

PHYSIK VOLLER ENERGIE

DER ENERGIEBEGRIFF IN DER MECHANIK UND IN DER WÄRMELEHRE IN DER 6. KLASSE

**Christiane Baluschik, Ilse Bartosch
Thomas Ehart, Eva Sattlberger**

**GRGORG Wien 20, Brigittenauer Gymnasium,
Karajangasse. 14, 1200 Wien**

Wien, 2002

INHALTSVERZEICHNIS:

1	ANFANG	1
2	DURCHFÜHRUNG	2
3	ENERGIE VON DER SONNE (6B)	5
3.1	Die Klasse	5
3.2	Die Unterrichtssequenz	5
3.2.1.	Inhaltliche Schwerpunkte	5
3.2.2	Methodische Schwerpunkte	5
3.3	Ergebnisse	6
3.4	Reflexion	7
4	DAS PROJEKT IN DER 6C	9
4.1	Inhaltliche Schwerpunkte:	9
4.2	Methodische Schwerpunkte:	9
4.3	Ergebnisse:	10
4.4	Reflexion:	10
5	DIE 6DF IST IN „PHYSIK VOLLER ENERGIE“	12
5.1	Die Klasse	12
5.2	Die Unterrichtssequenz	12
5.3	Ergebnisse	14
5.4	Reflexion	15
6	MENSCHEN BRAUCHEN ENERGIE UM ZU ÜBERLEBEN (6G)	16
6.1	Die Klasse	16

6.2	Die Unterrichtssequenz	16
6.2.1	Inhaltliche Schwerpunkte	17
6.2.2	Methodische Schwerpunkte	17
6.3	Ergebnisse	18
6.4	Reflexion	20
7	DOKUMENTATION DES PROJEKTS IN DER 6 S	21
7.1	Die Klasse	21
7.2	Die Unterrichtssequenz	21
7.2.1	Inhaltliche Schwerpunkte	22
7.2.2	Methodische Schwerpunkte	22
7.3	Ergebnisse	22
7.4	Reflexion	23
8	ABSCHLIESSENDE REFLEXION DES SCHULTEAMS.....	24
8.1	Die Zusammenarbeit im Schulteam	24
8.2	Die Hauptergebnisse und –erkenntnisse.....	25
9	ANHANG	26
9.1	Concept Mapping	26
9.2	Unsere Concept Map	28

ABSTRACT

Das PhysiklehrerInnenteam stellte sich die Aufgabe gemeinsam mit den SchülerInnen im Einführungsunterricht die Basis für die Entwicklung eines tragfähigen Energiebegriffs zu legen. Ausgangspunkt war der Alltagsbegriff der SchülerInnen, der mit Hilfe von Concept Maps erhoben wurde. Das konkrete Unterrichtsthema – meist ein Thema, das den Energiebegriff am eigenen Körper erfahrbar macht - wurde mit den einzelnen Klassen ausgehandelt. Die LehrerInnen entwickelten zu diesen Themen Unterrichtssequenzen, die methodisch in vielfältiger Weise den naturwissenschaftlichen Energiebegriff entfalteten. Arbeitsformen, die selbständige Auseinandersetzung mit dem Thema förderten wie - experimentelles Arbeiten, Literaturrecherche, Referate, Dokumentation der Arbeit in Form von Protokollen und einer Projektmappe – bildeten einen zentralen Bestandteil des Unterrichts und hatten hohen Stellenwert bei der Leistungsbeurteilung.

1 ANFANG

Im Schuljahr 2001/02 nahm ein Team von drei Physiklehrerinnen und einem Physiklehrer unserer Schule, dem „Brigittenauer Gymnasium“ (1200; Karajang. 14) am Schwerpunktprogramm „Grundbildung (S1)“ als Kooperationsschule teil. Die Motive dafür waren im Wesentlichen:

- das Interesse an der Frage „Was ist naturwissenschaftliche Grundbildung?“,
- als Team an einem Projekt teilzunehmen und schließlich
- damit auch ein wenig aus dem Schulalltag auszubrechen.

