



**Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung  
(IMST-Fonds)**

**S3 „Themenorientierung im Unterricht“**

---

# **KLEINKRAFTWERK**

**ENDBERICHT**

**ID 481**

**Hermann Steier**

**Rudolf Steiner Landschule Schönau**

Wien, 28.5.'07

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>2</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>4</b>
<b>1 EINLEITUNG</b> .....	<b>5</b>
<b>2 AUSGANGSSITUATION</b> .....	<b>6</b>
2.1 Das Kraftwerk .....	6
2.2 Die 9. Klasse .....	6
2.3 Vorgeschichte IMST und anfängliche Probleme .....	6
<b>3 ZIELE</b> .....	<b>7</b>
3.1 Methodenvielfalt im Unterricht.....	8
3.2 Fächerverbindendes Lernen .....	9
<b>4 AKTIONSPLAN UND AKTIVITÄTEN</b> .....	<b>9</b>
4.1 Inhaltsübersicht.....	9
4.2 Methodik .....	10
4.3 Projektablauf .....	11
4.4 Bezug zu den Zielen .....	12
4.5 Bezug zum Waldorf-Lehrplan.....	14
4.6 Bezüge zum AHS-Lehrplan.....	15
<b>5 EVALUATION</b> .....	<b>17</b>
5.1 Methodik .....	17
5.2 Ergebnisse .....	18
5.2.1 Fragebogen.....	18
5.2.2 Heftführung .....	19
5.2.3 Schriftliche Tests.....	19
5.2.4 Elternrückmeldungen .....	20
5.2.5 Eigene Beobachtung.....	20
5.2.6 Externe Evaluation.....	20
5.2.7 Bezug zu den Zielen .....	21
5.3 Interpretation.....	22
5.3.1 Fragebogen.....	22

5.3.2 Heftführung .....	24
5.3.3 Schriftliche Tests.....	24
5.3.4 Elternrückmeldungen .....	24
5.3.5 Eigene Beobachtungen.....	24
5.3.6 Externe Evaluation .....	24
<b>6 RESÜMEE / AUSBLICK.....</b>	<b>26</b>
<b>LITERATUR .....</b>	<b>27</b>
<b>ANHANG.....</b>	<b>28</b>

## ABSTRACT

*Eine Vielzahl elektrischer Geräte umgibt uns. Wir bedienen sie, aber verstehen nicht, wie sie funktionieren. Darum soll gerade die unanschauliche Elektrizitätslehre möglichst praktisch unterrichtet werden. Den Schüler/innen wird so die Scheu genommen und die Erfahrung vermittelt auch im Bereich hinter der „Benutzeroberfläche“ selbst agieren zu können. Dazu wurde der Stromkreislauf von seiner Quelle im Kleinkraftwerk an der Schule ausgehend untersucht und auf der Verbraucherseite durch das eigenständige Bauen eines Motors aus einfachsten (Draht-)Teilen begriffen. Indem der Motor wieder als Generator verwendet werden kann, schließt sich der Kreislauf des Wissens.*

Schulstufe: 9

Fächer: Physik

Kontaktperson: Hermann Steier

Kontaktadresse: Rudolf Steiner Landschule Schönau

Kirchengasse 22

A-2525 Schönau an der Triesting

Tel. 02256 - 62181

Schüler/innen: 21

# 1 EINLEITUNG

In einem dreiwöchigen Unterrichtsprojekt wurde täglich zwei Stunden lang die Elektrizitätslehre bearbeitet. Ziel war, gerade diesen Stoff möglichst lebenspraktisch zu unterrichten, um eine eigenständige Auseinandersetzung zu fördern, die wiederum ermöglicht, das Wissen nicht nur abstrakt aufzunehmen, sondern Sicherheit gibt, im Feld der elektrischen Geräten auch selbst etwas herstellen zu können und nicht nur Anwender zu sein. Dadurch und durch Einbindung eines möglichst breiten Kontextes sollte eine gefühlsmäßige Verbindung mit dem erworbenen Wissen ermöglicht werden. Zusammen ergibt sich daraus die Möglichkeit, im Unterricht persönlich befriedigende, praktisch anwendbare Erfahrungen zu machen, die die Freude am Fach und an Schule überhaupt heben.

Das Kernstück des Projektes war das selbständige Bauen eines einfachen Elektromotors aus sehr simplen (Draht-)Bauteilen durch jede Schülerin und jeden Schüler. Die Arbeit daran stieß bei fast allen auf großes Interesse und Freude. Einige wurden zu weiterführendem Experimentieren und Basteleien angeregt.

Das Projekt ist in diesem Rahmen weitgehend erfolgreich verlaufen, der Weg da hin war aber nicht einfach. Durch viele hinderliche Ereignisse bis hin zum Tod eines Kollegen und der schweren Erkrankung einer Projektmitarbeiterin musste die Planung mehrfach umgeworfen werden und ergab sich in der umgesetzten Form erst kurz vor Projektbeginn, bzw. teils auch erst während des Projektes und wurde teils erst beim Schreiben des Berichtes Monate später als klare Struktur herausgearbeitet.

Nichtsdestotrotz verlief das Projekt keineswegs chaotisch oder zufällig und brachte auch schöne Resultate. Für die strukturelle und finanzielle Hilfe dazu sei dem MNI-Fonds an dieser Stelle mein herzlichster Dank ausgesprochen.

## **2 AUSGANGSSITUATION**

### **2.1 Das Kraftwerk**

Am Schulgelände befindet sich ein Kleinkraftwerk, das an einem Seitenarm der Triesting Strom für die Schule und einige andere Gebäude erzeugt. Der Kraftwerksbereich ist den Kindern normalerweise nicht zugänglich, er sollte im Projekt für den Unterricht nutzbar gemacht werden.

Das Kraftwerk wird ehrenamtlich von einem Schul-Vater gewartet und betreut. Dies bedeutet einen erheblichen Zeitaufwand, der von der Schule nicht abgegolten werden kann. Aber auch für das IMST-Projekt erklärte er sich gerne zu einer Führung im Kraftwerk bereit.

### **2.2 Die 9. Klasse**

Der Tutor (= Klassenvorstand) der 9. Klasse (= 9. Schulstufe) ging mit Ende des ersten Semesters in Pension. Gemeinsam mit einer erfahrenen Kollegin übernahm ich die Klasse. Ich hatte die Klasse dieses Jahr erstmals unterrichtet. Jede Woche hielt ich zwei Mathematik-Stunden. Die anderen zwei Stunden werden jeweils geblockt in 3-wöchigen „Epochen“ gehalten.

Der Mathematik-Unterricht war anfangs nicht ganz einfach, da ich mir grundsätzlich mit den Größeren leichter tue und die Klasse sehr an den Stil des Tutors gewöhnt war, zu dem auch eine starke persönliche Bindung bestand. Außerdem waren mir zwei Stunden die Woche zu wenig, um für ein so sperriges Fach wie Mathematik einen guten Zugang zu den Jugendlichen aufzubauen.

Dennoch war in diesem Jahr mein Verhältnis zur 9. Klasse besser als in den zwei Jahren davor, als ich jeweils nur zweimal drei Wochen für Physik bzw. Elektronik in den jeweiligen Klassen war. Und der Unterricht hatte zudem teilweise nachmittags stattgefunden, wo die Konzentrationsfähigkeit und Arbeitsbereitschaft ohnehin reduziert ist.

Das Physik-Projekt „Kleinkraftwerk“ gleich zu Beginn des zweiten Semesters war somit mein Einstieg als Klassenvorstand und eine gute Gelegenheit, ein besseres und engeres Verhältnis zur Klasse aufzubauen. Dies war begünstigt durch den Umstand, dass in diesen drei Wochen die anderen Oberstufen-Klassen in Praktika waren und ich mich ganz auf die 9. Klasse konzentrieren konnte. Jeden Tag waren zwei Projekt-Stunden am Morgen und pro Woche zwei Mathematik-Stunden und eine „Tutorstunde“. In Tutorstunden werden Probleme in der Klasse sowie Organisatorisches besprochen.

### **2.3 Vorgeschichte IMST und anfängliche Probleme**

Im Schuljahr 2005/6 habe ich das IMST Projekt „Geländevermessung“ mit der damaligen 10. und 11. Klasse unserer Schule durchgeführt und war vom Erfolg des Projektes insgesamt und von der Förderung durch IMST begeistert. Im folgenden Schuljahr konnte kein Vermessungsprojekt durchgeführt werden, da die nunmehrige 10. Klasse zu klein war, um den nötigen Aufwand leistbar zu machen. Ich konnte aber

drei Kollegen für IMST begeistern und wollte auch selbst wieder ein Projekt einreichen.

