

# PROJEKTARBEIT IN TECHNOLO- GIE



02.01.2013

Photovoltaikanlage im HEMS-Schulgarten von  
Nils Christian Knuth

Im folgenden Projekt geht es um die Planung, Installation und um allgemeine Informationen über Photoelemente. Dabei wird die Photovoltaikanlage im Schulgarten der HEMS einbezogen.

# Projektarbeit in Technologie

**PHOTOVOLTAIKANLAGE IM HEMS-SCHULGARTEN VON NILS  
CHRISTIAN KNUTH**

## **INHALTSVERZEICHNIS**

<b>EINLEITUNG</b> .....	<b>2</b>
<b>ALLGEMEINES ÜBER PHOTOVOLTAIK</b> .....	<b>3</b>
Funktionsweise einer Solarzelle .....	3-4
Anwendungen von Solaranlagen.....	4
Solaranlagen in der Zukunft .....	4-5
<b>PLANUNG DER PV-ANLAGE IM HEMS-SCHULGARTEN</b> .....	<b>6</b>
Entwicklung der Projektidee .....	6
Leistungs- und Komponentenplanung .....	7
Einfacher Schaltungsentwurf .....	8
<b>INSTALLATION UND INBETRIEBNAHME DER PV-ANLAGE</b> .....	<b>9</b>
Komplexer Schaltungsentwurf .....	9-10
Installationsbericht .....	10-12
<b>ANLAGENVERZEICHNISS</b> .....	<b>13</b>
<b>QUELLENVERZEICHNISS</b> .....	<b>36</b>

## EINLEITUNG

In der folgenden Projektarbeit soll mein Projekt im Rahmen des Technologieunterrichts vorgestellt werden. Die Projekte wurden eigenständig von dem Schüler entworfen, danach geplant und zum Schluss durchgeführt. Es wurde der Zeitrahmen der gesamten Qualifikationsphase 3 veranschlagt. Abgabetermin ist dabei der 14.1.2013.

Im folgenden Bericht werden zunächst einmal die allgemeine Funktionsweise von photovoltaik Elementen und die Anwendung in der Gesellschaft beschrieben. Die dazu verwendeten Quellen kommen aus der heutigen Fachliteratur und seriösen Internetquellen. Nach dem ersten Block widme ich mich der Planung der Photovoltaikanlage im HEMS-Schulgarten. Es wird hauptsächlich um die Leistungs- und Komponentenkalkulation mit Betrachtung der Finanzmittel gehen, außerdem wird sich über die Installationsmethoden Gedanken gemacht. Dazu wird eine Vorbestandsaufnahme durchgeführt. Des Weiteren werden vereinfachte Schaltungsaufbauten erstellt. Zum Schluss des zweiten Blocks werden dann die komplexen Pläne entworfen. Im dritten Block geht es dann um die Installation und Inbetriebnahme der PV-Anlage. In diesem Block soll der komplexe Schaltungsplan aufgebaut und im Schulgarten installiert werden. Zum Schluss des Berichts wird nochmal explizit auf die einzelnen Komponenten der Schaltung eingegangen und deren Funktion erläutert. Für das Projekt wurden ungefähr 50 Arbeitsstunden aufgewandt. Diese unterteilen sich in 40 Stunden aktive Projektarbeit in Form von Organisation, Besichtigung und Installation. Dazu kommen noch 10 Stunden Arbeitszeit für den Projektbericht, hierbei waren die Schaltungen und Graphiken sehr aufwendig.

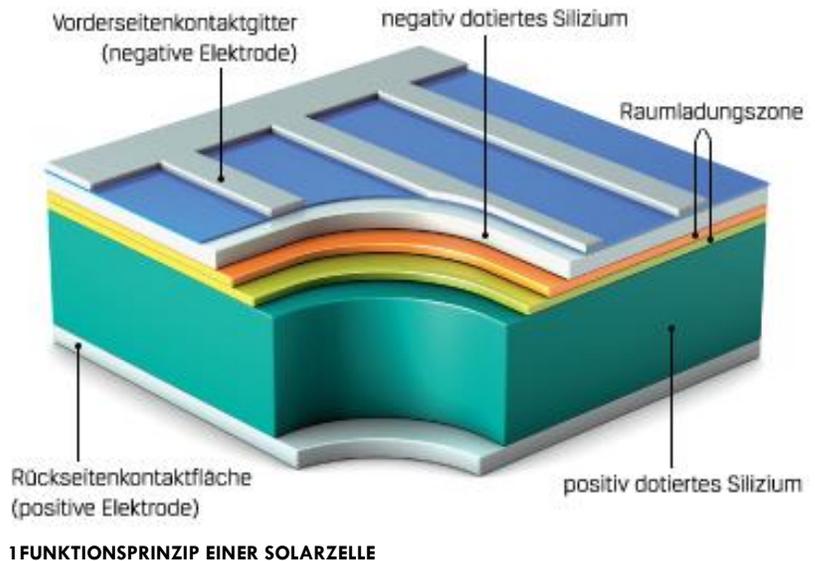
Dieses Projekt soll einen positiven Effekt an unserer Schule schaffen, im Vordergrund steht natürlich der Lerneffekt der erzielt wurde. Aber auf die Schule betrachtet hat das Projekt auch einen verschönernden Effekt, denn der Schulgarten wurde mit einem Springbrunnen und Beleuchtung schöner gestaltet. Dem Image der Schule wurde auch Gutes getan, der Brunnen und die Beleuchtung werden durch regenerative Energie betrieben und der Versuchsaufbau am Tag der offenen Tür hat hoffentlich viele angehende Schüler begeistert.

