

Der Stellenwert von Klein-Elektromobilen aus energetischer Sicht

Autor(en): **Kriesi, R.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **80 (1989)**

Heft 16: **5**

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-903700>

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.

Der Stellenwert von Klein-Elektromobilen aus energetischer Sicht

R. Kriesi

Leichte Elektromobile benötigen im Vergleich zum herkömmlichen Auto deutlich weniger Energie. Aus energetischer Sicht ist das Elektromobil daher gegenüber der heutigen Situation auch dann wünschenswert, wenn die benötigte Elektrizität nicht mit CO₂-freien Solarzellen, Wasser- oder Kernkraftwerken, sondern mit fossil betriebenen Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen produziert wird.

Les besoins en énergie d'un véhicule électrique léger sont étonnamment faibles par rapport à une voiture ordinaire. Du point de vue énergétique, le véhicule électrique est donc intéressant, même si de nos jours l'électricité nécessaire à son fonctionnement ne provient ni de cellules solaires ni de centrales hydrauliques ou nucléaires ne dégageant pas de CO₂, mais d'installations de couplage force-chaaleur classiques.

Ergänzte Fassung eines Vortrages, gehalten an der Tour-de-Sol-Fachtagung «Solarmobile im Alltag» am 18. Februar 1989 in Bern.

Adresse des Autors:

Dr. Ruedi Kriesi, Leiter der kantonalen Energiefachstelle im Amt für technische Anlagen und Luftthygiene, 8090 Zürich.

Einleitung

Für die Betrachtung des Energieinhaltes eines Produktes gibt es zwei Methoden:

- Man berechnet ihn aufgrund der Kosten des Produkts unter Verwendung des Verhältnisses von Gesamtenergieverbrauch zu Bruttosozialprodukt.
- Man untersucht die Materialflüsse, die zu einem Endprodukt führen, ausgehend von den Rohstoffen im Bergwerk, und bestimmt den Energieverbrauch der einzelnen zugehörigen Umwandlungsprozesse.

Die erste Methode berücksichtigt mit, dass z.B. der Mitarbeiter der Fabrik ja auch zum Arzt gehen muss, dieser wiederum in die Ferien geht, mit einem Porsche fährt usw.

Die zweite Methode erachtet alle Aktivitäten ausserhalb der direkt beteiligten Fabriken als nicht zum «Verantwortungsbereich» des Produkts gehörend.

Für die Betrachtung des Einflusses eines energiesparenden Produkts scheint nur die zweite Methode geeignet, da mit der ersten der Spareffekt nicht sichtbar wird, da unberücksichtigt bleibt, dass z.B. der Arzt des Fabrikmitarbeiters aufgrund der Existenz des neuen Produkts auch weniger Energie verbraucht, indem er z.B. Elektromobil fährt.

Vergleich des Bruttoenergieverbrauchs verschiedener Verkehrsmittel

In Ermangelung einer Arbeit über den Energieinhalt eines Elektromobils wurde in Tabelle I versucht, eine eigene Schätzung zu erstellen. Sowohl die Materialwahlen als auch die Gewichte der Komponenten sind geschätzt. Die

Energieinhalte der einzelnen Materialien sind [1] entnommen, unter der Annahme, dass alle Teile aus neuem Erz bzw. Öl, also ohne einen Anteil an recykliertem Material, hergestellt wurden. Für die Elektronikteile wurden keine Angaben gefunden und deshalb ein selbst geschätzter plausibler Wert eingesetzt. In der Tabelle fehlt ebenfalls der Energieaufwand für die Montage der Komponenten, der jedoch vermutlich den Gesamtwert nicht wesentlich beeinflusst.

Die Genauigkeit dieser Zusammenstellung ist damit sicher nicht sehr gross und die Werte sollten deshalb nicht unbesehen weiterverwendet werden. Für die nachfolgenden Überlegungen genügt die Genauigkeit jedoch vollkommen.

Bei einer Lebensdauer von 100 000 km für das Fahrzeug und 25 000 km für die Batterien beträgt der Energieinhalt der Komponenten pro 100 km nach dieser Zusammenstellung etwa 14 kWh, ist damit also höher als die Antriebsenergie, die man mit etwa 10 kWh annehmen kann.

Die wesentlichste Komponente ist die Batterie, die durch ihre nach wie vor geringe Lebensdauer sehr stark den Totalwert beeinflusst. Könnten die Bleibatterien allerdings aus Altblei und Altkunststoff hergestellt werden, so würde der Aufwand zu ihrer Herstellung etwa um den Faktor 4 sinken [1] und ihr Einfluss auf den Totalwert wäre selbst bei gleicher Lebensdauer von 25 000 km nicht mehr so wesentlich.

