

**Lehrveranstaltung**  
**„Allgemeine Technikdidaktik“**

Wintersemester 2014/15

---

**Experimentierstation zum Thema Windenergie**

Vorgelegt von: Elmar Weber, Daniel Bleile und Ines Brandt

---



## Inhaltsverzeichnis

- 1. Motivation**
- 2. Einleitung**
- 3. Grundlagen**
  - 3.1. Klafki
  - 3.2. Schulz und Wirtz
- 4. Allgemeine Methodik**
  - 4.1. Pädagogische Prinzipien
- 5. Allgemeine Didaktik**
  - 5.1. Didaktische Analyse
- 6. Situation der Schüler**
- 7. Station „Anzahl und Stellung der Rotorblätter“**
  - 7.1. Zielsetzung
  - 7.2. Teilziele
  - 7.3. Methodik
    - 7.3.1. Anschaulichkeit
    - 7.3.2. Selbsttätigkeit
    - 7.3.3. Konzentration
    - 7.3.4. Synthese
  - 7.4. Didaktik
    - 7.4.1. Exemplarität
    - 7.4.2. Gegenwartsbedeutung
    - 7.4.3. Zukunftsbedeutung
    - 7.4.4. Struktur
    - 7.4.5. Zugänglichkeit
  - 7.5. Medien
  - 7.6. Rolle des Tutors
  - 7.7. Kommunikation zwischen Schülern

## **8. Station „Leistung und Kennlinie“**

- 8.1. Zielsetzung
- 8.2. Teilziele
- 8.3. Methodik
  - 8.3.1. Anschaulichkeit
  - 8.3.2. Selbsttätigkeit
  - 8.3.3. Konzentration
  - 8.3.4. Synthese
- 8.4. Didaktik
  - 8.4.1. Exemplarität
  - 8.4.2. Gegenwartsbedeutung
  - 8.4.3. Zukunftsbedeutung
  - 8.4.4. Struktur
  - 8.4.5. Zugänglichkeit
- 8.5. Medien
- 8.6. Rolle des Tutors
- 8.7. Kommunikation zwischen Schülern

## **9. Station „Geschichte, Funktion und Komponente“**

- 9.1. Zielsetzung
- 9.2. Teilziele
- 9.3. Methodik
  - 9.3.1. Anschaulichkeit
  - 9.3.2. Selbsttätigkeit
  - 9.3.3. Konzentration
  - 9.3.4. Synthese
- 9.4. Didaktik
  - 9.4.1. Exemplarität
  - 9.4.2. Gegenwartsbedeutung
  - 9.4.3. Zukunftsbedeutung
  - 9.4.4. Struktur
  - 9.4.5. Zugänglichkeit
- 9.5. Medien
- 9.6. Rolle des Tutors
- 9.7. Kommunikation zwischen Schülern

## **10. Ergebnissicherung**

- 10.1. Methodik
  - 10.1.1. Anschaulichkeit
  - 10.1.2. Selbsttätigkeit
  - 10.1.3. Konzentration
  - 10.1.4. Synthese
- 10.2. Didaktik
  - 10.2.1. Exemplarität
  - 10.2.2. Gegenwartsbedeutung
  - 10.2.3. Zukunftsbedeutung
  - 10.2.4. Struktur
  - 10.2.5. Zugänglichkeit

## **11. Ausblick**

## **12. Anhang**

- 12.1. Forschungsmappe

## 1. Motivation

Das Institut für Technische Physik (ITEP) unternimmt große Bemühungen und stellt erhebliche finanzielle Mittel zur Verfügung, um 2017 ein weiteres Schülerlabor zu eröffnen. Dabei steht allen voran das Thema rund um Energie im Vordergrund. So soll zukünftigen Schulklassen eine intensive Erforschung an den Themen Photovoltaik, Windenergie sowie Energiespeicher (Brennstoffzelle/Spule u.ä.) zugänglich gemacht werden, die über den „normalen“ Physikunterricht hinausgeht.

Die Bedeutung der Thematik ist dabei nicht nur als gegenwärtig zu betrachten, sondern bietet enormen Spielraum für zukünftige Forschungen. Diese Zukunftsbedeutung soll vorwiegend Mittelstufenschülern der Klasse 10 verdeutlicht werden und möglichst viel Neugierde wecken.

In Bezug auf die Technikdidaktik, sehen wir es als angehende Ingenieurpädagogen als unsere Motivation und Aufgabe, ein ausgewogenes Konzept rund um die Windenergie zu erarbeiten, welches zum einen nahezu direkt von unseren Forschungspartnern rund um Frau Rimikis am ITEP übernommen werden kann und zum anderen von nachfolgenden Studenten überarbeitet und eventuell verbessert werden kann. Außerdem soll unsere Arbeit weiterhin als Entwurf für etwaige Abwandlungen für andere Themen im Bereich Technik und Wissenschaft dienen.

Unsere Konzeption richtet sich in dem uns vorgegebenen Rahmen hauptsächlich an Gymnasialschüler der 10.Klasse. Ihnen soll eine umfassende Erarbeitung der Windkraft anhand unsererseits ausgearbeiteter Experimente und Arbeitsblätter sowie zur Verfügung stehenden Lehrvideos und anderen Materialien ermöglicht werden.

## 2. Einleitung

In der nachfolgenden Arbeit wollen wir zunächst auf für uns wichtige Grundlagen von Klafki eingehen. Diese Grundbausteine seinerseits sollen als Rahmen für unsere Konzeptionen stehen. Anschließend gehen wir auf allgemeine methodische Aspekte ein, mit Hilfe derer wir unsere pädagogischen Prinzipien erläutern. Hierbei beziehen wir uns vorwiegend auf die von Rekus und Mikhail erstellten Lehr- und Lernprinzipien.

Im weiteren Verlauf soll auf die Möglichkeit des Experimentierens im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht nach Markus Wirtz und Andreas Schulz eingegangen werden.

Des Weiteren wollen wir durch eine didaktische Analyse nach Klafki unsere getroffenen Entscheidungen überprüfen und begründen.

Bevor schließlich die einzelnen Stationen beschrieben werden, ist die Situation der am Schülerlabor zukünftig teilnehmenden Schülerinnen und Schüler erläutert.

Als erstes wird auf die Station „Anzahl und Stellung der Rotorblätter“ eingegangen, wobei zunächst Ziele und Teilziele formuliert sind und anschließend die Methodik und Didaktik besprochen wird. Ebenso verhält es sich mit der Station „Leistung und Kennlinie“ und „Geschichte, Funktionsweise, Rotorblatttypen und Komponenten“ einer Windkraftanlage.

Außerdem wird speziell die Person des Tutors ergänzt, der bei der Stationenarbeit eine essentielle Rolle einnimmt. Fortgeführt wird die Arbeit mit der Kommunikation unter den Jugendlichen und dem Medieneinsatz.

Abgerundet wird unsere Ausarbeitung durch einen Ausblick, der für weiterführende Arbeiten an diesem Thema interessant sein könnte sowie der erstellten Forschungsmappe als praktisches Pendant zu unserer theoretischen Arbeit.

