

LANDESLEHRERPRÜFUNGSAMT Außenstelle beim Regierungspräsidium Freiburg	STAATLICHES SEMINAR FÜR DIDAKTIK UND LEHRERBILDUNG (BERUFLICHE SCHULEN) FREIBURG
--	---

Zweite Staatsprüfung für die Laufbahn
des höheren Schuldienstes an beruflichen Schulen

Schriftliche Arbeit

Fach: Physik

Thema: Innerhalb der Lehrplaneinheit Energie in der Eingangsklasse des BTG:
Selbstorganisiertes Erkunden und Präsentieren von Wasserkraftanlagen in Freiburg im handlungsorientierten Unterricht.

Klassenstufe: Eingangsklasse (11) Biotechnologisches Gymnasium

Verfasser: Dr. Thomas. Hippler

Fachleiter: Dr. Axel Hoffmann

Versicherung:
Ich versichere, dass ich diese schriftliche Arbeit selbständig und nur mit den angegebenen Hilfsmitteln angefertigt habe und dass ich alle Stellen, die dem Wortlaut oder dem Sinn nach anderen Werken entnommen sind, durch Angabe der Quellen als Entlehnung kenntlich gemacht habe.

Freiburg, 10. September 2006

.....
(Ort, Datum)
(Unterschrift)

Im Falle der Aufbewahrung meiner Arbeit im Archiv des Seminars für Schulpädagogik bez. im Staatsarchiv erkläre ich mein Einverständnis, dass die Arbeit Benutzern zugänglich gemacht werden kann.

Freiburg, 10. September 2006

.....
(Ort, Datum)
(Unterschrift)

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Didaktische Vorüberlegungen	5
2.1	Handlungsorientierter Unterricht	5
2.1.1	Herstellen und Handeln	5
2.1.2	Handlungsorientierter Unterricht	6
2.1.3	Vorgehensweise	7
2.1.4	Lehrerrolle	10
2.1.5	Vor- und Nachteile handlungsorientierten Unterrichts . .	10
2.1.6	Bewertung im handlungsorientierten Unterricht	13
2.2	SOL-Selbstorganisiertes Lernen	15
2.2.1	Advance Organizer	16
2.2.2	ABC-Methode	17
2.3	Projektmethode	17
3	Wasserkraft	19
3.1	Wasserkreislauf der Natur	19
3.2	Leistung und Wirkungsgrad von Wasserkraftanlagen	20
3.3	Vor- und Nachteile bei der Wasserkraftnutzung	21
3.4	Wasserkraftanlagen in Freiburg	21
3.4.1	Bestandteile einer Wasserkraftanlage	22
3.4.2	Wasserräder	23
3.4.3	Turbinen	26
3.5	Unterstützung regenerativer Energien	27
4	Herkunft der SchülerInnen	28
5	Durchführung des Projektes	29
5.1	Einführung für die SchülerInnen am 22.5.06	29
5.2	Gruppeneinteilung am 12.6.06	37
5.3	Tipps bei der Recherche am 19.6.06	41

5.4	Besichtigung des Wasserkraftwerks am Komturplatz am 22.6.06	44
5.5	Internetrecherche und Postervorbereitungen in Vertretung von Hr. Münnich am 26.6.06	47
5.6	Gestaltung der Ausstellung am 3.7.06	47
5.7	Ausstellungsbeginn am 4.7.06	49
5.7.1	Arbeiten der Gruppe Funktionsweise von Wasserkraft- anlagen und Turbinen	49
5.7.2	Allgemeines zu Wasserkraft und physikalische Gesetzmäßig- keiten	50
5.7.3	Einfluss auf die Umwelt	54
5.7.4	Geschichtliches	54
5.7.5	Wirtschaftlichkeit	56
6	Analyse der SchülerInnenergebnisse	57
6.1	Ergebnisse der Gruppe Funktionsweise von Wasserkraftanlagen mit Schwerpunkt Turbinen	57
6.1.1	zur Francisturbine	58
6.1.2	zur Peltonturbine	58
6.1.3	zu den Gezeiten-, Pumpspeicher- und Meeresströmungskraftwerken	59
6.2	Ergebnisse der Gruppe Allgemeines zu Wasserkraft und physikalische Gesetzmäßigkeiten	60
6.3	Ergebnisse der Gruppe Einfluss auf die Umwelt	60
6.4	Ergebnisse der Gruppe Geschichtliches	61
6.5	Ergebnisse der Gruppe Wirtschaftlichkeit	61
7	Feedback der SchülerInnen	62
7.1	Fragebogen	62
7.2	Mündliche Befragung der SchülerInnen	69
8	Nachbetrachtung des Projektes	70
9	Zusammenfassung und Schlusswort	72

Kapitel 1

Einleitung

Mit der Eingangsklasse BTG 11-2 in Physik des biotechnologischen Gymnasiums an der Merian-Schule in Freiburg wurde im Rahmen der handlungsorientierten Themenbehandlung Energie/Energieerhaltungssatz das Projekt „Selbstorganisiertes Erkunden und Präsentieren von Wasserkraftanlagen in Freiburg im handlungsorientierten Untrricht“ durchgeführt.

Zur Durchführung des Projektes wurden fünf Doppelstunden verwendet. Zusätzlich erklärte ein privater Betreiber einer lokalen Wasserkraftanlage sich bereit, eine Besichtigung mit Führung zu veranstalten. Für die Präsentation der Ergebnisse, das Handlungsprodukt sprachen die SchülerInnen sich für eine Ausstellung aus.

Dementsprechend ist die vorliegende Arbeit gegliedert. Im zweiten Kapitel werden die didaktischen Vorüberlegungen angestellt. Da die SchülerInnen selbstständig und dementsprechend handlungsorientiert in diesem Projekt vorgehen, soll an dieser Stelle Begrifflichkeiten geklärt werden.

Das Kapitel 3 „Wasserkraft“ beschäftigt sich im besonderen mit den Begebenheiten, die die Wasserkraftanlagen, die in Freiburg vorkommen, betreffen. Im Kapitel 6 wird festgestellt, dass die SchülerInnen sich entschieden haben, weiterführende Informationen sich zu besorgen und darzulegen. Deshalb soll in diesem Kapitel auch weiterführende Sachverhalte zur Wasserkraft allgemeiner Art besprochen werden.

Nach einem kurzen Verweis auf die Herkunft der SchülerInnen wie z.B. die Vorgängerschulen wird auf die Durchführung des Projekts eingegangen. Dieses Kapitel 5 ist gemäß den durchgeführten Doppelstunden inklusive der Besichtigung der Wasserkraftanlage untergegliedert. Hier findet sich auch die gestaltete Ausstellung.

Die Ergebnisse der Ausstellung werden im Kapitel 6 analysiert und besprochen. Wie erwähnt werden die eingebrachten Sachverhalte zur Wasserkraft tiefer gehend beleuchtet, wenn sie über die Begebenheiten bei den Wasserkraft-

anlagen in Freiburg hinausreichen.

Es wurde ein Feedback bei den SchülerInnen eingeholt und in Kapitel 7 vorgestellt.

Nach einer Reflektion in Kapitel 8 wird die vorliegende Arbeit mit einer Zusammenfassung und einem Schlusswort abgerundet.

Kapitel 2

Didaktische Vorüberlegungen

Da das Projekt, das in der vorliegenden Arbeit mit „Selbstorganisiertes Erkunden und Präsentieren von Wasserkraftanlagen in Freiburg im handlungsorientierten Unterricht“ betitelt ist, soll in diesem Kapitel auf handlungsorientierten Unterricht, Selbstorganisation und die Projektmethode eingegangen werden.

2.1 Handlungsorientierter Unterricht

2.1.1 Herstellen und Handeln

Die Philosophin Hannah Arendt unterscheidet streng zwischen Herstellen und Handeln [Are60]. So ist ein klassisches Schulexperiment mit einem vom Lehrer geplanten Ergebnis ein Teil eines Herstellungsprozess im Unterricht. Wenn SchülerInnen hingegen beim Hantieren mit einer Experimentanordnung auf Fragestellungen stoßen, die sie interessieren und die sie untersuchen wollen und dann überlegen, wie sie dieses Anliegen angehen sollen, dann handeln die Akteure. Ein Beispiel aus dem Unterricht sei gegeben: Es wurde die Leitfähigkeit von Flüssigkeiten untersucht, so z.B. die von einer Kochsalzlösung oder einem Speiseöl, dies war Teil einer Aufgabenstellung mit Anleitung und mit vorgegebenen Flüssigkeiten. Ein Herstellungsprozess. Aber eine Schülerin fragte sich wie Coca-Cola sich verhalte und ob eine Mischung mit Kochsalz eine Auswirkung habe. Sie regte an, dass sie die Leitfähigkeit in der nächsten Unterrichtsstunde untersuchen wolle. In diesem Moment handelte die Schülerin. Hilfreich zur Identifizierung von Herstellungsprozessen sind Schülerzitate wie z.B. „Der Lehrer hat uns aufgefordert zu untersuchen, warum ...“. Umgekehrt sind Schüleraussagen wie „Ich würde gern wissen, warum...“ klare Kennzeichen für Handlungsorientierung. Bezüglich der Unterscheidung von Handlungs- und Herstellungsprozessen sind weitere Beispiele aus dem Biologieunterricht

in [Rup02] aufgeführt.

2.1.2 Handlungsorientierter Unterricht

Wopp äußert sich in der Enzyklopädie Erziehungswissenschaft [Hal86] zu handlungsorientierten Unterricht. So wird ein Unterrichtskonzept als handlungsorientiert bezeichnet, „das den Schülern einen handelnden Umgang mit den Lerngegenständen und -inhalten des Unterrichts ermöglichen soll. Die materiellen Tätigkeiten der Schüler bilden dabei den Ausgangspunkt des Lernprozesses, und es sollen Handlungsprodukte als konkrete Ergebnisse des Lern- und Arbeitsprozesses erstellt werden“.

Auf das hier angewendete Projekt zielt das Ergebnis auf eine Präsentation der SchülerInnen-Ergebnisse hin. Im weiteren Verlauf des in dieser Arbeit vorgestellten Projekts haben sich die Akteure für eine Ausstellung entschieden.

Weiter heißt es in der Enzyklopädie, es werde das Ziel verfolgt, „durch die aktive Auseinandersetzung und durch den handelnden Umgang der Schüler mit der sie umgebenden gesellschaftlichen Wirklichkeit Erfahrungs- und Handlungsspielräume zu schaffen und dadurch die Trennung von Schule und Leben ein Stück weit aufzuheben“ (S.601).

Um wiederum auf das Projekt in dieser Arbeit hinzuweisen, wird durch das Erkunden der Wasserräder vor Ort hier in Freiburg der Schwerpunkt aus der Schule heraus in die Wirklichkeit der örtlichen Begebenheiten, in das stadteigene und –im übertragenen Sinne– gesellschaftliche Umfeld gehoben.

Aus diesen Überlegungen heraus ergebe sich Konsequenzen für die Unterrichtsorganisation. So ist in [Jan03] definiert: „Handlungsorientierter Unterricht ist ein ganzheitlicher und schüleraktiver Unterricht, in dem die zwischen dem Lehrer/der Lehrerin und den SchülerInnen vereinbarten Handlungsprodukte die Gestaltung des Unterrichtsprozesses leiten, so dass Kopf- und Handarbeit der SchülerInnen in ein ausgewogenes Verhältnis zueinander gebracht werden können“ (man denke an die Rechercheprozesse der SchülerInnen, die als Vorarbeit nötig sind, um die Poster für die Ausstellung zu gestalten. Dies wird ausführlich in Kapitel 5 behandelt.).

In [Rup02] werden die Merkmale handlungsorientierten Unterrichts zusammengefasst. Handlungsorientierter Unterricht ist:

- **ganzheitlich.** Die gesamte Persönlichkeit der Lernenden wird angesprochen. Das Lernen geschieht mit Kopf, Herz, Hand und allen Sinnen; es hat also kognitive, emotionale und praktische Dimensionen. Tun und Denken werden verknüpft.
- **schüleraktiv und -orientiert.** Der Unterricht knüpft an Erfahrungen und Interessen der Lernenden an, bezieht sie bei Planung, Erarbeitung

und Auswertung des Unterrichts ein und befähigt sie, sich selbstständig, Wissen anzueignen, Probleme zu lösen, Entscheidungen zu treffen und Handlungen zu erproben.

- **produktorientiert.** Im Mittelpunkt des Unterrichts steht ein verwertbares Ergebnis, ein Handlungsprodukt, das im Konsens mit der Lehrperson und den SchülerInnen vereinbart und von der ganzen Gruppe getragen wird. Dieses Produkt hat einen Gebrauchswert, es wird anderen vorgestellt, ausgewertet und reflektiert.
- **prozessorientiert.** Das gemeinsame Tun steht im Vordergrund des Lernprozesses. Die Lernenden überlegen im Team, planen, erörtern, treffen Entscheidungen und erproben diese Entscheidungen in Handlungen («Learning by doing»). Sie bauen so fachliche, methodische und soziale Kompetenzen auf.

Handlungsorientierter Unterricht wurde nicht in Pädagogikwerkstätten erdacht und dann in den Schulen implementiert, sondern entstand eher durch Ausprobieren als durch Anwendung theoretischer Vorgaben [Gud97].

Handlungsorientierter Unterricht hat eine lange Tradition, die von den Klassikern der Pädagogik wie Comenius, Rousseau und Pestalozzi über die Industrieschulen des 18. Jahrhunderts bis zur Reformpädagogik zurückreicht [Rup02].

2.1.3 Vorgehensweise

Vorschläge zur Planung von handlungsorientierten Unterrichtseinheiten folgen meist einem «Planungsraster» (nach [Jan03], vgl. Abb.2.1). Dieser sieht einen «LehrerInnen-Strang» und einen «SchülerInnen-Strang» vor.

Der «LehrerInnen-Strang» sieht die Erfassung der Grundlagen für die Lehrzielentscheidungen vor, die die fachlichen, curricularen und organisatorischen Vorgaben für den Unterricht betreffen. Der «SchülerInnen-Strang» erfasst die Lernvoraussetzungen, Interessen und weitere Vorgaben aus der Schülerperspektive. Dies sollte durch konkrete Beteiligung der SchülerInnen inhaltlich gefüllt werden.

Der Unterricht lässt sich in drei Phasen untergliedern: in die Einstiegs- und Planungsphase, Erarbeitungsphase und Auswertungsphase.

- **Einstiegs- und Planungsphase.** Es gilt, das Interesse der SchülerInnen am Thema zu wecken, sie zu motivieren, Vorkenntnisse zu aktivieren und Planungsabsprachen zu treffen. Dabei müssen die SchülerInnen selbst entscheiden, welche Kenntnisse, Informationen und Fertigkeiten sie zum

ausgewählten Thema mitbringen, welche Defizite sie haben und welche Informationen sie noch benötigen. Die Suche nach einer geeigneten Problemstellung, die in der Erarbeitungsphase zu einem Handlungsprodukt führen soll, ist der wichtigste Planungsschritt.

Die Lehrperson muss sicherstellen, dass die abgesprochenen Handlungsprodukte den Richtlinienvorgaben genügen, fachdidaktisch angemessen umgesetzt werden können und die SchülerInnen nicht unter- oder überfordern. Sie soll versuchen, den subjektiven Interessen der SchülerInnen möglichst weit entgegen zu kommen, um ihren Ideen und Initiativen Handlungsspielräume einzuräumen.

LehrerInnen und SchülerInnen müssen sich in dieser Planungsphase übereinkommen, welche konkreten Arbeitsschritte zu erledigen sind, welche Materialien besorgt werden müssen, mit welchen Methoden und Sozialformen gearbeitet werden soll und wie der Arbeitsprozess dokumentiert werden soll. Sinnvollerweise werden Planungsabsprachen z.B. an einer Pinnwand festgehalten.

- **Erarbeitungsphase.** Die Handlungsprodukte werden einzeln oder in Teams erarbeitet. Dabei können die Fach-, Methoden- und Sozialkompetenzen durch gezielte Auswahl der Informationen und Herangehensweisen von Seiten der Lehrperson gefördert werden. Durch direkte Lehr- und Lernformen wie Frontalunterricht, Übungen oder Demonstrationsexperimente kann dieser Prozess unterstützt werden.
- **Auswertungsphase.** Es werden die erstellten Handlungsprodukte präsentiert, dokumentiert, aber auch kritisch bewertet und beurteilt. Dabei sind neben den rein fachlichen Kriterien auch die methodischen und sozialen Kompetenzen zu berücksichtigen (siehe dazu ein Kriterienraster nach Meyer in Tabelle 2.2). Auch sollen die SchülerInnen ihre Lernfortschritte selbst beschreiben, sich üben, Defizite aufzudecken, Verbesserungsstrategien zu entwickeln.



Abbildung 2.1: Idealtypischer Ablauf handlungsorientierter Unterrichtseinheiten nach Meyer.

2.1.4 Lehrerrolle

Da der handlungsorientierte Unterricht neue Anforderungen an die SchülerInnen stellt wie die Übernahme von Verantwortung für den Unterrichtsverlauf und für den eigenen Lernprozess, müssen auch die LehrerInnen ihre eigene Rolle überdenken. Die LehrerInnen sollen die Funktion eines Lernhelfers, Beraters, Moderators und Organisators übernehmen.

Im handlungsorientierten Unterricht sollen LehrerInnen

- Lernarrangements so ausrichten, dass sie den SchülerInnen Problemlösungen ermöglichen;
- Lernprozesse anregen, die Selbstständigkeit bei der Lösung erlauben;
- als Berater während des Lernprozesses zur Verfügung stehen, ohne direkt einzugreifen;
- die Eigeninitiative der SchülerInnen fördern und unterstützen;
- ihr Interesse an der Sache wachhalten und
- bei der Bewältigung von auftretenden Konflikten helfen [Krä98].

2.1.5 Vor- und Nachteile handlungsorientierten Unterrichts

Vorzüge

Im Schulalltag werden drei Viertel des Unterrichts allein durch den Lehrer gesteuert, wie eine Befragung unter Lehrer in Celle und Hannover ergab [Kel98]. Gut geführter Frontalunterricht stellt hohe Ansprüche an die LehrerInnen und ist anstrengend. Für SchülerInnen ist solcher Unterricht oft Anlass, ihn zu stören bis hin ihn zu sabotieren. Ein Problem dieser Unterrichtsgestaltung ist das «träge» Wissen (vergleiche [Grä00]). Damit ist das Phänomen gemeint, dass SchülerInnen im Unterricht zwar Wissen erlernen, welches sie auch in schriftlichen Prüfungen wiedergeben können, mit dem sie aber komplexe und realitätsnahe Aufgaben nicht lösen können. Dies ist wohl darauf zurückzuführen, dass Situationsgebundenheit beim Lernprozess vernachlässigt wurde und das Wissen nur im Kontext der hoch strukturierten Unterrichtssituation im Gedächtnis gespeichert wurde. Da keine aktiven und konstruktiven Lernprozesse stattfinden, nehmen die SchülerInnen passiv den Unterrichtsstoff auf (vgl.[Grä00]). Dies entspricht Studien, die analysieren, wie Informationen im Gedächtnis verankert werden. In der Abbildung 2.2 ist die Informationsverarbeitung von SchülerInnen schematisch dargestellt (aus [Mil01]). Der passiven Aufnahme von Unterrichtsstoff wirkt gerade handlungsorientierter Unterricht entgegen. Siehe auch dazu die Tabelle 2.1 mit den Auswirkungen von handlungsorientiertem Unterricht.

