



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

S5 „Entdecken, Forschen und Experimentieren“

ERLEBNISNAHE VERSUCHS- GESTALTUNG IM WALDORF PHYSIK- UNTERRICHT

ID 640

Georg Krumböck

Rudolf Steiner Landschule Schönau an der Triesting

Schönau, im Juni 2007

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	2
ABSTRACT	3
EINLEITUNG	4
1 DURCHFÜHRUNG DES UNTERRICHTS IN EINER WALDORFSCHULE	5
1.1.1 Epochenunterricht.....	5
1.1.2 Dreischritt.....	5
1.1.3 Ablauf der Epoche	5
1.1.4 Einiges zum Epochenunterricht	5
1.1.5 Der Arbeitsteil im Hauptunterricht	6
1.1.6 Das „Aussprechenlassen“ des Phänomens	6
1.1.7 Die Physiologische Entwicklung des 7. Klässlers	7
1.1.8 Zur Vertiefung der Begriffe über die Klassenstufen	7
2 DIE THEMENBEREICHE	8
2.1 Die Wärmelehre	8
2.2 Die Akustik.....	8
2.3 Die Optik	9
2.4 Die Mechanik	10
2.5 Die Elektrizität.....	12
3 EVALUATION	14
3.1 Die Beurteilung	14
3.2 Der Abschlusstest	14
3.3 Die Interviews	14
3.4 Resumee.....	16
ANHANG	17

ABSTRACT

In meiner Arbeit über den Waldorf Physikunterricht geht es um die kindgerechte Vermittlung des Lehrstoffes. Im Zentrum der Arbeit stehen die zu entwickelnde Beobachtungsgabe der Schülerinnen und Schüler und die sich vollziehenden Schlüsse. Themen, wie die Wärmelehre, die Akustik, die Optik, die Mechanik und die Elektrizität werden von Unterrichtsbeobachtungen der Schülerinnen und Schüler beschrieben, damit die Ideen des Unterrichts anschaulich zur Geltung kommen. Die Versuchsanordnungen und die Ideen des Lehrers, sowie die methodische Vermittlung bestimmen die Erlebnisorientierung des Unterrichts, die der Entwicklung des Jungjünglichen Rechnung trägt.

Schulstufe: 7. Schulstufe

Fächer: Physik

Kontaktperson: Georg Krumböck

Kontaktadresse: Kirchengasse 22, 2525 Schönau an der Triesting

EINLEITUNG

Im Laufe des Projekts war das Interesse der Lehrerinnen und Lehrer anderer Schulen spürbar, Genaueres über den Unterricht in einer Waldorfschule zu erfahren. Daher wird in der Einleitung die Unterrichtspraxis in einer Waldorfschule beschrieben und einige theoretische Grundlagen des Waldorfunterrichts erläutert. Obwohl sich die Unterrichtsinhalte überschneiden, ist die Gewichtung und Erarbeitung signifikant anders. Wichtig ist vor allem das Wesenhafte des Unterrichts zu begreifen, um aus der Sicht auf den jungen Menschen den Unterricht zu gestalten. Rudolf Steiner betont, dass es notwendig ist, sich soweit in die entwicklungsgemäße Befindlichkeit der Kinder einzuarbeiten, dass Physik, nicht nur aus der Notwendigkeit des Faches an sich, sondern auch als Entwicklungshelfer im Heranwachsen des Jugendlichen begriffen und unterrichtet werden kann. Man erarbeitet mit den Kindern deshalb zum Beispiel die Mechanik und den elektrischen Strom, weil die Kinder damit vieles aus ihrer Umgebung, vieles, was sie täglich gebrauchen, besser verstehen können – und besser verstehen heißt, ein freieres Verhältnis dazu gewinnen.

Ziele

Das erste Ziel des Projekts war die kindgerechte Vermittlung des Lehrstoffes. Es sollte auf den Entwicklungsstand der Kinder eingegangen werden und sowohl Themen als auch Methoden sollten zum Alter der Kinder passend gewählt werden. Damit sollte sich eine gute Akzeptanz des Faches durch die Schülerinnen und Schüler ergeben.

Zweites Ziel war, durch geeignete Aufgabenstellungen die Beobachtungsgabe der Schülerinnen und Schüler zu schulen und insbesondere beim Experimentieren die reine Beobachtung (ohne Erklärungen und Interpretation) zu üben.

Ein übergeordnetes Ziel, das allerdings nicht evaluiert werden kann, ist, dass dieses „Wissen“ nicht nur schulischen Ansprüchen genügt, sondern darüber hinausgehend, für die gesamte Entwicklung des Menschen eine Rolle spielen.

1 DURCHFÜHRUNG DES UNTERRICHTS IN EINER WALDORFSCHULE

1.1.1 Epochenunterricht

Epochenunterricht bedeutet, dass die SchülerInnen und Schüler über drei bzw. vier Wochen in den ersten zwei Tagesunterrichtsstunden einmal im Jahr zum Beispiel in Physik unterrichtet werden.