Ich kann nicht sagen dieses Projekt allein bewältigt zu haben. Eine große Hilfe war natürlich unser Lehrer Herr Bersch, er hat zunächst einmal für anregende Projektideen gesorgt. Außerdem hat er die Geldmittel aus der vorhandenen PV-Anlage organisiert. Zudem hat er auch immer mit einem guten Rat zur Seite gestanden. Des Weiteren muss man den Hausmeistern Dank sagen die sich viel Zeit genommen haben das nötige Werkzeug bereitzustellen. Dann sind da noch meine Klassenkameraden, denen ich so gewisse kleine Fehlerentdeckungen verdanke. Vielen Dank an Thomas von Reisrobotiks der uns die Solarmodule stiftete. Des Weiteren möchte ich meiner Mutter und meiner Schwester danken die Korrektur gelesen haben.

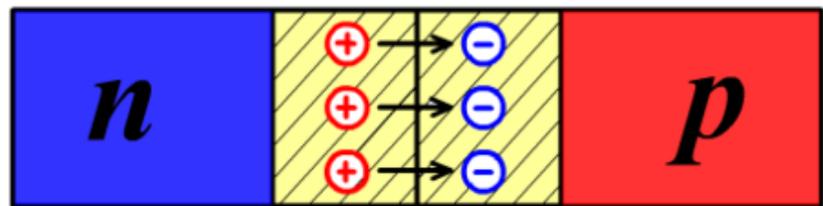
# ALLGEMEINES ÜBER PHOTOVOLTAIK

## Funktionsweise einer Solarzelle

Die Erzeugung von Energie in einer Solarzelle wird durch den photovoltaischen Effekt hervorgerufen. Diesen kann man im Grunde so beschreiben, dass kurz welliges Licht, wie zum Beispiel unser Sonnenlicht, von einer Halbleiter- oder Metallschicht absorbiert wird. Dieses Photon löst dann ein Elektron aus dem Stoff und gibt diesem den Großteil seiner Auftrettsenergie ab. Wir nehmen um das Ganze zu vereinfachen, eine einfache Siliziumsolarzelle. Diese Halbleitersolarzelle ist fast genauso aufgebaut wie eine Photodiode, nur mit einer großen Fläche. Im Gegensatz zu der normalen Funktionsweise einer Photodiode, dient diese nun als Stromquelle, nicht als Detektorstrom. Das elektrische Feld entsteht nur, wenn die Halbleiterschicht so dotiert<sup>1</sup> ist (Abbildung 1 Funktionsprinzip einer Solarzelle), dass eine Raumladungszone entsteht. In dieser Raumladungs-



1 FUNKTIONSPRINZIP EINER SOLARZELLE



## Raumladungszone

2 RAUMLADUNGSZONE

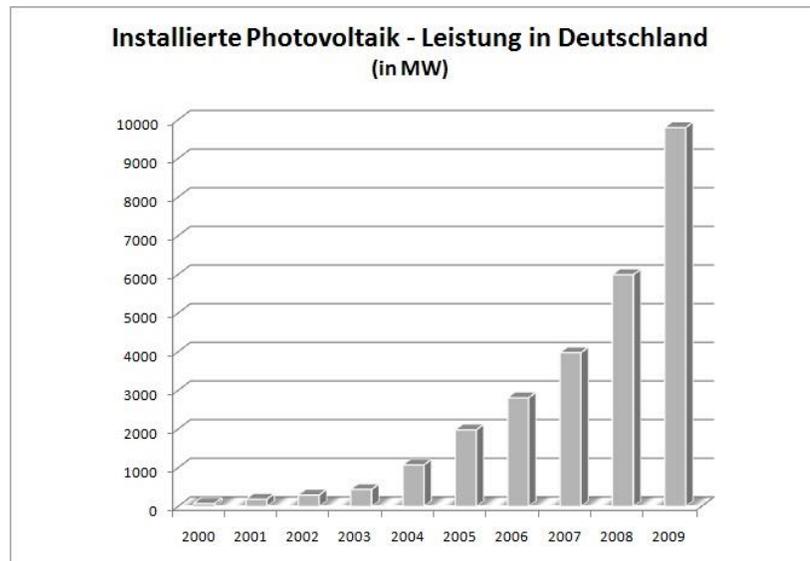
zone löst das Photon das Elektron aus der Zone (Abbildung 2 Raumladungszone). Dabei ist wichtig, dass die Halbleiterschicht so dünn es geht geschnitten wird. Denn das Elektron verliert umso mehr Energie, desto weiter es wandern muss. Nach der Herauslösung des Elektrons, entsteht das elektrische Feld und die Elektronen werden zur positiv dotierten Schicht beschleunigt. Es fließt ein Strom von der Anode zur Katode. Die Spannung einer einzelnen Zelle liegt normalerweise bei 0,5 Volt. Um die Verlustleistung gering zu halten, werden die Zellen eines Moduls so zusammengeschlossen, dass die Module 12 oder 24 Volt erzeugen. Die aufgedampften Katoden werden so dünn wie möglich gehalten um so viel Licht wie möglich einzufangen.

<sup>1</sup> Die Dotierung gibt an, wie stark der Stoff mit Fremdkörpern durchzogen ist, denn diese stören den Elektronenfluss. Die obere dünne negative dotierte Schicht ist stark dotiert, wo hingegen die untere dicke positive Schicht nur schwach dotiert ist.