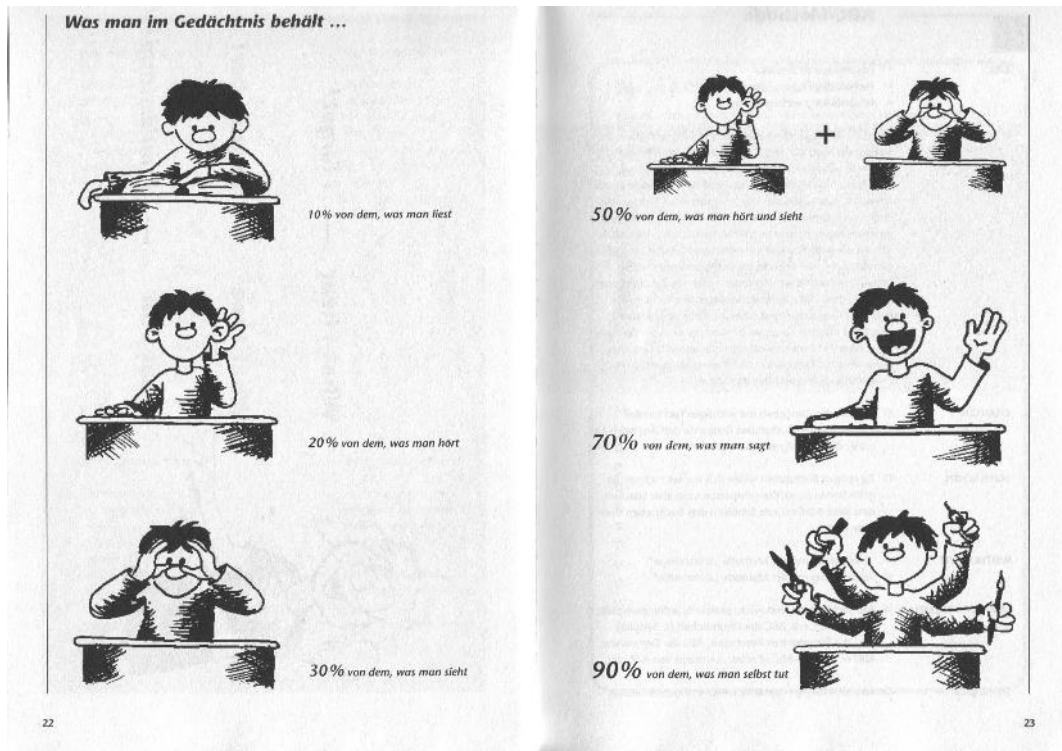


Abbildung 2.2: Aufnahmefähigkeit des Gedächtnis.

Aufgrund von Veränderungen in der Arbeitswelt liegt es nahe, dass Schule nicht nur Wissen und Können vermitteln, sondern verstärkt den Erwerb von überfachlicher Schlüsselqualifikationen ermöglichen soll. Dazu gehört die Förderung von Fähigkeiten wie Kommunikation, Arbeitsorganisation, Problemlösungs- und Entscheidungskompetenz, Kooperation, Verantwortungsgefühl, Flexibilität, Selbstständigkeit, und Kreativität. Die Konferenz der Kultusminister vom 2.12.1994 betont, dass solche Schlüsselqualifikationen für alle Bildungsgänge bedeutsam sind [Kut94].

Auch folgende Argumente unterstützen eine Wahl von handlungsorientierten Unterrichts [Gud97].

Nach Erkenntnissen der Lern- und Kognitionspsychologie entwickeln sich Denkstrukturen vor allem aus verinnerlichten Handlungen. Damit sollten Lerninhalte durch Handlungen erfahrbar gemacht werden.

Aus der Gehirnforschung und der Wissenspsychologie ist bekannt, dass Informationen im Gehirn zu komplexen Netzwerken geordnet werden, wenn über vielfältige Eingangskanäle durch Forschen, Erkunden und Entdecken die zahlreichen Bezüge eines Gegenstandes deutlich werden (siehe dazu [Spi03],

Handlungsorientierter Unterricht	
fördert bei SchülerInnen	reduziert bei LehrerInnen
Motivation	Allseitige Verantwortlichkeit
Selbständigkeit	Belastung durch Schülerstörungen
Kreativität	Disziplinierungszwang
Methodenbeherrschung	Physisch-Psychische Anstrengung
Teamgeist	Nervliche Anspannung

Tabelle 2.1: Auswirkungen von handlungsorientierten Unterricht.

[Mar99], [Mar98]). Ein Handeln, zu dem eine Neigung besteht, verschafft Befriedigung und wird eher wiederholt als ein Handeln, das unter Zwang erfolgt und verärgert. Erfahrungen und Informationen, die unter Angst, Misstrauen und Stress aufgenommen werden, werden mit negativen Vorzeichen im menschlichen Gehirn gespeichert.

Motivationstheoretisch gesehen bereiten handlungsorientierte Lernprozesse den SchülerInnen in der Regel mehr Spass, und sie können sich besser darin identifizieren, weil ihre Tätigkeit persönlich bedeutsam wird und einen subjektiven Sinn erhält.

SchülerInnen werden unter all diesen Voraussetzungen angeregt, Lernprozesse in Gang zu setzen, die sie selbstständig modellieren. So wird Verstehen zu einer Operation des Lernenden, der sein Denken selbst baut und konstruiert, wobei jeder individuell vorgeht.

Nachteile

Es können einige Praxisprobleme auftauchen, die auf unterrichtspraktischen und organisatorischen Schwierigkeiten bei der Realisierung der Anwendung von handlungsorientierten Unterricht beruhen (vgl. [Jan03]):

- Unruhe und Reibungen im alltäglichen Schulbetrieb, die andere LehrerInnen und Klassen stören könnten.
- Gefahr der motivationalen Überforderung der SchülerInnen, wenn nach gelungener Einstiegsphase vielfältige Hindernisse zu überwinden sind.
- höherer Material- und Ressourcenaufwand, der Mühe bei der Beschaffung machen kann.
- zeitlicher Mehraufwand für den Erwerb der notwendigen Methodenkompetenzen durch die SchülerInnen.

- erhöhter Arbeitsaufwand für die LehrerInnen, zumindest in der Einarbeitungszeit.
- fehlende Kooperationsbereitschaft im Kollegium.

Schließlich stellt sich die Frage, wie der Erfolg handlungsorientierter Unterrichtsphasen bewertet und kontrolliert werden kann. Im nächsten Unterkapitel 2.1.6 wird auf Bewertungen eingegangen.

2.1.6 Bewertung im handlungsorientierten Unterricht

Bei der Bewertung der Leistungsbeurteilung dominieren schriftliche Klassenarbeiten, in denen Aufgabenstellungen vorkommen, die kognitives Wissen in reproduktiver Form überprüfen. Im handlungsorientierten Unterricht ist dies schwieriger festzustellen. Es müssen auch handlungsorientierte Methoden der Lernerfolgskontrolle und Leistungsbeurteilung angewendet werden [Bec96]. Die dafür geeigneten Aufgabenstellungen sollten reale problemhaltige Anwendungssituationen enthalten und mehrere alternative Lösungsmöglichkeiten zulassen.

Ein Kriterienraster zur Beobachtung und Bewertung der Fach-, Methoden- und Sozialkompetenz könnte folgendes Aussehen haben (aus [Rup02]) und ist in Tabelle 2.2 zu sehen.

Von zentraler Bedeutung ist, dass im Rahmen schulischer Leistungsbeurteilung nur bewertet und benotet wird, was unterrichtet werden kann. Dabei gelten die Grundsätze der Transparenz, Chancengleichheit und Individualität.

	In welchem Maße kann der/die SchülerIn...	Beurteilung *
Fachliche/ inhaltliche Kriterien	<p>Lernergebnisse sach- und fachgerecht darstellen und auf Richtigkeit überprüfen;</p> <p>Arbeitsschritte in einer Zeiteinheit selbstständig oder im Team planen und durchführen;</p> <p>fachspezifische Arbeitsmittel nutzen;</p> <p>Zusammenhänge zu anderen Themenbereichen erkennen und darstellen;</p> <p>neue Ideen in den Unterricht einbringen;</p> <p>Wesentliches von Unwesentlichem unterscheiden</p>	
Methodische/ strategische Kriterien	<p>Informationsmaterialien beschaffen, auswerten, interpretieren usw.</p> <p>grundlegende, im Unterricht erarbeitete Methoden zielgerichtet anwenden;</p> <p>Idee, Gedanken, Text vortragen bzw. Ergebnisse präsentieren</p>	
Sozial-/ Verhaltens- technische Kriterien	<p>vereinbarte Gesprächsregeln akzeptieren und einhalten;</p> <p>eigene Meinungen mit Argumenten begründen;</p> <p>auf Widersprüche angemessen reagieren;</p> <p>Aufgaben in einer Arbeitsgruppe übernehmen;</p> <p>die Arbeit maßgeblich mitgestalten und voranbringen;</p> <p>Konflikte erkennen und nach Lösungen suchen</p>	
<p>* +++ = sehr gut ++ = gut erreicht + = erreicht, aber mit Mängeln 0 = nur ansatzweise erreicht - = nicht erreicht</p>		

Tabelle 2.2: Kriterienraster zur Beobachtung und Bewertung der Fach-, Methoden- und Sozialkompetenz.

2.2 SOL-Selbstorganisiertes Lernen

Heutzutage ist Fachwissen und Informationen jeglicher Art einfach abrufbar und jedem zugänglich. Das spiegelt sich insofern in der Berufs- und Arbeitswelt wieder, dass angeeignetes Wissen nur noch geringe „Halbwertszeiten“ haben. So haben sich die Prioritäten der Eigenschaften von Berufsanfängern bei befragten Unternehmen im Laufe der Jahre von „Ordnungsliebe“ und „Fleiß“ hin zu Eigenschaften wie „Selbstständigkeit“ und „freier Wille“ verschoben (aus dem Vorwort in [Mil01], ebenso sinngemäß in [Gre98]).

SOL –selbst organisiertes Lernen– zielt darauf, die SchülerInnen zu befähigen, ihr Lernen weitgehend selbst zu organisieren und im weitesten Sinne Handlungsfähigkeit zu erwerben. Diese Vorgehensweise hilft den SchülerInnen, sich fachliches Können und Wissen durch Verständnis zu erschließen und nachhaltig anzueignen. Wenn SchülerInnen selbst organisiertes Lernen einüben, übernehmen sie Verantwortung für das eigene Lernen und das ihrer Lernpartner.

Dabei erwerben sie überfachliche Kompetenzen, die als Schlüsselqualifikationen¹ bezeichnet werden wie Konflikt- und Kompromissfähigkeit, Solidarität, Kommunikationstechniken, realistische Selbsteinschätzung, Fähigkeit zum vernetzten Denken und vieles andere mehr – alles Ziele, die der Erziehungs- und Bildungsauftrag stellt [Her03], [Ban02].

Zielsetzung

Selbstorganisiertes Lernen soll folgende Ziele verfolgen (nach [Her03]):

- es stärkt die individuelle Selbstständigkeit durch den systematischen Aufbau von Methoden- und Lernkompetenzen.
- es schafft eine soziale Lernstruktur durch die Abstimmung von Einzel- und Gruppenarbeit.
- es vertieft Wissen und Können durch die Vernetzung fachlicher und überfachlicher Kompetenzen im Sinne zielorientierter Lernarrangements.
- es erhöht die (Selbst-)Verantwortung für das eigene Lernen.
- es vermittelt Projektkompetenz im Rahmen von Themen- und Lernfeldern und hilft, Beurteilungen darüber zu erstellen.

Bei der Unterrichtsgestaltung wird durch organisatorische Innovationen eine systematische Veränderung der Aktivitätsverteilung zugunsten zunehmender

¹vgl. zur Bedeutsamkeit von Schlüsselqualifikationen in [Kut94]

Schüleraktivität erreicht. Der Akzent auf einer Betonung von lehrerzentrierten Unterricht wird verschoben hin zu gruppendynamischen Prozessen (siehe Abb.2.3). Es ist nicht möglich, den Unterricht von heute auf morgen auf SOL

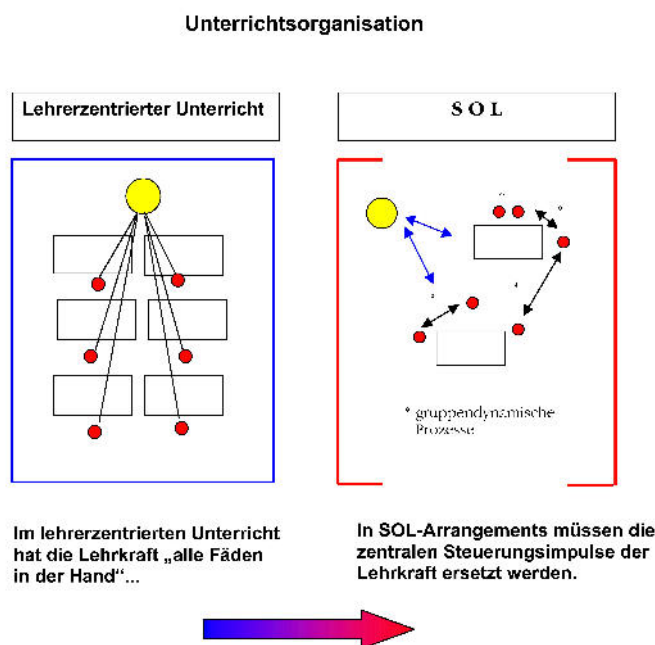


Abbildung 2.3: Verlagerung von lehrerzentrierten Unterricht hin zu gruppendynamischen Prozessen in SOL-Arrangements.

„umzustellen“, sondern es muss begonnen werden, einzelne Gestaltungselemente in den Unterricht einfließen zu lassen. In [Her03] sind einige Vorschläge für Unterrichtsgestaltungen aufgelistet.

Eine davon ist das «Gruppenpuzzle» [Her01], das in der Klasse, die das Projekt in der vorliegenden Arbeit durchgeführt hat, von mir einmal angewendet wurde.

2.2.1 Advance Organizer

In einem so genannten Advance Organizer, einer „Lernlandkarte“, werden die Zusammenhänge, die sich aus der Stellung der Thematik an die SchülerInnen ergeben, visualisiert und den Lernenden als Überblick über das Thema von der Lehrkraft präsentiert.

Im Bezug auf das in der Arbeit vorgestellten Projektes ist die „Lernlandkarte“ die Vorstellung der Wasserkraftanlagen in Freiburg in Form von Informationsmaterial und visualisierende Overheadfolien.

2.2.2 ABC-Methode

Die ABC-Methode wurde bei der Projektdurchführung angewandt, um Fachausdrücke zu sammeln und um spielerisch die SchülerInnen zu motivieren, sich mit der gestellten Thematik auseinanderzusetzen. Dazu sollen die SchülerInnen zu der Auflistung des Alphabets Schlagwörter notieren und bei einer Besprechung untereinander vergleichen und ergänzen [Mil01].

Als Chancen bei diesem Vorgehen kann man das spielerische Umgehen von Fachtermini ansehen und die resultierende Motivation durch die Erfolgserlebnisse, da die SchülerInnen zu den meisten Buchstaben ein Stichwort finden.

Als Schwäche wird angegeben, dass einige Buchstaben des Alphabets kaum zulassen, ein Stichwort zu finden

2.3 Projektmethode

„Der Begriff Projekt gehört zum gängigen Wortschatz der deutschen Sprache. Der Architekt verfolgt ein Bau-Projekt. Der Forscher arbeitet in einem Projekt. Jemand spricht von einem Projekt, das er in Aussicht hat. Er meint vielleicht ein geschäftliches Unternehmen, einen Auslandsaufenthalt oder ein anderes großes Vorhaben“. So heißt es jedenfalls auf Seite 13 aus dem Standardwerk zur Projektmethode [Fre82].

Das Projekt für die SchülerInnen der Jahrgangsstufe BTG 11-2 der Merian-Schule in Freiburg lautete „Selbstorganisiertes Erkunden und Präsentieren von Wasserkraftanlagen in Freiburg im handlungsorientierten Unterricht“.

So wird in [Sta02] Projektlernen als ein ganzheitliches Lernen, also –wie schon Pestalozzi forderte– Bildung von „Kopf, Herz und Hand“ beschrieben. Es wird erwähnt, wie schon im Unterkapitel 2.1 zu handlungsorientierten Unterricht aufgezeigt wurde, dass Lernen besonders nachhaltig ist, wenn Lernende nicht nur Wissen erwerben, sondern Wissen in einem schöpferischen und forschenden Prozess erarbeiten, so dass ein gemeinsames Produkt entsteht.

Projektarbeit vermittele ein Methodenrepertoire, das die Lernenden aktiv in Prozesse der Gestaltung, der Problemlösung und der Forschung einbindet und ihnen dabei ermöglicht, über einen längeren Zeitraum, kooperativ und relativ selbstständig zu arbeiten. So treffen SchülerInnen als Einzelne und in der Gruppe Entscheidungen, arbeiten selbstständig, auch unbeaufsichtigt und übernehmen Verantwortung für eigene Arbeitsprozesse. Die Projektarbeit führe in der Regel zu einem hohen Grad an interner Differenzierung von Schülerleistungen.

Der Lehrer nimmt bei einem Projekt eine neue Rolle ein. Er ist nicht mehr der einzige Experte, sondern er erschließt mit den SchülerInnen gemeinsam

Wissen aus externen Quellen und erarbeitet mit ihnen das neues Wissen. Im Prozess des gemeinsamen Arbeitens auf ein Ziel hin nimmt die Lehrperson die Rolle eines Projektleiters, eines Manager, eines Beraters und eines Coach ein.

So gesehen ist das Wasserkraftanlagen-Projekt ein Forum, innerhalb dessen Rahmen SchülerInnen handlungsorientiert, selbstorganisiert und selbstbestimmt ein Handlungsprodukt, in diesem Falle eine Ausstellung erarbeiten.

Es soll eine Definition von Hilbert Meyer zu dem Begriff zur „methodischen Großform“Projekt beigefügt werden, welche griffig das Wesen eines Projektes zusammenfasst [Mey88]: „Ein Projekt stellt den gemeinsam von Lehrern, Schülern, hinzugezogenen Eltern, Experten usw. unternommen Versuch dar, dass ein gesellschaftlich relevantes, zugleich der individuellen Bedürfnis- und Interessenlage der Lehrer und Schüler entsprechendes Thema oder Problem innerhalb und außerhalb des Klassenzimmers aufgearbeitet werden kann. Der Arbeits- und Lernprozess, der durch die Projektidee ausgelöst und organisiert wird, ist dabei ebenso wichtig wie das Handlungsergebnis oder Produkt, das am Ende des Projektes stehen soll.“

In dem Werk „Die Profektmethode“von Karl Frey [Fre82] wird das Grundmuster der Projektmethode aufgeführt; es besteht aus fünf Phasenabschnitten:

1. Projektinitiative: Ein Mitglied der Lerngruppe oder ein Außenstehender (z.B. Lehrer) regt ein Projekt an. Charakteristisch ist die offene Ausgangssituation.
2. Auseinandersetzung mit der Projektinitiative in einem vorher vereinbarten Rahmen (Ergebnis = Projektskizze): Es wird ein Rahmen abgesteckt, z.B. ein Zeitplan und unter sozialen Aspekten.
3. Gemeinsame Entwicklung des Betätigungsgebietes (Ergebnis = Projektplan): Die Teilnehmer äußern, was sie im einzelnen tun möchten. Sie scheiden das Machbare von den puren Wünschen und übertriebenen Vorstellungen.
4. (Verstärkte) Aktivitäten im Betätigungsgebiet/Projektdurchführung
5. Abschluss des Projektes

Kapitel 3

Wasserkraft

Mit Wasserkraftwerken werden knapp 18 % der weltweit erzeugten elektrischen Energie erzeugt. Wasserkraft liegt damit fast gleichauf mit der Kernkraft. Wasserkraft ist derzeit die einzige erneuerbare Energiequelle, die nennenswert zur Versorgung der Erdbevölkerung beiträgt. Die anderen erneuerbaren Energieformen wie Sonne, Wind, Erdwärme und Biomasse tragen zusammen rund 2,1 % bei.

Neben dem weltweiten Anteil von 18 % der Wasserenergienutzung deckt Norwegen fast seinen gesamten Elektrizitätsbedarf mit Wasserkraft, Brasilien rund 80 Prozent. In Deutschland beträgt die Wasserkraftquote rund 5 Prozent (4215 MW installierten Leistung, 18,6 TWh Regelarbeitsvermögen). In Österreich werden jährlich rund 36 TWh Strom durch Wasserkraftwerke erzeugt, das sind rund 55 % der Gesamtproduktion [Wik06] [Leu06], [Enb06].