### 3. Grundlagen

#### 3.1. Klafki

Wolfgang Klafki wurde am 1.9.1927 als Sohn eines Studienrats in Ostpreußen geboren. Er studierte an der Pädagogischen Hochschule in Hannover auf Lehramt und war ehrenamtlich in verschiedenen Vereinen tätig. Dadurch gewann er Einsicht in die Jugendbildung. An den Universitäten Göttingen und Bonn bildete er sich in Pädagogik, Philosophie und Germanistik weiter. Schon damals beschäftigte er sich mit historischen, kunstgeschichtlichen, psychologischen und soziologischen Fragen. Wolfgang Klafki leitete einige Forschungsprojekte und war maßgeblich an der Bildungspolitik, zur Schultheorie, Schulforschung und Schulentwicklung sowie an zentralen Fragen der Didaktik beteiligt. Er verlangt u.a. von jedem Lehrer die Beantwortung der Frage nach dem Wert des zu planenden Unterrichts für den Schüler. Hierzu hat Klafki fünf Leitlinien definiert, die im Kapitel „5.1 Didaktische Analyse“ genauer erläutert werden. Seine wissenschaftlichen Werke sind in diverse Sprachen übersetzt worden und er selbst reiste in die verschiedensten Länder, um Vorträge zu halten. Dafür bekam er eine Menge Preise und Auszeichnungen. Letztendlich ist Klafkis Beitrag zur Didaktik von großer Bedeutung, da seine Konzepte nach wie vor richtungsweisend sind.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Vgl. STÜBIG, Heinz; KINSELLA, Madeleine. *Bibliographie Wolfgang Klafki: Verzeichnis der Veröffentlichungen und betreuten Hochschulschriften 1952-2007*. DIPF, 2008.



### 3.2. Schulz und Wirtz

Grundlagen unserer Arbeiten waren Experimente des „Clean Energy Trainer“ von Heliocentris. Die dort angebotenen Experimente wurden von uns aufgearbeitet und ergänzt. Dabei spielte es eine wichtige Rolle, welche Überlegungen den Experimenten zugrunde gelegt wurden.

Markus Wirtz und Andreas Schulz gehen in ihrer Ausarbeitung auf verschiedene Modelle zum Einsatz von Experimenten im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht ein. Unter anderem wird das „Scientific Discovery as Dual Search-Modell“ (SDDS-Modell) von Klar & Dunbar (1988) vorgestellt.

Dieses Modell stellt auch die Grundlage für die von uns bearbeiteten Experimentierstationen dar.

Im SDDS-Modell wird zwischen dem Hypothesen-Suchraum, was dem theoretischen Bezugsrahmen zuzuordnen ist, und dem dem empirischen Zusammenhang zugeordneten Experimentier-Suchraum differenziert.<sup>2</sup>

„Mit der Suche im Hypothesen-Raum beginnt das Lösen eines naturwissenschaftlichen Problems, da zunächst auf der Grundlage eingeschränkten bereichsspezifischen Wissens eine überprüfbare Hypothese gebildet werden muss, mit der das vorliegende Phänomen erklärt werden kann. Der anschließende Prozess ist das ‚Testen von Hypothesen‘. Hierfür müssen Experimente geplant werden, mit denen Evidenzen hervorgebracht werden können, welche für bzw. gegen die vorliegende Hypothese sprechen. (...) Schließlich folgt die ‚Analyse von Evidenzen‘, wo entschieden wird, ob die vorliegende Hypothese akzeptiert, zurückgewiesen oder weiter geprüft werden muss.“<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> Vgl. Rieß et al. (Hrsg.): Experimentieren im Naturwissenschaftlichen Unterricht. Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten. Waxmann 2012S. 65

<sup>3</sup> Hammann et al., 2007; aus Rieß et al. (Hrsg.): Experimentieren im Naturwissenschaftlichen Unterricht. Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten. Waxmann 2012. S. 65

---

Bei der Forschung sind dabei drei wesentliche Arbeitsschritte beteiligt:<sup>4</sup>

1) **Entwicklung neuer Hypothesen:** Sollen neue Hypothesen entwickelt werden, wird entweder vorhandenes Forschungsmaterial verwendet oder Ergebnisse vorangegangener empirischer Versuche theoretisch aufgearbeitet.

2) **Hypothesentestung:** Dabei wird entsprechend der zu untersuchenden Hypothese ein Versuchsaufbau entworfen. Die Hypothese trifft dabei Aussagen über das erwartete Ergebnis des Versuchs. Dieser Arbeitsschritt beinhaltet die Bewertung, die für oder gegen die Bestätigung der Hypothese spricht.

3) **Bewertung der Evidenz:** Hierbei wird entschieden, ob die gesammelten Versuchsergebnisse für oder gegen die Hypothese sprechen oder ob noch keine eindeutige Entscheidung getroffen werden kann. Dieser Schritt wird von Klahr und Dunbar (1988) als sehr komplexen und als vielmals fehlerhaften Arbeitsschritt typisiert.

In unserer Arbeit haben wir uns in den beiden Experimenten dazu entschieden, zwischen Schritt 1 und Schritt 2 zu wechseln, um derart das Interesse der SuS aufrecht zu erhalten.

---

<sup>4</sup> Vgl.: Rieß et al. (Hrsg.): Experimentieren im Naturwissenschaftlichen Unterricht. Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten. Waxmann 2012. S. 65/66

## 4. Allgemeine Methodik

### 4.1. Pädagogische Prinzipien des Lehrens und Lernens<sup>5</sup>

<b>Lernprinzipien: Methodische Schülerperspektive</b>	<b>Lehrprinzipien: Unterrichtsmethodische Lehrerperspektive</b>
<b>ANSCHAULICHKEIT</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Welchen Wert hat die Aufgabe für mich?</li> <li>• Kann ich die Aufgabe lösen?</li> </ul>	<b>VERANSCHAULICHEN</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• An welche Erfahrungen und Werterlebnisse kann ich anknüpfen? Welche muss ich erst herbeiführen?</li> <li>• Wie kann ich die Komplexität der Aufgabe reduzieren?</li> </ul>
<b>SELBSTTÄTIGKEIT</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Welcher ist der richtige Weg, der mich zur Lösung führt?</li> <li>• Welche Hilfsmittel benötige Ich, um zum Ziel zu kommen?</li> </ul>	<b>FACHMETHODISCHES BERATEN</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Welchen Rat, Hinweis, Vorschlag, Impuls usw. kann ich dem Schüler geben, damit er den nächsten methodischen Schritt selber tun kann?</li> <li>• Welche Hilfsmittel/Medien muss ich bereithalten?</li> </ul>
<b>KONZENTRATION</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• In welchem Zusammenhang steht die Aufgabe mit anderen Fragen, die mir wichtig erscheinen?</li> </ul>	<b>FACHÜBERGREIFENDES BERATEN</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auf welche Fragen, Ausgriffe, Fach-Überschreitungen muss ich gefasst sein? Welche fachübergreifenden Hinweise kann Ich selber geben?</li> </ul>
<b>SYNTHESE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kann ich das, was ich erlebt, erkannt, verstanden und gestaltet habe, "am Ende" selber überschauen, einschätzen und beurteilen?</li> <li>• Was muss ich noch prüfen und wiederholen, üben, anwenden?</li> </ul>	<b>BEURTEILEN</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Welche Anstöße befördern das Werten der Schüler? In welcher Entwicklungsphase befinden sie sich? Welche Wertauffassung habe ich selber?</li> <li>• Welche Prüfungsaufgaben helfen dem Schüler, seinen "Stand" selbst zu beurteilen? Welche neu- und andersartigen Aufgaben erlauben ihm eine sinnvolle Wiederholung, Übung und Anwendung des Gelernten?</li> </ul>