1.1.2 Dreischritt

Es soll den Schülerinnen und Schülern im Physikunterricht zuerst durch den Versuch das Grundphänomen erlebbar gegenübergestellt werden. Im zweiten Schritt erfolgt eine genaue mündliche Rekapitulation der Beobachtung beziehungsweise eine zeichnerische Darstellung, um abschließend, in der Regel am nächsten Tag, den Inhalt, das heißt das Gesetz nachdem es durchdacht worden ist, in schriftlicher Form festzuhalten. Damit wird im Idealfall eine Durchdringung des Lehrstoffes erreicht, die weit über die rein kognitive Aufnahme hinausreicht. Es soll dieses „Wissen“, nicht nur schulischen Ansprüchen genügen, sondern darüber hinausgehen, nämlich für die gesamte Entwicklung des Menschen eine Rolle spielen. In welcher Weise das Erkannte aber für die Einzelpersonlichkeit Bedeutung hat, entzieht sich der überprüfbaren Kenntnis. Darin zeigt sich aber der Anspruch der Waldorfpädagogik: Den Unterricht als Keim zu verstehen, der sich im späteren Leben entfalten kann.

1.1.3 Ablauf der Epoche

Im Folgenden möchte ich den inhaltlichen Plan vorstellen, der der Epoche zu Grunde gelegen ist. Eröffnet habe ich die Epoche mit Wiederholungen aus der Wärmelehre der 6. Schulstufe und einigen anschaulichen Beispielen für die Wärmeausbreitung und die Anomalien des Wassers. Ein kurzes Zwischenspiel lieferte die Akustik mit der Beobachtung der Chladnischen Klangfiguren und dem Dichord. Die Einführung in die Optik vollzog ich durch die Konvexlinse. Darauf aufbauend verdichteten wir die Lichtbrechung mit der Sammellinse und Prismas aller Art, im Besonderen als Attraktion mit dem großen Wasserprisma. Der Brennpunkt und seine Bedeutung für die Fotografie zeigten sich anschaulich an der Camera Obscura und einigen Lichtprojektionen im verdunkelten Raum. Nach Abschluss der Optik begann das bedeutende Kapitel der Mechanik. Versuche zum Hebelgesetz, den verschiedenen Rollen und dem Flaschenzug ermöglichten die Einbeziehung des Außenraumes unserer Schule. Den Abschluss bildete dann eine Einführung in die Wirksamkeiten der Elektrizität.

1.1.4 Einiges zum Epochenunterricht

Der Epochenunterricht ist in der Regel in drei Abschnitte unterteilt. Im Besonderen trägt die rhythmische Abfolge vor allem in der Unterstufe dazu bei, dass durch den kontinuierlichen Ablauf Sicherheit und Kraft gewonnen wird, die über die neuen Lehrstoffe hinaus Halt bietet. Die Gliederung wird auch in der Mittelstufe, zu der die 7. Schulstufe gehört beibehalten, wenngleich sie für die Bedürfnisse der Schülerinnen und Schüler nicht mehr im gleichen Maß Bedeutung hat. Sinnvoll ist es trotzdem,

weil im ersten Teil, dem so genannten rhythmischen Teil, die Schülerinnen und Schüler nach dem zumeist langwierigen Schulweg in der Schule „innerlich ankommen“ können, ohne sofort kognitiv belastet zu werden. So verbringen alle Schülerinnen und Schüler in der Waldorfschule die ersten zwanzig bis dreißig Minuten mit gemeinsamen Singen und chorischen Sprechen, wodurch die Klassengemeinschaft sich erleben kann. Der zweite Teil umfasst den Arbeitsteil in dem der Physikunterricht vorgetragen wird, näheres dazu unter 1.1.2. Den dritten Teil und Abschluss des so genannten Hauptunterrichts bildet der Erzählteil. Dieser stellt den Ausklang der Unterrichtsstunde dar, in dem sich die Schülerinnen und Schüler seelisch-gemütvoll in eine Geschichte, passend zur Physik oder dem Geschichtsunterricht des Schuljahres einleben können.

1.1.5 Der Arbeitsteil im Hauptunterricht

Wie bereits oben erwähnt verläuft der Arbeitsteil des Physikunterrichts im Groben in drei Schritten. Ich möchte jetzt detaillierter auf die einzelnen Schritte eingehen, die aber immer abgestimmt werden müssen mit den Gegebenheiten des Tages. Manches Thema bietet mehr Fülle für die zeichnerische Darstellung, manches lässt sich wieder klarer mit einer ausführlichen Beschreibung erläutern.