In Tabelle II sind nun die Bruttoverbrauchszahlen verschiedener Verkehrsarten einander gegenübergestellt. Zusätzlich zum Energieinhalt der Fahrzeuge sind auch die Aufwendungen für den Strassenbau mitgerechnet. Für das Elektromobil mit 10 kWh/100 km Antriebsenergie steigt damit der

Komponente	Material	Gewicht kg	Energieinhalt		Lebensdauer km	Energieinhalt pro 100 km MJ/100 km
			MJ/kg	MJ		
Chassis, Achsen, Radaufhängung, Lenkung, Felgen	Stahl	105	50	5 250	100 000	5,2
Karosserie	Thermoplast	50	110	5 500	100 000	5,5
Scheiben	Glas	25	30	750	100 000	0,75
Sitze, Innenverkleidung	Kunststoff	40	110	4 400	100 000	4,4
Motor, Getriebe	Stahl	30	50	1 500	100 000	2,6
	Kupfer	10	110	1 100		
Steuerung, Ladegerät, Kabelrolle	Elektronikteile	25	150 ¹	3 750	100 000	4,3
	Kunststoff	2	110	200		
	Kupfer	3	110	300		
Reifen	Gummi	15	90	1 400	50 000	2,8
Batterie	Blei	130	30	4 000	25 000	25
	Polypropylen	20	110	2 200		
Total		450		30 000 △ 8 500 kWh		51 △ 14 kWh/ 100 km

Tabelle 1: Energieinhalt eines Klein-Elektromobils. Gewichte und Materialien der Komponenten aus eigener Schätzung. Energieinhalt aller Materialien aus Rohstoffen, ohne Berücksichtigung von evtl. rezyklierten Anteilen, Werte aus [1].

¹ Energieinhalt aufgrund eigener Schätzung, Wert evtl. zu hoch

Verbrauch pro 100 km auf 34 kWh, obwohl die Aufwendungen für den Strassenunterhalt, wie in [2], dem Lastwagenverkehr angelastet werden, da weitgehend die schweren Fahrzeuge für die Strassenabnutzung verantwortlich sind.

Die Antriebsenergie des Elektromobils und der Bahn sind in Tabelle II als Endenergie gerechnet, da unklar ist, mit welchem Wirkungsgrad die Umrechnung der Energie Elektrizität auf die Primärenergie Wasserkraft, Kernbrennstoff, Gas (BHKW) oder Sonnenstrahlung erfolgen sollte. Bei Verwendung von Solarzellen ist er mit 10% sehr tief, aber belanglos, bei Verwendung von Blockheizkraftwerken nahe bei 1, bei Verwendung der CO₂-freien Kernenergie auch nicht von Bedeutung.

Die Antriebsenergie beträgt also nur rund 30% der Bruttoaufwendungen für die Elektromobilkilometer. Der Streit, ob nun nur Elektromobile, die mit Solarzellen gespeist werden, förderungswürdig seien, findet damit etwas auf einem Nebenschauplatz statt. Die Fragen, wie die Strassen und das Fahrzeug gebaut werden, sind wichtiger.

Vergleicht man nun jedoch die Energiebedarfswerte des Elektromobils mit denen des PWs, so ist der Ge-

winn nach wie vor bemerkenswert, liegt doch auch der Bruttogesamtverbrauch um einen Faktor 4 tiefer, das heisst also, dass der Gesamtverbrauch pro Kilometer Elektromobilmfahrt auch noch dann halbiert würde, wenn nur die Hälfte der Elektromobilfahrten tatsächlich PW-Ersatzfahrten, die andere Hälfte Verkehrszuwachs wären. Da die jährlichen Autokilometer zurzeit

Batterie als Energiespeicher

Verglichen mit einem Benzintank ist ein Elektrizitätsspeicher, eine Batterie, schlecht und teuer: So kostet eine Bleibatterie mit 10 kWh Kapazität – bei Berücksichtigung der unterschiedlichen Wirkungsgrade entspricht dies etwa 3 Litern Benzin – zwischen 2000 und 3000 Franken und wiegt etwa 250 kg! Ein Elektroauto muss also für den Nahverkehr ausgelegt werden. Zudem muss es klein, leicht und aerodynamisch günstig gebaut sein, um einen möglichst kleinen Antrieb und Speicher zu benötigen. Nur so kann die technische Einfachheit des Elektrobetriebs den Nachteile des teuren Speichers kompensieren und ein Elektromobil gegenüber dem Kleinauto konkurrenzfähig werden.

immer noch um etwa 3% ansteigen, muss auch dieser ungünstige Fall betrachtet werden!