Die Solarplatten sind mit einer Antireflexionsschicht beschichtet, diese ermöglicht optimalen Lichteinfall mit geringer Lichtreflexion. Außerdem sind alle Solarplatten mit einer Antischmutzschicht behaftet, von dieser perlen alle Fremdstoffe ab.<sup>2</sup>

## Anwendungen von Solaranlagen

Die Solaranlagen sind momentan stark im Kommen. Bereits 2011 lag der Anteil an eingespeister Energie in Deutschland bei 3,5 %. Die Energieeinspeisung ist innerhalb von neun Jahren auf 10000 MW gestiegen. Das bedeutet man kann mittlerweile 10 der großen Atomkraftwerke abschalten, denn diese wurden komplett durch Solarenergie abgelöst. In Deutschland findet man Solaranlagen größtenteils auf Privathäusern oder auf Scheunendächern von Großbauern. Die Solarstrombranche ist in Deutschland noch nicht konkurrenzfähig gegen Kernkraft, Kohle und Windenergie. Aber das Erneuerbare-Energien-Gesetz er-



3ENERGIEEINSPEISUNG DURCH SOLARANLAGEN

ermöglicht es im privaten Sektor eine Selbstversorgung mit Netzeinspeisung zu ermöglichen. Der Preis pro kWh beträgt 25-54 Cent. Außerdem nutzen viele Solarkollektoren zur Warmwasseraufbereitung. Dadurch werden viele Haushalte fast autark. Selbst der Staat rüstet in Sachen Solarenergie gewaltig auf. Es werden zum Beispiel kleinere Projekte im Straßenverkehrsnetz eingeführt wie Anzeigeeinheiten mit Solarzelle.

## Solaranlagen in der Zukunft

Die Solaranlagen werden in der Zukunft mindestens 20% der Energie in Deutschland einspeisen, so der Beschluss der Regierung. Die europäische Union fördert in der Zusammenarbeit mit der HSE die Verwirklichung der sogenannten „Smart grids“. Problem ist das bestehende Energienetz. Dieses ist nicht für die stark schwankende Energieeinspeisung durch Solar- und Windenergie ausgelegt. Problem ist auch der Bedarf am Tag, der wesentlich höher ist als in der Nacht.

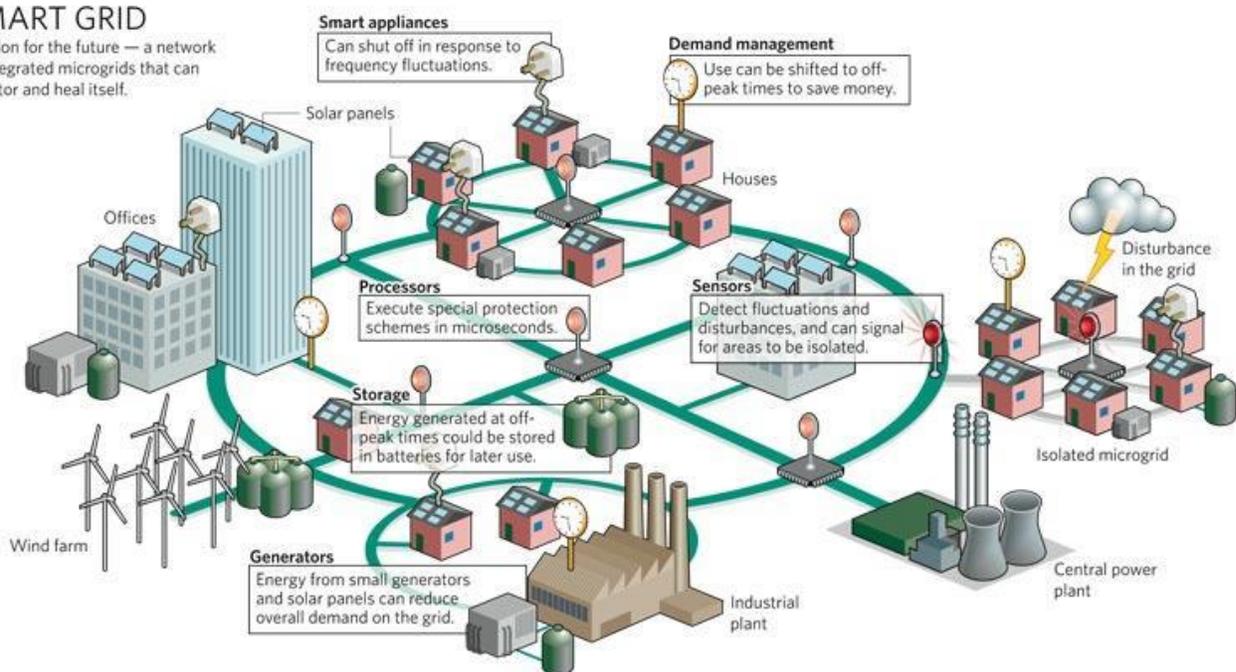
<sup>2</sup> Vgl. 1 Funktionsprinzip einer Solarzelle

Dagegen entwickelt man ein intelligentes System, das die Stromversorgung steuert. Ziele sind die Fernablesung der Stromzähler, der Empfang und die Darstellung von Preissignalen, eine Darstellung von Verbrauch und Kosten, eine bessere Störungsmeldung, eine Diebstahlerkennung, mögliche Lastverlaufserkennung, die Steuerung von dezentralen Erzeugern und Lasten. Das bedeutet ein extrem vernetztes Stromnetz, das ermöglicht dem Verbraucher den Tarif auszunutzen, sprich er duscht oder wäscht seine Wäsche lieber nachts, denn dort ist der Stromverbrauch geringer, also der Tarif günstiger. Es soll auch ermöglicht werden den Haushalt per App zu steuern. Das komplette Haus muss also mit Lan ausgestattet sein. Die Kleinerzeuger werden dann natürlich auch mehr begünstigt, denn mit dem smart grids ist es egal ab man Unternehmer oder Privatperson ist, jeder hat den gleichen Tarif nur die Menge macht den Unterschied. Außerdem muss der Strom dann nicht mehr so hoch gespannt und über große Entfernungen „transportiert“ werden. Die vielen Kleinerzeuger sollen in der Lage sein den größtmöglichen Sektor abzudecken. Mit der automatischen Störungserkennung dauert es nur noch Minuten bis ein Stromausfall behoben werden kann. Es gibt nur noch drei Stationen im Stromnetz: Erzeuger, Verbraucher und die Ortsnetzstationen.