Zur Bekanntmachung mit dem Thema habe ich in einigen Worten den Bereich skizziert, mit dem wir uns befassen werden. Danach habe ich begonnen den entsprechenden Versuch aufzubauen und die Schülerinnen und Schüler schon darauf hingewiesen, dass der Versuchsaufbau zum Versuch selbst gehört. Einige Male begann ich auch konkrete Tatsachen aus der Welt recht anschaulich zu beschreiben und wies dann erst an den exemplarischen Versuchen, darauf hin, wie die physikalische Gesetzmäßigkeit experimentell auffindbar ist. So zeigte ich also zu jedem Gebiet der Physik einige Versuche. Je nachdem, ob ähnliche Versuche dem Verständnis desselben Phänomens hilfreich dargestellt werden konnten, zeigte ich mindestens einen. Dieser Versuch wurde danach von einem oder mehreren Schülern so lange beschrieben, bis sich ein klares und einheitliches Bild des Gesehenen ergab. Zumeist lautete dann die Hausaufgabe, dass mit einfachen Skizzen und einer Niederschrift der Versuch oder die Versuche aufgezeichnet werden sollen. Am nächsten Schultag ließ ich von einigen Schülerinnen und Schülern die notierten Beobachtungen vorlesen. Gegebenenfalls ergänzten noch manche Schülerinnen oder Schüler, im schlechtesten Falle musste auch ich die Beobachtung noch etwas nachjustieren. Daraus entwickelte sich dann das Unterrichtsgespräch, in dem ich versuchte, die Schülerinnen und Schüler gedanklich an das Gesetz heranzuführen. Sobald ich den Eindruck hatte, dass sich bei allen innerliche Klarheit einstellte, begann ich den Text für das Epochenheft, in unserem Fall eine Mappe, zu diktieren. Noch am selben Tag begann ich einen neuen Versuch über das nächste Thema zu zeigen.

1.1.6 Das „Aussprechen lassen“ des Phänomens

Wenn die Schülerinnen und Schüler im Unterricht den Versuch beobachten, legte ich großen Wert darauf, dass sie nachher im Beschreiben nicht dazu übergehen, das Gesehene schon zu erklären. Die Bedeutung der reinen Beobachtung wird in unserer heutigen Zeit sehr unterschätzt und ist weitgehend unberücksichtigt. Ihre Wichtigkeit für den jungen Menschen besteht eigentlich darin, die Eigentätigkeit zu entwickeln, die aus dem noch unbekanntem Gesetz des Gesehenen entspringen kann. Ich habe

also versucht, nach dem Staunen bzw. der Hingabe des gesehenen Versuches, den Raum der Empfindungen oder der Stimmung offen zu halten, wo eigene Gedanken oder Gefühle sich entwickeln können. Als Erkenntnismittel ist dieser Weg für die Jugendlichen von großer Bedeutung, weil darin der Auftrag formuliert ist, sich selbsttätig der selbsterfahrenen Welt, ansatzweise bewusst, gegenüberzustellen. Im Sinne Goethes wird hier auch das „Aussprechen lassen“ geübt. Dieser verstand es ja, keine Wahrheiten hinter den Dingen zu suchen, sondern aus der Beobachtung selbst, die Elemente des Gedankeninhalts zu gewinnen.

1.1.7 Die Physiologische Entwicklung des 7. Klässlers

Normalerweise wird das Kind während des 7. Schuljahres 13 Jahre alt. Die Mädchen erreichen die physiologische Reife. Auch bei den Buben beginnen die Pubertätserscheinungen: Die ersten bekommen den Stimmbruch; bei vielen geht die kindliche Leichtigkeit der Bewegungen verloren, die Glieder werden lang und knochig. Schwere und Mechanik des eigenen Körpers machen sich nun stärker bemerkbar. Das ist einer der Gründe, warum jetzt die Mechanik in der Physik behandelt werden muss. Die Kinder werden mehr „erdenreif“, sie werden kritischer, gewinnen ein persönlicheres und wacheres – damit aber auch problematischeres Verhältnis zu Umwelt und zu den Menschen ihrer Umgebung. Autorität ist nicht mehr so selbstverständlich. Das heißt aber auch, dass sich das Paradies der Kindheit noch mehr verschließt. Da brauchen die Kinder Unterrichtsgebiete, die neue Aspekte eröffnen: irdischere, sachlichere, persönlichere. Die stärker in ihnen erwachenden eigenen Denk- und Urteilskräfte brauchen „Futter“.

1.1.8 Zur Vertiefung der Begriffe über die Klassenstufen

In der folgenden Abhandlung wird mancher Leserin und manchem Leser die Frage beschäftigen, warum denn viele Beobachtungen nicht bis zur letztgültigen begrifflichen Klarheit mit den Schülerinnen und Schülern abgehandelt und notiert worden sind? Hier ist dem Prinzip der Entwicklung entsprochen, dass Themenkreise, die über die Jahre immer wieder aufgegriffen werden, dem Alter entsprechend vertieft werden müssen.

So besteht in der Mittelstufe der Ansatz den Schülerinnen und Schülern einerseits das Beobachten intensiv nahe zu bringen und andererseits daran, die eigene Denkfähigkeit zu entwickeln. Letztendlich steht daher nicht der Wissenserwerb fertiger Begrifflichkeiten im Zentrum – ist also gleichsam Abfallprodukt. War in der sechsten Klasse noch ein möglichst großes künstlerisches Erleben an den Phänomenen die Hauptbemühung des Lehrers, in dem er trachtete dieselben ganzheitlich einzubetten und sich somit stets auch am rein seelisch Erlebbaren mitorientierte, so muss nun im folgenden Jahr doch eine „Verwissenschaftlichung“ in der Methode eintreten. Darüber wird zunächst der ganzheitliche Aspekt zugunsten von Detailbeobachtungen und kniffliger aufgebauten Experimenten etwas in den Hintergrund zu treten haben. Das Einzelphänomen wird mit mehr scharfsinnig geplanten Experimenten von verschiedenen Seiten aus betrachtet. Besonders in der achten Schulstufe folgen dann mathematische Berechnungen, die Physik will bis auf ihr Knochensystem erfahren und durchdrungen werden.

