

Solare Mobilität

Grundlagen, Fahrzeuge und Energieversorgung

Eine Information des Bundesverband Solarmobil e.V.

Autor: Roland Reichel, Dipl.Ing.(FH), M.Sc.(Eng.)

bsm, Bundesverband Solarmobil e.V.

Der Vorstand des bsm:

Roland Reichel, Reifenberg 85, D-91365 Weilersbach, Tel. 09194-8900, Fax. 09194-4262, e-mail: RR@solarmobil.net

Thomic Ruschmeyer, Kiefernberg 51, D-21075 Hamburg, Tel. 040-792 93 29, Fax. 040-792 28 60, e-mail: TR@solarmobil.net

Andreas Manthey, Bleibtreustr. 4, D-10623 Berlin, Tel. 030 312 3119, Fax. 030 312 6692, e-mail: AM@solarmobil.net

Internet: www.solarmobil.org

www.park-charge.de

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Grundlagen | 2 |
| 1.1 | Frühe Elektrofahrzeuge | 2 |
| 1.2 | Die Entwicklung zu heutigen Elektro- und Solarfahrzeugen | 2 |
| 2 | Fahrzeuge | 4 |
| 2.1 | Serienfahrzeuge | 4 |
| 2.2 | Der Energieverbrauch | 7 |
| 3 | Energieversorgung | 7 |
| 3.1 | Der Solargenerator auf dem Fahrzeug | 8 |
| 3.2 | Der stationäre Solargenerator | 8 |
| 3.3 | Der Solargenerator im Netzverbund | 9 |
| 3.4 | Park & Charge System (7) | 10 |
| 4 | Literaturangaben | 11 |
| 5 | Internetseiten zu Solar- und E-Mobilen | 12 |



City-El „TARGA-FUN“, einsitziges Leichtelektromobil

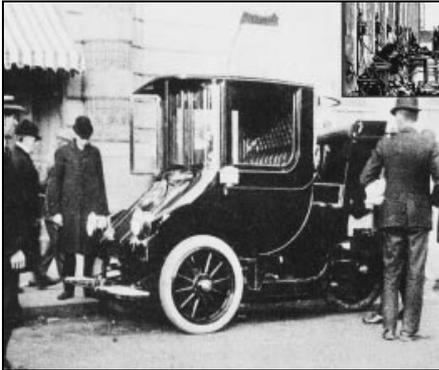


TWIKE: zweisitziges Elektro-Leichtmobil

1 Grundlagen

1.1 Frühe Elektrofahrzeuge

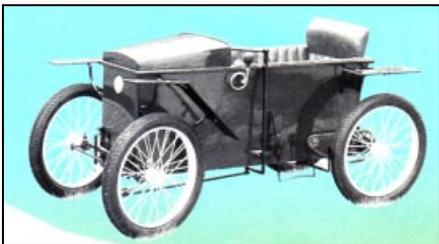
Es gab um die Jahrhundertwende besonders in den USA mehr Elektroautos als Autos mit Verbrennungsmotor. "Sie waren die Luxus-Autos der Vornehmen, da sie leise, abgasfrei und ohne Hilfskräfte (fürs Anlassen) fahren konnten. In Berlin gab es damals zeitweise 13 Firmen, die sich mit Elektromobilbau beschäftigten." Der private Elektrowagen verkehrte üblicherweise wegen der schlechten Straßenverhältnisse und der begrenzten Reichweite innerhalb der Städte. (1) Bis 1910 hatten alle größeren Städte, besonders Berlin, "geradezu (...) eine Flotte von Elektro-Taxis". (1)



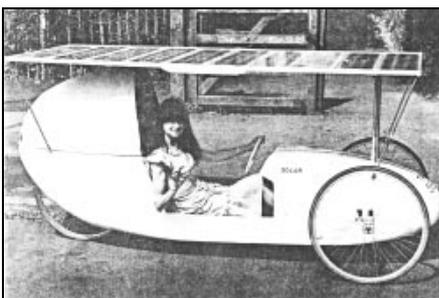
Elektro-Taxi um 1900 in New York (1)



Rekordwagen „Jamais contente“



Slaby-Beringer, Berlin, 1920, einsitziges Elektroleichtfahrzeug, 180 kg



„Frühes“ Solarmobil, Alan Freeman, England

Neben den alltagstauglichen Fahrzeugen gab es aber auch damals schon Wettbewerbe: In der Nähe von Paris (in Achères) stellte der Französische Automobilklub im Jahr 1889 auf einem Kilometer eine Durchschnittsgeschwindigkeit des Jeantaud-Elektroauto von 63,157 km/h fest. 1899 erreichte der Belgier C. Jenatzy mit seinem selbst konstruierten Elektromobil "Jamais contente" einen Weltrekord mit der Durchschnittsgeschwindigkeit von 66,666 km/h. Diesen Wert konnte er noch im selben Jahr auf 105,882 km/h verbessern.

Ab etwa 1912 verloren die Elektroautos an Bedeutung, hauptsächlich durch die mittlerweile gute Verfügbarkeit von Benzin und zusätzlich ausgerechnet durch einen Elektromotor: Die Erfindung des elektrischen Starters erleichterte das Starten der Benzinautos, die sich nun immer stärker gegen die Elektromobile durchsetzten. Fortan führten die Elektrofahrzeuge ein Nischendasein und wurden nur noch in ganz geringen Stückzahlen hergestellt. Die Umweltverschmutzung spielte lange Jahre keine Rolle.

Hochburg der Elektroautos war in Deutschland damals Berlin. Das Bild zeigt den einsitzigen Slaby-Beringer, ein Elektroleichtmobil mit nur 180 kg Gewicht, welches hauptsächlich nach Japan exportiert wurde. Das hier gezeigte Exemplar stammt aus dem Firmenmuseum von Fa. Rasmussen, dem damaligen Eigentümer der Firma Slaby-Beringer (Fa. Rasmussen, NORMA Schellen, Maintal-Hochstadt).