3

## SMART GRID

A vision for the future — a network of integrated microgrids that can monitor and heal itself.



## 4SMART GRID

<sup>3</sup> Vgl. 2Smart grids

## PLANUNG DER PV-ANLAGE IM HEMS-SCHULGARTEN

### Entwicklung der Projektidee

Der Hauptanreiz der Projektidee kam von Herrn Bersch, der jemanden suchte, der im HEMS-Schulgarten die alte PV-Anlage wieder in Betrieb nimmt. Ich habe mich sofort angesprochen gefühlt, denn ich bin eher der Typ zum Praktischen und habe gehofft damit eher ein Projekt mit mehr handwerklicher Arbeit zu bekommen. Resultat der zweite Punkt trifft eher zu als der Erste. Nach erster Besichtigung der Anlage(Nur im unteren Bereich: Also der Schaltschrank, die Pumpe des Teichs und der Beleuchtung), stellte sich heraus, dass die Anlage sehr unter der Zeit gelitten hat. Die Pumpe war in ihren Bestandteilen im Garten verteilt aufzufinden, die Beleuchtung zum größten Teil defekt. Der Schaltschrank war nun mehr ein Spinnennest, als eine elektrische Steuereinheit. Nach entfernen der ganzen Spinnweben und Spinnennester, stellte sich heraus das die vorhandenen 12 Volt-Batterien anscheinend einen Kurzschluss abbekommen hatten. Die Kabel zu den Pins waren stark verschmort. Die Zeitschaltuhr der Lichtsteuerung war noch funktionsfähig. Es gab einen Wechselrichter von 12 auf 230 Volt, dieser war Eigenbau. Außerdem gab es einen Höhen-und-Tiefen Laderegler für 12 Volt-Batterien. Alle nicht verschmorten Kabel waren in schlechten Zustand, die Pins sahen in Ordnung aus, des Weiteren gab es Schalter zum Ein- und Ausschalten, die sich in späteren Tests als funktionsfähig erweisen. Alle Schalter waren mit 0,75 Ampere Sicherungen versehen.

Nach dieser ersten Einschätzung musste ich mir ein Bild von den Modulen auf dem Dach machen. Mit einem Hausmeister inspizierte ich unter guter Absicherung, die Module auf dem Dach. Drei von vier waren mit Steinen eingeworfen. Das vierte könnte eventuell noch funktionieren. Der Rahmen auf dem die Module sitzen ist sehr stabil und am Dach befestigt. Es gibt außerdem ein Erdungskabel zum Blitzableiter. Ein kleiner Schaltschrank ermöglicht das Zusammenschließen der einzelnen Module.

Herr Bersch sprach mich an und teilte mir mit, dass ein alter Schüler nun bei Reisrobotiks arbeite und uns zwei Module schenken könne. Diese nahmen wir natürlich gerne an. Es stellte sich dann heraus, dass es zwei 24 Volt Module mit 8 Ampere Spitzenleistung waren. Dies war natürlich erst einmal sehr positiv, denn auf dem Markt kostet ein Modul mit dieser Stärke ungefähr 300 Euro. Dann bemerkte ich aber, dass das alte System auf 12 Volt lief. Ich konnte also nichts mehr aus dem Schrank gebrauchen bis auf die Pinnleisten, den Schaltern und der Metallplatte auf der alles angebracht war. Jetzt musste ich mir überlegen welche Last an den Modulen anliegen sollte. Es wurde eine neue Teichpumpe und neue Beleuchtung gewünscht. Nach Inspektion des „Teiches“ war mir sofort klar, dass die Instandsetzung des Teiches in diesem Schuljahr nicht bewältigt werden konnte, also entschied ich mich für die Variante eines Springbrunnens.