Im großen Projekt des Vorjahres war mir nicht klar geworden, dass IMST auch kleine Unterrichts-Sequenzen fördert und ich nahm mir wieder ein umfangreiches Projekt vor. Leider war die Schule am Beginn des Schuljahres mit dem unerwarteten Verlust einer Fach-Lehrerin konfrontiert. Darüber hinaus ging ein Kollege, mit dem ich mein Projekt gemeinsam durchführen wollte (Parallel-IMST-Projekt „Bachökologie“) früher als erwartet in Pension und die Übergabe des Projektes an seinen Nachfolger verlief sehr unglücklich. Die Wissenschaftlerin Eva Horvatic, mit der ich schon erfolgreich in der ProVision-Erweiterung meines letzten IMST-Projektes kooperiert hatte und die das Bach-Ökologie-Projekt und die Evaluation meines Projektes geplant hatte, erkrankte schwer und musste einige Wochen im Spital verbringen, wodurch leider bei der ProVision-Erweiterung der Projekte „Bachökologie“ und meines Projektes Fristen versäumt wurden, sodass beide nicht bewilligt wurden. Das Evaluationskonzept war aber wesentlich auf die für beide Projekte gemeinsam geplante wissenschaftliche Projektbegleitung ausgerichtet, die auch von Frau Horvatic angeleitet werden hätte sollen und nicht zustande kam.

Schließlich verstarb im Jänner völlig unerwartet ein Kollege, der selbst ein IMST-Projekt für den Physik-Unterricht eingereicht hatte. Aus der schwierigen personellen und der katastrophalen finanziellen Situation der Schule (unerwartet nötig gewordene Umbauten hätten fast zum Konkurs geführt), die es unmöglich machte, kurzfristig Ersatzkräfte zu finden, ergab sich, dass ich mich genötigt sah, in diesem Schuljahr wesentlich mehr Unterrichtsstunden zu halten, als ich wollte und mir außerdem wesentliche Helfer, auf die ich mich verlassen hatte, abhanden gekommen waren.

Zum Glück hatte ich mittlerweile beim IMST-Projektworkshop erfahren, dass es insbesondere im Schwerpunkt 3 möglich ist, statt großer Projekte auch kürzere Unterrichtssequenzen als IMST-Projekt abzuwickeln. Ich machte mich also daran, meinen Projektplan zu überarbeiten und neu auszurichten.

### 3 ZIELE

Die Zielsetzung des Projektes wurde für den Projektworkshop anhand zweier MNI-relevanter Projektmerkmale neu ausgerichtet. Diese werden in den beiden folgenden Unterkapiteln im Einzelnen beleuchtet.

Als Gesamtziel des Projektes können die Einzelziele auf folgende Formel gebracht werden:

***Die Freude der Schülerinnen und Schüler am Unterricht und ihr Interesse am Fach (und somit am verstehenden Durchdringen der technischen Lebenswelt) sollen erhöht werden. Und zwar nicht nur äußerlich, oberflächlich, sondern durch Anregen einer selbständigen Auseinandersetzung, durch Erwerben praktisch anwendbaren Wissens und durch eine gefühlsmäßige Verbindung mit den Inhalten.***

Natürlich kann hier nur von (minimalem) „Erhöhen“ und nie von „endgültigem Erreichen“ die Rede sein.

### 3.1 Methodenvielfalt im Unterricht

Im Unterricht soll durch die Vielfalt der verwendeten Methoden das Interesse der Jugendlichen für Physik und Elektrotechnik im Besonderen erhöht werden. Insbesondere sollen Methoden zur Anwendung kommen, die eine selbständige Auseinandersetzung anregen. Die Vielfalt soll unterschiedlichsten Charaktertypen die Möglichkeit geben, ihre Stärken einzubringen und eine gefühlsmäßige Verbindung mit ihrer Arbeit einzugehen.

Die vorgesehenen Methoden sind:

1. Rhythmisch-künstlerische Elemente, um die Aufmerksamkeit zu sammeln. Indikator: Eintreten von Stille und konzentrierte Arbeits-Atmosphäre.
2. Offenes Unterrichtsgespräch, um alle in den Arbeits-Prozess zu führen oder Material zu sammeln. Indikator: Gesprächsbeteiligung der Klasse.
3. Frontalunterricht mit Tafelabschrift ins Heft, zum Verbreitern der gemeinsamen Wissensbasis und Festlegung des relevanten Prüfungsstoffes. Indikator: Verfügbarkeit des Wissens im Weiteren.
4. Stillarbeit an Übungsmaterial zum Vertiefen des Theorie-Verständnisses. Indikator: Tests.
5. Lösen von Übungsaufgaben durch einzelne Schülerinnen oder Schüler an der Tafel (mit Unterstützung durch den Lehrer), um Selbstsicherheit im Auftreten zu fördern und anzuregen, dass das vorgezeigte Können als eigene Leistung vor der Gruppe erlebbar wird, somit eine positive Identifikation mit den Inhalten erreicht. Indikator: Bereitschaft freiwillig an die Tafel zu kommen, Beobachtung der Stimmung des Jugendlichen beim Arbeiten an der Tafel.
6. Praktische Arbeit alleine und in Gruppen, um durch die Anwendung des Gelernten das Wissen nicht als bloße Theorie zu vermitteln und umgekehrt das Gelernte leichter aufnehmbar zu machen, da es an zuvor praktisch durchgeführtes anknüpft. Indikatoren: Arbeitsatmosphäre und Qualität der praktischen Arbeitsergebnisse sowie Beteiligung bei den folgenden Theorie-Arbeiten.
7. Individuelle Zusatzaufgaben für Einzelne, um die eigenständige Auseinandersetzung mit einem Gebiet zu fördern sowie zur einfacheren Leistungsdifferenzierung. Indikator: Bereitschaft, zusätzliche Aufgaben zu lösen.
8. Vorlesen von Auszügen aus der Biographie eines relevanten Forschers, um auch eine zeitlich-kulturgeschichtliche Verbreiterung des Themas zu erreichen und so Identifikationsmöglichkeiten für die Jugendlichen zu schaffen, die über den rein technischen Wissensinhalt hinausführen. Indikator: Ruhe beim Vorlesen.
9. Erstellen freier eigenständiger Aufsätze zu Unterrichtsthemen, um die selbständige Verarbeitung des Wissens zu fördern und es aus der Ebene des Stichworthaften und Vereinzelteten herauszuführen. Indikator: Qualität der Aufsätze hinsichtlich der Vernetzung und Durchdringung verschiedener Aspekte sowie Klarheit im Ausdruck und der Darstellung der technischen Sachverhalte.
10. Gastbeiträge von Menschen aus dem Berufsfeld, um den Blick auf das größere Umfeld zu eröffnen sowie Besichtigung des Kraftwerks um eine konkrete größere Anwendung im Lebensbereich der Schüler zu zeigen. Indikator: Ruhe und



Interesse beim Vortrag, Qualität und Zahl der Fragen aus der Klasse an die Vortragenden.

11. Schriftliche Prüfungen zur Kontrolle des Verständnisses. Indikator: Übereinstimmung der Noten mit den Erwartungen von Lehrer und Jugendlichen.

## **3.2 Fächerverbindendes Lernen**

Durch Verbindung des Projektes mit dem parallelen MNI-Projekt „Bachökologie“ sollen den Schülern Querverbindungen zur Biologie sichtbar gemacht werden und die Lerninhalte in einen größeren Zusammenhang gestellt. Das Interesse für ein Fachgebiet soll mit einem gesunden Interesse für die Welt überhaupt verbunden werden. Dadurch wird das erworbene Wissen praktisch anwendbar und es entsteht eine gefühlsmäßige Verbindung mit den Inhalten.

Weitere Querverbindungen werden durch die oben genannten Unterrichtsmethoden hergestellt: durch 1 zum Kunstunterricht, in 4 und 5 wird an den Mathematikunterricht angeknüpft, durch 8 zum Geschichtsunterricht, durch 9 zum Deutschunterricht und in 10 zur Wirtschaftskunde.

Indikatoren für die Erreichung dieser Ziele sind nur, ob die Methoden tatsächlich eingesetzt werden konnten und ob sie von den Schülern angenommen wurden. Letzteres wird durch die Konzentration und Arbeitsfreude in den einzelnen Arbeitsphasen beobachtet.

# **4 AKTIONSPLAN UND AKTIVITÄTEN**

## **4.1 Inhaltsübersicht**

Das Projekt wurde als Teil der „Physik-Epoche“ durchgeführt. Diese dauerte drei Wochen (12.2.-2.3.2007). In diesen wurde täglich eine Doppelstunde Physik unterrichtet und zwar montags von 10:10-11:50 und Dienstag bis Freitag von 8:10 bis 9:50.

Im Rahmen des IMST-Projektes sollten in den ersten zwei Wochen der Epoche die Grundlagen der Elektrotechnik anhand von Generator, Elektromotor und Telefon vermittelt werden und in der dritten Woche die Grundbegriffe der Thermodynamik anhand der Dampfmaschine und der Verbrennungsmotoren.

Der Zeitplan wurde aber nicht eingehalten und die Arbeit an dem Projekt erstreckte sich schließlich über alle drei Wochen.

Die Grundgrößen Ladung, Spannung, Strom, Widerstand und Leistung wurden erklärt und ihre Verbindungen verdeutlicht. Aus dem Ohmschen Gesetz und der Definition der elektrischen Leistung wurden verschiedenste praktische Anwendungsrechnungen entwickelt. Daraus wurde der Weg des Stromes vom Kraftwerk bis zum Verbraucher und zurück klar gemacht und Anwendungen im Haushalt verständlich gemacht. Funktionsweise und Aufbau verschiedener Turbinentypen, sowie von Generator und Motor wurden erklärt. Als praktische Arbeit stellte jede Schülerin und jeder Schüler aus einfachsten Mitteln einen funktionsfähigen Motor her.