1.2 Die Entwicklung zu heutigen Elektro- und Solarfahrzeugen

In den vergangenen 20 bis 30 Jahren hat es immer wieder einzelne Versuche der großen Automobilhersteller gegeben, Elektroautos zu bauen. Es kamen jedoch ausnahmslos Prototypen, Sondermodelle oder Kleinserien heraus. Die Geschichte der Solarmobile begann Ende der 70er Jahre in England durch Alan Freeman, der als erster ein Ultraleichtfahrzeug baute, auf dessen Dach er Solarzellen für die Fahrbatterien installierte. Er blieb jedoch ein Einzelkämpfer.

1985 begann dann in der Schweiz eine Art „Massenbewegung“ durch die „Tour de Sol“, das erste Solarmobilrennen der Neuzeit. Engagierte Bastler, kleine Firmen, Hochschulen und Institute und vor allen Dingen Mercedes schickten Ende Juni 1985 in Romanshorn in der Schweiz die ersten wirklichen Solarmobile ins Rennen. Dies waren kleine und leichte Elektromobile, die in den ersten Jahren noch direkt durch integrierte Solarmodule oder mitgeführte „Solartankstellen“ mit Energie versorgt wurden.

In den USA und in Deutschland werden weiterhin jährlich und in Australien alle zwei Jahre Solarmobil-Veranstaltungen durchgeführt, auf denen autarke Rennfahrzeuge, Prototypen und Serienfahrzeuge gezeigt werden. Durch diese Veranstaltungen wurden außerordentlich interessante Entwicklungen insbesondere bei den Ultraleichtfahrzeugen und den Antrieben in Gang gebracht.



Autarkes Rennfahrzeug Mercedes Solarrenner, Tour de Sol 1985

Moderne Elektrofahrzeuge sehen freilich ganz anders aus. Unterschieden werden dabei die Kategorien:

- Rennfahrzeuge (Autarke Rennsolarmobile)
- Prototypen mit den Untergruppen
 - „Purpose Design“, also komplette Neukonstruktionen, und
 - „Conversion Design“, also Umbauten von bestehenden Fahrzeugen, sowie
- Serienfahrzeuge
- Nutzfahrzeuge
- Zweirädrige Fahrzeuge

Einige moderne Fahrzeuge jeder Kategorie sollen beispielhaft im Bild gezeigt werden.



Rennsolarmobile auf der Deutschen Solarmobilmeisterschaft



„Pinky“, Rennsolarmobil der Akasol Darmstadt

Autarke Solarmobile oder Rennsolarmobile fahren nur mit der Energie, die der eigene Solargenerator liefert. Ein Netzladegerät ist nicht vorgesehen. Zwischen Solargenerator und Antrieb ist ein Batteriesatz zwischengeschaltet, da die z.T. hohen Fahrströme nicht direkt vom Solargenerator geliefert werden können.

Prototypen oder „Solar Concept Cars“ wurden hauptsächlich von Firmen und Hochschulen gebaut, teilweise als Vorstudien für spätere Serien. Die spektakulärsten und ausgereiftesten Modelle stammen von Fa. Horlacher aus der Schweiz, die leider keine Serienfahrzeuge mehr baut. Horlacher ist auch ein Pionier hinsichtlich der Unfallsicherheit bei kleinen Fahrzeugen, da seine „Concept Cars“ ausgiebigen Crashtests unterzogen wurden.

Die Bilder zeigen vier der interessantesten Prototypen der Klasse „Purpose Design“.



„Cheeta“, ein außergewöhnlicher Prototyp (Kyburz, Schweiz)



Horlacher Sport, Prototyp aus der Schweiz



„Chili“ Concept Car der Akasol Darmstadt



„Vorserienmodell“ Saxe oder Innovan aus Sachsen

Über **die Prototypen** der letzten 12 Jahre könnte man einen eigenen Bildband machen. Interessant ist, daß viele der technischen Neuerungen beim Unfallschutz, bei den Antrieben und bei den Energiekonzepten in industrielle Projekte eingeflossen sind und daß es mittlerweile eine Reihe von kleinen und technisch sehr kompetenten neuen Firmen auf diesem Gebiet gibt.

Den Weg des **Umbaus vorhandener Fahrzeuge** auf einen Elektroantrieb und eine Solarstromversorgung sind viele andere gegangen. Es gibt einige dazu geeignete leichte Autos mit Verbrennungsmotor, und der Umbau nur des Antriebs erscheint leichter und vielversprechender für Prototypen und für Kleinserien. Die Fahrzeuge unterscheiden sich äußerlich nicht oder kaum von ihren benzingetriebenen „Brüdern“, nur der Auspuff fehlt.

Aus den Prototypen und Umbauten entstanden eine Reihe von Serienfahrzeugen, die heute im Markt erhältlich sind und hier kurz vorgestellt werden. Allen gemeinsam sind bestimmte Konstruktionsprinzipien:

- Elektromotorischer Antrieb mit geringem Energieverbrauch, das bedingt leichte Fahrzeuge
- **Solarstromversorgung auch wirtschaftlich möglich wegen des geringen Energieverbrauchs**
- Einsatz für Kurzstrecken von 50 bis zu 100 km pro Batterieladung
- Batteriebetrieb beim Fahren, wobei heute Blei- und Nickel-Cadmium Akkus erhältlich sind (Nickel-Metallhydrid Akkus sind in Concept Cars bereits im Einsatz, allerdings noch sehr teuer. Lithium-Ionen- und Lithium-Metall-Akkus sind angekündigt, aber derzeit noch im Erprobungsstadium)

2 Fahrzeuge

2.1 Serienfahrzeuge

Serienfahrzeuge sind Fahrzeuge, die zum Kauf oder Leasing angeboten werden. Teilweise sind dies Neukonstruktionen, wie der CityEl von der CityCom AG, das Schweizer TWIKE von der SwissLem AG, der EV von General Motors (USA), oder aber Umbauen oder Varianten herkömmlicher Fahrzeuge, wie der Fiat Cincequento von AutoSol/Konstanz oder die französischen Citroen, Renault oder Peugeot.

Die wichtigsten Modelle werden nachfolgend mit kurzen technischen Daten im Bild gezeigt, es sind nur Fahrzeuge aufgenommen, die tatsächlich in Deutschland erhältlich sind.



