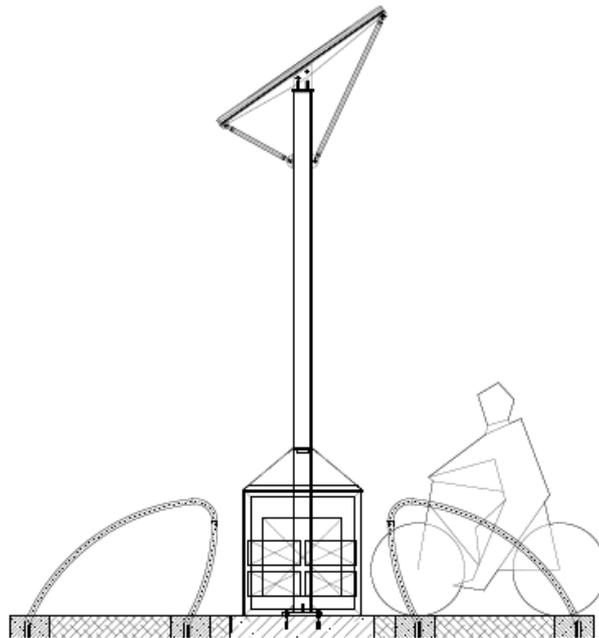


Stand: 19.09.12

Dokumentation des Partnerschulenprojektes:

„Solartankstelle für Elektromobilität auf zwei Rädern“



**Partnerschulenprojekt 2011/2012
der Autostadt Wolfsburg**



Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | ALLGEMEINE INFORMATIONEN ZUM PROJEKT | 3 |
| 2 | EINLEITUNG | 4 |
| 2.1 | UMWELTENGAGEMENT DER IGS FRANZSCHES FELD | 4 |
| 2.2 | INHALTLICHE BESCHREIBUNG DES PROJEKTES | 4 |
| 2.3 | DIE SCHÜLERGRUPPE | 5 |
| 2.4 | EINORDNUNG IN DAS CURRICULUM | 5 |
| 3 | PROJEKTPLANUNG | 6 |
| 3.1 | PROJEKTZIELE | 6 |
| 3.2 | PROJEKTSTRUKTURPLAN (PSP) | 6 |
| 3.3 | TEAMREGELN UND -ROLLEN | 7 |
| 3.4 | PROJEKTABLAUFPLAN (PAP) | 7 |
| 4 | PROJEKTREALISIERUNG | 8 |
| 4.1 | FORTSCHRITTSBERICHTE | 8 |
| 4.1.1 | <i>Meilenstein MAS5</i> | 8 |
| 4.1.2 | <i>Präsentation auf der schuleigenen Gesamtkonferenz</i> | 10 |
| 5 | PRAKTISCHE UND THEORETISCHE SCHÜLERARBEITEN | 11 |
| 5.1 | MOTIVATION | 11 |
| 5.1.1 | <i>Elektromobilität</i> | 11 |
| 5.1.2 | <i>Speicherung erneuerbarer Energien</i> | 11 |
| 5.2 | PROBLEMATIK DER SPEICHERUNG DER ELEKTRISCHEN ENERGIE: | 13 |
| 5.3 | KONZEPT ZUR SOLARTANKSTELLE | 13 |
| 5.4 | STANDORTAUSWAHL UND STATIK DER SOLARTANKSTELLE | 14 |
| 5.5 | KONZEPTE ZU ELEKTROFAHRRÄDERN | 15 |
| 5.6 | PEDELEC (PEDAL ELECTRIC CYCLE) | 16 |
| 5.7 | KAUFENTSCHEIDUNG UND FAHRRADKAUF DES PEDELECS | 16 |
| 5.7.1 | <i>Einführung:</i> | 16 |
| 5.7.2 | <i>Kriterien für eine Kaufentscheidung:</i> | 17 |
| 5.8 | DIE ÖKOBILANZ | 19 |
| 5.8.1 | <i>GEMIS</i> | 19 |
| 5.8.2 | <i>Die Ökobilanz der Solartankstelle und des Fahrrades</i> | 21 |
| 5.8.3 | <i>Die Workshops der Autostadt</i> | 23 |
| 5.9 | SCHÜLERMODELL DER SOLARTANKSTELLE | 25 |
| 5.10 | SCHÜLERBETEILIGUNG ZU DEN ERRICHTUNGSSCHRITTEN DER SOLARTANKSTELLE | 26 |
| 5.10.1 | <i>Das Fundament</i> | 26 |
| 5.10.2 | <i>Herstellung des Solartankstellenmastes</i> | 26 |
| 5.10.3 | <i>Aufstellen des Solartankstellenmastes</i> | 27 |
| 5.10.4 | <i>Befestigung der Solarstrommodule (Photovoltaik-Module)</i> | 27 |
| 5.10.5 | <i>Aufstellen des Technikkastens</i> | 28 |
| 5.10.6 | <i>Aufstellen der Fahrradbügel</i> | 28 |
| 5.10.7 | <i>Installation der Technik</i> | 29 |
| 5.10.8 | <i>Offizielle Inbetriebnahme zum Sommerfest</i> | 29 |
| 6 | PROJEKTABSCHLUSS UND REFLEXION | 30 |
| 6.1 | PROJEKTABSCHLUSS IN DER SCHULE | 30 |
| 6.2 | REFLEXION | 30 |
| 6.3 | PROJEKTERGEBNISSE UND PERSPEKTIVE | 30 |



1 Allgemeine Informationen zum Projekt

| | |
|----------------------------------|--|
| Schule: | IGS Franzisches Feld Grünewaldstr. 12a 38104 Braunschweig |
| Klasse/Projektgruppe: | Wahlpflichtkurs „Solarenergie“ des 9. und 10. Jahrganges |
| Anzahl der Schüler: | 20 |
| Projektleiter: | Konstantin Hilpert |
| Beteiligte Lehrer: | Andreas Meisner |
| Weitere externe Partner: | „one world climate“ - Solar- und Klimaschutzförderverein an der IGS Franzisches Feld Braunschweig e.V. |
| Projektthema: | „Solartankstelle für Elektromobilität auf zwei Rädern“ Schüler/innen der IGS:FF entwickeln und errichten eine mit Photovoltaik betriebene „Stromtankstelle“ für Elektrofahrräder. Eine Ökobilanz bewertet den ökologischen Nutzen der Solartankstelle und des Elektrofahrrades. |
| Projektzeitraum: | 01.02.2012 – 17.07.2012 |
| Beteiligte Unterrichtsfächer: | Grundkurs Mathematik des 9. Jahrgangs (beim Vermessen des Aufstellortes des Mastes) |
| Unterrichtsstunden pro Woche: | 2 |



2 Einleitung

2.1 Umweltengagement der IGS Franzsches Feld

Die IGS Franzsches Feld ist eine Schule, die allen Schülerinnen und Schülern neben bestmöglichen Ausbildungs- und Entwicklungschancen auch Umweltbewusstsein und verantwortliches Handeln nahe bringt. Unter anderem erhielt sie dafür 2006 als den Deutschen Schulpreis, ausgerichtet von der Robert-Bosch-Stiftung, ist GLOBE-Germany-Schule, ein Projekt des Amerikaners Al Gore, Umweltschule in Europa und nimmt am TRANSFER- 21 – Projekt der Bund-Länder-Kommission zur Bildung für eine nachhaltige Entwicklung teil.

Im Bereich der Solarenergienutzung konnte die Schule bereits umfangreiche Erfahrungen sammeln. Beispielsweise wurde mit größtem Engagement von Schüler/innen, Eltern und Lehrkräften auf dem Dach eines denkmalgeschützten Schulgebäudes eine über 100 qm große Solarstromanlage errichtet. Dazu musste nicht nur eine Sondergenehmigung der Stadt Braunschweig bewirkt, sondern auch zahlreiche Spenden eingeworben werden. Damit dieser Betrieb mit dem Schulleben verbunden werden kann, haben Schüler/innen, Eltern und Lehrkräfte einen gemeinnützigen Verein gegründet, der als Betreiber der Anlage auf dem Schuldach auftreten kann: „one world climate“ - Solar- und Klimaschutzförderverein an der IGS Franzsches Feld Braunschweig.

Auch für das Projekt „Solartankstelle für Elektromobilität auf zwei Rädern“ hat der Solar- und Klimaschutzförderverein maßgeblich ideelle und materielle Unterstützung geleistet.

2.2 Inhaltliche Beschreibung des Projektes

20 Schüler des Wahlpflichtkurses „Solarenergie“ entwickelten und errichteten mithilfe des schuleigenen Solar- und Klimaschutzfördervereins „one world climate“ eine mit Photovoltaik betriebene "Stromtankstelle" für Elektrofahrräder. Zu einem Elektrofahrrad, einem so genannten Pedelec, wurden Auswahlkriterien bestimmt und das Pedelec angeschafft. Zusätzlich wurde durch die Schüler eine Ökobilanz der Solartankstelle und des Elektrofahrrades erstellt und mit herkömmlichen Verkehrsmitteln verglichen.

Nach der Inbetriebnahme wird die "Solarstromtankstelle" öffentlich zugänglich sein. Durch die Schülergruppe sollen in einer weiteren Stufe Informationsveranstaltungen zu der Solartankstellen-Nutzung erarbeitet und innerhalb der Schule sowie öffentlich für interessierte Anlieger/innen angeboten bzw. durchgeführt werden. Eine Zusammenarbeit mit dem schuleigenen Solar- und Klimaschutzverein, lokalen Fahrradgeschäften und Experten für die entsprechende Technik und die Ökobilanz war vorgesehen. Die Projektdauer sollte etwa ein Jahr sein und durch die Informationsveranstaltungen zur Nutzung der Solartankstelle abgeschlossen werden.