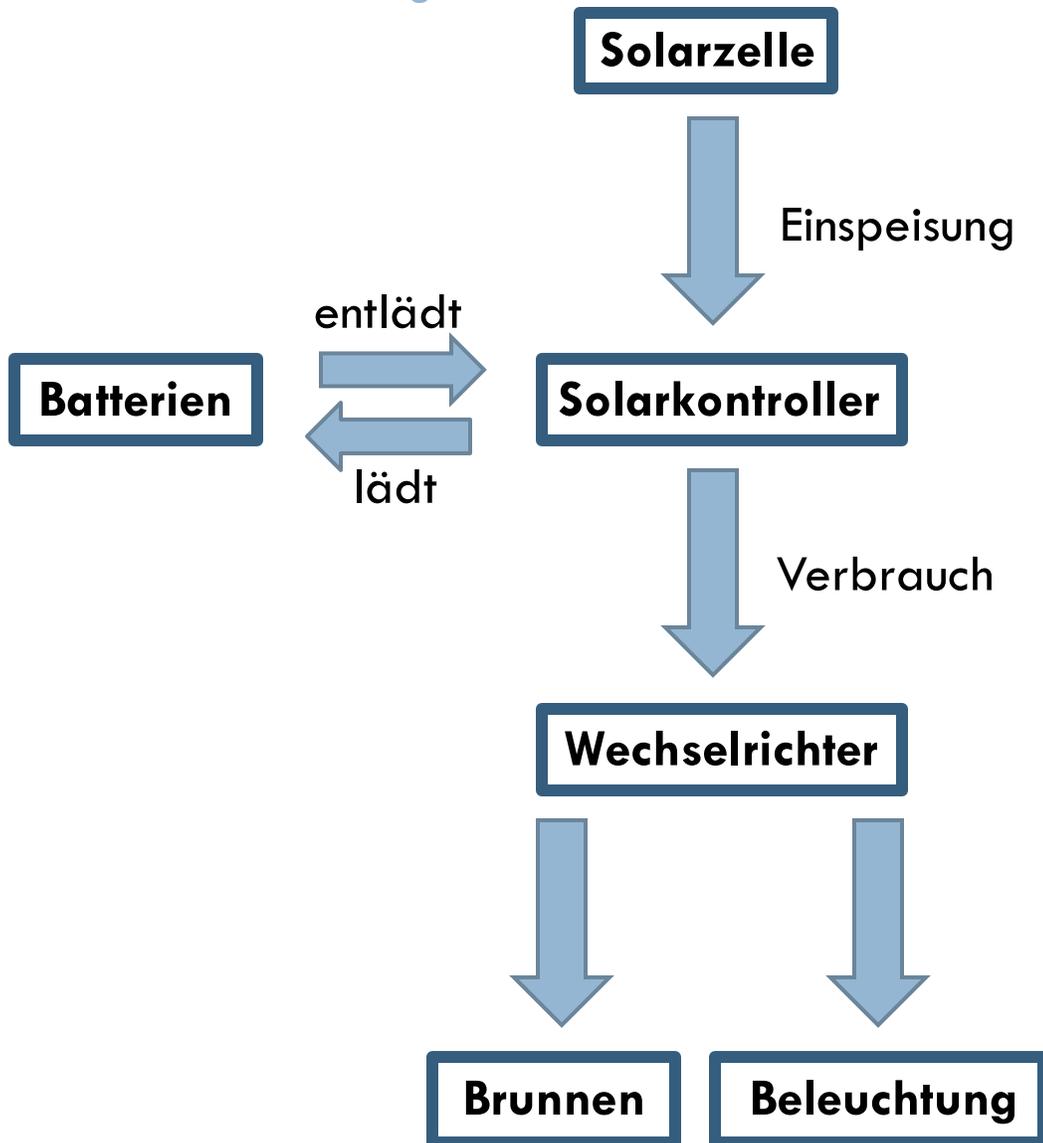
## Leistungs- und Komponentenplanung

Nach ersten Recherchen nach Brunnen und Beleuchtung wurde mir klar, dass zwei Module Verschwendung wären. Ein Modul bleibt als Testmodul im Labor das andere kommt auf das Dach. Nun musste ich die Leistung des Moduls so festlegen, dass auch im Winter bei schlechtester und kürzester Lichteinstrahlung die Beleuchtung läuft. Die Pumpe muss im Winter wegen Frost sowieso ausgestellt werden. Das Modul macht dann am Tag bei 24 Volt ungefähr 8 Stunden 3,5 Ampere das sind 672 Wattstunden Ertrag. Die Lampen leuchten 14 Stunden bei 12 Watt das macht einen Verbrauch von 168 Wattstunden. Die Versorgung ist also sichergestellt selbst wenn es drei oder vier Tage stark bewölkt sein sollte. Die Pumpe des ausgesuchten Brunnens verbraucht 17 Watt, also 24 Stunden mal 17 Watt plus 10 Stunden mal 12 Watt das macht im Herbst einen Verbrauch von 528 Wattstunden. Im Herbst sollte die Anlage ungefähr in 10 Stunden bei 4 Ampere und 24 Volt eine Leistung von 960 Wattstunden. Diese Kalkulation sollte sicherstellen, dass die Anlage immer mit Strom versorgt ist.

Wegen der 24 Volt Modul Spannung benötigte ich zwei 12 Volt-Batterien die in Reihe dann 24 Volt ergeben. Die Batterien haben eine Kapazität von je 6,5 Amperestunden also völlig ausreichend. Zu den Batterien benötigte ich auch noch einen Laderegler. Ich entschied mich für einen Solarkontroller, der die Einspeisung vom Modul, die Höhen- und Tiefen Ladung der Batterie und die Abgabe an den Verbraucher steuert. Hier musste ich nur auf die Eingangsstromstärke des Moduls und den Voltbereich achten. Ich entschied mich für den Preisgünstigen mit 10 Ampere Eingangsstrom und 24 – 29 Volt Spannung. Als nächstes brauchte ich noch einen neuen Wechselrichter. Dieser musste keine hohe Leistung erbringen, maximal die 29 Watt aus Beleuchtung und Pumpe. Deswegen kauften wir einen Wechselrichter mit 300 Watt Leistung und bis zu 600 Watt Spitzenleistung. Dieser Wechselrichter gibt ein sinusähnliches Signal aus und transformiert aus 24 Volt Gleichspannung 230 Wechselspannung.

Das Budget musste auch eingehalten werden, ich nahm die Grenze von insgesamt 400 Euro an. Die Solarmodule bekamen wir zum Glück umsonst, denn sonst wäre das Budget schon am Anfang überschritten. Die Batterien kosteten je 60 Euro, der Solarkontroller für 60 Euro und der Wechselrichter für 35 Euro. Hinzu kommt der romantische Springbrunnen für knapp 100 Euro und die Beleuchtung für 60 Euro. Das macht dann 375 Euro. Das zum Ziel gesetzte Budget wurde also gut eingehalten.