Citroën AX électrique:

4-rädrig, 2- oder 4-sitzig
Leergewicht 995 kg,
LxBxH: 3,525m x 1,55m x 1,355m
11 (20) kW Gleichstrom-
Nebenschlußmotor mit Rekuperation,

Batterie: NiCd mit 120 V, 100 Ah bei C5, Höchstgeschwindigkeit ca. 91 km/h, Reichweite ca. 80 bis 100 km
Energieverbrauch ca. 13 bis 18 kWh /100km (Der AX wird nicht mehr gebaut, er ist durch den SAXO ersetzt)

**Citroën SAXO:**

4-rädrig, 4-sitzig
Leergewicht 1085 kg, L x B x H:
3,718m x 1,595m x 1,390m
11 (20) kW Gleichstrommotor mit
separater Erregung, Rekuperation,

NiCd Batterie mit 120 V, 100 Ah
Höchstgeschwindigkeit ca. 91 km/h
Reichweite ca. 75 km Stadtverkehr
Energieverbrauch ca. 18 kWh/100km
Infos über Citroen-Händler oder direkt
Tel. 02203-44 391 (Herr Zimmer)

**Citroën Berlingo:**

4-rädrig, 2-sitzig, mit Ladefläche
Leergew. 1450 kg, Zuladung 500 kg
LxBxH: 4,108m x 1,719m x 1,809m
15,5 (28) kW Gleichstrommotor mit
separater Erregung und Rekuperation

NiCd Batterie mit 162 V, 100 Ah
Höchstgeschwindigkeit ca. 95 km/h
Reichweite ca. 95 km, Energie-
verbrauch ca. 20 bis 25 kWh/100km
Infos über Citroen-Händler oder direkt
Tel. 02203-44 391 (Herr Zimmer)

**City-El, Limousine**

Gleichstrom-Reihenschlußmotor mit
Compoundwicklung, 2,5kW (3,5kW)
Leergewicht 290 kg, Länge x Breite x
Höhe: 2,75m x 1,065m x 1,34 m, 3-
rä-drig, 1 Sitzplatz+ 1 Kindersitz
möglich

Blei-Säure Batterie 36 V 100 Ah,
Höchstgeschwindigkeit 50 km/h,
Reichweite ca. 40 bis 50 km, Ener-
gieverbrauch ab Netz: 7 kWh/100 km
Fa. CityCom, Badstr. 4,
97239 Aub bei Würzburg
Tel. 09335-97170, Fax 09335-971728

**City-El auch als:**

Targa-Fun (halboffen, faltverdeck)
Cabrio (offen, keine Neufertigung
mehr), Fa. CityCom AG
Internet: www.cityel.com
und viele Hinweise zum City-El unter
www.ralfwagner.de

**TWIKE**

Aluminiumrahmen mit Karosserie aus
Luran S Kunststoff,
2 Sitze, Leergewicht 220 bis 250 kg,
L x B x H: 2,65m x 1,2m x 1,2m,
Doppelantrieb auf die Hinterräder:
Pedale über 5-Ganggetriebe und
Asynchron-Elektromotor 5 kW

NiCd-Batt. 2 (3) kWh (336V 8,4Ah)
Höchstgeschwindigkeit ca. 85 km/h
Reichweite 40 bis 80 km
Energieverbr. 3 bis 5 kWh/100 km
Infos-Tel.: 01805 463 463
e-mail: info@twike.de
Internet: www.twike.ch oder
www.twike.de, www.twikeklub.ch

**Cinquecento Sol**

Drehstrom-Asynchronmotor,
12kW Dauer-, 21 kW Spitzenleistung,
mit Rekuperation, Leergewicht 900
kg, Länge x Breite x Höhe: 3,227m x
1,487m x 1,435m, 4-rädrig, 4 Plätze

Bleibatterie 168V 50Ah, Höchstge-
schwindigkeit 95 km/h, Reichweite
ca. 50 bis 70 km, Energieverbrauch
ab Netz ca. 12 bis 15 kWh/100 km
AutoSol Konstanz,
Tel. 07531 60156 Fax 07531-60047

**Microcar Light**

(nicht mehr neu, nur noch gebraucht
lieferbar), Gleichstrommotor 48V
6,2 kW, Leergewicht 510 kg,
Länge x Breite x Höhe: 2,58x1,36x
1,36 (m), 4-rädrig, 2 Plätze

NiCd-Akku 48V 140Ah, Höchstge-
schwindigkeit 75 km/h, Reichweite
bis 70 km, Energieverbrauch ab Netz
ca. 15 kWh/100 km
erhältlich bei AutoSol Konstanz,
Erik Manthey Berlin u.a.

**Evergreen**

Mini-Nachbau mit eigener Kunststoffkarosserie, Drehstrommotor mit 34 kW, 4 Sitzplätze, 770 kg Leergewicht, LxBxH: 3,1m x 1,44m x 1,3m 380 kg Zuladung, verschiedene Batterieausstattung nach Wunsch (Blei-Gel, Blei-Säure, NiCd)

Geschwindigkeit 120 km/h, Reichweite bis 120 bis 250 km, je nach Batterietyp, Verbrauch ca. 14 kWh/100km

Das Fahrzeug wird nur auf Bestellung gebaut, Anfragen an: Communication, Andreas Klasen, Innerurberg 4, 79875 Dachsberg, Tel.+Fax 07672-1750 e-mail: communication@gmx.de

**HALF-Mobil**

Ultraleichtfahrzeug, 1 Fahrer und ein Beifahrersitz hinten
Leermasse incl. Batt: 95 kg, max. Zuladung 175 kg, LxBxH 2,17m x 0,98m x 1,37m, 2 Nabenmotoren a 400 Watt, 3 Solarmodule a 26 Watt im Dach Batterien: Blei-Säure, 36V 35Ah,

max. Geschw. mit E-Motoren: 21 km/h, Antrieb zusätzlich mit Pedalen (Muskelkraft), Reichweite bis 80 km, Designprojekt der Hochschule für Design und Kunst, Burg Giebichenstein, Halle. Keine Fertigung, Infos nur noch im Internet: www.burg-halle.de/~ntg/half.html

**KEWET El Jet 5**

2 Sitzplätze, LxBxH: 2,44m x 1,43m x 1,46m, Motor: 12 kW Gleichstrommotor, Leergewicht 840kg, Zuladung 160kg, Batterie: Blei, ca. 10,5 kWh, Geschwindigkeit bis ca. 80 km/h Reichweite bis ca. 70 km Verbrauch: ca. 15 bis 18 kWh/100km

Die Fahrzeuge werden gebraucht noch in Deutschland angeboten.

