

Projekt „Elektromobilität“ Radebeuler Schüler zapfen Sonne für Elektro – Kleinrennwagen an

Betreuer: Roland Bösel (Schulleiter)
Dr. Peter Jugelt (Vorsitzender des Fördervereins der Mittelschule Radebeul – Mitte)
Dr. D. Schulze (Dipl. Chem., Ehrenmitglied des Fördervereins der Mittelschule)
Manfred Bauer (Dipl. – Phys., Betreuer der AG „Solartankwart“)
L. König (Physiklaborant, ausgebildet in der sächsischen Bildungsgesellschaft für
Umweltschutz und Chemieberufe Dresden mbH)
Michael Stübler (AG-Leiter der Formel „E“ – Kleinrennwagen)
Stefan Rudolph (AG-Leiter der Formel „E“ – Kleinrennwagen)
Frank Brussig (Solarfachbetrieb, techn. Betreuer der mobilen Solartankstelle)

Am Aufbau und an der Erprobung der mobilen Solartankstelle maßgeblich beteiligte ehemalige
Schüler: Martin Lange (jetzt Chemielaborant)
Uwe Schwark (jetzt techn. Assistent für Informatik)
Phillip Marek (jetzt Elektromechaniker)

Die elektrobetriebenen Kleinrennwagen werden von der Arbeitsgemeinschaft „Formel-E-Radebeul“
aufgebaut.

Bild 1: Aufbau eines Fahrzeuges während der Projektwoche im Februar 2002



Bilder 2+3: Probefahrt auf dem Schulhof



Anlässlich der Messe „enertec 2003“ in Leipzig stellten Schüler der Mittelschule auf dem Messestand des Bundesverband Solarmobil die leisen Fahrzeuge vor und drehten in der Messehalle ihre Runden ohne Lärm und Auspuffgase.

Bild 4: Ausstellung im Institut für Festkörper – und Werkstoffforschung Dresden



Seit Mitte 2003 wurde in Ergänzung dazu eine mobile Solartankstelle geplant und gebaut. Die Tankstelle dient dem netzunabhängigen Nachladen der Wechsel - Akku für die Elektromobile vor Ort an den verschiedenen Wettbewerbsplätzen. Außerdem kann so Hilfsenergie für Steuer- und Messeinrichtungen, aber auch für Anzeigetafeln, während des Rennbetriebs bereitgestellt werden.

Rückblick, Entwicklungsstand und Ausblick zur Anwendung der Tankstelle

Im Jahr 2003 beteiligte sich der Förderverein der Grund- und Mittelschule Oberlößnitz Radebeul (jetzt Mittelschule Radebeul - Mitte) am Energie-IQ-Wettbewerb der Stadt Radebeul und der Energie Baden-Württemberg AG (EnBW) mit den Projekten "Mobile Solartankstelle" (Projektleiter Dr. Schulze) und "Kompetenzzentrum für E-Mobile" (Projektleiter Dr. Jugelt). Beide Projekte fanden die Anerkennung der Jury mit dem zweiten und dritten Wettbewerbspreis zu je 5000 Euro. Der Aufbau der der mobilen Solartankstelle erfolgte im Jahr 2004.

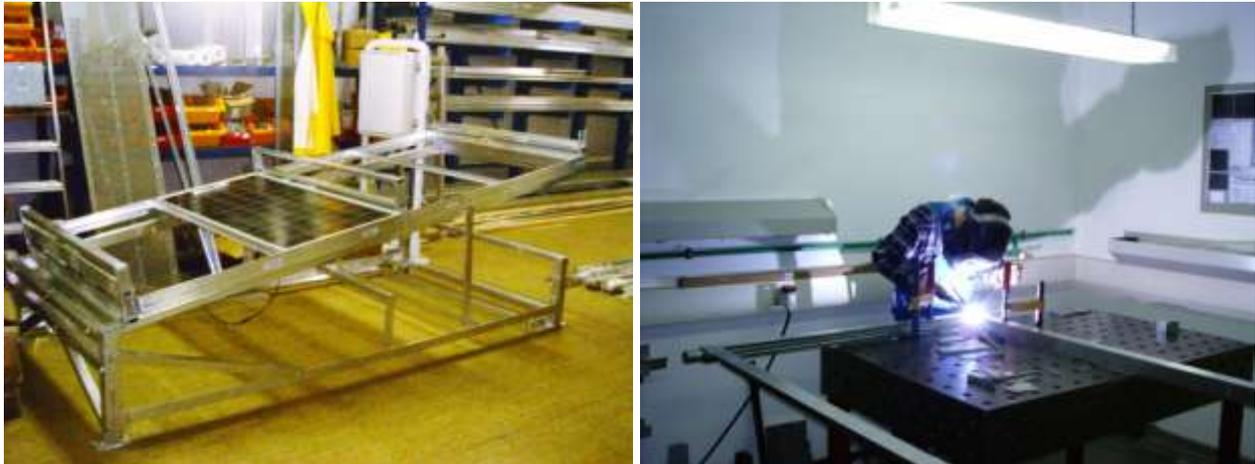
Bild 5: Präsentation vor der MS Oberlößnitz (jetzt Mittelschule Radebeul – Mitte)