<sup>5</sup> Rekus/Mikhail: Neues schulpädagogisches Wörterbuch. Weinheim 2013, S. 24ff

## 5. Allgemeine Didaktik

### 5.1. Didaktische Analyse

Klafki empfiehlt jedem Lehrer die Beschäftigung mit der Frage, ob sich das Unterrichtsthema für die Schüler überhaupt lohnt. Hierbei ist der Begriff „Bedeutung“ aus der Perspektive des Lernenden zum Lehrgegenstand zentral. Diese unterteilt Klafki in fünf Grundfragen, die die didaktische Analyse bei der Unterrichtsvorbereitung strukturieren:<sup>6</sup>

#### Exemplarität

- Für welches Phänomen/Prinzip soll das geplante Thema exemplarisch/ repräsentativ/ typisch sein?
- Wo lässt sich der an diesem Thema zu gewinnende Lernerfolg später anwenden?

#### Gegenwartsbedeutung

- Welche Bedeutung hat der betreffende Inhalt derzeit im Leben der Kinder?
- Welche Fähigkeiten haben sie für das betreffende Thema im Moment?
- Was wissen die Kinder bereits zu dem Thema?

#### Zukunftsbedeutung

- Worin liegt die Bedeutung des Themas für die Zukunft der Schüler?

#### Struktur

- Wie ist die Unterrichtseinheit strukturiert und warum so und nicht anders?
- In welchem größeren sachlichen Zusammenhang steht der Inhalt.
- Was muss sachlich vorausgegangen sein?
- Was folgt der Stunde nach?
- Wird aus dieser Stunde etwas aufgegriffen?

---

<sup>6</sup> Wolfgang Klafki, Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik, Basel/Weinheim (Beltz), 2. Aufl. 1991, S. 270 ff

- Welche Teilpunkte des Inhaltes werden den Schülern den Zugang zur Sache vermutlich erschweren?

### **Zugänglichkeit**

- Welche Sachverhalte/**Anschauungen/Experimente** sind geeignet, das Thema für die Schüler interessant, fragwürdig, zugänglich, begreiflich, anschaulich zu machen?

## 6. Situation der Schüler

Laut unserer Forschungspartnerin Frau Rimikis vom Institut für Technische Physik (ITEP) soll ab 2017 ein Schülerlabor zu den Themen Windkraft, Photovoltaik und Energiespeicher starten, welches sich in der Anfangsphase zunächst an gymnasiale Mittelstufenschüler der Klasse 10 richten soll und später auch für andere Schularten und Schülerinnen und Schüler (SuS) in ähnlichem Alter geöffnet werden soll.

Der Leistungsstand der SuS ist den Bildungsstandards Physik vom Landesbildungsserver Baden-Württemberg zu entnehmen.

(<http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/physik/bildungsplan/>)

Demnach stehen bei den Schülerlabor-Stationen vor allem die folgenden Fähigkeiten und Fertigkeiten im Vordergrund und sollen weiterhin geschult und verfeinert werden:

- Wahrnehmung und Messung
- Grundlegende physikalische Größen
- Strukturen und Analogien
- Naturerscheinungen und technische Anwendungen
- Technische Entwicklung und ihre Folgen
- Modellvorstellungen und Weltbilder
- Anwendungsbezug und gesellschaftliche Relevanz der Physik

Es ist unvermeidlich, dass heterogene Leistungsstandards bei den SuS auftreten. Daher wird es zukünftig die Aufgabe des Tutors sein (siehe „Rolle des Tutors“ bei den folgenden Stationen), diese zu erkennen und weiterhin jeden einzelnen zu animieren und versuchen zu fördern.

Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass die im Anhang befindliche Forschungsmappe sowie die Ausarbeitung der Stationen für gymnasiale Mittelstufenschüler der Klasse 10 ausgelegt ist und bei Bedarf für andere Schultypen angepasst werden kann.

## **7. Station „Anzahl und Stellung der Rotorblätter“**

### **7.1. Zielsetzung**

Die Schülerinnen und Schüler – im Folgenden mit SuS abgekürzt – sollen die Zusammenhänge zwischen Rotorblattanzahl, Rotorblattstellung und der daraus resultierenden Leistung einer Windkraftanlage erläutern können. Zusätzlich analysieren die SuS, welche Gebiete in Deutschland sich besonders für Windkraftanlagen eignen und welche eher ungeeignet sind.

### **7.2. Teilziele**

Verschiedene Teilziele werden mit der Arbeitsstation verfolgt. Zu den kognitiven Lernzielen gehört, dass die SuS den Zusammenhang zwischen Anzahl und Stellung der Rotorblätter verstanden haben und umsetzen können, außerdem lernen sie den Umgang mit den Versuchsgegenständen, der Software und elektrotechnischen Grundlagen durch den Aufbau des Experiments.

Zusätzlich dazu werden bei der Durchführung des Experiments affektive Lernziele erreicht. Die SuS lernen den verantwortungsvollen Umgang mit fremdem Eigentum, die Teamfähigkeit wird geschult und die analytischen Fähigkeiten im Umgang mit Windkarten werden angewandt.

### **7.3. Methodik**

#### **7.3.1. Anschaulichkeit**

Die Station soll zeigen, wie man anhand von Versuchsergebnissen Hypothesen aufstellen kann. Dafür erhalten die SuS eine festgelegte Aufgabenstellung sowie die Variablen, die verändert werden können. Dies kommt der realen Forschung schon sehr nahe, da es auch dort nur eine begrenzte Anzahl an Möglichkeiten gibt.

Die SuS arbeiten selbstständig und eigenverantwortlich an der Lösung und der Dokumentation des Experiments und erhalten nur bei Problemen oder auf Nachfrage Hinweise durch den Tutor.

### **7.3.2. Selbstständigkeit**

Die SuS werden durch die untereinander stattfindende offene Diskussion und den Fragen des Tutors, stets zum Mitdenken animiert und zum Beitragen von Ideen bzw. Vorschlägen angehalten. Außerdem sind sie dafür verantwortlich, das Ergebnis in ihrer Forschungsmappe festzuhalten.