2.3 Die Schülergruppe

Die Schülergruppe setzte sich aus Schülern unterschiedlicher Klassen der 9. und 10. Jahrgangsstufe zusammen. Im Einzelnen handelt es sich um folgende Schüler:

| | | |
|----------------------------|------|-----|
| 1. Frederik Bosse, | 10.2 | |
| 2. Joscha Brandes, | 10.1 | |
| 3. Clemens Bromann, | 10.3 | |
| 4. Timon Brudke, | 9.4 | |
| 5. Dain Everton, | 9.1 | |
| 6. Marlon George, | 9.4 | |
| 7. Robert Höftmann, | 9.4 | |
| 8. Paul Kluth, | 9.1 | |
| 9. Gillian Ramos-Ruiz, | 9.1 | |
| 10. Willi Riedl, | 9.1 | |
| 11. Mark Rusack, | 9.1 | |
| 12. Frederick Schlechtweg, | 9.1 | |
| 13. Moritz Schmidt, | 9.1 | |
| 14. Robin Sievers, | 9.1 | |
| 15. Marian Sindermann, | 10.1 | |
| 16. Merlin Sommer, | 10.1 | |
| 17. Paul Sorge | 9.1 | |
| 18. Philipp Später | 9.1 | |
| 19. Julius Teckentrup | 10.1 | und |
| 20. Thien-An Tran | 9.4 | |

2.4 Einordnung in das Curriculum

Das Projekt wurde in einem Kurs des Wahlpflichtbereiches II (WPB II „Solarenergie“) durchgeführt. Der Wahlpflichtbereich II soll den Schülern die Möglichkeit verschaffen, ihre Stundentafel thematisch nach ihren Neigungen weiter zu individualisieren. Das Thema „Solarenergie“ ist vor dem Hintergrund der massiven Zerstörung der Umwelt und vor dem Hintergrund des boomenden Arbeitsmarktes in dieser Branche für die Schüler von zentraler Bedeutung.



3 Projektplanung

3.1 Projektziele

Nach der Errichtung einer großen Solarstromanlage auf einem Schuldach der IGS Franzsesches Feld soll die Nutzung der Photovoltaik auf den Bereich der Mobilität erweitert werden. Damit wird die umweltschonende Technik der Solarenergienutzung für die Schüler/innen sowie für interessierte Anwohner "greifbar".

Elektrofahrräder finden immer größere Verbreitung. In diesem Zusammenhang sollte das Nutzungsverhalten und eine Ökobilanz untersucht werden.

Das Projekt bindet Schüler/innen, Eltern und Lehrkräfte gleichermaßen aktiv ein, es vermittelt Kenntnisse und Einstellungen durch praktisches Tun für eine nachhaltige, verantwortliche und klimaschonende Energiegewinnung und erlaubt einen positiven Zugang zum Umgang mit Technik.

3.2 Projektstrukturplan (PSP)

| WANN: | WAS: | WER: | WO: | Anmerkungen: |
|----------|--|-----------------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| 25.11.11 | 1. Schulterblick in der IGS:FF | Thorwarth/ Meisner/ Hilpert | Schule | |
| 08.02.11 | Recherche | 5 Schüler | Schule | Schülerpraktikum der 9. Klassen |
| 15.02.11 | Recherche | 5 Schüler | Schule | Schülerpraktikum der 9. Klassen |
| 22.02.11 | Recherche | 5 Schüler | Schule | Schülerpraktikum der 9. Klassen |
| 29.02.11 | Recherche | 5 Schüler | Schule | Auswertung des Schülerpraktikums |
| 07.03.11 | Projektauftritt – Besichtigung einer Solartankstelle | 19 Schüler | Schule | |
| 14.03.11 | Workshop „Energiespeicher – Batteriecheck“ | 19 Schüler | Autostadt | |
| 21.03.11 | Workshop KAM - Modellbau „Solartankstelle/Elektrofahrrad“ | 19 Schüler | Autostadt | |
| 18.04.11 | Planung des technischen Konzeptes | 19 Schüler | Schule/ PC-Raum | |
| 25.04.11 | Planung des technischen Konzeptes | 19 Schüler | Schule/ PC-Raum | |
| 02.05.11 | Auswahl der Bauteile bzw. des Elektrofahrrades | 19 Schüler | Schule/ Werkraum | |
| 09.05.11 | Auswahl der Bauteile bzw. des Elektrofahrrades | 19 Schüler | Schule/ Werkraum | |
| 16.05.11 | Entwicklung einer Ökobilanz | 19 Schüler | Schule/ PC-Raum | |
| 23.05.11 | Entwicklung einer Ökobilanz | 19 Schüler | Schule/ PC-Raum | |
| 30.05.11 | Errichtung der Solartankstelle | 19 Schüler | Schule/ „Baustelle“ | |
| 06.06.11 | Workshop „Level Green“ | 19 Schüler | Autostadt | |
| 13.06.11 | Errichtung der Solartankstelle | 19 Schüler | Schule/ „Baustelle“ | |
| 20.06.11 | Workshop „Ein Herz für das Auto“ | 19 Schüler | Autostadt | |
| 27.06.11 | Vorbereitung der Präsentation | 14 Schüler | Schule | 10. Klassen |



| | | | | | |
|----------|--------------------------------------|------------|-----------|--|-----------------------|
| | | | | | entlassen |
| 04.07.11 | Vorbereitung der Präsentation | 14 Schüler | Schule | | 10. Klassen entlassen |
| 11.07.11 | Vorbereitung der Präsentation | 14 Schüler | Schule | | 10. Klassen entlassen |
| 17.07.11 | Abschlussveranstaltung: Präsentation | 14 Schüler | Autostadt | | 10. Klassen entlassen |

3.3 Teamregeln und -Rollen

Das Projekt war und ist in den WPB II-Unterricht des Kurses „Solarenergie“ eingebunden (WPB = Wahlpflichtbereich). Die Mitarbeit der Schüler in diesem Kurs basiert auf selbstständigen eigenverantwortlichen Projektarbeiten. Nur so ließ sich der Schülerbeitrag zu der Planung und der Errichtung der Solartankstelle schülergerecht gestalten. Schülern mit sehr unterschiedlichen Leistungsstärken konnten so gleichzeitig sehr projektdienlich an dem Projekt arbeiten. Im Laufe des Projektes gab es Schülergruppen, die zu folgenden Themen gearbeitet haben:

1. Planung
 - a. Überlegungen zu erneuerbaren Energien,
 - b. Überlegungen zur Elektromobilität,
 - c. Überlegungen zur Ökobilanz,
 - d. Überlegungen zum Standort der Solartankstelle,
 - e. Modellbau der Solartankstelle,
 - f. Solartankstellenkonzepte,
 - g. Konzepte zu Elektrofahrrädern,
 - h. Kaufentscheidung zum Pedelec
2. Umsetzung
 - a. Kauf des Pedelecs
 - b. Errichtung des Fundaments,
 - c. Herstellung des Solartankstellenmasts,
 - d. Aufstellen des Solartankstellenmastes,
 - e. Befestigung der Solarmodule,
 - f. Aufstellen des Technikkastens,
 - g. Aufstellen der Fahrradbügel,
 - h. Hilfe bei der Installation der Technik,
 - i. Offizielle Inbetriebnahme zum Sommerfest

3.4 Projektablaufplan (PAP)

| PSP-Code | Name | Tage/Std. | KW 44 | KW 48 | KW 49 | KW 6--9 | KW 10 | KW 11 | KW 12 | KW 16 | KW 17 | KW 18 | KW 19 | KW 20 | KW 21 | KW 22 | KW 23 | KW 24 | KW 25 | KW 26 | KW 27 | KW 28 | KW 29 | KW 35 |
|--------------------------------|---|---------------|-------|-------|-------|---------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. Sonstiges | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Auftaktveranstaltung Forum | Autostadt/Hip | 6 h | 02.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | "Projektmanagement an Schulen" | Autostadt/Hip | 4 h | | 14.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Gepänter "Schulterblick" | Autostadt/Hip | 2 h | | | 09.12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | geplante Solartankstellenbesichtigung | Hilpert/SuS | 2 h | | | | 07.03 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Absprachen mit dem IGS:FF-SFV "one world climate" | Hilpert/SFV | | | 05.12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. Planung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Beginn der Planungsphase | Hilpert/SFV | | | 01.12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Grobplanung | Hilpert | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Beginn der Detail-Planungsphase | Hilpert/SuS | | | | 08.02 | | | | | | 18.04. | 25.04. | | | | | | | | | | | |
| | Feinplanung | Hilpert/SuS | | | | | 07.03. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. Realisierung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Recherche | SuS | | | | 08.02.- | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Auswahl Bauteile / Elektrofahrrad | SFV/SuS | | | | 29.02. | | | | | | 02.05. | 09.05. | | | | | 16.05. | 23.05. | | | | | |
| | Entwicklung Ökobilanz | SuS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Errichtung Solartankstelle | SFV/SuS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Projekttag/Workshops Autostadt | SuS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. Projektdokumentation | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Fortschrittsbericht | Hilpert/SuS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Vorabschlussbericht | Hilpert/SuS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Erstellung Dokumentation | Hilpert/SuS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Abschlusspräsentation | SuS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Präsentation | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Themenfestlegung | Hilpert/SuS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Präsentationserstellung | Hilpert/SuS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Insenzierte Bildung | SuS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Projektende / Übergabe Dokumentation | Hilpert/SFV | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



4 Projektrealisierung



4.1 Fortschrittsberichte

Während des Projektes wurden die zwei folgenden Fortschrittsberichte „Meilenstein MAS5“ und eine Präsentation auf einer schuleigenen Gesamtkonferenz der IGS:FF erarbeitet.

