

# Experimentierstation Photovoltaik

---

**Karlsruher Institut für Technologie- KIT**  
**Fakultät für Geistes- und Sozialwissenschaften**  
**Institut für Berufspädagogik und Allgemeine Pädagogik**  
**Abteilung Berufspädagogik**

**Seminar: Technikdidaktik (WS 14/15)**

**Dozent: Prof. Dr. Gerd Gidion**

**Datum: 31.03.2015**

**Ausarbeitung von:**

**Verena Hinger, Inga Pietruschka, Philipp Syskowski**

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abbildungsverzeichnis.....	II
Tabellenverzeichnis .....	II
1 Zieldefinition und Rahmenbedingungen.....	1
1.1 Motivation .....	1
1.2 Zieldefinition.....	1
2 Rahmenbedingungen .....	2
2.1 Experimentierkoffer .....	2
2.2 Gruppengröße und Räumlichkeiten .....	2
2.3 Vorwissen der Schüler unter Berücksichtigung der Lehrpläne .....	3
2.4 Vorwissen der Tutoren .....	6
3 Theoretische Grundlagen des Schülerversuchs .....	7
3.1 Didaktische Funktionen des Experiments .....	7
3.2 Erkennung von Zusammenhängen .....	8
3.3 Lernprozesse beim Experimentieren.....	9
3.4 Didaktischer und methodischer Einsatz von Medien und Materialien .....	10
3.5 Reflexion und Kontrollelemente .....	12
4 Untersuchung.....	13
4.1 Kurze Einführung des Tutors und Experiment 1.....	15
4.2 Diskussionsrunde und Zusammenfassung von Experiment 1 .....	16
4.3 Theorieinput .....	16
4.4 Verteilung der Rahmenaufgabe .....	17
4.5 Experiment 2 : Winkeleinstellung.....	17
4.6 Ergebnissicherung nach Experiment 2 .....	18
4.7 Experiment 3: Beleuchtungsstärke.....	18
4.8 Abschlusspräsentation der Ergebnisse der Rahmenaufgabe .....	19
4.9 Abschlussdiskussion: Pro und Kontra von Solarzellen .....	19
5 Die Rolle des Tutors.....	20
6 Zusammenfassung und Ausblick .....	23
7 Literaturverzeichnis.....	24

8	Anhang.....	26
8.1	Bildungsplan: Kompetenzen und Inhalte für naturwissenschaftliches Arbeiten .....	26
8.2	Daten zu den Standorten bezüglich der Rahmenaufgabe.....	28
8.3	Aufgabenblätter für die Experimente mit Versuchsaufbau und Fragestellung .....	33
8.4	Liste mit Pro- und Kontraargumenten.....	38
8.5	Indikatoren für das Schülerverhalten .....	38

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Sonnenscheinverteilung Barcelona .....	29
Abbildung 2: Sonnenscheinverteilung München .....	30
Abbildung 3: Sonnenstundenverteilung Stockholm .....	30
Abbildung 4: Sonnenstundenverteilung Bukarest .....	31
Abbildung 5: Versuchsaufbau Experiment 2 .....	33
Abbildung 6: Versuchsaufbau Experiment 3 .....	35

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Konstruktive Aspekte von Medien .....	11
Tabelle 2: Ablaufplan des Schülerexperiments.....	14

# 1 Zieldefinition und Rahmenbedingungen

## 1.1 Motivation

Schüler<sup>1</sup> der 10. Klasse einer Realschule hatten in der Regel schon einige Berührungspunkte mit dem Experimentieren im Unterricht. Im Fächerverbund Naturwissenschaftliches Arbeiten (NWA) ist vorgesehen, dass das Experimentieren den Schülern vorgestellt wird. Im Rahmen dieses Unterrichts erhalten die Schüler zusätzlich einen Einblick in die Elektrizitätslehre.

Da diese Einführungen im Schulunterricht eher allgemein gehalten sind, wird im Zusammenhang des Schülerlabors die Teildisziplin des wissenschaftlichen Arbeitens den Schülern näher gebracht. Hierbei wird zudem das Ziel verfolgt, die Schüler für Themen der Zukunft wie eine lückenfreie Energieversorgung der Haushalte zu sensibilisieren.

Mit Hilfe der anwendungsbezogenen Experimente wird versucht Berührungsängste zu minimieren und die Begeisterung für diese Themen der Zukunft zu wecken.

Weitere Beweggründe zur Gründung des Schülerlabors liegen aus der Sicht des Instituts ITEP<sup>2</sup> darin, Schülern einen Einblick in das wissenschaftliche Arbeiten am Institut zu bieten. Außerdem soll ein außerschulischer Lernort für die Schulen etabliert werden.

## 1.2 Zieldefinition

Im Rahmen der Veranstaltung im Wintersemester 2014/2015 wird ein Konzept entwickelt, dass das Ziel verfolgt, das Experimentieren den Schülern näher zu bringen. Für die Erstellung des Konzeptes wird die Experimentierstation „Photovoltaik“ der Firma Heliocentris Energy Systems untersucht, sodass anschließend mit Hilfe dieses Konzeptes eine Stunde im Schülerlabor durchgeführt werden kann. Dabei wird versucht, die Schüler beim Erkennen und in der Analyse von Kausalitäten in Experimenten zu sensibilisiert und zu unterstützt.

Außerdem werden im Rahmen des Konzeptes unterschiedliche Vorgehen beim Experimentieren vorgestellt und auf die „Photovoltaikstation“ angewendet. Daraus wird ein Vorgehen für diese Station ausgewählt. Mit Hilfe dieser Ausarbeitung ist es möglich, dass sich Betreuer bzw. Tutoren einen Überblick über den Ablauf einer Stunde im Schülerlabor verschaffen können. Zudem können angepasste Arbeitsblätter erstellt werden.

Aus Sicht des Instituts wird mit dem Schülerlabor zusätzlich das Ziel verfolgt, das Interesse in den NWT-Fächern<sup>3</sup> zu steigern und letztlich auch für Nachwuchssicherung der Arbeit im Institut zu sorgen.

---

<sup>1</sup> Im Folgenden sind beide Geschlechter Schülerinnen und Schüler miteinbezogen.

<sup>2</sup> ITEP: Institut für Technische Physik

## 2 Rahmenbedingungen

Das Konzept für die Experimentierstation „Photovoltaik“ berücksichtigt verschiedene Rahmenbedingungen, die in diesem Abschnitt erläutert und für die Ausarbeitung in Kapitel 4 als gegeben betrachtet werden.

### 2.1 Experimentierkoffer

Die Experimente werden zu großen Teilen aus dem Experimentierkoffer der Firma Heliocentris zusammengestellt (vgl. Clean Energy Trainer, 2011, S. 9). Für die Experimente der Photovoltaik enthält dieser folgende Materialien:

- 1 Solarmodul
- USB-Data-Monitor
- USB-Kabel
- PC oder Laptop mit installierter Software
- Magnetunterlage
- 1 Lampe (min. 75 W)
- 2 Kabel, 1 schwarzes, 1 rotes
- 1 Maßband
- Gegenstände zum Abdunkeln (Folie, dünnes Papier etc.)
- Verbraucher mit zwei Glühlampen

Als Erweiterung zu den gegebenen Materialien wird außerdem ein weiterer möglicher Verbraucher verwendet. Dazu dient ein kleines Haus aus Kunststoff, in das mehrere LEDs eingebaut sind. Zudem werden Segmente bereitgestellt, mit denen es möglich ist, die Photovoltaikzelle teilweise bis ganz abzudecken.

### 2.2 Gruppengröße und Räumlichkeiten

Die Gruppengröße der teilnehmenden Gruppen wird anhand der gegebenen Informationen wie folgt gewählt. Die Zielgruppe für das Schülerlabor sind Schüler der Klasse 10-13 sowie Berufsschüler ab 16 Jahren. Aufgrund der Zugangsbestimmungen des Geländes des Campus Nord muss die Altersgrenze von 16 Jahren gewählt werden. Die maximale Gruppengröße liegt bei 32 Schülern. Die Gruppe wird während des Experiments in Teilgruppen von acht Schülern pro Energiestation (Photovoltaik, Windenergie, etc.) aufgeteilt, denen eine Betreuungsperson zu geordnet ist. Die Bearbeitungsstationen zum Thema Photovoltaik werden in Gruppen von zwei Schülern durchgeführt. Damit sind maximal vier Stationen gleichzeitig in Betrieb und unter Aufsicht von einem Tutor. Jeder Gruppe stehen ein Experimentierplatz und ein Laptop zur Verfügung. Insgesamt ist geplant, zukünftig sechs verschiedene Stationen zu Energiethemen anzubieten. Im Folgenden wird in dieser

---

<sup>3</sup> NWT: Natur Wissenschaft Technik

Ausarbeitung nur die Station für die Experimente der Photovoltaik betrachtet. Die didaktischen Konzepte der weiteren Stationen werden von anderen Teilnehmern des Seminars im Rahmen dieses Semesters oder folgenden Semester bearbeitet. Zum aktuellen Zeitpunkt wird das Schülerlabor voraussichtlich im Jahr 2016 das erste Mal angeboten. Aktuell befindet sich die Infrastruktur für das Labor noch im Aufbau. Die Planungsvorgabe sieht aktuell vor, dass für jedes Thema der erneuerbaren Energien eine Stunde zur Verfügung steht. Die Veranstaltungen können entweder für ein- oder zweitägige Veranstaltungen gebucht werden. In einer Ausbaustufe könnten die einzelnen Themen auch erweitert werden und auf einen Zeitraum von mehreren Tagen für mehrere Themenblöcke ergänzt werden (vgl. ITEP, 2014).

### 2.3 Vorwissen der Schüler unter Berücksichtigung der Lehrpläne

Für die Ausarbeitung des Schülerlabors für die Station der Photovoltaik wird vom Vorwissen der Schüler aus dem Bildungsplan ausgegangen. Die Zielgruppe der Schüler sind Real- und Berufsschüler ab Klasse 10 wie in Kapitel 2.2 erwähnt. Aufgrund dessen, dass das Schülerlabor in Karlsruhe angeboten wird, wird daraus abgeleitet, dass der Großteil der teilnehmenden Schüler aus dem Bundesland Baden-Württemberg kommen wird. Deshalb werden im Folgenden ausschließlich die Bildungspläne des Landes Baden-Württemberg berücksichtigt.

Für den Aufbau des Experiments sind Grundlagen in der Elektrotechnik, über Stromerzeugung und das Experimentieren Voraussetzung.

#### **Grundlagen der Elektrotechnik**

Der Bildungsplan der Werkrealschule sieht in der 7., 8. und 9. Klasse im Fächerverbund „Materie, Natur, Technik“ vor, dass die Grundlagen der Elektrotechnik behandelt werden:

Die Schülerinnen und Schüler kennen Grundlagen der Elektrizitätslehre und Elektronik; untersuchen verschiedene elektrische Verbraucher sowie elektronische Bauteile und kennen deren Wirkungsweise; kennen verschiedene Möglichkeiten der Stromerzeugung und -versorgung.

Die Schülerinnen und Schüler können einfache elektrische Schaltungen bauen und deren Funktionsweise erklären;

- Messwerte erfassen und sie auswerten

#### Inhalte

- elektrischer Stromkreis
- Modellvorstellungen
- Spannung, Stromstärke, Widerstand
- Reihen- und Parallelschaltungen
- Wirkungen des elektrischen Stroms
- Verwendung von Halbleitern

- Platinenaufbau
- systematische Fehlersuche
- Sicherheit im Umgang mit elektrischer Energie

(Bildungsplan Werkrealschule, 2012, S. 127)

Auch der Bildungsplan der Realschule beinhaltet in der Klassenstufe 5-10 die Grundlagen der Elektrotechnik:

Elektrizität mit den Größen Energie, Stromstärke und Spannung beschreiben und den elektrischen Widerstand als Eigenschaft eines Wandlers erkennen; elektrische Leitungsvorgänge in Metallen, Flüssigkeiten, Gasen, dem Vakuum und Halbleitern beschreiben;

(Bildungsplan Realschule, 2004, S. 100)

### **Grundlagen über die Stromerzeugung**

Im Fächerverbund „Materie, Natur, Technik“ der Werkrealschule werden die Themen „fossile und regenerative Energieträger“ sowie „Sonnenlicht und Solarzellen“ (Bildungsplan Werkrealschule, 2012, S. 126) behandelt.