KEWET Deutschland und KEWET Dänemark gibt es nicht mehr, die Firma sitzt jetzt in Oslo in Norwegen:

Internet: www.kewet.com

**TRABANT**

Es werden keine fertig umgebauten Fahrzeuge mehr angeboten (evtl. noch gebraucht), allerdings immer noch Umbausätze mit kompletten Material und Anleitung für den Umbau von Trabis auf Elektroantrieb mit Gleichstrommotor.

Manthey Elektrofahrzeuge GmbH, Herr Erik Manthey, Bouchéstr. 12 12435 Berlin, Tel: 030-5331 1703 Fax: 030-5331 1704, Hersteller: Elektrabi Bausätze, Händler und Service auch für andere E-Fahrzeuge Internet: www.manthey-mobil.de

**Alleweder**

Basis ist das holländische Alleweder, das dort nur als verkleidetes Fahrrad geliefert wird. Umbau auf Elektroantrieb durch Fa. Lohmeier Leichtfahrzeuge, Geistinger Str. 31, 53773 Hennef, Tel. 02242-82584 oder Tel./Fax 02342 81760, www.leichtfahrzeuge.de

Technische Daten Alleweder-E:

Länge: 2,50 m Breite 0,70 m Gewicht: 39 kg (mit 24 Volt 7 Ah NiCd-Batterie), Motor: 160 Watt Reibrollenmotor oder 220 Watt-Drehstrom-Radnabenmotor Geschwindigkeit (zulassungsfrei): ab 24 km/h kein Schub mehr vom Motor. Preis: ab 7.500 DM

Neben den oben gezeigten Fahrzeugen gibt es noch eine Reihe von Sonderfahrzeugen insbesondere bei den Nutzfahrzeugen (Daimler Benz, Fa. Multicar, Fa. Pfau, Neoplan u.a.). Wir empfehlen die Internet-Infos unter www.solarmobil.org und www.solar-mobil.de bzw. unter den auf Seite 12 angegebenen Internet-Adressen. Außerdem gibt es eine Vielzahl von hier nicht gezeigten elektrischen Zweirädern (Fahrräder, Roller). Infos dazu unter: www.solarmobil.net/infopak.htm#roller, www.extraenergy.org (Elektroleichtfahrräder), www.solarmobil.de (Peugeot Scootelec), www.microbility.com (Verleih und Vermietung in Berlin) und www.solarmobil.net/autosol.htm (EVT Scooter).

2.2 Der Energieverbrauch

Der Energieverbrauch bestimmt den Sinn der Solarmobile in ökologischer Hinsicht, denn es stellt sich die schlichte Frage: sind Elektrofahrzeuge umweltverträglicher als verbrennungsmotorisch angetriebene Fahrzeuge. Diese Frage soll hier nur stichwortartig beantwortet werden:

- Der Energieverbrauch von Fahrzeugen hängt bei „Stadtgeschwindigkeiten“ hauptsächlich vom Rollwiderstand und der wieder vom Gewicht ab, daher haben leichte Fahrzeuge hier Vorteile.
- Elektrofahrzeuge erzeugen am Einsatzort keine Abgase und kaum Lärm und sind daher für viele Einsatzgebiete heute schon sinnvoll (Parks, Innenstädte, Kurorte, Messen etc.).
- Jedes Elektrofahrzeug kann ökologisch nur so gut sein wie seine Stromversorgung. Kommt sie aus „sauberen“ Quellen wie Wasserkraft, Windkraft oder Solargeneratoren, so sind Elektrofahrzeuge sogenannte „**Real Zero Emission**“ Fahrzeuge, d.h. sie erzeugen keinerlei Abgase.
- Kleine und leichte Elektromobile mit einer guten umweltfreundlichen Stromversorgung sind allen anderen Automobilen umwelt- und abgasmäßig überlegen. Zu diesem Schluss kam jedenfalls eine Studie des Forschungszentrums Jülich GmbH. (2)
- Nach der sogenannten „Rügen-Studie“ haben die dort getesteten schweren Elektroauto-Prototypen bei dem bundesdeutschen Strommix trotz hoher Energieverbräuche von 25 bis 35 kWh/100km noch immer leichte Vorteile bei der CO₂-Emission. Moderne Elektroautos verbrauchen dagegen etwa die Hälfte, und sind daher „Verbrennern“ deutlich überlegen. (3) (4)

Nach mehrjährigen sorgfältigen Messungen des Energieverbrauchs von Solarmobilen durch den Bundesverband Solarmobil können ultraleichte Serienfahrzeuge mit weniger als 3 kWh/100 km fahren, und selbst Serienfahrzeuge wie der Citroen AX Electricque verbrauchen unter Wettbewerbsbedingungen nur etwa 13 kWh/100 km und im Alltagsbetrieb nur rund 15 bis 18 kWh/100 km ab Netz. (5)

3 Die Energieversorgung

Durch „saubere - nachhaltige - solare“ Energieversorgung wird aus dem Elektromobil das Solarmobil. Das Fahrzeug selber hat einen Elektroantrieb. Die Energie wird dabei im allgemeinen in Akkus zwischengespeichert und während der Fahrt hauptsächlich diesen Akkus entnommen. Die Aufladung erfolgt durch fahrzeugeigene oder stationäre Solargeneratoren. Durch diese Verbindung vom Solargenerator über ein Ladegerät zu den Akkus wird das herkömmliche Elektrofahrzeug zum Solarmobil - auch mit dem solaren Netzverbund dazwischen.