Beim Vergleich von Elektromobil und PW mit Bahn und Flugzeug ist zu beachten, dass die Verbrauchszahlen im einen Fall auf die Fahrzeugkilometer, im andern auf die Personenkilometer bezogen sind. Ein mit zwei Personen besetztes Elektromobil ist selbst unter Einbezug der hohen Aufwendungen für Strassenbau und heutige Batterien der Bahn etwa gleichwertig.

Bei der Gewichtung der im Vergleich zur hohen Geschwindigkeit erstaunlich geringen Verbrauchsangabe für Flugzeuge darf nicht übersehen werden, dass eine einzige Ferienreise häufig über Distanzen führt, die der Jahreskilometerleistung des Durchschnittsautos entspricht und dass die Angabe pro Person gilt.

Klein-Elektromobile und Gesamtenergieverbrauch der Schweiz

Der Energieverbrauch des Verkehrs ist mit 29% Anteil am Endenergieverbrauch der Schweiz beteiligt, und davon fallen etwa 62% auf den Autoverkehr. Neben der Gebäudeheizung ist

das Auto die wichtigste Einzelkomponente für den Gesamtenergieverbrauch (Fig. 1).

Durch den sehr starken Substitutionseffekt bei der Antriebsenergie von 10 kWh Elektrizität für das Klein-Elektromobil pro 81 kWh Benzin für das Auto wird die Benzinverbrauchsabnahme sehr schnell spürbar, die Elektrizitätsverbrauchszunahme nur langsam. Selbst bei einer extrem starken Verbreitung von Klein-Elektromobilen mit einer Substitution von 25% der Autokilometer würde der Benzinverbrauch um 25% ab-, der Elektrizitätsverbrauch aber nur um 2% zunehmen. Dieser Zustand ist in Figur 1 dargestellt.

Dieser zusätzliche Strombedarf wäre vorzugsweise mit Blockheizkraftwerken (BHKW) zu decken, d.h. mit Gasmotoren, deren Abwärme zu Heizzwecken verwendet wird. Die Heizanlage, in der der Gasmotor aufgestellt wird und die mit dessen Abwärme unterstützt wird, erhält durch die Stromerzeugung einen höheren Verbrauch an fossilen Brennstoffen, da ja zusätzlich zur Heizung auch Strom produziert wird. Werden mit diesem Strom jedoch Anwendungen ermöglicht, die ein Mehrfaches an fossilen Brennstoffen ersetzen, also etwa Klein-Elektromobile oder Wärmepumpen, so nimmt der Gesamtverbrauch an fossilen Brennstoffen ab. Die Förderung von Blockheizkraftwerken ist also nur sinnvoll, wenn gleichzeitig elektrische Wärmepumpen und Klein-Elektromobile gefördert werden. Wo die BHKWs aufgestellt werden, ist natürlich belanglos, da das öffentliche Netz eine sehr verlustarme Verbindung zwischen den verschiedenen Verbrauchern darstellt.

Zur Verbilligung von BHKWs hat der Kanton Zürich eine Standardanlage von etwa 150 kW elektrischer Leistung dimensionieren und offerieren lassen. Bei 4000 Stunden Laufzeit im Winterhalbjahr produziert ein solches Modul genügend Strom für 6000 Klein-Elektromobile mit je 10 000 km Jahresleistung.

Zur Deckung des Strombedarfs aller notwendigen Klein-Elektromobile für den Ersatz der erwähnten 25% der Autokilometer wären wie erwähnt 2% des heutigen Strombedarfs oder rund 900 Mio kWh notwendig.

Allein im Kanton Zürich befinden sich aber rund 1200 Heizungsanlagen mit mehr als 1 MW Heizleistung. Zum Teil handelt es sich dabei um Hochtemperaturanlagen, die für die Auf-

Komponente	Bahn kWh pro 100 Pers.-km	Flugzeug kWh pro 100 Pers.-km	PW kWh pro 100 Auto-km	E-Mobil kWh pro 100 E-Mobil-km	%	
Fahrzeugproduktion	0,8	36	18,6	6	18	
Ersatzteile	0,8		1,4	0,5 ³	1,5	
Reifen			4,7	0,8	2,4	
Batterieersatz					7	20
Benzinerzeugung				17,3		
Strassenbau	- ⁴		9,8	9,8	29	
Strassenunterhalt	6		(9,8) ²	(9,8) ²		
Benzin-/ Stromverbrauch ¹	10	100	81	10	29	
Total	18	136	132	34	100	

