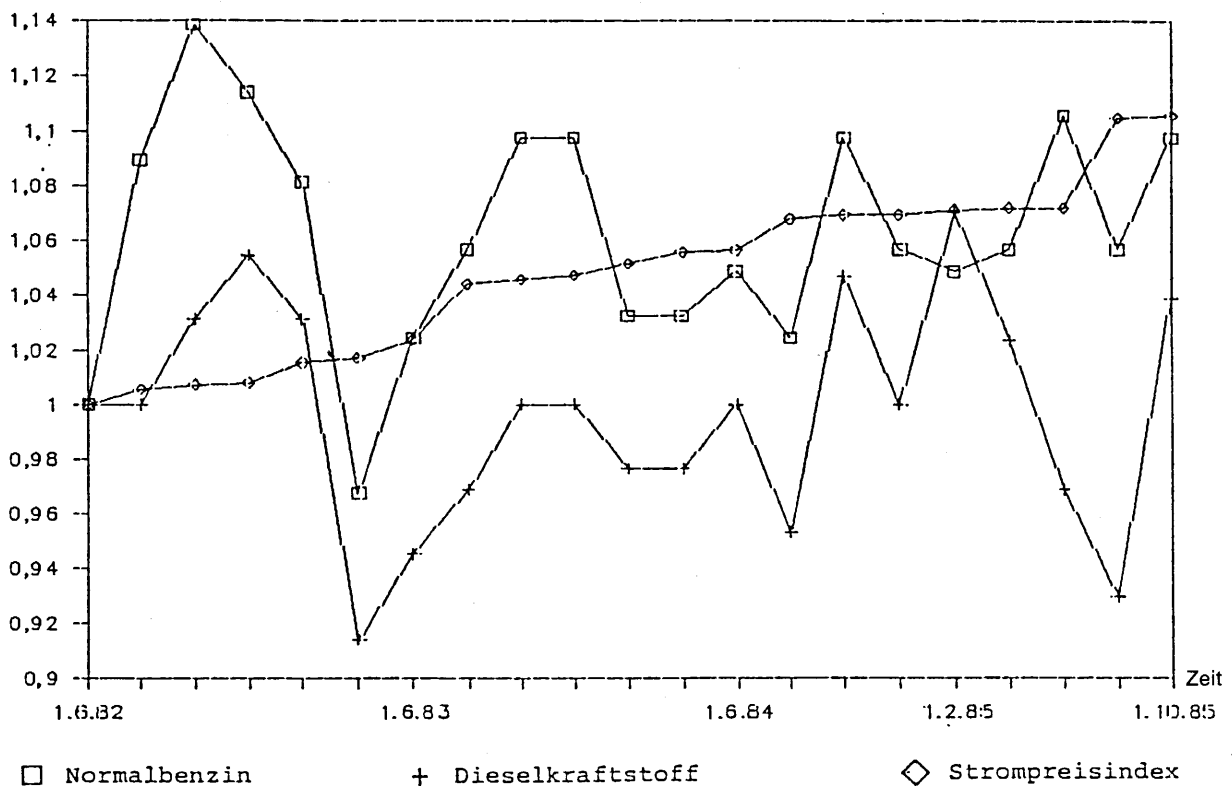
6.1 Energiekosten

Die Entwicklung der Energiepreise von Juni 1982 bis Oktober 1985 veranschaulicht Abbildung 2. Auf die jüngste Preisentwicklung auf dem Mineralölmarkt wird hingewiesen.

Abbildung 2

Preisindex
1. 6. 1982 = 1,00

Energiepreisentwicklung 1. Juni 1982 bis 1. Oktober 1985



Zum Stichtag 1. Oktober 1985 sind folgende Preise als Kalkulationsbasis für die Kostenvergleiche heranzuziehen:

Normalbenzin
1,349 DM/l (1,183 DM/l ohne MWSt),
Dieselkraftstoff
1,329 DM/l (1,166 DM/l ohne MWSt).

Die genannten Preise beziehen sich für Normalbenzin auf verbleiten Kraftstoff; für Pkw mit Katalysortertechnik ist jedoch unverbleiter Kraftstoff erforderlich, der aufgrund der Senkung der Mineralölsteuer für unverbleiten Vergaserkraftstoff mit 1 Pf niedriger angesetzt wurde als der Preis für verbleiten Kraftstoff.

Die Ermittlung der Stromkosten basiert auf einer Auswertung der Tarifstrukturen bei bundesdeut-

schen Energieversorgungsunternehmen. Für die einzelwirtschaftliche Betrachtung werden folgende Strompreise*) angesetzt:

| | |
|-------------------------|--------------|
| Pkw in Privathaushalten | 17,7 Pf/kWh, |
| Pkw in Unternehmen | 22,1 Pf/kWh, |
| Transporter | 21,3 Pf/kWh. |

6.2 Fahrzeugkosten

Den Kosten der batteriebetriebenen Elektrofahrzeuge werden die Kosten von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor gegenübergestellt. Abweichend

*) Die genannten Preise enthalten bereits 3,5% Ausgleichsabgabe; je nach Halter ist zusätzlich die Mehrwertsteuer zu berücksichtigen.

vom vorangegangenen Bericht wird als Pkw für den Kostenvergleich ein Fahrzeug gewählt, das den Anforderungen an schadstoffarme Pkw gerecht wird (Golf C mit 40 kW, 4 + e-Getriebe und Katalysator), um die geänderten Fahrzeugkosten und Steuern berücksichtigen zu können. Als Transporter werden im Kostenvergleich weiterhin Fahrzeuge mit Dieselmotor hinzugezogen.

Gegenüber dem vorangegangenen Bericht wurden die Preise der Energiespeicher wie auch deren Lebensdauer neu bestimmt. Zusätzlich wurden Natrium-Schwefel-Batterien mit in die einzelwirtschaftliche Betrachtung einbezogen. Die im Kostenvergleich für Pkw und Transporter angewandten Batteriepreise (ohne MWSt) zeigen die Tabellen 6 a und 6 b.

Bei der Batterie-Lebensdauer wird sowohl für Pkw als auch für Transporter von einer Lebensdauer von vier Jahren für die Module und acht Jahren für die Batterie-Peripherie (entsprechend der Fahr-

zeuglebensdauer) ausgegangen. Die jährlich anfallenden Kosten wurden als Annuität bei einer Verzinsung von 8 % p. a. ermittelt.

Da sich für Natrium-Schwefel-Batterien Fertigungsverfahren noch in der Entwicklung befinden, ist eine detaillierte Kalkulation der in den Herstellungskosten enthaltenen Fertigungskosten derzeit noch nicht möglich. Erst im Zusammenhang mit der Pilotfertigung werden spezifische Aussagen über die Fertigungskosten von Natrium-Schwefel-Batterien verfügbar sein. Die in Tabellen 6 a und 6 b genannten Kosten basieren aus diesem Grund auf einer Kalkulation der Materialkosten und deren Hochrechnung auf die Gesamtkosten anhand von Kostenstrukturvergleichen etablierter Fertigungen. (Hieraus erklärt sich die in den Tabellen 6 a und 6 b angegebene Bandbreite der Batteriepreise; im Kostenvergleich wurden jeweils die durchschnittlichen Preise in Ansatz gebracht.) Aus diesem Preisermittlungsverfahren erklärt sich auch, daß von Preisangaben für Produktionsstückzahlen unter 10 000 Batterien pro Jahr abgesehen wurde.