Mit einem Fragebogen unmittelbar vor und vier Wochen nach der Epoche wurde anonym evaluiert. Am Ende der Epoche fand ein schriftlicher Test statt.

## 4.2 Methodik

Der Aufbau des Projektes folgt den Prinzipien der Waldorfpädagogik<sup>1</sup>. Der Mensch soll als Ganzer gebildet werden.

Es soll nicht nur sein Verstand geschult werden, sondern auch seine Gefühlstiefe (und die davon abhängige soziale Kompetenz) und seine Tatkraft, sein Wille. Dazu ist nötig, ihm nicht nur Wissen zu vermitteln, sondern ihm die Möglichkeit zu geben, gegenüber den Unterrichtsinhalten ein persönliches Verhältnis zu entwickeln und in diesem Feld eigenständig zu gestalten.

Anders betrachtet heißt das, es soll in der Unterrichtsgestaltung auch auf die Bedürfnisse des Gemüts und der Willensnatur des Kindes Rücksicht genommen werden, nicht nur auf die des Intellekts. Daraus hat sich folgende Unterrichts-Struktur entwickelt<sup>2</sup>:

Der Unterricht findet in sogenannten „Epochen“ statt: Über drei Wochen hindurch sind die ersten zwei Unterrichtsstunden dem selben Fach und Inhalt gewidmet. Diese Kontinuität soll eine tiefer gehende Verbindung mit dem Inhalt ermöglichen, sowie eine freiwillige Beschäftigung über das Ende der Stunde hinaus begünstigen, da dieses Hauptthema eben eine ganze Weile über präsent bleibt.

Zwischen den beiden Stunden ist keine Pause, sondern die Konzentrationsfähigkeit wird durch eine abwechslungsreiche Gliederung gefördert. Auch dies soll die Verbindung unterschiedlicher Aspekte zu einem Ganzen fördern, die nicht bloß nebeneinander stehen und auch noch durch Pausen getrennt werden. Ein im Waldorfunterricht gängiges Schema der Gliederung (das für dieses Projekt versucht wurde zu erreichen) ist beispielsweise das folgende:

Die Stunde beginnt mit persönlicher, individueller Kontaktaufnahme durch den Lehrer, gefolgt von einem gemeinsamen künstlerisch Einstieg, wie dem Sprechen von Gedichten oder anderen rhythmischen, musikalischen oder Sprachübungen, die möglichst schon irgendeinen Bezug zum Späteren herstellen. Dies kann auch Kopfrechnen oder ähnliches sein (10-15min). Sinn dieser Phase ist, die Schülerinnen wach und konzentriert zu machen, eine Zäsur gegenüber ihren Alltagsgesprächen zu setzen und eine Synchronität als gemeinsamen Ausgangspunkt zu schaffen.

Darauf folgt eine kognitive Phase und den Abschluss bildet möglichst eine zum Thema passende Schilderung, die kein unmittelbarer Lehrstoff ist, etwa Biographisches oder anderes aus der Wissenschaftsgeschichte (5-10min). Dieser Abschluss soll dazu beitragen, dass sich das Gelernte noch etwas „setzen“ kann und nicht gleich von einem neuen Eindruck weggewischt wird (in der Pause oder der nächsten Stunde). Dadurch soll eine emotionale Auseinandersetzung mit dem Unterrichtsgebiet angeregt werden.

Der kognitive Teil ist wiederum gegliedert in einen ersten Abschnitt, der den Bezug des Folgenden zum Kontext herstellt. Also eine Anknüpfung an ein Alltagsthema, eine Unterrichtsstunde eines anderen Faches oder eben die klassische Wiederholung

---

<sup>1</sup> siehe [4]

<sup>2</sup> siehe [4], Abschnitt I, „Lehr- und Lernprozesse“, S. 29ff

aus der letzten Stunde. Dazu gehört auch die Exposition eines neuen Themas oder ein Vorblick.

Darauf folgen meist drei Abschnitte, die jeweils erstens Eigenaktivität oder Beobachtung, zweitens Beschreibung oder gegenseitigen Austausch und drittens Reflexion oder das Finden von Gesetzmäßigkeiten enthalten. Es sollen so Denken, Fühlen und Wollen gefordert werden. Die Reihenfolge kann dabei variieren. Oft steht ein interessanter Versuch, wo vorerst nur zu Beobachten ist, gerade am Ende, um das Interesse zu wecken und über die Stunde hinauszutragen. Die Beschreibung könnte dann auch Hausaufgabe sein und die Erklärung sowie Schlussfolgerungen am nächsten Tag erarbeitet werden. Die Eigenaktivität kann auch in einer Übungsphase bestehen, wo das Gelernte angewandt wird.

Dabei soll gleichzeitig darauf geachtet werden, dass die Stunde nicht überstrukturiert wird. Die Lehrerin oder der Lehrer sollen möglichst viel Freiraum lassen, auf die Bedürfnisse der Klasse und der Einzelnen reagieren zu können. Dies kann erfolgen durch Eingehen auf Fragen, alternativ-Konzepte, wenn etwas nicht „ankommt“ oder Zusatzaufgaben für Unausgelastete. Diese Gliederung insgesamt ist also kein Korsett, sondern ein Rahmen, der Form geben kann, wenn etwas da ist, das ihn passend ausfüllt. Andernfalls wird diese Struktur frei variiert.

Es wurden auch einige Anregungen von Martin Wagenschein im Projekt aufgegriffen.<sup>3</sup> Die Elektrizitätslehre wurde *Exemplarisch* am Elektromotor eingeführt. *Genetisch* wurde dies im Kontext von Ökologie und Geschichte entwickelt und die Unterrichtsgespräche waren *Sokratisch* geführt.

### 4.3 Projekttablauf

Der Unterricht wurde gemäß den in 3.1 und 4.2 beschriebenen Grundsätzen gestaltet. Dafür wurden in den Sommerferien sowie im Laufe des Schuljahres davor immer wieder Materialien und Ideen gesammelt. Insbesondere stieß ich auf die Motorbausätze der Pädagogischen Forschungsstelle Kassel (unter <http://www.lehrerseminar-forschung.de> im Internet bestellbar). Diese kosten nur ca. 6 Euro pro Stück, werden in einer Sozialeinrichtung gefertigt und enthalten praktisch nur alltägliche Teile, nichts was wie ein spezielles Motor-Bauteil aussieht.

Ich habe daraufhin einen dieser Bausätze bestellt, selbst zusammengebaut und war begeistert. Im Internet stieß ich auf weitere Anregungen, wie man leicht selbst einen Motor bauen kann. Der einfachste besteht aus einem Magneten, zwei Büroklammern und 40cm lackiertem Kupferdraht.<sup>4</sup>

Der Motorbausatz konnte sowohl für dieses einfache Modell als auch für einen ausgereifteren verwendet werden und bot auch weitere Variationsmöglichkeiten.

Ich habe eine Weile damit herum-experimentiert, den Motor als Generator aufzubauen, um den unmittelbaren Bezug zum Kleinkraftwerk herzustellen, aber die erzeugte Spannung wäre nur mit empfindlichen Geräten messbar gewesen, was das unmittelbare Erleben beim basteln erschwert hätte. Beim Motor sieht man nicht bloß Zahlen auf einem Display den Erfolg belegen, sondern er dreht sich!

---

<sup>3</sup> siehe [6]

<sup>4</sup> siehe dazu [2].

Ich entschloss mich also, die Motoren für das Projekt zu verwenden und nur zum Schluss zu demonstrieren, dass man sie auch als Generator verwenden kann.

Ein Modell einer Turbine, das man an einen Wasserhahn anschließen kann und das einen Fahrradynamo betreibt, fand ich im Schulfundus. Im Betrieb war es allerdings problematisch, da die Verbindung zum Wasserhahn in der Klasse nicht gut dicht zu bekommen war. So spritzte es ein wenig durch den Raum und das Leuchten des Lämpchens war aus sicherer Entfernung schlecht auszumachen.

Mit dem Betreuer des Kraftwerks am Schulgelände habe ich einen Besichtigungstermin mit der Klasse vereinbart. Leider ist der Turbinenraum so klein, dass es sich nicht als praktikabel erwies, das Wasser abzulassen und die Schüler zum Schaufelrad zu lassen. Dabei müssten sie einzeln in einen engen Schacht steigen, der nass ist und an dessen Boden immer noch einen halben Meter hoch Wasser steht.

Die Schülerinnen und Schüler sahen aber die Generatoren, den Aufbau der Anlage, die Wasserrechen und deren Reinigungsvorrichtung in Betrieb.

Aus dem parallelen Bachökologie-Projekt hatten die Schülerinnen und Schüler selbst gemessene Daten über Fließgeschwindigkeit, Querschnitt, Temperaturänderung und Höhenunterschied aus denen eine Wirtschaftlichkeitsrechnung durchgeführt werden sollte: Wieviel Wasser fließt pro Sekunde durch die Turbine und wieviel kinetische und potentielle Energie verliert das Wasser dabei? Im Vergleich dazu, wieviel Energie hat das Wasser durch Erwärmung aufgenommen und wieviel hat das Kraftwerk erzeugt? Durch ungenügende Rechenvorkenntnisse der Klasse und meine unzureichende Vorbereitung auf dieses Problem konnten im Unterricht gemeinsam keine Zahlen ermittelt werden. Ich werde versuchen, dies später als Anwendungsbeispiel im Mathematikunterricht wieder aufzugreifen.