2 DIE THEMENBEREICHE

2.1 Die Wärmelehre

Der Inhalt der Wärmelehre war unter anderem die Wärmeleitung, -strömung und -strahlung. Anhand dreier Versuche konnten die Schülerinnen und Schüler die Phänomene bewusst erleben. Nun folgt eine notierte Beobachtung einer Schülerin aus ihrer Epochenmappe:

Vera

Anna hielt einen Eisenstab, der bis zur Mitte mit Kreppklebeband beklebt war, in die Spitze der blauen Flamme des Bunsenbrenners. Es dauerte ganze vier Minuten und 47 Sekunden bis die Spitze des Eisenstabes zu glühen begann und es in der Mitte des Stabes heiß wurde. Als nächstes hielt Michi einen Aluminiumstab übers Feuer, also besser gesagt auch in die blaue Flamme. (Natürlich war auch dieser Stab bis zur Hälfte mit Kreppklebeband umhüllt.) Nun dauerte es nur eine Minute und 43 Sekunden bis es ihm in der Mitte des Eisenstabes zu heiß wurde. Danach wurde ein Kupferstab mit Kreppklebeband versorgt und Lorena in die Hand gedrückt. Der Rekord wurde mit sagenhaften einer Minute und zwei Sekunden gebrochen!

Nun musste die gläserne Backform erhalten. Sie wurde mit Wasser gefüllt und anschließend zeigte Herr Krumböck einen Minilöffel mit Kaliumpermanganat her, welches sich im destillierten Wasser weinrot färbte, dann bei der Erwärmung an die Oberfläche trieb und dann erst am anderen Ende des Gefäßes wieder runter sank.

Am nächsten Tag besprachen wir dann die beobachteten Phänomene. Es zeigte sich die unterschiedliche Leitfähigkeit der Materialien, so kamen wir auch auf die Isolatoren zu sprechen. Ebenso ergänzte ich noch die allbekannte Beobachtung der Wärmestrahlung beim Heizkörper, -strahler oder Kachelofen, um die Funktionsweise der Thermoskanne zu besprechen. Im Idealfall empfiehlt es sich eine alte Thermoskanne zu öffnen, um wiederum anschaulich die gebrauchten Materialien zu sehen. In unserem Fall musste eine einfache Tafelskizze erhalten.

Obwohl die Versuche wenig sensationell waren, war eine starke Aufmerksamkeit gegeben, weil das Erfühlen mit den Händen, einerseits für die Handelnden, als auch für die Beobachter mit Spannung behaftet ist. Der Aspekt des Zeitnehmens verstärkt auch noch die Beobachtungsgenauigkeit. Bei der Wärmeleitung beeindruckte das schlierende Kaliumpermanganat in seiner kräftigen Farbigkeit.

2.2 Die Akustik



Der sehr kurze Bereich der Akustik beschäftigte sich exemplarisch mit der Sichtbarmachung der Töne. Besonders reizvoll in diesem Zusammenhang stellen sich die Chladnischen Klangfiguren dar. Diese Metallplatten, entweder rund oder viereckig, an einem Mittelsporn befestigt, mit Sand- oder Grießkörnchen vorsichtig bestreut, werden an der Seite mit einem alten Chello- oder

Kontrabassbogen kräftig angestrichen. Je nachdem, wo mit zwei Fingern die Metallplatte abgegriffen wird, entstehen hohe oder tiefe Töne, die entsprechende Strukturen hinterlassen. Wieder sei die Notiz eines Schülers wiedergegeben:

Wolfgang

Der heutige Versuch fand in der Klasse statt. Herr K. hatte ein Gestell aus Eisen auf einem geraden Tisch montiert, auf dieses Gestell steckte er eine Eisenstange. Die Eisenstange zeigte jetzt senkrecht nach oben. Auf dieser senkrechten Eisenstange lag horizontal eine Eisenplatte. Auf diese Eisenplatte streute Herr K. Grießkörner, dann nahm er einen alten Geigenbogen und wachste diesen. Dann fuhr er mit dem Geigenbogen so über die Platte, dass ein hoher Ton erklang. Die Grießkörner ordneten sich zu einem schön geformten Muster. Dann fuhr Herr K. mit dem Geigenbogen so über die Platte, dass ein tiefer Ton erklang. Diesmal ordneten sich die Grießkörner so, dass sich auch ein Muster bildete, aber der helle Ton erzeugte ein schöneres Muster.

Aufgrund dieser Beobachtungen erläuterte ich in der darauf folgenden Stunde, den Zusammenhang von Schwingung, die die unterschiedlichsten Muster auf die Platten zauberten und der Frequenz der Töne. Die Begeisterung, mit der die Schülerinnen und Schüler die Versuche aufnahmen, ist bei diesem Versuch besonders groß. Denn in der Klasse, dicht umringt, darf jede Schülerin, die möchte und jeder Schüler, der möchte, selbst einmal zu streichen probieren. Natürlich ist es dann kaum möglich, die sich überschlagenden Vermutungen und Erklärungsversuche zu bremsen. So wird aber auch die Spannung für die nächste Stunde aufgebaut, in der ich ihnen, falls nicht schon eine Schülerin oder ein Schüler das Phänomen erklärt hat, das Rätsel aufzulösen helfe.