Unsere Ziele und Erwartungen waren zu Beginn noch etwas verschwommen. Sie haben sich dann aber im Rahmen des ersten Workshops (22. - 24. November 2001, Schloss Zeillern) bei der Planung unseres Vorhabens deutlich herauskristallisiert:

- Zeit für Kommunikation über Grundbildung in der Physik,
- Ausprobieren und Evaluieren innovativer Unterrichtsmethoden,
- Grundbildungsinhalte im Zusammenhang mit unserem Vorhaben.

Am Ende des ersten Workshops fuhren wir mit einem bereits sehr weit konkretisiertem Projekt nach Hause, das dann in den folgenden Wochen und Monaten umgesetzt worden ist.

2 DURCHFÜHRUNG

„Physik voller Energie“ – Was sollen SchülerInnen über den Energiebegriff in der Mechanik und in der Wärmelehre in der 6. Klasse (Anfangsunterricht) wissen?

Im Rahmen unseres Vorhabens wurde dieses Thema in folgenden Klassen behandelt:

6B Gymnasium Ilse BARTOSCH
6C naturwissensch. ORG Eva SATTLBERGER
6DF ... ORG mit Instrumentalunt./Bildn. Gestalten Thomas EHART
6G naturwissensch. ORG Ilse BARTOSCH
6S ORG für Leistungssportler Christiane BALUSCHIK

Wir wählten dieses „Rahmenthema“, weil unserer Meinung nach der Energiebegriff

- ein zentraler physikalischer Grundbegriff ist,
- hohe Relevanz in Naturwissenschaft, Technik und Alltag hat,
- Energie Grundlage von Leben und Lebensstandard ist,
- die Auseinandersetzung mit dem Energiebegriff eine Voraussetzung für gesellschaftliche Mündigkeit (z. B. Umgang mit Energieträgern) ist
- Wissen über Energie vor dem Ausgeliefertsein an Pseudoexperten und Scharlatane (z. B. Teilbereiche der Esoterik) schützt.

Der Kontext zum Schwerpunktprogramm S1 von IMST² ist dadurch gegeben, dass der Energiebegriff sowohl im Alltag, als auch in Naturwissenschaft und Technik eine zentrale Bedeutung hat, jedoch im Allgemeinen nicht exakt damit umgegangen wird. Im Rahmen dieses S1-Vorhabens wollten wir also herausarbeiten, welches Wissen und welche Fähigkeiten („Grundbildung“) sich die Schülerinnen und Schüler zu diesem Themenbereich erwerben sollen.

Die Fragestellungen, die sich aus unserer Diskussion im Lehrerteam daraus entwickelt haben, wurden von uns zu folgenden Lernzielen entwickelt:

kognitive Lernziele:

- den Begriff „Energie“ als Alltags- und Fachbegriff verstehen lernen
- Speicher- und Transportformen von Energie unterscheiden können
- Energieerhaltung und –entwertung versus Energieerzeugung und -verbrauch
- Energie, Leistung und Wirkungsgrad in Zusammenhang setzen
- gesellschaftliche Bedeutung von Energie erfassen (Verfügbarkeit, Sparsamkeit, ökologische Konsequenzen, etc.)

Fähigkeiten und Fertigkeiten:

- Arbeit in der Gruppe organisieren und durchführen
- eigenständige Experimente und Beobachtungen durchführen und protokollieren
- freie Wiederholung, Bericht, Vortrag halten
- Concept und Mind Maps erstellen (kurze Beschreibung dazu im Anhang)
- physikalische Sachverhalte aus Medien und Literatur herausfiltern und darstellen
- dabei Fachausdrücke erklären und Stellung nehmen können
- selbständige Führung einer Projektmappe
- einfache physikalische Rechenbeispiele mit Hilfe von Formeln lösen

Zur Erreichung der Lernziele wurden in den einzelnen beteiligten Klassen durch deren Lehrerin bzw. Lehrer unterschiedliche Methoden angewendet:

- Erstellung von Concept Maps
- Gruppenexperimente
- Stationenbetrieb
- Medienarbeit
- Literatursausarbeitung
- Führung einer Projektmappe
- Berichte und Referate
- usw.