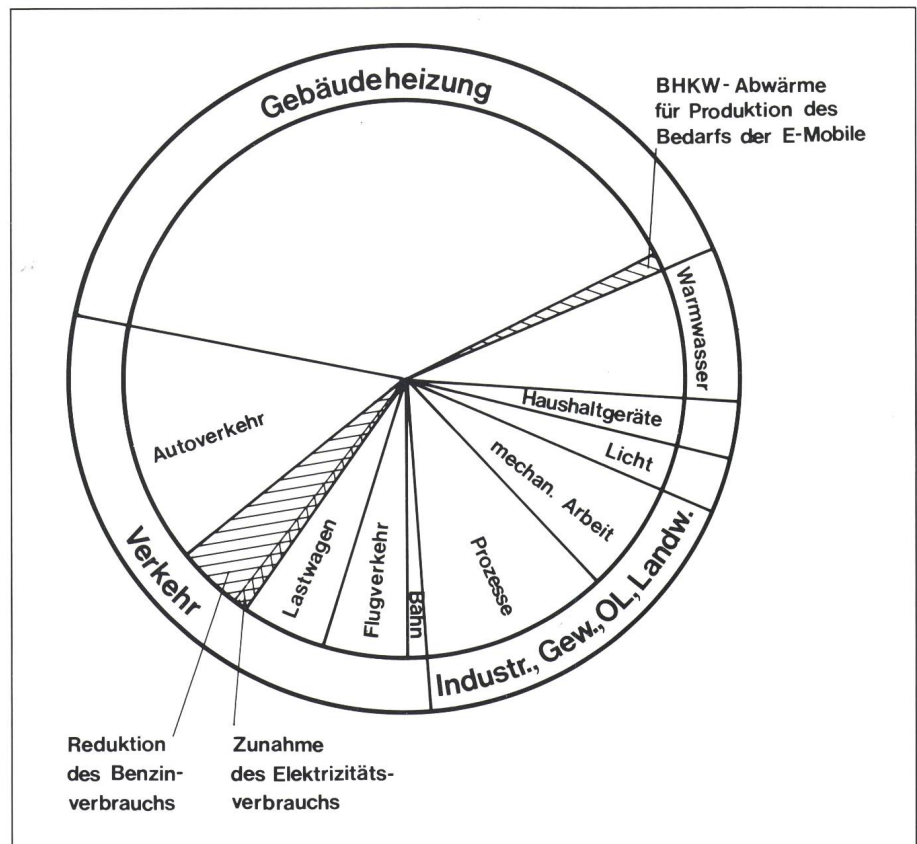
Tabelle II Gegenüberstellung des Primärenergieverbrauchs verschiedener Verkehrsarten und Elektromobilen (Zahlen für Bahn, Flugzeug und PW aus [2], Zahlen für E-Mobil aus Tabelle I).

¹ Stromverbrauch als Endenergie

³ Gleicher Anteil zu Produktionsenergie wie PW

² Wird den Lastwagen angerechnet

⁴ Studie [2] vernachlässigt den Geleiseneubau, da 1984 keine nennenswerte Neubautätigkeit in Sicht, die bestehenden Gleise seit ihrem Bau aber auch energetisch amortisiert waren.



Figur 1 Aufteilung des Endenergieverbrauchs auf die verschiedenen Anwendungen. Der Anteil des Verkehrs am Gesamtenergieverbrauch der Schweiz beträgt 29%, der Anteil des Benzins 18% des Gesamtverbrauchs.

Unter der Annahme, dass 25% der Autokilometer durch Klein-Elektromobile ersetzt werden, sinkt der Benzinverbrauch um 25%, der Elektrizitätsverbrauch steigt um 2%, der gesamte Endenergieverbrauch sinkt um 4%. Würde diese Strommenge ausschliesslich mit Blockheizkraftwerken bereitgestellt, so müsste nur in einem verschwindenden Teil der Gebäudeheizungen ein BHKW installiert werden.

stellung von BHKWs ungeeignet sind, zum Teil aber um Grossanlagen, die sich für die Aufstellung grösserer BHKWs eignen.

Gesamthaft ist das BHKW-Potential in diesen bestehenden Anlagen allein im Kanton Zürich aber etwa so gross, dass damit auch dieser grösste zu erwartende Strombedarf von 900 Mio kWh für den Betrieb aller Klein-Elektromobile in der Schweiz gedeckt werden könnte.

Die Bereitstellung dieser relativ kleinen Strommenge scheint also einfach, sicher einfacher als der Bau und der Verkauf der notwendigen etwa 0,9 Millionen Fahrzeuge (mit je 10 000 km Jahresleistung).

Hybridtechnik

Durch den Einbau eines verbrennungsmotorgetriebenen Generators in ein Klein-Elektromobil kann die beliebige Reichweite des herkömmlichen Autos beibehalten werden. Bei grossem Leistungsbedarf in Steigungen kann zudem der Verbrennungsmotor direkt die notwendige Leistung liefern.

