

Solare Mobilität

Stand und Perspektiven

Vortrag auf dem Klimakongress Hamburg 2004: „verkehr-macht-klima“ am 13.11.2004

Reichel, Reifenberg 85, 91365 Weilersbach, Germany, Bundesverband Solare Mobilität e.V.
Tel. 09194 8985, Fax 09194 4262, Internet: www.solarmobil.org, e-mail: reichel@solarmobil.net

Inhalt:

Ist "solare Mobilität" ein Traum oder eine reale Möglichkeit für den Individualverkehr?

Solare Mobilität begann mit der "Tour de Sol" 1985 in der Schweiz. Damals entstanden viele reine Rennsolarmobile, die noch immer in Japan, Australien und den USA recht populär sind. Sie haben mittlerweile einen hohen technischen Stand erreicht, wie die Leistungen des „World Solar Challenge“ Rennens in Australien zeigen: der Sieger NUNA II aus Holland erreichte rein solar mehr als 96 km/h Durchschnittsgeschwindigkeit über eine Strecke von 3010 km.

In den vergangenen Jahren sind eine Reihe von Leicht-Elektromobilen entstanden und in handwerklichen Kleinserien gefertigt worden. Zum emissionsfreien Solarmobil werden sie durch Solarmodule auf dem Fahrzeugdach oder durch die Versorgung von stationären emissionsfreien Energiequellen. Das Konzept der „solaren Mobilität“ basiert auf stationären Solaranlagen oder ähnlich nachhaltigen Energiequellen. Dieser sogenannte „solare Netzverbund“ wird erläutert, auch im Zusammenhang mit öffentlichen Stromtankstellen und dem Park & Charge System.

Die zur Zeit auf dem Markt angebotenen Fahrzeuge werden kurz vorgestellt. Da die Entwicklung und Nutzung von Elektrofahrzeugen eng mit der Verfügbarkeit preisgünstiger, leichter und haltbarer Batterien und Batteriemanagementsystemen verbunden ist, wird der aktuelle Stand der Technik auch in diesem Bereich gezeigt. Besonders vielversprechend sind hierbei die Entwicklungen von Lithium Batterien und der Speichertechnik mit Kondensatoren, sogenannten Super-Caps.

Solare Mobilität ist nicht auf Leichtelektromobile beschränkt. Neben zwei, drei und vierrädigen Landfahrzeugen (PKW, Klein LKW, Roller, Elektro-Fahrräder und Quad) ist bereits zur Demonstration eine kleine solare Ausflugs- und Schmalspurbahn gebaut. Außerdem gewinnt der Bereich der Solarboote und Solarschiffe immer mehr an Bedeutung. Gerade hier bietet sich wegen der vielen Vorteile der Elektroantrieb und die Solarstromversorgung an: Leise, sauber, keine Gewässerverunreinigung und meist solar ausreichende Energieversorgung, da die Solarboote im Freizeitbetrieb hauptsächlich dann genutzt werden, wenn sowieso die Sonne scheint. Auch für den Bereich der Solarboote werden aktuelle Beispiele im Bild gezeigt.

Inhaltsverzeichnis:

Solare Mobilität	1
1. Die Entwicklung	2
1.1 Tour de Sol, Rennsolarmobile	2
1.3 Alltagstaugliche Fahrzeuge	3
2. Solarmobile im Netzverbund	4
2.1 Energiebedarf	4
2.2 Energieversorgung	4
2.3 Der Solargenerator auf dem Fahrzeug	5
2.4 Der stationäre Solargenerator	5
2.5 Der Solargenerator im Netzverbund	6
2.6 Park & Charge System	7
3. Aktueller Entwicklungsstand	8
3.1 Eine Auswahl verfügbarer Fahrzeuge	8
3.2 Batterien für Elektrofahrzeuge	12
4. Perspektiven für „Solare Mobilität“	13
4.1 Elektroautos, Roller, Elektrofahräder, Quads	13
4.2 Solarboote, Solarschiffe	14
4.3 Bahnen und Flieger	15
5. Anhang	16
5.1 Literatur	16
5.2 Autor	16

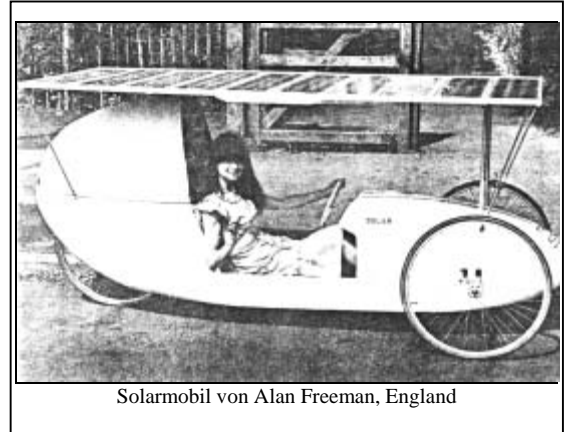


1. Die Entwicklung

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 größere Solarmobilrennen der Neuzeit. Engagierte Bastler, kleine Firmen, Hochschulen und Institute und vor allen Dingen Mercedes-Benz 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.



Solarmobil von Alan Freeman, England

1.1 Tour de Sol, Rennsolarmobile

1985 begann die der Schweiz die Tour de Sol, die 1993 letztmalig stattfand. Es gibt weiterhin eine Tour de Sol in den USA und viele weitere Solarmobilrennen. Hervorzuheben ist die World Solar Challenge in Australien, die alle 2 Jahre stattfindet. Solarmobilrennen gibt es außerdem in den USA, Japan und anderen Ländern. Das letzte große Solarmobilrennen fand in Griechenland Ende Mai 2004 statt.