Zur Fertigstellung wurden ca. 120 kg Aluminiumprofile in unmittelbarer Projektumsetzung durch Dr. Schulze und die Praktikanten Leonhard König und Bachir Boudelal zu zwei unterschiedlichen Trägergestellen für Solarmodule verarbeitet.

Ein Einachsanhänger der Fa. STEMA sowie 10 Solarmodule der Fa. SOLARWATT Dresden zu je 100 W_{peak} wurden vom Förderverein gekauft und finanziert. Die Werkstattarbeiten erfolgten, bei zunehmend erfolgreicher Teamarbeit, durch die Obengenannten mit tatkräftiger Unterstützung der Fa. SOLARWATT im betriebseigenen Ausrüstungsbau.

Bilder 6+7: Aufbauarbeiten in den Räumlichkeiten der Fa. SOLARWATT



In der Folgezeit haben Herr Boudelal und Herr König die mobile Solartankstelle elektrisch ausgerüstet und mit Messgeräten sowie einem solargespeisten Ladegerät (SLX 2085) für gleichzeitig acht 12 V - Akkumulatoren komplettiert.

Bild 8: Vorbereitung zum Aggregate Einbau



Im Jahr 2006 wurde die Solartankstelle mit einem Wechselrichter zur Erzeugung von 230 V Wechselstrom komplettiert. Sie kann dadurch auch als sogenannte „Inselanlage“ betrieben werden und bei Demonstrationen und als unabhängige Stromversorgung Verwendung zu finden. Die Nennleistung des Inselwechselrichters beträgt 700W und die Batteriekapazität 520Ah.

Das zweite Trägergestell soll ebenfalls im Schulbereich als stationäre Fotovoltaikanlage genutzt werden und mit Solarmodulen ausgerüstet Strom ins Netz einspeisen. Sie soll $800\text{W}_{\text{peak}}$ erreichen, und für den Fall, dass die mobile Solartankstelle nicht anderweitig genutzt wird, an diese gleichstromseitig angekoppelt werden.

Bild 9: Fotomontage zur Darstellung der Kombination von stationärer und mobiler Solaranlage



Zur Zeit wird die mobile Anlage zum Laden der Wechsel - Akku für die Elektro - Kleinrennwagen, als Stromquelle für Experimente und als Demonstrationsobjekt zur Gewinnung und Anwendung Erneuerbarer Energien verwendet.

Bild 10: Anwendung der Solartankstelle im Unterricht mit aufgebauten Experimenten.



Technische Beschreibung

Die Anordnung der Solarmodule ist in einer auf dem Anhänger montierten Grundvariante mit 8 Modulen zu je 100 W Spitzenleistung (MPP) ausgeführt, die mit 2 Solarmodulen gleicher Leistung als Anbausatz verstärkt werden kann. Ein zusätzliches 60W - Modul dient zur Stromversorgung der Messeinrichtung.

Bild 11: Mobile Solartankstelle mit vollständiger Ausrüstung.



Wesentliche Bauteile und Merkmale der mobilen Solartankstelle / Inselanlage

Die mobile Solartankstelle einschließlich der Inselanlage bestehen im Wesentlichen aus fünf Bauteilen:

1. Einachsanhänger	Eigengewicht	360 kg
2. gesamtes Solarmodulträgergestell	Eigengewicht	100 kg
3. 11 Solarmodulen	Eigengewicht ges.	108 kg
4. Akkuladestation, Messgeräte mit Stromversorgung	Eigengewicht	15 kg
5. Wechselrichter	Eigengewicht	4 kg
6. dazugehörige Akkumulatoren	Eigengewicht	174 kg

Zu 1.: Der Einachsanhänger ist so ausgewählt, dass die beim Straßentransport auf dem Solarmodulträger übereinandergeschobenen Modulkassetten, nicht die Außenabmessungen des Anhängers überragen, damit keine weiteren verkehrstechnischen Sicherheitsmaßnahmen erforderlich sind. In dem Anhänger sind die zusätzlichen Solarmodule untergebracht und es besteht die Möglichkeit 8 Reserveakku für die E-Mobile transportsicher zu verstauen.