### **7.3.3. Konzentration**

Die SuS sind seit ihrer Kindheit mit dem Prinzip der Windkraftanlage vertraut. Im Schulunterricht werden zusätzlich die elektronischen Komponenten einer solchen Anlage betrachtet. In dem Experiment soll nun dieses Wissen angewandt werden. Ein weiterer Anreiz für die SuS könnte der Versuch sein, höhere Ausgangsspannungen und damit eine höhere Leistung zu erhalten als andere Gruppen. Damit steigt auch die Motivation der Teilnehmer.

### **7.3.4. Synthese**

Die SuS haben ihr Wissen in die Station eingebracht und so eine möglichst hohe Leistung erzielt. Gesichert wird das Ergebnis durch die Formulierung eines Merksatzes, der im Gegensatz zu den einzelnen Leistungswerten zwischen den Gruppen, bei allen Gruppen gleich lauten soll. So wird sichergestellt, dass alle SuS das Prinzip verstanden haben.

## **7.4. Didaktik**

Experimente sind ein wichtiger Bestandteil naturwissenschaftlicher Forschung. Jedes Experiment muss exakt protokolliert werden, um die Ergebnisse später nachvollziehen und vergleichen zu können. Ein Protokoll ist immer ähnlich aufgebaut.

### **7.4.1. Exemplarität**

Nicht nur zur Motivation wird den Schülerinnen und Schülern gleich bei der Einführung das Modell einer Windkraftanlage vorgestellt. Anhand der plastisch dargestellten Aufgabenstellung, sollen die Jugendlichen neugierig gemacht werden und an diesem



Beispiel ein standardisiertes Experimentiervorgehen selbstständig aufbauen und verinnerlichen, um es an anderen Aufgabenstellungen anwenden zu können.

#### **7.4.2. Gegenwartsbedeutung**

Die SuS kommen während ihres Alltags ständig mit elektronischen Geräten in Berührung. Auch das Handy bzw. Smartphone lässt sich mit Hilfe der regenerativen Energieerzeugung aufladen. Keiner könnte sich das Leben ohne die Geräte vorstellen. Die Tatsache, dass Erdgas, Erdöl und Kohle begrenzt ist, ist allen bekannt. Daher muss das Interesse für die Energieerzeugung mittels Windkraft nicht erst geweckt werden, sondern ist bei den meisten SuS schon vorhanden.

#### **7.4.3. Zukunftsbedeutung**

Die Windkraft hat sich seit mehreren Jahren zu einem festen Bestandteil des deutschen Energieversorgungssystems etabliert. Desweiteren ist die Windbranche derzeit nach der Automobilindustrie der zweitgrößte Kunde der Stahlindustrie. Bis zum Jahr 2030 sollen laut der Bundesregierung rund 25 Prozent des Strombedarfs durch Windräder gedeckt werden. Daher sollen sich SuS Kenntnisse aneignen und sich mit dem Thema auseinandersetzen. Einige von ihnen könnten später in dieser Branche arbeiten. Sie werden dabei mit technisch-mathematischen Grundlagen vertraut gemacht.

#### **7.4.4. Struktur**

Es ist wichtig, dass die Grundkomponenten und deren Funktion bekannt sind, genauso wie die dazugehörigen Fachbegriffe. Durch den Modellaufbau kommen die SuS Schritt für Schritt auf den Zusammenhang zwischen Rotorblattanzahl, -stellung und der resultierenden Leistung. Dabei soll den Jugendlichen ein „Kochrezept“ für derartige Problemlösungen an die Hand gegeben werden, um die darauf folgenden Aufgaben selbstständig lösen zu können. Der Ablauf kann nur funktionieren, wenn sich alle Lernenden mit der Materie auseinandersetzen und an den Diskussionen teilnehmen.

#### **7.4.5. Zugänglichkeit**

Zur Motivation der Schüler/innen wird der Ist-Zustand (siehe Zukunftsbedeutung) dargestellt, um die Jugendlichen neugierig zu machen.

#### **7.5. Medien**

Bei dieser Station werden Arbeitsblätter aus der Forschungsmappe, der Computer, ein Modell, sowie eine Landkarte genutzt.

#### **7.6. Rolle des Tutors**

Der Tutor hat an dieser Station in erster Linie beratende Funktion. Er hält sich meist im Hintergrund, die SuS arbeiten selbstständig und können sich bei Problemen an ihn wenden. Auch wenn der Tutor sich im Hintergrund hält, so kann er die Gruppen nicht alleine lassen. Der Tutor hat mit gezielten Fragen und Denkanstößen die Gruppen in die richtige Richtung zu lenken, falls diese sich zu weit vom Thema entfernen. So wird auch sichergestellt, dass die Stationen in der vorgesehenen Zeit absolviert werden können.

#### **7.7. Kommunikation zwischen Schülern**

Bei Verständnisfragen ist es den Schülern überlassen sich mit ihren Fragen an den Tutor oder andere Gruppen, die die Station schon bearbeitet haben, zu wenden. Nicht jedoch sollen sich die SuS außerhalb der Gruppe in Diskussionen verlieren, die von der Bearbeitung der Aufgaben ablenken.

Eine Hilfe von Klassenkameraden kann aber unter Umständen eher in Anspruch genommen werden, als Hilfe eines den Schülern unbekannten Tutors.

## 8. Station „Leistung und Kennlinie“

### 8.1. Zielsetzung

Der Schüler/Die Schülerin soll auf der Basis eines Experimentes, die Variablen definieren und daraus die Leistung einer Windkraftanlage berechnen, sowie den Wertebereich der maximalen Leistung aus der Kennlinie ablesen und die daraus resultierenden Bedingungen auf ihre praktische Anwendbarkeit (Kosten, Positionierung) einschätzen können.

### 8.2. Teilziele

Der Schüler/Die Schülerin soll...

1. Dimension: Kenntnisse
  - ... die Eingangsvariablen festlegen...
  - ... die Formeln nennen...
  - ...das Layout eines Versuchsprotokolls erstellen...
2. Dimension: Erkenntnisse
  - ... das Programm nutzen...
  - ... eine Kennlinie erstellen...
  - ... einen Wertebereich aufstellen...
  - ... einen Schaltplan zeichnen...
  - ...den allgemeinen Versuchsablauf anwenden...
3. Dimension Anerkenntnisse
  - ...die praktische Anwendbarkeit der resultierenden Bedingungen einschätzen...
  - ...den Versuchsablauf auf andere Experimente übertragen

...können.

### **8.3. Methodik**

#### **8.3.1. Anschaulichkeit**

Die Station soll zeigen, wie man in der Forschung eine bestehende Hypothese angehen kann. Dabei soll das vorbereitete Experiment die Grundlage für Diskussionen geben und die Struktur der Aufgabenblätter neben den theoretischen Erläuterungen des Betreuers ein wichtiges Mittel zur Lösungsfindung sein. Außerdem lernen die Jugendlichen, wie man ein Problem in Teamarbeit gemeinsam angeht, die Herangehensweise und das Dokumentieren von Zwischenergebnissen am Beispiel des Windrades.