Auch die Überprüfung der Erreichung der Lernziele erfolgte individuell durch die jeweilige Lehrperson:

- Bewertung der Concept Maps
- Bewertung der Medienarbeit
- Bewertung der Literatursausarbeitung
- Bewertung der Projektmappe
- Bewertung der Berichte und Referate
- Bewertung von Lernzielkontrollen bzw. Tests
- usw.

Verbindlich für uns alle war jedoch die Durchführung von Concept Maps zu Beginn und zum Ende der Testphase. Bei diesen Concept Maps mussten die Schülerinnen und Schüler in Einzelarbeit (Überprüfbarkeit!) 52 zum Thema gehörende Fach- und Alltagsbegriffe in Zusammenhang bringen und, wenn möglich, mit Beziehungsbegriffen zueinander ergänzen.

Dieser zweimalige Durchlauf der Concept Maps erlaubt, sowohl den individuellen Lernfortschritt, als auch den der gesamten Klasse zu messen.

Ebenso verbindlich wurden am Ende der Projektphase Feedbacks der Schülerinnen und Schüler eingeholt (z. B. Fragebögen, Interviews durch Experten).

Eine wichtige Ergänzung stellte selbstverständlich die laufende Beobachtung im Unterricht dar.

Der detaillierte Ablauf unseres Vorhabens in den einzelnen Klassen, die individuelle Methodik, die unterschiedliche Umsetzung der Lernziele und deren Überprüfung soll in den kommenden Abschnitten dieser Dokumentation dargestellt werden.

3 ENERGIE VON DER SONNE (6B)

3.1 Die Klasse

Die 6B ist ein neusprachliches Gymnasium mit 18 Schülerinnen und einem Schüler. Der Physikunterricht in der Oberstufe beginnt in der 6. Klasse und umfasst 3 Jahreswochenstunden.

Zu Beginn des Schuljahres hatten wir vereinbart, unsere kosmische Heimat und die Physik der Atmosphäre als Jahresthema für den Unterricht zu wählen.

Die Klasse ist sehr diszipliniert. Ein Teil der SchülerInnen arbeitet aktiv im Klassengespräch mit. Die ersten Schülerexperimente zeigten, dass die SchülerInnen vorher noch nie selbständig experimentiert hatten.

3.2 Die Unterrichtssequenz

3.2.1. Inhaltliche Schwerpunkte

Das Ziel der Unterrichtssequenz war eine schrittweise Annäherung an den physikalischen Energiebegriff ausgehend vom Alltagsbegriff, entwickelt am Phänomen der Vorgänge in der Atmosphäre.

Im Rahmen des Themas „Energie von der Sonne“ sollten die SchülerInnen

- mit der Bedeutung der Sonnenenergie für die Wetter- und Klimavorgänge vertraut werden;
- die Entstehung von Wetter- und Klimaphänomenen korrekt beschreiben und mit relevanten physikalischen Theorien erklären können.
- sich mit der Wirkung der Sonnenenergie auf Lebewesen und Ökosysteme auseinandersetzen;
- menschliche Einflüsse auf die Atmosphäre und ihre Konsequenzen erläutern und bewerten können
- Möglichkeiten der technischen Nutzung der Sonnenenergie in Erfahrung bringen. (Eine detaillierte Auseinandersetzung mit diesem Aspekt sprengte den zeitlichen Rahmen und wird im nächsten Jahr im Rahmen der Elektrizitätslehre nachgeholt.)