4.1.1 Meilenstein MAS5

Nach dem 1. Schulterblick der Autostadt in der IGS:FF wurde in Projektgruppen von den Schülern in folgenden Bereichen gearbeitet:

- Recherche
- Motivation zu einer anderen Mobilität
- Strategische Überlegungen zur Elektromobilität
- Definition einer Ökobilanz
- Werkzeug/PC-Tool für die Erstellung einer Ökobilanz
- Konzepte zu Solartankstellen
- Konzepte zu Elektrofahrzeugen
- Abstimmungen zum Konzept und zum Bau der geplanten Solartankstelle mit dem Solarförderverein „one world climate“
- Besuch des Autostadt-Workshops „Energiespeicher – Batteriecheck“

Was wurde erreicht und ggf. was nicht?

Es wurde an den oben genannten Themen gearbeitet. In folgenden Bereichen wurde in Projektgruppen Recherchearbeit geleistet und Überlegungen formuliert:



- Für die Motivation zu einer anderen Mobilität wurden die Probleme „Klimakatastrophe“, „Ressourcenschwund“ und „die Gefahren der Atomkraft“ identifiziert.
- Als strategische Überlegungen zur Elektromobilität wurden Vor- und Nachteile einer flächendeckenden Elektromobilität betrachtet.
- Was ist eigentlich eine Ökobilanz? Die Definition einer Ökobilanz wurde recherchiert.
- Ein Werkzeug/PC-Tool für die Erstellung einer Ökobilanz (GEMIS) wurde gefunden und erste Schritte in der Anwendung erprobt.
- Konzepte zu Solartankstellen wurden recherchiert.
- Konzepte zu Elektrofahrrädern wurden recherchiert und eine Kaufentscheidung für ein „Pedelec“ entwickelt.
- Abstimmungen zum Konzept und zum Bau der schuleigenen Solartankstelle wurden mit dem Verein „one world climate“ durchgeführt.

Die folgenden Zuarbeiten wurden von dem Verein „one world climate“ bisher geleistet:

- Abschätzung und Simulation der Solarerträge an unterschiedlichen Schulstandorten,
- Empfehlung bei der Standortauswahl der Solartankstelle auf dem Schulgelände,
- Entwicklung eines technischen Grobkonzeptes,
- Entwurf von technischen Zeichnungen,
- Auslegung einer geprüften Solartankstellen-Statik,
- Unterstützung bei der Planung der Bauphasen (Fundament, Gestell, Elektrotechnik)
- Überlegungen zur Materialbeschaffung und der ersten Bauphase (Aushub und Fundament)
- Der Bau eines ersten Solartankstellen-Modells (1:10) wurde durchgeführt.
- Während des Besuchs eines Autostadt-Workshops „Energiespeicher – Batteriecheck“ informierten sich die Schüler über Batteriespeicher sowie über Vor- und Nachteile der Elektromobilität.
- Die geplante Solartankstellen-Besichtigung fand nicht statt.

Bei Abweichung: Worin besteht die Abweichung?

Nach Rücksprache wurde das Programm zu den Autostadt-Workshops verändert. Der KAM-Workshop findet nun im Juni statt. Außerdem wurde die geplante Solartankstellen-Besichtigung nicht durchgeführt. Für die aufwendige Rechercharbeit blieb somit mehr Zeit.

Bei Abweichung: Was soll nun unternommen werden?

Siehe oben unter 3.

Was steht als nächstes an?

- Kauf eines „Pedelecs“
- Erdarbeiten zur Errichtung der Solartankstelle
- Errichtung des Fundamentes der Solartankstelle
- Materialrecherche für die Ökobilanz



Welche Herausforderungen oder Schwierigkeiten gibt es dabei?

Als wichtigste Herausforderung für das Projekt lässt sich derzeit der begrenzte Projektzeitraum identifizieren.

4.1.2 Präsentation auf der schuleigenen Gesamtkonferenz

Während der schuleigenen Gesamtkonferenz am 31.05.12 wurden der Projektstand zur Errichtung der Solartankstelle und das gekaufte Pedelec von der Schülergruppe vor den Vertreter/innen der Schüler/innen, der Eltern und den Lehrern präsentiert.





5 Praktische und theoretische Schülerarbeiten

5.1 Motivation

5.1.1 Elektromobilität

Unsere Motivation ist es, eine positive, umweltverträglichere Verhaltensänderung der Menschen zu bewirken, denn so wie jetzt kann es nicht weiter gehen. Auf dem jetzigen Weg ist die Menschheit dabei die Umwelt zu zerstören, darum wollen wir diesem Problem mit unserem Beitrag entgegenwirken. Außerdem sind fossile Brennstoffe nur noch begrenzt verfügbar. Mit diesem Projekt versuchen wir einen Beitrag zu leisten, unabhängiger von fossilen Brennstoffen zu werden. Photovoltaik gehört zu einer der sichersten Energiequellen und ist für jeden zugänglich, wie diese Solartankstelle beweist. Unser Kurs bestehend aus ca. 20 Schülern arbeitet seitdem fleißig, zielstrebig und engagiert an diesem Projekt. Wir wollen Menschen vom Auto aufs Fahrrad bewegen. Das könnten z.B. Menschen sein,

- die aufgrund einer Behinderung beim Radfahren Hilfe benötigen,
- die sich möglichst bequem und ohne große Kraftanstrengung fortbewegen wollen und anderenfalls auf das Auto zugreifen würden,
- die nicht verschwitzt zum Arbeitsplatz kommen möchten,
- die älter und gebrechlich sind,
- die nur eine Strecke von unter 10 km zurücklegen müssen,
- die schwere Lasten ziehen müssen, z.B. Kinderanhänger, Postwagen.

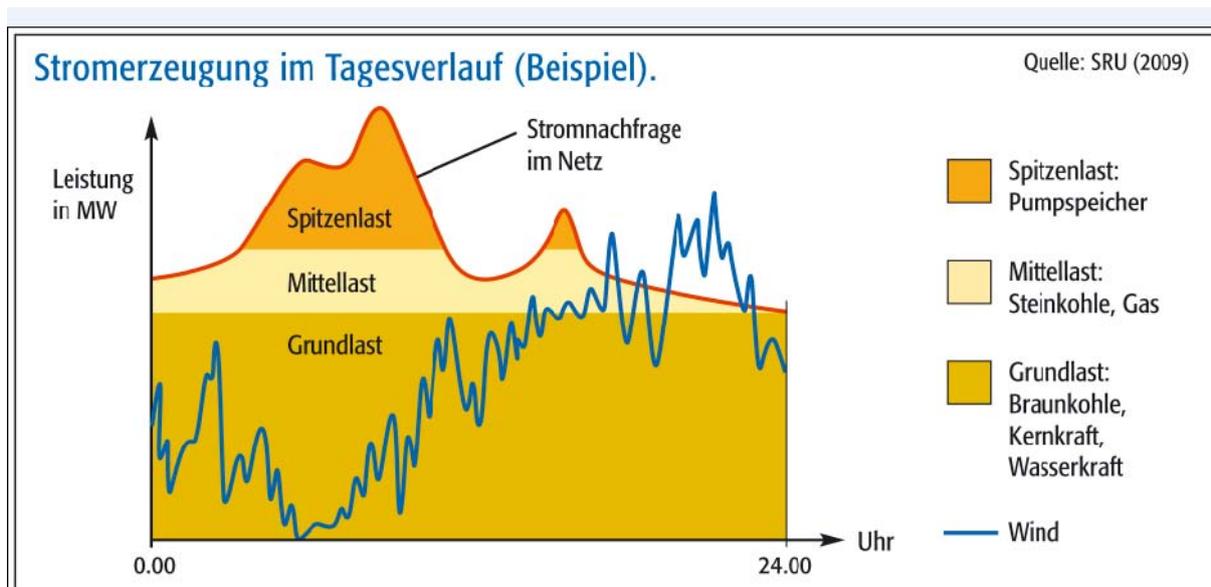
Mit einem E-Bike fallen auch keine hohen Parkplatzgebühren an und man kann näher an seinem eigentlichen Zielort parken. Um auf diese positiven Aspekte aufmerksam zu machen, haben wir einen Schritt in diese Richtung gemacht.

Von Clemens Bromann und Julius Teckentrup

5.1.2 Speicherung erneuerbarer Energien

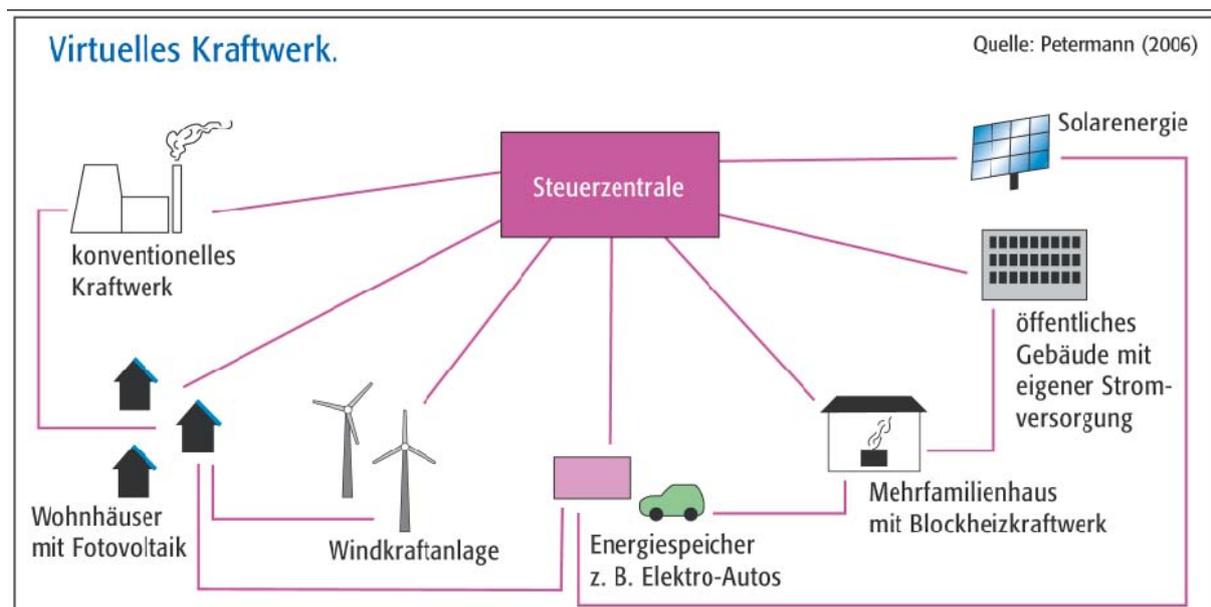
Um fluktuierende erneuerbare Energien, wie z.B. Wind oder Solarenergie, nutzen zu können, muss man sie auch speichern können. Bei herkömmlichen Energiequellen, wie Brennstoffe lässt sich die Stromproduktion in Kraftwerken besser an den Verbrauch anpassen. Bei erneuerbarer Energien ist das nicht ganz so einfach, denn Wind weht nicht immer und die Sonne scheint auch nicht immer, dann wenn entsprechend Strom verbraucht wird. Lediglich Wasserkraft kann man noch relativ planbar nutzen, weil Wasser beständig zur Stromerzeugung zu Verfügung steht.