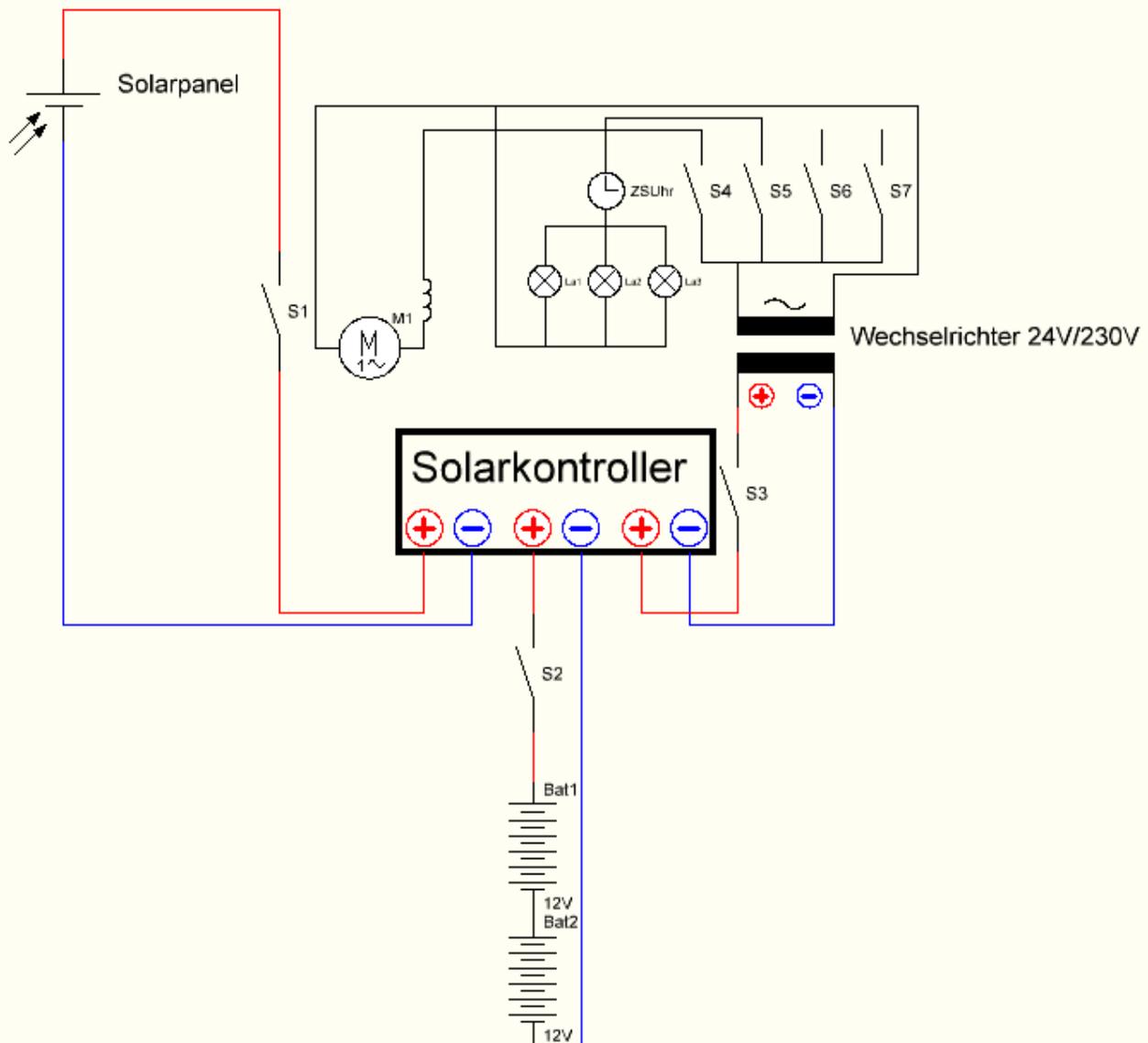
## Einfacher Schaltungsentwurf



Das ist eine einfache Darstellung von dem ungefähren Aufbau der Schaltung. Der Solarcontroller kann als Gehirn des Ganzen angesehen werden. Denn er steuert die Einspeisung der Solarzelle, die Be- und Entladung der Batterien und den Verbrauch des Wechselrichters, bzw. des Brunnens und der Beleuchtung.

## INSTALLATION UND INBETRIEBNAHME DER PV-ANLAGE

### Komplexer Schaltungsentwurf



#### 5KOMPLEXERSCHALTUNGSENTWURF

Dieser Schaltungsaufbau entspricht nun dem Originalaufbau im Schaltschrank. Man muss dazu noch sagen, dass das Solarpaneel auf dem Schuldach angebracht ist, die Leitungen zum Solarkontroller gehen alle über eine Pinleiste, sowie die Leitungen zu den Schaltern S4 bis S7. Die Batterien stehen unten auf dem Boden des Schaltschranks, der Motor ist die

Pumpe des Springbrunnens der wie die Beleuchtung im Schulgarten steht. Der Solarkontroller, der Wechselrichter, die Schalter und die Zeitschaltuhr sind im Schaltschrank auf einer Metallplatte angebracht. Die Erdung geht von den einzelnen Verbrauchern über die Pinleiste auf das Dach zum Blitzableiter.

Der Solarkontroller ist wie in der vereinfachten Schaltung das Herzstück der Elektronik. Er steuert den Stromfluss des Solarpanels und verteilt diesen intelligent auf die Batterien oder direkt auf den Wechselrichter. Die Batterien werden bis 27,6 Volt geladen und nicht mehr als 21 Volt entladen. Der Wechselrichter transformiert die 24 Volt Gleichspannung in 230 Volt sinusähnlicher Wechselfspannung um. Dieser versorgt dann den Brunnen, der immer läuft und die Beleuchtung, die mit einer Zeitschaltuhr im Sommer ab 18.00 Uhr und im Winter ab 16.00 Uhr läuft. Außerdem gibt es noch die Möglichkeit zwei weitere Verbraucher anzuschließen, dafür Schalter S6 und S7. Jedes Bauteil ist mit einem Schalter ausgestattet, was eine Abschaltung ohne Abklemmen ermöglichen soll. Wichtig ist, dass die Pumpe vor dem ersten Frost abgeschaltet werden muss und komplett getrocknet wird. Sonst kann sie kaputt frieren. Um die Pumpe herauszunehmen schraubt man den Brunnenkopf ab, dann kann man den Pumpenschlauch abziehen und die Pumpe entfernen.