2.3 Die Optik

Die optischen Versuche begann ich mit einer Hausaufgabe. Jede Schülerin und jeder Schüler bekamen eine gut verpackte, als unerkennbare Plexiglassammellinse mit. Zu Hause sollten sie alle möglichen Versuche ausprobieren und in kurzen Notizen dokumentieren. So konnten wir schon am nächsten Tag mit der Besprechung beginnen. Einige Ergebnisse dieser Hausübung möchte ich nun anschließen.

Lorena

- 1. Ich nahm das Glas und schaute mir ganz behutsam meine Lebenslinie an der Hand an. Meine Haut sah unter der Lupe ganz anders aus!*
- 2. Ich nahm die Lupe und hielt sie in die Sonne. Dabei wurde die Lupe sehr heiß. Die Lupe warf einen „Strahl“ auf eine Zeitung, die ich dabei hatte und brannte ein Loch durch (!). Ich lebte die Zeitung beiseite und wollte gehen, doch dann sah ich, wie das Loch immer größer wurde (Hilfe!) und schließlich die Zeitung zum Brennen brachte!*
- 3. Ich nahm die „Scheibe“ und besah mir eine Brotkrümel. Der Krümel sah unter der Lupe viel zackiger aus als normal!!! Ich besah ihn mir noch eine Weile, doch dann wurde mir fad, also hörte ich auf (hihi!).*
- 4.*

Raffaella

Herr Krumböck gab uns die Aufgabe ein Experiment selbst zu entdecken, also gab er uns ein Päckchen. In diesem Päckchen befand sich eine kleine Lupe, so dachte ich nach, was man mit ihr experimentieren könnte. 1. Versuch: Ich nahm ein Blatt Papier, schrieb ein paar Zeilen und nahm die Lupe her. Vergleich: Mit der Lupe sah ich die Buchstaben größer und besser und ohne der Lupe sah ich sie natürlich kleiner und schlechter.

Stefan

Ich nahm eine Linse, die ich in der Schule bekommen hatte und hielt sie im Zimmer parallel zur Fensterscheibe, die Sonne schien nicht direkt in die Linse. Hinter der Linse hielt ich ein weißes Blatt Papier. Auf dem Papier sah man jetzt genau das, was draußen vor dem Fenster war, nur ein bisschen verschwommen. Aber das ließ sich ändern, wenn man den Abstand zwischen Linse und Papier verkleinerte oder vergrößerte. Das ganze Bild stand auf dem Kopf. Das ließ sich nicht ändern.

Mit diesen unterschiedlichen Erfahrungen war ich dann in der nächsten Unterrichtsstunde konfrontiert und es lässt sich gut vorstellen, dass sich das gemeinsame Gespräch sehr fruchtbar gestaltete. Die so erarbeiteten Phänomene konnte ich dann mit verschiedenen Versuchsanordnungen im dunklen Raum konzentrieren und ein klares Bild von der Lichtbrechung, vom Brennpunkt und der Wirksamkeit der verschiedenen Prismen und Linsen geben.



Besonders effektiv zeigte sich aber der Versuch mit dem Wasserprisma.

Manuel

Die ganze Klasse ging in den Physikraum, vier Leute mussten vier Gießkannen mit Wasser holen und in das Riesenprisma leeren. Dann kamen viele Leute der Klasse dran, um sich hinter das Prisma zu stellen. Wir sahen, dass der Körper der hinterm Wasser war, versetzt mit dem Kopf war. Bei kleineren ging es immer besser als bei größeren, wenn jemand mehr nach links ging und sich drehte, war er sehr dick und, wenn er mehr nach rechts ging, war er ganz dünn. Das alles passierte, weil das Wasser und das Prisma das Licht und das Bild brachen.

2.4 Die Mechanik

Und jetzt zum Kernthema der Epoche! Ich reichte einem kräftigen Schüler eine Metallstange und bat ihn sie ohne Hilfsmittel zu verbiegen. Natürlich gelang das ohne Hilfe des Knies nicht. Dann zeigte ich den Schülerinnen und Schülern eine Metallstange, an deren oberen Ende sich ein Loch befand. Nach einer Weile fand ein

Schüler eine Stelle in einem Balken, wo sich die zu biegende Metallstange hineinstecken ließ. Mit diesem Trick gelang es einem sehr zarten Schüler, die Stange mit Leichtigkeit zu verbiegen. Da sich unsere Schule auf dem Land befindet, gibt es viel Platz und damit viel Betätigungsraum für Schülerinnen und Schüler jeden Alters. Aus diesem Grund befindet sich auch ein etwa tonnenschwerer Sandsteinbrocken vor dem Werkraum. Ich stellte den Schülerinnen und Schülern nun die Aufgabe diesen Stein zu bewegen und gab ihnen dafür nur zwei einfache Stangen; einen kräftigen Ast und eine Metallrohr, zölligen Durchmessers. Es dauerte eine ziemlich lange Zeit bis ein Schüler den richtigen Ansatz fand. Nachdem aber ein Ziegelbrocken knapp genug an den Stein gelegt wurde, konnte jede Schülerin und jeder Schüler den Stein anheben. Danach schilderte ich ihnen, dass auch in grauer Vorzeit die Menschen bis zu 50 Tonnen schwere Granitbrocken, sei es in England, Ägypten oder anderswo zu heben verstanden. Am nächsten Tag ließ ich das Wesentliche der Versuche zusammenfassen und erklärte das Hebelgesetz, welches wir im Anschluss daran anhand eines Waagebalkens experimentell zu prüfen unternahmen. Die Unterscheidung zwischen einarmigen und zweiarmigen Hebel ließ sich auch im Werkraum vortrefflich in Szene setzen.