Der Bildungsplan für Realschulen im Fach „Naturwissenschaftliches Arbeiten“ der Klassen 5-10 enthält ebenso die Kompetenzen im Umgang mit dem Energiebegriff:

Den Energiebegriff verstehen und anwenden Schülerinnen und Schüler können selbstständig die Grundzüge eines mechanischen, elektrischen, durch Wärme oder chemischen Energieträger geprägten Energieversorgungssystems darstellen. [...] Energiespeichermöglichkeiten im Alltag kennen und verstehen; mit Sonnenenergie umgehen. (Bildungsplan Realschule, 2004, S. 100)

Im Bildungsplan der Realschule im Fach „Technik“ unter „Versorgung und Entsorgung“ werden die Kompetenzen um den Energiebegriff für Klasse 8-10 weiter gegliedert:<sup>4</sup>

Die Schülerinnen und Schüler können mit Energieversorgungssystemen im Bereich regenerativer oder fossiler Energien modellhaft umgehen (10). Kenntnis- und Strukturperspektive. Die Schülerinnen und Schüler können den Unterschied zwischen fossilen, nuklearen und regenerativen Primärenergieträgern und den Begriff Nutzenergie erklären (10); wichtige Komponenten energietechnischer Anlagen nennen und deren Funktion im Gesamtsystem erklären (10); technische Möglichkeiten zur

---

<sup>4</sup> Eingeklammerte Zahlen bedeuten, dass nach Klassenstufe entsprechend der Zahl auf diese Kompetenzen aufgebaut werden kann.

Energieeinsparung im privaten oder schulischen/öffentlichen Bereich nennen (10). (Bildungsplan Realschule, 2004, S. 147)

## Grundlagen des Experimentierens

Neben den Grundlagen der Elektrotechnik und denen zur Stromerzeugung werden in der Ausarbeitung außerdem die Grundlagen verwendet, die die teilnehmenden Schüler zum Durchführen von Experimenten bereits in der Schule gelernt haben.

Der Bildungsplan sieht vor, dass die Schüler der Klasse 8 und 9 der Werkrealschule im Fach „Natur und Technik“ folgende Kompetenzen erlangt haben: „Messdaten erheben, vergleichen und Schlüsse ziehen“ (Bildungsplan Werkrealschule, 2012, S. 103)

Im Fächerverbund „Materie, Natur und Technik“ in der Werkrealschule sind die Grundlagen des Experimentierens Inhalt des Bildungsplans. Angesetzt sind diese Themenblöcke in der Klasse 10. Je nachdem wie der Unterricht der teilnehmenden Schüler bis zu dem Experiment konzipiert war, kann auf dieses Wissen zurückgegriffen und gefestigt werden.

Im Unterpunkt „Fachwissen“ können folgende Inhalte entnommen werden:

Die Schülerinnen und Schüler können

- Erkenntnisse zu naturwissenschaftlichen Phänomenen, Begriffen, Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten erläutern;
- einfache Fragestellungen mittels naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen lösen, auch unter Einbeziehung mathematischer Lösungsansätze;
- Analogien zwischen naturwissenschaftlichen und technischen Inhalten erkennen sowie Vorgehensweisen erwerben, um neue Sachverhalte zu erschließen.

(Bildungsplan Werkrealschule, 2012, S. 128)

Ein weiterer Unterpunkt „Erkenntnisgewinnung“ beinhaltet folgendes:

Die Schülerinnen und Schüler können

- Kriterien bezogenes Vergleichen und naturwissenschaftliche Modellbildung als methodische Verfahren nutzen;
- Qualitative und einfache quantitative experimentelle Untersuchungen durchführen und protokollieren;
- exemplarisch Verknüpfungen zwischen Erkenntnissen der Naturwissenschaften und technischen und gesellschaftlichen Entwicklungen aufzeigen.

(Bildungsplan Werkrealschule, 2012, S. 128)

Als letztes wird das Kriterium „Bewertung“ erwähnt, da auch diese Fähigkeiten Einfluss auf die Durchführung des Schülerlabors haben.



Die Schülerinnen und Schüler können

- Aufgestellte Hypothesen mit den Ergebnissen einer Untersuchung vergleichen und bewerten;
- Wissenschaftliche Erkenntnisse und Methoden im ethischen Kontext reflektieren und bewerten

(Bildungsplan Werkrealschule, 2012, S. 128)

Der Bildungsplan der Realschule beinhaltet vergleichbare Inhalte im Fach „Naturwissenschaftliches Arbeiten“. Weitere Details zu den Angaben im Bildungsplan sind im Anhang 8.1 zu finden.

## 2.4 Vorwissen der Tutoren

Die betreuenden Personen beim Experimentieren werden Tutoren genannt. Diese Personen sind Mitarbeiter vom durchführenden Institut. Daher kann davon ausgegangen werden, dass diese Personen keine grundständige Ausbildung im Bereich der Pädagogik erworben haben. Im Rahmen dieser Arbeit wird deshalb versucht einige Beispielsituationen aufzuzeigen und einen Einblick in die Tätigkeit als Tutor zu geben.

### 3 Theoretische Grundlagen des Schülerversuchs

Unter dem Begriff Experiment oder physikalischer Versuch wird ein objektives und wiederholbares Verfahren zur Erkenntnisgewinnung verstanden. Merkmale dieser Erkenntnismethode sind Planmäßigkeit, Wiederholbarkeit und die Variation von abhängigen und unabhängigen Variablen (Kapitel 3.2). Das Schülerexperiment ist ein probates Mittel zur Erweiterung bereits gelerntem Wissen und ist in den Prozess des entdeckenden und genetischen Lernens eingebunden. Das heißt, durch selbständig erworbene Fähigkeiten und Fertigkeiten des wissenschaftlichen Experimentierens können die Schüler geeignete Lösungsstrategien zur Durchführung und Auswertung von Versuchen entwickeln. Offene Aufgabenstellungen bzw. Experimentieranleitungen unterstützen diesen Vorgang. Kritisch zu betrachten sei bei dem genannten induktiven Ansatz des Experimentierens, dass diese Verfahrensweise nach den strengen Maßstäben der Naturwissenschaften auf diese Weise nicht haltbar ist. Jedoch ist ein rein deduktiver Ansatz für Schüler nur schwer zu verstehen.

#### 3.1 Didaktische Funktionen des Experiments

Die didaktischen Funktionen eines Experiments lassen sich nach Reinhold (1996, S.15) in vier Ebenen einteilen. Experimente erfüllen eine fachliche Funktion, die den Schülern Begrifflichkeiten, die Ableitung von Gesetzen sowie die Entwicklung von Theorien und grundlegenden Wirkprinzipien vermittelt. In dem Schülerversuch stehen physikalische Apparaturen und Messgeräte zur Verfügung, die zur systematischen Untersuchung von Phänomenen und deren Überprüfung durch exakte Messung von physikalischen Größen beitragen. Das Schülerlabor erfüllt eine psychologische Funktion, die zur Motivation und Interessensgenerierung an der Physik und erneuerbaren Energien beiträgt. Die Lernleistung wird durch eigens generierte Denk- und Lösungsstrategien sowie dem eigenen Vorstellungsvermögen und Anschauungsperspektiven der Physik erhöht. Ebenfalls werden Qualifikationen und Kompetenzen entwickelt, die die pädagogische Funktion der ‚geistigen Formung‘ der Schüler erfüllt. Die Beobachtungsgabe und die damit verbundene Geduld und Ausdauer, eine kritische Betrachtung der Messergebnisse, sowie ein kausales und funktionales Denken und die Teamarbeit sind Ziele dieser Funktion. Eine wichtige Bedeutung für das Schülerlabor ist die wissenschafts- und erkenntnistheoretische Funktion des Experiments. Der Fokus des Schülerlabors liegt auf dem quantitativen Experimentieren, was den Bezug zu wissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen herstellt und auf die Prüfung von theoretischen Hypothesen ausgelegt ist. (vgl. Mikelski et.al. 2007, S. 149ff)

### 3.2 Erkennung von Zusammenhängen

Jedes Experiment ist eng mit seinem theoretischen Hintergrund verknüpft und zielt auf die Analyse von bereits allgemein beschriebenen kausalen Zusammenhängen ab. Theorie und Empirie werden beim Experimentieren miteinander verknüpft. Empirische Befunde werden von allgemeinen Gültigkeitsansprüchen abgeleitet und Theorien dienen zur nachträglichen Erklärungen und zur Vorhersage konkreter Phänomene. Diese Phänomene, aus Beobachtungen oder Messungen wiederum, werden zur Stützung oder Widerlegung der Gültigkeit der Theorien herangezogen. Die Prüfung kausaler Zusammenhänge findet mittels der experimentellen Methode statt. Für die Bestimmung von Zusammenhängen werden im empirischen Forschungsprozess zwei Untersuchungsphasen aufgeführt:

- Die explorative Identifikation untersuchungsrelevanter Informationen überprüft den Kausalzusammenhang zwischen Merkmalen anhand der Anhäufung und Relevanz der Merkmale für die Untersuchung.
- Die konfirmatorische Prüfung von kausalen Zusammenhängen findet bei einer Vermutung des Zusammenhangs von zwei Merkmalen statt. Diese bedarf anschließend einer empirischen Gültigkeitsprüfung.

Zusammenhänge zwischen Merkmalen nachzuweisen, ist ein wesentliches Charakteristika eines Experiments. Bei der Variablenkontrollstrategie wird die potenzielle Ursache für ein Phänomen durch den Experimentator aktiv manipuliert und im Anschluss potenzielle Effekte erfasst. Alle anderen potenziellen Einflussfaktoren (Merkmale) werden dabei konstant gehalten. Wenn bei einer Wiederholung des Experiments ein Zusammenhang der überprüften Zusammenhänge nicht erneut nachgewiesen werden kann, so sollten weitere bekannte Variablen für die Ursache herangezogen und überprüft werden. Unterscheiden sich zwei Vergleichsvariablen nicht nur hinsichtlich der unabhängigen Variablen, sondern auch hinsichtlich weiterer Merkmale, wird dies eine Variablenkonfundierung genannt. Hier ist es nicht möglich den Einfluss verschiedener Variablen auf den Effekt (Phänomen) voneinander abzugrenzen. Deshalb ist die Kontrolle aller Bedingungen unter der ein Experiment stattfindet notwendig. In einem Laborexperiment ist die Variablenkonfundierung meist sehr gering, da weitaus mehr Bedingungen kontrollierbar sind als in einem Feldversuch. Das konfirmatorische Experiment besitzt unter den empirischen Untersuchungsdesigns die höchste interne Validität, da systematische Veränderungen der abhängigen Variablen (z.B. Lichteinfall) durchgeführt werden und dabei potenzielle einflussreiche Drittvariable (z.B. Veränderung der Stromstärke) konstant gehalten werden. Allerdings weisen die Ergebnisse eine mangelnde externe Validität auf, was bedeutet, dass die Untersuchungssituation auf weitere Situationen oder Orte nur schwer übertragbar ist. (vgl. Schulz et al., 2012, S. 16ff)

### 3.3 Lernprozesse beim Experimentieren

Lernen wird in der Psychologie als überdauernde Verhaltensänderung definiert, die einerseits als Reaktionen auf bestimmte Umweltsituationen auftreten oder andererseits über aktiv ausgelöste kognitive, emotionale und motivationale Vermittlungsprozesse ablaufen. Lernprozesse finden sowohl durch niedrige Lernarten (u.a. Gewöhnungsprozesse, Konditionierung) als auch durch höhere Lernarten (Problemlösung) statt. Die Problemlösung ist eine aktive Form des Lernen, bei der es darum geht, die Barriere zwischen Ausgangszustand und Zielzustand zu überwinden. Diese Barriere kann durch Versuchsreihen überwunden werden und den Schülern eine Einsicht in die Photovoltaik und das wissenschaftliche Arbeiten geben. Da die Experimentdurchführung von den Schülern selbst erfolgt, bildet das selbstregulierende Lernen die Grundlage des Lernerfolgs der Schüler. Das entdeckende Lernen in Zusammenhang mit Problemlösungsprozessen besitzt eine höhere Qualität als ein rezipierendes oder abbildendes Lernen und hat einen qualitativen Wissenszuwachs. (vgl. Wirth et al. 2008, S. 301)