#### **8.3.2. Selbsttätigkeit**

Die Schüler/innen werden durch die untereinander stattfindende offene Diskussion und den Fragen des Tutors, stets zum Mitdenken animiert und zum Beitragen von Ideen bzw. Vorschlägen angehalten. Außerdem sind sie dafür verantwortlich, das Ergebnis in ihrer Forschungsmappe festzuhalten.

#### **8.3.3. Konzentration**

Den Jugendlichen sind die physikalischen Grundkenntnisse bekannt, da diese in den letzten Unterrichtsstunden von der Lehrkraft behandelt wurden. Auch die Beschreibungsmöglichkeiten der Funktionen in Form von Diagrammen und Kennlinien wurden hergeleitet und analysiert. Nun werden alle Elemente zu etwas vermeintlich Neuem zusammengesetzt. Die Schüler/innen erhalten einen kleinen Einblick, wie Ingenieure in der Forschung vorgehen. In den nachfolgenden Stationen kann auf die gelernte Ablaufstruktur zugegriffen werden.

#### **8.3.4. Synthese**

Im Verlauf der Station haben sich die Schüler/innen das zu vermittelnde Wissen und die Lösungsstrategie gemeinsam und eigenständig erarbeitet. Es ist sinnvoll, zur Festigung, das Gelernte durch Aufgaben zu wiederholen. Dies wird in den nächsten Stationen realisiert.

## **8.4. Didaktik**

Experimente sind ein wichtiger Bestandteil naturwissenschaftlicher Forschung. Jedes Experiment muss exakt protokolliert werden, um die Ergebnisse später nachvollziehen und vergleichen zu können. Ein Protokoll ist immer ähnlich aufgebaut.

### **8.4.1. Exemplarität**

Nicht nur zur Motivation wird den Schüler/innen gleich bei der Einführung das Modell einer Windkraftanlage vorgestellt. Anhand der plastisch dargestellten Aufgabenstellung, sollen die Jugendlichen neugierig gemacht werden und an diesem Beispiel ein standardisiertes Experimentierverfahren selbstständig aufbauen und verinnerlichen, um es an anderen Aufgabenstellungen anwenden zu können.

### **8.4.2. Gegenwartsbedeutung**

Die Schüler/innen kommen während ihres Alltags ständig mit elektronischen Geräten in Berührung. Auch das Handy bzw. Smartphone lässt sich mit Hilfe der regenerativen Energieerzeugung aufladen. Keiner könnte sich das Leben ohne die Geräte vorstellen. Die Tatsache, dass Erdgas, Erdöl und Kohle begrenzt ist, ist allen bekannt. Daher muss das Interesse für die Energieerzeugung mittels Windkraft nicht erst geweckt werden, sondern ist bei den meisten schon vorhanden.

### **8.4.3. Zukunftsbedeutung**

Die Windkraft hat sich seit mehreren Jahren zu einem festen Bestandteil des deutschen Energieversorgungssystems etabliert. Des Weiteren ist die Windbranche derzeit nach der Automobilindustrie der zweitgrößte Kunde der Stahlindustrie. Bis zum Jahr 2030 sollen laut der Bundesregierung rund 25 Prozent des Strombedarfs durch Windräder gedeckt werden. Daher sollen sich Schülerinnen und Schüler Kenntnisse aneignen und sich mit dem Thema auseinandersetzen. Einige von ihnen könnten später in dieser Branche arbeiten. Sie werden dabei mit technisch-mathematischen Grundlagen vertraut gemacht.

#### **8.4.4. Struktur**

Es ist wichtig, dass die Grundkomponenten und deren Funktion bekannt sind, genauso wie die dazugehörigen Fachbegriffe. Durch den Modellaufbau kommen die SuS Schritt für Schritt auf den Zusammenhang zwischen Rotorblattanzahl, -stellung und der resultierenden Leistung. Dabei soll den Jugendlichen ein Kochrezept für derartige Problemlösungen an die Hand gegeben werden, um die darauf folgenden Aufgaben selbständig lösen zu können. Der Ablauf kann nur funktionieren, wenn sich alle Lernenden mit der Materie auseinandersetzen und an den Diskussionen teilnehmen.

#### **8.4.5. Zugänglichkeit**

Zur Motivation der SuS wird der ist Zustand (siehe Zukunftsbedeutung) dargestellt, um die Jugendlichen neugierig zu machen.

### **8.5. Medien**

Bei dieser Station werden Arbeitsblätter, der Computer, ein Modell, sowie das Internet und eine Forschungsmappe genutzt.

### **8.6. Rolle des Tutors**

Der Tutor versucht sich bei den Diskussionen im Hintergrund zu halten, lenkt jedoch den Lösungsfindungsprozess durch kleinere Beiträge in die richtige Richtung. Dadurch sollen die Schüler die Chance bekommen, ihre Verantwortung für ihren Lernerfolg selbstständig wahrzunehmen. Aufgabe des Tutors ist es auch, die Jugendlichen bei den Aufgaben zu unterstützen und ihnen die Hemmnisse vor der Materie zu nehmen. Es ist jedoch wichtig, dass der Tutor keine unrealistischen Ansprüche an die Schüler stellt und diese mit einer Frage überfordert. Es ist aber auch kein Problem, wenn dieser nicht auf alle Fragen antworten kann. Des Weiteren sollte er die in der Forschungsmappe angegebenen Fachbegriffe nutzen und gegebenenfalls erklären können.

## **8.7. Kommunikation zwischen Schülern**

Es braucht nicht immer die Zuwendung des Tutors, um bei einem Problem weiter zu kommen. Die SuS dürfen, können und sollen sich gegenseitig beraten und helfen. Die Fragen stellen sich dadurch leichter, da die Hemmschwelle zwischen den Mitschüler nicht so hoch ist und diese manchmal andere Erklärungsansätze als der Tutor benutzen. Die Schüler lernen gegenseitig Verantwortung zu übernehmen.

## **9. Station „Geschichte, Funktion und Komponenten“**

### **9.1. Zielsetzung**

Die SuS sollen im Wesentlichen die Grundlagen über die Geschichte, die Funktion und die Komponenten einer Windkraftanlage wiedergeben, erklären und erläutern können. Sie sollen außerdem Zusammenhänge zwischen den Stationen herstellen können und die bereitgestellten Medien sachgemäß nutzen können.

### **9.2. Teilziele**

Der SuS sollen anhand der drei Dimensionen Kenntnisse, Erkenntnisse und Anerkenntnisse folgende Teilziele erreichen.

Kenntnisse: Die SuS sollen

- ... die geschichtlichen Meilensteine nennen,
- ... die Funktionsweise einer Windkraftanlage wiedergeben und
- ... die Komponenten einer solchen Anlage benennen sowie weiterhin
- ... die unterschiedlichen Rotorblatttypen nennen können.

Erkenntnisse: Die SuS sollen

- ... die geschichtlichen Zusammenhänge mit bisherigen Erfahrungen abgleichen,
- ... die Funktionsweise einer Windkraftanlage erklären und
- ... die Aufgaben der Komponenten erläutern sowie außerdem
- ... die Rotorblatttypen unterscheiden und ihre Merkmale erläutern können.