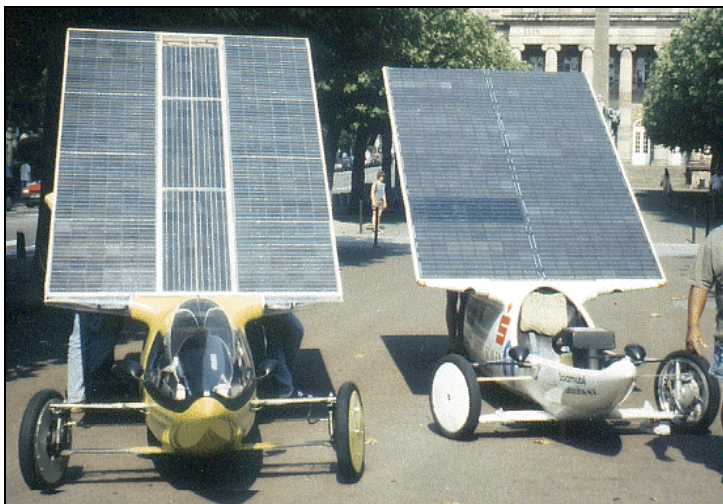
Die folgenden Bilder zeigen einige typische Solarrennmobile.



Autarkes Rennfahrzeug Mercedes Solarrenner, Tour de Sol 1985



Australien: Spirit of Canberra



Rennsolarmobile auf der Deutschen Solarmobilmeisterschaft



„Pinky“, Rennsolarmobil der Akasol Darmstadt



Michael Trykowski's Rennsolarmobil



Joachim Kamm, letzter Tour de Sol Weltmeister 1993



Aurora, Australien, Gewinner der World Solar Challenge 1999



NUNA II, Holland (ESA), Gewinner der WSC 2001 und 2003

1.3 Alltagstaugliche Fahrzeuge

Auf dem Weg zu alltagstauglichen Serienfahrzeugen wurden eine Reihe bemerkenswerter Prototypen gebaut. Diese 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



weitere Horlacher Prototypen

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 „Brüder“, 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
- Stromversorgung auch solar wirtschaftlich möglich wegen des geringen Energieverbrauchs
- Einsatz für Kurzstrecken von 50 bis zu 100 km pro Batterieladung
- Batteriebetrieb beim Fahren, wobei heute nicht nur Blei- und Nickel-Cadmium Akkus erhältlich sind
Nickel-Metallhydrid Akkus sind teilweise bereits im Einsatz, hauptsächlich bei Hybridfahrzeugen. Lithium-Akkus sind angekündigt und teilweise bereits verfügbar und in Pilotanwendungen verwendet.

2. Solarmobile im Netzverbund

2.1 Energiebedarf

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/100 km 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 Electric verbrauchen unter Wettbewerbsbedingungen nur etwa 13 kWh/100 km und im Alltagsbetrieb nur rund 15 bis 18 kWh/100 km ab Netz. (5)

2.2 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. Es muss nur sichergestellt sein, dass zumindest im Jahresmittel mehr Strom solar erzeugt wird, als mit dem Fahrzeug verbraucht wird.

- 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.

2.3 Der Solargenerator auf dem Fahrzeug

Der Solargenerator auf dem Fahrzeug kann nur bei ganz speziellen Rennsolarmobilen die Fahr Energie 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 von 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 12 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 folgenden Bilder zeigen zwei Beispiele alltagstauglicher Fahrzeuge mit Solarmodulen auf dem Dach.



Vespa Piaggio Mobil, Kleinlieferwagen, 600 Watt solar



Trabi aus Dresden mit 200 Watt Solardach

2.4 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 kW Anlage auf dem Dach, Solar Energie Werk Erlangen n



1,1 kW Anlage, Solarmobilverein Erlangen

2.5 Der Solargenerator im Netzverbund

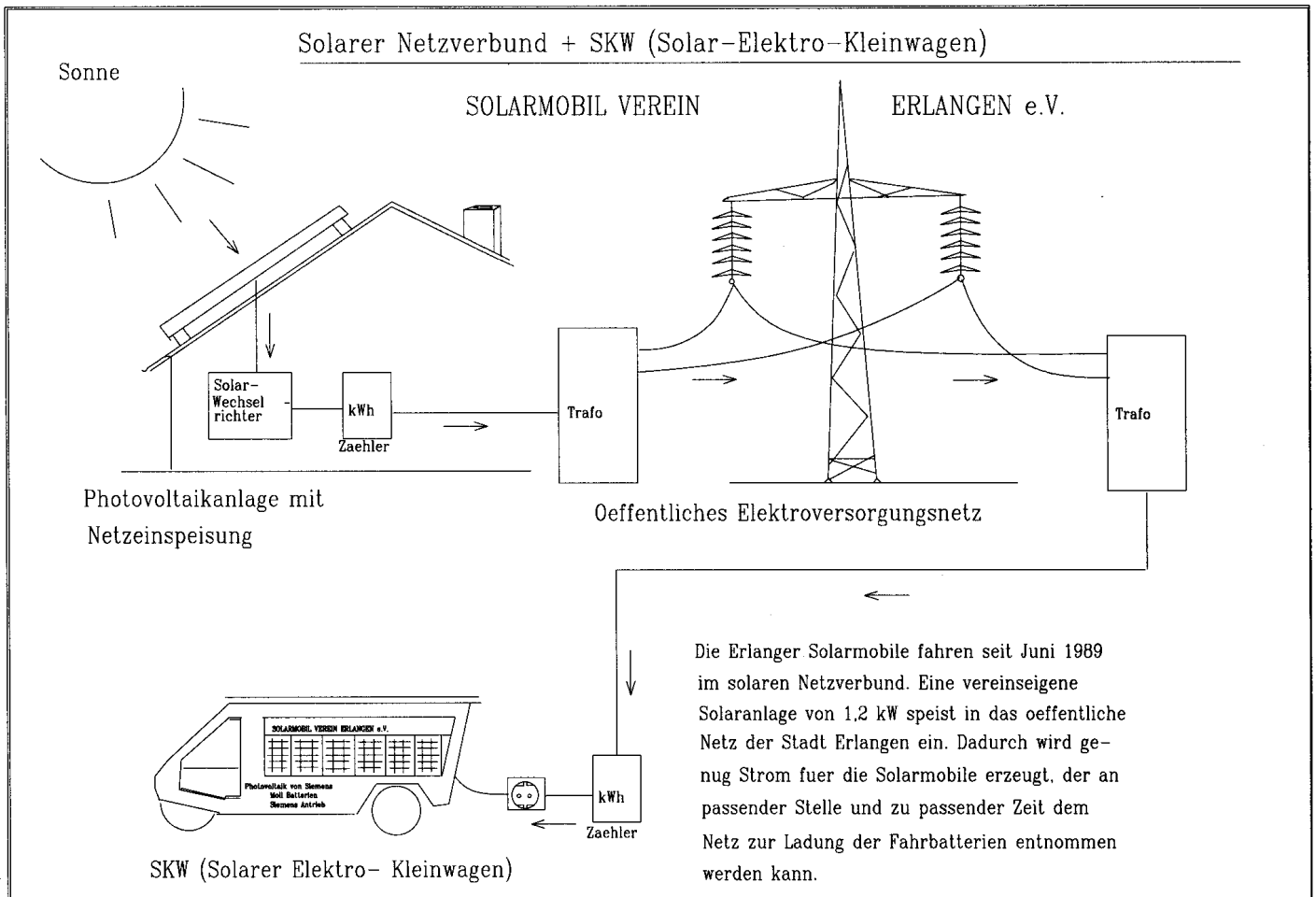
Die Idee des solaren Netzverbundes ist ein großes öffentliches Verteilsystem, ähnlich dem Geld- und Bankensystem und den Geldautomaten. „Eingezahlt“ oder eingespeist wird dort, wo die Energie erzeugt wird, und „ausgezahlt“ oder abgeholt wird dort, wo die Energie gebraucht wird. Auch zeitlich kann beides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