Tabelle 6 a

**Preise für Blei- und Natrium-Schwefel-Batterien (Pkw)
in Abhängigkeit von der Jahresproduktion**

Stand 1. Oktober 1985

| Jahres- produktionszahl (Stück) | Blei-Säure-Batterie | | | Natrium-Schwefel-Batterie | | |
|---------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------|---------------------------|------------|------------------|
| | Batterie- preis DM | Peripherie- kosten DM | Gesamt- preis DM | Batteriepreis | | |
| | | | | min. DM | max. DM | durchschn. DM |
| 1 000 | 6 976 | 6 976 | 13 952 | | | |
| 5 000 | 6 395 | 6 395 | 12 790 | | | |
| 10 000 | 5 930 | 5 930 | 11 860 | 5 600 | 11 200 | 8 400 |
| 50 000 | 3 488 | 3 488 | 6 976 | 5 356 | 5 911 | 5 133 |
| 100 000 | 3 488 | 3 488 | 6 976 | 2 800 | 5 600 | 4 200 |

Quelle: Angaben der Industrie.

Tabelle 6 b

**Preise für Blei- und Natrium-Schwefel-Batterien (Transporter)
in Abhängigkeit von der Jahresproduktion**

Stand 1. Oktober 1985

| Jahres- produktionszahl (Stück) | Blei-Säure-Batterie | | | Natrium-Schwefel-Batterie | | |
|---------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------|---------------------------|------------|------------------|
| | Batterie- preis DM | Peripherie- kosten DM | Gesamt- preis DM | Batteriepreis | | |
| | | | | min. DM | max. DM | durchschn. DM |
| 50 | 13 080 | 9 156 | 22 236 | | | |
| 1 000 | 12 703 | 8 892 | 21 595 | | | |
| VW 10 000 | 6 540 | 4 540 | 11 118 | 5 600 | 11 200 | 8 400 |
| DB 10 000 | 6 540 | 4 578 | 11 118 | 11 200 | 22 400 | 16 800 |

Quelle: Angaben der Industrie.

6.3 Steuer und Versicherung, Wartungskosten

Die Kraftfahrzeugsteuer-Sätze für die Transporter sind gegenüber 1982 unverändert. Die Kraftfahrzeugsteuer für Pkw wird anhand des Hubraums bemessen. Für Elektro-Pkw sowie den Vergleichs-Pkw mit Verbrennungsmotor und Katalysator sind die Regelungen des „Gesetzes über steuerliche Maßnahmen zur Förderung des schadstoffarmen Personenkraftwagens“ zu beachten, denen zufolge Elektro-Pkw wie schadstoffarme Pkw mit einem Hubraum von bis zu 1 500 ccm behandelt werden (§ 3 d, KraftStG 1985). Der Elektro-Pkw ist dementsprechend für sechs Jahre und zehn Monate, beginnend

am 1. Oktober 1985, von der Zahlung der Kfz-Steuer befreit, der Pkw mit Verbrennungsmotor für zwei Jahre und acht Monate.

Die für Steuern und Versicherung im einzelnen angesetzten Kosten sind Tabelle 7 zu entnehmen.

Die Wartungskosten für Kraftfahrzeuge haben sich nach Angaben des Statistischen Bundesamtes gegenüber dem 1. Juni 1982 um 16,96% erhöht. Da sowohl für die Fahrzeug- als auch für die Batterie-wartung keine neuen Kostenangaben vorliegen, wurden die Angaben aus dem vorigen Bericht übernommen und lediglich entsprechend der Preissteigerungsrate angepaßt.

Tabelle 7

Jährliche Kosten für Kfz-Steuer und Versicherung nach Fahrzeugtypen
Stand 1. Oktober 1985

| Fahrzeugtyp | Kfz-Steuer DM/a | Versicherung*) DM/a | Gesamt DM/a |
|-------------------------|--------------------|------------------------|----------------|
| VW — Transporter | | | |
| Diesel | 267,00 | 1 276,90 | 1 543,90 |
| Elektro | 168,75 | 118,30 | 1 287,05 |
| DB — Transporter | | | |
| Diesel | 314,00 | 1 867,00 | 2 181,00 |
| Elektro | 244,50 | 1 276,90 | 1 521,40 |
| Personenkraftwagen | | | |
| Verbrennungsmotor | 112,46 | 970,30 | 1 082,76 |
| Elektro | 23,62 | 672,90 | 696,52 |

*) Quelle: Angaben von Versicherungsgesellschaften.

6.4 Kostenvergleich für Pkw

Der Kostenvergleich wurde für drei Betreibergruppen und je zwei Batterietypen durchgeführt, die sich zum Teil auch hinsichtlich durchschnittlicher jährlicher Fahrleistung und Vorsteuerabzugsfähigkeit unterscheiden (vgl. Tabelle 8).

Tabelle 8

Varianten des Kostenvergleichs für Pkw

| Tabelle des Anhangs | Betreiber | Batterietyp | Vorsteuerabzug | Jährliche Fahrleistung |
|---------------------|------------------|------------------|----------------|------------------------|
| A 1 | privat | Blei-Säure | nein | 8 000 km |
| A 2 | privat | Natrium-Schwefel | nein | 8 000 km |
| A 3 | öffentliche Hand | Blei-Säure | nein | 10 000 km |
| A 4 | öffentliche Hand | Natrium-Schwefel | nein | 10 000 km |
| A 5 | Unternehmen | Blei-Säure | ja | 10 000 km |
| A 6 | Unternehmen | Natrium-Schwefel | ja | 10 000 km |

Die Ergebnisse der Kostenvergeiche sind in den Anhangtabellen A 1 bis A 6 zusammengestellt.

Hieraus wird deutlich, daß unter Zugrundelegung dieser Preiskalkulationen die Anschaffungskosten eines Elektro-Pkw mit Natrium-Schwefel-Batterien sich bei hohen Produktionsstückzahlen den am Markt realisierbaren Preisen deutlich annähern könnten. Unter Berücksichtigung der günstigeren Betriebskosten könnten Elektro-Pkw somit zumindest in Marktsegmenten zukünftig Marktchancen eingeräumt werden.

Zu berücksichtigen bleibt jedoch, daß bei den dieser Einschätzung zugrundeliegenden Preisen von einer jährlichen Produktion von 100 000 Elektro-Pkw durch einen Hersteller ausgegangen wurde. Die Kosten, die bei der Produktion bei zwei Herstellern eintreten (= Jahresproduktion 50 000 Stück je Hersteller), liegen bereits deutlich über den Kosten für die Produktion bei einem einzigen Hersteller.

Ein Vergleich der hier ermittelten Kosten für Elektro-Pkw mit Blei-Säure-Batterien mit den Angaben des vorangegangenen Berichts zeigt, daß prozentual gemessen der Kostenabstand des Elektro-Pkw zum Vergleichs-Pkw mit Verbrennungsmotor sich nur unwesentlich verändert hat. Demgegenüber hat sich das Kostenniveau deutlich erhöht, was auf höhere Kosten der Traktionsbatterie (beim Elektro-Pkw) bzw. den höheren Fahrzeugpreis (beim Pkw mit Verbrennungsmotor) zurückzuführen ist.

Eine günstigere Kostenentwicklung ergibt sich bei Einsatz der Natrium-Schwefel-Batterie, wie die Abbildungen 3 und 4 zeigen. Unter Einbeziehung des vorausgesetzten durchschnittlichen Preises für Natrium-Schwefel-Batterien liegen die Kosten für Elektro-Pkw bei hohen Produktionsstückzahlen nur noch um 8 bis 10% über denen des Pkw mit Verbrennungsmotor. Sofern hier die vom Hersteller genannte Kostenuntergrenze angesetzt wird, verringern sich diese Mehrkosten nochmals deutlich.

Dies zeigt, daß kostenmäßig im Einsatz der Natrium-Schwefel-Batterie ein wesentlicher Faktor zur Erhöhung der Marktchancen von Elektro-Pkw zu sehen wäre, denn aus der Befragung der Unternehmen ergab sich in einem begrenzten Marktsegment ein akzeptabler Mehrpreis des Elektro-Pkw von ca. 16%. Dies würde — ohne Berücksichtigung günstiger Betriebskosten — einen Marktpreis von ca. 16 200 DM akzeptabel erscheinen lassen; der in Anhangtabelle A 6 für eine Jahresproduktion von 100 000 Elektro-Pkw mit Natrium-Schwefel-Batterien genannte Preis liegt bei 19 020 DM.