Das Solarmobil in Stichworten:

- Das Solarmobil bezieht seinen Fahrstrom hauptsächlich aus Akkus und einem möglicherweise auf dem Fahrzeug montierten Solargenerator.
- Das Elektrofahrzeug wird durch eine umweltfreundliche Energieversorgung aus Sonnen-, Wind- oder Wasserkraft zum „Solarmobil“
- Die Akkus werden direkt aus fahrzeugintegrierten oder indirekt aus stationären Solargeneratoren, anderen umweltfreundlichen Quellen oder indirekt über das System des „solaren Netzverbundes“ aufgeladen.
- Der zugehörige Solargenerator oder die sonstige umweltfreundliche Energiequelle muß so bemessen sein, daß im Jahresmittel die „Energiebilanz“ stimmt, d.h. daß in etwa die gleiche Energiemenge geliefert wird, die das Solarmobil aus der „Schnittstelle Steckdose“ aufnimmt.

Beispiel für die Auslegung: Ein Fahrzeug hat einen typischen Verbrauch inklusive aller Ladeverluste etc. von 10 kWh/100 km und soll 10.000 km pro Jahr fahren. Die jährliche benötigte Energiemenge beträgt also etwa 1.000 kWh. Dafür reicht, je nach Anordnung, ein Solargenerator von etwa 1 bis 1,2 kW, der eine Fläche von rund 10 m² benötigt.

3.1 Der Solargenerator auf dem Fahrzeug

Der Solargenerator auf dem Fahrzeug kann nur bei ganz speziellen Rennsolarmobilen die Fahrenergie größtenteils direkt liefern. Solche Fahrzeuge sind z.B. für das Langstreckenrennen „Solar Challenge Australien“ gebaut worden. Die erlaubte Fläche beträgt dort 2x4 m, damit lässt sich mit sehr guten Solarzellen mit hohen Wirkungsgraden bis über 20% eine Energieausbeute bis zu rund 1,5 kW erzielen. Die besten Fahrzeuge fahren damit heute Geschwindigkeiten von über 80 km/h im Schnitt!.

Solche Fahrzeuge lassen sich im Alltagsbetrieb kaum einsetzen. Auf Alltagsfahrzeugen lassen sich im allgemeinen Bordgeneratoren von 100 bis max. etwa 400 Watt unterbringen. Die zum Fahren nötige Energie wird den Akkus entnommen. Bei günstigem Wetter reicht der Solargenerator dann nach vielen Erfahrungen zum Nachladen für etwa 8 bis 10 km täglicher Fahrleistung aus, manchmal auch etwas mehr. Der hauptsächliche Wert des Solargenerators auf dem Fahrzeugdach liegt aber in der Verlängerung der Reichweite durch die Aufladung während längerer Parkpausen und im Frischhalten der Akkus, wenn das Fahrzeug längere Zeit steht. (6) Die Bilder zeigen zwei Beispiele alltagstauglicher Fahrzeuge mit Solarmodulen auf dem Dach.



Vespa Piaggio Mobil, Kleinlieferwagen mit fast 600 Watt solar auf dem Dach und den Seiten



Trabi aus Dresden mit 200 Watt Solardach

3.2 Der stationäre Solargenerator

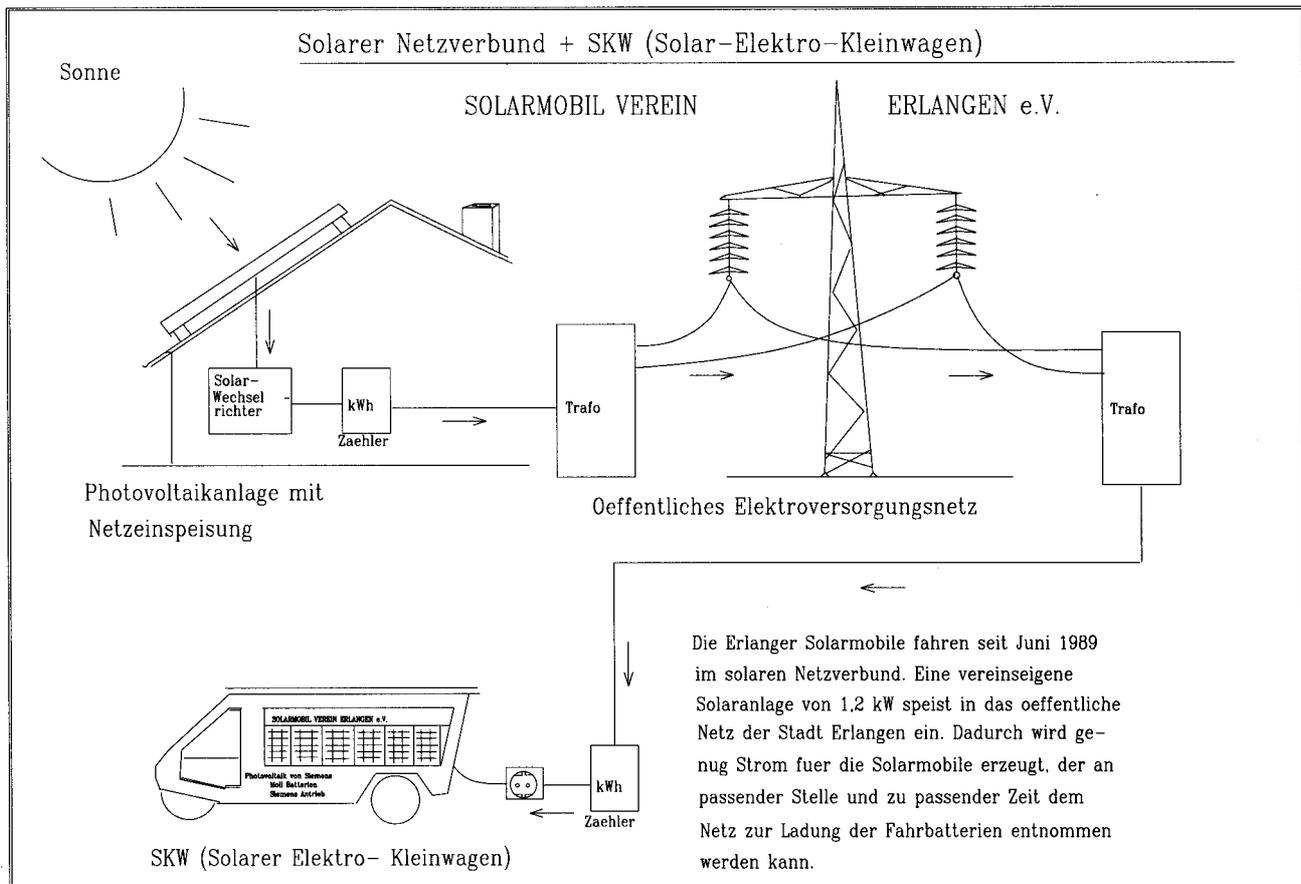
Stationäre Solargeneratoren können sehr viel mehr Leistung bringen, da die Flächen größer sind, als auf dem Fahrzeugdach. Als Richtwert gilt, daß etwa 10 m² pro kW Solargenerator nötig sind. Vorhandene Dachflächen und auch Fassaden lassen sich nutzen. Fassadenverkleidungen haben den Vorteil, daß keine zusätzlichen Flächen benötigt werden, es ist jedoch im Jahresmittel mit fast 30% weniger Energie zu rechnen, als bei optimaler Ausrichtung zur Sonne.