Diese Hybridtechnik hat aber auch grosse Nachteile:

- Die Abwärme des Verbrennungsmotors geht wie beim herkömmlichen Auto verloren. Der energetische Vorteil des Elektroantriebs wird damit in dem Masse reduziert, als der Verbrennungsmotor anstelle der Steckdose für die Batterieladung verwendet wird.
- Mit dieser Technik wird teilweise versucht, die vielfältige Einsetzbarkeit des Autos beizubehalten. Mit den Abmessungen der herkömmlichen Mittelklassewagen wird das Fahrzeug jedoch schwer, der Antriebsenergiebedarf gross und der Elektroantrieb entweder sehr teuer oder unterdimensioniert. Ist er teuer, so lässt sich das Fahrzeug nicht verkaufen, ist er unterdimensioniert, so springt der Verbrennungsmotor für jede Beschleunigung ein und der Beitrag der Elektroenergie bleibt minimal.

Erst wenn auch hier von einem Leichtbau-Kleinstwagen ausgegangen wird [3], sind sehr tiefe Verbrauchswerte möglich. Für längere Fahrten wäre dieses Ökomobil damit eine interessante Ergänzung zu den Elektromobilen, die nur für kurze Strecken einsetzbar sind.

Die Idee, mit Hybridfahrzeugen die Lufthygienesituation in den Städten zu

Solarmobil oder Elektromobil?

Ein Klein-Elektromobil braucht bei 50 km/h bereits etwa 2000 W Antriebsleistung. Da ein alltagstaugliches Fahrzeug klein sein muss, um parkierfreundlich und handlich zu sein, ist die Oberfläche, die mit Zellen belegt werden kann, entsprechend klein. Im Falle eines kleinen Elektrofahrzeuges wie etwa dem MEV-1 ergibt die mit Solarzellen belegte Oberfläche am Mittag bei Sonnenschein lediglich 250 W, verglichen mit der notwendigen Antriebsleistung also sehr wenig. Das Mitführen der Zellen während der Fahrt ist energetisch also nicht sinnvoll.

Da Parkplätze in der Schweiz im städtischen Bereich häufig im Schatten von Häusern und Bäumen sind und die Fahrzeuge zudem die meiste Zeit in überdeckten Garagen stehen, werden die Zellen besser getrennt vom Fahrzeug fix und optimal gegen Süden ausgerichtet aufgestellt. Wofür der Strom aus den Zellen auf dem Hausdach aber gebraucht wird – ob für das Elektrofahrzeug, den Kühlschrank oder den Computer –, spielt nun keine Rolle.

Aus diesen Überlegungen heraus ist das technisch konsequent konzipierte Solarmobil also ein Elektromobil bzw. nur soweit ein Solarmobil, wie der herkömmliche Kühlschrank ein Solarkühlschrank ist. Damit wird das in Grossserie hergestellte Alltagsmobil tatsächlich nicht ein Solar-, sondern ein Klein-Elektromobil sein, das seine Energie von der Steckdose bezieht.

verbessern, indem der Verbrennungsmotor erst ausserhalb der Stadt in Betrieb genommen wird, ist allerdings insofern zu relativieren, als das Gebiet, in dem zusätzliche Massnahmen zur Einhaltung der Luftreinhalteverordnung bis 1994 notwendig sein werden, sich nicht auf die Stadt Zürich beschränkt, sondern sich z.B. entlang der Autobahnen bis an die Grenze des Untersuchungsbereichs (Kanton Zürich) erstreckt.

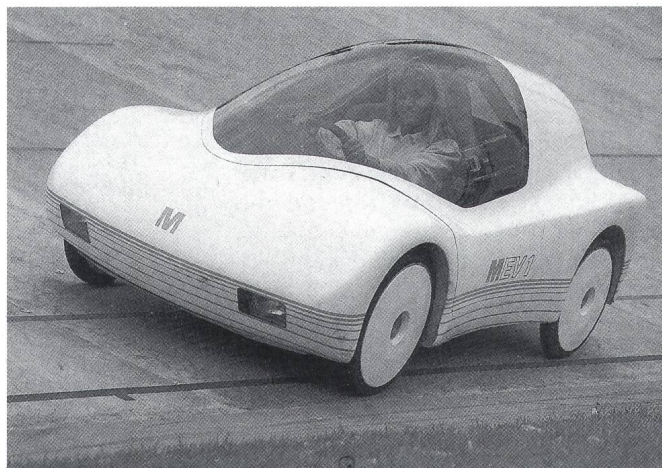
Das Projekt Swissmobil

Bereits im Anschluss an die Tour de Sol 1985 elektrifizierte ein schweizerisches Konsortium einen kleinen Jeep. Nach dem Bau eines ersten Prototyps wurden diese Arbeiten wieder eingestellt. Gewisse Resultate verwendete jedoch die Firma Larag, Wil, für ihren Larel, den elektrifizierten Fiat Panda.