Abbildung 3**)

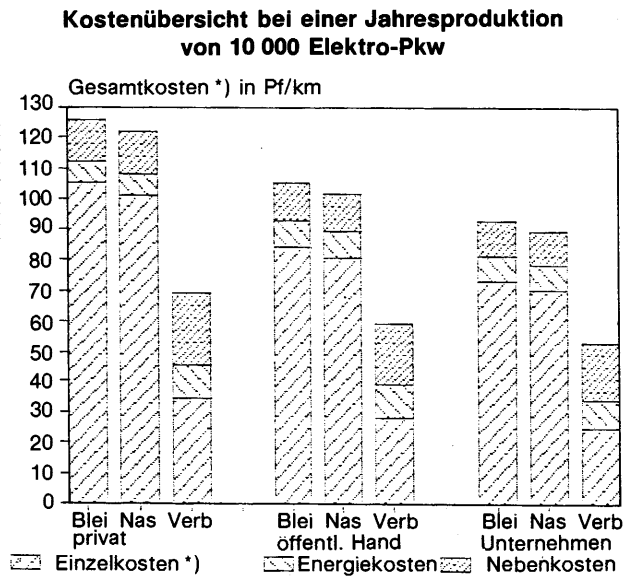
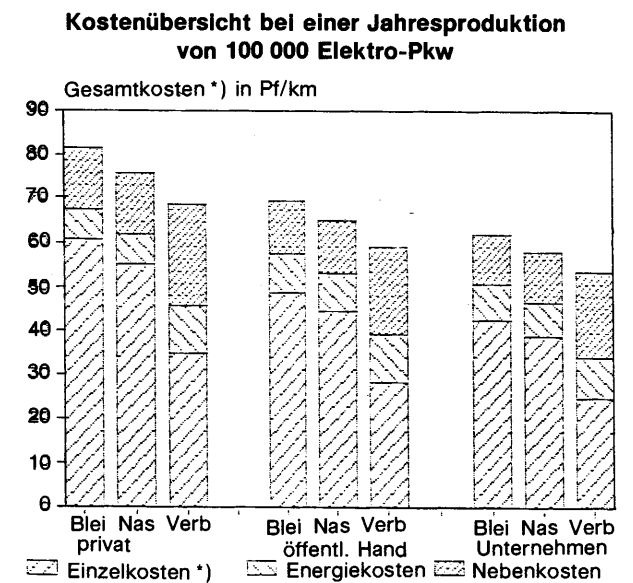


Abbildung 4**)



*) Kostendefinitionen siehe Anhangtabellen (Einzelkosten sind Kapitalkosten)

***) Erläuterungen zu den Abkürzungen in Abbildungen 3 und 4:
 „Blei“ ≙ Blei-Säure-Batterie
 „NaS“ ≙ Natrium-Schwefel-Batterie
 „Verb“ ≙ Verbrennungsmotor

6.5 Kostenvergleich für Transporter

Der Kostenvergleich wurde für zwei Betreibergruppen (Betriebe der öffentlichen Hand und Privatunternehmen) durchgeführt, die sich hinsichtlich der Vorsteuer-Abzugsfähigkeit unterscheiden. Die durchschnittliche jährliche Fahrleistung der Transporter wurde dabei entsprechend den bisher gemachten Erfahrungen, insbesondere des Berlin-

Versuchs (BMFT), von 15 000 km im vorangegangenen Bericht auf jetzt 8 000 km herabgesetzt. Für jeden Fahrzeugtyp und jede Betreibergruppe wurden Kostenvergleiche für Elektro-Transporter mit Blei-Säure- und Natrium-Schwefel-Batterien durchgeführt. Dabei wurde von einer Lebensdauer von vier Jahren für die Batteriemodule und acht Jahren für die Batterieinfrastruktur ausgegangen.

Tabelle 9

Varianten des Kostenvergleichs für Transporter

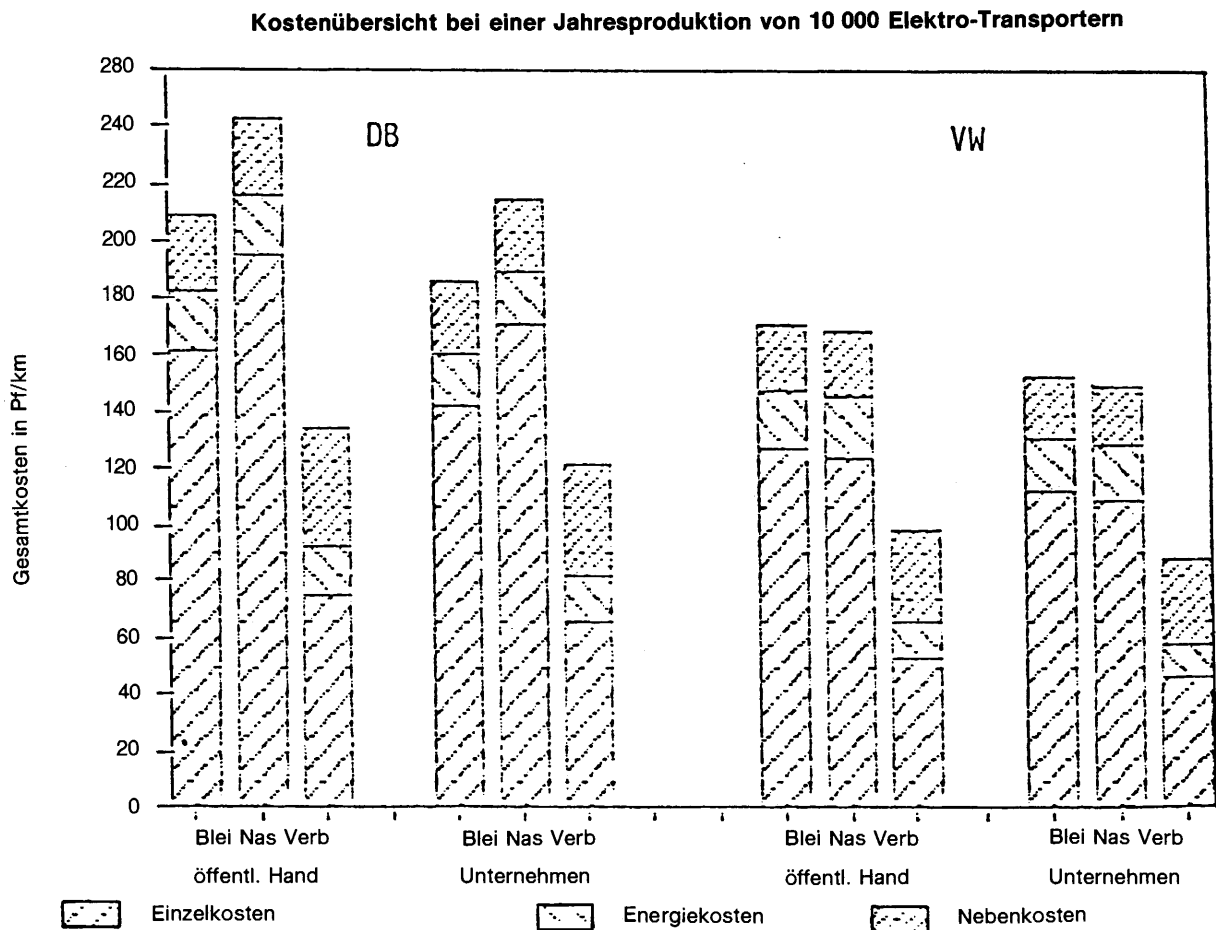
| Tabelle des Anhangs | Typ | Betreiber | Batterietyp | Vorsteuerabzug | Jährliche Fahrleistung |
|---------------------|-----|------------------|------------------|----------------|------------------------|
| A 7 | DB | öffentliche Hand | Blei-Säure | nein | 8 000 km |
| A 8 | DB | öffentliche Hand | Natrium-Schwefel | nein | 8 000 km |
| A 9 | DB | Unternehmen | Blei-Säure | ja | 8 000 km |
| A 10 | DB | Unternehmen | Natrium-Schwefel | ja | 8 000 km |
| A 11 | VW | öffentliche Hand | Blei-Säure | nein | 8 000 km |
| A 12 | VW | öffentliche Hand | Natrium-Schwefel | nein | 8 000 km |
| A 13 | VW | Unternehmen | Blei-Säure | ja | 8 000 km |
| A 14 | VW | Unternehmen | Natrium-Schwefel | ja | 8 000 km |

Die Ergebnisse der Kostenvergleiche zeigen die Anhangstabellen A 7 bis A 14 bzw. Abbildung 5.