#### 3.3.1 Selbstreguliertes Lernen

Der Lernerfolg der Schüler bei den Experimenten zur Photovoltaik hängt aus kognitivistischer und konstruktivistischer Perspektive von der Fähigkeit selbstregulierend zu lernen ab. Diese Fähigkeit wird den personalen Kompetenzen zugeordnet, weil zwar ein effektiver und effizienter Wissenserwerb erfolgt, dieser jedoch Individuen spezifisch orientiert ist. Wird Lernen als vollständige Handlung betrachtet (bewusst, intendiert, motiviert und reflektiert), wird im Lernprozess eine präaktionale, eine aktionale und eine postaktionale Phase unterschieden. In der präaktionalen Phase werden die Lern-Aufgabe und die verfügbaren Ressourcen antizipiert. Je nachdem welche Anforderungen an die Aufgaben, deren Schwierigkeitsgrad und Umfang, der Bedeutung des eigenen Anspruchs bzw. des Fremdanspruchs und Erfolgserwartungen gestellt werden, entwickelt jeder Schüler eine eigene Lernstrategie. In der aktionalen Phase kommen dann die gewählten metakognitiven und kognitiven Strategien zur Anwendung. Die handlungsbegleitenden Emotionen können entweder eine fördernde oder hemmende Ausprägung haben. Je kognitivaufgabenorientiert der Lernende ist, desto geringer sind die emotionalen Einflüsse und die Lernstrategie erfolgt nach Funktions- und Regulationskriterien. Anders sind Lernende, die eventuell schon zu Beginn Merk- und Verständnisdefizite oder Langeweile aufweisen. Diese entwickeln Verhaltensweisen, welche nur ein tatsächliches Lernen simulieren, um den geforderten Lernstand zu erreichen. In der postaktionalen Phase wird der Lern-Einsatz aufgrund von antizipierten Einschätzungen und Erwartungen bilanziert. Voraussetzung ist ein ernsthafter Versuch des Lernens und eine reflexiv- konstruktive Haltung. Oberflächenorientierte und tiefenorientierte Lerner ziehen hier ein sachliches Resümee, bewerten Prozesse und ziehen Rückschlüsse. In der Realität ist dieses idealtypische Auftreten von Lerntypen nur schwer klar zu trennen bzw. überhaupt zu erkennen. (vgl. Tenberg, 2011, S. 141)

### 3.3.2 Problemlösung und Motivation

Entscheidend im Problemlösungsprozess ist es, dass der Lernende in einem kreativen Prozess über das vermittelte bzw. bereits Bekannte oder Erfahrene hinaus zu neuem und erweiterten Wissen gelangt. Dabei wird in den Experimenten das entdeckte Lernen umgesetzt und der Problemlösungsprozess wie folgt gekennzeichnet. Zunächst wird eine Lernumgebung geschaffen, welche Interesse und Motivation zur aktiven Mitarbeit weckt. Vor allem die Handlungsmotivation kann durch den Wettbewerb der Gruppen mit der definierten Rahmenaufgabe (siehe Kapitel 4.4) geweckt werden. Die eingebauten Kontroll- und Übergangsphasen (siehe Kapitel 3.5 und 4.6) zwischen den Experimenten und der abschließenden Diskussionsrunde mit Ergebnispräsentation der Gruppen dienen zur Leistungsmotivation der Schüler. Auch eine gewisse Selbstbestimmung über den Experimentierverlauf, die benötigten Materialien und Medien erhöhen persönliche Ziele der Schüler und somit ihre Motivation zur aktiven Teilnahme. Der Tutor verlässt sich dabei auf das Interesse der Schüler, sich mit der Problemstellung ordnungsgemäß auseinanderzusetzen. Für einen erfolgreichen Problemlösungsprozess dürfen sich die Schülergruppen dabei untereinander austauschen und gemeinsame Lösungsstrategien aus den individuellen Ergebnissen entwickeln. Die Aufgabe des Tutors ist eine begleitende Rolle im Lösungsprozess mit angemessenen Rückmeldungen zu Durchführungsfehler oder Messungsprobleme (siehe Kapitel 5).

### 3.3.3 Der pädagogischer Konstruktivismus

Das Lernparadigma des pädagogischen Konstruktivismus besagt, dass Menschen Wissen zunächst selbst konstruieren müssen. Das individuelle Wissen der Schüler soll durch Erfahrungen im Vorexperiment (siehe Kapitel 4.1) und das damit verbundene Lernen von Bezugskonzepten und Relationen gefördert werden. Kognitive, affektive und emotionale Aspekte der Wissensvermittlung sind miteinander verknüpft. Zum Teil bewusst und unterbewusst findet eine Objektivierung des Wissens statt, was letztendlich eine Kommunikation des Erlernten an andere Individuen möglich macht und damit die Überprüfung der entwickelten Theorien. (vgl. Tenberg, 2011, S. 105 f.)

## 3.4 Didaktischer und methodischer Einsatz von Medien und Materialien

Dieser Konzeptionsschritt steht in engem Zusammenhang mit der Mediendidaktik, die in dieser Ausarbeitung jedoch nicht explizit erarbeitet wird. Grundsätzlich bilden Medien eine allgemeine Vermittlungshilfe und werden zwischen Lehr- und Lernmedien unterschieden. Lehrmedien sind jene, die in der direkten Lehrer-Schüler- Kommunikation zum Einsatz kommen. Lernmedien hingegen sind Medien oder Materialien, mit welchen sich die Schüler selbständig auseinandersetzen können. Die Gattung von Medien für das Experimentieren bzw. für den Unterricht hängt mit der jeweiligen Anwendungssituation zusammen und ist nicht individuell auf das Medium bezogen. Die Überlegungen für den Medien- und Materialeinsatz für das Schülerlabor sind in Tabelle 1 in drei konstruierende Aspekte, dem Objekt, dem Inhalt und der methodische Positionierung von Medien eingeteilt.

Objekt	Inhalt	Methodische Positionierung	
		Lehrmedien	Lernmedien
<b>Printmedien</b>			
<b>Versuchsaufbaublatt</b>	Illustration- und Informationsmedien	Indirekt zur Unterstützung des wissenschaftlichen Arbeitens	Lernprozess ist der korrekte Versuchsaufbau
<b>Arbeitsblatt</b>	Fragen zum Experiment		Selbstlernprozess der Schüler
<b>Tafel, Aufstellwand</b>	Weltkarte, Standortkarte	Überprüfung des Lerntransfers	Selbständige Einordnung der Standorte und deren Bewertung
<b>Computer</b>	Illustration, Dokumentation von Messwerten, Ergebnisauswertung	Überprüfung der Ergebnisse	Vergleich der Arbeitsergebnisse mit anderen Gruppen, Theorieüberprüfung
<b>Videosequenz, Animierte Folien, Power Point</b>	Texte, Bilder, Diagramme, Funktionsweise der Solarzelle	Direkt zur Unterstützung der Lehre, Wissensvermittlung	

Tabelle 1: Konstruktive Aspekte von Medien<sup>5</sup>

Der Einsatz von Computern während den Schülerexperimenten erfüllt mehrere Anwendungsmöglichkeiten. Zunächst wird der Computer als Lehr- und Lernsystem für die Wissensvermittlung des Tutors an die Schüler in Form einer Präsentation mit einschließlich animierten Folien zum Aufbau der Solarzelle verwendet. Im weiteren Verlauf dient der Computer als Messgerät bzw. zur Simulation der Messwerte und deren Auswertung durch die geeignete Systemsoftware der Firma Heliocentris. Letztendlich können Auswertungen und Ergebnisse der Schüler am Computer diskutiert und überprüft werden. Der Computer dient aus mediendidaktischer Sicht als Werkzeug zur Erarbeitung und Kommunikation von Fachinhalten, wie auch zur strukturierten und anschaulichen Aufbereitung der Lernprozesse und Ergebnisse.

---

<sup>5</sup> nach (Tenberg, 2011, S. 275)

### 3.5 Reflexion und Kontrollelemente

Unter Reflexion und Kontrollelementen sind Maßnahmen zu verstehen, die sowohl dem Lehrenden wie auch dem Lernenden Rückmeldung über einen Lehr- Lernprozess geben. Ohne Rückmeldung bleibt ein Lehr-Lernprozess sowohl aus lerntheoretischer wie auch interaktionstheoretischer Sicht defizitär. Die lerntheoretische Sicht verweist auf den Vorgang der Assimilation, in welcher eine neue Eigenschaft (z.B. Leistungsverhältnis) wahrgenommen wird und auf ähnliche Situationen übertragen werden kann. Dies ist nur dann möglich, wenn diese Zuordnung bzw. Verallgemeinerung überprüft und von einer Rückmeldung von außen bestätigt wird z.B. durch ähnliche Gruppenergebnisse. Wie bereits festgestellt ist das Lernen ein unabhängiger, individueller Prozess, auf welchen der Lernende durch Gespräche, in der Handlungsweise oder durch schriftliche Anweisung Einflüsse ausüben kann. Somit bildet sich ein Regelkreis, in welchem interveniert wird, um anschließend Veränderungen zu erkennen und weitere Interventionen einzuleiten. Das schüleraktive und problemlösende Experimentieren in Kleingruppen beinhalten deshalb systematische Aufbereitungs- und Zusammenfassungsphasen (siehe Kapitel 4.6 und 4.8) zwischen den Experimenten. Vorausgegangene Lerninhalte werden somit richtig gestellt, geklärt, systematisiert und dokumentiert. Den Schülern soll ein Zusammenhang zwischen der umfassenden Aufgabenstellung und dem im Experiment erworbenen Wissen gelingen. Die Lernerfolgskontrolle für die einzelnen Gruppen findet durch ein mündliches Resümee bzw. in Form einer kurzen Ergebnispräsentation statt. (vgl. Tenberg, 2011, S. 307)

## 4 Untersuchung

Das folgende Kapitel beinhaltet die Aufarbeitung des Schülerexperiments zum Thema Photovoltaik. Das Schülerexperiment gliedert sich in neun Phasen von der Einführung bis hin zur Ergebnissicherung. Die zu grundlegenden Rahmenbedingungen aus Kapitel 2, die theoretischen Grundlagen des Kapitel 3 und das Vorwissen bzw. Kenntnisse des Tutors über Schülerexperimente fließen in die Untersuchung mit ein. Die abgebildete Tabelle 2 gibt einen Überblick über den Verlauf des gesamten Schülerexperiments zu Photovoltaik. In jeder Phase wird der Phaseninhalt, die jeweiligen Arbeitsaufträge für die Schüler und den Tutor, die erwarteten Lernziele sowie die Phasenzeit beschrieben. Im weiteren Verlauf des Kapitels sind einzelne Phasen genauer erörtert und mögliche Durchführungsmöglichkeiten beschrieben.

Inhalt und Thema	Arbeitsauftrag		Lernziele / Phasenziele	Zeit/ min
	Schüler	Tutor		
<b>1.</b> Kurze Einführung des Tutors und Experiment 1	Wann leuchtet die Lampe am stärksten?	Schüler möglichst frei experimentieren lassen ohne Vorgaben	Schüler können den Versuch funktionsmäßig aufbauen und Zusammenhänge zwischen Beleuchtungsintensität des Solarmoduls und der Leuchtstärke der Verbraucher-Lampe erkennen.	5
<b>2.</b> Diskussionsrunde/ Zusammenfassung der Ergebnisse	Theoriebildung zu dem durchgeführten Experiment 1	Sind alle Schüler zum gleichen Ergebnis gekommen? Haben alle Schüler ein Ergebnis?	Die Schüler sind in der Lage eine Theorie über die Zusammenhänge zu formulieren.  Der Tutor kennt den Wissensstand und die Gruppendynamik der Schüler.	5
<b>3.</b> Theorieinput: Das Prinzip der Solarzelle		Erklärung von Solarzellen durch Präsentation/ Animationsvideo	Die Schüler können das Prinzip der Funktionsweise einer Solarzelle auf weitere Experimente anwenden.	15



<b>4.</b> Verteilung der Rahmenaufgabe	An welchem Standort ist die Energieausbeute am besten?	Erklärung von Kennlinien/ Messgeräten	Schüler können die Kennlinien für ein elektrisches Bauteil anwenden und aufzeichnen.	5
<b>5.</b> Experiment 2/ Winkeleinstellung	Wie verhalten sich die Messwerte in Abhängigkeit des Stellwinkels	Hilfestellung und Aufsicht	Die Schüler führen das Experiment auf wissenschaftliche Arbeitsweise durch und überprüfen die vorab erstellte Hypothese.	15
<b>6.</b> Ergebnissicherung nach Experiment 2 (mit allen Gruppen)	Wann ist die Leistung des Solarmoduls optimal?	Haben alle Schüler ein Ergebnis?	Alle Gruppen sind zeitlich und inhaltlich auf dem gleichem (Wissens)-Stand.	5
<b>7.</b> Experiment 3/ Abschattung	Was passiert bei Abschattung bezüglich der Leistung?	Hilfestellung und Aufsicht	Die Schüler führen das Experiment auf wissenschaftliche Arbeitsweise durch und überprüfen die vorab erstellte Hypothese.	10
<b>8.</b> Abschluss und Präsentation der Ergebnisse	Ergebnisse der Experimente bezüglich ihres Standorts vorstellen	Haben alle ein Ergebnis? Haben die Schüler den Zusammenhang zwischen Winkel und Abschattung erkannt und auf ihren Standort übertragen?	Die Schüler können die Ergebnisse aus den Versuchen auf ihre Problemstellung übertragen und ihren Standort diesbezüglich bewerten.  Die Schüler können ihre in Experiment 1 erstellte Hypothese beurteilen.	10
<b>9.</b> Abschlussdiskussion: Pro und Kontra von Solarzellen	offene Diskussion	offene Diskussion	Die Schüler können kritisch die Vor- und Nachteile einer Solarzelle formulieren.	5

Tabelle 2: Ablaufplan des Schülerexperiments

#### 4.1 Kurze Einführung des Tutors und Experiment 1

Zu Beginn der Experimentierstunde begrüßt der Tutor alle anwesenden Schüler. Die Schüler befinden sich an ihren Arbeitsplätzen in Zweiergruppen. Der Tutor erläutert den groben Ablauf der Experimentierstunde. Dabei geht er nicht auf die Fragestellungen in den jeweiligen Experimenten ein. Dadurch kann gewährleistet werden, dass den Schülern die Hypothesenbildung nicht vorweggenommen wird. Hier ist ebenfalls darauf zu achten, dass die Arbeitsunterlagen den Schülern noch nicht vorliegen.