## Installationsbericht

Nach dem Entfernen der alten Technik im Schaltschrank ging es an die Neuinstallation. Ich konnte nur noch die alte Metallplatte mit der Pinnleiste und den Schaltern verwenden. Diese Platte musste ich mit nach Hause nehmen, denn in der Schule gab es nicht das passende Werkzeug. Zuhause bohrte ich dann mit dem Standbohrer neue Löcher für die Befestigung des Solarkontrollers und des Wechselrichters außerdem musste ich die Pinnleiste umstecken. In die Bohrlöcher schnitt ich dann noch mit dem Windungsschneider eine Windung pro Loch, um zu gewährleisten die Bauteile eventuell wieder von vorne heraus bauen zu können, ohne die gesamte Metallplatte aus dem Schrank zu entfernen. Wieder in der Schule angekommen, wurde der Solarkontroller mit einfachen Schrauben in die dafür vorgesehenen Löcher geschraubt. Dieser hatte an den Ecken des Kühlkörpers extra Löcher für die Schrauben. Der Wechselrichter hingegen nicht und es musste improvisiert werden. Ich dachte an eine Art Spanngurt die den Wechselrichter an die Metallplatte drückt. So etwas gab es in der Materialausgabe leider nicht und ich wählte zwei lange Schrauben und ein Lochblechstreifen der als Fixierband über den Wechselrichter geschraubt wurde.

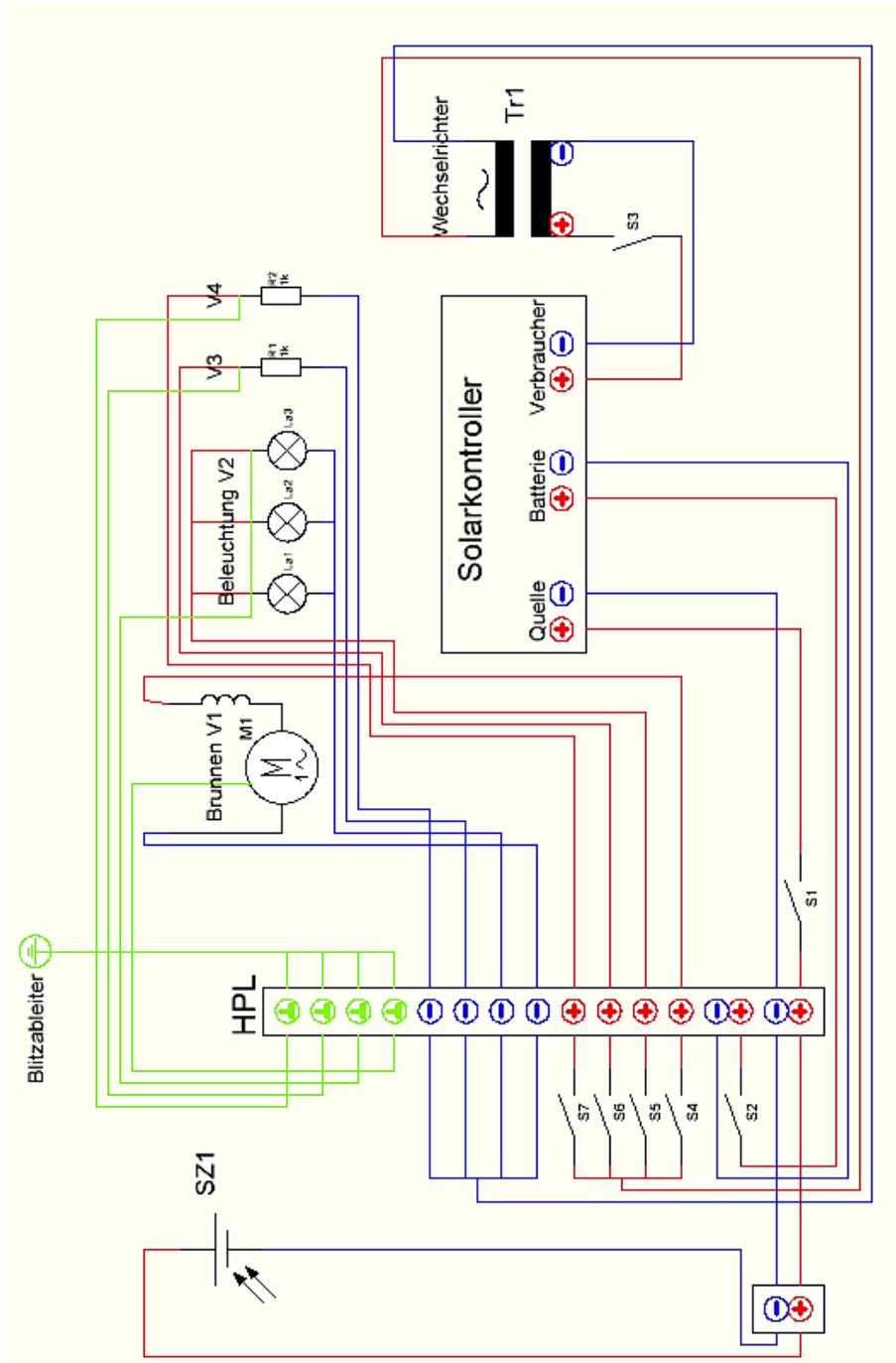
Dann ging es zur Elektroinstallation. Die Leitungen vom Dach gehen im Schaltschrank erst einmal zu einer zweier Pinnleiste. Am Pin 1 liegt der Plus- am Pin 2 der Minuspol des Moduls. Von dieser Pinnleiste geht es in die Hauptpinnleiste mit 16 Pins. Die Kabel haben die gleichen Farben wie in der folgenden Tabelle, in der werden die Pins zugeordnet, dabei

ist rot die Farbe für Plus und blau für Minus, bzw. bei Wechselstrom dann Phase 1 rot, Phase 2 blau und die Erdung grün (Im Schaltungsaufbau gelb, hier grün wegen Kontrast):