3.2.2 Methodische Schwerpunkte

Im Hinblick auf die geringe Erfahrung mit eigenständigem Arbeiten in den Naturwissenschaften wurden die selbständig organisierten Arbeitsprozesse auf 1-4 Unter-

richtsstunden beschränkt, so dass die Ergebnisse in relativ kurzen Abständen im gemeinsamen Gespräch zusammengefasst und theoretisch beleuchtet werden konnten. Die Lernprozesse wurden mit Hilfe von Arbeitsaufträgen stark strukturiert; die Experimente relativ genau angeleitet.

Folgende **Methoden** kamen zum Einsatz:

- Literaturrecherche (Schulbuch, Bibliothek, Internet)
- Schülerexperimente (inklusive Protokolle)
- Lehrervortrag (vor allem bei der Erarbeitung des theoretischen Hintergrundes)

Die **Sozialformen** wechselten zwischen Einzelarbeit, Paararbeit, Kleingruppenarbeit und Klassengespräch gemeinsam mit der Lehrerin.

3.3 Ergebnisse

Auf Grund von Termenschwierigkeiten konnte in dieser Klasse kein Zeitrahmen (Doppelstunde) für das Erstellen einer Concept Map organisiert werden. Statt dessen fertigten die SchülerInnen zu Beginn der Sequenz eine **Mindmap** zum Thema „Energie von der Sonne“ an. Außer dem zentralen Thema wurden keine Begriffe vorgegeben. Assoziationen wie „Sommer“, „Ferien“, „Sonnenbrand“, „Hautkrebs“, „UV-Strahlung“, „Sonnenstrahlung“, „Wärme“ dominierten. Relativ häufig wurde auch Fotosynthese genannt. Kaum eine Mindmap wies einen größeren Komplex fachlicher Zusammenhänge auf.

Literaturrecherche bereitete der Mehrzahl der SchülerInnen wenig Schwierigkeiten. Im Feedback gaben die SchülerInnen an, bei der selbständigen Bearbeitung von Informationen sehr viel gelernt zu haben, und es besteht der Wunsch diese Form des Lernens noch zu intensivieren. Die Referate waren inhaltlich hochwertig und gut strukturiert. Allerdings wurden die Referate selten frei gehalten. Eine Gruppe beeindruckte durch ausgezeichnete Plakate zur Unterstützung ihres Vortrages. Schwierig wurde es immer dann, wenn grafische Darstellungen wie z. B. das Intensitätsspektrum der Sonnenstrahlung oder die spektrale Zusammensetzung der Sonnenstrahlung erklärt werden sollten.

Protokolle wurden in zwei voneinander zeitlich getrennten Phasen erarbeitet. In Phase 1 schrieben die SchülerInnen das Protokoll. Anschließend gab ich mit Bleistift Rückmeldungen zu den Protokollen. In Phase 2 überarbeiteten die SchülerInnen die Protokolle. Das überarbeitete Protokoll wurde beurteilt. Dadurch bot ich den SchülerInnen die Chance einer intensiven fachlichen Auseinandersetzung. Für mich boten die Erstfassungen wertvolle Hinweise auf die Konzepte der SchülerInnen und ihre fachlichen Probleme. Mit Ausnahme einiger weniger Schülerinnen nutzten sie dieses Angebot. Fast allen SchülerInnen gelang die Beschreibung der Experimente gut. In der ersten Fassung wiesen die Interpretationen der Ergebnisse wenig fachsprachliche Komponenten auf, theoretische Ergänzungen waren selten eigenständig formuliert. Oft wurde eine Fülle theoretischer Sachverhalte reproduziert, die wenig mit den konkreten Fragestellungen zu tun hatte. Ich musste die SchülerInnen immer wieder darauf hinweisen, dass nicht die Quantität entscheidend ist, sondern eine genaue

und verständliche Beantwortung der Fragen. Aus den Feedbackbögen geht hervor, dass sowohl selbst durchgeführte Experimente als auch das Verfassen bzw. Verbessern von Protokollen wichtig für das Verstehen von Physik ist; beides steht auch auf der methodischen Wunschliste der SchülerInnen.