Wie an folgender Graphik zu erkennen ist, wird gerade am Morgen und zum Teil am Abend viel Strom erzeugt und nachgefragt. Wie an dem Beispiel Windenergie zu sehen ist, ist ihre Leistung mal mehr, mal weniger verfügbar. Es ist deutlich zu sehen, dass sich größere Mengen fluktuierender erneuerbarer Energie nicht ohne weiteres in das bisherige System der Stromversorgung integrieren lassen.



Um dieses Problem zu lösen, kann man einen Mix aus zentralen und dezentralen Produktionsstätten herstellen. In einem so genannten „virtuellen Kraftwerk“ regelt eine Steuerzentrale wann welche Komponente zum Einsatz kommt. Zum Beispiel weht der Wind mittags um 12:00 Uhr besonders stark, dadurch kann zum Beispiel das konventionelle Kraftwerk herunter gefahren werden und überschüssige Energien gegebenenfalls in Elektroautos gespeichert werden. Dadurch lässt sich die Stromerzeugung perfekt an den Verbrauch anpassen.

Zusätzlich sorgen bei Stromlücken neue und schnelle Gas- sowie Pumpspeicher- und Druckluftspeicherkraftwerke für eine Überbrückung. Modelle von zukünftiger Energieversorgung sehen als weitere Energiespeicher Elektrofahrzeuge (Autos oder E-Bikes) vor. Ihre Batterien können in bedarfsarmen Zeiten (nachts) aufgeladen werden. Da tagsüber nicht immer alle Autos unterwegs sind, können diese ihre gespeicherte Energie bei Bedarf an das Stromnetz wieder abgeben.





5.2 Problematik der Speicherung der elektrischen Energie:

Um große Teile der Energieversorgung mit fluktuierender, erneuerbarer Energie zu decken, muss man eine Möglichkeit finden, diese zu speichern. Um eine Beschränkung der Erneuerbaren Energien zu verhindern, sie also komplett auszunutzen, benötigt man Kurzzeitspeicher, damit man eventuelle Schwankungen von dieser Quelle im Minuten- und Stundenbereich ausgleichen kann. An einer Beispielrechnung für die Stadt Aachen kann man schnell sehen, dass diese Speicherung gar nicht so leicht ist, wie es erstmal aussieht (Modellrechnung des Solarenergiefördervereins Aachen). Es ist von der Fläche her einfach 30% des Jahresbedarfs an Strom mit PV-Anlagen zu decken. Um davon 26% wirklich nutzen zu können müsste eine Speicherkapazität von ca. 600MWh geschaffen werden. Bisher werden für so kurze Zeiträume Pumpspeicherkraftwerke für AKWs genutzt, selbst bei der Grundlast Schwankungen entstehen können. Diese Technologie ist zwar technisch ausgereift und finanziell günstig, doch werden für die Stauseen große Flächen benötigt mit einem großen Höhenunterschied. Solche Plätze sind in Deutschland rar und dort treten als Folge oft Naturschutzprobleme auf.

An diesem Modell ist vorstellbar, dass die benötigte Leistung durch Blei-Akkumulatoren gebracht werden könnte. Man hätte an jedem Speicherort einen Batterieblock von 2m² Volumen und einer Masse von 3t. Um die ganze Stadt mit einem Tagesspeicher (3654MWh) zu versorgen würden 160.000t Blei benötigt. Nur auf diese Region betrachtet, ist diese Lösung zur Speicherung durchaus machbar. Doch wenn z.B. ganz Deutschland mit einem 1-Tages-Blei-Akkumulator-Speicher (1.600.000MWh) versorgt werden würde, stellen die Autoren des Solarbriefes fest, dass der Bleibedarf die weltweiten Reserven (ca. 79 Mio. t.) weit überschreiten würde. Blei-Akkumulatoren sind offensichtlich keine geeignete alleinige Lösung zur Speicherung von Energie.

Von Clemens Bromann und Merlin Sommer

5.3 Konzept zur Solartankstelle

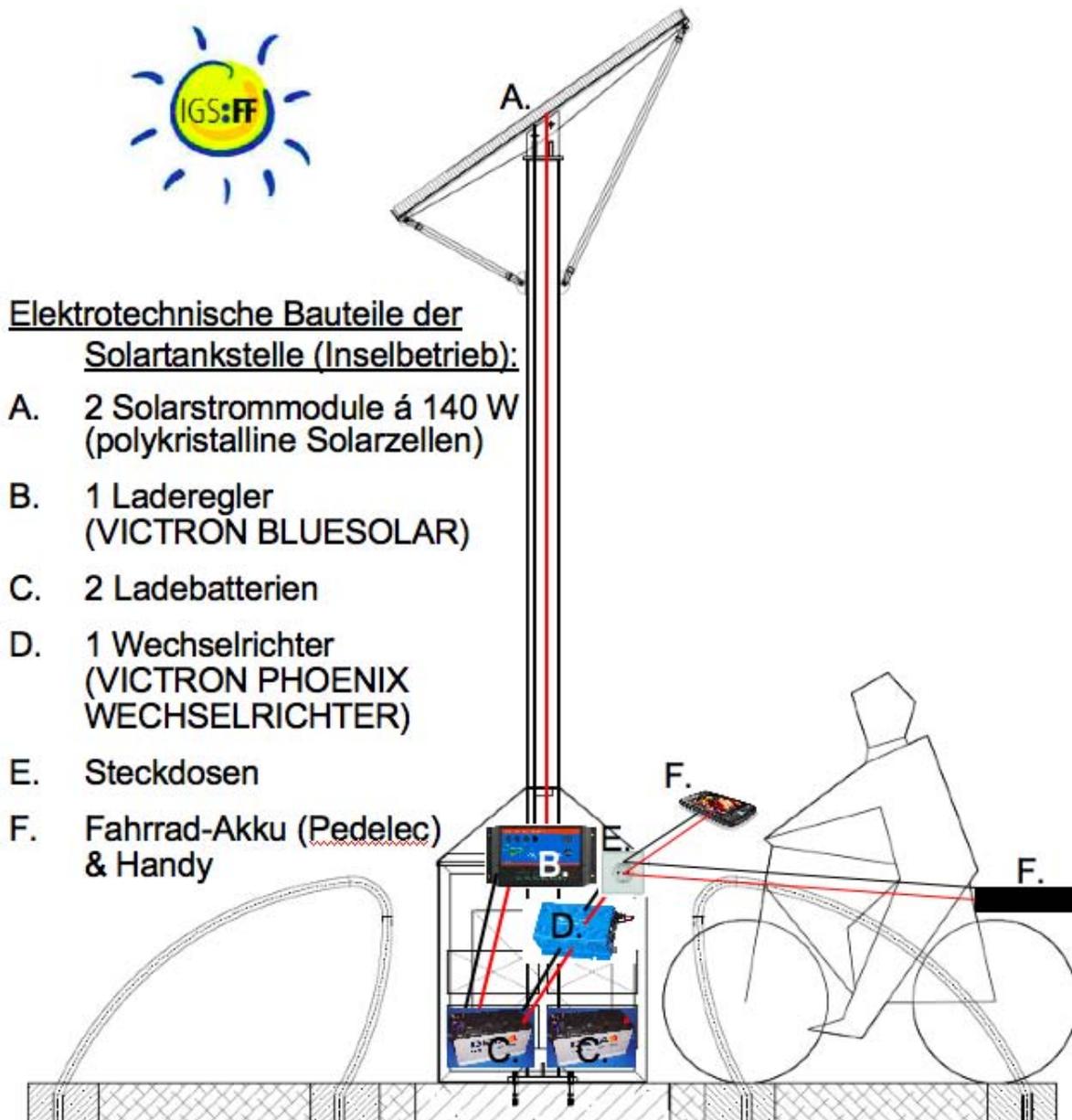
Grundsätzlich gibt es zwei typische Konzepte, zum Betrieb von Solarstromanlagen. Zum einem können die Solarstromanlagen stromnetzgekoppelt betrieben werden. Zum Beispiel arbeitet die vor kurzem errichtete Photovoltaikanlage auf dem Schuldach nach diesem Konzept und speist ihren erzeugten Strom vollständig in das öffentliche Netz des örtlichen Netzbetreibers – der BS-energy – ein. Dabei wandeln mehrere Wechselrichter den Gleichstrom der Solaranlage in stromnetzüblichen Wechselstrom um. Der erzeugte Solarstrom steht dann allen Haushalten des örtlichen Netzbetreibers zur Verfügung.