Anschließend erklärt der Tutor die vorliegenden Materialien für das explorative Experiment. In diesem ersten Teil versuchen die Schüler ohne vorgegebene Hypothese einen Zusammenhang zwischen der Leistung, die dem Solarmodul entnommen werden kann, und dem Einstrahlwinkel der Sonne bzw. hier der Lampe, die die Sonne simuliert, zu erstellen. Außerdem kann damit gerechnet werden, dass die Schüler einen zusätzlichen Zusammenhang zwischen der Beleuchtungsstärke und der entnommen Leistung beobachten. Damit die Schüler diese Zusammenhänge untersuchen können, steht ein Solarmodul, ein Voltmeter und verschiedene Lampen zur Verfügung. Außerdem Verbindungskabel, um die jeweiligen Komponenten miteinander zu verbinden.

Damit die Schüler diese Hypothesen selbst konstruieren können, wird ihnen zu Beginn des explorativen Experiments die Fragestellung gestellt, wann die Lampe, die am Solarmodul angeschlossen ist, am hellsten leuchtet. Dabei muss darauf geachtet werden, dass die angeschlossene Lampe sehr sensitiv auf Beleuchtungsänderungen, am Solarmodul, reagiert.

Das explorative Experiment bietet sich hier als Einstieg an, da die Schüler sich dadurch selbst eine eigene Vorstellung von den Zusammenhängen erstellen können. Wie bereits in anderen Experimentieranwendungen erkannt wurde, bietet diese eigene Vorstellung eine fundierte Grundlage für den Wissenserwerb der Schüler (vgl. Kapitel 3.3.3). Um dieses Vorgehen nicht zu stören, werden nur bereits bekannte Materialien benutzt (vgl. hierzu Kapitel 2.3 Vorwissen der Schüler).

## 4.2 Diskussionsrunde und Zusammenfassung von Experiment 1

Nachdem explorativen Experimentieren kommen alle Gruppen zu einer Diskussionsrunde zusammen. In dieser Diskussionsrunde können die Schüler ihre Ergebnisse aus dem ersten Experiment besprechen. Das sekundäre Ziel dieser Diskussionsrunde ist das Zusammentragen der Erkenntnisse aus dem ersten Experiment und die Besprechung von Schwierigkeiten oder Unklarheiten. Schüler, die den Zusammenhang nicht deutlich erkennen konnten, können nun aufgeklärt werden. Das primäre Ziel der Diskussionsrunde ist die Erstellung der Hypothese durch die Schüler. Dabei nimmt der Tutor die Rolle des Gesprächsführers ein. Mit seiner Hilfe versuchen die Schüler die passende Hypothese für die folgenden Experimente aufzustellen.

Zusätzlich zu den genannten Punkten, vgl. hierzu auch Kapitel 3.5, hilft diese Diskussionsrunde dabei die Schüler näher kennen zu lernen. Dadurch bekommt der Tutor die Möglichkeit sich ein Bild von dem Wissensstands und den Arbeitsweisen der einzelnen Gruppen zu machen. Durch Indikatoren zu den Bereichen Lernbereitschaft/Motivation und Arbeitsverhalten, wird der Tutor bei der Einschätzung der Gruppen und den jeweiligen Schüler unterstützt. Diese Indikatoren sind dem Beobachtungsbogen ‚Diagnose/Förderung von Kindern und Jugendlichen mit besonderen Problemen im Verhalten‘, veröffentlicht vom Staatlichen Seminar Schwäbisch Gmünd, entnommen. Die Auflistung der Indikatoren kann dem Anhang unter Kapitel 8.5 entnommen werden.

## 4.3 Theorieinput

Um den Schüler ein Verständnis für die Funktion des Solarmoduls zu vermitteln, ist im nächsten Teil der Experimentierstunde ein Theorieinput angedacht. Dabei kann der Tutor sein eigenes Wissen miteinbringen oder es wird auf die Materialien, unter Beachtung des Kapitels 3.4, der Siemens Stiftung zurückgegriffen. Dort wurde zum Thema ‚erneuerbare Energien‘ ein Programm veröffentlicht, worin alle grundlegende Funktionen der Solarenergie aufgezeigt sind. Darüber hinaus gibt es die Möglichkeit innerhalb dieses Programmes weitere Informationen zur Benutzung der Solarenergie zu erhalten. Daher hat es sich im Rahmen dieser Arbeit nicht angeboten, weitere neue Materialien zu erstellen. Aber eine tiefere Untersuchung der Materialien ist wünschenswert, um eine adäquate Materialiensammlung für die Experimentierstunde zu erhalten.

Das primäre Ziel dieser Vermittlung liegt darin das physikalische Prinzip einer Solarzelle den Schüler auf Basis ihres Wissensstands zu vermitteln. Hierbei sind die Rahmenbedingungen aus Kapitel 2.3 zu beachten, um die Schüler mit einer gegebenenfalls zu niveauvollen Erklärung nicht zu überfordern.

#### 4.4 Verteilung der Rahmenaufgabe

Bevor die Schüler mit den Experimenten 2 und 3 starten, wird den Schülern eine Rahmenaufgabe vorgestellt, in der sie das Gelernte der Experimente anwenden können. Jeder Gruppe wird ein Standort mit dazugehörigen Kennwerten zur mittleren Sonnenstundendauer pro Jahr, der Anzahl der Sonnentage im Monat sowie dem Winkel zur Sonne zugeteilt. Jede Gruppe erhält nur die Daten für ihren eigenen Standort und kennt zunächst die Daten der anderen nicht. Mit den vorhandenen Daten und Erkenntnissen aus den Experimenten, ist es möglich diese Aufgabe zu lösen. Sie sind aufgefordert, Stellung zu beziehen und Argumente zu nennen, warum es lohnend ist an ihrem Standort eine Photovoltaikanlage aufzustellen. Die genaue Aufgabenformulierung dazu ist im Anhang 8.2 dieser Arbeit zu finden. Die ausgewählten Standorte sind München, Stockholm, Bukarest und Barcelona.

Am Ende der Experimente 2 und 3 ist vorgesehen, dass jede Gruppe ihren Standort präsentiert und bewirbt, um die Fördergelder der EU (der Sponsor in der Aufgabe) zu erhalten. Die Rahmenaufgabe zielt darauf ab, dass die Schüler motiviert werden, die Informationen aus dem Experiment sofort auf eine praktische Aufgabe anzuwenden (vgl. Kapitel 3.3.2). Im Vorfeld ist es notwendig herauszufinden, welche Parameter einer Photovoltaikanlage ausschlaggebend sind. Diese Parameter werden im folgenden Experiment untersucht und können auf die Rahmenaufgabe zur Bewertung des eigenen Standortes übertragen werden.

Neben der Verteilung der Rahmenaufgabe hat der Tutor die Aufgabe Informationen zu einer Kennlinie zu vermitteln. Um in den folgenden Experimenten mit der Kennlinie umgehen zu können, vergewissert sich der Tutor, ob Kenntnisse über die Bedeutung der Kennlinien von elektrischen Bauteilen bei den Schülern vorhanden sind. Als Hintergrundinformation erklärt der Tutor kurz, was eine Kennlinie eines elektrischen Bauteils ist und warum diese aufgenommen wird bzw. was daraus interpretieren werden kann. Im Speziellen kann der Tutor hier auch erklären, was ein Kennlinienfeld ist, da die Schüler in den nächsten Experimenten selbst Kennlinienfelder erstellen. Dem Anhang können Informationen zum Thema Kennlinien entnommen werden (siehe Anhang 8.2).

#### 4.5 Experiment 2 : Winkeleinstellung

Die Schüler gehen nach der Vorstellung der Rahmenaufgabe gemeinsam in ihren Gruppen an die Stationen des Experiments 2. Die Aufgabe der Schüler in diesem Experiment ist die Identifikation des Zusammenhangs zwischen Aufstellwinkel des Solarmoduls und der messbaren Leistung des Solarmoduls. Ihnen steht dabei ein Arbeitsblatt mit der Zusammenstellung der verwendeten Materialien, dem Versuchsaufbau, der Versuchsdurchführung und Fragen zum Experiment zur Verfügung (siehe Anhang 8.3 Aufgabenblatt). Der erste Teil des Experiments beinhaltet den korrekten Versuchsaufbau, welcher in einer beiliegenden Skizze anschaulich dargestellt ist. Sobald die Software, im

Handbetrieb eingestellt und Werte zu Strom und Spannung anzeigt, ist der Versuch korrekt aufgebaut. Das Solarmodul wird zuerst im Handbetrieb betrieben, um den Schülern das Ausprobieren und Beobachten der Veränderungen der Messwerte durch Verstellen des Aufstellwinkels zu ermöglichen. Anschließend halten die Schüler die Spannungswerte und die dazugehörige Winkeleinstellung in einer bereits vorbereiteten Excel- Tabelle fest, um das Vorgehen bei einer wissenschaftlichen Dokumentation kennen zu lernen. Zusätzlich dient die Dokumentation im weiteren Verlauf zur Überprüfung der Ergebnisse und zur Diskussionsgrundlage. Im zweiten Teil des Experiments wird im Automatikbetrieb gearbeitet, um die Leistung der Solarzelle bei der Winkeleinstellung von  $90^\circ$  in einem Leistungsgraph darzustellen. Zusätzlich können die Graphen der beiden anderen Winkeleinstellungen angezeigt werden. Durch den Vergleich der drei Graphen kann anschaulich ein Zusammenhang zwischen Aufstellwinkel der Solarzelle und der Leistung gebildet werden. Die zusätzlichen Fragen auf dem Arbeitsblatt werden abschließend von den Schülern bearbeitet, um das Verständnis nach dem Experimentieren zu festigen.

#### 4.6 Ergebnissicherung nach Experiment 2

Nach der Durchführung des Experiments 2 kommen alle Gruppen mit dem Tutor zusammen. Diese kurze Phase dient zur Ergebnissicherung aller Gruppen. Die Schüler präsentieren ihre aufgestellte Theorie und vergleichen die Ergebnisse mit den anderen Gruppen. Dabei besteht die Aufgabe des Tutors darin, eventuell auftretende Fragen oder Fehlergebnisse zu klären und zu erläutern. Des Weiteren kann die Transferfrage 3 (siehe Anhang 8.3.1 Arbeitsblatt), welche Möglichkeiten es für eine optimale Winkeleinstellung der Solarzelle gibt, gemeinsam diskutiert werden. Als Lösungsmöglichkeiten sind ein Sonnenfolger oder eine geeignete Dachneigung für die Solarmodule zu nennen. Abschließend werden alle Schüler gemeinsam das Experiment 3 beginnen. Mit dieser Phase ist es möglich, die Schüler sowohl inhaltlich, als auch zeitlich auf den gleichen Erkenntnisstand zu bringen.