Die Stromtankstellen können alle öffentlich zugänglichen Außensteckdosen sein oder auch Stromtankstellen nach dem **Park & Charge** System, das noch weiter vorgestellt wird.

Das nachfolgende Schaubild zeigt die Idee des „Solaren Netzverbundes“:



2.6 Park & Charge System

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

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 Elektromobilfahrer, die die Reichweite ihrer Fahrzeuge durch Nachladen erweitern möchten.

Um am System teilzunehmen, ist neben einem Elektrofahrzeug der gegen ein Pfand erhältliche Spezialschlüssel 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 Elektrofahrzeugs und wird in drei Kategorien ausgegeben, je nach Anschlusswert des Ladegerätes.

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.



Park & Charge Kennzeichen



Stromtankstelle 3phasig mit Zählern

Regenerative Energieversorgung

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

Inzwischen gibt es in der Schweiz über 110 *Park & Charge*-Ladestationen, außerdem gibt es das System auch in Österreich und Italien, Frankreich und Liechtenstein (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





3. Aktueller Entwicklungsstand

3.1 Eine Auswahl verfügbarer Fahrzeuge


Serienfahrzeuge sind Fahrzeuge, die zum Kauf oder Leasing angeboten werden. Teilweise sind dies Neukonstruktionen, wie der CityEl von der CityCom AG, das TWIKE von der FINE GmbH, der EV von General Motors (USA), oder aber Umbauen oder Varianten herkömmlicher Fahrzeuge, wie 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 neu oder gebraucht in Deutschland erhältlich sind oder besonders interessant sind (REVA, Kangoo RE).

	<p>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-Nebenschluß- motor mit Rekuperation</p>	<p>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)</p>
	<p>Citroën SAXO électrique 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</p>	<p>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) Fertigung bis Anfang 2003</p>
	<p>Citroën Berlingo électrique 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</p>	<p>NiCd Batterie mit 162 V, 100 Ah Höchstgeschwindigkeit ca. 95 km/h Reichweite ca. 95 km, Energieverbrauch ca. 20 bis 25 kWh/100km Infos über Citroen-Händler oder direkt Tel. 02203-44 391 (Herr Zimmer)</p>
	<p>Renault Kangoo électrique RE Antrieb durch 25 kW Elektromotor auf die Vorderräder 2 Zylinder Benzinmotor 16 kW gekoppelt mit 2 Generatoren a 6 kW bei 132 V zum Aufladen der Batterien, wenn nötig Tank 11 Liter Benzin für eine Reichweite von 180 bis 200 km Verbrauch elektrisch ca. 25 kWh/100 km</p>	<p>Geschwindigkeit bis 110 km/h Reichweite rein elektrisch ca. 90-100km, mit RE (range extender) und 11 Liter Benzin (eine Tankfüllung): ca. 180 bis 200 km. RE steht laut Renault für „gelegentliche Nutzung für garantierte Unabhängigkeit“ Der Wagen wird von Renault bisher nur in Frankreich angeboten.</p>
	<p>City-EI, 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</p>	<p>Blei-Säure Batterie 36 V 100 Ah, Höchstgeschwindigkeit 50 km/h, Reichweite ca. 40 bis 50 km, Energieverbrauch ab Netz: 7 kWh/100 km Fa. CityCom, Industriestr. 5-9, 97239 Aub bei Würzburg Tel. 09335-97170, Fax 09335-971728</p>
		<p>City-EI auch als: Targa-Fun (halboffen, faltverdeck) Cabrio (offen, keine Neufertigung mehr) Fa. CityCom AG Internet: www.cityel.com und viele Hinweise zum City-EI unter www.elweb.info</p>
	<p>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</p>	<p>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 Info-Tel.: 01805 463 463 e-mail: info@twike.de Internet: www.twike.de www.twikeklub.ch</p>