Bild 12: Solartankstelle zum Transport vorbereitet.



Auf dem hinteren Teil des Trägersgestells sind für den Transport durch die Heckklappe des Anhängers und der Abdeckplane, gut geschützt, das Mess- und Anzeigegerät sowie die Akkuladestation angeordnet. Die Pufferakkumulatoren für die Inselanlage werden über der Achse untergebracht. Auf dem Anzeigegerät wird die momentane, von angeschlossenen Verbrauchern (z.B. die Akku) aufgenommene elektrische Leistung in Watt „W“ angezeigt und die insgesamt gewonnene elektrische Arbeit in Wattstunden „Wh“ erfasst. Der Kurbelansatz für die Gewindespindel zum Ankippen der Solarmodule ist mittig montiert (vgl. Bild 13).

Bild 13: Heckansicht



Der Einachsanhänger lässt sich durch seine drei Räder (die beiden Achsräder und das Stützrad an der Deichsel) in alle Himmelsrichtungen leicht drehen, so dass die Solarmodule manuell in die optimale Ausrichtung zur Sonne gestellt werden können. Die Nachführung der Solarmodule zum Azimutwinkel der Sonne wird also nicht auf, sondern mit dem Anhänger durchgeführt, und erlaubt in diesem Fall eine einfache, interessante und obendrein sehr kostengünstige Lösung.

Zu 2.: Das Solarmodulträgersgestell besteht aus einem Untergestell und dem Modulrahmenträger, in dem zwei Modulkassetten mit jeweils vier 100 Watt - Solarmodule übereinander geschoben werden können (Transportstellung). Der Modulrahmenträger lässt sich durch eine spindelgetriebene Hubvorrichtung stufenlos bis auf 30° aufrichten. Die Spindel kann manuell mit einem Ratschenschraubenschlüssel, einer Kurbel oder einer Bohrmaschine (Akkuschrauber) gedreht werden. Je nach Drehrichtung verändert der Modulrahmenträger seinen Winkel gegen die Horizontale bzw. zur aktuellen Sonnenhöhe.

Die Spindel ist so eingerichtet, dass die Haftreibung zwischen Spindel und Spindelmutter ein ungewolltes Abkippen des Modulrahmenträgers verhindert (Unfallschutz).

Bevor der Modulrahmenträger angekippt wird, sind die beiden Modulkassetten auf ihre Betriebsstellung zu ziehen und die zwei zusätzlichen 100 W - Solarmodule und das 60 W - Modul für die Stromversorgung der Messgeräte sind erst nach dem Aufrichten des Modulrahmenträgers an entsprechenden Einhängevorrichtungen einzuhängen.

Zu 3.: 11 Solarmodule

Zehn Solarmodule von jeweils 100 W ergeben eine mögliche Spitzenleistung von 1000W. Acht dieser Module sind zu jeweils 2 x vier Module parallel geschaltet und entsprechend in den beiden Modulkassetten angeordnet. Jede der beiden Modulkassetten hat eine Spitzenleistung MPP von 400 W bei einer Systemspannung von ca. 40 V. Die Kabelausgänge beider Modulkassetten werden über zwei gegeneinander geschaltete Leistungsdioden wiederum parallel geschaltet und über die Anzeigeelektronik in die Ladestation eingespeist. Die Spitzenleistung addiert sich auf 800 W, die Systemspannung bleibt bei ca. 40 V. Die beiden Leistungsdioden werden mittels eines Kühlkörpers und ab einer bestimmten betriebsbedingten Erwärmung zusätzlich mit einem temperaturgesteuerten

Lüfter gekühlt. Hierzu wird direkt aus den Modulen die nötige Lüfterleistung von ca. 2 W entnommen. Die Parallelverkabelung der Solarmodule kann von ihrer technischen Ausführung her nicht ohne weiteres bzw. versehentlich zu einer Reihenschaltung der Module verändert werden. Diese Vorsichtsmaßnahme ist notwendig, weil sonst die Systemspannung die Kleinschutzspannung von 50 V Gleichstrom gefährlich überschreiten könnte. Da die mobile Solartankstelle in einer Schule beheimatet ist und dort auch betrieben wird, ist die maximale Schutzkleinspannung konsequent einzuhalten.