Jakob

Heute im Hauptunterricht gingen wir in den Werkraum. Dort standen ein Bock, ein Kübel voller Steine und ein Holzstock. Wir wollten den Kübel mit dem Stock und dem Hebeleffekt hoch heben, aber der Kübel stand noch zu tief, also stellten wir einen Schemel darunter. Nun konnten wir genau beobachten, dass, wenn man den Kraftarm kurz hat, geht es schwer die Last zu heben, aber, wenn man einen langen Kraftarm hat, geht es ganz leicht.

Kilian

Wir machten auch noch einen anderen Versuch, wir schoben den Stock so über den Bock, dass nur noch fünf Zentimeter darüber standen und den Kübel, der übrigens um die 30 Kilogramm hatte, hängten wir ganz nahe zum Bock. Tatsächlich, es war zwar nicht so leicht wie vorher, aber doch leicht hebbar. Desto näher der Kübel zu der Hand gehängt wurde, desto schwerer wurde er.



Hannah

Wir gingen in den Physikraum und setzten uns hin. Vor uns war auf einem Tisch ein Waagebalken gefestigt. Hinter dem Waagebalken standen viele Gewichte, das schwerste wog vier Kilogramm. Herr Krumböck hing ein Gewicht auf die eine Seite des Balkens, der jetzt auf der einen Seite viel schwerer war als auf der anderen Seite und die Seite hing nach unten. Jetzt fragte er uns, wie man es ausgleichen könnte. Stefan glich es dann mit einem kg aus. Das vier Kilo Gewicht hing auf dem zweiten Zapfen von der Mitte aus und man glich aus, wenn man das ein Kilo Gewicht auf den achten Zapfen von der Mitte hing. Weil $2 \times 4 = 8$ und $8 \times 1 = 8$. Nachher kamen noch andere Versuche mit Gewichten.

Um die Gesetzmäßigkeit der Kraftersparnis in Bezug zur Zeit zu bringen, zeigte ich den SchülerInnen und Schülern die feste und die lose Rolle und erweiterte das Phä-

nomen danach mit dem Flaschzug. Die feste und lose Rolle ließ ich die Schülerinnen und Schüler gleich nach der Beobachtung selbständig aufzeichnen. Mit dem Flaschzug experimentierten wir aber am „lebendigen Material“. Ich ließ Schülerinnen und Schüler, die Lust dazu hatten, von anderen Schülerinnen und Schülern mit einem Vierfachflaschzug, an dem ein Schaukelbrett montiert war, in die Höhe ziehen. Dieser Versuch gelang natürlich eindrucksvoll und war auch entsprechend einprägsam.

2.5 Die Elektrizität

Die letzten vier Tage der Epoche waren der Elektrizität gewidmet. Da die Schülerinnen und Schüler in der sechsten Schulstufe nur mit der Reibungselektrizität Bekanntschaft schließen, erweist es sich sinnvoll, die Qualitäten des elektrischen Stromes als Ganzes vor sie hinzustellen. Natürlich verlassen wir hier aber den Bereich, wo aus der direkten Anschauung die Grundphänomene sich erschließen lassen. Nachdem ich einige Versuche unternommen hatte, erläuterte ich den Schülerinnen und Schülern anhand des „Wassermodells“, die Wirksams- und Aktionsbreite des Stromes, um schlussendlich mit dem Ohmschen Gesetz einen Abschluss zu bilden. Da uns am letzten Epochentag vor dem Abschlusstest noch Zeit blieb, beschloss ich mit dem Elektromagneten eine Vorschau für das nächste Schuljahr zu machen. Wieder seien einige Versuche von den Schülerinnen und Schülern aufgezeichnet.

Magdalena

Wir nahmen eine Kabeltrommel und steckten ein Kabel mit zwei Bananensteckern an. Am Kabel war ein Klappschalter befestigt, den man hin- und herschalten konnte. Wir prüften mit einem Spannungsprüfer, ob im Plus- oder Minusstecker Strom nachweisbar war. In beiden Stromausgängen war kein Strom nachweisbar. Nun kippte Herr Krumböck den Schalter um und nun war im Minusstecker Strom nachzuweisen. Wir wollten den Strom aber im roten Plusstecker haben, also drehten wir den Stecker in der Kabeltrommel einfach um 180° um und nun war der Strom im Plusstecker. Das war der erste Erfolg. Wir schalteten den Strom wieder ab und steckten eine Glühbirne auf die Fassung. Herr Krumböck steckte das Pluskabel an. Er schaltete den Strom wieder an und wir prüften, ob nun Strom im Stecker nachweisbar war. Dies war jedoch nicht der Fall – die Glühbirne leuchtete nicht auf. Wir schalteten den Strom wieder ab und steckten das Minuskabel in den anderen Stecker der Glühbirne rein. Wir schalteten den Strom wieder an und siehe da, die Glühbirne leuchtete.