Ein Vergleich der Ergebnisse der Kostenrechnung für Elektro-Transporter zeigt, daß selbst bei einer jährlichen Produktion von 10 000 Stück die Kosten für Elektro-Transporter deutlich über denen des jeweiligen Modells mit Verbrennungsmotor liegen.

Der Einsatz der Natrium-Schwefel-Batterie ergibt beim DB-Transporter eine weitere Kostensteigerung, was auf die höhere Batterieanzahl (zwei Batterien mit einer im Vergleich zum VW-Transporter höheren Leistung) zurückzuführen ist. Beim VW-Transporter, der mit einer Batterie bestückt würde, sinken die Kosten im Vergleich zum Elektro-Transporter mit Blei-Säure-Batterie geringfügig, liegen jedoch selbst bei einer Jahresproduktion von 10 000 Stück noch deutlich über denen des VW-Transporters mit Verbrennungsmotor.

Abbildung 5



(Erläuterungen und Abkürzungen wie zu Abbildung 3 und 4)

Diese Kosten decken sich in ihrer Tendenz mit den Ergebnissen des Kostenvergleichs für den Pkw:

Eine Annäherung der Kosten des Elektrofahrzeugs an die Kosten des Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor könnte auch beim Pkw erst bei vergleichsweise hohen jährlichen Produktionsstückzahlen erreicht werden.

Insgesamt läßt sich feststellen, daß die Einzelkosten für Elektro-Straßenfahrzeuge insbesondere bei niedrigen Produktionsstückzahlen deutlich über denen vergleichbarer Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor liegen.

In Markt Bereichen, in denen hohe Absatz- und damit Produktionszahlen erreicht werden könnten,

kann durch die eintretende Kostendegression bei hohen Stückzahlen zusammen mit dem Einsatz der Natrium-Schwefel-Batterie eine deutliche Kostenannäherung erreicht werden.

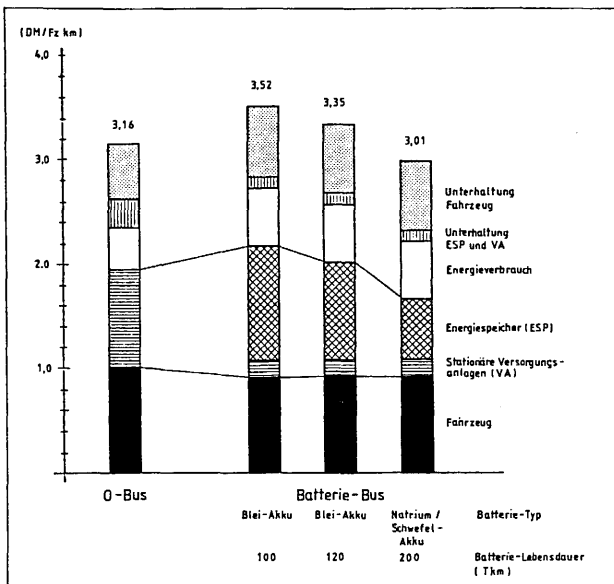
6.6 Kostenbetrachtung für Elektrobusse

Für Elektrobusse sind keine gesonderten Kostenrechnungen durchgeführt worden, sondern es wurde auf die vorliegende Literatur zurückgegriffen.

Einen Überblick über das Kostenniveau und die Kostenstruktur vermittelt die folgende Abbildung:

Abbildung 6

Spezifische Systemkosten Obus/Zwischennachlade-Batterie-Bus



Quelle: Gerndt, Die Zukunft des Batterie-Elektrobusses
in: Der Nahverkehr, Heft 2/84

Für Batteriebusse mit Blei-Säure-Batterie kann gegenwärtig von einem Anwendungspotential von etwa 1 000 Bussen ausgegangen werden, dessen Realisierung von der Wirtschaftlichkeit der Batteriebusse im Vergleich zu Dieselnissen abhängt (Quelle: vgl. S. 16, „Verkehrspolitische Beurteilung zukünftiger Entwicklungslinien für Bussysteme mit elektrischen Antrieben“ im Auftrag des Bundesministers für Verkehr). Wenn dieses Marktpotential realisiert werden würde, erscheint es nach Herstellerangaben möglich, Standardlinienbusse mit integrierter Batterie, also nicht mehr mit Batterieanhänger anzubieten.

In diesem Fall wäre mit Fahrzeugpreisen in Höhe von ca. 570 000 DM für den Elektrostandardbus und ca. 750 000 DM für den Elektrogelenkbus zu rechnen. Hinzu kämen die Kosten für die Batterie, die gegenwärtig mit 115 000 DM anzusetzen sind. Bei einer Speicher-Lebensdauer von 120 000 km und einem Energieverbrauch von 2,5 kWh/km ergeben sich Energiebereitstellungskosten in Höhe von 1,42 DM/km. Dieser Wert liegt deutlich über den Energiekosten von Dieselnissen in Höhe von ca. 0,44 DM/km.

Zusammenfassend zeigt sich damit, daß Batteriebusse mit Blei-Säure-Batterie wegen deutlich höherer Herstellungs- und Energiekosten derzeit nicht mit Dieselnissen konkurrieren können.

7. Anwendungs- und Marktpotential für Elektrofahrzeuge

Die Beurteilung der Förderung von Elektro-Straßenfahrzeugen hängt wesentlich von dem techni-

schen Anwendungspotential sowie dem zu erwartenden Marktpotential ab. Materialien hierzu sind schon für die vergangenen Berichte erarbeitet worden*).

Da sich gegenüber der Ausgangssituation dieser Materialien die verkehrlichen Rahmenbedingungen und die umweltpolitischen Einflüsse deutlich verändert haben, wurde die Prognosebasis für das Marktpotential von Elektrofahrzeugen aktualisiert. Den hierzu durchgeführten Befragungen wurde die derzeitige Preisgestaltung (Preisstand Oktober 1985) für Elektro-Pkw zugrunde gelegt.

Aufgrund der Ergebnisse der früheren Befragungen von Privathaushalten ist hier beim heutigen Preisgefüge kein nennenswertes Absatzpotential für Elektrofahrzeuge zu erwarten. Privathaushalte sind deshalb nicht in die Befragung einbezogen worden.

Bei gewerblichen Unternehmen sowie bei Städten und Gemeinden sind dagegen durchaus besondere Einsatzbedingungen denkbar, die selbst bei den im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen hohen Kosten ein Absatzpotential möglich erscheinen lassen. Beispielhaft ist der Einsatz von Elektrofahrzeugen auf Messen, auf Krankenhausgelände, als Sportbegleitfahrzeuge sowie für Nachtauslieferungen zu nennen.

Insgesamt ergaben die Befragungen bei Unternehmen ein — unter allem Vorbehalt — jährliches Absatzpotential von etwa 4 000 Elektro-Pkw. Zu den derzeit vorgegebenen Preisen ist demnach nicht mit größeren Absatzchancen für den Elektro-Pkw zu rechnen, obwohl aus den Befragungen für bestimmte Fälle durchaus eine Akzeptanz höherer Preise für Elektro-Pkw deutlich wurde. Dies gilt insbesondere für den Bereich der gewerblichen Unternehmen (z. B. aus Imagegründen), für den sich ein akzeptabler Mehrpreis gegenüber dem Preis konventioneller Pkw von durchschnittlich 16% ergeben hat (S. 27).