Die zusätzlichen 2 x 100W-Module und das 60W- Modul werden durch nicht verwechselbare oder verbindbare Stecksysteme in das elektrische System eingekoppelt, sodass sich die Nennleistung insgesamt auf 1000W erhöht. Das 60W - Modul versorgt die Ladestation für das Mess- und Anzeigegerät.

Zu 4.:Ladestation, Mess- und Anzeigegeräte mit Stromversorgung

Die Anzeigeelektronik wird durch einen mit Solarstrom geladenen Akku versorgt.

Die Akkuladestation SLX 2085 bedarf keiner zusätzlichen Stromversorgung. Sie begrenzt die maximale Ladestromstärke auf 5 A pro Akku. Da an die Ladestation 8 Akkumulatoren gleichzeitig anzuschließen sind, ergibt dies bei einer Lade- Schlussspannung von etwa 14,3 V einen solar zu deckenden Leistungsbedarf von ca. 570 W.

Bei maximaler Sonneneinstrahlung ist das kein Problem. Die Solarmodule stellen sogar weitere ca. 430 W bereit, die ungenutzt bleiben, wenn keine anderen Verbraucher zu versorgen sind.

Der Leistungsüberschuss verringert sich in dem Maße, wie die Sonneneinstrahlung abnimmt.

Wenn die Einstrahlung weiter sinkt, steuert die Ladestation automatisch die optimale Ladung der Akkumulatoren durch Verringerung des Ladestroms oder Abkopplung einzelner.

Die gemessenen Ladezeiten sind bei optimalen Bedingungen ca. 7 bis 8 Stunden bis zur Vollladung. Durch die Erweiterung mit dem Insel-Wechselrichter und den dazugehörigen Puffer-Akkumulatoren, wurde eine interne Systemspannung von 24 V gewählt, wodurch zusätzlich auch eine 24V – und eine 230V - Stromversorgung für Endgeräte verfügbar ist. Die Hochvolt-Stromversorgung ist mit einem 10A Sicherungsautomaten sowie einem Fehlerstrom-Schutzschalter (0,03A) ausgestattet.

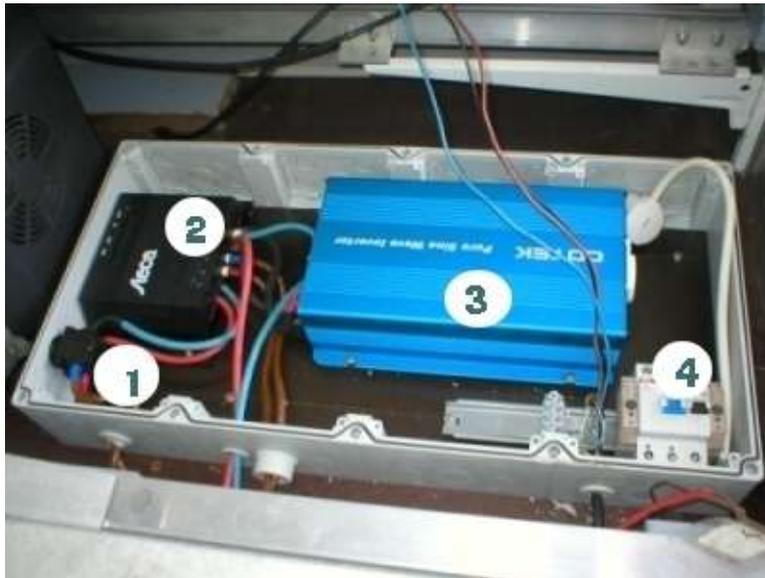
Zu 5. Wechselrichter und dazugehörige Akkumulatoren

Der Wechselrichter und die dazugehörige Puffer - Akkumulatoren (vgl. Bild 15) bilden die Hauptkomponenten der „Inselanlage“. Diese ist so ausgelegt, dass man bei vollständig geladenen Akkumulatoren und einer angenommenen Entladung von 50% der Nennkapazität, für 24 Stunden ein Verbraucher (230 V Wechselspannung) mit permanent 130W angeschlossen werden könnte ohne den Punkt der Tiefstentladung zu unterschreiten. Das sind etwas mehr als 2,6 kWh/Tag. Um die Akkumulatoren dann wieder voll aufzuladen, müssten die Solarmodule in 10 Stunden permanent 260 W im Durchschnitt bereitstellen. Dies wird wahrscheinlich nur in den Monaten von Mai bis September möglich sein.