Zum anderen lassen sich Solarstromanlagen stromnetzunabhängig ausführen. Diese Solarstromanlagen sind nicht an das Stromnetz des örtlichen Netzbetreibers angeschlossen. Man spricht dann von einem „Inselbetrieb“. Die neu errichtete Solartankstelle arbeitet im „Inselbetrieb“. Das bedeutet, dass der Gleichstromstrom, der von den Solarstrommodulen erzeugt wurde, in Batterien zwischengespeichert wird. Die Verbraucher/innen können diesen so jederzeit der Solartankstelle



entnehmen. Damit die Batterien den Strom geregelt (technisch notwendig) aufnehmen können, ist ein Laderegler erforderlich. Der gespeicherte Strom der Batterien wird über einen Wechselrichter in verbrauchsüblichen Wechselstrom verwandelt und den Stromverbrauchern wie Pedelec- oder Handy-Akkus zur Verfügung gestellt. Die folgende Prinzip-Skizze soll die Funktionsweise der Solartankstelle verdeutlichen.

Von Mark Rusack



5.4 Standortauswahl und Statik der Solartankstelle

Für die Solartankstelle kamen neben dem vorderen Schulhof noch weitere Standorte infrage. Die Auswahl des Standortes der Solartankstelle wurde fachkundig vom Verein „one world climate“ bestimmt und entschieden. Auch die Statik der Solartankstelle wurde vom Verein fachkundig entwickelt, geprüft und bestätigt.



5.5 Konzepte zu Elektrofahrrädern

Es gibt 4 verschiedene Varianten von „E-Bikes“ diese sind:

- **Pedelec:** Das Pedelec ist ein Elektrofahrrad welches „limitiert“ das treten unterstützt
 - „Ein Fahrrad mit beschränkter Tretunterstützung hat die Eigenschaft, dass der Elektromotor nur bei Kurbelbewegung wirkt. Der Motor unterstützt also nur das Treten. Diese Pedelecs sind als Fahrzeuge von der EU-Kraftfahrzeugsrichtlinie dann ausgenommen, wenn sie auf eine mittlere Leistung des Motors von 250 W limitiert sind und die Unterstützung des Motors ab 25 km/h abregelt. Dann unterliegen sie in den EU-Ländern weder Helm-, noch Versicherungs- und Führerscheinplicht und benötigen keine Betriebsgenehmigung.“ [Quelle: Wikipedia]
- **Schnelles Pedelec:** Das „schnelle Pedelec“ ist wie das „normale“ Pedelec ein Elektrofahrrad. Dieses ist jedoch „unlimitiert“ in der Tretunterstützung
 - „In Deutschland sind Fahrräder mit unbeschränkter Tretunterstützung versicherungspflichtig, und es wird ein Mofa-Führerschein, aber kein Helm benötigt. Fahrradwege dürfen mit ihnen nur genutzt werden, wenn sie für Mofas freigegeben sind (durch Zusatzzeichen „Mofas frei“ und stets außerorts). Sie sind im engeren gesetzlichen Sinne des Begriffes Kleinkrafträder mit geringer Leistung. Abgesehen von der höheren Geschwindigkeit unterscheiden sich die Fahrräder mit limitierter und unlimitierter Tretunterstützung in der Handhabung und im Fahrverhalten nur wenig, der Unterschied besteht in der gesetzlichen Handhabung. [Quelle: Wikipedia]
- **Elektro-Fahrrad mit tretunabhängigem Zusatzantrieb:**
 - „Fahrräder mit unabhängigem Antrieb im weiteren Sinne fallen in Deutschland unter den gesetzlichen Begriff des Kleinkraftrades und dürfen einer Einschränkung gemäß bis 45 km/h schnell werden. Bei höheren Geschwindigkeiten ist die Bezeichnung Motorrad angebracht. Erreichen sie jedoch mit einem auf 500 W Leistung begrenzten Motor eine Höchstgeschwindigkeit von 20 km/h, gelten sie im Sinne der deutschen StVO als Leichtmofa und bedingen bis zu dieser Geschwindigkeit keinen Helm. Eine Betriebserlaubnis und ein Versicherungskennzeichen sind jedoch erforderlich. [Quelle: Wikipedia]
- **Elektrofahrräder ohne Tretantrieb (E-Scooter oder auch E-Roller):**
 - „Der Elektroantrieb ist vom Prinzip der Komponenten mit Elektromotor (mit direktem oder indirektem Antrieb, siehe „Ansatzpunkte“ unten), Akkumulator und Elektronikmodul zur Motorsteuerung, bei allen Elektro(fahr)rädern gleich. Unterschiedlich ist die Steuerungstechnik, die das Leistungsverhalten des Motors, die – falls vorhanden – geschwindigkeitsabhängige Abregelung und, je nach Auslegung des Elektrorades, den tretunabhängigen (selbst fahrend)



oder tretabhängigen Antrieb, wie er bei den so genannten Pedelecs zum Einsatz kommt, regelt. Von der Art der Steuerung hängt ab, ob das jeweilige Elektrorad in dem Land, in dem es in Verkehr gebracht wird, als Fahrrad gilt oder unter die nationalen (gegebenenfalls vereinfachten) kraftfahr- bzw. verkehrsrechtlichen Bestimmungen fällt“ [Quelle: Wikipedia]

5.6 Pedelec (Pedal Electric Cycle)

Generell liegt die Reichweite mit Motorunterstützung zwischen 7 km (bei stetiger Steigung) und bis zu 70 km. Bei mittlerer Kraftzugabe beträgt sie etwa 20 bis 50 km. Bei einigen Modellen sind standardmäßig zwei nacheinander zuschaltbare Akkus in Gepäcktaschen untergebracht, hier wird die Reichweite bei mittlerer Kraftzugabe mit über 100 km angegeben. Ein üblicher Akku (36 V / 7 Ah) in einem Pedelec (Masse 1,9–5,1 kg) hat einen Energieinhalt von nur ca. 250 Wh (1 kg Benzin dagegen 11.500 Wh). Die Umwandlung elektrischer Energie in mechanische Arbeit erfolgt, abhängig vom Wirkungsgrad des Motors und der Motorsteuerung, unter Wärmeverlust. Typischerweise entstehen dabei Verluste von circa 25 Prozent. Somit kann ein Pedelec mit einem 70 kg-Fahrer (Gesamtmasse ~ 100 kg) rechnerisch bei 1,4 % Steigung 21 km weit mit Batteriestrom fahren – hilft der Fahrer mit, ist eine im Verhältnis höhere Reichweite möglich. [Quelle: Wikipedia]

| <u>PRO</u> | <u>CONTRA</u> |
|---|---|
| Keine Emissionen(CO ₂ Neutral) | Eine „limitierte“ Reichweite |
| Geringere Anstrengung | Teuer in der Anschaffung |
| Gute alternative zum Auto | Das Gewicht(es gibt Ausnahmen) |
| Höhere Geschwindigkeit | Ersatz Akkus sind sehr teuer(laufende Kosten) |
| Großer Fahrspaß | Diebstahl Gefahr |

Von Frederik Bosse

5.7 Kaufentscheidung und Fahrradkauf des Pedelecs

5.7.1 Einführung:

Als Grundlage für den Kauf eines Elektrofahrrades haben wir die Berichterstattung der Stiftung „Warentest“ gewählt. Im „test“-Heft vom 28.07.2011 findet sich ein Vergleich von aktuellen Elektrofahrrädern – so genannten Pedelecs. Der inzwischen gebräuchliche Name steht für „Pedal Electric Cycle“.

Das sind Fahrräder, bei denen ein Elektromotor den/die Radler/in unterstützt, solange der/die in die Pedale tritt. „Gasgeben“ ohne zu treten, wie bei einem Mofa, ist nicht möglich. Beim Fahren schaltet sich der Motor ab, sobald 25 km/h erreicht sind. Wer schneller fahren möchte, muss auf Muskelkraft „umschalten“.



Führerschein und Versicherungskennzeichen sind für Pedelecs nicht erforderlich. Immerhin: Die Kraft der leistungsstarken Akkus kann laut Stiftung Warentest inzwischen für Touren bis rund 100 Kilometer Länge ausreichen.

Die Stiftung „Warentest“ entwickelte Auswahlkriterien, von denen einige für den Kauf unseres Elektrofahrrades eine wichtige Rolle gespielt haben. Grundsätzlich stellte die Stiftung „Warentest“ fest, dass die Bremsen vieler Modelle Schwächen aufweisen.

5.7.2 Kriterien für eine Kaufentscheidung:

1. Akkuladezeit:

Die Akkuladezeit ist für mich eines der wichtigsten Auswahlkriterien eines Elektrofahrrades! Während der Akkuladezeit kann das Elektrofahrrad nur mit Einschränkungen als Pedelec bewegt werden. Die Elektromotorunterstützung ist in dieser Zeit nicht optimal nutzbar.

Bei vielen der auf dem Markt erhältlichen Modellen beträgt die Ladezeit des Akkus bis zu 10h, dies ist nicht sehr vorteilhaft, da es die Nutzung, wie erwähnt, sehr stark einschränkt. Das von uns gewählte Fahrrad hingegen ist mit 2,5 h Akkuladezeit aktuell eines der besseren auf dem Markt. Die Mobilität ist durch so eine kurze Ladezeit stark erhöht. Außerdem ist die Personenzahl, die pro Tag mit dem Fahrrad fahren kann, größer, weil es durch die kurze Ladezeit viel öfter benutzt werden kann.

Fazit: Ich bin der Meinung, dass die Akkuladezeit einer der wichtigsten Faktoren ist.