Der stationäre Solargenerator wird im allgemeinen mit geeigneten Wechselrichtern an das öffentliche 230V Netz angekoppelt und speist seine Energie dort ein. Aus diesem Netz kann dann die Energie wieder entnommen werden. Das hat den Vorteil, daß keine speziellen Ladeeinrichtungen für verschiedene Fahrzeuge bereitgestellt werden müssen. Normalerweise sind alle uns bekannten Fahrzeuge mit 230 V Ladegeräten ausgestattet, so daß dies die „de-facto“ Standardschnittstelle zum Aufladen von Elektrofahrzeugen ist.

Beachtet werden muß dabei die Leistungsfähigkeit üblicher Steckdosen: die einphasigen 230 V Haushaltssteckdosen sind mit 16 A abgesichert und können daher nur rund 3,5 kW liefern, dies gilt auch für die üblichen einphasigen CEE Aussensteckdosen, z.B. auf Campingplätzen. Dreiphasige Anschlüsse liefern bei 16 A Absicherung rund 10 kW und bei 64 A Absicherung bis zu 40 kW. Solche Anschlüsse werden für Schnellladung nötig, wenn z.B. eine 15 kWh-Batterie in weniger als einer Stunde aufgeladen werden soll.

Bei weitergehendem Interesse zu Solar- und Elektrotankstellen stellt der Solarmobil Verein Erlangen bzw. der Bundesverband Solarmobil das Themenheft Nr. 35/36 der Solarmobil Mitteilungen vom Mai 1998 mit dem Schwerpunkt „Solarstromtankstellen“ zur Verfügung.

3.3 Der Solargenerator im Netzverbund



Die Idee des solaren Netzverbundes ist ein großes öffentliches Verteilsystem, ähnlich dem Geld- und Bankensystem und den Geldautomaten. „Eingezahlt“ oder eingespeist wird dort, wo die Energie erzeugt wird, und „ausgezahlt“ oder abgeholt wird dort, wo die Energie gebraucht wird. Auch zeitlich kann beides so erfolgen, wie es der Solareinstrahlung oder dem Ladevorgang entspricht.

Bei diesem System, bei dem die Stromversorger so etwas wie eine Energiebank darstellen, steht immer Energie in ausreichender Menge zur Verfügung. Sowohl beim Einspeisen als auch bei der Entnahme wird die Energie gezählt und verrechnet, die Differenz ist quasi die Gebühr für die Dienstleistung der Energiebereitstellung und Durchleitung. Damit es energetisch klappt, muß zumindest im Jahresmittel soviel Energie (plus der Leitungsverluste) eingespeist werden, wie auf der anderen Seite entnommen wird. Der Solargenerator ist entsprechend der Anzahl der Stromzapfstellen und des Nachladebedarfs der Fahrzeuge zu dimensionieren. Wie beim Bankensystem und dem Geld kann auch Energie mal kurzzeitig geborgt oder auch zusätzlich eingespeist werden, doch langfristig muß der Ausgleich stattfinden.

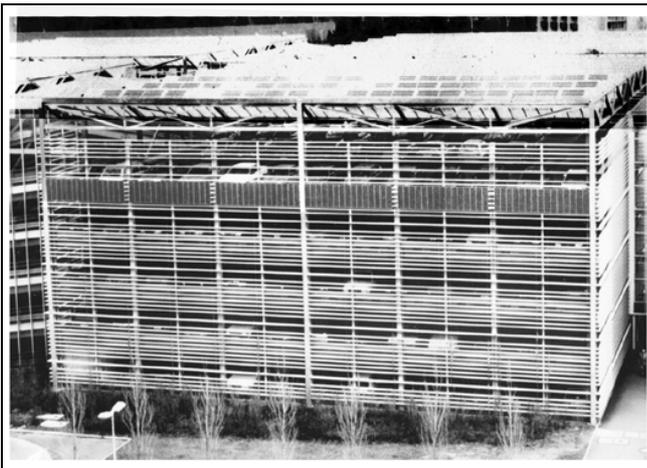
Der solare Netzverbund hat den Vorteil, daß durch die große Zahl vorhandener 230 V Steckdosen ein enormes Angebot an Nachladestellen für Elektro- und Solarmobile besteht. Die gesamte Infrastruktur des Netzes mit seinen Übertragungseinrichtungen kann genutzt werden, und die Erstellung von Solartankstellen reduziert sich bei der Energieerzeugung auf die Komponenten Solargenerator und Anbindung ans Netz und bei der Abnahme auf die Stromtankstellen mit Parkplätzen. Der solare Netzverbund entspricht technisch den Solaranlagen des 1000-Dächer-Programms bzw. dem seit 1999 laufenden 100.000 Dächer Programm zur Einführung von Photovoltaikanlagen in Deutschland. Der Solargenerator besteht aus handelsüblichen Solarmodulen, die in geeigneter Weise zu einem Solargenerator zusammengeschaltet werden. Es werden hier nur einige Beispiele im Bild gezeigt:



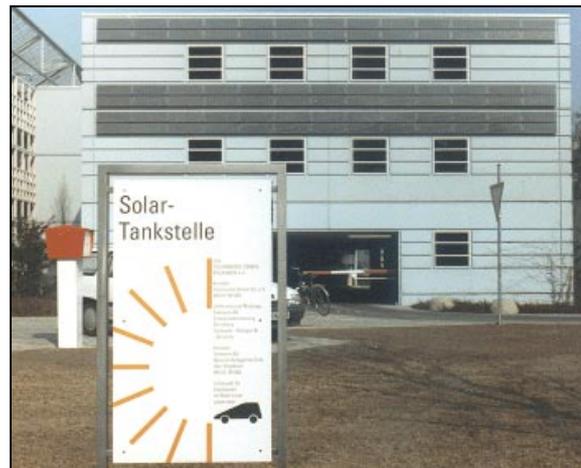
3,3 kW Anlage auf dem Dach, Solar Energie Werk Erlangen



1,1 kW Anlage, Solarmobilverein Erlangen



18 kW Anlage, Dach und Fassade, KWU Parkhaus, Erlangen



3,3 kW Fassadenverkleidung, Erlangen

3.4 Park & Charge System (7)

Unter dem Namen Park & Charge wird in der Schweiz und zunehmend auch in Deutschland durch den Bundesverband Solarmobil ein System **öffentlich zugänglicher Stromtankstellen** propagiert, vorzugsweise in Verbindung mit einem Solargenerator.

Beim *Park & Charge*-System werden auf für Elektrofahrzeuge reservierten Parkplätzen einfache abschließbare Strom-Verteilerkästen aufgestellt, die alle notwendigen Anschluss- und Sicherungseinrichtungen beinhalten. Zugang dazu haben die *Park & Charge*-Nutzer. Durch Verzicht auf aufwendige Technik und mit einfachsten organisatorischen Maßnahmen wie der pauschalen Verrechnung der bezogenen Energie werden die administrativen Kosten niedrig gehalten.

Ziel ist es, im Interesse der Förderung des Elektrofahrzeuges, ein relativ dichtes, engmaschiges Netz von einfachen Ladestationen zur Verfügung zu stellen. Potentielle Nutzer sind alle Elektromobilmfahrer, die die Reichweite ihrer Fahrzeuge durch Nachladen erweitern möchten.

Um am System teilzunehmen, ist neben einem Elektrofahrzeug der gegen ein Pfand erhältliche Speziälschlüssel und eine Jahresvignette nötig. Der Stromtankstellen-Schlüssel ermöglicht den Zugang zu allen *Park & Charge*-Ladestationen in Deutschland. Die Jahresvignette ist für das laufende Jahr gültig. Sie berechtigt zur unbegrenzten Nachladung des Elektrofahrzeuges und wird in drei Kategorien ausgegeben:

- Kat. I bis 1000 Watt
- Kat. II von 1000 bis 2000 Watt
- Kat. III von 2000 bis 3500 Watt

Nach dem Abstellen des Elektrofahrzeuges auf einem der reservierten Parkplätze öffnet der Nutzer mit seinem Schlüssel die *Park & Charge*-Stromtankstelle und schließt das Fahrzeug mit dem mitgeführten Ladekabel an. Anschließend wird die Ladestelle wieder verschlossen.

Regenerative Energieversorgung

Ein Versorgung aus regenerativen Energiequellen (Sonne, Wind, Wasser etc.) wird angestrebt. Neben Solarstromanlagen können auch Windkraft- oder kleine Wasserkraftwerke den Strom liefern. Eigene Anlagen oder über Beteiligungen an größeren Einheiten (z.B. Windparks).

Seit 1992 bewährt sich das System *Park & Charge* in Bern (Schweiz). An vier Stellen der Stadt wurden Parkplätze für insgesamt 10-15 Elektrofahrzeuge reserviert und mit Stromtankstellen versehen. Die Nutzung der Ladestationen ist stark von der Attraktivität des Standortes abhängig. Parkplätze im Stadtzentrum werden wesentlich besser frequentiert als diejenigen am Stadtrand. Der Energieumsatz ist erwartungsgemäß bescheiden. Mehrmonatiger Durchschnitt: Zwei kWh/Tag im Stadtzentrum, also rund 60 Pfennige Stromkosten.

Inzwischen gibt es in der Schweiz über 110 *Park & Charge*-Ladestellen, außerdem gibt es das System auch in Österreich und Italien (aktuelle Stromtankstellen-Infos im Internet unter www.twikeklub.ch/lemnet).

In Deutschland ist der Ansprechpartner für das *Park & Charge* System: Henning Braun, AG Park & Charge, Bielefeld, Tel. 0521 2089 758, Fax 0521 2067 40, e-mail info@park-charge.de, Internet: www.park-charge.de



Park und Charge - Solar-Stromtankstellen in Bielefeld mit Parkmöglichkeiten für E-Fahrzeuge während der Ladung