#### 4.7 Experiment 3: Beleuchtungsstärke

Der Einstieg in das Experiment 3 beginnt erneut mit dem Versuchsaufbau, wobei sich am Aufbau selbst nicht verändert hat. Lediglich vier Segmente zur Abdeckung des Solarmodules und ein Lichtstärkemesser werden in diesem Experiment zusätzlich benötigt. Das Experiment beginnt im Handbetrieb und die Schüler sollen zunächst ein Segment und später weitere Segmente zur Abdeckung des Solarmoduls verwenden. Mit dem Lichtstärkemesser kann die Beleuchtungsstärke gemessen werden. Die Stromstärke und die Spannung werden am Computer abgelesen und mit dem Wert der Beleuchtungsstärke in eine Excel- Tabelle übertragen. Im zweiten Teil wird erneut auf den Automatikbetrieb umgeschaltet und ein Leistungsgraph am Computer erstellt. Durch den Vergleich der Kennlinie aus Experiment 2 mit der Winkeleinstellung von  $90^\circ$  kann eine Theorie zur Leistung in Abhängigkeit zur Beleuchtungsstärke aufgestellt werden. Die erstellten Leistungsdiagramme aus Experiment 2 und 3 dienen zur Hilfestellung und als Interpretationsgrundlage für die Lösung der Rahmenaufgabe. Abschließend bieten die Fragen auf dem Arbeitsblatt 8.3.2 eine

Überprüfung des Gelernten sowohl für den Schüler, als auch für den Tutor. Die zusätzlichen Verständnisfragen dienen zur weiteren Wissensabfrage und zur Transferleistung der Schüler bezüglich des Themas Photovoltaik und Energietechnik. Mit Hinblick auf das Zeitmanagement können diese Fragen auch als Pufferfragen für schnell arbeitende Gruppen geeignet sein, um gemeinsam in die Abschlusspräsentation übergehen zu können.

#### 4.8 Abschlusspräsentation der Ergebnisse der Rahmenaufgabe

Nach Bearbeitung der Experimente stellen die Schüler in diesem Arbeitsschritt ihre Ergebnisse zu ihrer Rahmenaufgabe vor. Im Gespräch und in der Präsentation hat der Tutor die Aufgabe zu erfassen, ob alle eine schlüssige Argumentation auf Grundlage der Ergebnisse aus den Experimenten anbringen. Die Schüler können ihren Standort auf einer Europakarte markieren und ihre Argumente für und gegen ihren Standort präsentieren.

Somit kann geprüft werden, ob alle Schüler ein ähnliches Verständnis zur Photovoltaiktechnik entwickelt und gefestigt haben. Zusätzlich spielt die Phase der Theoriebildung (vgl. Kapitel 4.2) an dieser Stelle eine Rolle. Jetzt ist der Zeitpunkt abzugleichen, ob die Theorie aus Experiment 1 bestätigt wurde.

#### 4.9 Abschlussdiskussion: Pro und Kontra von Solarzellen

Der letzte Teil geht fließend in den davorliegenden über. Aus der Präsentation der Ergebnisse der Rahmenaufgabe heraus gibt es die Möglichkeit, eine allgemeine Diskussion zu den Pro- und Kontraargumenten der Photovoltaiktechnik anzuschließen. Als Anregung für den Tutor sind im Anhang 8.4 Argumente für und gegen Photovoltaik zu finden. Die Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern dient mehr als Themenspeicher, um vorbereitet in die Diskussion mit den Schülern gehen zu können.

## 5 Die Rolle des Tutors

Dieser Absatz verfolgt das Ziel dem Tutor einen knappen Einblick in die Führung bzw. Betreuung einer Schülergruppe zu geben. Dabei werden einzelne Situationen der Experimentierstunde als beispielhafte Situationen herangezogen.

Zu Beginn der Experimentierstunde werden die benutzten Materialien erklärt. Dabei gibt es unterschiedliche Methoden diese den Schüler näher zu bringen. Um diese Methoden näher verstehen zu können, wird folgendes Beispiel betrachtet.

Es folgt die kurze Beschreibung einer einzelnen Lese-Teilgruppe. Zehn Kinder haben als Lesegruppe in einem Halbkreis Platz genommen, Fräulein Smith sitzt vor ihnen und hält Schautafeln in der Hand. Auf jeder der Tafeln steht ein Wort. Die Lehrerin verkündet: „Heute wollen wir immer ein Wort lesen und dann versuchen, ein anderes Wort zu finden, das sich darauf reimen lässt. Fangen wir bei Richard an und gehen dann im Kreis herum.“ Fräulein Smith dreht zu Richard, der am rechten Ende des Halbkreises sitzt, hält ihm eine Papptafel entgegen und fragt: „Wie heißt dieses Wort, Richard?“ Richard antwortet: „Nest.“ Die Lehrerin: „Richtig. Nenne mir nun ein Wort, das sich auf ‚Nest‘ reimt! „Rest.“ [...] Sie wendet sich zu Mary [...] und zeigt ihr eine andere Tafel: „Nun, Mary, wie heißt dieses Wort?“ [...] Die Lehrerin fährt mit der Befragung fort, bis jedes Kind ein Wort gelesen und ein Reimwort genannt hat. (Kounin, 2006, S. 117)

Bei dieser Methode ist das Vorgehen der Lehrerin klar vorhersehbar. Jeder Schüler wird der Reihe nach befragt. Dieses Verhalten teilt die Lehrkraft der Klasse im Vorfeld mit. Im nächsten Beispiel wird die gleiche Übung durchgeführt, aber mit einer Änderung.

Fräulein Jones sitzt vor der Lesegruppe. Sie hält einen Stapel Pappkarten in der Hand und fragt: „Wer kann mir das nächste Wort lesen?“ Sie macht eine Pause, hält eine Karte hoch, schaut gespannt in die Runde und sagt dann: „John.“ John antwortet: „Buch.“ Die Lehrerin: „Gut. Wer kann mir nun ein Wort nennen, das ganz ähnlich klingt?“ Wieder macht sie eine Pause, schaut sich um und ruft Mary auf. „Kuchen“, sagt Mary. Darauf fragt die Lehrerin: „Wer findet ein Wort, das sich auf ‚Kuchen‘ reimt?“ Sie blickt umher und ruft Richard auf, der mit „Suchen“ antwortet. (Kounin, 2006, S.117ff.)

Einen wesentlichen inhaltlichen Unterschied ist in diesen beiden Beispielen nicht vorhanden, aber die Art unterscheidet sich. Im Vergleich zum ersten Beispiel ist im zweiten Beispiel die Reihenfolge nicht vorhersehbar. Jeder Schüler könnte als nächstes aufgerufen werden. Somit sind alle Schüler „auf dem Posten“. In der Arbeit von Kounin wird diese Art der Unterrichtsdurchführung als Merkmal einer positiven Gruppenmobilisierung bewertet. (vgl. Kounin, 2006, S.117ff.) Anhand dieser Bewertung kann dem Tutor der Experimentierstunde nahegelegt werden, die benutzten

Materialien durch die Schüler benennen zu lassen und dabei keine feste Reihenfolge der Schüler zu benutzen, sondern wie im zweiten Beispiel, zu versuchen alle Schüler anzusprechen.

Die zeitintensivste Aufgabe des Tutors ist die Betreuung der Schüler beim Durchführen der Experimente. Dabei kommt das Rechenschaftsprinzip, das außerdem in der Arbeit von Kounin untersucht wurde, zur Geltung.

Der Ausdruck Rechenschaftsprinzip umschreibt das Ausmaß, in welchem der Lehrer die Schüler während der Übungsstunden für ihre Arbeitsleistung zur Rechenschaft und zur Verantwortung zieht. Dies impliziert Handlungen des Lehrers, die darauf angelegt sind, in Erfahrung zu bringen, womit sich die Schüler tatsächlich beschäftigen, [...] (Kounin, 2006, S.126).

In seiner Untersuchung kommt Kounin zu dem Ergebnis, dass es bedeutenden ist, wenn sich der Lehrer Wissen über die laufende Arbeit der Schüler einholt. Die Mitarbeit der Schüler wird hierdurch gestärkt und unterstützt (vgl. Kounin, 2006, S.129 -130). Daher kann aus diesem Zusammenhang abgeleitet werden, dass der Tutor bevor er handelnd in eine Gruppe eingreift, erstmal eine Rechenschaft über das bisher Erarbeitete der Gruppe einholt. Dieses Vorgehen kann außerdem als positiv erachtet werden, da die Schüler ihre bisherigen Arbeitsschritte reflektieren und so gegebenenfalls vorherige Unklarheiten selbst erkennen können. (vgl. Acksteiner, 2001)

Bei diesem Eingreifen gibt es weitere Punkte zu beachten. Um hierfür zu sensibilisieren, eignet sich folgendes Beispiel.

Ein alltägliches Beispiel [...] wäre etwa, wenn jemand in eine Unterhaltung zweier oder mehrerer Personen ‚platzt‘, ohne abzuwarten, bis man sich ihm zuwendet, oder zu versuchen, durch Zuhören und Verfolgung der Diskussion sich sachte in diese ‚hineinzufinden‘ (Kounin, 2006, S.108).

Hieraus lässt sich erkennen, dass die Art, wie der Tutor in die Diskussion zwischen Schüler eingreift, erheblich ist. Ein solches ‚Hineinplatzen‘ wird in der Arbeit von Kounin als Unvermitteltheiten klassifiziert und steht in einem negativen Zusammenhang mit der Mitarbeit der Schüler (vgl. Kounin, 2006, S.115). Ein weiteres Beispiel zeigt eine andere Form dieser Unvermitteltheiten.

Zur Vorbereitung auf eine Geschichte über das Einkaufen berichteten die Kinder der Reihe nach von ihren Einkaufserfahrungen. Der Lehrer hatte sich vorgelehnt und sah Mary an, die gerade von Supermarktbesuchen mit ihrer Mutter erzählte. Sobald Mary geendet hatte, meldeten sich drei Kinder, weil sie auch erzählen wollten. Der Lehrer drehte sich plötzlich zur Tafel um, ohne nach den übrigen Kindern geschaut oder zu Mary etwas bemerkt zu haben, und sagte: „Schaut an



die Tafel. Da stehen einige neue Wörter, die in unserer nächsten Geschichte vorkommen werden. Jimmy, lies das erste vor, bitte!“ (Kounin, 2006, S.108)

Diese Unvermitteltheiten werden unter dem Begriff der Sprunghaftigkeit eingeordnet. Diese Sprunghaftigkeit kann aber nicht nur vom Lehrer selbst ausgehen, wie Unvermitteltheiten, sondern durch äußere Einflüsse herausgefordert werden.

Der Lehrer führt mit einer Teilgruppe Übungen durch. Er ging langsam auf ein Kind zu, das gerade etwas vortrug, als er am Aquarium vorbeikam. Plötzlich blieb er stehen und rief: „O je, ich habe ja ganz vergessen, den Fisch zu füttern!“ Daraufhin langte er nach dem Fischfutter im Regal daneben und begann mit der Fütterung, indem er bemerkte: „Meine Güte, seht nur, wie hungrig er ist!“ Dann wandet er sich an ein Mädchen: „Siehst du, Margaret, du hast ihn als doch zu füttern vergessen. Du kannst selbst sehen, wie hungrig er jetzt ist. Schau, wie schnell er sich sein Futter holt!“ (Kounin, 2006, S.107)

In diesem Beispiel wird gezeigt wie durch äußere Einflüsse, hier das Aquarium, der Lehrer von seiner eigentlichen Tätigkeit abgelenkt wird bzw. der Lehrer sich ablenken lässt.

Die Sprunghaftigkeit wird von Kounin noch mit weiteren Teilaspekten beschrieben. Einer dieser Aspekte ist für die Leitung der Diskussionsrunden und die Einführung in die Thematik interessant. „Thematische Inkonzsequenz lag [...] vor, wenn der Lehrer gerade mit einem Stoff begann oder ihn bereits behandelte, ihn dann aber einfach „in der Luft hängen“ ließ, indem er zu einem anderen Stoff überwechselte.“ (Kounin, 2006, S.109). Je nachdem ob die Behandlung des ursprünglichen Stoffes wieder aufgenommen wurde oder nicht, wird von thematischer Inkonzsequenz oder von Verkürzung gesprochen.