Als Energie-Experte kam ein Techniker von EVN, der Vorträge in Schulen als Service des Unternehmens anbietet. Er stellte den Stromkreis vom Kraftwerk bis zur Steckdose (und zurück) dar, die Gefahren durch Stromschläge und die Sicherheitstechnik. Er brachte viel Anschauungsmaterial mit. Anschließend stand er für eine Diskussion mit der Klasse zur Verfügung.

Außerdem konnte eine Maschinenbau-Technikerin mit Unterrichtserfahrung gewonnen werden, das Projekt beratend und durch Hospitationen zu begleiten.

Die Projektplanung erfolgte im Detail erst von Tag zu Tag während des Projektes. Dies ermöglichte, auf die Bedürfnisse der Schülerinnen und Schüler genauer einzugehen. Das Projekt dehnte sich so auf alle drei Wochen der Epoche aus, da eine weitere Vertiefung des Themas vorteilhafter erschien, als neue Themen anzureißen.

## **4.4 Bezug zu den Zielen**

Konkret wurden zu den in 3.1 genannten Methoden folgende Inhalte gewählt:

1. Rhythmisch-künstlerische Elemente: Am Anfang jeder Stunde wurde gemeinsam ein Spruch gesprochen, der in allen Waldorfschulen den Anfang bildet. Darauf folgten Artikulationsübungen die wacher für das Gesprochene machen und aus der Zuhörer-Rolle herausführen. An einem Tag trug ich dramatisch ein

Gedicht vor, das eine freie Übersetzung der Jesaja-Stelle „Du, Menschenseele“ ist.<sup>5</sup>

2. Offenes Unterrichtsgespräch: Diente regelmäßig zur Wiederholung vom Vortag und um physikalische Gesetze sokratisch zu finden oder Rechenbeispiele zu lösen.
3. Frontalunterricht mit Tafelabschrift ins Heft: folgte auf die Wiederholung. Es wurde meist der am Vortag behandelte Stoff bearbeitet, um den Schülerinnen und Schülern Zeit zu geben, das Gelernte zu verarbeiten.
4. Stillarbeit an Übungsmaterial: waren meist Rechenaufgaben zum Ohmschen Gesetz oder der Leistungsformel  $P = U \cdot I$  aus dem Haushalt, den Gefahren Grenzen oder der Stromversorgung.
5. Lösen von Übungsaufgaben durch einzelne Schülerinnen oder Schüler an der Tafel (mit Unterstützung durch den Lehrer): wurde zum Vergleichen der Resultate punktuell verwendet.
6. Praktische Arbeit alleine und in Gruppen: die Bastelarbeit an den Motoren bildete über einige Tage jeweils den Abschluss der Unterrichtseinheit. Es wurde zuerst ein Elektromagnet gewickelt und sein Feld mit einem Kompass untersucht, dann ein sehr einfacher Motor aus einer losen Drahtspule. Daraufhin wurde ein einfacher aber solider Motor mit Polwechsler gebaut, zuerst mit winzigen Neodym-Magneten am Stator, dann mit einem zweiten, mit dem Rotor in Serie geschalteten (selbstgewickelten) Elektromagneten. Betrieben wurde alles mit einer handelsüblichen 4,5V Flachbatterie. Alle Teile sind einfache Messing-, Kupfer- und Holzteile, die mit Reissnägeln auf eine Weichholzplatte montiert werden.
7. Individuelle Zusatzaufgaben für Einzelne: Wer den Motor fertig hatte, sollte anderen helfen oder bekam eine weitere Aufgabe. Ein Schüler führte das Turbinenmodell am Wasserhahn vor, einige nahmen Erweiterungen an der Motor-konstruktion vor. Zwei versuchten mit den Teilen des Bausatzes eine elektrische Klingel zu bauen. Zwei Mädchen erforschten, wovon genau die Drehrichtung des Motors abhängt. Zwei Schüler reparierten eine defekte Influenzmaschine.
8. Vorlesen von Auszügen aus der Biographie eines relevanten Forschers: Die Kurzbiographie von Nikola Tesla aus [5] wurde in zwei Stunden als Abschluss vorgelesen.
9. Erstellen freier eigenständiger Aufsätze zu Unterrichtsthemen: Durch eigenständige Recherche vor der genauen Behandlung im Unterricht sollten alle zuhause die Wirkungsweise eines Wasserkraftwerkes darstellen und nach dem Bauen des Motors und seiner Erklärung (aber bevor dazu etwas gemeinsam aufgeschrieben wurde) sollten sie Aufbau und Funktionsweise eines Elektromotors beschreiben, jeweils ca. 200 Wörter. Viele der Ergebnisse wurden im Unterricht verlesen und besprochen.
10. Gastbeiträge von Menschen aus dem Berufsfeld: Ein Techniker von EVN kam, der Betreuer des Schulkraftwerks machte eine Führung und die Maschinen-

---

<sup>5</sup> Bearbeitete Übersetzung aus Jesaja 60,1 von Elsbeth Weymann 2003, bisher unveröffentlicht.

bau-Technikerin gestaltete zwei kleinere Unterrichtsbeiträge und stand beim Motorbau für Fragen zur Verfügung.

11. Schriftliche Prüfungen zur Kontrolle des Verständnisses: Während der Epoche wurden zwei schriftliche Wiederholungen durchgeführt zur Ermittlung der Magnetfeldrichtung an Spulen bzw. zum Verständnis von Schaltplänen und dem Erkennen von Serien- und Parallelschaltungen. Am Ende fand ein schriftlicher Test statt über Aufbau und Funktion eines Elektromotors und mit Rechenbeispielen zu Strom und Leistung.

## 4.5 Bezug zum Waldorf-Lehrplan

Ein Bezug zu den allgemeinen Zielen der Waldorfpädagogik geht teils schon aus Abschnitt 4.2 hervor. Einen Waldorf-Lehrplan im Sinne des Staatsschul-Lehrplanes gibt es nicht. Jedem Lehrer einer Waldorf-Schule ist im Grunde freigestellt, was er unterrichtet. In der Praxis gibt es aber natürlich in jeder Waldorfschule eine Übereinkunft, inwieweit den Anforderungen des Staatsschul-Systems Rechnung getragen wird, um eine Vergleichbarkeit oder Anrechenbarkeit des Abschlusses zu ermöglichen oder den Umstieg von einer anderen Schule oder in eine solche zu erleichtern.

Darüber hinaus ist es Teil der Waldorfpädagogik, bestimmte Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler in bestimmten Altersabschnitten zu entwickeln. Diese Fähigkeiten sind allgemein menschliche, wie abstraktes Denken. Es eignen sich aber doch bestimmte Inhalte besser als andere, um diese Fähigkeiten zu schulen. Etwa eignet sich die Algebra in der Mathematik gut als Einstieg ins abstrakte Denken. Deshalb gibt es eine Tradition, welche Inhalte in welchen Fächern und Klassenstufen der Waldorfschulen unterrichtet werden. Ein Versuch diese zu ordnen, zu vereinheitlichen und pädagogisch zu begründen ist 2003 in Buchform erschienen [4].

In der 9. Schulstufe sollen Schülerinnen und Schüler beginnen, die äußere Welt verstandesmäßig auf abstraktem Niveau zu durchdringen. Der Physikunterricht spielt dabei eine wichtige Rolle. Hier werden erstmals mathematische Begriffsbildungen auf das Verstehen der Technik angewandt und unsichtbare Prozesse untersucht (in Thermodynamik und Elektrizitätslehre). Davor bewegten sich diese Bezüge stets ganz im Anschaulichen (etwa wird in der 7. Schulstufe das Hebelgesetz rechnerisch behandelt). Nun geht es aber noch nicht um allgemeine Theorie-Bildung, sondern darum, einzelne Erscheinungen aus der täglichen Umgebung praktisch zu verstehen.

Als Leitmotiv für den Physik-Unterricht der 9. Schulstufe wird im oben genannten Buch folgendes angegeben<sup>6</sup>:

*... die Vorgänge der umgebenden praktischen Welt, insbesondere auch jene der Technik verstehen [...] Eine mathematische Formulierung der Gesetzmäßigkeiten findet in der Regel nur exemplarisch statt, z.B. an Sachaufgaben aus den behandelten Gebieten, bei denen ein sinnvolles Rechnen möglich ist und wo ein Gefühl für Quantitäten gegeben werden kann. Das Verständnis für die Physik und ihre Arbeitsweise soll vertieft und ein Einblick in physikalische Inhalte aus Alltag und Technik vermittelt werden.*

---

<sup>6</sup> siehe [4], Abschnitt II, S. 341

Übliche Inhalte der Physik-Epoche in der 9. Klasse unserer Schule sind die Thermodynamik anhand der Entwicklung und den physikalischen Gesetzen als Grundlage der Funktion einer Dampfmaschine bis zu modernen Verbrennungsmotoren einerseits, sowie die Grundlagen der Elektrotechnik im Haushalt bis hin zur analogen Telefonie. Für das aktuelle Projekt wurde das letztere Gebiet gewählt und adaptiert.