Anerkenntnisse: Die SuS sollen

- ... die historischen Gegebenheiten und Erfahrungen auf heute übertragen,
- ... die Funktionsweise des Getriebes auch für andere Maschinen interpretieren und
- ... Zusammenhänge herstellen können, um mit ähnlich konfrontierten Aufgaben fertig zu werden.



---

## **9.3. Methodik**

### **9.3.1. Anschaulichkeit**

Die Stationen knüpfen an bisherige Erfahrungen der SuS an und sollen darüber hinaus Werterlebnisse im Bezug zur Windkraftanlage herstellen. Dabei sollen sie mit Hilfe verschiedener moderner Medien unterschiedlichste Fragen beantworten, sowohl einzeln, als auch zusammen im Team. Die Motivation dabei ist die Aktualität des Themas sowie deren Möglichkeiten.

### **9.3.2. Selbsttätigkeit**

Die SuS werden durch die untereinander stattfindende offene Diskussion und den Fragen des Tutors stets zum Mitdenken animiert und zum Beitragen von Ideen oder Vorschlägen angehalten. Außerdem soll jeder Einzelne dafür Verantwortung tragen, dass seine Ergebnisse weitestgehend korrekt und vollständig in seine stets mitgeführte Forschungsmappe eingetragen werden.

### **9.3.3. Konzentration**

Die SuS haben erste Kenntnisse im Unterricht erlangt, die nun vertieft werden sollen. Die geschichtlichen Aspekte sollen dabei helfen, den Gegenwartsbezug zu verstehen. Die Funktionsweisen elektronischer Komponenten wurden zwar auch schon in der Schule behandelt, sollen hier allerdings selbstständig erarbeitet werden, damit das Wissen gefestigt wird. Außerdem kann fachübergreifend Bezug dazu hergestellt werden, wie sich das Thema Windkraft nicht nur technisch weiterentwickelt hat, sondern auch inwiefern wirtschaftliche Aspekte eine tragende Rolle spielen.

### **9.3.4. Synthese**

Im Verlauf der Stationen haben sich die SuS das zu vermittelnde Wissen und die Lösungsstrategien gemeinsam und eigenständig erarbeitet. Es ist sinnvoll, zur Festigung, das Gelernte durch Aufgaben zu wiederholen. Die Vielfältigkeit der Aufgaben regt auf verschiedene Weisen dazu an, eigene Erfahrungen, Schulwissen und Wissen aus den

---

anderen Stationen für die Lösungen der Aufgaben einzubringen und weiterhin können die SuS dann selbst einschätzen und beurteilen, inwieweit die Ergebnisse sinnvoll für sie sind.

## **9.4. Didaktik**

Bei den Stationen „Geschichte, Funktionsweise und Komponenten“ werden keine Experimente durchgeführt. Dennoch wird versucht eine pragmatische, legitimatorische und paradigmatische Struktur in die Stationen einzubinden, sodass die SuS angeleitet/nicht angeleitet arbeiten, Entscheidungen selbst treffen und abwägen und wissenschaftliche Forschung lernen und übertragen können.

### **9.4.1. Exemplarität**

Zur Motivation wird den SuS gleich bei der Einführung das Modell einer Windkraftanlage vorgestellt. Dazu stehen mehrere Experimentierkoffer zur Verfügung. Anhand der plastisch dargestellten Aufgabenstellung, sollen die Jugendlichen neugierig gemacht werden, um zum einen Kenntnisse aus dem Modell auch auf eine Anlage in Originalgröße zu transferieren und zum anderen Gelerntes für andere, ähnliche Aufgabenstellungen anzuwenden.

### **9.4.2. Gegenwartsbedeutung**

Die SuS kommen während ihres Alltags ständig mit elektronischen Geräten in Berührung, die direkt durch das Stromnetz oder durch Energiespeicher wie Akkumulatoren versorgt werden. Woher der Strom kommt, auf welche Arten die Energie umgewandelt wird und welche Möglichkeiten es gibt, diese langfristig zu speichern, verleihen dieser und den anderen Stationen ihre Gegenwartsbedeutung.

Sowohl Smartphones, Tablets etc. lassen sich mit Hilfe der regenerativen Energieerzeugung aufladen. Ein Leben ohne diese Geräte ist für Jugendliche kaum noch vorstellbar. Die Tatsache, dass die Erdgas-, Erdöl- und Kohleaufkommen begrenzt sind, ist mittlerweile bekannt. Daher muss das Interesse für die Energieerzeugung mittels Windkraft nicht erst geweckt werden, sondern ist bei den meisten schon vorhanden.

### **9.4.3. Zukunftsbedeutung**

Die Solarenergie sowie die Windkraft haben sich seit mehreren Jahren zu festen nicht mehr wegzudenkenden Bestandteilen der deutschen Energieversorgungssysteme etabliert. Des Weiteren ist die Windbranche derzeit nach der Automobilindustrie der zweitgrößte Kunde der Stahlindustrie. Bis zum Jahr 2030 sollen laut der Bundesregierung rund 25 Prozent des Strombedarfs durch Windräder gedeckt werden. Es ist durchaus denkbar, dass an dieser Entwicklung einige interessierte Schüler mitwirken werden. Daher sollen sich die SuS Kenntnisse aneignen und sich mit dem Thema intensiv auseinandersetzen. Dabei werden sie mit technisch-mathematischen Grundlagen vertraut gemacht.

### **9.4.4. Struktur**

Die geschichtlichen Aspekte bilden für das Verständnis, warum Windkraft seit Jahrhunderten unabdingbar ist, eine gute Grundlage. Ebenso ist es wichtig, dass die Basiskomponenten und deren Funktion bekannt sind und verstanden werden, genauso wie die dazugehörigen Fachbegriffe beherrscht und erläutert werden können. Den technischen Fortschritt können die SuS anhand verschiedener Aufgabenblätter erarbeiten und mitverfolgen.

### **9.4.5. Zugänglichkeit**

Der Experimentierkoffer bietet eine gute Möglichkeit Großanlagen modellhaft darzustellen, um zunächst ein Grundverständnis aufzubauen. Dieses Anschauungsmaterial soll Motivation, Neugierde und Arbeitsbereitschaft erregen. Ferner sollen die SuS dazu angehalten werden, über eventuelle Verbesserungsmaßnahmen zu diskutieren.

## **9.5. Medien**

Die SuS können an diesen Stationen zur Bearbeitung der Arbeitsblätter durchweg Laptops nutzen, um Informationen in Text- oder Videoform aus dem Internet zu beziehen. Die Forschungsmappe mitsamt den Arbeitsaufträgen und –blättern ist stets mitzuführen und dient der Ergebnisaufnahme in Papierform.