Der Ermittlung des genannten Potentials wurde der Einsatz von Blei-Säure-Batterien mit einer Tagesreichweite von 65 km zugrunde gelegt. Die Reichweite des Fahrzeuges hat großen Einfluß auf die für den Einsatz von Elektro-Pkw geeigneten Aufgabebereiche. Es ist davon auszugehen, daß sich das Anwendungspotential für Elektro-Pkw mit 150 km Tagesreichweite erhöhen würde. Eine Tagesreichweite von ca. 150 km ist durch den Einsatz der Natrium-Schwefel-Batterie denkbar. Der Weiterentwicklung dieser Technologie zur Serienreife ist deshalb ein hoher Stellenwert beizumessen.

Aber selbst dann bleibt der im Vergleich zum Pkw mit Verbrennungsmotor deutlich höhere Marktpreis für Elektro-Pkw ein Hindernis für die Steigerung des am Markt zu realisierenden Absatzpotentials, das bei unverändertem Preisniveau nur um etwa 2 000 Elektro-Pkw jährlich steigen würde.

* Vgl. Sonderhefte 28 (1981) und 32 (1983) der Reihe Forschung Stadtverkehr, hrsg. vom Bundesminister für Verkehr.

Nach gegenwärtigem Erkenntnisstand (Preisstand Oktober 1985) müßte der Preis für einen Elektro-Pkw deutlich unter 30 000 DM liegen (Reichweite 150 km), um zu einem nennenswerten Marktpotential zu kommen. Aufgrund der jüngsten Preisentwicklung für Verbrennungsmotorkraftstoffe im Frühjahr 1986 ist dieser Preis noch weiter nach unten zu korrigieren.

Für Batterie-Elektrobusse ist die Situation ähnlich. Das technische Anwendungspotential von Batterie-Elektrobussen wird auf etwa 10 000 Busse geschätzt*) (das entspricht einer Jahresproduktion von ca. 1 000 Bussen). Aufgrund der im Vergleich zu Dieselnissen geringeren Einsatzflexibilität und der gewichtsbedingten, geringeren Fahrgastkapazität von Batterie-Elektrobussen mit integrierter Blei-Säure-Batterie würde sich das praktische Einsatzpotential auf ca. 1 000 Batterie-Elektrobusse reduzieren. Die große Bedeutung einer verbesserten Traktionsbatterie für die Erhöhung des Einsatzpotentials zeigt sich demnach auch im Bussektor. Inwieweit dieses Einsatzpotential auch tatsächlich verkauft werden könnte, hängt von der Wirtschaftlichkeit der Batteriebusse im Vergleich zu den Dieselnissen ab.

8. Förderungsmöglichkeiten

Aus umweltpolitischen Erwägungen heraus und zur Substitution von Erdöl kann der Betrieb von Elektrofahrzeugen grundsätzlich wünschenswert sein. Die zentralen Probleme der geringeren Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit sind zunächst je-

*) Vgl. „Verkehrspolitische Beurteilung zukünftiger Entwicklungslinien für Bussysteme mit elektrischen Antrieben“, S. 16.

doch nicht zu überwinden. Bei den dargestellten Randbedingungen ist deshalb im freien Wettbewerb gegenwärtig nicht mit einer nennenswerten Marktdurchdringung der Elektrofahrzeuge zu rechnen.

Aufgrund der heutigen Bedingungen ist die Förderung der Breitereinführung von Elektrofahrzeugen nicht sinnvoll; Fördermaßnahmen könnten jedoch in den nachfolgenden Bereichen in Erwägung gezogen werden:

Die Einsatzmöglichkeiten von Hybridfahrzeugen werden durchaus günstig beurteilt. Generell haben hybride Antriebe den Vorteil, nicht ausschließlich auf die Batterie und deren Nachteile als Energiespeicher angewiesen zu sein. Hier sind die Initiativen der Industrie oder der Betreiber abzuwarten.

Die Weiterentwicklung der Natrium-Schwefel-Batterie ist zwischenzeitlich vorangeschritten. Für die Natrium-Schwefel-Batterie könnte eine Erprobung im praktischen Einsatz in der Bundesrepublik Deutschland begonnen werden. Hier wird neben der laufenden Förderung durch das Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) ein deutliches Engagement der entwickelnden Industrie und der Betreiber erwartet.

Das erforderliche Know-how für Elektroantriebe sollte in der Bundesrepublik Deutschland nicht verlorengehen. Es liegt allerdings an der beteiligten Industrie, dies zu nutzen und zu gegebener Zeit eine eventuelle Serienproduktion für Elektrofahrzeuge vorzubereiten. Mit dem Verkauf der Fahrzeuge könnten gleichzeitig Erschließungsmöglichkeiten neuer Einsatzbereiche für Elektro-Pkw überprüft werden.

Weitere (theoretische) Berichte könnten damit vermieden werden.

Anhang

Inhaltsverzeichnis Anhangtabellen

| | Seite |
|--------------|---|
| Tabelle A 1 | Kostenübersicht für einen Pkw in Privathaushalten (Blei[Pb-])Batterie 20 |
| Tabelle A 2 | Kostenübersicht für einen Pkw in Privathaushalten (Natrium-Schwefel[NaS-]Batterie 21 |
| Tabelle A 3 | Kostenübersicht für einen Pkw in Betrieben der öffentlichen Hand (Pb-Batterie) 22 |
| Tabelle A 4 | Kostenübersicht für einen Pkw in Betrieben der öffentlichen Hand (NaS-Batterie) 23 |
| Tabelle A 5 | Kostenübersicht für einen Pkw in Unternehmen (Pb-Batterie) 24 |
| Tabelle A 6 | Kostenübersicht für einen Pkw in Unternehmen (NaS-Batterie) 25 |
| Tabelle A 7 | Kostenübersicht für einen DB-Transporter in Betrieben der öffentlichen Hand (Pb-Batterie) 26 |
| Tabelle A 8 | Kostenübersicht für einen DB-Transporter in Betrieben der öffentlichen Hand (NaS-Batterie) 27 |
| Tabelle A 9 | Kostenübersicht für einen DB-Transporter in Unternehmen (Pb-Batterie) 28 |
| Tabelle A 10 | Kostenübersicht für einen DB-Transporter in Unternehmen (NaS-Batterie) 29 |
| Tabelle A 11 | Kostenübersicht für einen VW-Transporter in Betrieben der öffentlichen Hand (Pb-Batterie) 30 |
| Tabelle A 12 | Kostenübersicht für einen VW-Transporter in Betrieben der öffentlichen Hand (NaS-Batterie) 31 |
| Tabelle A 13 | Kostenübersicht für einen VW-Transporter in Unternehmen (Pb-Batterie) 32 |
| Tabelle A 14 | Kostenübersicht für einen VW-Transporter in Unternehmen (NaS-Batterie) 33 |

Hinweis

- In allen Tabellen wurden die dargestellten Pf-Beträge abgerundet. Dadurch ergeben sich geringfügige Unterschiede zwischen den Einzelkosten und den errechneten Gesamtkosten.
- VW = Volkswagen
- DB = Daimler-Benz