Die Angebote für **Stundenwiederholungen** mit vorgegebenen Strukturen wie z.B. „Fasse den Inhalt der letzten Stunde in 3 Sätzen zusammen“; „Erkläre die zentralen Fachbegriffe der letzten Stunde“, die die SchülerInnen in Kleingruppen zu Beginn der Unterrichtsstunden vorbereiten konnten, wurden selten genutzt. Die Zeit wurde häufig zum Aufarbeiten von Problemen der vorhergehenden Stunde, zur Fortsetzung von Pausengesprächen oder zum Besprechen von Hausübungsproblemen aus anderen Fächern „missbraucht“.

Bei schriftlichen bzw. mündlichen **Wiederholungen** und bei der **Lernzielkontrolle** am Ende der Unterrichtseinheit zeigt es sich, dass etwa 2/3 der SchülerInnen große Schwierigkeiten hatten den Zusammenhang zwischen der physikalischen Theorie und atmosphärischen Erscheinungen herzustellen. Die Entwicklung eines fundierten Energiebegriffs bei der Mehrheit der SchülerInnen, der auch transferfähig ist, braucht wesentlich intensivere Beschäftigung mit dem Energiebegriff in Auseinandersetzung mit verschiedenen Themen über längere Zeiträume.

3.4 Reflexion

Die SchülerInnen hatten zu Beginn des Schuljahres wenig Vertrauen in ihre Fähigkeiten, physikalisch zu denken. Sie führten das häufig auf ihre Erfahrungen im Unterstufenunterricht zurück, der bei ihnen den Eindruck hinterließ, dass sie wenig Chancen hatten physikalische Sachverhalte zu verstehen. Sie gaben sich mit auswendig lernen von Fakten für positive Zeugnisnoten zufrieden.

Sie zögerten, Phänomene selbständig zu beschreiben und zu erklären, aus Angst etwas falsch zu machen. Es dauerte einige Wochen, ihnen diese Angst zu nehmen und ihnen klar zu machen, dass es in der Erarbeitungsphase zunächst kein richtig oder falsch gibt, sondern, dass es darum geht, eigene Erklärungsversuche zu entwickeln. Ich würdigte ihre Beiträge, stellte sie in der Klasse zur Diskussion und verwies in kurzen historischen Exkursen darauf hin, wie langwierig und schwierig die Wege zu den abstrakten physikalischen Begriffen waren.

Da in dieser Klasse keine Doppelstunde im Stundenplan vorgesehen war, war die Effizienz des Unterrichts stark von den „Randbedingungen“ wie Schularbeiten, Tests,... in einer der benachbarten Stunden beeinflusst. Arbeitsstimmung war in solchen Stunden kaum herzustellen. Die SchülerInnen gaben im Feedbackbogen an, dass es ihnen schwer fiel sich zu konzentrieren. Bei komplexen Themen oder experimentellen Fragestellungen war der Zeitdruck groß und eine Abrundung des Themas nicht möglich. Das führte dann wohl dazu, dass ich unter Zeitdruck kam und Themen zu schnell im Lehrervortrag entwickelte – dies wurde von den SchülerInnen häufig im Feedbackbogen kritisiert.

Das Schülerfeedback ergab, dass das Angebot, physikalische Erklärungen in vielen methodisch unterschiedlich angelegten „Schleifen“ zu erarbeiten, vielen die Möglichkeit bot „einiges“ zu verstehen. Es machte Spaß, der Unterricht wurde dadurch ab-

wechslungsreich und es führte dazu, dass das Verständnis vertieft wurde. Auf der anderen Seite wurde von den SchülerInnen aber auch angemerkt, dass ich zu viel verlange, zu hohe Erwartungen habe und der Unterricht sehr anstrengend sei. Jene SchülerInnen, die in Physik mit „Genügend“ oder „Nicht genügend“¹ beurteilt wurden nutzten wenige der Lernangebote. Es scheint, dass für viele SchülerInnen die vielfältigen Möglichkeiten der Auseinandersetzung im Konflikt mit ihrer Vorstellung von Schulischem Lernen als „Abladen von Faktenwissen“ zum Testtermin stehen.