	<p>KEWET EI Jet 5</p> <p>2 Sitze, LxBxH: 2,44m x 1,43m x 1,46m, Motor: 12 kW DC curb weight 840 kg, Zuladung 160kg Batterie: Blei Säure 10,5 kWh, max. Geschwindigkeit 60 - 80 km/h</p>	<p>Reichweite bis zu 70 km Energieverbrauch auf 100 km: 15 -18 kWh</p> <p>Gebrauchtfahrzeuge noch im Handel, Fa. Kewet ist jetzt in Norwegen:</p> <p>Internet: www.kewet.com</p>
	<p>REVA</p> <p>Hersteller: Reva, Bangalore, Indien</p> <p>Zweitürig, 2 Erwachsene + 2 Kinder Geschwindigkeit: max. 65 km/h Ladezeit: 80% in 2.5 h, 100% in 6 h Motor: Nebenschluss DC-Motor. 13 kW max. Drehmoment 70 Nm, Motorcontroller max. 400 A mit Rekuperation, Ladegerät: 220 V, 2.2 kW, HF- Schaltnetzgerät mit Microprozessor</p>	<p>Regelung Batterie: 48V, 160 Ah (C2), Blei-Säure Traktionsbatterie, Röhrenzellen DC/DC Converter: 48V / 13,5V, 400W Maße: L 2638, B 1324, H 1510 [mm] Bodenabstand: 150 mm Radstand: 1,71 m, Wendekreis: 3,5 m Curb Weight: 670 Kg</p> <p>z.Z. importiert nach Malta und England www.revaindia.com</p>
	<p>Helektra townlife</p> <p>made in Italy Elektroantrieb DC-Motor 4 kW 48 Volt 110 A, Blei Akkus 48 V 180 Ah L x B: 2,521 x 1,44 m max. Geschwindigkeit entweder 45 km/h oder bis zu 60 km/h Reichweite mit einer Ladung 40 bis 70 km</p>	<p>Weitere Informationen durch den Importeur</p> <p>BATHY Automotive, Wilfried Baars, Van Rouwenortweg 39, NL-6942 PK Didam, fon ++31 316 294 554, fax -960, Internet: www.bathy.nl und www.townlife.nl e-mail: info@bathy.nl</p>
	<p>Bingo</p> <p>Benzin, Diesel oder Elektroantrieb Elektromotor: DC, 4 or 10 kW / 48V 2,53m L x 1,43m B x 1,54m H Gewicht 400 kg je nach Ausführung Zuladung ca. 200 kg Frontantrieb</p>	<p>Informationen:</p> <p>Auto Technik Walther GmbH, Raiffeisenstr. 10, 74906 Bad Rappenau, Tel. 07264 9187 0, Fax 07264 9187 27, www.atw-mobil.de</p>
	<p>EVO Voltaire</p> <p>Motorleistung kW 4/19 kW Höchstgeschwindigkeit ca. 85 km/h Reichweite bis zu 100 km Steigfähigkeit 16% Verbrauch 10-12 kW/h je 100 km Spannung 2 x 60 V, Strom max. 150 A Ladezeit bei 380V/220V 2 Stunden (20 - 80%) Batteriekasten im L 2150 x B 1610 x H 1625 mm Wendekreis 6,0 m Fahrzeugboden</p>	<p>Leergewicht ohne Batterien 425 kg Maximale Zuladung ca. 100 kg</p> <p>Prototypen vorhanden, Serienfertigung geplant in Spanien</p> <p>EVO-Mobile GmbH Dammstraße 9, 47119 Duisburg-Ruhrort Telefon 0203 879 65-0, Fax 0203 879 65-20 e-Mail: evo-car@hw-trading.de Internet: www.evo-car.de</p>
	<p>Alleweder</p> <p>Basis ist das ehemals holländische Alleweder, das dort nur als verkleidetes Fahrrad geliefert wurde. Bau jetzt mit Elektroantrieb durch Fa. Lohmeier Leichtfahrzeuge, Geistinger Str. 31 53773 Hennef, Tel. 02242-82584 oder Tel./Fax 02342 81760 www.leichtfahrzeuge.de</p>	<p>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 je nach Geschwindigkeit zulassungsfrei bzw. mit Versicherungskennzeichen</p>