Tabelle A 1

**Kostenübersicht für einen Pkw in Privathaushalten bei einer Jahresfahrleistung von 8000 km
mit MWSt
Stand 1. Oktober 1985**

| Bezeichnung | Dimen- sion | Pkw mit Verbren- nungs- motor | Pkw mit Elektromotor Blei-Säure-Batterie | | | | |
|-----------------------------------|----------------|--|---|--------|----------|--------|--------|
| | | | Jahresproduktion | Stück | > 50 000 | 1000 | 5000 |
| Anschaffungspreise | | | | | | | |
| Fahrzeug | DM | 15 458 | 50 206 | 33 311 | 29 081 | 19 232 | 16 416 |
| Reifen | DM | 479 | 479 | 479 | 479 | 479 | 479 |
| Traktionsbatterie | DM | 0 | 15 905 | 14 581 | 13 520 | 7 953 | 7 953 |
| Einzelkosten | | | | | | | |
| Fahrzeug und Reifen ... | Pf/km | 34 | 110 | 73 | 64 | 43 | 36 |
| Traktionsbatterie | Pf/km | 0 | 47 | 43 | 40 | 23 | 23 |
| Energie | | | | | | | |
| Normalkraftstoff | Pf/km | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| elektrische Energie | Pf/km | 0 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Heizöl | Pf/km | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fahrzeugnebenkosten | | | | | | | |
| Wartung Fahrzeug | Pf/km | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Wartung Batterie | Pf/km | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Steuern und Versicherung | Pf/km | 13 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Gesamtkosten | Pf/km | 68 | 178 | 138 | 125 | 87 | 81 |
| Gesamtkosten | DM/a | 5 518 | 14 305 | 11 050 | 10 062 | 7 023 | 6 533 |
| Vergleichskosten | % | 100 | 259 | 200 | 182 | 127 | 118 |

Tabelle A 2

**Kostenübersicht für einen Pkw in Privathaushalten bei einer Jahresfahrleistung von 8000 km
mit MWSt**

Stand 1. Oktober 1985

| Bezeichnung | Dimension | Pkw mit Verbrennungs- motor | Pkw mit Elektromotor Natrium-Schwefel-Batterie | | |
|------------------------------|-----------|-----------------------------------|---|--------|---------|
| | | | 10 000 | 50 000 | 100 000 |
| Jahresproduktion | Stück | > 50 000 | | | |
| Anschaffungspreise | | | | | |
| Fahrzeug | DM | 15 458 | 29 081 | 19 232 | 16 416 |
| Reifen | DM | 479 | 479 | 479 | 479 |
| Traktionsbatterie | DM | 0 | 9 576 | 5 852 | 4 788 |
| Einzelkosten | | | | | |
| Fahrzeug und Reifen | Pf/km | 31 | 64 | 43 | 36 |
| Traktionsbatterie | Pf/km | 0 | 36 | 22 | 18 |
| Energie | | | | | |
| Normalkraftstoff | Pf/km | 10 | 0 | 0 | 0 |
| elektrische Energie | Pf/km | 0 | 6 | 6 | 6 |
| Heizöl | Pf/km | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fahrzeugnebenkosten | | | | | |
| Wartung Fahrzeug | Pf/km | 9 | 3 | 3 | 3 |
| Wartung Batterie | Pf/km | 0 | 1 | 1 | 1 |
| Steuern und Versicherung ... | Pf/km | 13 | 8 | 8 | 8 |
| Gesamtkosten | Pf/km | 68 | 121 | 86 | 76 |
| Gesamtkosten | DM/a | 5 515 | 9 735 | 6 897 | 6 086 |
| Vergleichskosten | % | 100 | 176 | 125 | 110 |

Tabelle A 3

**Kostenübersicht für einen Pkw in Betrieben der öffentlichen Hand
bei einer Jahresfahrleistung von 10 000 km**

mit MWSt

Stand 1. Oktober 1985

| Bezeichnung | Dimen- sion | Pkw mit Verbren- nungs- motor | Pkw mit Elektromotor Blei-Säure-Batterie | | | | |
|-----------------------------------|----------------|--|---|--------|----------|--------|--------|
| | | | Jahresproduktion | Stück | > 50 000 | 1000 | 5000 |
| Anschaffungspreise | | | | | | | |
| Fahrzeug | DM | 15 458 | 50 206 | 33 311 | 29 081 | 19 232 | 16 416 |
| Reifen | DM | 479 | 479 | 479 | 479 | 479 | 479 |
| Traktionsbatterie | DM | 0 | 15 905 | 14 581 | 13 520 | 7 953 | 7 953 |
| Einzelkosten | | | | | | | |
| Fahrzeug und Reifen ... | Pf/km | 28 | 88 | 59 | 51 | 34 | 29 |
| Traktionsbatterie | Pf/km | 0 | 37 | 34 | 32 | 18 | 18 |
| Energie | | | | | | | |
| Normalkraftstoff | Pf/km | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| elektrische Energie | Pf/km | 0 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Heizöl | Pf/km | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fahrzeugnebenkosten | | | | | | | |
| Wartung Fahrzeug | Pf/km | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Wartung Batterie | Pf/km | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Steuern und Versicherung | Pf/km | 10 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Gesamtkosten | Pf/km | 59 | 147 | 114 | 104 | 74 | 69 |
| Gesamtkosten | DM/a | 5 945 | 14 732 | 11 477 | 10 489 | 7 450 | 6 960 |
| Vergleichskosten | % | 100 | 247 | 193 | 176 | 125 | 117 |

**Kostenübersicht für einen Pkw in Betrieben der öffentlichen Hand
bei einer Jahresfahrleistung von 10 000 km**

Stand 1. Oktober 1985

| Bezeichnung | Dimension | Pkw mit Verbrennungs- motor | Pkw mit Elektromotor Natrium-Schwefel-Batterie | | |
|------------------------------|-----------|-----------------------------------|---|--------|---------|
| | | | 10 000 | 50 000 | 100 000 |
| Jahresproduktion | Stück | > 50 000 | 10 000 | 50 000 | 100 000 |
| Anschaffungspreise | | | | | |
| Fahrzeug | DM | 15 458 | 29 081 | 19 232 | 16 416 |
| Reifen | DM | 479 | 479 | 479 | 479 |
| Traktionsbatterie | DM | 0 | 9 576 | 5 852 | 4 788 |
| Einzelkosten | | | | | |
| Fahrzeug und Reifen | Pf/km | 28 | 51 | 34 | 29 |
| Traktionsbatterie | Pf/km | 0 | 28 | 17 | 14 |
| Energie | | | | | |
| Normalkraftstoff | Pf/km | 10 | 0 | 0 | 0 |
| elektrische Energie | Pf/km | 0 | 8 | 8 | 8 |
| Heizöl | Pf/km | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fahrzeugnebenkosten | | | | | |
| Wartung Fahrzeug | Pf/km | 9 | 3 | 3 | 3 |
| Wartung Batterie | Pf/km | 0 | 1 | 1 | 1 |
| Steuern und Versicherung ... | Pf/km | 10 | 6 | 6 | 6 |
| Gesamtkosten | Pf/km | 59 | 101 | 73 | 65 |
| Gesamtkosten | DM/a | 5 945 | 10 162 | 7 324 | 6 513 |
| Vergleichskosten | % | 100 | 170 | 123 | 109 |

Tabelle A 5

**Kostenübersicht für einen Pkw in Unternehmen bei einer Jahresfahrleistung von 10000 km
mit MWSt
Stand 1. Oktober 1985**

| Bezeichnung | Dimen- sion | Pkw mit Verbren- nungs- motor | Pkw mit Elektromotor Blei-Säure-Batterie | | | | |
|-----------------------------------|----------------|--|---|--------|----------|--------|--------|
| | | | Jahresproduktion | Stück | > 50 000 | 1000 | 5000 |
| Anschaffungspreise | | | | | | | |
| Fahrzeug | DM | 13 560 | 44 040 | 29 220 | 25 510 | 16 870 | 14 400 |
| Reifen | DM | 420 | 420 | 420 | 420 | 420 | 420 |
| Traktionsbatterie | DM | 0 | 13 952 | 12 790 | 11 860 | 6 976 | 6 976 |
| Einzelkosten | | | | | | | |
| Fahrzeug und Reifen ... | Pf/km | 24 | 77 | 51 | 45 | 30 | 26 |
| Traktionsbatterie | Pf/km | 0 | 33 | 30 | 28 | 16 | 16 |
| Energie | | | | | | | |
| Normalkraftstoff | Pf/km | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| elektrische Energie | Pf/km | 0 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Heizöl | Pf/km | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fahrzeugnebenkosten | | | | | | | |
| Wartung Fahrzeug | Pf/km | 8 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Wartung Batterie | Pf/km | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Steuern und Versicherung | Pf/km | 10 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Gesamtkosten | Pf/km | 53 | 130 | 101 | 92 | 66 | 61 |
| Gesamtkosten | DM/a | 5 348 | 13 008 | 10 153 | 9 286 | 6 620 | 6 190 |
| Vergleichskosten | % | 100 | 243 | 189 | 173 | 123 | 115 |