In den Untersuchungen von Kounin wird eine negative Verbindung zwischen der Sprunghaftigkeit, mit ihren jeweiligen Teilaspekten, und der Mitarbeit der Schüler gemessen. Daher fördert dieses Verhalten des Lehrers bzw. des Tutors die Mitarbeit der Schüler (vgl. Kounin, 2006, S. 115) nicht. Anhand dessen lässt sich die Empfehlung ausgeben, solches Verhalten von Seiten des Tutors nicht dauerhaft anzuwenden.

Wie eingangs erwähnt zeigt dieser Absatz nur einen knappen Einblick in die Führung von Schülergruppen. Eine tiefere Untersuchung ist aber für eine adäquate Vorbereitung des Tutors für die Betreuung der Schülergruppen nötig. Daher wird die Empfehlung ausgesprochen diesen Bereich der Arbeit weiter zu verfolgen und gegebenenfalls eine angepasste Tutorschulung für das Schülerlabor zu entwerfen.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Das didaktische Konzept dieser Arbeit ermöglicht die Durchführung einer Experimentierstunde zum Thema „Photovoltaik“ im Schülerlabor. Dabei wurden unterschiedliche Vorgehensweisen beim Experimentieren berücksichtigt und sind in das Konzept miteingeflossen. Außerdem dienen die eingebauten Reflexions- und Kontrollelemente dazu, den Schülern Rückmeldung über den bisherigen Lernprozess zu geben. Mit Hilfe der Rahmenaufgabe wurde das Ziel verfolgt einen adäquaten Anwendungsfall zu schaffen. Anhand dieser Aufgabe und der abschließenden Diskussionsrunde können die Schüler in die Lage versetzt werden, das erworbene Wissen auf die aktuelle Diskussion über den Ausbau der erneuerbaren Energie zu transferieren. Das Konzept ist bisher theoretisch erarbeitet worden. Eine praktische Erprobung kann erfolgen, sobald der Aufbau der Einrichtungen und Schaffung weiterer Rahmenbedingungen am ITEP abgeschlossen sind.

Der zeitliche und materielle Rahmen für diese Ausarbeitung wurde von Seiten des ITEP am KIT Campus Nord vorgegeben. Um das Zeitmanagement variabel zu gestalten, gibt es für diese Ausarbeitung des Schülerexperiments mehrere Möglichkeiten. Um einen Zeitrahmen von maximal einer Stunde einhalten zu können, kann unter anderem die Ergebnissicherung aus Kapitel 4.6 nicht zwischen den Experimenten 2 und 3 stattfinden, sondern am Ende der Experimentierphase gemeinsam mit der Kontrollphase zur Rahmenaufgabe. Des Weiteren ist zu überlegen, ob je nach Klassenleistung und Vorwissen das explorative Experiment 1 durchgeführt wird, oder direkt mit dem Theorieinput begonnen wird. Im Umkehrschluss kann diese Ausarbeitung so erweitert werden, dass Schulklassen gemeinsam mit anderen Experimentierstationen des Clean Energy Trainers einen Tageskurs am Campus Nord besuchen können. Die Rahmenaufgabe lässt sich in Verbindung zu anderen Aufgabenstellungen erweitern und verknüpfen, auch dahingehend, dass eine Verbindung zu aktuellen Forschungsaktivitäten des ITEP hergestellt werden kann.

Des Weiteren ist für den Einsatz der vorgeschlagenen Medien zur Theorievermittlung des Tutors und für die Aufzeichnung und Auswertung der Schülerexperimente eine Überarbeitung auf mediendidaktische Funktionen zu empfehlen. Ebenso wird befürwortet, eine Tutorenschulung zur Führung von Schülergruppen und zur sicheren Vorbereitung zu entwerfen und gegebenenfalls vorab durchzuführen.

## 7 Literaturverzeichnis

- Acksteiner, F. (2001). *Schüleraktiver Experimentalunterricht in der Berufsschule*. Frankfurt am Main: Peter Lang.
- Clean Energy Trainer. (2011). Berlin: Heliocentris Energiesysteme GmbH.
- Content Management Solutions e.K. (2015). *Solarenergiesysteme*. Abgerufen am 20. 02 2015 von <http://www.solarenergysystems.eu/solarenergie-pro-und-contra.html>
- DAA Deutsche Auftragsagentur GmbH. (2015). *Photovoltaik Web*. Abgerufen am 20. 02 2015 von <http://www.photovoltaik-web.de/dacheignung/vor-und-nachteile-pv.html>
- Flemming, M. (2015). *Klimatabellen*. Abgerufen am 31. 01 2015 von <http://www.klimatabelle.info/europa/skandinavien/schweden>
- HolidayCheck Online-Reisebüro. (2015). *Holidaycheck Klima Wetter*. Abgerufen am 06. 02 2015 von [http://www.holidaycheck.de/klima-wetter\\_Bukarest-ebene\\_oid-id\\_6492.html](http://www.holidaycheck.de/klima-wetter_Bukarest-ebene_oid-id_6492.html)
- ITEP. (05. 12 2014). KIT-Schülerlabor Energie. Karlsruhe.
- Konrad, U. (2015). *Physik*. Abgerufen am 31. 01 2015 von <http://www.ulfkonrad.de/physik/ph-8-Kennl.htm>
- Kounin, J. (2006). *Techniken der Klassenführung*. Münster: Waxmann.
- Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz. (2015). *Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz, Baden Württemberg*. Abgerufen am 31. 01 2015 von [https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/37222/kliwa\\_langzeitverhalten\\_sonnenscheindauer.pdf?command=downloadContent&filename=kliwa\\_langzeitverhalten\\_sonnenscheindauer.pdf](https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/37222/kliwa_langzeitverhalten_sonnenscheindauer.pdf?command=downloadContent&filename=kliwa_langzeitverhalten_sonnenscheindauer.pdf)
- Mikelski, H. F., Berger, V., Engeln, K., & Mikelski-Seifert, S. (2007). *Physik Didaktik*. Berlin: Cornelsen.
- Ministerium für Kultur, Jugend und Sport Baden-Württemberg . (Februar 2004). Bildungsplan Realschule. Stuttgart.
- Ministerium für Kultur, Jugend und Sport Baden-Württemberg. (Juni 2012). Bildungsplan Werkrealschule. Stuttgart, Deutschland.
- Nuding, A. (2010). Diagnose zur Förderung von Schülern mit besonderen Problemen im Verhalten. *Schulverwaltung BW*, S. 185-189.

- Reinhold, P. (1996). *Offenes Experimentieren und Physiklernen*. Kiel: IPN.
- Schulz, A., Rieß, W., Barzel, B., & Wirtz, M. (2012). *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht*. Münster: Waxmann Verlag GmbH.
- Tenberg, R. (2011). *Vermittlung fachlicher und überfachlicher Kompetenzen in technischen Berufen*. Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- WetterOnline Meteorologische Dienstleistungen GmbH. (2015). *Wetter online*. Abgerufen am 15. 01 2015 von <http://www.wetteronline.de/klima-sonne/barcelona>
- Wikipedia Foundation Inc. (2015). *Wikipedia*. Abgerufen am 31. 01 2015 von <http://de.wikipedia.org/wiki/Kennlinie>
- Wirth, J., Thillmann, H., Künsting, J., Fischer, H., & Leutner, D. (Mai/Juni 2008). Das Schülerexperiment im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Pädagogik*(3).

## 8 Anhang

### 8.1 Bildungsplan: Kompetenzen und Inhalte für naturwissenschaftliches Arbeiten

Auszug aus dem Bildungsplan Realschule: Kompetenzen und Inhalte für naturwissenschaftliches Arbeiten:

Antworten und Erkenntnisse durch Primärerfahrungen

Beobachten – Beschreiben – Fragen

- Die Schülerinnen und Schüler können sammeln und ordnen (7)
- Besonderheiten finden;
- Gesetzmäßigkeiten vermuten;
- Hypothesen bilden (7);
- Prognosen wagen.

Planen – Untersuchen – Schlussfolgern

- Die Schülerinnen und Schüler können komplexe Sachverhalte in einfache Teilprobleme gliedern;
- Versuche planen;
- Versuche durchführen (7);
- Daten erheben durch Messen, Beobachten, Beschreiben, Vergleichen (7);
- Gesetzmäßigkeiten überprüfen;
- Ergebnisse dokumentieren und systematisieren (7).

Reflektieren – Verknüpfen – Anwenden

- Die Schülerinnen und Schüler können auswerten unter Verwendung von Fachsprache, Diagrammen, Tabellen, Gleichungen, Graphiken, Funktionen, Texten
- Teilprobleme zusammenfügen;
- Gesetze, Modelle und Konzepte zur Erklärung heranziehen;
- Begriffe oder Modelle bilden und Zusammenhänge formulieren;
- Ergebnisse reflektieren und diskutieren (7);
- analysieren und aus Fehlern lernen;
- gewonnene Erkenntnisse bewerten und gegebenenfalls anwenden;
- komplexe Zusammenhänge in Wirtschaft und Gesellschaft auch unter naturwissenschaftlichem Blickwinkel sehen und werten.

Antworten und Erkenntnisse durch Sekundärerfahrungen

- Die Schülerinnen und Schüler können Quellen, ab Klasse 8 auch englischsprachige, zum Erkenntnisgewinn nutzen (7);
- Sachinformationen sammeln, sortieren, gewichten (7);
- Modellversuche und Simulationen planen und durchdenken;
- Ergebnisse dokumentieren (7);
- Ergebnisse reflektieren, diskutieren und bewerten;

- geeignete Software zur Informationsbeschaffung, Informationsaufarbeitung und Präsentation verwenden (7).

(Bildungsplan Realschule, 2004, S. 97)

## 8.2 Daten zu den Standorten bezüglich der Rahmenaufgabe

### Schüleraufgabe:

Ihr seid im Vertrieb eines Unternehmens für Photovoltaik-Anlagen beschäftigt. Die EU hat Fördermittel für regenerative Energieversorger zugesagt. Es läuft eine Ausschreibung, wo in der EU regenerative Energieversorgung aufgestellt werden soll. Ihr wollt euch bewerben, mit der Idee in eurer Region Photovoltaikanlagen aufzustellen, um die Fördermittel nicht zu verpassen.

Überlegt euch anhand der Zusatzinfos und der Ergebnisse aus den Experimenten, wie ihr euren Standort, bewerben könnt, um den Zuschlag für das Förderprojekt zu bekommen.

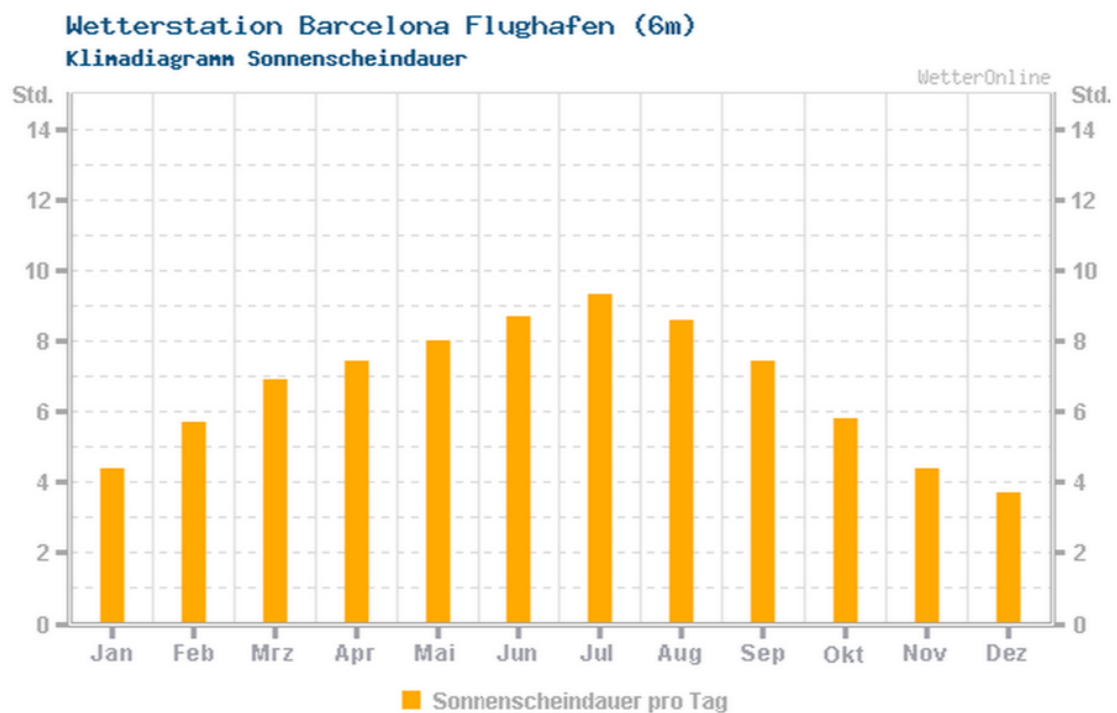
- Ort 1: Stockholm, Schweden (geogr. Breite: 59.33; geogr. Länge : 18.05)
- Ort 2: München, Deutschland (geogr. Breite : 48.13; geogr. Länge : 11.57)
- Ort 3: Barcelona, Spanien (geogr. Breite : 41.38; geogr. Länge : 2.18)
- Ort 4: Bukarest, Rumänien (geogr. Breite : 44.43; geogr. Länge : 26.10)