Bei einem Kühlschrank rechnet man mit 1 kWh/Tag, was einer durchschnittlichen Energieausbeute von 100 W in 10 Stunden bedeutet. Dies ist in den Sommermonaten realistisch. Zumal durch die manuelle Nachführung der Solarmodule zur Sonne ein höherer Energieertrag zu erwarten ist.

Die Inselanlagen-Regelung übernimmt ein weiterer Laderegler mit einem Nenn-Ladestrom von 35A. Dieser Laderegler steuert die Akkumulatoren-Ladung durch die Photovoltaik-Module und ggf. gleichzeitig den Stromverbrauch durch den Wechselrichter mit angeschlossenen Endgeräten. Im Falle eines an den Wechselrichter angeschlossenen Verbraucher-Gerätes, regelt der Laderegler, wieviel Strom vorzugsweise von Seiten der Photovoltaik-Module bereitgestellt wird und wieviel Strom im Bedarfsfalle zusätzlich von den Akkumulatoren kommen muß. Natürlich kann im Falle fehlender Sonneneinstrahlung auch 100% des Akku-Stromes für Endverbraucher-Geräte genutzt werden, zumindest solange, bis der Tiefen-Entladeschutz dieses begrenzt.

Bild 14: Aufbau und Funktion der Wechselrichterstation



- 1 -Schlüssel-Schalter; Trennung zwischen Laderegler und Wechselrichter
- 2 - Laderegler 24V / 35A m. Über- u. Tiefen-Entladeschutz
- 3 - Insel-Wechselrichter mit 24V Eing.-Spannung u. 230V Ausg.-Spannung;
700W Dauer-Ausgangsleistung (Sinus)
- 4 – Sicherungsautomat u. Fehlerstrom-Schutzschalter (FI)

Bild 15: Die Puffer-Akkumulatoren für den Inselanlagenbetrieb



Über der Rad-Achse befinden sich 4 Stück Blei-Gel-Akkumulatoren mit je 12V/130Ah, die als Zweiereinheiten in 24V/130Ah verschaltet wurden. Die Akku-Kapazität beträgt Brutto 5200 Wh.

Bild 16: Heckansicht nach Erweiterung (08/2008)



- 1 – Anzeigeeinheit mit momentaner Lastabnahme vom Modulertrag und Tages-Gesamtverbrauch
- 2 – 12V Gleichspannung an Kfz-Steckdose
- 3 – 24V Gleichspannung an Kfz-Steckdose
- 4 – Kurbelansatz zur Modul-Neigungseinstellung
- 5 – 230V Sinus-Wechselspannung an Schuko-Steckdose mit Steckdosenschalter
- 6 – Akkumulatoren-Ladestation für externe Akkumulatoren (z.B. Elektromobile)

Bilder 17-20: Diverse Auftritte und Ausstellungen mit der Solar-Ladestation



Anlässlich der Einweihung des Anbaues an der Radebeuler Sternwarte am 28.04.07



Anlässlich des Tages der erneuerbaren Energien bei SOLARWATT am 10.07.07



Fernsehsendung „Außenseiter-Spitzenreiter“ mit H.-J. Wolfram am Bhf Radebeul-West; 18.06.07



Fernsehsendung „Außenseiter-Spitzenreiter“ mit H.-J. Wolfram am Bhf Radebeul-West; 18.06.07

Kooperationspartner

Die Mittelschule Radebeul – Mitte arbeitet im Rahmen des Projektes „Elektromobilität“ auf der Grundlage von Kooperationsvereinbarungen aktiv mit folgenden Kooperationspartnern zusammen:

1. ELBLAND-Forum e.V., Hellerstr. 23, 01445 Radebeul
2. Kartsportclub Dresdner Verkehrsbetriebe e.V. im DMV, Blasewitzer Str. 46, 01307 Dresden
3. SOLARWATT AG, Maria – Reiche Str. 2a, 01109 Dresden