	<p>MEGA-Klein LKW</p> <p>Eigengewicht 770 kg, Zul. Gewicht 1.025 kg Ladefläche 1,6 x 1,5 m, Alu-Fahrgestell, Karosserie aus ABS und GFK Kunststoff 12 Batterien Blei-Gel a 26 kg, gesamt 48V 210 Ah, Ladestrom 23 A Geschwindigkeit 45 km/h, Reichweite 70 km bei 20 Grad C</p>	<p>Antriebsversionen: Elektro oder Diesel Versionen: Tiefladepritsche, Pritsche, Pritsche mit Plane und Kastenwagen Preis 12.900 - 15.000 € inkl. MWST</p> <p>weitere Informationen: Girke Fahrzeugbau GmbH Harpener Hellweg 22, 44805 Bochum, Tel. 0234 – 50728 - 0 Fax - 28 Internet: www.girke.de</p>
	<p>Electric Porter</p> <p>made by Piaggio in Italy Van/Combi, Pick Up or Bigdeck Small lorry made by Daihatsu, with electric motor 9,2 kW at 84 Volt L: 3,37 - 3,75 m W: 1,395 - 1,46 m H: 1,72 m -1,87 m payload up to 400 kg</p>	<p>14 batteries of 6V each 180 Ah max. speed 60 km/h range up to 70 km</p> <p>Piaggio-Germany GmbH Postfach 43, 86416 Diedorf Tel. 08238 3008-50 Fax 08238 3008 973 e-mail info@piaggio.com Internet: www.piaggio.com</p>
	<p>Trans</p> <p>Motor Diesel oder Elektro Elektro: 48 V 4 KW Nennleistung, Antriebsbatteriepaket 105 AH (optional 210 AH), Aktionsradius 30-60 km Maße: 2,67m L x 1,35m B x 1,82m H L x B Ladefläche (m) H Bordwände (m) 1,44 x 1,29 x 0,25, Ladehöhe (m) 0,76 Nutzlast bis 500 kg (je nach Fahrzeugversion)</p>	<p>Antrieb Frontantrieb, Vollautomatik Rahmen Stahlrohrrahmen - korrosions- geschützt Bremsen Scheibenbremsen vorne, Trommelbremsen hinten Farben Weiß, Seitenwände Pritsche hellblau Auto Technik Walther GmbH, Raiffeisenstr. 10, 74906 Bad Rappenau, Tel. 07264 9187 0, Fax 07264 9187 27, www.atw-mobil.de</p>
	<p>Arrow Quad</p> <p>Geschwindigkeit: 45 km/h Reichweite: 30-60 km Max. Zuladung: 120 kg Gewicht (inkl. Batterie): 130 kg Maße (L x B x H) : 188 x 88 x 110cm</p> <p>3 Blei-Vlies Akkus 12V 80Ah, HF-Lader Gewicht der Batterie: 3 x 20kg</p>	<p>Motorleistung (Nennleistung): 0,715 kW Antriebsart: Asynchron- Drehstrommotor auf Hinterachse, (mit Rekuperation)</p> <p>E.Mobile Technologies GmbH Postfach 12 63, 37553 Einbeck Telefon: 0 55 61/92 30-0 Fax: 0 55 61/92 30-99 Internet: www.e-mobile-technologies.com</p>
	<p>Peugeot Elektro-Roller</p> <p>Roller für 2 Personen, mit Gleichstrom- Motor 2,8kW, Energierückgewinnung beim Bremsen, Batt. 18V 100Ah NiCd, 4 Jahr Garantie!, Höchstgeschwindigkeit 45km/h, Reichweite 45km, im Sparmodus bei 30km/h ca. 60km, Integriertes Ladegerät 1300 Watt, Ladezeit 2h für 95%, 100% Ladung in ca. 5h</p>	<p>Länge: 1,76 m Breite 0,80 m mit zwei Rückspiegeln, Gew.: 115kg, Lenkschloß, elektronische Wegfahrsperrung mit Zahlenschloß Importeur und Vertrieb: Jürgen Werner, Luppachstr. 18, 72116 Mössingen, Tel. 07473-948 533, Fax 07473-948 530 UT-werner@solarmobil.de, Internet: www.elektro-roller.de</p>
	<p>EVT-Roller 4000 und 168</p> <p>Gleichstrom-Radnabenantrieb, getriebeles für Wirkungsgrad bis 95%, 1,5 kW Nenn-, 2,8 kW Spitzenleistung, Wahlschalter für ECO und Power Leistungsstufen, Batterien: wartungsfreie Blei-Vlies Batterien 48 V 45 Ah, für bis zu 250 Vollzyklen (ca. 10.000 km)</p>	<p>Geschwindigkeit: 45 km/h, (35 km/h bei ECO Fahrstellung), Reichweite: 50 km (bis zu 70 km bei ECO). Farben:rot, gelb, blau, grün, silber-metallic EVT-Scooter, Gustav-Schwab-Str. 14, 78467 Konstanz, Tel. 07531-60156, Fax 07531-60047, Internet: www.evt-scooter.de</p>

	<p>eton Roller</p> <p>LxBXH: 1,71 x 0,645 x 1,06 m Radstand: 1,21 m, Gewicht 121 kg Geschwindigkeit: 45 / 57 km/h Reichweite 58 km im Ecomodus Steigung 22 %</p> <p>Gleichstrommotor, elektronische Regelung 3 kW bei 5600 Upm</p>	<p>Ladegerät 300 Watt, 80% in 4 h, Bremsen: hydraulisch, vorn Scheiben- bremse, hinten Trommelbremse Preis inkl. MWST 2.426,57 Euro BATHY Automotive, Wilfried Baars, Van Rouwenootweg 39, NL-6942 PK Didam, fon ++31 316 294 554, fax -960, Internet: www.bathy.nl, e-mail: info@bathy.nl</p>
	<p>Helio:</p> <p>Motorleistung: 1.7 kW (cont.), 4 kWp Batterie: 2 x 12 V/34 Ah, wartungsfrei Ladegerät: integriert, 5 Ampere Verbrauch: 1 kWh auf 100 km Rekuperation: Energierückspeisung Fahrleistungen: Höchstgeschwindigkeit: 37 Km/h (als Moped) 25 Km/h (als Mofa) 20 Km/h (ohne Helmpflicht) Reichweite: 32 bis 40 Km Steigfähigkeit: bis zu 20% Rahmen: Eloxiertes Aluminiumrahmen Scheibenbr. vorn, Backenbr. hinten</p>	<p>L / B / H: 163 x 58 x 112 cm Gewicht: 59 kg, Zuladung: 114 kg Sitz: höhenverstellbar, gefedert Farben: schwarz, rot und blau; Sonderfarben auf Anfrage Preis (inkl. Mwst): 1.690,00 Euro Sonderzubehör: Schnellladegerät, Anhänger (Zuladung: 45 kg), Zusatzakku</p> <p>Internet: www.egovehicles.de. Tel. 06251 588 Internet: www.solar-mobil.de e-mail: info@solar-mobil.de</p>
	<p>Swizzbee Powerbike</p> <p>Rahmen Aluminium 7050 Universalgröße Gabel SUNTOUR NEX 4000, Reifen Schwalbe 1,5 x 26, Kurbel Shimano, Schaltung 3 x 9 Umwerfer Shimano LX, Schaltwerk, Drehgriffe SRAM 9.X Nabe hinten SRAM Spezialumbau Bremsen vorn Magura Julie, hydraulisch</p>	<p>Bremse hinten Magura HS 33, hydraulisch Scheinwerfer Busch & Müller / Hella Motor Heinzmann DC 24V, 270W Batterie NiCd (optional Metallhydrid) Batteriekapazität 7 Ah (optional 14 Ah) Gewicht 26 kg mit internem Ladegerät Preis: 2.980 Euro</p> <p>Internet: www.swizzbee.de</p>
	<p>Presto 2004</p> <p>Heinzmann Radnabenmotor in der Vorderachse, NiCd oder NiMhd Akkus.</p> <p>Ausführungen für verschiedene Geschwindigkeiten: 22 km/h und höher</p>	<p>Informationen durch:</p> <p>Uwe Brückner Ostereschweg 100, 25489 Halstenbek, Tel./Fax 04101-445 72</p> <p>e-mail: uwebrueckner@onlinehome.de, Internet: www.uwe-brueckner.de</p>
	<p>e-minimofa maxy 1_fun</p> <p>Leichtes und kleines Elektromofa, ohne Batterien nur 22 kg mit Batterien 34 bis 36 kg Zuladung bis 102 kg 24 V, 800 Watt Motor bis 30 km Reichweite bis 22 km/h schnell</p>	<p>20" Leichtmetallräder Steigvermögen 20 % mit Rekuperation ca. Euro 1400 + Transport + Zubehör</p> <p>fiedler-mobil gmb Alte Marienberger Str. 11 09434 Hohndorf email: info@fiedler-mobil.de Internet: www.fiedler-mobil.de</p>
<p>Weitere Elektro-Fahrräder:</p>	<p>siehe unter www.extraenergy.org</p>	