## 4.6 Bezüge zum AHS-Lehrplan

Das Projekt passt auch in den aktuellen AHS-Lehrplan für Physik des Bundesministeriums. Dazu seien folgende Stellen genannt [1]:

Aus „Bildungs- und Lehrauftrag“:

*Weiters sollen sie [die Schülerinnen und Schüler, Anm.] die Bedeutung physikalischer Phänomene und Konzepte im Alltag und in der Umwelt und für die Welterkenntnis erfassen und für ihre Lebensgestaltung nutzen.*

Gerade Elektrizität bestimmt alle Bereiche unserer Technik, tritt aber nirgends durchschaubar in Erscheinung. Durch die praktische eigenständige Durchführung einfacher durchschaubarer elektrischer Grundversuche wird ein erster Schritt gesetzt, die tägliche Lebenswelt als von den Gesetzen der Physik geordnet zu überblicken. Ein Blick auf ökologische Fragen der Energienutzung wird erst sinnvoll, wenn man ihre Bedeutung im Alltag versteht.

*-Problemlösungsstrategien einzeln und im Team entwickeln können*

*-eigenständig arbeiten können*

Diese beiden Fähigkeiten werden im eigenständigen praktischen Herstellen eines einfachen Elektromotors geschult.

*-umweltbewusst handeln können*

Dies ist bezüglich Strom nur sinnvoll möglich, wenn der Energiekreislauf verstanden wird und verschiedene Energiegewinnungsformen verglichen werden können. Dies wird im Projekt besprochen.

*-mit Expertinnen und Experten sprechen, Expertenmeinungen hinterfragen und grundlegendes Fachvokabular richtig anwenden können*

*-fachbezogene Fragen formulieren können*

*-Gefahren erkennen, einschätzen und sicherheitsbewusst handeln können*

Ein Diskussionsvortrag mit einem Energieexperten ist Teil des Projektes. In diesem geht es auch um Sicherheit im Umgang mit Strom.

*-physikalische Zusammenhänge darstellen können*

Die Funktion eines Motors und eines Wasserkraftwerks sind in freien Aufsätzen eigenständig zu formulieren.

*-Diagramme erstellen und interpretieren können*

Es wird in die Schaltplankunde eingeführt.

Weiters aus dem Unterabschnitt „Beiträge zu den Bildungsbereichen“, „Natur und Technik“:

### *Physik als Grundlage der Technik verstehen*

Dazu ist die Elektrizitätslehre der wichtigste Schritt. Im eigenen Bauen eines funktionierenden Motors wird die Wirkung der physikalischen Gesetze besonders deutlich.

Aus dem selben Unterabschnitt unter „Sprache und Kommunikation“:

*Ein Grundvokabular physikalischer Begriffe als zusätzliche Form der Kommunikation innerhalb und außerhalb des fachwissenschaftlichen Bereiches erwerben; zwischen Alltagssprache und Fachsprache differenzieren können; Einsicht in die Notwendigkeit und Mächtigkeit symbolischer Beschreibungen gewinnen;*

Gerade in der Elektrizitätslehre wird die unsaubere Verwendung der Worte „Strom, Spannung, Energie“ etc. in der Alltagssprache besonders deutlich und wird korrigiert durch die Verwendung etwa im Ohmschen Gesetz zur Berechnung der nötigen Dimension einer Sicherung oder einer gefährlichen Grenzspannung. Komplizierte Sachverhalte sind durch einfache Schaltpläne und Formeln ausdrückbar und werden so durchschaubar.

Die zentralen Ziele des Projektes (siehe Kapitel 3) haben direkte Bezüge zu Formulierungen im Abschnitt „Didaktische Grundsätze“ des Lehrplanes:

*Die Lehrerinnen und Lehrer haben den Bildungsprozess durch Einbettung der Lehrinhalte in lebensweltbezogene Themenbereiche zu unterstützen und so einer verfrühten Abstraktion vorzubeugen. [...]*

*-Physik im Alltag: Beherrschen und Verstehen der Grundprinzipien einfacher physikalisch-technischer Geräte und Systeme im Alltag*

Dies wird durch die starke Orientierung auf die Nutzung von Strom in Haushaltstechnik angestrebt.

*-Physik als Erlebnis: Bereicherung des gefühlsmäßigen Erlebens von Natur und Technik und subjektiv befriedigende Beschäftigung mit Physik*

Durch das praktische Arbeiten an elektrischen Schaltungen, die Auseinandersetzung mit dem Kraftwerk am Schulgelände und das Begleitmaterial zu Alltag, Geschichte und Ökologie wird ein gefühlsmäßiges Erleben gefördert und wenn der selbst gebaute Motor funktioniert (was bei fast allen der Fall war) ist dies eine subjektiv befriedigende Beschäftigung mit Physik.

*Die im Lehrstoff angeführten Konzepte sind schülerzentriert, ausgehend vom Vorwissen und von den Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler in ihrer natürlichen und technisierten Umwelt, anhand von geeigneten Themen, für die die Lehrerinnen und Lehrer letztverantwortlich sind, zu erarbeiten.*

*Dabei ist exemplarisch an mindestens einer Thematik pro Schulstufe eine größere Erklärungstiefe anzustreben und vermehrte Möglichkeit zur eigenständigen Befassung zu geben. Dies ist nach Möglichkeit auch fächerübergreifend durchzuführen.*

*Durch das wiederholte Aufgreifen und Vernetzen von Konzepten und Grundbegriffen in verschiedenen Zusammenhängen soll das Erreichen der physikalischen Bildungsziele sichergestellt werden.*



Dies ist ein methodisches Grundprinzip des Projektes: Anhand des Kleinkraftwerkes und dem Elektromotor (stellvertretend für den Generator) wird exemplarisch die gesamte Elektrizitätslehre durchwandert. Es wird Raum zum eigenständigen Ausprobieren gegeben und Verbindungen zu anderen Fächern hergestellt (siehe 3.2).

Aus dem Abschnitt „Lehrstoff“ für die „5. und 6. Klasse“:

*-Grundlagen der Elektrizitätslehre (einfacher Stromkreis, Spannung, Strom, elektrischer Widerstand, elektrische Energie und Umgang mit elektrischen Messgeräten) anwenden*

*-den nachhaltigen Umgang mit Energie beherrschen*

## **5 EVALUATION**

### **5.1 Methodik**

Es galt, den Erfolg des Projektes bei den 7 Schülerinnen und 14 Schülern der 9. Schulstufe zu prüfen.

Folgende Evaluationswerkzeuge wurden verwendet:

1. Schülerfragebogen vor und nach dem Projekt (siehe Anhang): Es wurde im Multiple-Choice-Verfahren die Einstellung der Schülerinnen und Schüler zu Fach und Unterricht erhoben, sowie ihre Selbsteinschätzung bezüglich ihres Wissensstandes. Es gab jeweils vier Antwortkästchen: „gar nicht“, „teils“, „teils“ und „ja genau“. „teils“ wurde zweimal geführt, um zu einer Entscheidung anzuhalten und auch indifferente Antworten zuordnen zu können. Zur Kontrolle waren fünf Zeichnungen beigelegt, von einer Batterie, die durch Drähte auf verschiedene Weise mit einem Lämpchen verbunden ist. Sowie vier Schaltpläne, die nur aus einer Stromquelle, Drähten, einem Schalter und einem Lämpchen aufgebaut sind. Es sollten die Schaltungen durchgestrichen werden, wo das Lämpchen nicht leuchtet. Die Fragebogen vor und nach dem Projekt waren identisch und anonym. Letzteres um zu verhindern, dass sich die Jugendlichen geprüft fühlen und voneinander abschreiben oder Antworten beschönigen um Interesse zu heucheln. Der Fragebogen wurde ein Monat nach dem Projekt ein zweites Mal zur Nachtestung verwendet. Zwei Fragen wurden dabei dem Zeitpunkt gemäß umformuliert. Im Anhang sind jeweils beide Formulierungen der Frage wiedergegeben.
2. Heftführung: Die Schülerinnen und Schüler führten während des Projektes ein eigenes Heft. Dieses wurde auf Vollständigkeit und Form beurteilt, weil diese die Freude der Jugendlichen an der Arbeit und ihr Interesse widerspiegeln. Außerdem enthielt das Heft die beiden eigenständigen Aufsätze zu Wasserkraftwerken und Elektromotor, die zeigten, wie eigenständig sich jemand mit den Aufgaben auseinandergesetzt hat.
3. Schriftliche Tests: Bei zwei schriftlichen Wiederholungen und einem Abschluss- Test wurde geprüft, ob Aufbau und Funktion des Elektromotors wirklich verstanden wurden, ob Rechenaufgaben zu Strom, Spannung, Leistung und Widerstand gelöst werden können, ob einfache Schaltpläne verstanden

werden und Serien- und Parallelschaltungen erkannt. Sowie ob die Richtung des Magnetfeldes an einer Spule bestimmt werden kann.

4. Eigene Beobachtung: Meine Beobachtung des Verhaltens der Klasse im Unterricht, in den einzelnen Projekt- und Arbeitsphasen, sowie die Veränderung über das Projekt insgesamt, insbesondere des Verhältnisses mir gegenüber.
5. Elternrückmeldungen: An einem Elternabend nach Abschluss des Projektes wurden die anwesenden Eltern gebeten, über Rückmeldungen ihrer Kinder aus der Epoche zu berichten.
6. Externe Evaluation: Frau Baimuradowa, eine Maschinenbau-Technikerin mit Unterrichtserfahrung, konnte für das Projekt als Begleitung gewonnen werden. Sie führte zahlreiche Hospitationen durch und gab Rückmeldungen über ihre Beobachtungen in der Klasse.