Die Migros beteiligte sich 1986 an der Tour de Sol mit dem MEV 1 (Fig. 2), das dank gutem Antriebswirkungsgrad und einer Nickel-Zink-Batterie sehr gute Fahrleistungen erbrachte. Die Energiefachstelle half koordinierend mit. Aufgrund des grossen Publikumsinteresses an diesem Fahrzeug liess die Migros, zusammen mit der Firma Autophon und mit Unterstützung des Kantons Zürich, eine Machbarkeitsstudie für ein kleines Serien-elektromobil, das «Swissmobil», erstellen (Fig. 3). Trotz positivem Ergebnis bezüglich Technik und Marktsituation fehlte den angefragten Grossfirmen der Mut zur Beteiligung an der Prototypenphase. Die Migros erachtete den Bau dieses industriellen Produkts nicht als ihre Aufgabe, zeigt sich aber interessiert am Vertrieb.

Für das Projekt interessierte sich hingegen die Firma Larag, die zu die-

Figur 2
Das MEV 1 der
Migros an der Tour
de Sol 1986



sem Zeitpunkt mit dem Larel bereits praktische Erfahrungen im Alltagsbetrieb von Elektromobilen gesammelt und eben eine Serie von 100 Stück begonnen hatte. Die Kosten des Larel sind mit 35 000.- Franken sehr hoch, und eine spätere Verbilligung liess sich nur durch die Herstellung eines leichteren Fahrzeuges realisieren. Deshalb übernahm die Larag Anfang 1988 die Rechte aus der Studie Swissmobil und begann parallel zum Bau des Larels mit der Entwicklung eines von Grund auf für den Elektroantrieb optimierten Fahrzeugs. Die Migros hat sich die Option für die Übernahme des Fahrzeugvertriebs offenbehalten.

Die Larag hat vom Kanton Zürich einen Beitrag von 400 000.-, vom Bundesamt für Energiewirtschaft 1,2 Mio Franken für dieses Projekt zugesichert erhalten.

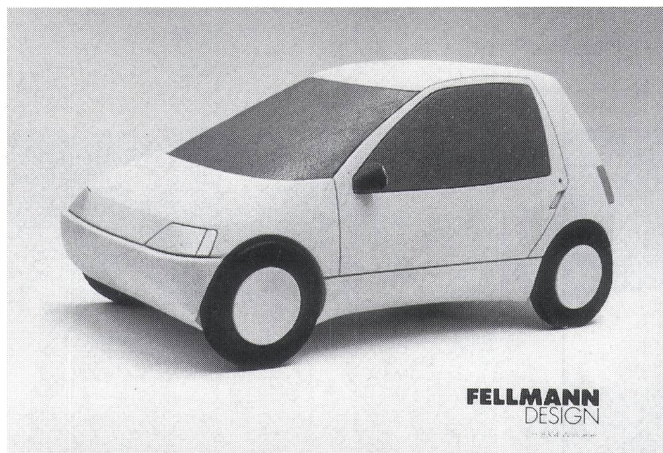
Von dem auf maximal 90 km/h ausgelegten Fahrzeug sind bereits mehrere Prototypen mit verschiedenen Karosserie- und Antriebsvarianten hergestellt worden. Es werden nur Antriebe ohne Schalt- und Differentialgetriebe und sehr gutem Wirkungsgrad untersucht. Bei diesen Arbeiten profitiert die Firma sehr stark von den Erfahrungen mit dem Larel, insbesondere im Umgang mit hochstrombelasteten Bleibatterien im Alltagseinsatz.

Folgerungen

Der energetische Spareffekt der Klein-Elektromobile ist beträchtlich, wichtiger als der lufthygienische Einfluss. Damit ist die Vorstellung, dass Klein-Elektromobile hauptsächlich in den Stadtzentren gefördert werden sollen, etwas zu korrigieren. Aus energetischer Sicht ist es belanglos, wo die Klein-Elektromobile Autoverkehr ersetzen. Einige Faktoren erleichtern zudem die Verbreitung von Klein-Elektromobilen ausserhalb der Städte: Der höhere Anteil an Zweitfahrzeugen in den Haushalten, die besseren Parkiermöglichkeiten, der geringere Zwang, die üblichen Geschwindigkeiten einzuhalten.

Die Polarisierung um die Frage der Energiebeschaffung für den Antrieb der Klein-Elektromobile wird sehr stark entschärft, wenn der Energieverbrauch für die Fahrzeugherstellung und den Strassenbau miteinbezogen wird. Und bei Betrachtung ihres Einflusses auf den Gesamtenergiebedarf der Schweiz wird klar, dass das Hauptaugenmerk nicht auf die Frage der

Figur 3
Die von Autophon und Migros in Auftrag gegebene Studie Swissmobil zeigte, dass ein in Serie produziertes Klein-Elektromobil zu konkurrenzfähigen Preisen herstellbar ist. Das Büro Fellmann Design, Wallisellen, erarbeitete dazu diese Fahrzeugform, die für eine Marktstudie verwendet wurde.