Datum	Stadt	Sonnenhöchststand <sup>6</sup>	Sonnenscheindauer
15.03.	Stockholm	27.83	11:34
15.07.	Stockholm	51.93	17:47
15.11.	Stockholm	11.97	7:38
15.03.	München	39.03	11:44
15.07.	München	63.13	15:37
15.11.	München	23.17	9:13
15.03.	Barcelona	45.78	11:48
15.07.	Barcelona	69.88	14:50
15.11.	Barcelona	29.92	9:51

<sup>6</sup> Der Sonnenhöchststand ist der Winkel in Grad zwischen Horizont und Sonnenmitte. Mehr Informationen dazu erhält der Tutor auf dieser Webseite: <http://www.jgiesen.de/astro/mittag/>

15.03.	Bukarest	42.73	11:47
15.07.	Bukarest	66.83	15:10
15.11.	Bukarest	26.87	9:35

Anzahl Sonnentage/ Monat	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
Stockholm	1	1	3	5	7	7	7	5	4	3	2	1
München	2	3	4	5	7	7	7	7	6	4	2	1
Barcelona	4	6	7	7	8	9	9	9	7	6	4	4
Bukarest	3	4	4	6	8	10	11	10	8	5	3	2

Abbildung 1: Sonnenscheinverteilung Barcelona<sup>7</sup><sup>7</sup> (Wetter online, 2015)



Station	Höhe m ü. NN	JAN	FEB	MARZ	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	JAHR
Öhringen	276	1,8	2,9	4,2	5,6	7,0	7,2	7,6	7,1	5,8	3,9	2,0	1,5	4,7
Mannheim	96	1,6	2,8	4,2	5,9	7,1	7,2	7,5	7,1	5,6	3,5	1,8	1,4	4,6
Karlsruhe	112	1,6	2,6	4,1	5,5	6,9	7,2	7,7	7,2	5,7	3,7	1,8	1,4	4,6
Freiburg i. Br.	269	1,8	2,9	4,2	5,5	6,7	7,4	8,0	7,4	5,9	3,9	2,2	1,7	4,8
Ulm	567	1,6	2,7	4,1	5,4	6,6	7,0	7,7	7,0	5,5	3,3	1,6	1,3	4,5
Aulendorf	560	1,6	2,8	4,1	5,3	6,6	7,0	7,6	7,0	5,5	3,4	1,8	1,3	4,5
Stötten	734	1,8	2,7	3,8	5,0	6,4	6,7	7,5	6,7	5,5	3,9	2,0	1,5	4,5
Freudenstadt	797	2,1	2,9	4,0	5,2	6,3	6,7	7,5	6,9	5,7	4,1	2,4	1,8	4,6
Feldberg/Schw.	1486	2,7	3,3	3,8	4,7	5,5	5,9	6,7	6,3	5,2	4,5	3,0	2,7	4,5
Hof	567	1,5	2,7	3,8	5,3	6,6	6,6	6,7	6,5	5,3	3,8	1,6	1,2	4,3
Coburg	322	1,4	2,6	3,8	5,5	6,8	6,9	7,0	6,6	5,1	3,5	1,5	1,2	4,3
Bayreuth	330	1,3	2,4	3,7	5,3	6,6	6,8	6,9	6,6	5,2	3,5	1,4	1,0	4,2
Bamberg	239	1,5	2,7	3,9	5,4	6,7	6,9	7,0	6,6	5,2	3,4	1,6	1,2	4,3
Weiden	438	1,6	2,6	3,9	5,4	6,7	6,7	6,9	6,7	5,3	3,7	1,5	1,2	4,4
Nürnberg	314	1,7	2,9	4,1	5,7	7,1	7,3	7,5	7,1	5,6	3,9	1,8	1,4	4,7
Würzburg	268	1,5	2,7	4,0	5,5	6,8	6,9	7,2	6,7	5,2	3,4	1,6	1,2	4,4
Wörnitz	464	1,4	2,6	4,0	5,5	6,8	7,0	7,5	7,1	5,7	3,8	1,7	1,2	4,5
Weidenburg	422	1,8	2,9	4,2	5,6	6,9	7,2	7,6	7,1	5,7	3,9	1,9	1,4	4,7
Kösching	417	1,5	2,7	4,1	5,6	6,9	7,2	7,6	7,1	5,6	3,5	1,6	1,2	4,6
Metten	313	1,7	2,8	4,2	5,7	7,1	7,1	7,6	7,2	5,5	3,7	1,6	1,4	4,6
Weihenstephan	470	1,9	2,9	4,3	5,5	6,8	6,9	7,5	7,0	5,7	3,8	1,9	1,4	4,6
München	527	1,9	2,8	4,1	5,3	6,5	6,7	7,3	6,9	5,6	3,9	2,0	1,4	4,6
Hohenpeißenberg	977	3,0	3,6	4,4	5,2	6,3	6,5	7,3	6,9	5,8	4,6	3,0	2,7	5,0
Oberstdorf	810	2,5	3,4	4,2	4,7	5,5	5,5	6,3	5,9	5,1	4,2	2,6	2,2	4,3
Wendelstein	1832	3,4	3,8	4,2	4,5	5,4	5,3	6,0	5,9	5,4	5,1	3,6	3,1	4,6
Zugspitze	2960	4,0	4,6	5,0	5,2	5,5	5,0	5,6	5,7	5,9	5,9	4,4	3,7	5,0
astronomisch möglich in 49° n. Breite		8,7	10,2	11,9	13,7	15,3	16,2	15,8	14,4	12,7	10,8	9,2	8,2	12,3

Tabelle 4.1-a: Mittlere Monats- und Jahreswerte der täglichen Sonnenscheindauer [in h],  
Stationen in Baden-Württemberg und Bayern, Zeitreihe 1951/2000

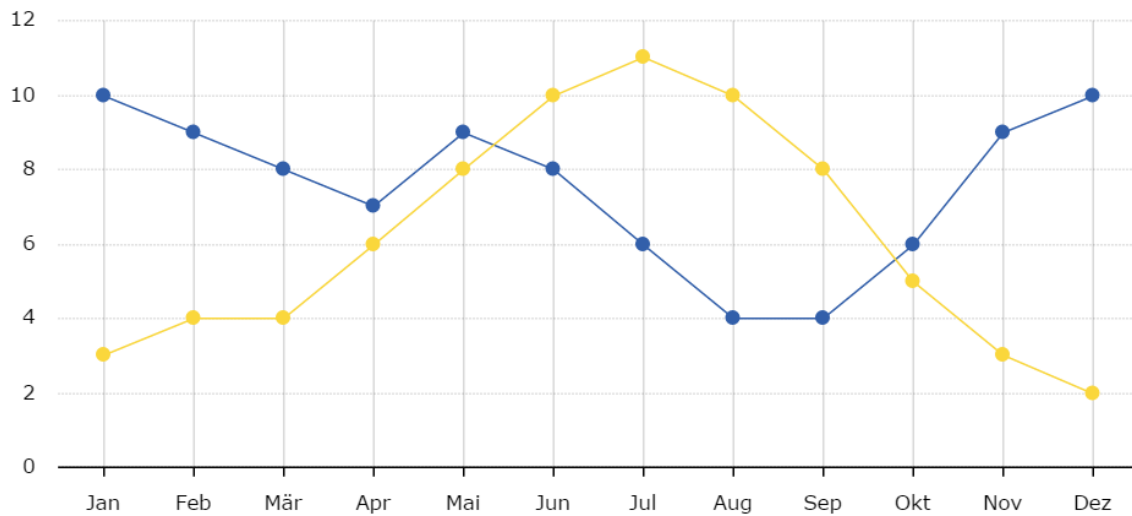
Abbildung 2: Sonnenscheinverteilung München<sup>8</sup>

### Klimatabelle Stockholm

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Max. Temperatur °C	1	2	5	11	16	20	23	22	16	10	5	2
Ø Temperatur °C	-1	-2	-2	1	11	15	18	17	12	7	2	-1
Min. Temperatur °C	-4	-5	-3	1	5	10	13	12	8	4	-0	-3
Regentage	7	6	7	6	6	7	6	8	8	8	9	7
Niederschlagsmenge (mm)	17	22	18	22	20	33	32	34	44	30	33	25
Sonnenstunden (h/d)	1	1	3	5	7	7	7	5	4	3	2	1
Luftfeuchtigkeit (%)	91	92	87	79	76	80	80	82	82	85	89	90

Abbildung 3: Sonnenstundenverteilung Stockholm<sup>9</sup>

<sup>8</sup> (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz, 2015)

**Durchschnittliche Anzahl von Regentagen pro Monat und Sonnenstunden pro Tag****Abbildung 4: Sonnenstundenverteilung Bukarest (gelbe Kurve)<sup>10</sup>****Informationen zu Kennlinien:**

Das Aufnehmen einer elektrischen Kennlinie bedeutet, dass die Stromstärke  $I$  in Abhängigkeit von der Spannung  $U$  gemessen wird. Diese Messreihe wird dann in einem  $U$ - $I$ -Diagramm dargestellt. Am Verlaufe des Graphen können wir Aussagen zum elektrischen Verhalten des untersuchten Bauelements treffen. (Konrad, 2015)

Eine Kennlinie ist eine graphische Darstellung von zwei voneinander abhängigen physikalischen Größen, die für ein Bauteil, eine Baugruppe oder ein Gerät kennzeichnend ist.

Die Kennlinie wird als Linie in einem zweidimensionalen Koordinatensystem dargestellt. Das Kennlinienfeld (oder kurz: Kennfeld) stellt mehrere Kennlinien in Abhängigkeit von weiteren Eingangsgrößen (Parameter) in Form mehrerer Kennlinien oder in einem dreidimensionalen Koordinatensystem dar.

Ein Beispiel für eine Kennlinie ist die Abhängigkeit des durch eine Diode fließenden elektrischen Stroms von der elektrischen Spannung. Wird zusätzlich die Temperatur der Diode als Parameter hinzugenommen, wird daraus ein Kennlinienfeld, das aus mehreren, bestimmten Temperaturen zugeordneten Strom-Spannungs-Kennlinien besteht.

<sup>9</sup> (Klimatabellen, 2015)

<sup>10</sup> (Holidaycheck Klima Wetter, 2015)

Kennlinien dienen in der Praxis u.a. zur Festlegung des Arbeitspunktes, zur Bestimmung einer linearen Näherung in einem bestimmten Punkt der Kennlinie (Anstieg, Steigung). (Wikipedia, 2015)

### 8.3 Aufgabenblätter für die Experimente mit Versuchsaufbau und Fragestellung

Die Fragestellungen und Anweisungen der erstellten Arbeitsblätter sind aus den Vorgaben des Clean Energy Trainers von Heliocentris entnommen. Die dazugehörigen Lösungsvorschläge befinden im Anhang der Experimentieranleitung zu Solarenergie im Experimentierset von Heliocentris.