Anna

Wir steckten ein Stromleitungskabel in die rote Bananenbuchse, zur Lampe und dann befestigten wir auf dem Kabel einen Draht. Nachher steckten wir ein Stromleitungskabel in die blaue Bananenbuchse und befestigten ebenfalls einen Draht. Wir schalteten den Strom an. Wenn man die zwei Drähte zusammen hielt, fing die Glühbirne an zu leuchten. Nach kurzer Zeit gaben wir die zwei an Strom laufenden Drähte, von einander getrennt, in eine Schüssel mit Wasser. Doch es passierte nichts. Daraufhin hielten wir das ganze in eine Schüssel mit Salzwasser und somit ging die Birne sofort hell an und an der Wasseroberfläche knisterte es. Umso weiter wir es ins Salzwasser hielten, umso heller wurde das Licht.

Jakob H.

Wir gingen in den Physiksaal, um dort mit dem gestrigen Versuch weiterzumachen. Gestern hatten wir nämlich zwei Gestelle auf einem Tisch gebaut und hatten zwei Nägel, gut isoliert daran befestigt, an denen Kabel zu einer Birne und dann zu einer Steckdose führten. – Wenn wir zum Beispiel eine Eisenstange auf die Nägel legten, ging die Birne an. Heute legten wir noch Alufolie(leuchtete), Holz(auch nachdem wir es in Wasser tunkten nicht), Glas(nicht), Plastik(nicht) und Stoff drauf. Beim Stoff leuchtete es nicht, auch als wir Wasser darüber gossen. Erst nachdem wir auch noch Salz darauf taten, leuchtete die Birne schwach. Sie wurde immer schwächer und erlosch dann ganz, weil das Wasser verdampfte.



Nina

Wir gingen in den Physikraum, nahmen zwei Spulen, die an einer Art Halterung befestigt waren. Von diesen Spulen gingen je zwei Kabeln weg. Diese Kabel hatten an der anderen Seite ein Art Klipser. Dann klipsten wir dieses Kabel an eine 4,5 Volt Batterie. Wir hatten auch noch ein anderes Metallteil, das ein bisschen einem Griff ähnelte. Als wir die Klipsdinger an die Batterie klipsten, hielten wir das griffartige Teil daran. Die beiden Spulen haben ein elektromagnetisches Feld errichtet. Wir bekamen die beiden Dinger auch nicht mehr von einander los. Dann klipsten wir die Kabel ab. Die beiden Metalldinger gingen noch immer nicht auseinander. Auch nicht, wenn wir daran zogen. Als die beiden Metalldinger ein elektromagnetisches Feld hatten, hatte Herr Krumböck gesagt, dass es jetzt 80 Kilogramm tragen könne.

3 EVALUATION

3.1 Die Beurteilung

Die Beurteilung der Epoche wird in der Regel schriftlich erteilt. Am Ende des Jahres bekommen die Schülerinnen und Schüler ein verbales Zeugnis über jeden einzelnen Unterrichtsgegenstand. Im Wesentlichen wird die Arbeitsweise charakterisiert: die Aufmerksamkeit während des Unterrichts, das Interesse am Lehrstoff, die Mitarbeit bei den Klassengesprächen, die Gestaltung des Epochenheftes, das als Lehrbuch verstanden wird, weil in der Waldorfschule hauptsächlich ohne Lehrbücher gearbeitet wird und die Qualität und Konstanz bei den Hausaufgaben. Zur Abrundung und meist auch als Spiegel, des vom Lehrer beobachteten, wird der Abschlusstest herangezogen.

In der Epoche hat xxx mit geteiltem Interesse teilgenommen. Ihre mündliche Mitarbeit war schwach, die Arbeitshaltung aber größtenteils in Ordnung. Ihre Epochenmappe hat sie vollständig, aber nicht sehr schön geführt und die Hausübungen unregelmäßig abgegeben. Der Abschlusstest ist ihr nur unzureichend gelungen. Insgesamt hat xxx eine schwach ausreichend positive Gesamtbeurteilung erzielen können.

In der Epoche hat xxx mit starkem Interesse und großer Begeisterung teilgenommen. Seine mündliche Mitarbeit war sehr engagiert und die Arbeitshaltung größtenteils konzentriert. Seine Epochenmappe hat er äußerst schleissig geführt und die Hausübungen recht regelmäßig gebracht. Der Abschlusstest ist ihm dann ausgesprochen gut gelungen. Insgesamt hat xxx aber durch die schwache Mappe nur eine gute Gesamtbeurteilung erzielen können.

3.2 Der Abschlusstest

Am Ende der Epoche steht ein Abschlusstest an, der sich entsprechend dem Erarbeiteten, über mehrere Seiten erstreckt. Die Schülerinnen und Schüler sollen hier das Erfahrene, aber auch bewusst Erlernte, schriftlich und bei manchen Fragen auch zeichnerisch wiedergeben. Obwohl wir in der Waldorfschule auf die Tests weniger Wert legen, besteht doch in der Mittelstufe der Anspruch, dass die Schülerinnen und Schüler konzentriert ihre Leistung selbst erfahren können.