4 Literaturangaben

- (1) 1835 - 1990, Die Entwicklung der Elektrofahrzeuge bis zur Gegenwart, von Ing. Alfred Buberl, erschienen 1/89 im Sonderheft AUTO - Gestern - Heute - Morgen, Norka Verlag, Wien
- (2) Angewandte Systemanalyse Nr. 67: „Umweltvorsorgeprüfung bei Forschungsvorhaben - Am Beispiel Photovoltaik“, Band 1: Zusammenfassung und Ergebnisdarstellung, Band 6: Praktische Durchführung
Autoren: Winfried Hirtz, Werner Huber, Gerhard Kolb, Forschungszentrum Jülich GmbH, Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung.
- (3) „Erprobung von Elektrofahrzeugen der neuesten Generation auf der Insel Rügen und Energieversorgung für Elektrofahrzeuge durch Solarenergie und Stromtankstellen“, Abschlußbericht 1996 durch die DAUG, Braunschweig (Deutsche Automobilgesellschaft mbH)
- (4) Solarmobil Mitteilungen Nr. 32/33, Seite 22: Spiegel-Bericht über Rügen nur Lügen?
- (5) Solarmobil Mitteilungen Nr. 32/33, Seite 2: Energiewerte bei der Gesamtwertung für die Deutsche Solarmobilmeisterschaft 1996, und Werte ermittelt bei der Solarmobilmeisterschaft 1997
- (6) Solarmobil Mitteilungen Nr. 32/33, Seite 32: „Dr. Dieter K.W. Schulze: „Batterieladungen im Elektroauto mit fahrzeuggestütztem Solardeck - Ein Erfahrungsbericht“
- (7) Park & Charge Solartankstellen im Netzverbund, Andreas Manthey, Solarmobil Mitteilungen Nr. 34
- (8) Solar-Strom-Tankstellen Übersicht, Christian Dürschner, Solarmobil Mitteilungen Nr. 31, Oktober 1996
- (9) Solar + E-Mobil, Info + Katalog 96/97, 40seitiger Katalog mit technischen Angaben, erhältlich beim Bundesverband Solarmobil
- (10) Solar+ E-Mobil, Ein Baustein zu einer umweltgerechten Mobilität, Tagungsband UTECH 96, A.Manthey u. R. Reichel, G. Reichel Verlag

5 Internetseiten zu Solar- und E-Mobilen

| | |
|--|--|
| Deutsche Internet-Seiten: | letzte Aktualisierung: 12.12.2000 |
| www.solarmobil.org | WEB-Seiten des Bundesverband Solarmobil e.V. |
| www.elektrofahzeug.net | Viele Infos, sehr reichhaltig, News und Foren |
| www.solarmobil.de | UT Werner, Solarmobile und mehr, Peugeot Scootelec, Vermietung |
| www.dges.de | Deutsche Gesellschaft für elektrische Straßenfahrzeuge |
| www.twike.de | TWIKE Deutschland |
| www.park-charge.de | Park & Charge System Deutschland des Bundesverband Solarmobil |
| www.microbility.com | Vermietung und Verkauf von Elektro-Zweirädern (Bikes, Roller etc.), Berlin |
| www.burg-halle.de/~ntg/half.html | Half-Mobil, Elektro-Ultraleichtfahrzeug, Design-Studie |
| www.cityel.com | Firma City-Com AG mit vielen Informationen zum City-EI. |
| www.elektromobil.net | Bernd Kürten Elektrofahrzeuge, Raum Nürnberg - Erlangen |
| www.juergen-boeckle.de | Versicherungsggenter Jürgen Boeckle, Tarife für E-Fahrzeuge |
| www.emobil.de | UT Werner, Citroen AX, Peugeot Elektroroller, siehe auch www.solarmobil.de |
| www.extraenergy.org | Alles über E-Bikes (Fahrräder mit Elektro Zusatzantrieb) |
| www.nefkom.net/eebike | Elektro-bikes (B.Friedl / H.Wening, Erlangen) |
| www.fen-net.de/solarmobil | Solarmobil Verein Erlangen, Zeitschrift Solarmobil Mitteilungen u.a. |
| www.manthey-mobil.de | Firma E.Manthey, Berlin, E- und Benzinfahrzeuge, Selbstbausätze f. Trabi u.a. |
| www.solarmobil.net/autosol.htm | Fa. Autosol Konstanz, Cinquecento Solar und EVT Roller |
| www.ralfwagner.de | City-EI Fahrer und WEB-Spezialist, Infos, News, Datenbank, Foren, links |
| www.solarmobil.net/mini.htm | COMminiCation Elektrofahrzeuge - Evergreen auf Mini-Basis |
| www.solar-mobil.de | Solar & Mobil Schumacher GmbH, Twike und andere Fahrzeuge |
| www.solarverein-muenchen.de | Homepage des STS-München (Verein: Sonne - Technik - Strom) |
| www.solarwave.de | Roland Gaber, Antriebe und Komponenten (u.a. Siemens Technik) |
| www.sfv.de | Solarenergie Förderverein Aachen, immer aktuelle Infos zum EEG |
| www.solarwaterworld.de | Solarboote, Verleih, Verkauf, Pavillon in Berlin Köpenick |
| www.w-4.de/~carbik | CarBike, Leichtfahrzeug Entwicklung |
| Internationale Internet-Seiten: | |
| www.calstart.org | Californien, USA, Elektro-und Hybridfahrzeuge, Fahrzeugkatalog |
| www.citelec.vub.ac.be | Europ.Vereinigung von Städten zur Förderung von E-Fahrzeugen |
| www.e-mobile.ch | Schweizerische Verband für elektrische Strassenfahrzeuge |
| www.ecs-five.ch | Elektromobil Club Schweiz, mit links zu FIVE, MobilE-Zeitschrift, Park & Charge System und Feldversuch Mendrisio etc.. |
| www.evworld.com | EV World, Zeitschrift über Electric Vehicles, Sprache: Englisch |
| www.mobil-e.ch | Schweizer Zeitschrift über Elektrofahrzeuge |
| www.nesea.org | North East Sustainable Energy Association, American Tour de Sol. |
| www.rol.ch/BRUSA | Firma Brusa Schweiz, bekannter Komponentenhersteller |
| www.solectria.com | Firma Solectria, USA, Elektrofahrzeuge und Komponenten |
| www.formulasun.org/asc | American Solar Challenge |
| www.electrifyingtimes.com | „Electrifying Times“, amerik. Fachzeitschrift für Elektrofahrzeuge |
| www.sunrace.com.au | Sunrace Australien |
| www.twike.ch | Firma SwissLem (TWIKE), Schweiz, mehrsprachig |
| www.twikeklub.ch | Twike-Club, hier findet sich unter /LemNet die Stromtankstellenliste |
| www.wsc.org.au | „World Solar Challenge Australien“ Rally Darwin-Adelaide |
| www.zevi.com | Zero Emission Vehicle Project, USA |
| www.zevtech.com | USA-Firma mit interessanten e-Fahrzeug-Projekten |
| http://yo.mundivia.es/preнау | Patrick Renau Meier aus Barcelona über E-Mobile in Spanien |