Von Gillian Ramos

2. Akkureichweite:

Der voll geladene, herausnehm- und verschließbare Akku mit Ladestandsanzeige des gewählten Elektrofahrrades ermöglicht eine Reichweite von bis zu 70 Kilometer. Im Test liegen die Reichweiten anderer Elektrofahrräder zwischen 50 und 80 km. Somit hat das untersuchte Pedelec eine akzeptable Reichweite. Es gibt wenige weitere Elektrofahrräder deren Akkus solange halten, für diesen Preis. Um ein Elektrofahrrad mit einer höheren Akku-Reichweite zu erwerben, muss man einige hundert Euro mehr bezahlen als für unser Modell.

Um den Akku des untersuchten Fahrrades wieder zur vollen Leistung zubringen, muss man ihn 2,5 Stunden aufladen.

Von Mark Rusack und Robin Sievers

3. Akkuleistung:

Die Akkuleistung ist zum einen für die Reichweite und zum anderen für die gleichmäßige Stromversorgung des Elektromotors verantwortlich. Im Gegensatz zu anderen Akkus anderer Pedelecs ist der verwendete Akku eher leistungsschwach.

4. Bedienungselement:

Das Bedienungselement dient der Steuerung und der Betätigung des Elektromotors des Pedelecs. Seine Anordnung und seine Übersichtlichkeit



sind entscheidend für die komfortable Bedienung und das problemlose Zuschalten des Elektromotors. Das Bedienungselement für das gewählte Elektrofahrrad ist in seiner Anordnung und seinem Aufbau sehr übersichtlich gehalten.

5. **Gewicht:**
Muskelkraftbetriebene Fahrräder mit einer ähnlichen Rahmengröße und einer ähnlichen verkehrssicherheitstechnischen Ausstattung wiegen zwischen 13 und 15 kg. Durch die zusätzlichen elektrischen Bauteile verdoppelt sich das Gewicht der Pedelecs. Das gewählte Pedelec liegt mit rund 21 kg im unteren Gewichtsbereich und ist vergleichsweise leicht. Dieses ist ein wichtiger Aspekt, da das Fahrrad auch von Kindern/Jugendlichen genutzt werden soll.
6. **Optik:**
Über Geschmack kann man bekanntlich streiten. Die Optik des Elektrofahrrades ist dementsprechend ein sehr „weiches“, subjektives Kriterium. Trotzdem findet diese Anwendung bei der Kaufentscheidung des Elektrofahrrades. Die schwarze Rahmenform und die Lederoptik der Griffe des Sattels wirken in ihrem Erscheinungsbild weniger ansprechend.
7. **Preis-Leistungs-Verhältnis:**
Die Preise der von der Stiftung Warentest getesteten Elektrofahrräder liegen zwischen 800 € und 2700 €. Das von uns gewählte Elektrofahrrad kostet 1250 €. Im Leistungsspektrum der von uns gewählten Kriterien „Akkuladezeit“, „Akkureichweite“, „Bedienungselement“, „Gewicht“ und „Optik“ kann das Pedelec durchaus positive Aspekte vorweisen.

Ich denke das unser Model für diesen hohen Preis auch die entsprechende Leistung bringt, da unser Fahrrad einer der höchsten Reichweiten hat und mit, einer Ladezeit von 2,5 Stunden auch die dem entsprechend kürzeste Ladezeit aller Elektrofahrräder. Auch wiegt es mit 21 kg extrem wenig für ein stabiles Fahrrad mit Motor.

Von Mark Rusack

8. **Bremsen:**
Die Stiftung „Warentest“ bemängelt in ihrem Test die Bremsen vieler untersuchter Elektrofahrräder. Durch den zusätzlichen Antrieb des Elektromotors werden mit den Pedelecs höhere Geschwindigkeiten als mit muskelkraftbetriebenen Fahrrädern erreicht. Trotzdem wurden die Bremsen bei den Elektrofahrrädern zu wenig im Vergleich zu den muskelkraftbetriebenen Fahrrädern verstärkt.
Das von uns gewählte Elektrofahrrad besitzt das Bremssystem „Tektro V-Brake“. Bei der Probefahrt des Elektrofahrrades wirkte das Bremssystem recht solide.



Zusammenfassend findet sich die Bewertung unserer Kriterien in folgender Tabelle:

| PRO | CONTRA |
|-------------------------------------|-------------------------|
| schnelle Akkuladezeit (2,5 Stunden) | Optik |
| übersichtliches Bedienungselement | leistungsschwacher Akku |
| Gewicht (21 kg) | |
| Akkureichweite (60- 70 km) | |
| Preis-Leistungs-Verhältnis | |
| | |

Von Phillip Später und Paul Sorge

Fazit:

Das Preis-Leistungs-Verhältnis stimmt und es gibt einige Aspekte, die das Pedelec von Corratec „kaufenswert“ machen. Trotz schwacher Akkuleistung und der „mageren“ Optik überzeugt uns das Fahrrad durch Reichweite, Akkuladezeit und Gewicht.

5.8 Die Ökobilanz

Eine Ökobilanz analysiert möglichst umfassend den gesamten Produktlebensweg und die zugehörigen ökologischen Auswirkungen und bewertet die während des Lebenswegs auftretenden Stoff- und Energieumsätze und die daraus resultierenden Umweltbelastungen.

Ökobilanzen haben sich in den vergangenen Jahren hierzulande und weltweit großer Beliebtheit erfreut. Die Produkt-Ökobilanz untersucht, welche Auswirkungen die Zulieferung, Herstellung, Verbreitung und das Produkt selbst auf die Umwelt haben (können). Über mehrere Jahre betrachtet, hat ein Unternehmen somit die Möglichkeit, Vergleiche anzustellen und Umweltbelastungen gezielt zurückzunehmen. Häufig ist damit auch eine Kostenentlastung verbunden.

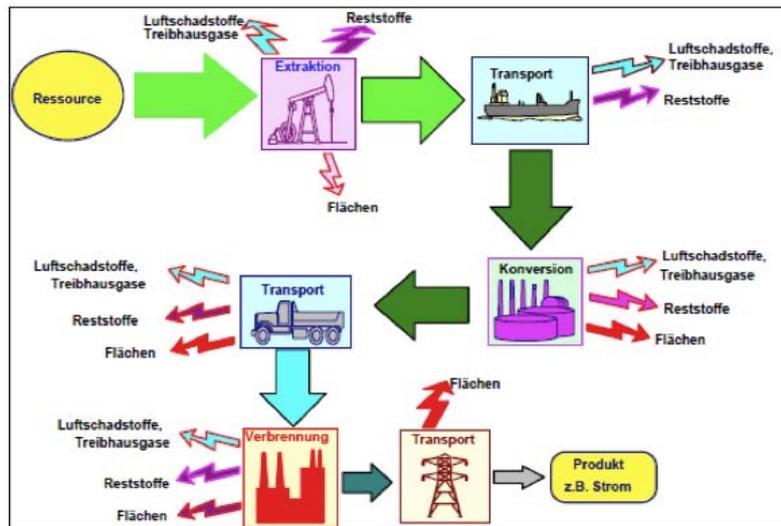
Das Ziel einer Ökobilanz ist es, die Umweltbelastungen, die durch Produkte auf deren "Lebensweg" von der Produktion bis zu der Entsorgung entstehen, darzustellen und die damit verbundenen Auswirkungen solcher Umwelteinflüsse zu analysieren. Somit wird eine Bewertungsgrundlage für alle Produkte geschaffen. Die Ökobilanz spielt bei der Auswahl von Verpackungen in Zukunft eine immer größere Rolle.

(Anmerkung: unterschiedliche Quellen aus dem Internet, die der Schüler leider nicht angab.)

Von Marian Sindermann

5.8.1 GEMIS

GEMIS wurde für die Erforschung und Analyse von den entstehenden Gasen o. ä. bei dem Transport und der Bereitstellung von Produkten hergestellt. Es wurde von einem Öko-Institut in Kassel entwickelt und erkennt welche Nebenausstöße bei Transport von Produkten entstehen.



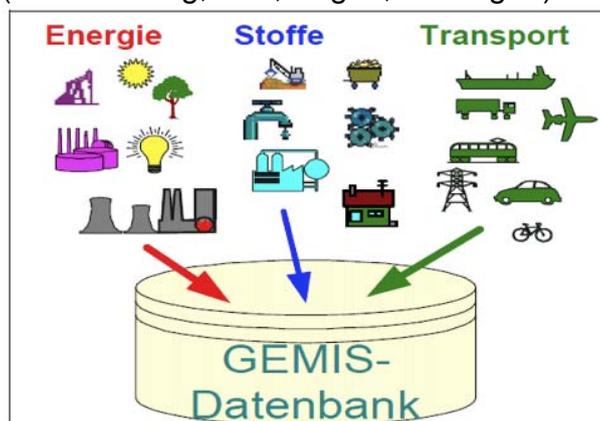
GEMIS berücksichtigt alle möglichen es berücksichtigt von der Primärenergie- bzw. Rohstoffgewinnung bis zur Nutzenergie bzw. Stoffbereitstellung alle wesentlichen Schritte.

Kenndaten wie

- Nutzungsgrad,
- Leistung,
- Auslastung,
- Lebensdauer
- direkte Luftschadstoffemissionen,
- Treibhausgasemissionen ,
- feste Reststoffe,
- flüssige Reststoffe und
- der Flächenbedarf

werden berücksichtigt.

Die GEMIS-Datenbasis enthält Informationen zu:
 der Bereitstellung von fossilen und nachhaltigen Energieträgern. (Abbau von Kohle, Anbau von Holz oder Biomasse) der Herstellung von Wärme und Strom (Verbrennung von Kohle, Bau von Solarkollektoren oder Photovoltaikanlagen.)
 Bereitstellung von Stoffen (Metallen, Ressourcen u.s.w.) und von Transportprozessen (Verschiffung, Lkw, Zügen, Leitungen).