#### 8.3.1 Arbeitsblatt Experiment 2: Eigenschaften einer Solarzelle erkennen- Wie verhalten sich Messwerte in Abhängigkeit des Aufstellwinkels

##### Materialien:

1 Solarmodul

USB- Data- Monitor

- USB- Kabel
- Laptop mit installierter Software

Magnetunterlage

1 Lampe (min. 75W)

2 Kabel

- 1 schwarzes Kabel
- 1 rotes Kabel

1 Maßband

##### Versuchsaufbau:

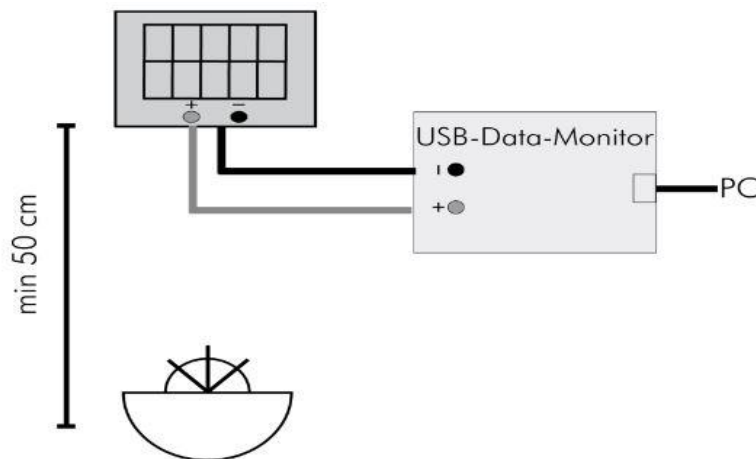


Abbildung 5: Versuchsaufbau Experiment 2

1. Versuchsaufbau wie in Abbildung 5 mit den gegebenen Materialien nachbauen
2. Der Abstand zwischen Solarmodul und Lampe soll 50 cm betragen
3. Starte die Software und wähle den Reiter *Solarmodul* aus
4. Schalte nun die Funktion *Handbetrieb* ein
5. Schalte nun die Lampe ein

**Versuchsdurchführung:**

Das Solarmodul ist in drei voreingestellte Winkel positionierbar. Der Abstand zum Solarmodul muss immer 50 cm betragen. Achte darauf, dass der Magnetfuß immer auf derselben Stelle bleibt.

Stelle das Solarmodul nacheinander in die drei vorangestellten Winkel und beobachte die Messwerte auf dem Computer.

**Fragen zum Experiment 2:**

1. Wie verhalten sich die Messwerte in Abhängigkeit des Aufstellwinkels?  
Notiere die drei Messwerte und nehme dabei die Spannungswerte und die dazugehörige Position des Solarmoduls in einer Excel-Tabelle auf.
2. Bei welcher Winkeleinstellung wird der höchste Spannungswert erreicht?
3. Was gibt es für Möglichkeiten, um in der Realität stets einen guten Winkel der Solarzelle zur Sonne zu haben?

Der Einstrahlwinkel soll nun 90° betragen. Schalte nun die Funktion auf *Automatikbetrieb* um. Die Leistung der Solarzelle berechnet sich aus der Formel  $P = U \times I$ .

4. Nimm die Strom- und Spannungswerte in einer Excel-Tabelle auf und berechne die Leistung P des Solarmoduls.
5. Klicke in der Software auf *Leistungsgraph*. Das System zeichnet eine Spannungs-Leistungskennlinie aus den gemessenen Messwerten des Solarmoduls auf.
6. Wann hat das Solarmodul die maximale Leistung erreicht?
7. Wie lässt sich der maximale Leistungspunkt des Solarmoduls errechnen?
8. Welche graphische Darstellung eignet sich am besten, um den MPP (Maximum Power Point) abzulesen?

### 8.3.2 Arbeitsblatt Experiment 3: Eigenschaften einer Solarzelle erkennen- Wie verhalten sich Messwerte in Abhängigkeit der Beleuchtungsstärke

#### Materialien:

1 Solarmodul

USB- Data- Monitor

- USB- Kabel
- Laptop mit installierter Software

Magnetunterlage

1 Lampe (min. 75W)

2 Kabel

- 1 schwarzes Kabel
- 1 rotes Kabel

1 Maßband

1 Lichtstärkemesser

4 Segmente zur Abdeckung des Solarmoduls

#### Versuchsaufbau:

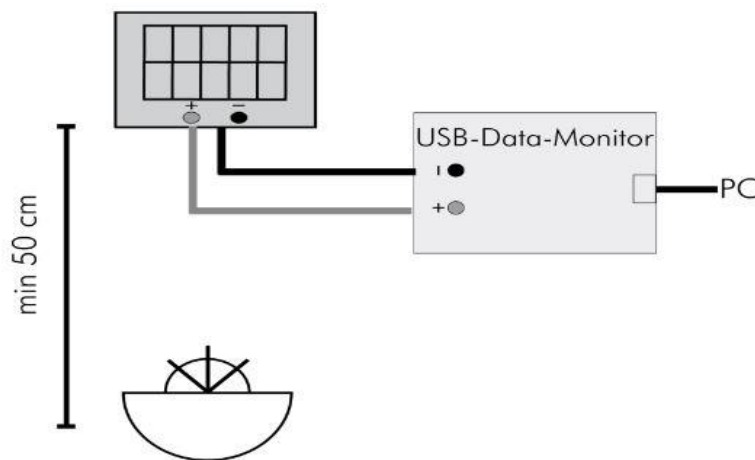


Abbildung 6: Versuchsaufbau Experiment 3

1. Versuchsaufbau wie in Abbildung 6 mit den gegebenen Materialien nachbauen
2. Der Abstand zwischen Solarmodul und Lampe soll 50 cm sein und der Einstrahlwinkel soll ca. 90° betragen
3. Starte die Software und wähle den Reiter *Solarmodul* aus
4. Schalte nun die Funktion *Handbetrieb* ein
5. Schalte nun die Lampe ein

### **Versuchsdurchführung und Fragen zum Experiment 3:**

1. Nimm zunächst ein Segment und halte es zwischen Lampe und Solarmodul und miss die Beleuchtungsstärke mit dem Lichtstärkemesser
2. Decke das Solarmodul mit weiteren Segmenten ab und miss erneut die Beleuchtungsstärke
3. Beobachte die Messwerte und notiere die Veränderungen zwischen der Beleuchtungsstärke und den Messwerten in einer Excel- Tabelle
4. Wie verhalten sich die Messwerte in Abhängigkeit zur Beleuchtungsstärke?
5. Was lässt sich generell über die Messwerte bei ständig steigender Beleuchtungsstärke sagen?
6. Was kann in der Realität zur Abschattung eines Solarmoduls führen?

Schalte nun die Funktion auf *Automatikbetrieb* um und lege zwei Segmente zwischen Lampe und Solarmodul. Die Leistung der Solarzelle berechnet sich aus der Formel  $P = U \times I$ .

7. Notiere die Strom- und Spannungswerte in einer Excel-Tabelle und berechne die Leistung
8. Klicke in der Software auf *Leistungsgraph*. Das System zeichnet erneut eine Spannungs- Leistungskennlinie aus den Messwerten auf.
9. Wann hat das Solarmodul die maximale Leistung bei schwacher Beleuchtungsstärke?
10. Vergleiche die Spannungs- Leistungskennlinien aus Experiment 2 und Experiment 3 miteinander.
11. Hat sich der MPP der Solarzelle bei geringer Beleuchtungsstärke verändert? Gibt es eine generelle Aussage?
12. Ist der MPP konstant? Wovon hängt der MPP ab?

## Allgemeine Fragen zu Solarenergie

1. Was ist Solarenergie?
2. Was ist Solarstrom und was bedeutet Photovoltaik?
3. Was wird benötigt, um Solarstrom ins Stromnetz einzuspeisen?
4. Wie ist eine Solarzelle aufgebaut?
5. Erzeugt eine Solarzelle Gleich- oder Wechselstrom?
6. Wie nennt man das Bauteil, das Gleichstrom in Wechselstrom umwandelt?
7. Was ist in einen Wechselrichter für PV- Anlagen eingebaut, dass möglichst die maximale Leistung von Solarzellen erreicht wird.
8. Welche Arten von Solarzellen gibt es? Welche haben den höchsten Wirkungsgrad? Welche sind am preiswertesten?

## Verständnisfragen

1. In den Experimenten betrachten wir nur Spannungswerte. Warum bleibt der Strom immer gleich?
2. Wird die Erzeugungsrate von elektrischer Energie an jedem Tag des Jahres gleich sein? Warum oder warum nicht? Welche Lösung könnte es hierfür geben?
3. Welche physikalische Größe lässt sich durch die Strom- und Spannungswerte des Solarmoduls erreichen?
4. Wenn in einer Reihenschaltung von Solarzellen, eine Solarzelle zerstört wird, ist der Stromfluss dann unterbrochen?
5. Wie könnte man das Problem aus Frage 4 lösen?
6. Verhält sich eine Solarzelle in einer Parallel- und Reihenschaltung ähnlich wie andere Spannungsquellen, z.B. eine Batterie?
7. Wie verhält sich eine Leistungskennlinie in der Strom- Spannungskennlinie, wenn der Widerstand verdoppelt wird?



#### 8.4 Liste mit Pro- und Kontraargumenten

Argumente „Pro Solarenergie“ (vgl. Photovoltaik Web, 2015), (vgl. Solarenergiesysteme, 2015)

- CO<sub>2</sub> Emissionen werden reduziert
- Sonne als Energiequelle versiegt nicht (regenerativer Energieträger)
- Gute Rohstoffverfügbarkeit vom verwendeten Silizium
- Unabhängigkeit von begrenzten fossilen Energieträgern
- PV (ohne Nachführung) sind erprobt in mehreren Tests sehr wartungsarm
- PV-Anlagen produzieren keinen Lärm, keine Emissionen oder Gerüche
- Entsorgung stellt kein Risiko dar
- Unabhängigkeit vom Stromnetz, Überschuss kann ins Netz eingespeist werden
- Dezentrale Stromerzeugung am Verbraucherort
- PV- Anlagen sind ungefährlicher Stromerzeuger z.B. im Vergleich zu Atom
- PV-Anlagen müssen keinen Netzanschluss haben, können unabhängig vom Netz produzieren
- Wirkungsgrade der PV-Anlagen konnten in den letzten Jahren gesteigert werden, Preise für Anlagen konnten gesenkt werden
- Flexible Nutzung von Solarenergie in Form von Strom oder Wärme
- Kein Finanzierungsrisiko verglichen zum Aktienmarkt

Argumente „Kontra Solarenergie“

- Wetter-, Tages- und Jahreszeiten Abhängigkeit erfordert Energiespeicher (verbunden mit Wirkungsgradverlusten)
- Die meisten PV-Module zeigen über viele Jahre einen Leistungsverlust
- Verwendung von Wechselrichtern notwendig (da Erzeugung von Gleichstrom im PV-Modul) → Wechselrichter sind wartungsanfällig
- Hohe Investitionskosten, Amortisationsdauer 10-15 Jahre
- Strompreise aus PV-Anlagen sind oft noch höher als aus herkömmlichen Kraftwerken oder sie werden durch Subventionen nach unten getrieben
- Private PV-Anlagen bringen bürokratischen Aufwand mit sich (z.B. Einkommensteuererklärung etc.) und auch ein unternehmerisches Risiko (die Investition kann auch anders laufen als geplant)
- Geeigneter Aufstellort muss vorhanden sein (Guter Winkel zur Sonne, wenig Beschattung)
- Ästhetische Gründe können gegen eine PV-Anlage auf dem eigenen Dach sprechen

#### 8.5 Indikatoren für das Schülerverhalten

Für die Feststellung des Schülerverhaltens kann sich der Tutor an diesen Indikatoren orientieren. Wobei diese Auflistung keinen Anspruch auf Vollständigkeit stellt, sondern als Einstiegsorientierung für die Experimentierstunde gedacht ist.

## Indikatoren für Lernbereitschaft/Motivation

Der Schüler,...

Positive Indikatoren	Negative Indikatoren
... meldet sich im Unterricht.	... muss zur Beteiligung angehalten werden.
...bringt Beiträge zur Sache ein.	... zeigt Desinteresse an Inhalten des Unterrichts.
... lernt aus eigenem Interesse	... zeigt keinerlei Interesse an unbekannten Inhalten.
... lässt sich leicht anspornen	

## Indikatoren für Arbeitsverhalten

Der Schüler,...

Positive Indikatoren	Negative Indikatoren
... arbeitet konzentriert, bis er seine Aufgabe fertig hat.	... bricht eine angefangene Arbeit einfach ab.
... zeigt Ausdauer auch bei anstrengenden Arbeiten.	... übersieht leicht das Wesentliche.
... denkt erst nach, bevor er auf eine Lehrerfrage antwortet.	... zeigt keinerlei Interesse an unbekannten Inhalten.
... weiß, welche Aufgaben er bewältigen kann.	... unterbricht öfters seine Arbeit und wird dadurch nicht / sehr spät fertig.
... kennt seine Stärken und Schwächen	

Die Indikatoren entstammen dem Beobachtungsbogen zur ‚Diagnose / Förderung von Kindern und Jugendlichen mit besonderen Problemen im Verhalten‘ vom Staatlichen Seminar für Didaktik und Lehrerbildung Schwäbisch Gmünd. (vgl. Nuding, 2010, S. 185-189)