3.1 Wasserkreislauf der Natur

Der Wasserkreislauf in der Natur ist Voraussetzung für die Nutzung der Wasserkraft. Sie ist eine indirekte Art der Sonnenenergienutzung, denn der natürliche Kreislauf des Wassers wird gerade durch die Sonne in Gang gehalten. Durch die Sonneneinstrahlung verdunstet Wasser vor allem über dem Meer, was in Wasserdampfbildung resultiert. Der Wasserdampf steigt in die Atmosphäre, bildet Wolken, die durch den Wind über das Meer und das Festland verteilt werden. In Form von Niederschlag, der hauptsächlich über den Kontinenten fällt, fließt das Wasser dann über Bäche, Seen und Flüsse in das Meer zurück, so dass der Kreislauf geschlossen wird. Hauptsächlich der auf der Oberfläche abfließende Teil des Wassers kann bei Ausnutzung der auf dem Weg ins Meer zurückgelegten Höhendifferenz energetisch in verschiedensten Wasserkraftanlagen genutzt werden (siehe Skizze 3.1).

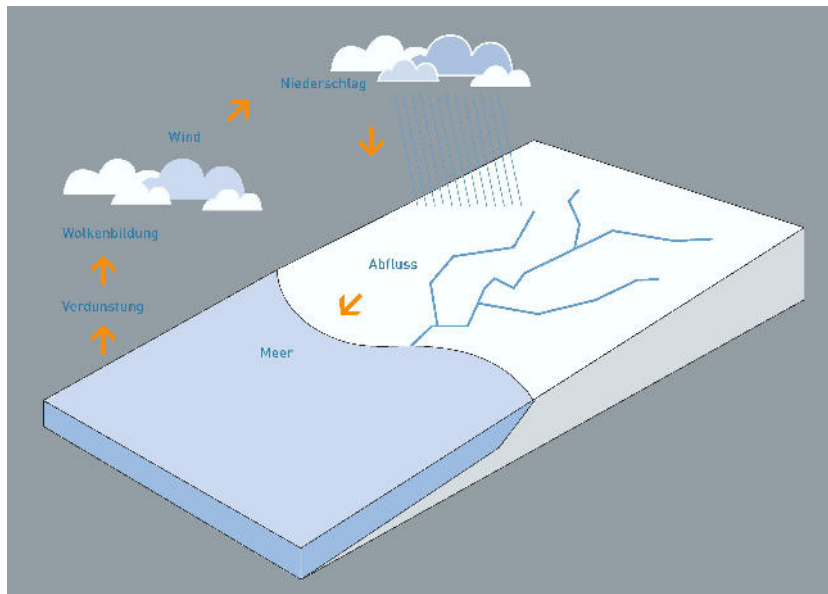


Abbildung 3.1: Der Wasserkreislauf der Natur.

3.2 Leistung und Wirkungsgrad von Wasserkraftanlagen

Der Nutzen der Wasserkraft besteht im Verwenden der potentiellen Energie des Wassers im Schwerfeld der Erde, die beim Nach-unten-Fließen in kinetische Energie umgewandelt wird. Die Leistung P (normalerweise in kW-Angaben) ist abhängig vom Wasserdurchfluss Q (in $\frac{m^3}{s}$) und der Fallhöhe h und den Wirkungsgraden η des Zulaufs, der Wasserturbine, des Getriebes und des Generators. Es lässt sich näherungsweise nach [Wik06] die Leistung berechnen, wenn man für den Ausdruck $g \cdot \rho_{Wasser} \cdot \eta = 7 \text{ kN/m}^3$ annimmt:

$$P_{Wasserkraftanlage} = Q \cdot h \cdot 7 \text{ kN/m}^3. \quad (3.1)$$

Die Breite der installierten Leistung liegt zwischen wenigen kW und 18000 Megawatt (Drei-Schluchten-Damm in China). Hier in Freiburg ist die Spanne 17-260 kW [Fra05]. Wasserkraftwerke erzielen einen hohen Wirkungsgrad. Ihre Turbinen und Generatoren können bis zu 90 % der nutzbaren Wasserkraft in elektrischen Strom umwandeln.

3.3 Vor- und Nachteile bei der Wasserkraftnutzung

Einige Vor- und Nachteile seien exemplarisch aufgelistet. Je nach Interesse werden Aspekte über- oder unterbewertet oder nicht in Betracht gezogen.

Vorteile:

- Mit Wasserkraft hat man es mit erneuerbaren Energieformen in großem Maßstab zu tun.
- Flüsse werden gereinigt z.B. durch Rechen der Kraftwerke, die Treibgut zurückhalten und entsorgen.
- Flüsse werden reguliert, Hochwasserschutz wird erreicht (Wasser wird in wasserreichen Zeiten zurückgehalten und dosiert abgegeben).
- Bewässerung (Wasser steht auch in wasserarmen Zeiten zur Verfügung).
- Verbesserte Schiffbarkeit von Flüssen wird erreicht....

Ein Auszug aus den **Nachteilen:**

- Fische werden in ihrer Umgebung eingeschränkt.
- Ökologische Veränderungen, Beeinträchtigung von Natur und Landschaft, Zerstörung des natürlichen Fließgewässerregimes.
- Eventuell Überstauung und Zerstörung von Kulturgütern und Umsiedlung der Bewohner, man betrachte z.B. das Bauvorhaben eines Megastaudamms in der Türkei [Got06].
- Dammbbruch....

3.4 Wasserkraftanlagen in Freiburg

Da das Projekt sich mit den Wasserkraftanlagen in Freiburg beschäftigt, soll in diesem Kapitel die verschiedenen Aspekte im örtlichen Umfeld beschrieben werden. Die SchülerInnen erweiterten ihre Sichtweisen, indem sie einen umfassenderen Überblick bei der Betrachtung von Wasserkraft geben. In Kapitel 6 wird auf deren Ergebnisse eingegangen.

Es gibt nahezu kein Wasserkraftwerk, das baugleich ist, da sie je nach Lage unterschiedliche Turbinentypen und Wasserräder benutzen. Hier in Freiburg sind Laufwasserkraftwerke angesiedelt. Sie werden an dem lokalen Fluss „Dreisam“ bzw. am „Gewebebach“ und dem „Gewerbekanal“ genutzt.

3.4.1 Bestandteile einer Wasserkraftanlage

Der generierte Strom dient dazu, einen kleinen Teil der benötigten Grundlast im Stromnetz zu decken. Die Turbinen und Generatoren können außer bei extremer Trockenheit oder bei Hochwasser ununterbrochen laufen. Die Wasserkraftanlagen sind nach dem selben Muster aufgebaut: Ein Stauwehr mit mehreren verschließbaren Schützen staut das Flusswasser an. Dadurch wird erreicht, dass der Pegelstand des oberhalb des Wehrs im Stauration gestauten Wassers möglichst nah am Idealstand gehalten wird, um eine konstante Energieausbeute zu erzielen. Zur elektrischen Energieerzeugung wird das Wasser aus diesem Stauration über die Turbinen geleitet. Das Wasser treibt daraufhin die Generatoren im Maschinenraum an. Eine Rechenanlage vor dem Wassereinlauf schützt die Turbinen vor angeschwemmten Gut, bestehend aus Zweigen und Ästen und Plastiktüten etc. Das Geschwemmsel verfängt sich in einem Eisengitter und wird mit einer speziellen Maschinenvorrichtung entfernt. In Abb.3.2 und Abb.3.3 sind eine Rechenanlage vor dem Schaltheus des Wasserkraftwerks in der Tennenbacher Straße zu sehen.



Abbildung 3.2: Rechenanlage.



Abbildung 3.3: Schaltheus.

Bei Verwendung eines überschlächtigen Wasserrades anstatt einer Durchströmturbine entfallen die Kosten einer Installation eines Rechens.

Bei Bedarf wird eine Fischtreppe zur Umgehung einer Wasserkraftanlage eingerichtet, wie es in der Nähe des SC-Stadions an der Dreisam der Fall ist. Eine Fischtreppe könnte so aussehen (siehe Abb.3.4):

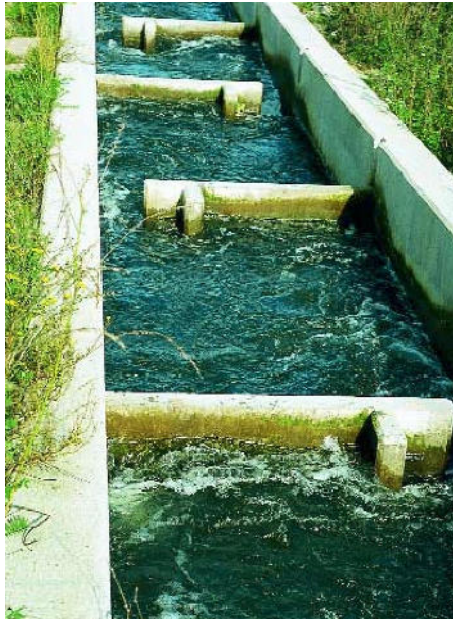


Abbildung 3.4: Fischpass als Umgehungsstraße für Fische.

3.4.2 Wasserräder

In Freiburg treten zwei Typen von Wasserrädern auf, ein Stoßrad, wie es an der Richard-Fehrenbach-Gewerbeschule steht (in Abb.3.7), und hauptsächlich überschlächtige Wasserräder.

Ein Stoßrad (siehe Abb.3.5) nutzt nur die Bewegungsenergie des Wassers, während das überschlächtige Wasserrad (siehe Abb.3.6) fast nur die Lageenergie des Wassers in Anspruch nimmt. In der Zusammenstellung Abb.3.7 und



Abbildung 3.5: Stoßrad.



Abbildung 3.6: überschlächtiges Wasserrad.

Abb.3.8 von Aufnahmen der unterschiedlichen Wasserkraftanlagen in Freiburg ist die Unterschiedlichkeit zu sehen.



Hier entsteht Regiostrom
 Regiostrom wird durch die FEI in Freiburg generiert.
 Die Ökostrom-Merkmal- und -kennlinie unterscheidet sich von den konventionellen Stromerzeugern, die auf Erdgas basieren.



Münchhof, oberflächliches Wasserrad



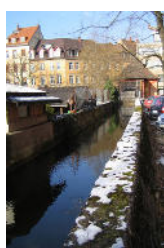
Tennenbacher, Durchströmturbine



regiostrom-Quelle
 Für Sie ist es egal, wie die Stromerzeugung funktioniert.

Komturplatz, oberchl. Wasserrad

badenova
 wasserkraft
 Nennleistung: 1,2 MW
 Nennspannung: 10 kV
 Nennstrom: 120 A



Rabenkopf, Kaplan turbine

regiostrom-Quelle
 Dadurch entstehen Stromerzeugungsanlagen, die Strom erzeugen können.

badenova
 wasserkraft
 Nennleistung: 1,2 MW
 Nennspannung: 10 kV
 Nennstrom: 120 A

Kartaeuser, oberflächliches Wasserrad

Abbildung 3.7: Wasserkraftanlagen in Freiburg, 1. Teil.

Dreisam, Kaplanturbine



Abbildung 3.8: Wasserkraftanlagen in Freiburg, 2. Teil.

3.4.3 Turbinen

Je nach Umfeld wird eine bestimmte Turbinenart eingesetzt. Wasserstromstärken und Fallhöhen beeinflussen die Wahl der Turbine. Die gebräuchlichsten sind die Kaplan- und Francis-Turbinen wie hier in Freiburg, die Francis- und Pelton-Turbine, die von den SchülerInnen in ihrer Ausstellung in Kapitel 6 vorgestellt werden. In diesem Zusammenhang wird dort kurz auf die Turbinenmerkmale eingegangen. Zu den Einsatzbereichen beachte Grafik 3.9.

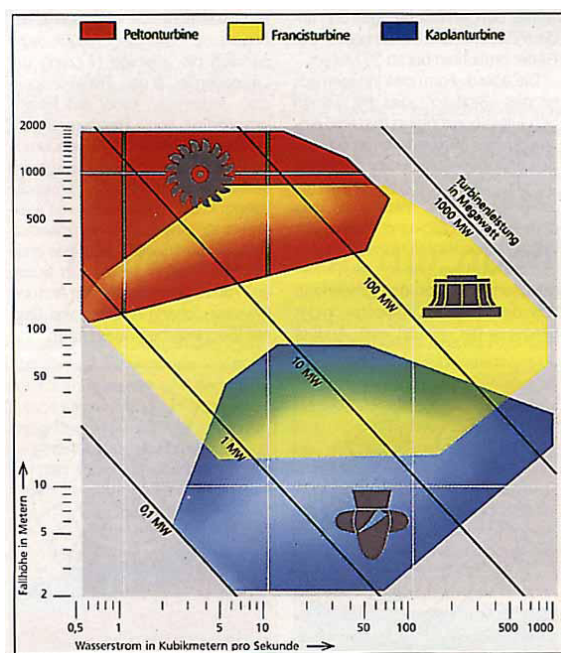


Abbildung 3.9: Einsatzbereich von Kaplan-, Francis- und Pelton-Turbine.

Speziell für geringe Wasserdrücke entwickelte zu Beginn der zwanziger Jahre der österreichische Ingenieur Viktor Kaplan die nach ihm benannte Kaplan-Turbine [Gra94], [Mül29], [Enb06]. Diese Turbine ist hier in Freiburg oft vertreten. Ihr Laufrad gleicht einem Schiffspropeller, durch dessen verstellbare Schaufeln die Wassermassen strömen und — umgekehrt wie beim Schiffsantrieb — den Propeller antreiben. Das Leitwerk der Kaplan-Turbine lenkt die einströmenden Wassermassen so, dass sie parallel zur Welle der Turbine auf die drei bis sechs Schaufeln des Laufrads treffen. Sowohl die Laufradschaufeln als auch das Leitwerk sind verstellbar. Dies ermöglicht das Anpassen an Schwankungen der Wasserführung und des Gefälles. Große Kaplan-Turbinen werden vor allem vertikal eingebaut, so dass das Wasser von oben nach unten durchströmt (siehe Skizze 3.10). Die äußerst schnellaufende Turbine weist in

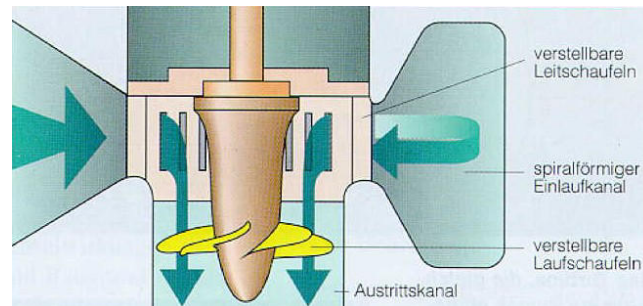


Abbildung 3.10: Prinzip- und Arbeitsweise einer Kaplan-turbine.

einem weiten Belastungsbereich einen Wirkungsgrad von 80 bis 95 % auf.

3.5 Unterstützung regenerativer Energien

Der Bund regelt in dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz¹ die Unterstützung von Betreibern von Anlagen, die regenerative Energien zur Stromgewinnung nutzen. 7,67 cent pro geförderte kWh wird vom Bund bezuschusst; der Energieversorger badenova fördert derartige Anlagen mit Unterstützungsgeldern und nimmt regenerativ gewonnene elektrische Energien mit einem zusätzlichen Aufschlag von 1,2 cent pro kWh ab.

¹Gesetz zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich, am 21. Juli 2004 vom Bundestag beschlossen.

Kapitel 4

Herkunft der SchülerInnen

Der Unterricht fand in der Eingangsklasse BTG 11-2 in Physik des biotechnologischen Gymnasiums an der Merian-Schule in Freiburg statt. In der Klasse sind 31 SchülerInnen, davon 12 Jungen und 19 Mädchen.

23 SchülerInnen sind Abgänger der Realschule, vier kommen von dem allgemeinbildenden Gymnasium, zwei von Berufsfachschulen (mit Schwerpunkt auf pflegerische Aspekte) und ein Schüler von der Werkrealschule.

In dieser Klasse wurden unter meiner Aufsicht zwei auf je eine Doppelstunde anberaumte Experimente mit Protokollführung von den SchülerInnen durchgeführt und mit Ihnen ein Gruppenpuzzle angegangen. Die Klasse erweist sich als sehr lebhaft und interessiert.

Im Biologie- und Physikunterricht waren die SchülerInnen es gewohnt, mit dem Computer umzugehen und das Internet zu benutzen, wodurch auch bei der Recherche nach Informationen das Internet als Quelle verstärkt konsultiert wurde.

Kapitel 5

Durchführung des Projektes

5.1 Einführung für die SchülerInnen am 22.5.06

Zu Anfang der Unterrichtsstunde verkündigte ich, dass wir ein Projekt durchführen wollen: „Selbstorganisiertes Erkunden und Präsentieren der Wasserkraftanlagen in Freiburg“.

Allgemein sollten Begriffe wie Leistung und Arbeit wiederholt werden, um im weiteren Verlauf Wasserkraftanlagen beurteilen zu können. Leistung und Arbeit sind folgendermaßen definiert, vgl. [Sah93], [Boy05]. Es gilt allgemein für die Leistung P :

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t}, \quad (5.1)$$

wobei ΔW die verrichtete Arbeit in der dafür benötigten Zeit Δt darstellt. Als Beispiele aus Natur und Technik wurde die Strahlungsleistung der Sonne ($4 \cdot 10^{26}$ W, der im Haushalt übliche Wasserkocher mit einer Leistung von 1000 W und die vom menschlichen Ohr registrierte Schalleistung von 0,001 W – 10^{-16} W) als Palette von Leistungen genannt. Im weiteren Verlauf sollten die SchülerInnen die Möglichkeit haben, die Wasserkraftanlagen einzuordnen. Die elektrische Leistung P_{el} und W_{el} ergibt sich zu:

$$P_{el} = U \cdot I \quad (5.2)$$

und

$$W_{el} = U \cdot I \cdot t. \quad (5.3)$$

Die SchülerInnen sollten in dem Energiebericht 2004 von dem hier ansässigen Energieversorger Badenova, der über die Wasserkraftanlagen in Freiburg und Umgebung informiert, Begriffe wie Nennleistung, Stromlieferung und Ertrag verstehen können. Folgende Seite ist aus dem Informationsbericht entnommen [Fra05]:

Tabelle: Kleinwasserkraftanlagen, die durch regiostrom gefördert wurden:

Nr.	Betreiber	Standort	Nennleistung [kW]	Stromlieferung [kWh]	Ertrag* [kWh/kW]
1	Gertrud u. K. Himmelsbach	FR, Gerberau	17	26.131	1555
2	Michael Wagner	FR, Rotlaubstraße	22	123.203	5600
3	Ökostromerzeugung FR	FR, Tennenbacherstraße	22	89.600	4073
4	Ökostromerzeugung FR	FR, Rabenkopfsstraße	69	326.605	4733
5	Ökostromerzeugung FR	FR, Schwarzwaldstraße	260	565.520	2175
6	Ökostromerzeugung FR	Oberried	75	217.201	2896
7	Manfred Schweizer	Oberried	55	313.390	5698
8	Volker Bucher	Oberried	50	143.331	2867
9	Alfons Maier-Jautz	Oberried	9	15.406	1712
10	Waldgenossenschaft	Oberried	50	268.646	5373
11	Edith Kraus	Oberried	620	2.806.428	4526
12	Edith Kraus	Oberried	52	212.698	4090
13	Eugen Rösch	Oberried	20	93.059	4653
14	Erwin Ehret	Hofsgrunc	72	357.052	4959
15	Guido Amlinger	Kirchzarten	670	1.845.872	2755
16	Adolf Braun	Kirchzarten	82	204.780	2497
17	Rupert Ketterer	St. Peter	20	73.290	3665
18	Franz Schuler	St. Peter	38	74.759	1967
19	Michael Wagner	FR, Karlshornstraße	28	136.831	4887
20	Mathias Rees	Hofsgrunc	30	119.345	3978
21	Wasserkraftwerk Linach KG	Vöhrenbad	460	892.960	1941
22	Michael Wagner	FR, Karmäuserstraße	30	129.521	4317
Summe Wasserkraft			2.751	9.035.934	

Tabelle: Biomasse-Anlagen, die durch regiostrom gefördert wurden:

1	Bio Meier	FR, Tullastraße	1.190	6.525.134	5483
2	August Rieserer	Oberried	22	82.885	3768
3	Alfons Winterhalter	Oberried	50	243.251	4865
4	FKW**	Vaujoan	345	12.218	35
5	Stact Breisach	Breisach	100	531.535	5315
6	Andreas Sauer	Au	55	343.319	6242
7	Summe Biomasse		1.762	7.741.342	

* Die Zahlen der Spalte «Ertrag» entspricht den Stunden, die die Anlage im Jahresverlauf mit ihrer Nennleistung lief.
 ** Füllungs-Kraft und Wärme GmbH

Abbildung 5.1: Leistung und Ertrag der geförderten Wasserkraftanlagen von Badenova.