Insgesamt ist GEMIS ein gutes Programm, um Ökobilanzen zu berechnen.



(Quelle: www.gemis.de/g44handbuch.07.pdf, Ökoinstitut, Handbuch zu GEMIS)
Von Joscha Brandes

5.8.2 Die Ökobilanz der Solartankstelle und des Fahrrades

Mit Beginn des Projektzeitraumes bis zur Präsentation des Projektes im Juli 2012 in der Autostadt arbeitete eine Schülergruppe an einer projektbezogenen Ökobilanz. In diesem Zusammenhang wurden die bis dahin verbauten Materialien für die Solartankstelle ermittelt, eine Bilanzierung mit der Software „GEMIS“ vorgenommen und Daten zu einem möglichen Referenzzustand gesammelt. Abgesehen von dem energieintensiven Akku wurden für die Bilanzierung bisher die Materialien des Pedelecs nicht berücksichtigt. Ferner fehlten zum Zeitpunkt der Bilanzierung noch einige technische Teile im Innenleben der Tankstelle (Laderegler, Akkus und Wechselrichter). Es ist also davon auszugehen, dass die Umweltbelastung rund 10 % über dem errechneten Wert liegen wird.

Folgende Materialangaben wurden zusammengetragen:

- | | | |
|---|-----------|---------|
| 1. Fundament: Beton = 0,968 m ³ (Dichte ~2,4 t/m ³) entspricht 2,48 t | Beton | 2480 kg |
| 2. Solartankstellen-Gestell: | Stahl | 230 kg |
| 3. Solartankstellen-Gestell: | Edelstahl | 218 kg |
| 4. Solartankstellen-Gestell mit Solarmodulrahmen: | Alu | 30 kg |
| 5. Solarzellen (2 X 140 W) im Programm "GEMIS" | | |

Der oben genannte Referenzzustand ist die entscheidende Größe, um festzustellen, ob durch den Betrieb der Solartankstelle (in Verbindung mit dem Pedelec) eine Entlastung der Umwelt stattfindet (oder nicht). Es wurden also Varianten verglichen, bei denen keine Solartankstelle errichtet bzw. kein Pedelec angeschafft wurde und die Zielgruppenpersonen weiterhin mit einem anderen motorisierten Verkehrsmittel fahren.

Die computergestützte Berechnung mit GEMIS lässt eine umfangreiche Ökobilanz zu. Zum Beispiel macht GEMIS Aussagen zu klimarelevanten Emissionen, Luftschadstoffen, Flächenverbrauch oder radioaktiven Abfällen.

In unserer Ökobilanz haben wir ausschließlich das klimarelevante Gas Kohlendioxid (CO₂) untersucht. Diese Bilanzierungsgröße ist der Öffentlichkeit am besten vertraut. Deshalb waren auch weitere Daten zu unterschiedlichen Referenzzuständen am besten zu recherchieren.



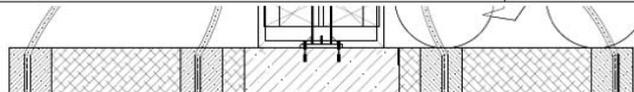
Ergebnisse der Ökobilanz

| | |
|--|-----------------------------|
| PV-Strom inkl. Baumaterial Solartankstelle (GEMIS: 28.06.12) | 112 g CO ₂ /kWh |
| Akku-Spannung | 36 V |
| Akku-Ladung | 8 Ah |
| Akku-Kapazität | 0,288 kWh |
| Reichweite/Ladung | 40 km |
| Akku Ladezyklen | 500 |
| Akku-Reichweite | 20000 km |
| CO ₂ - Belastung bei Herstellung Li-Ionen Akku (Studie: EMPA) | 54 kg CO ₂ /kWh |
| CO ₂ -Belastung E-Bike-Akku | 15,55 kg CO ₂ |
| Strombedarf für Akku umgerechnet auf gefahrene km | 0,007 kWh/km |
| CO ₂ -Belastung E-Bike nur Ladung (PV-Strom-GEMIS) | 0,806 g CO ₂ /km |
| CO ₂ -Belastung E-Bike für Akkuherstellung | 0,78 g CO ₂ /km |
| CO ₂ -Belastung E-Bike für Ladung (Solar) und Akku | 1,58 g CO ₂ /km |



Vergleich der Ökobilanz

| | |
|---|------------------------------------|
| PKW·Benzin·(8·Liter·/·100·km) | 200·g·CO ₂ ·/·km |
| PKW·Diesel·(4·Liter·/·100·km) | 124·g·CO ₂ ·/·km |
| ÖPNV | 53·g·CO ₂ ·/·Person&km |
| Zug·Nahverkehr | 95·g·CO ₂ ·/·Person&km |
| Zug·Fernverkehr | 52·g·CO ₂ ·/·Person&km |
| Flugzeug | 369·g·CO ₂ ·/·Person&km |
| Mofa·Benzin·(2·Liter·/·100·km) | 50·g·CO ₂ ·/·km |
| <i>(Quelle: www.green-responsibility.de)</i> | |
| IGS:FF·-·E-Bike·(mit·Solartankstellenstrom) | 1,58·g·CO ₂ ·/·km |

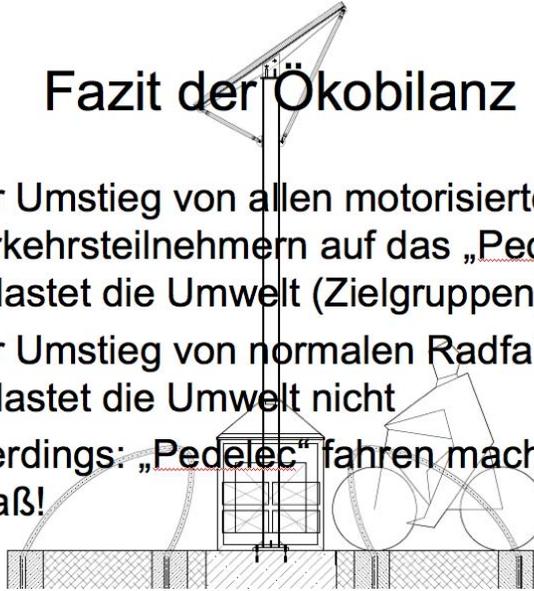


Der Vergleich der unterschiedlichen Mobilitätsvarianten zeigt, dass der Bau und der Betrieb der Solartankstelle in Verbindung mit der Anschaffung eines Pedelecs die Umwelt fast in jedem Fall entlastet. Die einzige Ausnahme stellt der Umstieg vom normalen Fahrradfahren auf das E-Bike-Fahren dar.



Fazit der Ökobilanz

- Der Umstieg von allen motorisierten Verkehrsteilnehmern auf das „Pedelec“ entlastet die Umwelt (Zielgruppen)
- Der Umstieg von normalen Radfahren entlastet die Umwelt nicht
- Allerdings: „Pedelec“ fahren macht Spaß!



Von Marlon George und Robert Höftmann

5.8.3 Die Workshops der Autostadt

5.8.3.1 Energiespeicher

Der Workshop „Energiespeicher“ fand im März 2012 statt. Während des Autostadt-Besuches setzten sich die Schüler mit der chemischen Speicherung von elektrischer Energie auseinander, eruierten in einem Suchspiel Vor- und Nachteile der Elektromobilität und diskutierten diese Aspekte engagiert während einer Podiumsdiskussion.