3.2 Batterien für Elektrofahrzeuge

Die am häufigsten verwendeten Batterien für Elektrofahrzeuge sind:

- Blei (Blei-Säure, Blei-Vlies, Blei-Gel), z.B. im CityEl, Kewet und vielen anderen
- Nickel-Cadmium, z.B. von SAFT im Citroen, Peugeot, Renault etc. oder gasdichte Zellen im TWIKE
- Nickel-Metallhydrid, z.B. in vielen Hybridfahrzeugen wie im Toyota Prius, bald auch im TWIKE
- Nickel-Zink von Evercel (USA, China) - waren vielversprechend, sind aber vom Markt verschwunden durch Einstellung der Produktion in China, z.T. durch Qualitätsprobleme
- Lithium-Akkus (z.B. von Thunder-Sky aus China, oder von SAFT, Fortu, Gaia, Greatpower u.a.)

Es soll hier nur auf die Aussichten der Lithium Akkus eingegangen werden, die anderen Typen sind hinreichend bekannt oder aber - wie Nickel-Zink - zur Zeit vom Markt verschwunden.

3.2.1 Aktuelle Fahrzeug Projekte mit Lithium-Akkus

T-Zero, AC-Propulsion, USA

AC Propulsion in den USA hat einen Sportwagen mit Lithium Akkus ausgerüstet, und zwar mit vielen tausend kleinen Zellen, die in 25 Modulen a 14,8 Volt zusammengefasst sind. Bei einer Gesamtspannung von 370 V konnten so 33 kWh bei 250 kg Gewicht erreicht werden. In einer anderen Konfiguration wurden bei 370 Volt rund 50 kWh bei einem Gewicht von 350 kg erreicht. Die max. Leistungsentnahme beträgt hier 165 kW!

Der T-Zero von AC Propulsion, USA hat bei Testfahrten am 9.9.03 Beschleunigungen in 3,6 - 3,7 s von 0 bis 60 mph erreicht. Am 3.10.03 wurden bei ein Langstreckentest 302 Meilen (!) bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 57,1 mph. erreicht. Entnommen wurden 130 Ah, verbraucht wurden 160 Wh pro Meile. Internet: www.acpropulsion.com



Lithium Akkus in Fahrrädern

Auch in Deutschland beschäftigen sich Anwender mit Lithium Akkus. ExtraEnergy testet zur Zeit Lithium Akkus in sogenannten Pedelects, d.h. in Fahrrädern mit Motorunterstützung. Bisher wurden hier NiCd und Nickel-Metallhydrid Akkus eingesetzt. Lithium Akkus versprechen bei gleichem Gewicht viel größere Reichweiten. Nach Meldungen von Hannes Neupert haben mittlerweile 7 Akkuhersteller Akkus im Test (Stand 11/2004). Der Test wird zusammen mit der Deutschen Post durchgeführt, die Akkus werden im Posteingang der Fahrräder getestet. Internet: www.extraenergy.org

FortuCell

Firma FortuCell GmbH in Karlsruhe hat eine Lithium-Metall Technologie entwickelt und plant, 2005 mit der Produktion zu beginnen. Der für Fahrzeuge viel versprechendste Typ hat 4V und 65Ah bei einem Gewicht von nur 1,3 kg (ergibt 200 Wh/kg). Nach Fortu Veröffentlichungen ist die Batterie nicht brennbar und braucht kein spezielles Batterie Management System. Die Ladegeräte für Bleiakkus können weiter verwendet werden. Preise sind noch nicht veröffentlicht, man hofft aber, ähnliche Preise, wie sie für gute Blei Akkus gezahlt werden, zu erreichen. Mehr dazu im Internet unter www.fortu.de oder www.solarmobil.net

Thunder-Sky Lithium

Auch aus China kommen Lithium Akkus, u.a. von ThunderSky, die große Lithium Akkus für Elektrofahrzeuge anbieten. Erste Einsatztests sind in 2003/2004 in England gelaufen, die vorläufigen Ergebnisse sind sehr vielversprechend. In Deutschland ist CityCom Vorreiter, die einige Fahrzeuge mit 100 Ah 36 Volt Akkus von ThunderSky ausgestattet haben. Die ThunderSky Akkus erreichen 130 bis 150 Wh/kg. Mehr dazu im Internet unter: www.cityvel.com, und unter: www.airenergy.de