Es wurden also drei Evaluationswerkzeuge auf SchülerInnen-Seite angewandt und drei weitere zur externen Bewertung. In beiden Gruppen wurde versucht eigene und fremde, subjektive und objektive Maßstäbe anzulegen.

Die Auswertung erfolgte folgendermaßen: Zu den Fragebögen wurden Statistiken erstellt, welche Antworten wie oft genannt wurden und wieviele der Schaltungen richtig erkannt wurden. Die Schriftlichen Tests wurden benotet. Bei den Heften wurde Vollständigkeit und Form beurteilt, sowie, wie eigenständig die beiden Aufsätze gestaltet sind und ob sie inhaltlich richtig und in den Formulierungen präzise sind. Über die eigenen Beobachtungen und die Elternrückmeldungen wurde ein Gedächtnisprotokoll verfasst. Frau Baimuradowa gab immer wieder Rückmeldungen, die gleich in den Unterricht einfließen und erstellte einen Bericht ihrer Beobachtungen im Unterricht. Aus all diesen Beobachtungen wurde versucht, relevante Erkenntnisse zu gewinnen.

## 5.2 Ergebnisse

### 5.2.1 Fragebogen

Im Anhang finden sich unter 2) die Anzahlen der Kreuze in den jeweiligen Antwortkästchen und ein gewichtetes Mittel. Die signifikanten Ergebnisse sind fett hervorgehoben.

Die Gewichte bei der Mittelwertbildung spiegeln wieder, dass der Einreihung in „teils“, „teils“ (Gewicht -1 und 1) weniger Bedeutung beizumessen ist, als den klar entschiedenen Antworten „gar nicht“ und „ja genau“ (Gewicht -3 und 3). Es hat sich aber bei der Auswertung gezeigt, dass auch die selben Ergebnisse signifikant blieben, wenn die Gewichtung statt -3, -1, 1, 3 als -2, -1, 1, -2 gewählt wurde, um die Unentschiedenen stärker zu berücksichtigen, oder wenn die Gewichtung -1, 0, 0, 1 gewählt wurde, die die Unentschlossenen gar nicht wertet. Zur Ermittlung der Änderung der Mittelwerte wurden die Mittelwerte durch die Anzahl der Fragebögen in der jeweiligen Testung dividiert (18 Fragebögen in der Vortestung, 21 in der Nachtestung).

Folgende Ergebnisse lassen sich ablesen:

- 1) In der Klasse sind deutlich mehr Technikinteressierte, sie hinterfragen aber die Funktionsweise der verwendeten Geräte deshalb nicht unbedingt. Dies hat sich durch das Projekt nicht verändert (Frage 1, 2 und 3).

2) Weder Vorfreude noch Angst vor Physik waren auffällig. Aber auch die Freude über die Epoche nachher war nur etwas höher, während das Gefühl etwas nicht verstanden zu haben weiter unauffällig blieb (Frage 4 und 5). Die zuvor signifikante Ansicht, Physik wäre in der Schule uninteressant, hat sich etwas ins Unauffällige gemildert (Frage 6).

3) Eine deutliche Steigerung ist in der Zahl derer zu erkennen, die bekunden, gerne selbst technische Versuche zu machen. Sie ist aus dem unteren Mittelbereich in den oberen gewandert (Frage 7).

4) An der Zahl derer (rund die Hälfte), die glauben zu wissen, wie ein Automotor funktioniert, hat sich nichts geändert (Frage 8). Aber die Zahl derer (vorher nur wenige), die meinen zu verstehen, wie eine Dampfmaschine funktioniert, hat sich deutlich gesteigert (Frage 10).

5) In allen Fragen, die direkt Lerninhalte der Epoche ansprechen, herrschte vorher deutlich Unsicherheit. Nach der Epoche herrschte bezüglich der Begriffe Volt, Ampe-re und Watt (Frage 12) sowie der Funktion des Elektromotors (Frage 11) deutliches Vertrauen ins eigene Verständnis. Beim Unterschied zwischen Strom und Spannung (Frage 9) und der Funktion des Telefons (Frage 13) erfolgte eine deutliche Steigerung des eigenen Zutrauens von gering resp. sehr gering zu einigermaßen.

6) Die Zahl der richtigen Antworten bei den bildlich dargestellten Schaltungen hat sich von 67% auf 87% erhöht. Die Zahl der richtig erkannten Schaltpläne hat sich von 38% auf 77% gesteigert.

Leider war am Fragebogen das Geschlecht nicht anzugeben, weshalb eine Gender-Auswertung nicht möglich ist. Das starke Technik-Interesse ist aber nach meinen persönlichen Kenntnissen der Schülerinnen und Schüler deutlich den männlichen zu zu ordnen.

## 5.2.2 Heftführung

Von den 21 Heften waren 12 gut oder sehr gut hinsichtlich Form und Vollständigkeit (alle 7 Schülerinnen waren darunter). 7 Hefte waren zufriedenstellend oder genügend und die restlichen 2 unzureichend. Viele der Hefte waren liebevoll ästhetisch gestaltet (Abbildungen zum Text, Überschriften, etc.).

4 Aufsätze zeigten eine gute eigenständige Auseinandersetzung mit dem Thema Motor, 3 mit dem Thema Kraftwerk. Die meisten Arbeiten waren durchschnittlich und nur jeweils zwei ungenügend.

Die besten Arbeiten kamen in beiden Fällen von den selben Schülerinnen. Diese beschäftigten sich auch mit Fragen der Ökologie. Sehr gute Beschreibungen der technischen Vorgänge kamen von Burschen, die sonst nicht durch glänzende Formulierungen auffielen.

## 5.2.3 Schriftliche Tests

Sehr gute oder gute Resultate erzielten zwei Schülerinnen und vier Schüler ebenso viele waren jeweils „genügend“. Negativ schloss nur ein Schüler ab. Dies deckt sich weitgehend mit den Ergebnissen der Selbsteinschätzung bei der Nachtestung (siehe Anhang 2).

## 5.2.4 Elternrückmeldungen

Die Wortmeldungen der Eltern (18 Elternpaare vertreten) erfolgten mündlich in einer offenen Runde. Es meldeten sich fünf Mütter und ein Vater zu Wort:

Eine Tochter hatte zuhause berichtet, der Unterricht wäre in der Epoche viel besser gelaufen, als in den Mathematikstunden. Eine Mutter bestätigte und sagte, sie hätte das Gefühl, einige Spannungen zwischen den Schülern und mir hätten sich abgebaut. Ein Vater berichtete, seine Tochter, die sonst nicht viel von der Schule erzählt, hätte ihn mehrmals auf die Funktion von Elektromotoren und Kraftwerken angesprochen. Eine Mutter erzählte, ihre Tochter hätte stolz den Motor vorgeführt. Eine Mutter berichtet, ihrem Sohn hätte die Epoche gut gefallen. Eine andere sagt, besonders das Bauen des Motors hätte einen starken Eindruck hinterlassen.

Bei allen Wortmeldungen signalisierten andere Zustimmung, es gab keine negativen Wortmeldungen, obwohl dies bei anderen Themen und auch beim letzten Elternabend davor auch bezüglich des Unterrichts sehr wohl der Fall war.

## 5.2.5 Eigene Beobachtung

Deutlich war im Unterricht zu bemerken, dass die Klasse aufmerksamer war, wenn die Methoden abwechslungsreich waren. Von den rhythmisch-künstlerischen Stundenanfängen wurde mein Vortrag des Jesaja-Textes von der Klasse honoriert. Auch die vorgelesene Kurzbiografie stieß auf Interesse. Der Gastbeitrag des Energietechnikers von EVN erreichte ebenfalls hohe Aufmerksamkeit. Besonders freuten sich die meisten aber immer auf die Zeit, in der sie an ihren Motoren basteln durften. Aus diesen Arbeiten kamen auch in den folgenden Stunden immer wieder Beiträge der Schülerinnen und Schüler im Unterricht.

Das Verhältnis der Schülerinnen und Schüler zu mir als Lehrer hat sich im Laufe der drei Wochen wesentlich verbessert und die Konzentration und Arbeitsbereitschaft war wesentlich höher als in den regelmäßigen Mathematik-Stunden davor. Bei den praktischen Arbeiten war eine hohe Begeisterung von vielen zu bemerken. Drei Burschen waren gar nicht mit genug Zusatzaufgaben zu versorgen und einer führte eigenständige Verbesserungsversuche an seinem Motor durch. Aber auch zwei Mädchen, die sich sonst nie für Technik interessieren, blieben zweimal die ganze Pause (20 min) da, um herauszufinden, wovon die Drehrichtung des Motors abhängt, und wie das Magnetfeld aussieht.