Autostadt-Workshop „Energiespeicher“

- Projekt-Gruppe: Alle WPB II - Schüler





5.8.3.2 Kleine Automanufaktur (KAM)

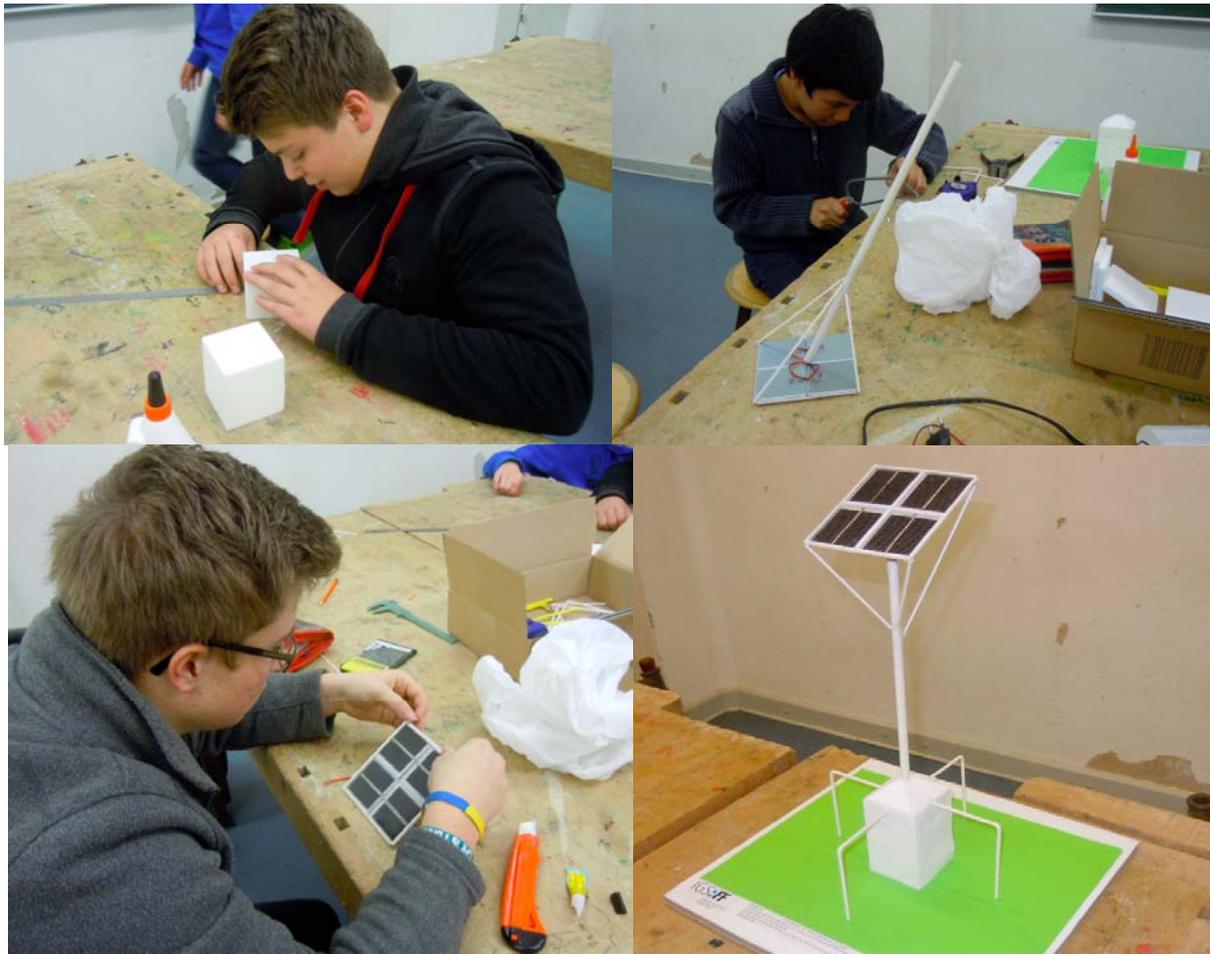
Im Juni 2012 besuchte der Wahlpflichtkurs „Solarenergie“ den Workshop „Kleine Automanufaktur“. Der Workshop wurde von der „Inszenierten Bildung“ der Autostadt über 5 Stunden angeboten. Konzentriert arbeitende Schüler baten während des Workshops um eine Verlängerung der Arbeitsphase! Auch diesen Wunsch ermöglichten uns die Mitarbeiter/innen der Autostadt! Während der sehr intensiven und produktiven Arbeitsphase der Schüler entstanden dort diverse Elektrofahrzeuge und Solartankstellen.





5.9 Schülermodell der Solartankstelle

Für die Errichtung der Solartankstelle gab es keine Vorlage. Die Solartankstelle ist ein Selbstbau bzw. ein Prototyp! Für die Planung des Ortes und des Aussehens der Solartankstelle wurden zahlreiche Entwürfe angestellt. Um die Form und die Maße eines „weiter gereiften“ Entwurfs als Modell überprüfen zu können, wurde von einer Schülergruppe im März 2012 das unten stehende Modell entwickelt und gebaut.





5.10 Schülerbeteiligung zu den Errichtungsschritten der Solartankstelle

5.10.1 Das Fundament

Das Fundament der Solartankstelle wurde bereits im April 2012 errichtet. Damit konnte das Fundament vor der Installation weiterer Solartankstellenteile ausreichend durchtrocknen. Dazu wurde mit Hilfe der Schüler der Ort des Fundamentes markiert, ein quadratisches Erdloch ausgehoben und das Erdloch mit Beton aufgefüllt. Für den Überspannungsschutz wurde bereits ein erstes Kabel durch den Beton verlegt.



5.10.2 Herstellung des Solartankstellenmastes

In den Metallwerkstätten der Lebenshilfe wurde der 200 kg schwere, pulverbeschichtete Solartankstellenmast mit Hilfe der Schüler im Mai 2012 gefertigt. Die Schüler halfen u. a. bei der Verbindung der Metallteile durch Schweißnähte.





5.10.3 Aufstellen des Solartankstellenmastes

Für das Aufstellen des Solartankstellenmastes im Juni 2012 war zunächst die Markierung des Aufstellortes auf dem Fundament erforderlich. Schüler eines Mathe-Grundkurses des 9. Jahrgangs halfen bei der Berechnung und der Aufzeichnung dieses Aufstellortes auf dem Fundament.

Für die Errichtung des in den Metallwerkstätten der Lebenshilfe bearbeiteten Solartankstellenmastes war der Aufbau eines Gerüsts eine wichtige Voraussetzung. Mit Hilfe der Schüler wurde der Mast von dem Transportfahrzeug der Lebenshilfe abgeladen, zur Errichtung vorbereitet und mit gemeinsamen Kräften aufgestellt.



5.10.4 Befestigung der Solarstrommodule (Photovoltaik-Module)

Für die Befestigung der Solarstrommodule im Juni 2012 musste noch einmal ein Gerüst errichtet werden, um den Rahmen und die Photovoltaik-Module auf dem Solartankstellenmast zu befestigen und die Verbindungskabel zwischen den Photovoltaik-Modulen und der Technik (Laderegler) zu ermöglichen. Auf den Fotos sieht man die Beteiligung der Schüler.





5.10.5 Aufstellen des Technikkastens

Zum Aufstellen des Technikkastens im Juni 2012 mussten noch einige vorbereitende Maßnahmen getroffen werden. Zum Beispiel musste das Fundament mit Hilfe der Schüler weiter angepasst werden.



5.10.6 Aufstellen der Fahrradbügel

Das Aufstellen der Fahrradbügel und deren Fundamentierung fanden im Juli 2012 statt. Auf den Fotos helfen die Schüler bei den Vorbereitungsarbeiten zum Betonieren und dem Betonieren der Fahrradbügel.





5.10.7 Installation der Technik

Während der Sommerferien 2012 wurden die letzten bereits beschafften, allerdings noch nicht installierten technischen Teile installiert. Es wurden der Überspannungsschutz, der Laderegler, zwei Akkus und der Wechselrichter installiert und mit den Steckdosenplätzen verbunden.



5.10.8 Offizielle Inbetriebnahme zum Sommerfest

Zur offiziellen Inbetriebnahme, die während des Sommerfestes am 19.09.12 stattfand, konnte die Solartankstelle nun in den Betrieb gehen. Das heißt, an 4 Schuko-Steckdosen und weiteren 4 USB-Steckplätzen können elektrische Geräte mit einer gesamten Leistung von 1200 W gleichzeitig geladen werden.





6 Projektabschluss und Reflexion

6.1 Projektabschluss in der Schule

Bis zum Mai 2012 wurde das E-Bike geprüft und anschließend gekauft. Die Solartankstelle wurde bis zur Präsentation in der Autostadt zu großen Teilen aufgestellt. In der Solartankstelle war zu diesem Zeitpunkt allerdings das „Innenleben“ nicht vollständig installiert. Es fehlten noch einige technische Komponenten: Der Überspannungsschutz, der Laderegler, zwei Akkus, ein Wechselrichter und einige Steckdosen. Diese technischen Komponenten wurden in den Schulferien installiert. Damit ist die Solartankstelle funktionsfähig. Ein Nutzungskonzept der Ladestationen und des E-Bikes existieren noch nicht.

6.2 Reflexion

Im Oktober 2011 wurde das Projekt beantragt. Zu diesem Zeitpunkt arbeitete der Wahlpflichtkurs „Solarenergie“ an einer anderen Aufgabenstellung, die bis zum Ende des Schulhalbjahrs fertig gestellt wurde. Damit war der Projektzeitraum extrem kurz – zumal sich die Schüler des 9. Jahrgangs in den ersten vier Wochen mit ihrem Schulpraktikum auseinandersetzten und die Schüler des 10. Schuljahres bereits zum Ende des Juni 2012 offiziell aus der Schule entlassen wurden. Zur schülergerechten Differenzierung der Arbeitsinhalte und um möglichst viele Schüler-Beiträge zur Planung und Errichtung der Solartankstelle beizusteuern, fand der Unterricht größtenteils in kleineren Projektgruppen statt. Nur an kleineren Besprechungen und den Besuchen der Autostadt-Workshops nahmen die Schüler in einer Gruppe teil.

Die immaterielle („know-how“) und materielle Unterstützung des Projekts durch den Verein „one world climate“ hat der Projektdurchführung die notwendige Geschwindigkeit bis zur Fertigstellung der Solartankstelle verliehen. Ohne den Verein wäre das Projekt in dieser Form nicht realisierbar gewesen! Auch dafür gilt allen Beteiligten des Vereins ein riesiges Dankeschön!

6.3 Projektergebnisse und Perspektive

Aus dem Projekt ergeben sich nun folgende Ergebnisse:

1. 20 Schüler konnten sich im Laufe eines Schulhalbjahres – ihren individuellen Neigungen entsprechend – mit Arbeiten um die Planung und die Errichtung einer Solartankstelle auseinandersetzen.
2. Die Schule besitzt nun für demonstrative, bildungsbezogene Zwecke eine eigene Solartankstelle und ein E-Bike.
3. Die Schule kann nun Schüler/innen, Eltern, Anwohner/innen und Lehrer/innen folgende Angebote unterbreiten:
 - a. Nutzung eines E-Bikes
 - b. Nutzung von vier Schuko-Steckdosen-Ladeplätzen (z. B. E-Bikes)
 - c. Nutzung von vier USB-Steckdosen-Ladeplätzen (z. B. Mobiltelefone)

Für diese Angebote muss noch ein Nutzungskonzept entwickelt werden, aus dem hervorgeht, wie diese Angebote wahrgenommen werden können bzw. wer diese Angebote wahrnehmen kann.

Da es sich bei der Solartankstelle um einen Prototypen handelt, werden perspektivisch weitere Anpassungsarbeiten an der Tankstelle auftreten. Diese, die Installation einer Anzeigetafel und die Gestaltung der Rasenfläche um die Tankstelle sind weitere Aufgaben, um das Projekt zukünftig zu komplettieren.