4. Perspektiven für „Solare Mobilität“

4.1 Elektroautos, Roller, Elektrofahrräder, Quads

Die Perspektiven sind heute stark von drei Entwicklungen geprägt:

1. Die gesetzlichen Rahmenbedingungen.

Durch die Erweiterung der Führerscheinklassen um die Klasse S werden vermehrt Elektroleichtfahrzeuge bis 350 kg Leergewicht und einer max. Geschwindigkeit von 45 km/h auf den Markt kommen. Die Motorleistung darf bei Elektroantrieb bis 4 kW Dauerleistung betragen. Die Klasse S darf ab 16 Jahren gefahren werden, die Führerscheinprüfung stellt ähnlich geringe Anforderungen wie die Moped-Führerschein Prüfung. Damit werden zusätzliche Kundenkreise bei Jugendlichen, aber auch bei älteren Personen erwartet, die den „großen“ Führerschein nicht geschafft haben.

Der City-El und das Quad „ARROW“ entsprechen bereits dieser Klasse S, ebenso einige andere Leichtfahrzeuge (Townlife etc.). Fahrzeuge der Führerscheinklasse S sind steuerbefreit und werden mit preisgünstigen kleinen Versicherungskennzeichen zugelassen.

Das Gesetz zur Führerscheinklasse S tritt Anfang Februar 2005 in Kraft.

2. Die verbesserte Batterietechnik.

Damit können höhere Reichweiten erreicht werden. Gerade höhere Reichweiten als die bisher üblichen 50 bis 60 km können die Attraktivität und den Alltagsnutzen der Elektrofahrzeuge erhöhen. Reichweiten von 200 bis 300 km pro Batterieladung sind „im Plan“ und noch höhere Reichweiten bis zu 600 km pro Batterieladung erscheinen möglich. Gleichzeitig wird erwartet, dass mit verbessertem Batteriemangement - das für Lithium Akkus zwingend ist - auch verbesserte Lebensdauer der Akkus erreicht wird. Dies ist dringend nötig zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit. Dafür müssen allerdings die Batteriepreise noch sinken, was bei größeren Serien auch erwartet wird.

3. Die Verteuerung des Mineralöl.

Durch die steigenden Benzin- und Dieselpreise wird das Fahren mit Strom attraktiv. Elektroleichtfahrzeuge verbrauchen im allgemeinen weniger als 5 bis 10 kWh auf 100 km. Die direkten Stromkosten sind damit unschlagbar günstig mit weniger als 1 Euro pro 100 km. Selbst ein voll alltagstauglicher 4 Sitzer wie der Citroen AX oder SAXO oder der VW CityStromer verbraucht im Alltag (ab Steckdose gemessene) 15 bis 20 kWh pro 100 km. Auch das sind nur rund 1,50 bis 2 Euro an reinen Stromkosten pro 100 km, basierend auf Schwachlasttarifen. Ein zusätzlicher Anreiz ist die Befreiung von der KFZ-Steuer während der ersten 5 Jahre.

4. Der Umweltgedanke.

Dieser ist als letzter genannt. Er spielt zwar eine Rolle und wird auch häufig genannt. Durch die Sorge um die Umwelt sind die Interessenten aber bereit, sich mit der „Solaren Mobilität“ zu beschäftigen.

5. Hybridtechnik

Ausgehend von der Hybridtechnik des Toyota Prius entwickeln die meisten Automobilfirmen ähnliche Hybridtechniken für PKW und Busse. Ziel ist es, durch eine zusätzliche Elektromaschine eine bessere Beschleunigung zu erreichen und außerdem die Bremsenergie aufnehmen zu können. Außerdem kann durch die Unterstützung des Elektromotors der Verbrennungsmotor länger in abgas- und verbrauchsgünstigen Bereichen arbeiten. Man hofft, dadurch rund 20 bis 30 Prozent Energie einsparen zu können. Diese Werte sind durch die Praxis insbesondere bei Bussen bereits bestätigt worden.

Durch die Entwicklung der Hybridtechnik werden ebenfalls Komponenten entwickelt, die auch für Elektroautos einsetzbar sind: Motoren, Motorelektroniken, Batterietechnik und SuperCaps für die kurzfristige Aufnahme und Abgabe extrem hoher elektrischer Leistungen während Brems- und Beschleunigungsvorgängen.

4.2 Solarboote, Solarschiffe

Solarboote und Solarschiffe sind elektrisch angetriebene Schiffe mit Batterien und Solarstromversorgung. Es gibt z.Z. zwei namhafte Hersteller in Deutschland, beide bauen solarbetriebene Katamarane in den Größen für 3, 10 oder bis zu über 100 Passagiere. Bei Solarschiffen stimmt die Energienachfrage besonders gut mit dem Energieangebot der Sonne überein. Solarschiffe werden hauptsächlich bei gutem Wetter und im Freizeitbereich genutzt. Die Entwicklung der solaren Schifffahrt ist einer der zukunftsträchtigsten Bereiche im Bereich der „Solaren Mobilität“.

Bei Solarschiffen kommen viele Vorteile zusammen: Freude am fast geräuschlosen „Dahingleiten“, Gewässerschutz durch langsames Fahren und das völlige Fehlen von Mineralöl und den damit zusammenhängen Verschmutzungen sowie Energieeinsparung durch Fahren mit Solarstrom.

Kleine Solarschiffe fahren typischerweise mit Motorleistungen von unter 5 PS (3,6 kW), aber auch größere Schiffe brauchen selten mehr als 10 kW Antriebsleistung. Damit ist ein voll solarer Alltagsbetrieb möglich.