## 5.2.6 Externe Evaluation

Die Beobachtungen von Frau Baimuradowa decken sich weitgehend mit dem schon oben beschriebenen. Zwei Passagen aus ihrem Bericht seien aber hier wiedergegeben, da sie wichtige Gender-Aspekte enthalten:

*Bemerkenswert ist, dass die Mehrzahl der Mädchen bei den praktischen Arbeiten wesentlich rascher die Aufgaben gelöst hatten, gewissenhaftere Notizen anfertigten. Es waren auch die Mädchen, die gemäß aufgezeichnetem Stromkreis, diesen zusammenbauten. Ausschließlich Mädchen bemerkten, dass bei verschiedenen gewickelten Elektromagneten (mit dem Uhrzeigersinn oder gegen den Uhrzeigersinn) sich die Kompassnadel in die entgegengesetzte Richtung ausrichtete.*

*Die ganz „klugen“ Burschen vernachlässigten die Punkte a und b [Bau von Elektromagnet und einfachem Drahtschlingen-Motor, Anm.] und machten sich gleich über den Zusammenbau des Motors mit Anker her. Hier wurde eindeutig der geistige Aufbau, wie entsteht und verhält sich ein Magnetfeld, warum bewirkt dies eine Drehung einer Drahtschleife, vernachlässigt. Die Burschen waren im Durchschnitt bei den Arbeiten wesentlich schlampiger, wodurch sie länger brauchten, da man immer wieder etwas ausbessern, bzw. verändern musste.*

*Bemerkenswert war es auch, dass es wieder Mädchen waren, die mit ihren Übungen schon fertig, den anderen Mitschülern halfen.*

*[...]*

*Durch Rechenaufgaben, wie z.B. mit welcher Sicherung muss man eine Waschmaschine mit 1500W absichern u. ä. wurde der Stoff gefestigt. Es gab gleichmäßig viele Burschen und Mädchen, die die Aufgaben gleichgut lösen konnten. Bei vielen stellte ich hier leider fest, dass eine gewisse Denkfaulheit (kein Unwissen!) vorhanden ist.*

## **5.2.7 Bezug zu den Zielen**

Nach dieser Darstellung, die sich an den Evaluationswerkzeugen orientierte, nochmals eine Zusammenfassung der Ergebnisse im Bezug zu den einzelnen Zielen. Die allgemeinen Hauptziele werden mit der Interpretation der Ergebnisse im nächsten Kapitel besprochen. Hier sei nur gesagt, dass die in 3.1 genannten Methoden alle erfolgreich angewandt wurden und Querverbindungen zu anderen Fächern hergestellt. Dazu im Einzelnen:

1. Rhythmisch-künstlerische Elemente, Indikator: Eintreten von Stille und konzentrierte Arbeits-Atmosphäre. Dies ist meist gelungen, manchmal verzettelte ich mich dabei in die Arbeit an Details oder weiterführende Erklärungen, die dann zu viel Zeit kosteten. Natürlich besteht bei diesem Teil die Gefahr, dass die Schüler (selten die Schülerinnen) versuchen „Zeit zu schinden“ um die weiteren Arbeitsphasen hinauszuzögern.
2. Offenes Unterrichtsgespräch, Indikator: Gesprächsbeteiligung der Klasse. Die Beteiligung war meist gut, besonders wo ein Bezug zur praktischen Arbeit an den Motoren bestand.
3. Frontalunterricht mit Tafelabschrift ins Heft, Indikator: Verfügbarkeit des Wissens im Weiteren. Außer bei Dreien bestand bei allen eine sehr hohe Korrelation zwischen der Qualität der Heftführung und den Ergebnissen bei den Tests. Die Qualität der Heftführung war insgesamt recht zufriedenstellend.
4. Stillarbeit an Übungsmaterial zum Vertiefen des Theorie-Verständnisses. Indikator: Tests. Die Ergebnisse bei den Tests waren zufriedenstellend. Die meisten konnten die Rechenaufgaben bei den Tests verstehen. Es musste allerdings mehr Zeit als erwartet in Wiederholung der Algebra investiert werden, da die Klasse wenig Rechenfertigkeit besaß.
5. Lösen von Übungsaufgaben durch einzelne Schülerinnen oder Schüler an der Tafel (mit Unterstützung durch den Lehrer), Indikator: Bereitschaft freiwillig an die Tafel zu kommen, Beobachtung der Stimmung des Jugendlichen beim Ar-

beiten an der Tafel. Es herrschte eine relativ hohe Arbeitsbereitschaft und wenig Angst vor Misserfolgen.

6. Praktische Arbeit alleine und in Gruppen, Indikatoren: Arbeitsatmosphäre und Qualität der praktischen Arbeitsergebnisse sowie Beteiligung bei den folgenden Theorie-Arbeiten. Dies gelang ganz hervorragend.
7. Individuelle Zusatzaufgaben für Einzelne, Indikator: Bereitschaft, zusätzliche Aufgaben zu lösen. Diese Bereitschaft war außerordentlich hoch.
8. Vorlesen von Auszügen aus der Biographie eines relevanten Forschers, Indikator: Ruhe beim Vorlesen. Diese stellte sich stets sofort ein,
9. Erstellen freier eigenständiger Aufsätze zu Unterrichtsthemen, Indikator: Qualität der Aufsätze hinsichtlich der Vernetzung und Durchdringung verschiedener Aspekte sowie Klarheit im Ausdruck und der Darstellung der technischen Sachverhalte. Hier zeigte die Klasse wenig Fertigkeit. Bei einigen war auch die Bereitschaft gering. Es gab aber auch gute Resultate.
10. Gastbeiträge von Menschen aus dem Berufsfeld, Indikator: Ruhe und Interesse beim Vortrag, Qualität und Zahl der Fragen aus der Klasse an die Vortragenden. Es herrschte Ruhe, die Zahl und Qualität der Fragen war aber nicht besonders hoch.
11. Schriftliche Prüfungen zur Kontrolle des Verständnisses. Indikator: Übereinstimmung der Noten mit den Erwartungen von Lehrer und Jugendlichen. Es herrschte weitgehende Übereinstimmung.

## 5.3 Interpretation

### 5.3.1 Fragebogen

Es werden zunächst die Ergebnisse parallel zur Gliederung in Abschnitt 5.2.1 im Einzelnen besprochen und anschließend der Bezug zu den Hauptzielen des Projektes hergestellt:

1) Dass Jugendliche trotz Technikbegeisterung der unverständlichen modernen Technologie als reine Anwender gegenüber stehen und gar nicht mehr hinterfragen, wie all ihre Geräte funktionieren, schreibe ich einer gewissen Resignation zu und der Tatsache, dass die Funktionsweise zu verstehen nicht mehr nötig für die Bedienung ist. Wer z.B. im 20. Jahrhundert Motorrad fuhr, musste schon einiges von seiner Technik verstehen, um sich bei kleinen Pannen helfen zu können und bei älteren Fahrzeugen traten solche Pannen praktisch ständig auf. Moderne Geräte sind nicht nur wartungsfrei, sie können bei auftretenden Problemen auch ohne Labor meist gar nicht gewartet werden. Würde man sich also für ihre Funktion interessieren, wäre dieses Wissen ohnehin nicht anwendbar.

Daher wundert es mich nicht, dass sich daran durch das Projekt nicht gleich etwas leicht nachweislich geändert hat. Aber doch scheint es mir ein wichtiges Bildungsziel, wenigstens immer wieder auf die Problematik aufmerksam zu machen und Felder zu eröffnen, wo Verstehen noch möglich und auch anwendbar ist.

2) Dass weder Vorfremde noch Angst vor Physik auffällig waren, schreibe ich trotz der Anonymisierung der Fragebögen dem Problem zu, dass Lernen einfach nicht als „cool“ gilt. Auch wenn es nicht weh tut und das Gelernte sogar interessant ist, wird

dies von den Jugendlichen nicht gerne als angenehme Beschäftigung anerkannt. Ich betrachte es somit schon durchaus als positiv, wenn keine überwiegende Ablehnung zu erkennen ist.

Ebenso freue ich mich über die etwas höhere Zahl derer, denen die Epoche gefiel gegenüber denen, die sich schon vorher auf sie freuten, auch wenn sie statistisch nicht wirklich aussagekräftig ist. Zumindest scheinen sich die Erwartungen der Klasse auch im Positiven erfüllt zu haben. Und es dürften doch auch einige angenehm überrascht gewesen sein. Die Frage 5 nach der Selbsteinschätzung des Verständnisses im Allgemeinen bei der Nachtestung ist durch die doppelte Verneinung leider unglücklich formuliert, was sicher zu falsch gesetzten Kreuzen geführt hat. Sie ergibt sich aber ohnehin noch einmal aus den detaillierten Wissensfragen danach.

3) Dass sich die Zahl derer deutlich gesteigert hat, die bekunden, gerne selbst technische Versuche zu machen, ist für mich der schönste Erfolg des Projektes. Ich deutete ihn so, dass viele noch gar nicht auf die Idee gekommen sind, etwas selbst auszuprobieren, da es ihnen sowieso unmöglich oder unsinnig erschienen wäre. Das positive Erlebnis, selbst einen Motor bauen zu können, hat da offenbar einiges bewirkt.

4) Dampfmaschine und Automotor sollten im Physikunterricht ebenfalls behandelt werden, kamen aber aus Zeitgründen nicht mehr zur Sprache. Dass sich die Zahl derer, die glauben zu wissen, wie ein Automotor funktioniert, nicht geändert hat, war zu erwarten. Aber dass die Zahl derer, die meinen zu verstehen, wie eine Dampfmaschine funktioniert, sich deutlich gesteigert hat (Frage 10), lässt zunächst an der Aussagekraft des ganzen Fragebogens zweifeln.