## 9.6. Rolle des Tutors

Dem Tutor kommt eine nicht zu unterschätzende Aufgabe zuteil. Denn er soll sicherstellen, dass die SuS so arbeiten, dass sie auch zu sinnvollen Ergebnissen kommen. Dabei soll er sich bei Schülerdiskussionen im Hintergrund halten, lenkt jedoch den Lösungsfindungsprozess durch kleinere Beiträge in die ihm zweckmäßige Richtung. Dadurch sollen die Schüler die Chance bekommen, ihre Verantwortung für ihren Lernerfolg selbstständig wahrzunehmen. In diesem Fall fungiert der Tutor also als Initiator, wobei er natürlich stets differenzieren muss, wann und ob ihm eine Hilfestellung als notwendig erscheint. Anzeichen für zu erteilende Ratschläge sind beispielsweise Unruhe bei den Zweierteams, Untätigkeit oder Fehlverständnis. Er wirkt auch dann eine „anstiftende“ Rolle, wenn er merkt, dass einige SuS zu schnell mit ihren Aufgaben fertig sind. Dann soll er nämlich durch ihm zur Verfügung stehende Zusatzfragen, die durchaus auch von komplexerer Art sein dürfen, neue Diskussionen anregen und gegebenenfalls als Moderator auftreten.

Es ist jedoch wichtig, dass der Tutor keine unrealistischen Ansprüche an die SuS stellt und diese mit einer Frage überfordert. Es ist aber auch kein Problem, wenn diese nicht auf alle Fragen antworten können. Des Weiteren sollte er die in der Forschungsmappe angegebenen Fachbegriffe nutzen und gegebenenfalls erklären können.

Er hat in diesem Sinne eine Multifunktionsrolle, in der er stets selbst ruhig bleibt, für Ruhe sorgt und die Arbeitsmoral der SuS auf einem hohen Niveau zu halten versucht.

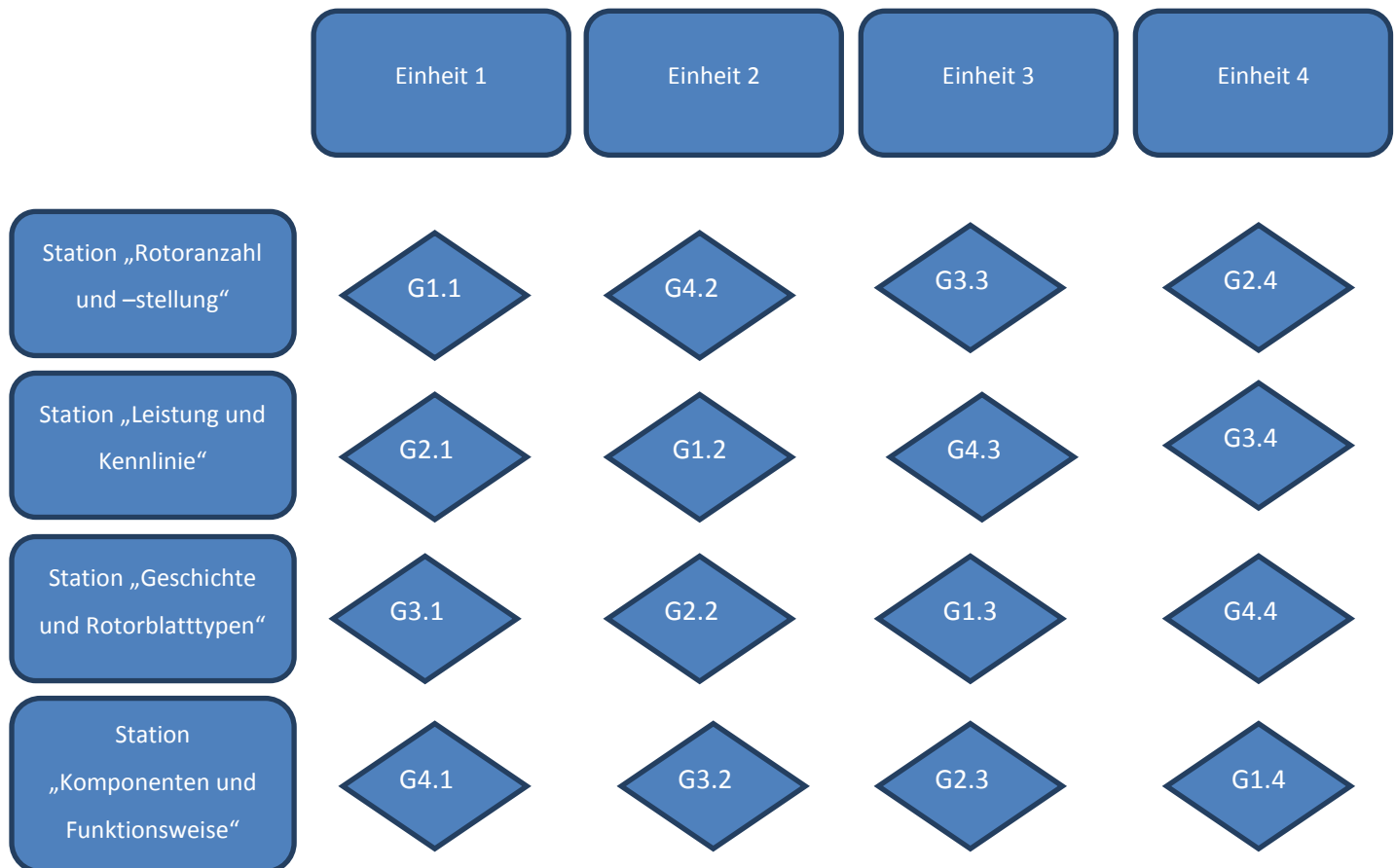
## 9.7. Kommunikation zwischen Schülern

Bei Verständnisfragen ist es den SuS überlassen sich mit ihren Fragen an den Tutor oder an andere Gruppen, die die Station schon bearbeitet haben, zu wenden. Nicht jedoch sollen sich die SuS außerhalb der Gruppe in Diskussionen verlieren, die von der Bearbeitung der Aufgaben ablenken.

Eine Hilfe von Klassenkameraden kann aber unter Umständen eher in Anspruch genommen werden, als die Hilfe eines den SuS unbekannten Tutors.

## 10. Ablaufmatrix

Das folgende Schaubild soll in Anlehnung einer Organisationsmatrix verdeutlichen, welche Abläufe der Stationen möglich sind.



Zur Erklärung der Matrix:

Die linke Spalte zeigt die verschiedenen Stationen auf. Die oberste Zeile weist auf die „Einheiten“ hin, hier also die aktuelle Anzahl der Stationen, die durchlaufen wurden. In den Rauten steht jeweils das Kürzel der Gruppe, also G1 für Gruppe eins, wobei die zweite Zahl wieder angibt, wie viele Einheiten durchlaufen wurden bzw. bei der wievielten Einheit sich die Gruppe befindet (Erinnerung: Eine Gruppe besteht aus 2 SuS).

Wie die Matrix zu erkennen gibt, durchläuft Gruppe 1 also die Stationen in folgender Reihenfolge: „Rotoranzahl und –stellung“, „Leistung und Kennlinie“, „Geschichte und Rotorblatttypen“ und zuletzt die Station „Funktionsweise und Komponenten“. Die anderen Gruppen sind analog zu verstehen.