Tabelle A 6

Kostenübersicht für einen Pkw in Unternehmen bei einer Jahresfahrleistung von 10000 km
 ohne MWSt
 Stand 1. Oktober 1985

| Bezeichnung | Dimension | Pkw mit Verbrennungs- motor | Pkw mit Elektromotor Natrium-Schwefel-Batterie | | |
|------------------------------|-----------|-----------------------------------|---|--------|---------|
| | | | 10 000 | 50 000 | 100 000 |
| Jahresproduktion | Stück | > 50 000 | 10 000 | 50 000 | 100 000 |
| Anschaffungspreise | | | | | |
| Fahrzeug | DM | 13 560 | 25 510 | 16 870 | 14 400 |
| Reifen | DM | 420 | 420 | 420 | 420 |
| Traktionsbatterie | DM | 0 | 8 400 | 5 133 | 4 200 |
| Einzelkosten | | | | | |
| Fahrzeug und Reifen | Pf/km | 24 | 45 | 30 | 26 |
| Traktionsbatterie | Pf/km | 0 | 25 | 15 | 12 |
| Energie | | | | | |
| Normalkraftstoff | Pf/km | 9 | 0 | 0 | 0 |
| elektrische Energie | Pf/km | 0 | 7 | 7 | 7 |
| Heizöl | Pf/km | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fahrzeugnebenkosten | | | | | |
| Wartung Fahrzeug | Pf/km | 8 | 3 | 3 | 3 |
| Wartung Batterie | Pf/km | 0 | 1 | 1 | 1 |
| Steuern und Versicherung ... | Pf/km | 10 | 6 | 6 | 6 |
| Gesamtkosten | Pf/km | 53 | 90 | 65 | 57 |
| Gesamtkosten | DM/a | 5 348 | 9 000 | 6 510 | 5 798 |
| Vergleichskosten | % | 100 | 168 | 121 | 108 |

Tabelle A 7

**Kostenübersicht für einen DB-Transporter in Betrieben der öffentlichen Hand
bei einer Jahresfahrleistung von 8000 km**

mit MWSt

Stand 1. Oktober 1985

| Bezeichnung | Dimension | Transporter mit Verbrennungs- motor | Transporter mit Elektromotor Blei-Säure-Batterie | | |
|------------------------------|-----------|---|---|--------|--------|
| | | | 50 | 1 000 | 10 000 |
| Jahresproduktion | Stück | > 50 000 | 50 | 1 000 | 10 000 |
| Anschaffungspreise | | | | | |
| Fahrzeug | DM | 33 402 | 108 927 | 68 742 | 55 176 |
| Reifen | DM | 946 | 946 | 946 | 946 |
| Traktionsbatterie | DM | 0 | 25 349 | 24 618 | 12 675 |
| Einzelkosten | | | | | |
| Fahrzeug und Reifen | Pf/km | 74 | 239 | 151 | 122 |
| Traktionsbatterie | Pf/km | 0 | 78 | 76 | 39 |
| Energie | | | | | |
| Dieselmotorkraftstoff | Pf/km | 17 | 0 | 0 | 0 |
| elektrische Energie | Pf/km | 0 | 20 | 20 | 20 |
| Heizöl | Pf/km | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fahrzeugnebenkosten | | | | | |
| Wartung Fahrzeug | Pf/km | 14 | 5 | 5 | 5 |
| Wartung Batterie | Pf/km | 0 | 3 | 1 | 1 |
| Steuern und Versicherung ... | Pf/km | 27 | 19 | 19 | 19 |
| Gesamtkosten | Pf/km | 133 | 367 | 275 | 209 |
| Gesamtkosten | DM/a | 10 705 | 29 386 | 22 065 | 16 727 |
| Vergleichskosten | % | 100 | 274 | 206 | 156 |

**Kostenübersicht für einen DB-Transporter in Betrieben der öffentlichen Hand
bei einer Jahresfahrleistung von 8 000 km**

mit MWSt

Stand 1. Oktober 1985

| Bezeichnung | Dimension | Transporter mit Verbrennungs- motor | Transporter mit Elektromotor Natrium-Schwefel-Batterie |
|-------------------------------|-----------|---|---|
| Jahresproduktion | Stück | > 50 000 | 10 000 |
| Anschaffungspreise | | | |
| Fahrzeug | DM | 33 402 | 55 176 |
| Reifen | DM | 946 | 946 |
| Traktionsbatterie | DM | 0 | 19 152 |
| Einzelkosten | | | |
| Fahrzeug und Reifen | Pf/km | 74 | 122 |
| Traktionsbatterie | Pf/km | 0 | 72 |
| Energie | | | |
| Diesekraftstoff | Pf/km | 17 | 0 |
| elektrische Energie | Pf/km | 0 | 20 |
| Heizöl | Pf/km | 0 | 0 |
| Fahrzeugnebenkosten | | | |
| Wartung Fahrzeug | Pf/km | 14 | 5 |
| Wartung Batterie | Pf/km | 0 | 1 |
| Steuern und Versicherung ... | Pf/km | 27 | 19 |
| Gesamtkosten | Pf/km | 133 | 241 |
| Gesamtkosten | DM/a | 10 705 | 19 350 |
| Vergleichskosten | % | 100 | 180 |

Tabelle A 9

**Kostenübersicht für einen DB-Transporter in Unternehmen
bei einer Jahresfahrleistung von 2000 km**

ohne MWSt

Stand 1. Oktober 1985

| Bezeichnung | Dimension | Transporter mit Verbrennungs- motor | Transporter mit Elektromotor Blei-Säure-Batterie | | |
|------------------------------|-----------|---|---|--------|----------|
| | | | Jahresproduktion | Stück | > 50 000 |
| Anschaffungspreise | | | | | |
| Fahrzeug | DM | 29 300 | 95 550 | 60 300 | 48 400 |
| Reifen | DM | 830 | 830 | 830 | 830 |
| Traktionsbatterie | DM | 0 | 22 236 | 21 595 | 11 118 |
| Einzelkosten | | | | | |
| Fahrzeug und Reifen | Pf/km | 65 | 209 | 133 | 107 |
| Traktionsbatterie | Pf/km | 0 | 69 | 67 | 34 |
| Energie | | | | | |
| Dieselmotorkraftstoff | Pf/km | 15 | 0 | 0 | 0 |
| elektrische Energie | Pf/km | 0 | 18 | 18 | 18 |
| Heizöl | Pf/km | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fahrzeugnebenkosten | | | | | |
| Wartung Fahrzeug | Pf/km | 12 | 4 | 4 | 4 |
| Wartung Batterie | Pf/km | 0 | 2 | 1 | 1 |
| Steuern und Versicherung ... | Pf/km | 27 | 19 | 19 | 19 |
| Gesamtkosten | Pf/km | 120 | 324 | 244 | 185 |
| Gesamtkosten | DM/a | 9 658 | 25 964 | 19 558 | 14 876 |
| Vergleichskosten | % | 100 | 268 | 202 | 154 |