Die Änderung scheint mir aber folgende Erklärung zu haben: Im Jahr davor wurde die Dampfmaschine im Unterricht behandelt (der Automotor noch nie). Im Laufe der intensiven Beschäftigung mit Physik in den drei Wochen, in denen mit der Wasserkraft ja auch ähnliche Vorgänge wie in der Dampfmaschine zur Sprache kamen, dürften einige Erinnerungen zurück gekehrt sein. Insofern scheint mir dieses Resultat durchaus positiv zu werten, da es zeigen könnte, dass im Projekt viele Querverbindungen angeregt wurden, die sich dann auch in anderen Bereichen als fruchtbar erweisen.

5) Der Zuwachs im Zutrauen in den Fragen des unmittelbaren Unterrichtsstoffes ist jedenfalls erfreulich und spiegelt auch die Resultate der schriftlichen Tests wieder. Der Begriff der elektrischen Spannung ist ein durchaus komplizierter und es deutet wohl sogar auf ein kritisches Hinterfragen des eigenen Wissens, wenn sich mehr zutrauen, die Einheit Volt zu erklären, als was Spannung eigentlich ist. Dass das Telefon weniger gut verstanden wurde, liegt wohl einfach daran, dass es nur am Ende recht kurz behandelt wurde. Dies deutet also auch darauf hin, dass die Selbsteinschätzungen durchaus zutreffend sind.

6) Dies wird auch durch die guten Ergebnisse beim Erkennen der Schaltungen in der letzten Frage bestätigt, die gut mit den Selbsteinschätzungen korreliert sind.

Zusammenfassend lässt sich über die Hauptziele des Projektes folgendes sagen:

Die direkten Fragen nach der Freude am Unterricht (Fragen 4 und 6) zeigen einen Gewinn durch das Projekt. Noch deutlicher wird dieser aber durch die Förderung der Eigenaktivität und durch das Gefühl, praktisch anwendbares Wissen erworben zu

haben, das in den Antworten auf Frage 7 zum Ausdruck kommt. („Ich mache selbst gerne technische Versuche.“)

Etwas gewagt könnte man auch schließen, dass gerade das Wiedererinnern an die nicht behandelte Dampfmaschine (Frage 10) und die Feinheiten in der Selbsteinschätzung, erklären zu können, was „Volt“ oder „Spannung“ bedeutet (Frage 9 und 12), ein Hinweis darauf sein könnten, dass die Schülerinnen und Schüler auch auf der unbewußt-gefühlsmäßigen Ebene erreicht werden konnten.

### **5.3.2 Heftführung**

Die Gestaltung der Hefte ist ein Gradmesser dafür, wie sich die Jugendlichen mit den Inhalten verbinden. Bei Langeweile füllen sich die Seiten mit unsinnigen Ornamenten, bei Interesse wird diese Energie dazu genutzt, optisch zu gliedern und die graphischen Darstellungen des Beschriebenen auszuarbeiten. Insofern sind die guten Ergebnisse bei der Heftführung ein Hinweis, dass die Schülerinnen (und einige Schüler) gefühlsmäßig erreicht wurden. Leider war hier wieder die starke Geschlechtergliederung sichtbar, dass sich dies bei den Burschen eher in ihrer Auseinandersetzung mit technischen Details zeigte und bei den Mädchen mit Ästhetik und Ökologie.

### **5.3.3 Schriftliche Tests**

Die relativ guten Ergebnisse bei den Tests zeigen, dass die meisten das Durchgenommene auch aufgenommen haben, ein positiver Indikator für die Projektziele. Erfreulich ist die gute Übereinstimmung mit der Selbsteinschätzung der Jugendlichen. Diese gibt ihnen ein Gefühl von Sicherheit und Selbstvertrauen, sich auf das verlassen zu können, was sie zu können glauben. Dies ist eine wichtige Voraussetzung dafür, eigenständig arbeiten zu können, ohne ständig Enttäuschungen zu erleben.

### **5.3.4 Elternrückmeldungen**

Die positiven Rückmeldungen aus der Elternschaft werte ich besonders als Zeichen dafür, dass stattgefunden hat, was der AHS-Lehrplan ausdrückt als „Bereicherung des gefühlsmäßigen Erlebens von Natur und Technik und subjektiv befriedigende Beschäftigung mit Physik“ und was auch das dritte Hauptziel des Projektes ist. Denn in diesem Alter sprechen die Jugendlichen nurmehr mit ihren Eltern über den Unterricht, wenn der sie irgendwie persönlich betroffen hat.

### **5.3.5 Eigene Beobachtungen**

Aus meinen Beobachtungen habe ich geschlossen, dass die Freude am Fach, die Eigenaktivität und die Verbindung mit der Sache im Projekt wesentlich gefördert werden konnten. Und das persönliche Verhältnis der Klasse zu mir hat sich wesentlich verbessert. Damit wurde ein guter Grundstock für die weitere Arbeit gelegt.

### **5.3.6 Externe Evaluation**

Die Beobachtungen von Frau Baimuradowa waren eine wertvolle Hilfe. Besonders die Genderaspekte habe ich dadurch stärker ins Bewusstsein gerückt. Schade ist, dass die Rollenaufteilung dabei doch recht klassisch war. Aber einige Vorurteile ha-



ben sich als hier nicht zutreffend erwiesen: Mädchen können mit Begeisterung daran sein, Magnetfelder zu untersuchen und sie haben beim Rechnen oft die Nase vorn.

## 6 RESÜMEE / AUSBLICK

Obwohl das Projekt unter schwierigen Rahmen-Bedingungen statt gefunden hat (siehe 2.3), war es für mich ein voller Erfolg. Die Ergebnisse der Evaluation sind natürlich insofern zu hinterfragen, als sich aufgrund der äußeren Schwierigkeiten die Projektplanung bis hin zur Zielsetzung grundlegend geändert hat und man somit unterstellen könnte, die Ziele wurden im Nachhinein so bestimmt, dass sie auch erreicht wurden. Diesen Vorwurf kann ich sicher nicht ganz von der Hand weisen. Dennoch wurden Ziele erreicht, die wesentlich mit denen des MNI-Schwerpunktes übereinstimmen und grundsätzliche Ziele eines guten Unterrichtes sind.

Eine andere Frage ist, welche Rolle für das Gelingen des Projektes der MNI-Fond gespielt hat. Also, ob ich, überspitzt ausgedrückt „nur den selben Unterricht gehalten habe, den ich auch sonst gehalten hätte“. Vielleicht hätte ich ohne das Projekt doch weniger Zeit gefunden, über die prinzipielle Planung nachzudenken. Insbesondere am Projektworkshop hatte ich dazu Gelegenheit und gute Anregungen. Auch beim Kauf der Motorbausätze hätte ich wahrscheinlich gezögert, obwohl sie billig sind. Schließlich hätte ich mich sicher nie zu einer so ausführlichen Reflexion durchgerungen, wie sie nun beim Erstellen des Endberichtes erfolgt ist. Auch den Evaluationsfragebogen hätte ich nicht erstellt und von Frau Baimuradowa hätte ich, wenn sie sich überhaupt in dieser Form am Projekt beteiligt hätte, sicher keinen schriftlichen Bericht erhalten. Auch die Zusammenarbeit mit dem Bachökologie-Projekt wurde wesentlich durch die beiden MNI-Projekte erst ermöglicht.

Das Projekt ist mir ein wichtiger Anstoß, mir über die Ziele meiner Unterrichtsarbeit klarer zu werden und diese zu präzisieren, sowie Unterrichtssequenzen bewusst auf die Erreichung dieser Ziele hin zu gestalten.

# LITERATUR

- [1] Bundesministerium für Unterricht und Kunst (2004). Lehrpläne AHS (BGBl. II Nr. 277/2004 v. 8.7.2004):  
[http://www.bmukk.gv.at/schulen/unterricht/lp/ahs\\_lehrplaene\\_oberstufe.xml](http://www.bmukk.gv.at/schulen/unterricht/lp/ahs_lehrplaene_oberstufe.xml)  
(28.5.2007), insbesondere Lehrplan Physik:  
[http://www.bmukk.gv.at/medienpool/11862/lp\\_neu\\_ahs\\_10.pdf](http://www.bmukk.gv.at/medienpool/11862/lp_neu_ahs_10.pdf) (28.5.2007)
- [2] <http://www.brunnermeiers.de/kasim/seite4.htm> (3.7.2007)
- [3] <http://www.lehrerseminar-forschung.de> (16.6.2007)
- [4] RICHTER, T. (Hrsg.) (2003). Pädagogischer Auftrag und Unterrichtsziele - vom Lehrplan der Waldorfschule. Stuttgart: Verlag Freies Geistesleben.
- [5] SCHENKEL, Elmar (2005). Die elektrische Himmelsleiter, Exzentriker in den Wissenschaften. München: C.H.Beck oHG.
- [6] WAGENSCHHEIN, Martin (1995). Naturphänomene sehen und verstehen: genetische Lehrgänge. Stuttgart: Klett, Verlag für Wissen und Bildung.