Wir haben während unserer Arbeitsphase oftmals über sinnvolle Abläufe diskutiert, mit dem Ziel, dass wir die Stationenfolge nicht an einen einzigen „wahren“ Lernfortschritt binden

wollen, sondern dass wir den Lernzuwachs unabhängig von der Reihenfolge der zu durchlaufenden Stationen garantieren wollen. Dieses Ziel geht einher mit unseren didaktischen Entscheidungen, wie wir unsere Experimente und Theoriephasen konzipiert haben.

So steht – wie schon teilweise in den vorigen Kapiteln erwähnt – die Station „Leistung und Kennlinie“ für „Hypothese überprüfen“, bei der die SuS aufgestellte Hypothesen aus empirischen, also erfahrungsbasierten Gegebenheiten wissenschaftlich überprüfen sollen. Hierbei gibt es nun unserer Empfindung nach eben vier zu unterscheidende Möglichkeiten:

- Entweder durchläuft eine Gruppe diese Station zu Beginn oder
- nach einer bereits absolvierten Station oder
- nach bereits zwei durchlaufenen Stationen oder
- am Ende.

Im ersten Fall haben die SuS noch keinen Lernzuwachs durch andere Stationen des Schülerlabors erfahren, sodass sie diese ganz unbelastet beginnen können. Dabei ist der Schwierigkeitsgrad für SuS der Klasse 10 angepasst. Durch Instruktionen, eigene Erfahrungen, Erkenntnisse aus dem Unterricht oder durch den Tutor sind die SuS in der Lage, diese Station gut zu bewältigen.

Hat diese Gruppe bereits eine Station oder gar mehrere absolviert, z.B. „Rotorzahl und -stellung“ (entspricht der Fähigkeit „Hypothese aufstellen“) oder „Geschichte und Rotorblatttypen“ (entspricht „Dokumentieren/Protokollieren“) oder „Komponenten und Funktionsweise“ (entspricht „Erkennen und Urteilen“), so haben die Mitglieder dieser Gruppe bereits Erfahrungen und Lernfortschritte gemacht, die ihnen für die neue Station zum einen hilfreich sein können und zum anderen alternative Lösungsfindungen aufzeigen.

Dieser Prozess sei analog auf die weiteren Hergänge zu übertragen!

Der kontinuierliche Lernzuwachs von Station zu Station ist bei jedem Jugendlichen selbstverständlich anders, also passiert schneller oder langsamer. An dieser Stelle sei wieder auf die essentielle Rolle des Tutors verwiesen, der in der Lage sein soll zu erkennen, inwiefern die SuS Erfahrungen und Fortschritte aus anderen Stationen eventuell nutzen und dadurch schneller fertig werden oder die „langsameren“ SuS eben dafür sensibilisiert.

Im folgenden Kapitel Ausblick sind weiterführende Überlegungen aufgeführt.

## 11. Ausblick

Die im Anhang befindliche Forschungsmappe kann als Vorschlag eines didaktisch und methodisch aufgearbeiteten Konzeptes für ein Schülerlabor betrachtet werden. Sie beschreibt den Rahmen zum Thema Windenergie und kann als Leitfaden für die genauere Planung und Durchführung Anwendung finden. Sie erhebt nicht den Anspruch einer abgeschlossenen Arbeit, sondern kann in vielerlei Richtungen verfeinert und erweitert werden. Vorranging wurde nämlich bei der Erstellung des Konzeptes darauf geachtet, den Ablauf möglichst flexibel zu halten, um unserer Forschungspartnerin Frau Rimikis und den nachfolgenden Studenten (die an dem Projekt weiter arbeiten werden) Gestaltungsmöglichkeiten aufzuzeigen. Diese können nach Klärung einiger bis jetzt offenen Variablen, wie zum Beispiel den tatsächlichen räumlichen Begebenheiten (die Gruppen können parallel an der gleichen Einstellung arbeiten) und den von den Lehrern/Tutoren/Wissenschaftlern vorgegebenen zeitlichen Rahmen (es können Aufgaben bzw. Stationen weggelassen werden), passend ausgewählt werden. Im Anschluss sollen deshalb Denkanstöße gegeben werden, wie eine solche Fortsetzung gestaltet werden kann. Trotzdem wurden schon jetzt zu Beginn dieses Vorhabens konkrete Vorschläge ausgearbeitet. Die Hintergründe der Überlegungen sind der vorliegenden Dokumentation zu entnehmen.

Erst nachdem die ersten Schüler in dem Labor waren, kann eine Evaluation durchgeführt werden, die die Qualität des Konzeptes verbessern wird. Diese kann aber auch dazu beitragen eventuelle Missstände zu klären und die Aufgabenstellungen weiterzuentwickeln. Jedoch muss die Evaluation im Vorfeld erstellt werden und dadurch auch die Qualitätskriterien erforscht werden, um diese letztendlich auszuwerten und zu interpretieren.

Einen weiteren großen Teil der Weiterentwicklung sehen wir in den Fragestellungen und den Abläufen der Stationen. Die Verbesserung könnte darin bestehen, sich weitere verschiedene Wege durch die Stationen zu überlegen und die Stationen didaktisch so aufeinander aufbauen zu lassen, indem die Inhalte der Forschungsmappe dementsprechend geändert werden.

Desweiteren müssen die verwendeten physikalischen Formeln auf ihre korrekte Darstellungsweise geprüft werden.

Nichtsdestotrotz liegt ebenfalls ein großer Anteil zum Gelingen des Projektes in den Händen der betreuenden Personen. Daher sollte für die Tutoren eine Schulung gestaltet werden. Um ihnen bei der Entscheidung des weiteren Vorgehens unter die Arme zu greife ist es auch sinnvoll bestimmte Indikatoren zu beschreiben, anhand derer die Betreuer den Leistungsstand der Schüler erkennen können.

Ein weiterer Ansatzpunkt für weitere Arbeiten stellt die didaktische und methodische Aufarbeitung der Ergebnissicherung dar. Dieser Abschnitt, der bei der Durchführung unbedingt durchgeführt werden sollte, wird von uns nur in der Forschungsmappe kurz angeschnitten und nicht weiter vertieft. Dennoch ist der Abschnitt wichtig um sicherzustellen, dass alle Gruppen auch zu den richtigen Ergebnissen gekommen sind. Dort lassen sich noch Fragen nach der Methodik, Didaktik oder dem Zeitumfang stellen und beantworten. Möglichkeiten wären beispielsweise ein Vortrag durch den Tutor oder eine gegenseitige Präsentation der einzelnen Gruppen. Dabei ließen sich die einzelnen Ergebnisse vergleichen und diskutieren.

Wir hoffen, dass das Konzept die Grundlage eines modernen und zielgerichteten, außerschulischen Wissenszuwachses ist und die Schüler nicht nur fachliche Kompetenzen dazu gewinnen, sondern auch methodische. Des Weiteren sollen sie motiviert werden, sich mit der Materie auseinander zu setzen, die Zukunftsbedeutung derer verstehen und durch das eigenverantwortliche Handeln Kompetenzen dazu gewinnen.



## **12. Anhang**

### **12.1. Forschungsmappe**