Im Anschluss zu den Ausführungen sollten sich die SchülerInnen an drei Stationen gleichmäßig verteilen und dann alle drei Stationen ausprobieren. Daraufhin wurden Folien präpariert und die Erkenntnisse im Plenum vorgestellt. Im Zuge dieses Stationenlernens sollte der Aspekt „Selbstorganisiertheit“ eingebracht und Freiraum bei der Bearbeitung an den Stationen gegeben werden, vgl. [Mil01].

- Eine Station beschäftigte sich mit dem Funktionsprinzip eines Generators durch Induktion, dem Fahrraddynamo als kleinen Generator und der Anschauung an einem Fahrrad. Das „Induktionsprinzip“ sollte spielerisch erfahren werden durch Gleiten eines Magneten durch eine Spule, die einen nutzbaren Spannungsstoß erzeugt. Als Ergebnis sieht man eine Diode

bzw. das Fahrradlicht leuchten. Eine detaillierte Erläuterung ist in der Jahrgangsstufe 1 vorgesehen [Min03a].
Abb.5.2 zeigt das Generatorprinzip

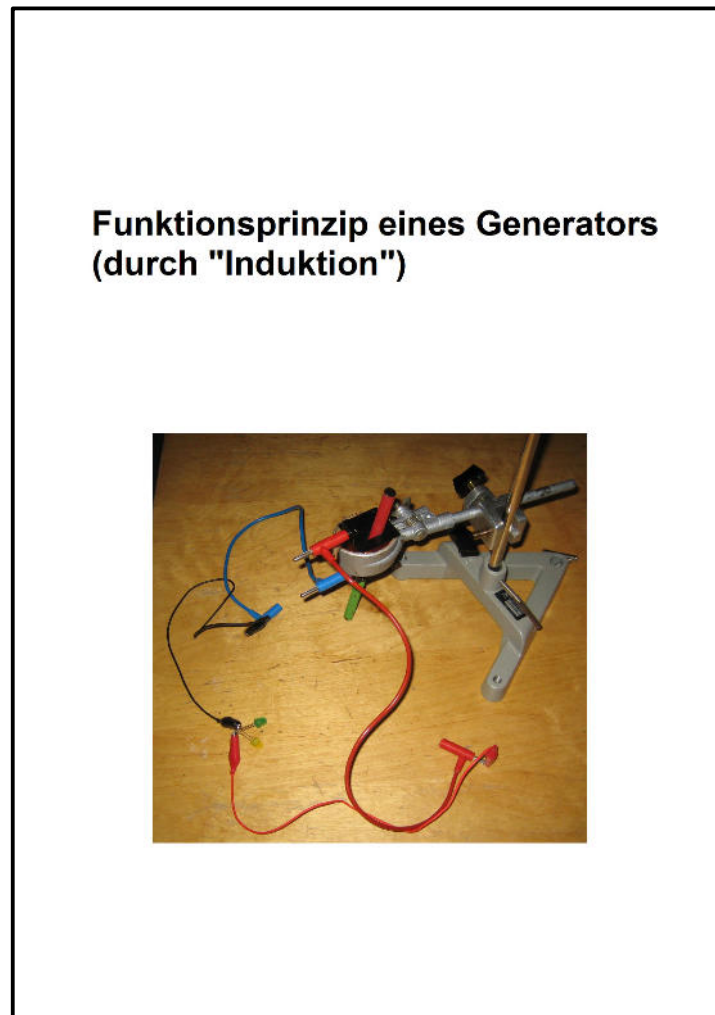


Abbildung 5.2: Station: Entdecken des Generatorprinzipes. Induktion beim Durchführen eines Magneten durch eine Spule, Energieweitergabe an zwei Leuchtdioden.

und Abb.5.3, wie das Generatorprinzip beim Fahrraddynamo ausgenutzt wird:

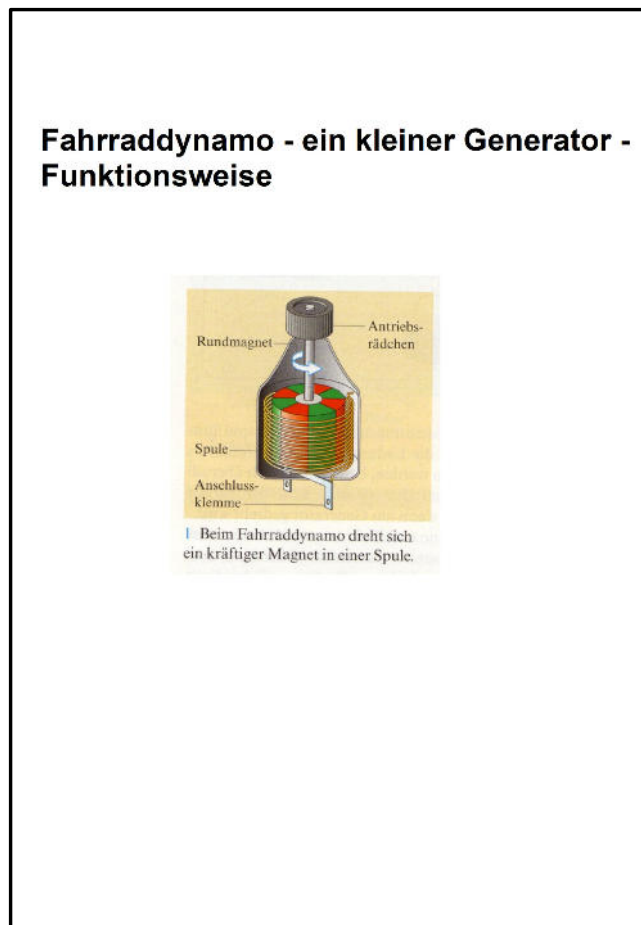


Abbildung 5.3: Station: Fahrraddynamoprinzip.

An einem aufgestellten Fahrrad konnten die Erkenntnisse spielerisch erprobt werden (siehe Abb.5.4).



Abbildung 5.4: Fahrrad mit Dynamo als Stromgenerator.

- An einer weiteren Station konnten an einem Stromgenerator durch Kurbeln Spannungsstärken eingestellt werden, die durch Beobachten des angeschlossenen Voltmeters und der Helligkeit des Glühlämpchens festgestellt werden konnten (GeräteKennungszeichen des Lämpchens: Betriebsspannung 6 V, Leistung 3 W). Es wird durch das Kurbeln zwei Spulen an zwei Magneten vorbeigeführt, so dass eine nutzbare Spannung gewonnen werden kann, siehe dazu das Informationsblatt Abb.5.5 an der Station. Zusätzlich kann mit einem kleinen Generator ein Windrädchen betrieben werden.

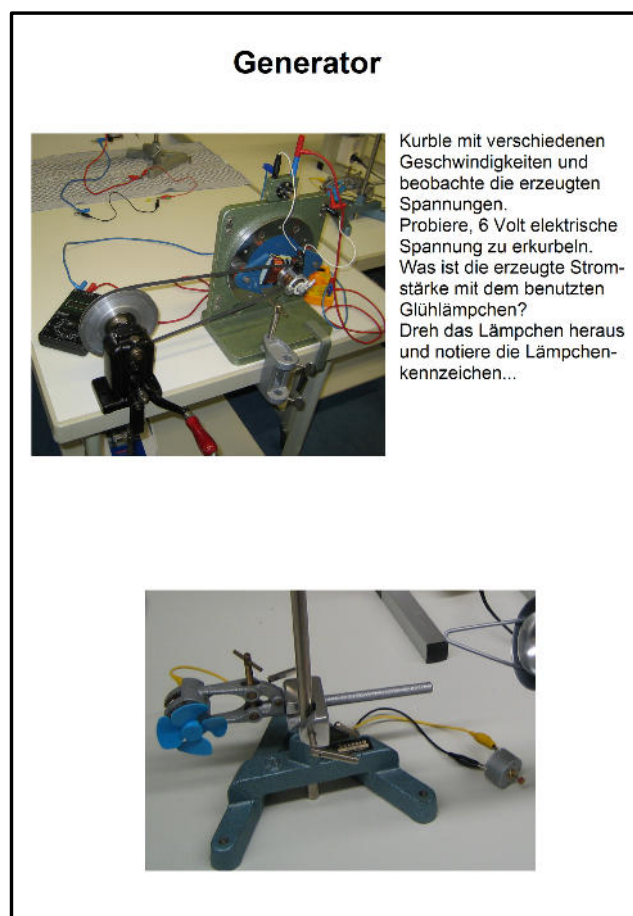


Abbildung 5.5: Station: Aufgabe am Stromgenerator; Entdeckungsmöglichkeiten am kleineren Generator, gekoppelt an Windrädchen. Es sollte bei der Spannungserzeugung erkannt werden, dass die Spannungen von der Geschwindigkeit der Umdrehungen der Spulen um die Magneten abhängt.

Den Versuchsaufbau mit zwei Generatoren sieht man in Abb.5.6:

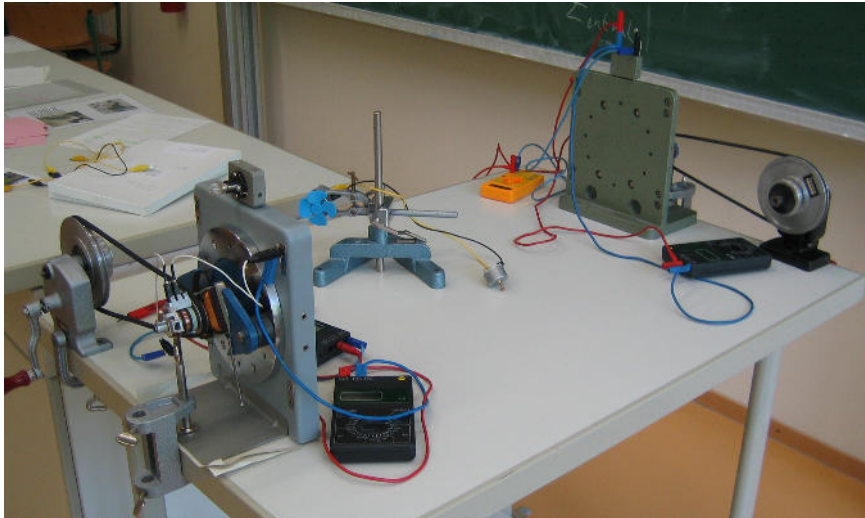


Abbildung 5.6: Zwei Stromgeneratoren standen für diese Station zur Verfügung.

- An folgender Station kann mit einem Elektrizitätszähler verbrauchte elektrische Energie gemessen werden (siehe dazu das Informationsblatt Abb.5.7): Der hier verwendete Wasserkocher hat eine Leistung von 1010 W; im Betrieb würde er nach einer Stunde ca. 1 kWh an elektrischer Energie verbrauchen. Das würde bei diesem Elektrizitätszähler 1200 Ankerumdrehungen entsprechen. Man kann also den elektrischen Verbrauch einerseits durch die Bestimmung der Ankerumdrehungen genau errechnen oder direkt am Zähler ablesen.

Ein kleines Rechenbeispiel, das sich aus einem Probelauf in der Unterrichtsvorbereitung ergab, sollen die Zusammenhänge von Leistung und Energieverbrauch beim verwendeten Wasserkocher illustrieren:

Bei eingeschalteten Wasserkocher wurden 20 Ankerumdrehungen in ca. 60 Sekunden gemessen. Dies entspricht einem Verbrauch von $\frac{20}{1200} \cdot 1 \text{ kWh} = 60000 \text{ Ws}$. Der Wasserkocher ist mit einer Leistungsangabe von 1010 W versehen. Bei einer Betriebszeit von 60 s würde sich der Energieverbrauch nach Gl.5.2 und 5.3 berechnen zu $W_{el} = P_{el} \cdot t = 1010 \text{ W} \cdot 60 \text{ s} = 60600 \text{ Ws}$.

Beim Versuchsaufbau (Abb.5.8) können der elektrische Energieverbrauch des Wasserkochers mit dem einer Schreibtischlampe (Leistung: 25 W) verglichen werden.



Abbildung 5.7: Station: Stromzähler beim Wasserkocher.



Abbildung 5.8: Stromzähler bei verschiedenen Verbrauchern.

Die SchülerInnen zeigten eine rege Anteilnahme an den Stationen, da sie spielerisch und selbstbestimmt physikalische Begebenheiten entdecken konnten. Die Aufgabenstellungen waren bewusst offen gehalten, so dass viel Freiraum für

Fragestellungen der SchülerInnen geschaffen wurde. Die SchülerInnen bedauerten, dass zu wenig Versuchsaufbauten vorhanden und die Gruppen zu groß waren. Mehr inhaltliche Stationen hätten den Einführungsrahmen gesprengt, und zusätzliche Generatoren standen nicht zur Verfügung.

Im Plenum stellten die Gruppen ihre Erkenntnisse, die sie bei ihrer jeweiligen letzten Station gewonnen hatten, mit Hilfe einer Folie vor.

Im Anschluss an der Aufarbeitung des Stationenlernens wurde mit Folien über die von mir fotografierten Wasserkraftanlagen in Freiburg (Folien sind in Kapitel 3 zu sehen) und mit Hinweisen über die Standorte in Freiburg (siehe der Informationsbericht [Fra05], den man bei Zweigstellen von Badenova erhalten kann) erste Informationen zum Erkunden von Wasserkraftanlagen in Freiburg geliefert.

Mit der ABC-Methode, die in Kapitel 2 vorgestellt wurde, wo auf das Werk „Selbstständigkeit fördern und fordern“ von Frank Miller [Mil01] verwiesen wird, sollten die SchülerInnen innerhalb von fünf Minuten Schlagworte zu der Thematik Wasserkraft und Wasserkraftanlagen notieren. Dies hat zum Ziel, die SchülerInnen mit der Projektthematik zu konfrontieren und Denkanstöße zu bewirken. An der Tafel wurden die gewonnenen Stichpunkte aufgenommen (siehe Abb.5.9). Diese ABC-Methode sollten die SchülerInnen während den anstehenden Pfingstferien weitergehend vertiefen, um sich persönlich klar zu werden, was für jeden einzelnen interessant an dem Projektthema ist. Der Lehrer kann auf diese Art und Weise die Stimmungs- und Interessenslage der SchülerInnen ausloten.

Dieses Vorgehen wurde von den SchülerInnen mit viel Begeisterung aufgenommen und gab ihnen viele Impulse, dass man im Unterricht diesem Verfah-



Abbildung 5.9: ABC-Methode zum Sammeln von Denkanstößen bzgl. Wasserkraft.

ren vielleicht mehr Zeit einräumen hätte lassen sollen.

Als Hausaufgabe sollte jeder auf einem kleinen roten Blättchen mindestens ein Aspekt notieren, den man persönlich an der Thematik interessant findet und über den man weiterführende Informationen in Erfahrung bringen möchte. Wohlgermerkt stand an der Tafel „Selbstorganisiertes Erkunden und Präsentieren von Wasserkrafttr der in Freiburg“. Wie im weiteren Verlauf festgestellt wird, fokussierten die SchülerInnen ihrer Erkundungen auf das allgemeine Verstehen von Wasserkraftanlagen und deren Umgebung. Die Wasserkrafttr der in Freiburg sind folglich eher als Aufhänger zu verstehen.

5.2 Gruppeneinteilung am 12.6.06

Nach den Pfingstferien wurde in dieser Unterrichtsstunde zu Anfang die Begriffe elektrische Leistung und elektrische Arbeit / Ertrag wiederholt, um anschließend zum Sammeln der Interessensgebiete der SchülerInnen an Wasserkraft und Anlagen in Freiburg überzugehen. Jeder Schüler heftete ein oder mehrere Interessensgebiete an die Pinnwand. Ich war erstaunt und erfreut, dass fast alle SchülerInnen sich der über die Ferien gestellten Aufgabe mit Begeisterung widmeten (siehe Pinnwand mit angehefteten roten Blättchen in 5.10).



Abbildung 5.10: Sammeln der Interessen der SchülerInnen an Pinnwand.

Es kristallisierten sich einige Schwerpunkte heraus, die ich versuchte, exemplarisch zu ordnen. Hier einige herausgegriffene Fragestellungen:

- Anregungen zur Funktion von Wasserkraftwerken und Turbinen: „Wie funktionieren Kaplan-turbinen, Peltonturbinen, Staudammturbinen?“ — „Wie ist eine Turbine aufgebaut und wie unterscheiden sie sich untereinander?“ — „Wie funktioniert ein Wasserkraftwerk?“
- allgemeine Anregungen zur Wasserkraft: „In was für eine Umgebung werden Wasserräder aufgestellt?“ — oder „Was sind die physikalischen Gesetzmäßigkeiten bei Wasserkraft?“ — „Wie funktionieren Meereswasserkraftwerke?“ — bis hin zu Hinterfragung von Atomkraftwerken.
- Anregungen zu geschichtlichen Hintergründen: Es wurde nach der Entwicklung vom Mühlrad zum Wasserrad zur elektrischen Energiegewinnung gefragt — nach den Erfindern der verwendeten Turbinen — nach den Anfängen von Wasserkraftanlagen zur Gewinnung von elektrischer Energie.
- Die Einflussnahme auf die Umwelt war den SchülerInnen ein großes Anliegen: „Was sind die Einflüsse auf die Umwelt und die betroffenen Tiere?“ — „Was für Vor- und Nachteile bringt die Nutzung von Wasserkraft mit sich?“ — es wurden auch bereits explizit nach Behelfsmöglichkeiten für Fische, die in ihrem Lebensraum eingeschränkt sind, gefragt wie z.B. nach Fischbrücken.
- Wirtschaftliche Aspekte wurden angefragt: „Was sind die Kosten von Wasserkraftanlagen und in welchem Maße nehmen sie an der Energieförderung teil?“ — es wurde auch Interesse für den prozentualen Anteil der Energienutzung aus Wasserkraft bekundet und über die Haltbarkeit von Wasserräder Informationen gewünscht.

Es wurden nun Gruppen formiert, die sich intensiver mit einem Schwerpunktthema beschäftigen sollten. Gemäß den bekundeten Interessen ließen sich folgende Gruppen benennen:

- **„Funktionsweise von Wasserkraftanlagen“** mit einem **„Schwerpunkt auf Turbinen“**, da speziell die Funktionsweise der unterschiedlichen Turbinenarten hinterfragt wurde.
- **„Allgemeines zu Wasserkraft“** mit einer Untergruppe **„Physikalische Gesetzmäßigkeiten“**.
- **„Geschichtliches“**.
- **„Einfluss auf die Umwelt“**.

- „Wirtschaftlichkeit“.

Die SchülerInnen konnten nun selbst wählen, zu welcher Arbeitsgruppe sie gehören wollten. Zwei Schriftwarte notierten die Namen an der Tafel bzw. auf einem Blatt Papier, damit die Wahl an der Pinnwand fixiert werden konnte und damit dokumentiert wurde (siehe Abb.5.11 und Abb.5.12).



Abbildung 5.11: Gruppenbildung an Tafel.

Bei dieser Vorgehensweise gab es eine Übergewichtung der Gruppen „Geschichtliches“ und „Einfluss auf die Umwelt“. Sicher hat die Fixierung der Namen bei der Wahl der Gruppe die SchülerInnen voreingenommen wählen lassen, da schon bereits Freunde sich für eine bestimmte Gruppe entschieden hatten. Es war etwas schwierig, die SchülerInnen in diesem Umfeld zu einer eventuell anderen interessanten Wahl zu bewegen. Vielleicht hätte man ohne Namensnennungen erst die Stimmungstendenzen mit farbigen Klebepunkten eruieren sollen, so dass es leichter gewesen wäre, in dieser anonymen Atmosphäre der Gruppenfindung die SchülerInnen auf eine Übergewichtung aufmerksam zu machen.

Die SchülerInnen fanden sich sogleich in ihren Gruppen zusammen, um über ihre Vorgehensweisen zu beraten und mit Recherchen an den im Physiksaal zur Verfügung stehenden Computern zu beginnen.