Stromerzeugung, sondern auf den Bau und Verkauf der riesigen Zahl von Fahrzeugen gerichtet werden muss.

Dies ist nicht als Negierung des Verdienstes der Tour de Sol für die Entwicklung der Klein-Elektromobile zu werten. Erst der Zwang zum geringen Energieverbrauch, den die Tour-de-Sol-Bedingungen den Fahrzeugen auferlegt haben, hat die jetzigen Gedanken möglich gemacht.

In diesem Sinne ist es zu bedauern, dass bei der neugeschaffenen Kategorie der Serienfahrzeuge auf den Stromverbrauch als Bewertungskriterium verzichtet wird und damit das bisher stärkste Element der Tour de Sol in den Hintergrund tritt.¹

Ausblick

Bis etwa ins Jahr 1920 hatte das Elektro- gegenüber dem Benzinauto eine grosse Bedeutung. Einen neuen Aufschwung erlebte es im 2. Weltkrieg, als Benzin in Europa schwer erhältlich war. Seither wurde immer wieder versucht, Elektroautos zu entwickeln, da die genannten ökologischen Vorteile unbestritten sind. Keine dieser Entwicklungen hat bisher zu einem Durchbruch geführt. Was ist nun anders, dass ein Erfolg des Projekts trotzdem für realistisch gehalten wird?

● Die Technik hat Fortschritte gemacht. So scheint jetzt ein einfacher Antrieb mit gutem Wirkungsgrad ohne Schalt- und Differentialgetriebe und

¹ Der Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE) hat an der diesjährigen Tour de Sol einen Sonderpreis für das energieeffizienteste Seriensolarmobil ausgesetzt, mit dem dieser Gesichtspunkt dennoch wieder Eingang in die Tour-de-Sol-Wertung fand.

einfacher Steuerelektronik möglich, worüber bisher kein schnellfahrender Prototyp verfügte.

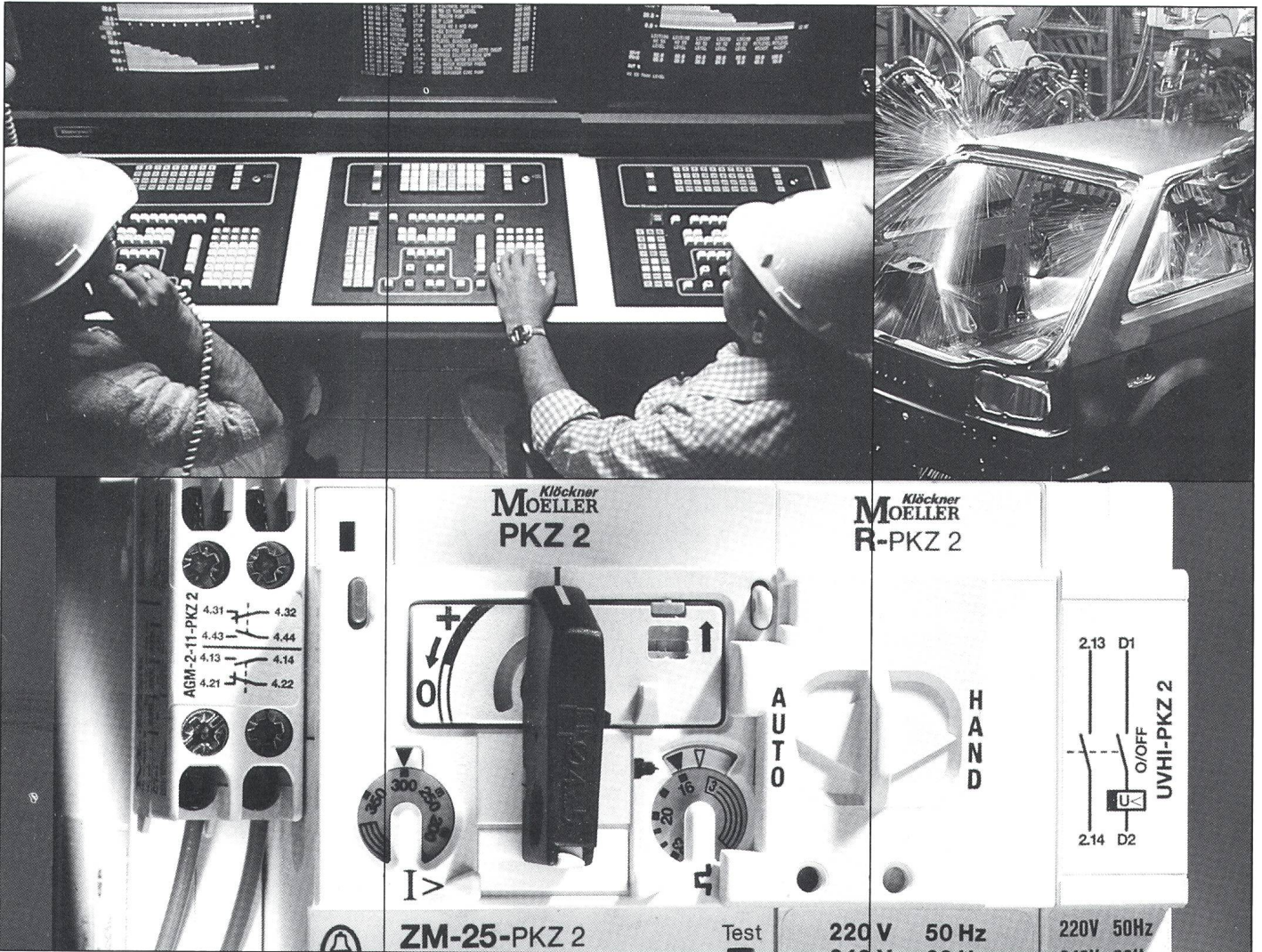
● Der Schweizer Markt ist sehr geeignet. Ein Viertel der Haushalte besitzt mehr als ein Fahrzeug, ein Elektromobil eignet sich gut als Zweitwagen. Die Geschwindigkeitslimiten sind genügend tief für die problemlose Einführung der leistungsschwächeren Elektromobile in den Verkehr. Die Fahrdistancen, etwa im Pendlerverkehr, sind kürzer als in anderen Industrieländern.