3.3 Die Interviews

Um einem ungewöhnlichen Projekt einen würdigen Abschluss zu verleihen, bat ich die Schülerinnen und Schüler sich gegenseitig zu interviewen. Auch aus anderen Zusammenhängen sind sie es gewohnt, sich gegenseitig Fragen zu stellen und diese auch redlich zu beantworten. Um nicht alle Interviews im Ganzen wiederzugeben, möchte ich mich hier auf eine Auswahl von Fragen beschränken, obwohl es durchaus reizvoll wäre, manche ganz zu lesen. Ich möchte sie aus diesem Grund auch am Ende der Arbeit veröffentlichen.

Raffaella interviewt Maria und Christina:

Welche Experimente haben euch in den Physikstunden am meisten begeistert?

C: Ich fand das Hebeexperiment ganz toll, aber die Rechnungen mit dem Waagebalken waren ein Horror (grinst).

M: Mich hat der Waagebalken auch sehr begeistert.

Maria, gab es auch für dich nicht so schöne Erlebnisse?

M: Dass viele schreiben fand ich nicht so toll!

Wie fandet ihr den Test?

C: Ich fand ihn schwer, aber doch zu schaffen.

Elisabeth interviewt Lorena:

Wie hat dir der Physikunterricht gefallen?

L: Ich fand den Unterricht ziemlich interessant.

Was fandst du nicht interessant?

L: Das mit dem Strom.

Hast du dich mit den Versuchen viel beschäftigt?

L: Grundsätzlich schon.

Welches Thema hat dir am besten gefallen?

L: Mir gefiel Mechanik gut, weil wir da viel draußen gearbeitet haben.

Möchtest du dich weiterhin mit Physik beschäftigen?

L: Naja, nicht so intensiv, ein bisschen vielleicht!

Vera interviewt Magda:

Gehört Physik zu deinen Lieblingsfächern?

M: Eigentlich nicht, aber die Versuche haben mir gefallen, bloß, wenn wir sie zu Hause beschreiben mussten, fand ich das nicht so toll.

Welcher Versuch gefiel dir am Besten?

M: Welches Material am besten Elektrizität leitet.

Bist du mit dem Stoff in Physik gut zu Recht gekommen?

M: Ja.

Stefan interviewt Clemens und umgekehrt:

S: Was hat dir an der Physikepoche gut gefallen?

C: Eigentlich alles.

Hättest du lieber gehabt, dass die Physikepoche länger gewesen wäre?

C: Wir hätten ruhig noch eine Woche anhängen können.

C: Weißt du jetzt, nach der Physikepoche mehr als vorher?

S: Ja, auf jeden Fall.

C: Fandest du den Unterricht vom Lehrer gut gestaltet?

S: Ja.

Jakob interviewt sich selbst:

Wie fandest du, dass Herr Krumböck die letzten zehn Minuten fast immer aus einem Buch vorgelesen hat?

Ich fand es cool, außerdem ist man in den letzten zehn Minuten sowieso nicht mehr konzentriert, weil man schon mit den Gedanken in der Pause ist.

Was fandest du nicht so toll am Physikunterricht?

Dass wir am Anfang immer zwanzig Minuten gesungen haben.

3.4 Resümee

Insgesamt ist das Projekt gut gelaufen. Mein Ziel, die Beobachtungsgabe zu schärfen, erreichte ich teilweise, da die Beschreibungen der Schülerinnen und Schüler im Laufe der vier Wochen etwas detaillierter wurden. Allerdings habe ich bemerkt, dass die Neigungen der Kinder über meine guten Absichten obsiegten. Die Physikbegeisterten waren stets intensiv beobachtend dabei und zeigten durch ausführliche und lebendige Berichte ihre Anteilnahme. Die weniger interessierten Schülerinnen und Schüler taten, wie erfordert, ihre Pflicht, wobei ich bei zu knappen Berichten mehr Text einforderte. Die Schülerinnen und Schüler konnten aber dem Unterrichtsgeschehen durch die erlebnisorientierte Ausrichtung des Unterrichts gut folgen und waren wie gesagt, teilweise sehr engagiert. So baute einer eigenständig eine Camera obscura, ein anderer brachte am nächsten Tag seinen selbstgebaute Flaschenzug mit. Leider wird es mir im nächsten Jahr nicht möglich sein, etwaige Veränderungen in Bezug auf das Interesse oder die Aufmerksamkeit zu verfolgen. Die Interviews waren größtenteils sehr positiv. Die Schülerinnen und Schüler freuten sich, dass ihre Meinung gefragt ist und sie Anmerkungen zum Unterricht machen konnten. Ich bin sehr dankbar, dass wir jetzt etliche Unterrichtsmaterialien für die 7. Schulstufe zur Verfügung haben und bin sicher, dass sie auch einmal in einem entsprechenden Physiksaal aufgebaut werden können.

ANHANG

Interviews der Schülerinnen und Schüler

Die Epochenmappe der Schülerin Vera Scheickl