Ich gab Ihnen zum Einstieg einige Internet-Links bekannt. Man könne sich für einen ersten Erkundungsgang auf die Internetseite von Udo Leuschner begeben (www.udo-leuschner.de) oder bei dem Internetauftritt von den Energie-

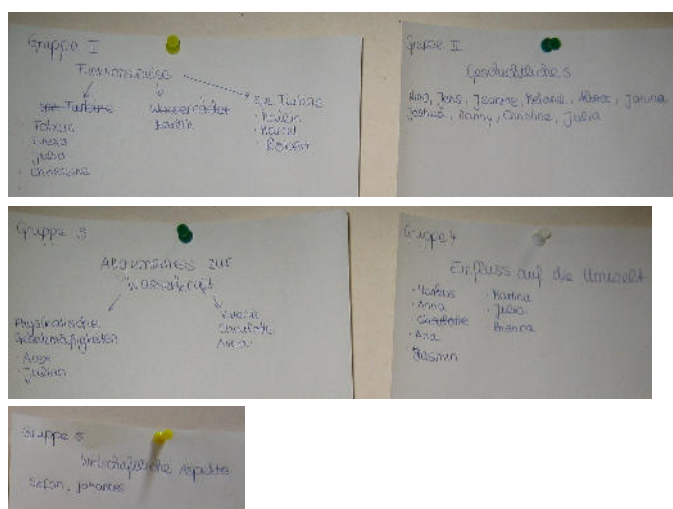


Abbildung 5.12: Gruppeneinteilung auf Pinnwand fixiert.

versorgern e.on und badenova, der hier in Freiburg seinen Hauptsitz hat, sich informieren (www.eon.de und www.badenova.de).

Ich hatte mich im Vorfeld bei einem lokalen Betreiber von drei Wasserkraftanlagen, bei Herrn Wagner, erkundigt, ob er eine Führung für die SchülerInnen durchführen würde. Er erklärte sich spontan bereit, eine seiner Wasserräder bei passender Gelegenheit zu präsentieren. Herr Wagner betreibt seine Anlagen mit einem ideellen Hintergrund, um aufzuzeigen, dass man auf regenerativen Energieformen setzen sollte. Ich erhoffte mir bei einer Führung mit Herrn Wagner, dass nicht nur technische Daten bei der Betreibung von Wasserkraftanlagen angesprochen würden, sondern dass bei dieser Gelegenheit auch auf Alternativen bei der Energiegewinnung eingegangen würde. Ich erwartete einen Beitrag zu einer gelebten Werteerziehung. Dies entspräche auch einem Aspekt der pädagogischen Verantwortung von LehrerInnen, SchülerInnen neben Fachwissen auch Werte zu vermitteln (siehe im Schulgesetz Baden-Württemberg §1 und Landesverfassung Art. 12, Bezug nehmend auf das Grundgesetz).

Aus der Aussicht heraus auf eine qualifizierte Führung nannte ich noch den Internet-Link „www.hydrowatt.de“, der die Herstellung des Wasserrads am Komturplatz beschreibt. An diesem Ort sollte die Besichtigung stattfinden. Ein Renovierungsprojekt einer Wasserkraftanlage von Herrn Wagner ist auf der Internetseite von badenova beschrieben; diesen Bericht findet man mit dem Suchbegriff „Pilotanlage Rheintacho“.

Zu Ende der Unterrichtsstunde wurde ausgemacht, dass die Gruppen in der jeweiligen nächsten Stunde ihre erzielten Teilziele vorstellen.

5.3 Tipps bei der Recherche am 19.6.06

Diese Doppelstunde stand für Informationsbeschaffung, Internetrecherche und Postergestaltung zur Verfügung.

Zu Anfang der Stunde stellten alle Gruppen durch kleine Kurzvorträge den Stand ihrer Fortschritte vor und gaben organisatorische Fragen ans Plenum weiter. Die Gruppen hatten sich hauptsächlich mündlich untereinander auseinandergesetzt, wie sie prinzipiell auf ihre Aufgabenstellungen eingehen würden. Manche Gruppen haben dieses Vorgehen schriftlich fixiert. In Abb.5.13 ist exemplarisch eine Bestandsaufnahme zu sehen.

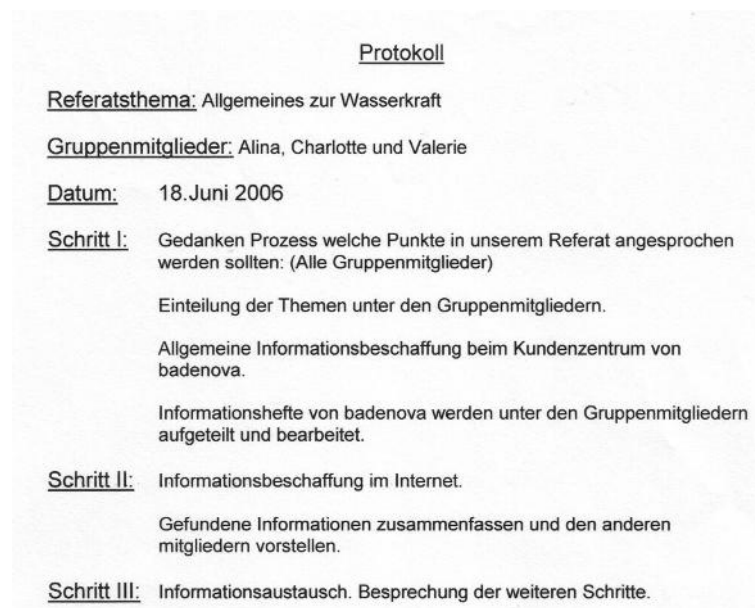


Abbildung 5.13: Ein Protokoll einer Gruppe zur Vorgehensweise in der letzten Unterrichtsstunde.

An dieser Stelle war es an der Zeit, sich auseinanderzusetzen, in welcher Form die Ergebnisse unseres Projektes dargestellt werden sollte. Die SchülerInnen brachten zwei Alternativen ins Gespräch: Man könnte Vorträge innerhalb des Physiksaals halten, eine kleine „interne Konferenz“ organisieren. Dies entspräche einer Gestaltung einer Doppelstunde von Seiten der SchülerInnen aus. Oder man könnte eine Ausstellung innerhalb des Schulgebäudes im Eingangsbereich in die Wege leiten und gestalten. Diese sollte prinzipiell allen SchülerInnen der Schule, den LehrerInnen und allen anderen Interessierten offenstehen.

Manche SchülerInnen plädierten für interne Vorträge, weil sie meinten, dann würden sie persönlich mehr Einblicke in die umfassende Thematik von

Wasserkraft gewinnen, andere sprachen sich für eine Ausstellung aus mit einer öffentlichen Präsentation ihrer Arbeiten. Es wurde festgestellt, dass die einzelnen Gruppen als Experten allen Besuchern der Ausstellung und damit auch den MitschülerInnen als Sachkundige zur Verfügung stehen sollten. Das sollte auch implizieren, dass jedes Gruppenmitglied seiner Verantwortung, bei der Ausstellung vorbereitet zu sein, nachkommen müsse.

Bei einer Abstimmung wurde eine Organisation einer Ausstellung befürwortet, die am 4. Juni 2006 eröffnet werde.

Herr Wagner und ich stellten den SchülerInnen eine Besichtigung der Wasserkraftanlage am Komturplatz in Freiburg mit Führung durch Herrn Wagner am Donnerstag, den 22. Juni 2006, in Aussicht. Dies war zu diesem Zeitpunkt vorbehaltlich einer Genehmigung einer außerunterrichtlichen Veranstaltung von Seiten der Merian-Schule (siehe Zeitplan in Abb.5.14).

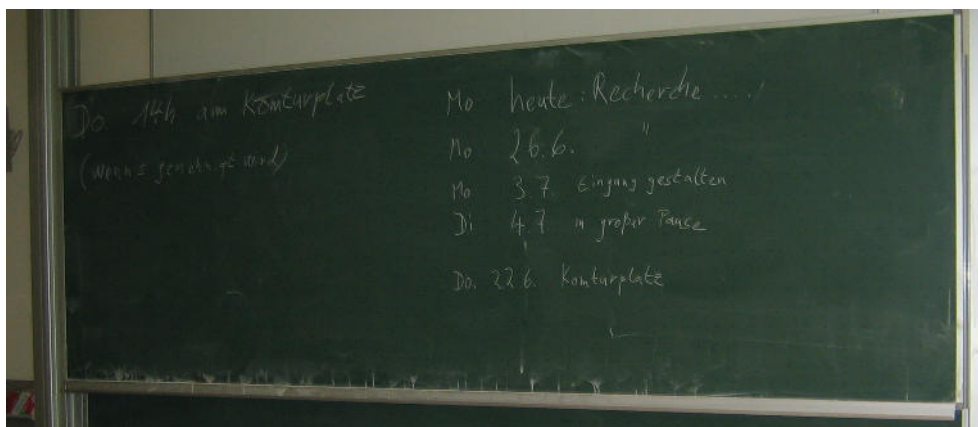


Abbildung 5.14: Zeitplan für weiteres Vorgehen.

Da die SchülerInnen in einzelnen Gruppen nach Anregungen für die Recherche gefragt hatten, habe ich einige Impulse zusammengetragen, die die SchülerInnen wirklich nur als Denkanstöße auffassen sollten und nicht als Gebot, sie in ihren Arbeiten aufzunehmen. Die Gruppe, die sich mit der Funktionsweise von Turbinen beschäftigte, war gut aufgestellt, so dass sie keine weiteren Anregungen verlangten. In Abb.5.15 sind meine Recherchevorschläge für die einzelnen Gruppen zusammengetragen. Ich will kurz auf die Vorschläge für die einzelnen Arbeitsgruppen eingehen:

- Die Gruppe „**Funktionsweise**“ könne erstmal allgemein die Bestandteile einer Wasserkraftanlage eruiieren und sich bezüglich eines Renovierungsprojektes eines Wasserrades von Herrn Wagner in der Kartäuserstr. 31 mündlich bei Herrn Wagner oder im Internet kundig machen.

Gruppe1: Fabian, Elena, Julia, Christiane, Mailin, Marcel, Robert
Funktionsweise - Impulse

Allgemein:

- Bestandteile einer Wasserkraftanlage
- Wasserräder.....und neuartiges Wasserrad bei Renovierung Wasserradanlage der Firma "Rheintacho" → (Michael Wagner fragen) Internet-Link

Gruppe2: Nino, Jens, Jeannine, Melanie, Janina, Joshua, Danny, Christine, Julia F.
Geschichtliches - Impulse

Unter-Gruppen einteilen

- Gewerbebach Freiburg - Geschichtliches in FR (auch neuartige Techniken(Pilotanlage))
- - Geschichtliches allgemein (Mühlen...)
- - Geschichtliches (Entwicklung Turbinen, Wasserräder..)
-Pilotanlage (Renovierung Wasserrad der Firma "Rheintacho"), Internetlink

Jetzt: Drei-Schluchten-Staudamm (China)

Gruppe 4: Markus, Anna, Ana, Jasmin, Martina, Julia, Bianca, Tanja, Denise
Einfluss auf die Umwelt - Impulse

- Vor- und Nachteile Wasserkraft
- Drei-Schluchten-Staudamm (China)
- Bsp. Anlage am Dreisamstadion – Fischpass

Gruppe3: Valerie, Charlotte, Alina, Alex, Julian
Allgemeines zu Wasserkraft - Impulse

- Kreislauf der Natur
- Verschiedene Wasserkraftanlagen - was für eine Umgebung für Wasserräder?
- Vergleich zur Atomkraft / Wie wird da Wasser benutzt? Wasserdampf für Turbinen
- Wie stark wird Wasserkraft länderabhängig genutzt (BRD, Norwegen)
- Vor- und Nachteile gegenüber anderen Energiegewinnungsarten (Schülerfrage)

Gruppe 5: Stefan, Johannes
Wirtschaftliche Aspekte - Impulse

- Eeg (Erneuerbare-Energien-Gesetz) - Michael Wagner fragen
- Rentabilität - Michael Wagner fragen (Internetlink Hydrowatt)
- Aspekt: unter widrigen Umständen neue Techniken einsetzen (neuartiges Wasserrad bei Renovierung Wasserrad der Firma "Rheintacho") →Internet -Link
- Schülerfrage: Wie lange halten Wasserräder? - Wartung
- Vor- und Nachteile gegenüber anderen Energiegewinnungsarten (Schülerfrage)
- Wie stark wird Wasserkraft länderabhängig genutzt (BRD, Norwegen)

Abbildung 5.15: Zusammenfassung der Impulse, die den fünf Gruppen bereitgestellt wurden.

- Die erwähnte Pilotanlage „Rheintacho“ legte ich bei der geschichtlichen Entwicklung von der Nutzung der Wasserräder der Gruppe „**Geschichtliches**“ zur Anregung zu Herzen. Der Gewerbekanal, entlang dessen in der Stadtgeschichte viele Wasserräder angelegt wurden, könne auch eine Inspirationsquelle sein. Als neuartige weltweite Projekte könne man sich z.B. über ein Staudammprojekt in China informieren.
- Die Tipps für „**Einfluss auf die Umwelt**“ sind recht allgemein gehalten und können in Abb.5.15 eingesehen werden.
- Bei der Gruppe „**Allgemeines zu Wasserkraft**“ war es mir wichtig, dass der Kreislauf der Natur berücksichtigt würde. Der Kreislauf von verdampfenden Wasser mit Abregnen über dem Festland, der Ausnutzung der potentiellen Lageenergie des Wassers in den Anlagen und der erneuten Verdunstung des Wassers usw. müsse auf den zu erstellenden Postern dargestellt werden. Auf einige SchülerInnenfragen, die manchen

SchülerInnen wichtig erscheinen, habe ich auch hingewiesen.

- Bei der Bearbeitung der Thematik über die „**Wirtschaftlichkeit**“ könne man sich bzgl. der Rentabilität von Wasserkraft bei Herrn Wagner Erkundigungen einholen; im besonderen ist das Erneuerbare-Energien-Gesetz, das die bundeseinheitliche Untersützung von Stromgewinnung aus regenerativen Energien regelt, zu erwähnen. Die weiteren Hinweise überlagern sich mit denen für die anderen Gruppen.

Nachdem ich den einzelnen Gruppen diese erwähnten Impulse schriftlich übergeben und mündlich kurz erläutert hatte, konnten die SchülerInnen den weiteren Verlauf der Stunde selbst gestalten. Es wurde nach Kartons und Großblätter zur Gestaltung der Poster gefragt. Außerdem wurden Malstifte, Textmarker, Wachsstifte, Scheren und Klebestifte ausgeteilt. Die SchülerInnen machten auch regen Gebrauch von den Druckern an den Computern, zum einen um Informationen zu archivieren und zum anderen um sie für die Gestaltung der Poster zu verwenden. Vereinzelt erstellten bereits erste Gruppen mit emsiger Anteilnahme die ersten Poster. Die SchülerInnen organisierten sich selbst, indem sie untereinander die Aufgaben und Arbeitsschritte in der Arbeitsgruppe aufteilten.

5.4 Besichtigung des Wasserkraftwerks am Komturplatz am 22.6.06

Nachdem die außerunterrichtliche Veranstaltung von der Schulleitung genehmigt worden war, fanden sich alle SchülerInnen am Komturplatz um 14 Uhr ein. Den Nachmittagsunterricht, den die SchülerInnen normalerweise erhalten hätten, wurde der entsprechenden Lehrerin im Tausch für eine Doppelstunde Physik zurückgegeben.

Die Führung begann mit einem einleitenden Vortrag von Herr Wagner vor dem Informationsschild über das Wasserrad (Abb.5.16). Man sieht Herr Wagner und die SchülerInnen im ersten Foto in Abb.5.17. Herr Wagner betonte die ideellen Werte der Förderung von regenerativen Energien, wie es auch im Erneuerbaren-Energien-Gesetz¹, das vom Bundestag beschlossen worden war. In diesem Zuge rief er auf zur Unterstützung dieser Vorgehensweise, zum behutsamen Umgang mit Elektrogeräten und zum Stromsparen² allgemein.

¹Gesetz zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich, am 21. Juli 2004 vom Bundestag beschlossen.

²Im Bildungsplan für berufliche Gymnasien wird unter der Rubrik Physik, Energie explizit aufgerufen, dass die SchülerInnen erkennen sollen, dass Energie ein kostbares Gut und dass mit Energie sparsam umzugehen ist [Min03b].



Abbildung 5.16: Schild mit den ersten Informationen über das Wasserrad.

Badenova unterstütze auch regenerative Energien durch Förderung von Wasserkrafthalter durch eine Zulage von 1,2 cent pro geförderte kWh, weswegen er den SchülerInnen ans Herz legte, die Eltern eventuell zu einem Stromversorgerwechsel zu bewegen.

Aus den Vorüberlegungen lasse sich der finanzielle Ertrag errechnen: 7,67 cent/kWh, gewährleistet durch den Bund, gemäß des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes, zuzüglich der 1,2 cent/kWh von badenova. Bei einem Wasserrad wie diesem, das im Jahr ca. 130000 kWh erzeugt, könne man berechnen, dass man als Abnahmepreis ca. 12000 € erziele. Da noch Unterhalts- und Investitionskosten auflaufen, bezeichnet er solche Gewinnmargen als Kleingeld für das eigene Kind (Herr Wagner betreibe drei Wasserräder in Freiburg und habe drei Kinder.).

Daraufhin ging er auf technische Besonderheiten des zu besichtigenden Wasserrades ein. Es handele sich um ein oberflächliches Wasserrad, weshalb



Abbildung 5.17: Besichtigung der Wasserkraftanlage von Herrn Wagner, der auch freundlicherweise eine Führung vornahm.

im Gegensatz zur Verwendung einer Wasserturbine kein Rechen benötigt werde, um Treibgut herauszufiltern, und der Wirkungsgrad sei weniger abhängig von Schwankungen der Wassermenge. Der Wirkungsgrad belaufe sich wie allgemein bei überschlächtigen Wasserrädern auf über 80 %. Im Winter habe er manchmal mit Vereisungsproblemen zu kämpfen.

Nach dem einleitenden Vortrag führte Herr Wagner gruppchenweise die SchülerInnen in den Schaltraum des Wasserades. Herr Wagner war sehr erstaunt über das gezeigte Interesse und die ansprechend gestellten Fragen.

Auf einem Platz in der Nähe, der etwas ruhiger war, übermittelte Herr Wagner weitere Informationen und teilte Informationsblätter aus wie den Energiebericht von badenova [Fra05] und stand Rede und Antwort für Anfragen.

5.5 Internetrecherche und Postervorbereitungen in Vertretung von Hr. Münnich am 26.6.06

Diese Doppelstunde betreute wegen Verhinderung meinerseits der zuständige Fachlehrer der Klasse für Physik, Herr Münnich. Es wurde mitgeteilt, dass die SchülerInnen sehr beschäftigt bei den Vorbereitungen der Poster und weiteren Internetrecherchen zu Gange waren.

5.6 Gestaltung der Ausstellung am 3.7.06

Der Vortag der Eröffnung der Ausstellung stand im Zeichen der letzten Vorbereitungen, des Dekorierens der Eingangshalle für die Ausstellung, der Anfertigung des Ankündigungsplakates (siehe Abb. 5.18) und der Einteilung der SchülerInnen (siehe Abb.5.19) in die Anwesenheitsliste, damit gewährleistet war, dass im Zeitraum einer Woche immer einige ExpertInnen anwesend sind, um Rede und Antwort für interessierte Besucher zu stehen. Es trugen sich



Abbildung 5.18: Ankündigung der Ausstellung.

spontan 26 SchülerInnen von nominell 31 Zugehörigen der Klassenstufe ein. Der Schulleiter hatte sich für den Mittwoch, den 5.7. angekündigt und war auch entsprechend von den Arbeiten der Klasse BTG 11-2 angetan.

Zu Anfang der Stunde stellten die einzelnen Arbeitsgruppen ihren Fortschrittsstand vor, und ich eröffnete, dass ich einige belegte Brötchen mitgebracht habe, wenn wir nicht bis zum Unterrichtschluss mit der Installation

5.7 Ausstellungsbeginn am 4.7.06

Folgende Abbildung 5.20 ermöglicht einen Überblick der gestalteten Poster der Arbeitsgruppen:



Abbildung 5.20: Ausstellung im Überblick.

Es sollen nun die Ergebnisse der Arbeiten im einzelnen gezeigt werden.