Die überwiegende Mehrzahl der SchülerInnen erkannte, dass eigenständige Auseinandersetzung mit Inhalten der Königsweg zum Verständnis ist. Eine Steigerung der Akzeptanz dieser Lernformen und eine Verminderung der Belastung der SchülerInnen kann ich jedoch alleine nicht leisten. Dafür müssten zum einen die Zeitstrukturen überdacht werden – 100 Minuten - Einheiten statt 50 Minuten und eine Veränderung der Pausenordnung – und zum anderen aber lässt sich die Veränderung der Lernkultur nur in gemeinsamer Anstrengung der KlassenlehrerInnenteams nachhaltig durchsetzen.

¹ das sind 25 %

4 DAS PROJEKT IN DER 6C

Klassensituation: Bei dieser Projektklasse (23 Schüler, davon nur 6 Mädchen) handelt es sich um ein Oberstufenrealgymnasium mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt (Anfangsunterricht in der Oberstufe mit 3 Wochenstunden).

Zeitraumen des Projekts: Anfang März 2002 bis Ende Mai 2002

4.1 Inhaltliche Schwerpunkte:

(vgl. Mindmap 1 im Anhang – 6C)

Bei dieser Projektklasse handelt es sich aufgrund des großen Burschenanteils um eine sehr lebhafteste Klasse. Aus diesem Grund wurde von den Schülerinnen und Schülern wahrscheinlich auch der Zugang zum Thema Energie über das „Messen von Muskelkräften“ gewählt – zur Auswahl standen noch „Radfahren und Physik“, „Ernährung“, „Physik im Haushalt“, „Sonne als Motor unseres Lebens“,...). Die Voraussetzungen (Newton'sche Axiome, Kraftbegriff,...) waren im Unterricht bereits ausführlich besprochen worden. Aufgrund äußerer Umstände wurde die Auswahl der Inhalte vorwiegend auf den physikalischen Anteil beschränkt, im Verlauf des Projektes entwickelte sich aber aufgrund des großen Interesses der Schüler eine sehr gute Zusammenarbeit mit den Fächern Biologie und Deutsch (vgl. Mindmap 2 im Anhang – 6C). So wurden ca. ab der Mitte der Arbeit die biologischen und physikalischen Inhalte vom jeweiligen Fachlehrer behandelt. In Deutsch wurden inhaltlich passende Informationsblätter zusätzlich bearbeitet.

4.2 Methodische Schwerpunkte:

Aufgrund des sehr anwendungsorientierten Charakters des Themas wurden verschiedene methodische Schwerpunkte gesetzt. Mit Hinsicht auf eine naturwissenschaftliche Grundbildung sollten die Schülerinnen und Schüler lernen Versuche in Gruppen durchzuführen, Arbeitsprozesse selbständig zu organisieren, eine vollständige Projektmappe zu führen, Protokolle zu verfassen (Einzel- und Gruppenprotokolle) und physikalische und biologische Texte zusammenzufassen. All diese Ansprüche mit einem Projekt zu erfüllen liegt natürlich fern, doch stellt der projektartige Charakter des Unterrichts eine gute Gelegenheit dar an verschiedenen Grundbildungszielen im methodischen Bereich zu arbeiten.

Zum Schluss des Projektes ist noch ein etwas umfangreicher Stationenbetrieb zum Thema „Energieumwandlung“, „alternative Energieformen“, usw. geplant.

4.3 Ergebnisse:

Zu Beginn (März 2002) wurde von den Schülerinnen und Schülern in Einzelarbeit jeweils eine Concept Map mit 52 Begriffen erstellt. Bei diesen Begriffen handelt es sich um dieselben wie in den anderen teilnehmenden Projektklassen (zur besseren Vergleichbarkeit).

Zum Abschluss (Mai 2002) sollte noch eine zweite Concept Map bearbeitet werden. Da dies aber aus klasseninternen Gründen nicht mehr möglich war, konnte die Möglichkeit des Feststellens eines individuellen Lernzuwachses einzelner Schüler nicht genutzt werden.