Solar-Schiff der Kopf AG in Heidelberg, siehe www.kopf-solardesign.com



Solarboote vor dem Solarpavillon in Berlin Köpenick, www.solarwaterworld.de

4.3 Bahnen und Flieger

4.3.1 Solarbahn

Zur Demonstration wurde eine kleine Schmalspur-Ausflugsbahn auf Solarbetrieb umgestellt und als Prototyp erfolgreich bei verschiedenen Veranstaltungen in Hamburg und Berlin gezeigt. Die unten gezeigte Schmalspurbahn fährt bei ausreichender Sonnenstärke rein solar und kann bis zu 16 Personen befördern.

Es gibt ein weiteres Projekt als Beispiel solarer Mobilität für Bahnen: Die in Sachsen fahrende Kirnitschtalbahn erzeugt etwa 40 % des benötigten Stromes aus Solarstromanlagen auf den Lokschuppen.



Kleine Solarbahn bei einer Vorführung, siehe www.solarbahn.de

4.3.2 Solarflieger

Solar betriebene Flieger sind in einer Reihe von Prototypen gebaut, und der Ärmelkanal wurde bereits mit einem Ultraleichtflugzeug aus den USA solarbetrieben überquert. Weitere Projekte wurden in Deutschland von Prof. Rochelt und von der Technischen Universität Stuttgart verwirklicht.

Die Firma „Airenergy“ stellt ein leichtes kommerziell erhältliches Segelflugzeug her, das mit einem Elektromotor eigenstartfähig ist. Die Stromversorgung des „Silent-AE1“ erfolgt aus Lithium Akkus. (siehe im Internet unter www.airenergy.de). Ein weiterer Elektroflieger wird unter dem Namen „Antares“ von Lange-Leichtflugzeugbau angeboten. Weitere links zu dem Thema finden sich im Internet unter www.solarmobil.info/default.htm#flieger



Bertrand Piccard und die Ecole Polytechnique Federale de Lausanne haben vor, ein solargetriebenes Flugzeug zu entwickeln, mit dem 2007 eine Erdumrundung geflogen werden soll. (siehe im Internet unter www.solar-impulse.com/en/index.php)

5. Anhang

5.1 Literatur

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.

„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)

Solarmobil Mitteilungen Nr. 32/33, Seite 22: Spiegel-Bericht über Rügen nur Lügen?

Solarmobil Mitteilungen Nr. 32/33, Seite 2: Energiewerte bei der Gesamtwertung für die Deutsche Solarmobilmeisterschaft 1996, und Werte ermittelt bei der Solarmobilmeisterschaft 1997

Solarmobil Mitteilungen Nr. 32/33, Seite 32: „Dr. Dieter K.W. Schulze: „Batterieladungen im Elektroauto mit fahrzeugmontiertem Solardeck - Ein Erfahrungsbericht“

Park & Charge Solartankstellen im Netzverbund, Andreas Manthey, Solarmobil Mitteilungen Nr. 34

Solar-Strom-Tankstellen Übersicht, Chr. Dürschner, Solarmobil Mitteilungen Nr. 31, Oktober 1996

Solar + E-Mobil, Info + Katalog 96/97, 40seitiger Katalog mit technischen Angaben, erhältlich beim Bundesverband Solarmobil

Solar+ E-Mobil, Ein Baustein zu einer umweltgerechten Mobilität, Tagungsband UTECH 96, A.Manthey u. R. Reichel, G. Reichel Verlag

Solarmobil Mitteilungen Nr. 50, Juli 2002, „Marktübersicht Serienfahrzeuge“ und „Solarmobile und Energiefragen“

5.2 Autor



Roland Reichel, Dipl.Ing.(FH), Ms.Sc.(Eng.)
Vorsitzender, Bundesverband Solare Mobilität e.V.
Reifenberg 85, 91365 Weilersbach, Germany
Phone +49 9194 8985, Fax +49 9194 4262, mobile: 0049 177 56 43 451
E-mail: RR@solarmobil.net, Internet: www.solarmobil.org

Dipl.Ing.(FH): Fachhochschule Wolfenbüttel/Braunschweig (1968),
Ms.Sc.(Eng.): University of Dar Es Salaam / Tanzania (1978)
Thesis: "Windpower and Rural Electrification in Tanzania"

- 1969-73: Lecturer, Cairo Institute of Technology, Helwan, Egypt (for GTZ), Laboratory for high voltage and electric power
- 1973-79: Lecturer at University of Dar Es Salaam, Tanzania (for GTZ), Laboratory for high voltage and electric power
- 1980-1997: Siemens Erlangen and Nürnberg (system engineering photovoltaics, planning in power distribution systems)
- since 1997: Publisher (www.reichel-verlag.de)
- since 1992: Chairman: Bundesverband Solare Mobilität e.V. (The German Solar Mobility Federation is an NGO, non-profit and tax-exempted organisation)
- since 1988 Chief Editor: „Solarmobil Mitteilungen“ (German magazine for solar mobility and sustainable transportation),
- 1992: Head of Jury, Tour de Sol, Switzerland
- Webmaster "www.solarmobil.org, www.solarmobil.net"
- 1999: Observer, Tour de Sol, USA and participant World Solar Challenge, Australia

Der Autor hat zur Zeit folgende Beispiele für „Solare Mobilität“ im Einsatz:

- Citroen AX electrique, 4sitziges Elektroauto mit Solarstromversorgung, z.Z. knapp 5 kW Anlage auf dem Hausdach, mit Netzeinspeisung für solaren Netzverbund
- CityEl, einsitziges Elektromobil mit 100 Watt Solarmodulen auf dem Fahrzeugdach
- Simson Elektroroller in solaren Netzverbund
- und für Langstrecke einen VW Golf III Variant Turbodiesel mit Umrüstung auf Pflanzenöl, wird z.Zt. ausschließlich mit Raps aus heimischem Anbau betrieben