5.7.1 Arbeiten der Gruppe Funktionsweise von Wasserkraftanlagen und Turbinen

Die Gruppe „**Funktionsweise von Wasserkraftanlagen**“ mit dem „**Schwerpunkt auf Turbinen**“ fertigten folgende Illustrationen an: Es werden die verschiedenen Turbinen erläutert, die Francis-, Pelton- und die Kaplan-turbine (siehe Poster 5.21). Es wurde zwischen verschiedene Wasserkrafttypen unter-

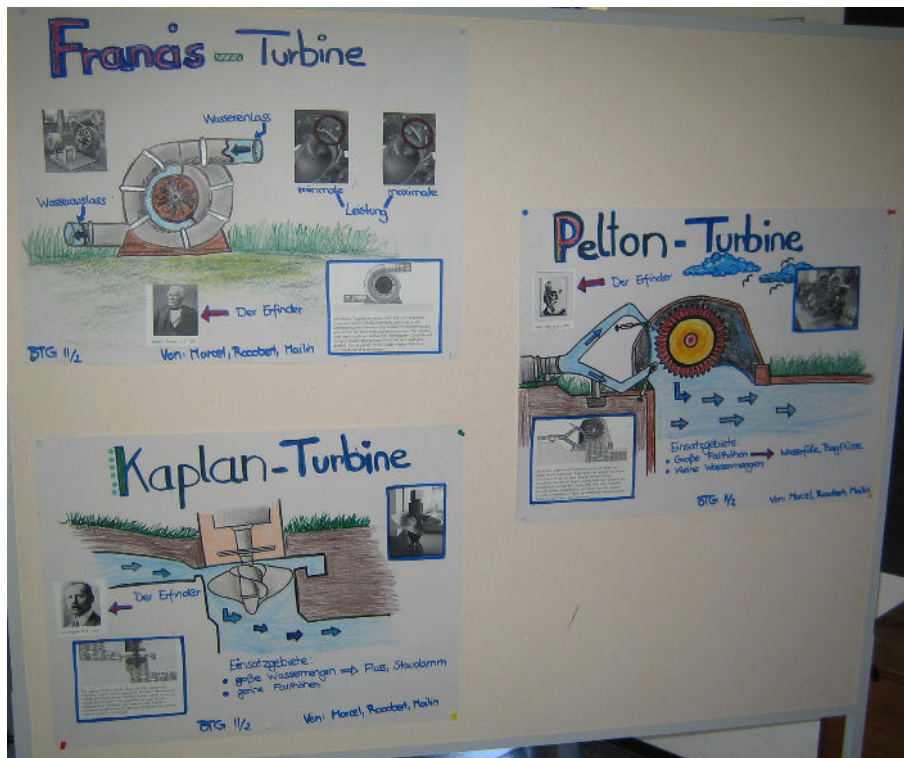


Abbildung 5.21: Verschiedene Turbinentypen.

schieden, nämlich dem Gezeiten-, Pumpspeicher- und dem Meeresströmungskraftwerk, die in Abb.5.22 eingesehen werden können.

5.7.2 Allgemeines zu Wasserkraft und physikalische Gesetzmäßigkeiten

Die Gruppe „Allgemeines zu Wasserkraft“ mit der Untergruppe „Physikalische Gesetzmäßigkeiten“ präsentierten allgemeine Informationen, gingen auf Vor- und Nachteile von Wasserkraft ein, stellten den essentiellen Wasserkreislauf dar und beschrieben die Wasserressourcenverteilung der Erde (siehe Poster 5.23).

Den Akteuren war es wichtig, den Aspekt der Vor- und Nachteile zu unterstreichen und drückten dies durch die Gestaltung eines separaten Posters aus (Abb.5.24).

Die Darstellung der allgemeinen Aspekte der Wasserkraft wurde mit einer knapp gehaltenen Erörterung der Physikalischen Begebenheiten bei der Gewinnung von elektrischer Energie aus Wasserkraft abgerundet.

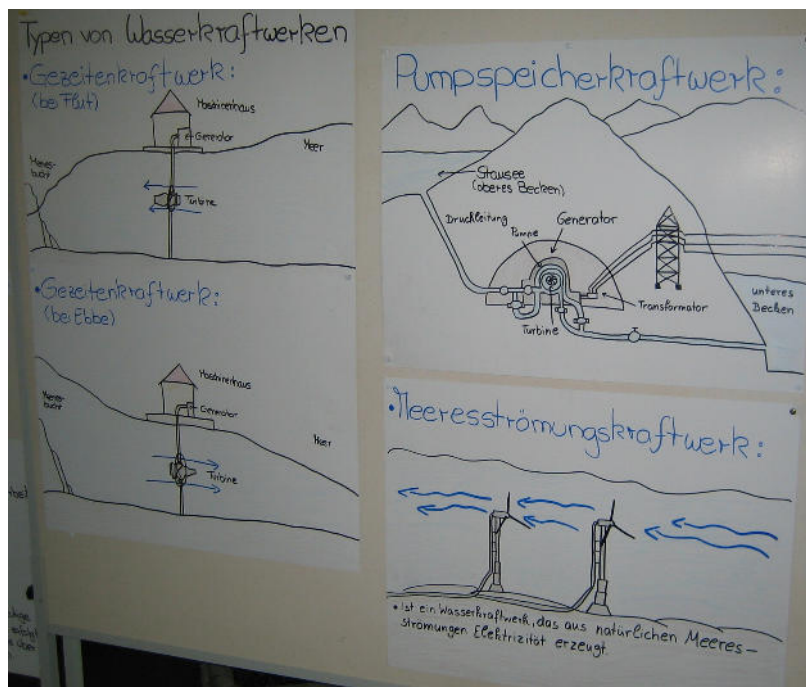




Abbildung 5.22: Verschiedene Wasserkraftwerktypen.

Allgemeines zur Wasserkraft

Ein Wasserkraftwerk ist eine Elektrizitätswerte, dass die Energie des Wassers in elektrischen Strom umwandelt, mit Hilfe von Turbinen und Wasserräder.



Turbine



Wasserrad

⚠ Wasserkraft zählt zu den ältesten vom Menschen genutzten Kräfte.

Vorteile und Nachteile von Wasserkraft

Vorteile:

- Erneuerbare Energieform im großen Maßstab
- Keine Emission von Treibhausgasen
- Flussregulierung und Hochwasserschutz
- Beseitigung der Flussa
- Bewässerung (Wasser steht auch in wasserarmen Zeiten zur Verfügung)


(Mögliche) Nachteile:

- Umsiedlung der Bevölkerung
- ökologische Veränderung
- Dammbau kann Erdbeben auslösen

Weltweite Projekte

Türkei	China
Name: Ilisu-Staudamm	Name: Oro-Schluichten-Staudamm
Turbinen: 6 Francis-Turbinen (Leistung: 1200 MW/Stand)	Turbinen: 26 Turbinen (bis 2008) (1 Turbine = 100 MW/Stand) (1 = 20 Jahre Bauzeit)
Baukosten: ca. 4,2 Milliarden Euro	Baukosten: 480 Millionen Yuan
Inbetriebnahme: ca. 2012/2013	Einzugsgebiet: ca. 2 Millionen Quadratkilometer
Info: Dieser Staudamm soll 3% der türkischen Stromerzeugung ausmachen	

Der Wasserkreislauf



Die Wasservorräte der Erde

Die Wasservorräte der Erde, die fest (Eis), flüssig (Wasser), und gasförmig (Wasserdampf) vorliegen, umfassen insgesamt ein Volumen von $1,4 \cdot 10^9 \text{ km}^3$. 97,2% der Wasservorräte sind flüssiges Wasser und vorwiegend in den Weltmeeren konzentriert.

Verdunstung vom Meer:	425.000 km^3/Jahr
Verdunstung vom Land:	71.000 km^3/Jahr
Gesamt:	496.000 km^3/Jahr

Abbildung 5.23: Allgemeines zur Wasserkraft, Vor- und Nachteile, Wasserkreislauf der Natur, Wasservorräte der Erde.

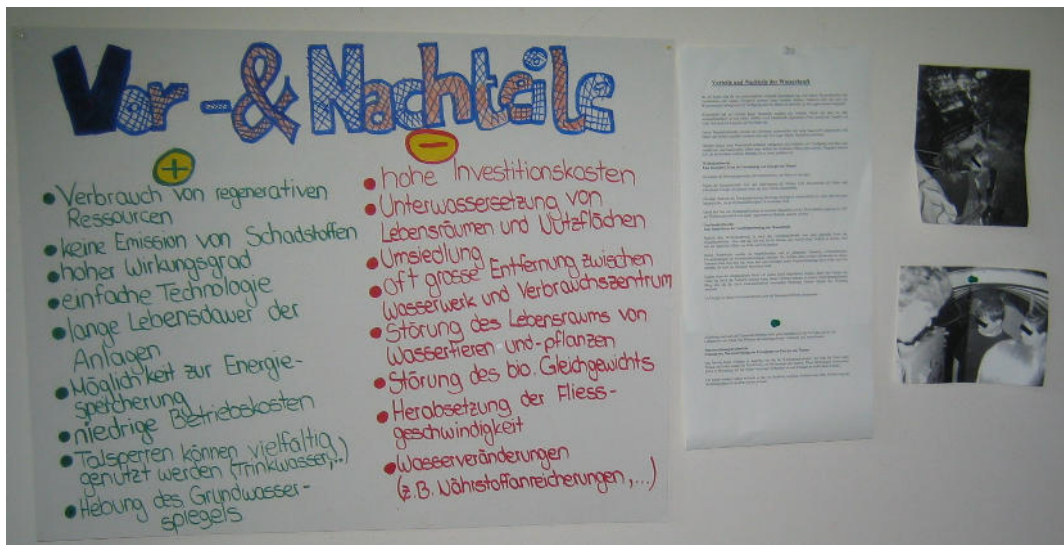


Abbildung 5.24: Vor- und Nachteile von Wasserkraftanlagen.

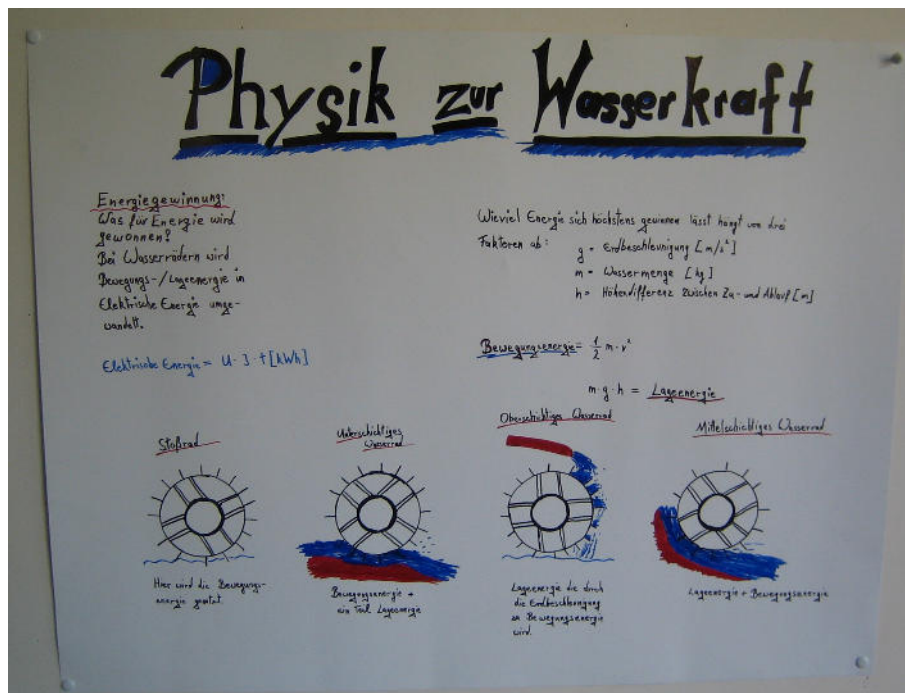


Abbildung 5.25: Physikalische Aspekte zur Wasserkraft.

5.7.3 Einfluss auf die Umwelt

Die Gruppen „**Allgemeines zu Wasserkraft**“ und „**Einfluss auf die Umwelt**“ ergänzten sich bei der Betrachtung der Einflussnahme auf die Umgebung und damit die Umwelt (siehe z.B. das vorgestellte Poster in Abb.5.24). Es sei noch ein Poster in Abb.5.26 nachzutragen. In diesem Poster wird ein Ausblick auf Behelfsmöglichkeiten für Fische gegeben. Die Wanderaktivitäten können mit der Einrichtung von „Fischpässen“ als Umgehungsstraßen von Wasseranlagen, die ansonsten die Wanderrouen der Fische unterbrechen würden.

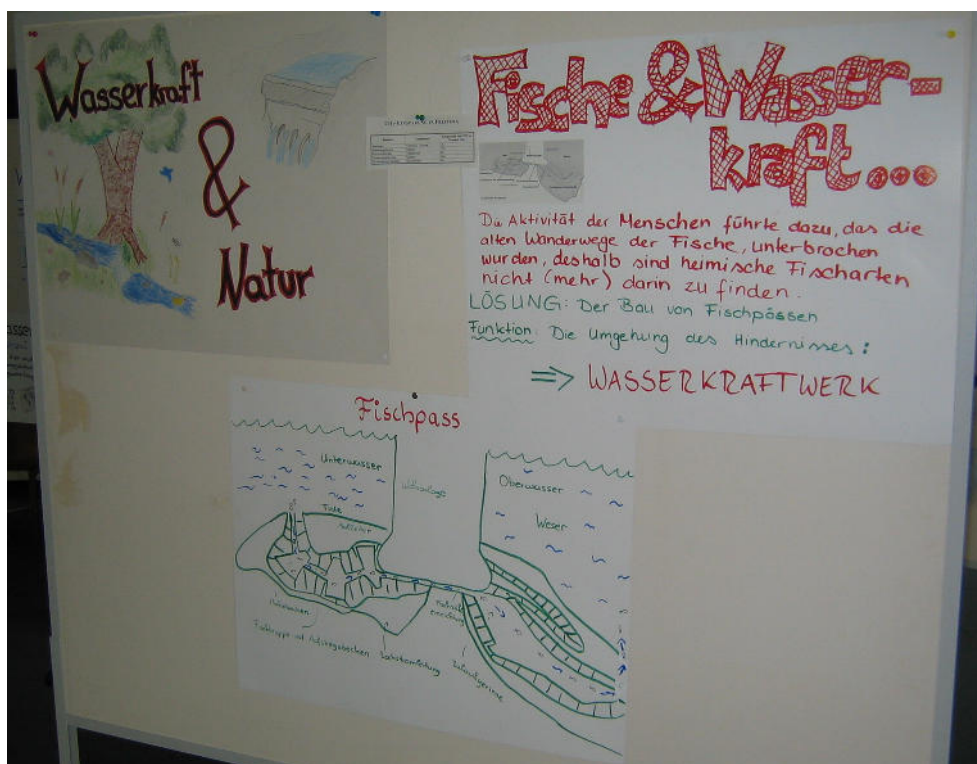


Abbildung 5.26: Gesichtspunkt Fische bei der Wasserkraft.

5.7.4 Geschichtliches

Die Akteure von „**Geschichtliches**“ beschreiben die technische Entwicklungen der unterschiedlichen Wasserräder und stellten eine Zeittafel auf, die von den Anfängen der Nutzung von Wasserkraft in Form von Wassermühlen über Fortschritte der Weiterentwicklung der Turbinenarten, die aktuell zur Optimierung der „Schnecken-turbine“ führt, bis hin zur Konstruktion von Staudämmen

reicht. Speziell wird auf den Drei-Schluchten-Staudamm, 2006 fertiggestellt in China, eingegangen³.

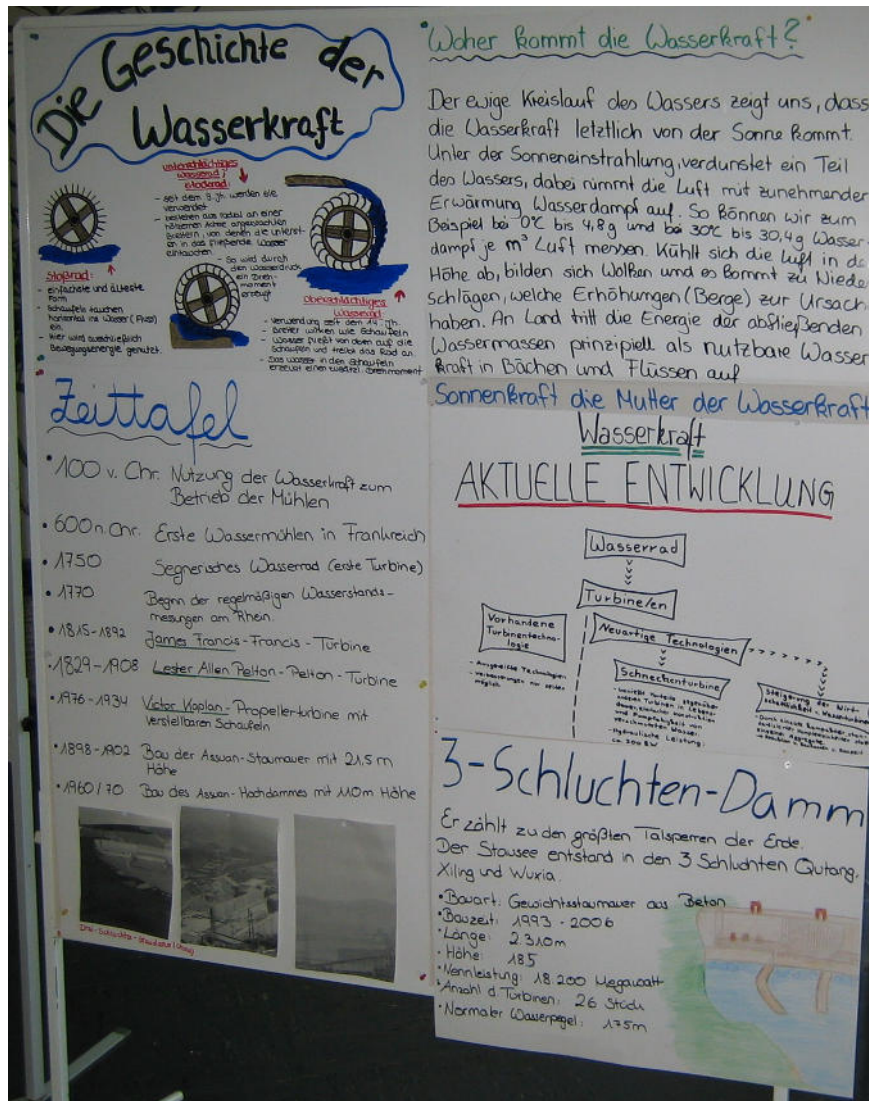


Abbildung 5.27: Zur Geschichte der Wasserkraft.

³Der Drei-Schluchten-Staudamm liegt in Zentralchina am Jangtse-Strom.

5.7.5 Wirtschaftlichkeit

Wirtschaftliche Aspekte werden von der Gruppe „**Wirtschaftlichkeit**“ eingebracht: Es werden weltweit und europaweit die elektrischen Stromförderungen durch Nutzung von Wasserkraft verglichen, welche gegen die Atomenergiegewinnung kontrastiert. Im besonderen wird die Situation in Deutschland gegenübergestellt (siehe Poster in Abb.5.28).

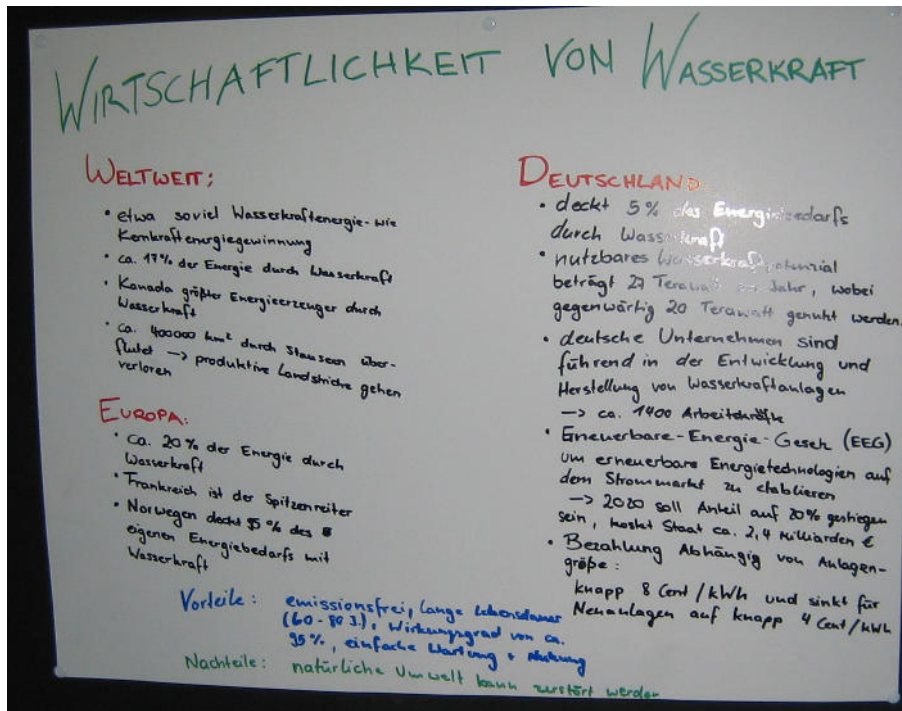


Abbildung 5.28: Aspekte zur Wirtschaftlichkeit von Wasserkraft.