● Das politische Umfeld ist günstig. Die Luftreinhalteverordnung, der drohende CO₂-Effekt und die Lärmprobleme schaffen in der Schweiz ein zunehmend günstiges Klima für ein Fahrzeug mit grossen ökologischen Vorteilen. Entsprechend haben bereits mehrere Kantone steuerliche Förderungsmassnahmen für Elektromobile beschlossen.

Ob diese Faktoren für einen Erfolg genügen werden, müssen die nächsten Jahre zeigen.

Literatur

- [1] Boustead, I., Hancock, G.F.: «Handbook of industrial energy analysis». Ellis Horwood Ltd., 1979.
- [2] Jaboyedoff, P., Kriesi, R., Suter, P.: «Consommation d'énergie totale actuelle de quatre domaines susceptibles d'être influencés par de nouveaux moyens de télécommunication». ETH Forschungsprojekt Manto, Teilbericht 2.14, Dez. 1984.
- [3] Eberle, M.: «Einige Gedanken zum Spar- bzw. Ökomobil». Vortrag, gehalten am 1. Juli 1987 am ETH-Zentrum. Adresse des Verfassers: Prof. Dr. M. Eberle, Laboratorium für Verbrennungsmotoren, ETH-Zentrum, 8092 Zürich.



Umschalten auf Automation! Das System ist da. Weltweit. System PKZ 2

*für den
Motor- und
Anlagen-
schutz*

In Zukunft wird vom Motor- und Anlagenschutz mehr verlangt, als nur die klassischen Schutz- und Schaltfunktionen. Und in vielen Bereichen hat die Zukunft schon begonnen.

Das System PKZ 2 von Klöckner-Moeller ist das variable, und sicherungslose Schutzschalter-system, das mit seiner Modulbauweise allen Aufgaben durch vielfältigste Funktionen gerecht wird:

- Schutz- und Schaltfunktionen mit Hand- und Fernbedienung
- differenzierte Meldung von Kurzschluß

und Überlast vor Ort und in der Ferne

- Signalisieren der Hauptstrombahnen über Hilfsschalter, sowohl beim Schutzschalter als auch beim Schaltantrieb
- Kombi-Motorstarter mit den Komponenten: Motor-Auslöserblock und Schaltantrieb und Kombi-Leistungsschalter mit den Komponenten: Anlagenschutz-Auslöserblock und Schaltantrieb
- Fernantrieb des Systems zur flexiblen Integration in Automatisierungskonzepte.

Planen Sie mit dem System PKZ 2 ent-

sprechend dem aktuellen Bedarf. Einfach, schnell, aufeinander abgestimmt. Und problemlos — denn das System PKZ 2 trägt die Prüfzeichen aus aller Welt.

Klöckner-Moeller AG

9202 Gossau SG	071-852795
8307 Effretikon ZH	052-325021
4132 Muttenz BL	061-614593
3084 Wabern BE	031-545577
1000 Lausanne	021-253796