Pinnummer	Funktion
1	Pluspol des Solarmoduls
2	Minuspol des Solarmoduls
3	Pluspol der Batterie
4	Minuspol der Batterie
5	Phase 1 des Verbrauchers 1
6	Phase 1 des Verbrauchers 2
7	Phase 1 des Verbrauchers 3
8	Phase 1 des Verbrauchers 4
9	Phase 2 des Verbrauchers 1
10	Phase 2 des Verbrauchers 2
11	Phase 2 des Verbrauchers 3
12	Phase 2 des Verbrauchers 4
13	Erdung des Verbrauchers 1
14	Erdung des Verbrauchers 2
15	Erdung des Verbrauchers 3
16	Erdung des Verbrauchers 4

Die Kabel der Pins 1 und 2 gehen dann über einen Schalter zum Plus- und Minuseingang des Solarkontrollers für den Quelleneingang. Die Eingänge der Batterie am Solarkontroller werden über einen Schalter zu Hauptpinleiste gelegt und dann die Batterien in Reihe angeschlossen. Der Wechselrichter wird an den zwei Polen des Verbrauchers am Solarkontroller angeschlossen. Diese Leitungen gehen auch über einen Schalter zu den Pins und dann zum Wechselrichter. Dieser hat einen Stecker Marke Eigenbau, denn dieser Stecker

führt zur Hauptpinnleiste und versorgt die Pins 5-12. Die Pins 5-8 und 9-12 sind also parallel geschaltet worden. Von den Phase-1 Polen geht es dann weiter zu jeweils einem Schalter pro Verbraucher. Zum Schluss geht die Leitung zum Verbraucher und über den Phase 2 Pol zurück zum Wechselrichter. Vor der Beleuchtung wird eine Steckdosenzeitschaltuhr installiert. Von jedem Verbraucher verläuft ein Erdungskabel über die Pins 13-16 über das Erdungskabel zum Schaltkästchen der Module zum Blitzableiter auf dem Dach.



6INSTALLATIONSSCHALTUNG

## Schnuppertag

Am Schnuppertag wurde das Projekt dann das erste Mal getestet und vorgestellt. Zwei 200 Watt Strahler beleuchteten das Solarpanel, dies sollte die Sonneneinstrahlung auf dem Dach symbolisieren. Allerdings musste ich mit einem Trick arbeiten, denn die Strahler haben gerade mal einen Wirkungsgrad von 1,8 % mit 0,3 A erzielt. Also schloss ich versteckt hinter dem Panel eine Spannungsquelle zum Solarkontroller an. Der Solarkontroller speiste dann die Energie in die Batterien ein, außerdem wurde der Springbrunnen erfolgreich getestet und sogar eine Musikanlage mit 40 Watt angeschlossen. Es gab viele Interessenten, darunter auch ein Lehrer unserer Schule aus der Berufsschule. Mit diesem Lehrer habe ich mich lange unterhalten, denn er hat sich sehr für Photovoltaik interessiert. Er hatte eine interessante Frage; er hat sich vorgestellt selbst ein Projekt mit seinen Berufsschülern zu machen. In diesem Projekt hat er sich ein Laptop vorgestellt das komplett mit Photovoltaik funktioniert. Anreiz war die vorhandene Betriebsspannung des Laptops von 24 Volt. Allerdings sah ich es als fraglich ein so kleines Solarmodul zu bekommen, denn ein Laptop verbraucht um die 200 bis 300 Watt.

## ANLAGENVERZEICHNISS

Auf den nächsten Seiten finden Sie die Datenblätter der Bauteile.

---

## QUELLENVERZEICHNISS

### Textquellen:

**1Dotierung:** Die Dotierung gibt an, wie stark der Stoff mit Fremdkörpern durchzogen ist, denn diese stören den Elektronenfluss. Die obere dünne negative dotierte Schicht ist stark dotiert, wo hingegen die untere dicke positive Schicht nur schwach dotiert ist.

### 2Funktionsweise einer Solarzelle:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Solarzelle> (Version: 20.12.2012 11:46)

### 3Smart grids:

<https://www.web2energy.com/de/> (30.12.2012 16:31)

### Bildquellen:

#### 1 Funktionsprinzip einer Solarzelle:

<http://www.gentnersolar.de/de/solarstrom/private-solaranlagen/funktion/index.html>  
(28.12.2012/ 14:03)

#### 2Raumladungszone:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Raumladungszone> (Version: 2.10.2012 11:13)

#### 3Energieeinspeisung durch Solaranlagen:

[http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Photovoltaik\\_Deutschland\\_\(2010\).jpg&filetimestamp=20100930193553](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Photovoltaik_Deutschland_(2010).jpg&filetimestamp=20100930193553) (Version: 20.9.2010 20:35)

#### 4Smart Grid:

<http://www.horizonenergy.blogspot.de/> (30.12.2012 15:43)

#### 5Komplexerschaltungsentwurf:

Selbstgemachter Entwurf mit Splan am 2.01.2013

#### 6Installationsschaltung:

Selbstgemachter Entwurf mit Splan am 4.01.2013