Kapitel 6

Analyse der SchülerInnenergebnisse

Es ist recht schwierig aus dem Betrachten der erstellten Poster der SchülerInnen deren Ergebnisse zu beurteilen. Konzeptionell wurde bei der Ausstellung weniger Wert darauf gelegt, die Freiburger Anlagen und die verwendeten Techniken zu besprechen, sondern man wollte einen allgemeinen Überblick über das weite Feld der Wasserkraft geben. Lediglich in Abb.5.22 und Abb.5.24 auf den Postern ist ein kleiner Verweis auf die Besichtigung der Anlage am Komturplatz in Freiburg zu finden. Die SchülerInnen haben sich dafür entschieden, sich mehr Informationen allgemeiner Art zu besorgen. Die selbstständige Entscheidungsentwicklung ist gewollt.

Deshalb beschränkt sich Kapitel 3 auf die Begebenheiten an den Wasserkraftanlagen in Freiburg, und hier soll in diesem Kapitel kurz auf die Hintergründe der von den SchülerInnen aufgegriffenen Aspekte eingegangen werden.

6.1 Ergebnisse der Gruppe Funktionsweise von Wasserkraftanlagen mit Schwerpunkt Tur- binen

Neben der Kaplan turbine, die hier in Freiburg als Turbinenart vorkommt und im Kapitel 3.4.3 besprochen wird, stellt die Gruppe noch die Francis- und die Peltonturbine vor (siehe Poster in Abb.5.21).

6.1.1 zur Francisturbine

Francisturbinen sind universell einsetzbar und deshalb weit verbreitet (vergleiche die Einsatzbereiche der Turbinenarten in Abb.3.9). Sie werden bei Fallhöhen von ca. 50 bis 700 m eingebaut und erreichen einen Wirkungsgrad von bis zu 90 %.

Die Wasserzufuhr erfolgt über ein schneckenförmig gekrümmtes Rohr, das für eine gleichmäßige Wasserzuführung auf die Turbine sorgt. Das Wasser wird anschließend durch die verstellbaren Schaufeln des Leitapparats geführt und damit reguliert, bevor es auf die gegenläufig gekrümmten Schaufeln des Laufwheels trifft (siehe Abb.6.1 und 6.2).

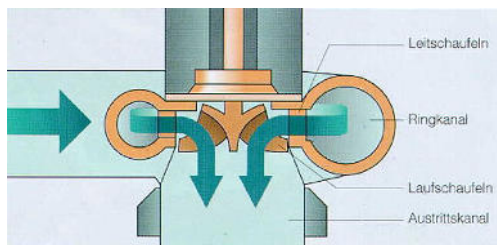


Abbildung 6.1: Funktionsweise Francisturbine.



Abbildung 6.2: Francisturbine.

6.1.2 zur Peltonturbine

1880 konstruierte der amerikanische Ingenieur Lester Pelton eine Freistrahlturbine, die als Peltonturbine bekannt wurde. Sie erinnert vom Aussehen wie vom physikalischen Prinzip her an das klassische Stoß-Wasserrad. Allerdings gliedert sich jedes der bis zu 40 Schaufelblätter in zwei Halbschalen (Becher). Das Wasser trifft die Mitte der Halbschalen tangential mit hohem Druck aus einer oder mehreren Düsen, so dass der Wasserstrahl in den Schaufelmulden eine Ablenkung um fast 180 Grad erfährt und seine Energie fast vollständig an die Turbine abgibt. Bei einer Fallhöhe von 1000 Metern schießt der Wasserstrahl mit einer Geschwindigkeit von etwa 500 km/h aus der Düse. Da die kinetische Energie des Wasserstrahls von der Fallhöhe abhängig ist, ist die Peltonturbine typisch für Kraftwerke im Hochgebirge (siehe die Abbildungen 6.3 und 6.4).

Auf ihren Postern ist es den SchülerInnen gelungen, ansprechend und prägnant die Turbinenarten zu erklären.

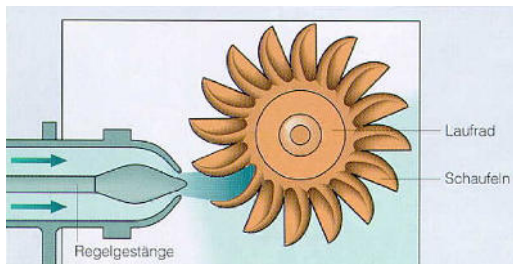


Abbildung 6.3: Funktionsweise Pelton-turbine.

Abbildung 6.4: Pelton-turbine.

6.1.3 zu den Gezeiten-, Pumpspeicher- und Meeresströmungskraftwerken

Gezeitenkraftwerk

Die Energie der Gezeiten kann man für die Gewinnung von Strom nutzen. Voraussetzung ist allerdings ein ausreichender Tidenhub. Gezeitenkraftwerke haben allerdings den Nachteil, dass sich ihre maximale Leistungsfähigkeit täglich um etwa 50 Minuten mit dem Rhythmus der Gezeiten verschiebt. Auch sind nur an wenigen Stellen der Erde die natürlichen Voraussetzungen dafür vorhanden.

Pumpspeicherkraftwerk

Bei Pumpspeicherkraftwerken wird das hochgelegene Speicherbecken mit Wasser aus tiefer gelegenen Becken gefüllt – in der Regel einem natürlichen Gewässer. Dabei wird das Wasser mit elektrischer Energie hochgepumpt. Pumpspeicherkraftwerke sind gigantische „Batterien“, die nach Bedarf aufgeladen und angezapft werden. In Zeiten geringen Strombedarfs werden die nicht ausgelasteten Kapazitäten der Grundlastversorgung für das Hochpumpen des Wassers verwendet. Wenn dann Bedarfsspitzen auftreten, werden die Turbinen eingeschaltet und verwandeln die potentielle Energie des hochgepumpten Wassers wieder in Strom. In der Praxis erreichen Pumpspeicher-Kraftwerke einen Wirkungsgrad von etwa 75 %, so dass also ein Viertel der aufgewendeten Energie verlorenggeht.

Meeresströmungskraftwerk

Unter einem Meeresströmungskraftwerk versteht man ein Wasserkraftwerk, das aus der natürlichen Meeresströmung Elektrizität erzeugt.

Die genannten Kraftwerke werden in den Postern in Abb.5.22 veranschaulicht.

6.2 Ergebnisse der Gruppe Allgemeines zu Wasserkraft und physikalische Gesetzmäßigkeiten

Neben allgemeinen Informationen wie der Verteilung der Wasservorräte der Erde und dem grundlegenden Wasserkreislauf (der einzige Punkt, auf den von Lehrerseite nicht zu verzichten war, vergleiche die „Impulse“ in Kapitel 5.3) sind den SchülerInnen die Megastaudammprojekte in der Türkei und China aufgefallen. Diese Projekte bieten Diskussionsstoff für kritisches Abwägen von Vor- und Nachteile bei der Nutzung der Wasserkraft [Got06], [dan06]. Entsprechend nimmt die Diskussion über die Vor- und Nachteile einen großen Raum ein (siehe die Poster in Abb.5.23 und Abb.5.24).

Bei der Gestaltung des Posters zu den physikalischen Begebenheiten (zu sehen in Abb.5.25) hatten die zwei Vertreter der Gruppe zuerst Orientierungsschwierigkeiten; welche Informationen solle man als „physikalisch“ erachten und für das Poster verwenden. Man einigte sich letztlich, die Grundformen vorliegender Energien (Lageenergie und Bewegungsenergie des Wassers) bei der Wasserkraftnutzung einzuführen. Es wurden die unterschiedliche Ausnutzung von kinetischer und potentieller Energie bei den unterschiedlichen Wasserrädern dargestellt.

Der Gruppe ist mit der Gestaltung ihrer Poster eine anschauliche Einführung in die Thematik gelungen.

6.3 Ergebnisse der Gruppe Einfluss auf die Umwelt

Die Recherchen dieser Gruppen gingen manchmal Hand in Hand mit denen der Gruppe „Allgemeines“, was sich in der Gestaltung der Poster ausdrückt. So werden ökologische Aspekte, die bei der Errichtung von großen Staudämmen entstehen, kritisch abgewogen (wie in den Postern Abb.5.23 und Abb.5.24 zu sehen ist).

In dem Poster in Abb.5.26 wird auf Fischtreppe und die Einsparmöglichkeiten von umweltschädigenden Abgasen bei der Stromgewinnung mit Hilfe von der regenerativen Wasserkraftenergie eingegangen. Die Erwähnung dieses grundlegenden positiven Effektes lag Herr Wagner sehr am Herzen und wurde hier im Poster als kleine Tabelle der Einsparungen an ansonsten erzeugtem CO₂-Gas wiedergegeben (vgl. Werte der Wasserkraftanlagen in [Fra05]).

6.4 Ergebnisse der Gruppe Geschichtliches

Die Akteure von der Geschichtsgruppe beschreiben die Entwicklung beim Gebrauch von Wasserrädern von der ältesten Nutzung des Stoßrades über die Einführung von unterschlächtigen Wasserrädern (ab neuntes Jahrhundert) bis hin zur Verwendung von überschlächtigen Wasserrädern (seit 14. Jhd.). Man betrachte dazu das Poster in Abb.5.27.

Es wird eine Zeittafel gegeben, die die Nutzung der Wasserkraft in Form von Getreidemühlen bis hin zu Fortschritten bei der Gewinnung elektrischer Energie aus Wasserkraft darlegt. In dieser Zeittafel sind der Assuan-Staudamm und der Drei-Schluchten-Staudamm in China als Projekte der Jetztzeit aufgeführt.

Der Verlauf der technischen Errungenschaften der verschiedenen Turbinenarten bis hin zu der neusten Entwicklung in der Verwendung bei Kleinwasserkraftanlagen der „Schneckenturbine“ wird geschildert. Diese Turbine nutzt das Prinzip der klassisch archimedischen Förderschnecke, wobei die Technologie „umgedreht“ wurde, so dass eine Schneckenturbine daraus entstand. Vorteilhaft sind die kostengünstige Herstellung und die technische Einfachheit des Gesamtsystems [Pel04].

Der Gruppe gelang es, einen Überblick der geschichtlichen Ereignisse, die die Nutzung der Wasserkraft betreffen, zu geben.

6.5 Ergebnisse der Gruppe Wirtschaftlichkeit

Es werden weltweit und europaweit die elektrischen Energieförderungen durch Nutzung von Wasserkraft verglichen, welche gegen die Atomenergiegewinnung kontrastiert. Im besonderen wird die Situation in Deutschland gegenübergestellt (siehe Poster in Abb.5.28).

An dieser Stelle wird die Unterstützung durch den Bund erwähnt, die mit dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz eine Grundlage schafft, dass elektrische Energie, die aus regenerativen Quellen stammt, subventioniert wird.

In dem gesetzten Zeitrahmen für die Recherchen, die hauptsächlich im Internet vollzogen wurde, und für die Gestaltung der Ausstellung gelang es der Klasse als Gemeinschaft, ein ansehliches und ansprechendes Resultat an die Schule, den MitschülerInnen und allen Besuchern der Ausstellung zu übergeben. Die Resonanz unter den Lehrern und der Schulleitung war durchgehend positiv.

Kapitel 7

Feedback der SchülerInnen

Über den Physiklehrer Herrn Münnich wurde zur Einholung eines Feedbacks ein Fragebogen ausgeteilt mit der Bitte an die Schüler, ihn auszufüllen. 30 von 31 beteiligten SchülerInnen gaben den beantworteten Fragebogen zurück.

Es soll in diesem Kapitel über die Erkenntnisse aus dem Fragebogen eingegangen werden. Am 31.7. 2006 wurde den SchülerInnen die eruierten Ergebnisse aus der Befragung über eine Overhead-Präsentation mitgeteilt und noch bei dieser Gelegenheit mündlich die Vorbedingungen aus den Vorgängerschulen in Erfahrung gebracht und der Verlauf des Projekts angesprochen.

7.1 Fragebogen

Der Fragebogen, den die SchülerInnen ausfüllen sollten, hatte folgendes Aussehen (siehe Abb.7.1): Die SchülerInnen konnten in vier Abstufungsgraden von „stimmt völlig“ bis hin zu „stimmt gar nicht“ ihre Meinung zu der gestellten Aussage abgeben. Selbstverständlich wurde betont, dass die Abstimmung anonym ohne Konsequenzen für die Beantworter der Fragebögen ist.

Fragebogen zu unserem Projekt: "Selbstorganisiertes Erkunden und Präsentieren von Wasserkraftanlagen in Freiburg"

Kreuze an, was für Dich zutrifft. Fülle den Bogen **ohne Namen** aus!!
Wenn du Bemerkungen notieren möchtest, kannst du diese am Ende des Bogens hinzufügen.

	stimmt völlig				stimmt gar nicht
1. Ich wusste schon einiges über Wasserräder.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Durch das Projekt habe ich viel über Wasserräder dazugelernt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ich hatte mich schon davor für alternative, erneuerbare Energien interessiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Durch das Projekt wurde mein Interesse an erneuerbare Energien geweckt / gesteigert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Die Impulse, Hilfestellungen des Lehrers haben mir geholfen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Das Projekt sollte "selbstorganisiert" sein. Trotzdem hätte der Lehrer mehr Impulse geben sollen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Die Projektarbeit in meiner Gruppe hat gut funktioniert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
falls nicht,					
<input type="checkbox"/> weil die Gruppe zu groß war. Es gab Abstimmungsschwierigkeiten.					
<input type="checkbox"/> weil fehlende theoretische Informationen über Bücher, Internet usw. nicht beschafft werden konnten.					
<input type="checkbox"/> sonstiges					
8. Es hat mir Spaß gemacht, eigenständig zu arbeiten, ohne dass der Lehrer sich zu sehr einmischte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hast du noch Bemerkungen zu machen oder deine Meinung zu irgendetwas kundzutun?

Abbildung 7.1: Fragebogen, den die Schüler ausfüllen sollten.

Die ersten Fragen war dem Vorwissen der SchülerInnen über Wasserräder und dem gewonnen Wissen aus der Bearbeitung des Projektes heraus gewidmet (siehe dazu die Zusammenstellung der Antworten in Abb.7.2 und Abb.7.3).

Ich wusste schon einiges über Wasserräder.

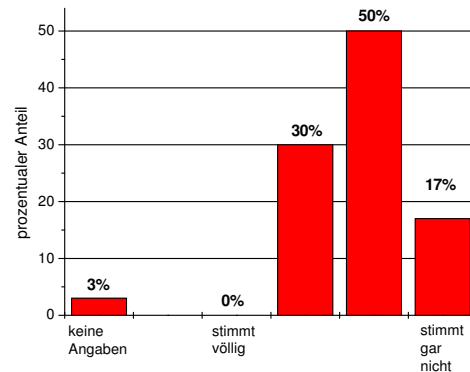


Abbildung 7.2: Ich wusste schon einiges über Wasserräder.

Durch das Projekt habe ich viel über Wasserräder dazu gelernt.

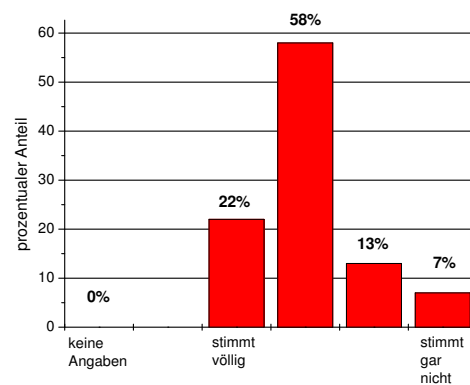


Abbildung 7.3: Durch das Projekt habe ich viel über Wasserräder dazu gelernt.

Man kann sagen, dass vor Beginn des Projektes 30 % der SchülerInnen Kenntnisse über Wasserräder besaßen und danach 80 %. Durch das Projekt war laut der Teilnehmer die Wissensvermittlung erfolgreich.

Die folgenden Fragen erkundigen sich nach dem Interesse für alternative, erneuerbaren Energien vor und nach dem Projekt, um zu erkennen, ob eine Begeisterung oder Wohlgesonnensein oder schlicht eine Aufklärung gegenüber alternativen Energien bewirkt wurde. Die Beschäftigung mit regenerativen Energien, hier in Form von Wasserkraft, und die Aufklärung darüber, wie unsere

Gesellschaft zu dieser Thematik steht, entspricht auch dem Erziehungsauftrag für Lehrkräfte an öffentliche Schulen (siehe dazu über die „pädagogische Verantwortung“ im Schulgesetz Baden-Württemberg §1 und Landesverfassung Art. 12, Bezug nehmend auf das Grundgesetz).

Ich hatte mich schon davor für alternative, erneuerbare Energien interessiert.

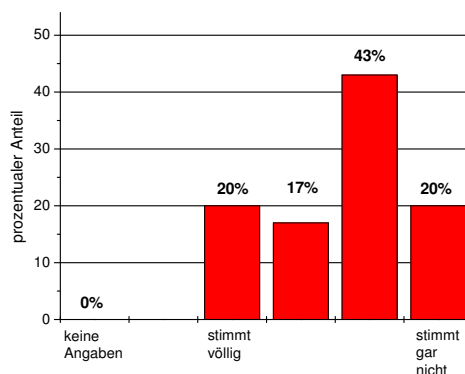


Abbildung 7.4: Ich hatte mich schon davor für alternative, erneuerbare Energien interessiert.

Durch das Projekt wurde mein Interesse an erneuerbare Energien geweckt / gesteigert.

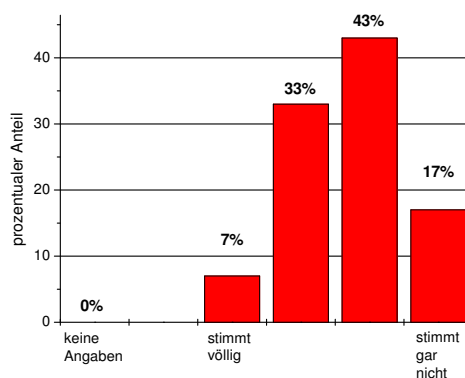


Abbildung 7.5: Durch das Projekt wurde mein Interesse an erneuerbare Energien geweckt / gesteigert.

Das Interesse für erneuerbare Energien schien vor Betreibung des Projektes und danach kaum gesteigert worden zu sein. Jeweils ca. 40 % der SchülerInnen bekundeten ihr Interesse an dieser Art von elektrischer Energiegewinnung.

Bei einer mündlichen Befragung während der Vorstellung der Auswertung des Fragebogens (siehe dazu auch das folgende Unterkapitel 7.2) eröffnete ein Schüler, dass man den geringen prozentualen Zuwachs an Interesse an regenerativen Energien nach dem Projekt sich eventuell dahergehend erklären könne, dass erneuerbare Energien schon vorher in den Realschulen als Thematik behandelt wurden und dass dadurch die SchülerInnen über regenerative Energien in den unterschiedlichsten Formen bereits informiert seien.

Bei den folgenden zwei Fragen sollte in Erfahrung gebracht werden, inwieweit die Hilfestellungen, Gedankenanstöße bzw. „Impulse“ der Lehrkraft von Nutzen waren.

Die Impulse, Hilfestellungen des Lehrers haben mir geholfen.