Tabelle A 10

Kostenübersicht für einen DB-Transporter in Unternehmen bei einer Jahresfahrleistung von 2000 km
 ohne MWSt
 Stand 1. Oktober 1985

| Bezeichnung | Dimension | Transporter mit Verbrennungs- motor | Transporter mit Elektromotor Natrium-Schwefel-Batterie |
|------------------------------|-----------|---|---|
| Jahresproduktion | Stück | > 50 000 | 10 000 |
| Anschaffungspreise | | | |
| Fahrzeug | DM | 29 300 | 48 400 |
| Reifen | DM | 830 | 830 |
| Traktionsbatterie | DM | 0 | 16 800 |
| Einzelkosten | | | |
| Fahrzeug und Reifen | Pf/km | 65 | 107 |
| Traktionsbatterie | Pf/km | 0 | 63 |
| Energie | | | |
| Dieselmotorkraftstoff | Pf/km | 15 | 0 |
| elektrische Energie | Pf/km | 0 | 18 |
| Heizöl | Pf/km | 0 | 0 |
| Fahrzeugnebenkosten | | | |
| Wartung Fahrzeug | Pf/km | 12 | 4 |
| Wartung Batterie | Pf/km | 0 | 1 |
| Steuern und Versicherung ... | Pf/km | 27 | 19 |
| Gesamtkosten | Pf/km | 120 | 214 |
| Gesamtkosten | DM/a | 9 658 | 17 177 |
| Vergleichskosten | % | 100 | 177 |

Tabelle A 11

**Kostenübersicht für einen VW-Transporter in Betrieben der öffentlichen Hand
bei einer Jahresfahrleistung von 8000 km**

mit MWSt

Stand 1. Oktober 1985

| Bezeichnung | Dimension | Transporter mit Verbrennungs- motor | Transporter mit Elektromotor Blei-Säure-Batterie | | |
|------------------------------|-----------|---|---|--------|--------|
| | | | 50 | 1 000 | 10 000 |
| Jahresproduktion | Stück | > 50 000 | | | |
| Anschaffungspreise | | | | | |
| Fahrzeug | DM | 23 418 | 73 618 | 51 803 | 39 587 |
| Reifen | DM | 741 | 741 | 741 | 741 |
| Traktionsbatterie | DM | 0 | 25 349 | 24 618 | 12 675 |
| Einzelkosten | | | | | |
| Fahrzeug und Reifen | Pf/km | 52 | 161 | 114 | 87 |
| Traktionsbatterie | Pf/km | 0 | 78 | 76 | 39 |
| Energie | | | | | |
| Dieselmotorkraftstoff | Pf/km | 12 | 0 | 0 | 0 |
| elektrische Energie | Pf/km | 0 | 20 | 20 | 20 |
| Heizöl | Pf/km | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fahrzeugnebenkosten | | | | | |
| Wartung Fahrzeug | Pf/km | 12 | 5 | 5 | 5 |
| Wartung Batterie | Pf/km | 0 | 3 | 1 | 1 |
| Steuern und Versicherung ... | Pf/km | 19 | 16 | 16 | 16 |
| Gesamtkosten | Pf/km | 97 | 286 | 235 | 171 |
| Gesamtkosten | DM/a | 7 771 | 22 937 | 18 831 | 13 728 |
| Vergleichskosten | % | 100 | 295 | 242 | 176 |

**Kostenübersicht für einen VW-Transporter in Betrieben der öffentlichen Hand
bei einer Jahresfahrleistung von 8 000 km**

mit MWSt

Stand 1. Oktober 1985

| Bezeichnung | Dimension | Transporter mit Verbrennungs- motor | Transporter mit Elektromotor Natrium-Schwefel-Batterie |
|------------------------------|-----------|---|---|
| Jahresproduktion | Stück | > 50 000 | 10 000 |
| Anschaffungspreise | | | |
| Fahrzeug | DM | 23 418 | 39 587 |
| Reifen | DM | 741 | 741 |
| Traktionsbatterie | DM | 0 | 9 576 |
| Einzelkosten | | | |
| Fahrzeug und Reifen | Pf/km | 52 | 87 |
| Traktionsbatterie | Pf/km | 0 | 36 |
| Energie | | | |
| Dieselmotorkraftstoff | Pf/km | 12 | 0 |
| elektrische Energie | Pf/km | 0 | 20 |
| Heizöl | Pf/km | 0 | 0 |
| Fahrzeugnebenkosten | | | |
| Wartung Fahrzeug | Pf/km | 12 | 5 |
| Wartung Batterie | Pf/km | 0 | 1 |
| Steuern und Versicherung ... | Pf/km | 19 | 16 |
| Gesamtkosten | Pf/km | 97 | 168 |
| Gesamtkosten | DM/a | 7 771 | 13 460 |
| Vergleichskosten | % | 100 | 173 |

Tabelle A 13

**Kostenübersicht für einen VW-Transporter in Unternehmen
bei einer Jahresfahrleistung von 8000 km**

ohne MWSt

Stand 1. Oktober 1985

| Bezeichnung | Dimension | Transporter mit Verbrennungs- motor | Transporter mit Elektromotor Blei-Säure-Batterie | | |
|------------------------------|-----------|---|---|--------|--------|
| | | | 50 | 1 000 | 10 000 |
| Jahresproduktion | Stück | > 50 000 | | | |
| Anschaffungspreise | | | | | |
| Fahrzeug | DM | 20 542 | 64 577 | 45 441 | 34 725 |
| Reifen | DM | 650 | 650 | 650 | 650 |
| Traktionsbatterie | DM | 0 | 22 236 | 21 595 | 11 118 |
| Einzelkosten | | | | | |
| Fahrzeug und Reifen | Pf/km | 46 | 141 | 100 | 77 |
| Traktionsbatterie | Pf/km | 0 | 69 | 67 | 34 |
| Energie | | | | | |
| Dieselmotorkraftstoff | Pf/km | 10 | 0 | 0 | 0 |
| elektrische Energie | Pf/km | 0 | 18 | 18 | 18 |
| Heizöl | Pf/km | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fahrzeugnebenkosten | | | | | |
| Wartung Fahrzeug | Pf/km | 11 | 4 | 4 | 4 |
| Wartung Batterie | Pf/km | 0 | 2 | 1 | 1 |
| Steuern und Versicherung ... | Pf/km | 19 | 16 | 16 | 16 |
| Gesamtkosten | Pf/km | 87 | 253 | 208 | 152 |
| Gesamtkosten | DM/a | 7 006 | 20 279 | 16 677 | 12 200 |
| Vergleichskosten | % | 100 | 289 | 238 | 174 |

Tabelle A 14

Kostenübersicht für einen VW-Transporter in Unternehmen bei einer Jahresfahrleistung von 8000 km
ohne MWSt
Stand 1. Oktober 1985

| Bezeichnung | Dimension | Transporter mit Verbrennungs- motor | Transporter mit Elektromotor Natrium-Schwefel-Batterie |
|------------------------------|-----------|---|---|
| Jahresproduktion | Stück | > 50 000 | 10 000 |
| Anschaffungspreise | | | |
| Fahrzeug | DM | 20 542 | 34 725 |
| Reifen | DM | 650 | 650 |
| Traktionsbatterie | DM | 0 | 8 400 |
| Einzelkosten | | | |
| Fahrzeug und Reifen | Pf/km | 46 | 77 |
| Traktionsbatterie | Pf/km | 0 | 31 |
| Energie | | | |
| Dieselmotorkraftstoff | Pf/km | 10 | 0 |
| elektrische Energie | Pf/km | 0 | 18 |
| Heizöl | Pf/km | 0 | 0 |
| Fahrzeugnebenkosten | | | |
| Wartung Fahrzeug | Pf/km | 11 | 4 |
| Wartung Batterie | Pf/km | 0 | 1 |
| Steuern und Versicherung ... | Pf/km | 19 | 16 |
| Gesamtkosten | Pf/km | 87 | 149 |
| Gesamtkosten | DM/a | 7 006 | 11 965 |
| Vergleichskosten | % | 100 | 170 |