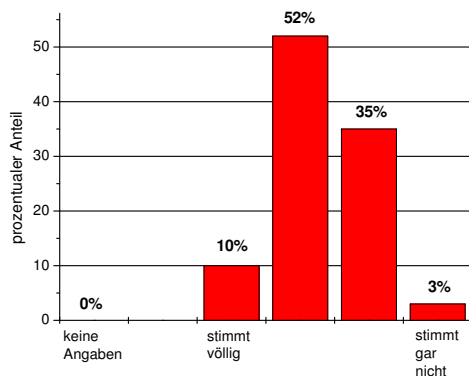


Abbildung 7.6: Die Impulse, Hilfestellungen des Lehrers haben mir geholfen.

Ein recht hoher Prozentsatz fand die Anregungen hilfreich. Um dies im Zusammenhang zu der von den SchülerInnen verlangten „Selbstständigkeit“ zu sehen, wurde zu folgender Aussage eine Beurteilung gebeten:

Das Projekt sollte selbstorganisiert sein. Trotzdem hätte der Lehrer mehr Impulse geben sollen.

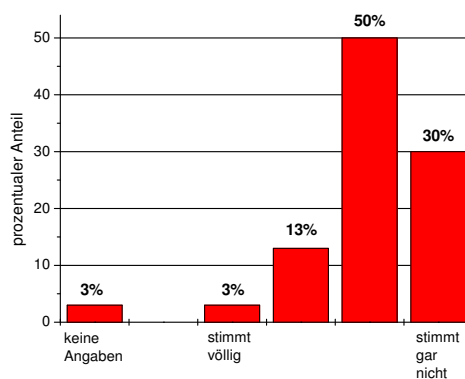


Abbildung 7.7: Das Projekt sollte selbstorganisiert sein. Trotzdem hätte der Lehrer mehr Impulse geben sollen.

Die Mehrheit der Befragten verneinte diese Aussage. Es bestand also keine ausgesprochene Nachfrage nach weiteren Impulsen. Man kann daraus schließen, dass die Arbeitsgruppen nach vereinzelt Anlaufschwierigkeiten (siehe auch dazu das folgende Unterkapitel 7.2) die gewährte Selbstständigkeit nutzten, um den sich ihnen gesetzten Rahmen auszuschöpfen.

Da die SchülerInnen in Gruppen arbeiteten, bat es sich an, nach dem Funktionieren innerhalb der Arbeitsgruppe zu fragen. Wenn es nicht der Fall wäre, konnten die SchülerInnen eine Angabe des Grundes nennen (Möglichkeiten siehe Fragebogen in Abb.7.1).

Die Projektarbeit in meiner Gruppe hat gut funktioniert.

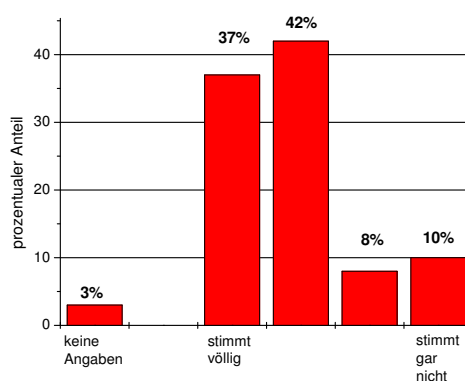


Abbildung 7.8: Die Projektarbeit in meiner Gruppe hat gut funktioniert.

Der hohe Prozentsatz bei der Bejahung dieser Fragestellung spricht dafür, dass

das Arbeiten in der Gruppe im großen und ganzen funktioniert hat. Bezüglich aufgetretener Probleme bei der Gruppenarbeit meinten lediglich drei SchülerInnen, dass die Gruppen zu groß gewesen seien, und fünf kreuzten „Sonstiges“ an. Die Beschaffung von Informationen sei kein Problem gewesen.

Mit der letzten Frage sollte erkundet werden, inwieweit die Selbständigkeit als positiv erachtet wurde:

Es hat mir Spass gemacht, eigenständig zu arbeiten, ohne dass der Lehrer sich zu sehr einmischte.

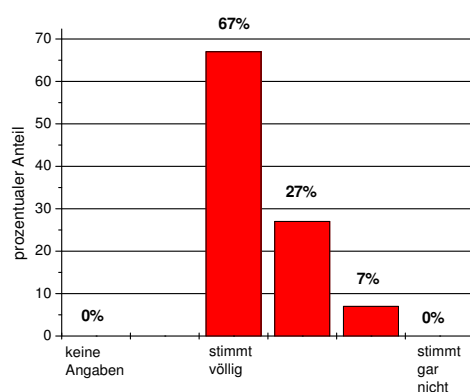


Abbildung 7.9: Es hat mir Spass gemacht, eigenständig zu arbeiten, ohne dass der Lehrer sich zu sehr einmischte.

Eine überwältigende Mehrheit war mit dem Verlauf dieser Arbeitsform zufrieden.

Es seien noch einige untermalende Bemerkungen, die von den SchülerInnen ausgedrückt wurden, wiedergegeben:

- „War ganz nett! Supa!“
- „Es war alles ein wenig unorganisiert und chaotisch, aber es hat zum Ende ja doch geklappt.“
- „Wir hatten Probleme, da wir nicht genau wussten, was wir machen sollen.“

Das Projekt wurde im wesentlichen als gelungen empfunden. Die bezeugte Unzufriedenheit bei manchen SchülerInnen ist wohl auf die Unerfahrenheit im Umgang mit dem gewährten Freiraum bei der Wahl der Hilfsmittel zur Wissensbeschaffung zurückzuführen. Die Mehrheit hat dieses Angebot sinnvoll genutzt.

7.2 Mündliche Befragung der SchülerInnen

Es soll nun auf die eingebrachten Aussagen der SchülerInnen nach der Vorstellung der Auswertung der beantworteten Fragebögen eingegangen werden.

Folgende Aussagen spiegeln sich z.T. bereits in den Fragebögen wieder:

- Die Informationsbeschaffung sei hauptsächlich über das Internet betrieben worden. Ein Schüler vermerkte, dass er auch Bücher konsultiert hätte.
- Ein Schüler meinte, mit der Selbstorganisiertheit gab es Startschwierigkeiten, mit den Hilfestellungen und der Bekanntgabe von Anregungen (Impulse) konnten diese behoben werden, so dass das Projekt als durchführbar und als ansprechend empfunden werden konnte.
- Zu dem geringen prozentualen Zuwachs an Interesse an regenerativen Energien nach dem Projekt über Wasserkraft gab ein Schüler seine Meinung kund, die bei der Besprechung der Nachfrage zu Abb.7.4 und Abb.7.5 erörtert wurden.

Auf die Rückfrage, ob es schon Vorerfahrungen mit Projekten in den Vorgängerschulen gegeben habe, wurde mitgeteilt, dass diverse Projekte durchgeführt worden seien wie z.B. die Vorstellung kleiner Experimente für Fünftklässler. Dabei wurde je nach Zielgruppe das Projekt angepasst. Man habe auch bei diesen Gelegenheiten über die Vorgehensweise sich abstimmen müssen. Auch bei Projektwochen habe man sich absprechen müssen.

Solche Erfahrungen würden den recht reibungslosen Ablauf bei unserem Projekt untermalen.

Bezüglich Postergestaltungen sagten die SchülerInnen, dass sie früher geringe Erfahrungen gesammelt hätten. Die Gestaltung und das Arrangieren der Poster bereitete den SchülerInnen bei unserem Projekt keine Probleme.

Eine Schülerin meinte, eine selbstorganisierte Arbeitsform sei gut, da die Erkenntnisse besser im Gedächtnis bleiben.

Das spricht auch für alle handlungsorientiert absolvierten Tätigkeiten und ist eine Aufruf aus SchülerInnmund, solche Lernprozesse in der Schule vermehrt zu verwenden (siehe auch in [Spi03], [Mar99], [Mar98]).

Kapitel 8

Nachbetrachtung des Projektes

Bei der Betätigung innerhalb des durchgeführten Projektes übten sich die SchülerInnen in der kritischen Informationsbeschaffung zu dem Thema, deren Auswertung und Strukturierung.

Es kamen Kompetenzen wie Zuhören, partnerschaftliches bzw. teamorientiertes Arbeiten hinzu. Die SchülerInnen lernten Arbeitsmethoden, Arbeitsplanung, Zeitmanagement, ökonomischen Kräfteinsatz und Präsentieren in Form von Postern und einer Ausstellung. Im Gegensatz zum lehrerzentrierten Unterricht ist beim handlungsorientierten Unterricht das eigenverantwortliche, selbstständige und selbstbestimmte Arbeiten und Lernen wichtig, was auch von den SchülerInnen in Gebrauch genommen wurde. Man denke unter anderem an die Entscheidung, den Horizont über Wasserkraft und Anlagen in Freiburg hin zu Betrachtungen von Wasserkraft allgemein und in der Welt zu erweitern; man denke auch an die demokratische Übereinkunft, eine Ausstellung als Form der Präsentation zu wählen.

Eigenverantwortung ist vielen SchülerInnen unbekannt und führte anfangs vereinzelt zu Verunsicherung. Aber die SchülerInnen bekundeten, dass die Startschwierigkeiten nach Impulsgebungen von Lehrerseite überwunden werden konnten (siehe im Kapitel der Durchführung 5.3 und die Aussagen bei der mündlichen Befragung in Kapitel 7.2).

Insofern war die Wahl der Projekt-Methode stimmig, die SchülerInnen gewannen inhaltliche Erkenntnisse, soziale Kompetenzen, lernten über die Gesellschaft und ihre Werte und bzgl. dem Thema regenerative Energien sich zu positionieren.

Die Ergebnisse, die man aus der Auswertung des Feedbackbogens und der mündlichen Befragung der SchülerInnen (Kapitel 7), das Handlungsprodukt des Projekts, die Ausstellung, und die Einsicht, dass die SchülerInnen so genannten „soft skills“ erworben haben, sprechen für den Verlauf des Projektes.

An dieser Stelle sollen einige Kritikpunkte angemerkt werden. Bei der Dis-

kussion der SchülerInnen, welche Form der Präsentation man wählen solle, plädierten manche SchülerInnen für interne Vorträge, weil sie meinten, dann würden sie persönlich mehr Einblicke in die umfassende Thematik von Wasserkraft gewinnen. Um dem entgegen zu wirken, hätte man Raum für eine interne Vorstellung der Ergebnisse einräumen sollen. Zumindest hätte man die Arbeitsgruppen auffordern können, eine schriftliche Abfassung der Gruppenarbeit den MitschülerInnen auszuhändigen.

Ein Manko bei der Durchführung ist auszumachen. Es wurde versäumt, die SchülerInnen darauf aufmerksam zu machen, dass sie dokumentieren, welche Quellen sie herangezogen haben, sie darauf hinzuweisen, dass man beim wissenschaftlichen Vorgehen immer die Quellen zumindest für sich notieren und bei Repräsentationen anführen muss. Die SchülerInnen kannten aus Versuchsdurchführungen die Prinzipien einer Protokollführung, so dass das Erstellen einer Literaturliste eine sinnvolle Ergänzung des Wissens um die Archivierung der Vorgehensweise bei wissenschaftlichen Vorhaben gewesen wäre.

Die Betätigung innerhalb des Projektes und die Schülerleistungen wurden nicht bewertet. Eine Bewertung, wie sie in Kapitel 2.1.6 mit Hilfe eines Bewertungsbogen vorgeschlagen wurde, hätte vorgenommen werden können, war aber von dem zuständigen Fachlehrer nicht vorgesehen.

Kapitel 9

Zusammenfassung und Schlusswort

Es soll hier eine Zusammenfassung der vorliegenden Arbeit gegeben werden.

Da das Projekt selbstorganisiert und von Seiten der SchülerInnen selbstbestimmt organisiert wurde und im Rahmen des handlungsorientierten Unterrichts absolviert wurde, sind didaktische Überlegungen dazu in Kapitel 2 angestellt worden.

In Kapitel 3 werden die grundlegenden Sachverhalte zu der Thematik „Wasserkraft“ und Wasserkraftanlagen, die in Freiburg verwendet werden, dargelegt. Weiterführende Informationen, die Anlagen außerhalb von Freiburg betreffen, finden sich bei der Besprechung der SchülerInnenergebnisse in Kapitel 6.

Die Vorgehensweise bei der Durchführung des Projektes ist im Kapitel 5 dargestellt. Dort findet sich auch das Handlungsprodukt, die Ausstellung.

Das folgende Kapitel 6 fasst die Ergebnisse der SchülerInnen zusammen und reflektiert sie.

Im Kapitel 7 über das Feedback der SchülerInnen wird nach deren Meinung gefragt und die Ergebnisse der Auswertung wiedergegeben, die eine Befürwortung des Vorgehens bei der Gestaltung des Projekts aussprachen.

Im vorherigen Kapitel 8 findet eine Nachbetrachtung und Reflektion statt.

Eine Nachbemerkung:

Ziel von modernem Unterricht muss es sein, von „verkopften“ Inhalten abzugehen und Schüler einzuladen, aus ihrer Passivität heraus zu treten. Alle Möglichkeiten - vom Arbeitsblatt über Plakatgestaltung, Posterentwurf bis hin zu Theatervorführungen - sind geeignet, um Schüler aktiv in den Lernprozess einzubinden, sie zur „Hauptfigur“ des Unterrichts zu machen und dafür zu sorgen, dass eine emotionale Betroffenheit bei den Schülern ausgelöst wird.

Schon Konfuzius sagte:

„Erzähle mir – und ich vergesse, Zeige mir – und ich erinnere, Lass es mich tun – und ich verstehe.“

Literaturverzeichnis

- [Are60] Arendt, H. *Vita activa oder vom tätigen Leben*. Kohlhammer, Stuttgart, 1960.
- [Ban02] Bannach, M. *Selbstbestimmtes Lernen - Freie Arbeit an selbst gewählten Themen*. Schneider Verlag Hohengehren, Stuttgart, 2002.
- [Bec96] Beck, H. *Handlungsorientierung des Unterrichts*. Darmstadt, 1996.
- [Boy05] Boysen G., Heise H., Lichtenberger J., Scheper H., Schlichting H.J., Schön L.-H. *Fokus Physik, Gymnasium Band 1*, pages 150–152, 201. Cornelsen Verlag, Berlin, 2005.
- [dan06] dan/dpa. Drei-Schluchten-Staudamm fertiggestellt. *Spiegel-Online*, 2006.
- [Enb06] Enbw, Energie Baden-Württemberg AG. *Wasser ist Energie - Wasserkraft bei der EnBW*. <http://www.enbw.com>, Karlsruhe, 2006.
- [Fra05] Fraunhofer-Institut für Solare Energiesystem ISE. *Energiebericht 2004*. <http://www.ise.fraunhofer.de>, Freiburg, 2005.
- [Fre82] Frey, K. *Die Projektmethode*. Beltz-Verlag, Weinheim, Basel, 1982.
- [Got06] Gottschlich, J. Antike Stadt soll geflutet werden. *Badische Zeitung*, 2006.
- [Grä00] Gräsel, C. *Gestaltung problemorientierter Lernumgebungen*, pages 186–194. in Bayrhuber/Unterbrunner: *Lehren und Lernen im Biologieunterricht*, Innsbruck, 2000.
- [Gra94] Grabitz, B.G. *Leitfaden für den Bau von Kleinwasserkraftanlagen*. Franck-Kosmos-Verlag Stuttgart, Stuttgart, 1994.
- [Gre98] Greif S., Kurtz H.-J. *Handbuch Selbstorganisiertes Lernen*. Hogrefe-Verlag für Psychologie, Göttingen, 1998.

- [Gud97] Gudjons, H. Handlungsorientierter Unterricht - Begriffskürzel mit Theoriedefizit? *Pädagogik* 49, 1997. Heft 1, S. 6-10.
- [Hal86] Haller, H.-D. *Ziele und Inhalte der Erziehung und des Unterrichts*. Verlag Klett-Cotta, Stuttgart, 1986. Reihe Enzyklopädie Erziehungswissenschaft, Band 3.
- [Her01] Herold M., Landherr B., T. *Selbstorganisiertes Lernen - SOL ein systemischer Ansatz für Unterricht*. Schneider-Verlag Hohengehren, Baltmannsweiler, 2001.
- [Her03] Herold M., Landherr B. *SOL-Selbst organisiertes Lernen*. Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, Weilheim/Teck, 2003.
- [Jan03] Jank W., Meyer H. *Didaktische Modelle*. Verlag Cornelsen Scriptor, Berlin, 2003. 6. Aufl.
- [Kel98] Kelber, T. *Planung und Durchführung von Unterricht in der Selbsteinschätzung von Lehrer/innen*. Hannover, 1998.
- [Krä98] Krämer-Stürzl, A. *Handlungsorientierte Ausbilderqualifizierung*. Baltmannsweiler, 1998.
- [Kut94] Kutusministerkonferenz. Erklärung zu Fragen der Gleichwertigkeit allgemeiner und beruflicher Bildung. In: *Die Deutsche Schule* 4, 1994. S. 140-142.
- [Leu06] Leuschner, U. *Leitseite von Udo Leuschner*. <http://www.udoleuschner.de>, 2006.
- [Mar98] Markowitsch, H.J. *Gedächtnisstörungen*. Kohlhammer, Stuttgart, 1998.
- [Mar99] Markowitsch, H.J. Varieties of memory: Systems, structures, mechanisms of disturbance. *Neurol.Psychiatr.Brain.Sci.*, 5:37-56, 1999.
- [Mey88] Meyer, H. *Unterrichtsmethoden 1: Theorieband*. Cornelsen, Berlin, 1988.
- [Mil01] Miller, F. *Selbstständigkeit fördern und fordern*. Knecht-Verlag, Landau, 2001.

- [Min03a] Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden Württemberg, editor. *Bildungsplan für das berufliche Gymnasium der sechs- und dreijährigen Aufbauform*, chapter Jahrgangsstufe 1 und 2 Physik (AG, EG, SG, WG). Neckar-Verlag, Villingen-Schwenningen, 2003.
- [Min03b] Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden Württemberg, editor. *Bildungsplan für das berufliche Gymnasium der sechs- und dreijährigen Aufbauform*, chapter Eingangsklasse Physik (AG, EG, SG, WG). Neckar-Verlag, Villingen-Schwenningen, 2003.
- [Mül29] Müller, W. *Die Wasserräder, Berechnung, Konstruktion und Wirkungsgrad*. Verlag Moritz Schäfer, Leipzig, 1929.
- [Pel04] Pelikan, B. Es muss nicht immer eine Turbine sein! *aqua press international*, 2004.
- [Rup02] Ruppert, W. *Handlungsorientierung im Biologieunterricht*. Verlag Friedrich (u.a.), Seelze, 2002. in *Unterricht Biologie*; H.273=Jg. 26. April.
- [Sah93] Sahm, W., editor. *Physik 11, Mechanik, Materie*, pages 130–132. Verlag H.Stam GmbH, Köln, 1993.
- [Spi03] Spitzer, M. *Lernen - Gehirnforschung und die Schule des Lebens*. Spektrum Akademischer Verlag, Berlin, 2003.
- [Sta02] Staatsinstitut für Schulpädagogik und Bildungsforschung. *Projekte im Gymnasium - Fächerübergreifende Arbeiten Schlüsselqualifikationen*. Auer Verlag, Donauwörth, 2002.
- [Wik06] Wikipedia. *Wasserkraft*. <http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserkraft>, 2006.

An dieser Stelle möchte ich all denen danken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Zuerst seien meine Eltern erwähnt, die mich mental immer unterstützten.

Ich möchte mich zuerst bei meinem Fachleiter in Physik, Herrn Dr. Axel Hoffmann, für die Vergabe des reizvollen Themas bedanken.

Ich konnte einige Unterrichtsstunden des Lehrers, Herrn Münnich, der die Klasse BTG 11-2 der Merian-Schule in Physik unterrichtet, in Anspruch nehmen für die Ausführung des Projekts mit den SchülerInnen. Im gleichen Atemzug sei den SchülerInnen gedankt für ihre fleißige Mitwirkung.

Mit freundlicher Genehmigung der Schulleitung der Merian-Schule war diese Ausstellung möglich und auch die Besichtigung der Wasserkraftanlage am Komturplatz.

Und ganz besonders möchte ich mich bei Herrn Wagner erkenntlich zeigen, der sein Wasserrad gezeigt und erläutert hat. Ich denke, er konnte mit seinen Anschauungen zu regenerativen Energiequellen den SchülerInnen einige Gedankenimpulse mitgeben.