Die Projektmappen werden insgesamt zwei Mal abgesammelt, wobei den Schülerinnen und Schülern dabei ein kurzes Feedback über die Bearbeitung der Protokolle, die Übersichtlichkeit der Mappe und die Form gegeben wird. Dabei wird ihnen die Möglichkeit gegeben, die Verbesserungsvorschläge zu berücksichtigen und die korrigierte Mappe noch einmal abzugeben. Betont wurde dabei die Wichtigkeit der Mappe als Grundlage zum Nachschlagen und zum Lernen.

Mitte Mai wurde noch eine schriftliche Wiederholung angesetzt, da der Eindruck entstanden ist, dass die vorhandene Stofffülle von den Schülerinnen und Schülern noch einmal in Einzelarbeit (zu Hause in Ruhe) überarbeitet werden soll und eventuelle Fragen für eine Weiterarbeit geklärt werden sollten.

Zusätzlich war geplant beim Stationenbetrieb noch eine Unterrichtsbeobachtung (extern) durchzuführen, die entsprechende Rückmeldungen für die Schülerinnen und Schüler, aber auch für die Lehrerin geben sollte. Doch aus Zeitmangel und den bereits oben genannten klasseninternen Gründen wurde auch darauf verzichtet.

4.4 Reflexion:

Prinzipiell gesehen erscheint der Erwerb einer naturwissenschaftlichen Grundbildung ein langsam sich entwickelnder Prozess zu sein. Denn obwohl sich unser Projektteam „nur“ auf den Energiebegriff konzentriert hat, so merkt man erst beim Arbeiten an einem derartigen Projekt, welches Wissen die Schülerinnen und Schüler in den Physikunterricht mitbringen und welche Fähigkeiten und Fertigkeiten sie beherrschen oder auch nicht. Hierzu wäre anzumerken, dass die individuellen Wissensstandards der Schülerinnen und Schüler extrem breit gestreut sind.

So verwendete der Großteil der Klasse bei der Anfangs-Concept-Map nicht mehr als die Hälfte der bereitgestellten 52 Begriffe. Es wurden zu den verwendeten Begriffen zwar durchwegs richtige Verbindungen geknüpft, doch auch hier gehen die Anzahl und Art der Verbindungen im Klassenvergleich weit auseinander. Eindeutig richtig wurden aber von den meisten die schon in diesem Unterrichtsjahr in Biologie und Physik besprochenen Begriffe verwendet.

Ganz allgemein stellte die inhaltliche Komponente wahrscheinlich den weniger schwierigen Teil dar, da die gesamte Klasse mit sehr großer Motivation an die verschiedenen Arbeiten ging. Bestärkt wird diese Annahme durch das vermehrte Interesse an der biologischen Seite des Themas, welche im Endeffekt zu einem fächer-

übergreifenden Unterricht führte (vgl. dazu die im Anhang beigefügten Mindmaps 1 und 2). So wurden im Physikunterricht die physikalischen Bereiche wie z. B. Arbeit, Leistung, verschiedene Formen der Energieumwandlung, alternative Energieformen usw. behandelt. Im Biologieunterricht hingegen lag der Schwerpunkt eher auf die Energieumwandlung im menschlichen Körper, der aufzunehmenden Nahrung („Gesunde Ernährung“) und deren Entstehung.

Im Gegensatz zur inhaltlichen warf die methodische Seite schon größere Probleme auf, da die meisten Schülerinnen und Schüler mit dem selbständigen Organisieren eines Versuches und dem damit verbundenen Verfassen eines als Lernhilfe verwendbaren Protokolls großteils überfordert waren. Obwohl im Unterricht des ersten Semesters auch schon Protokolle verfasst werden mussten, führte die Fülle an Informationen und Anforderungen, die im Verlauf des Projektes auf die Schülerinnen und Schüler hereinbrach, zu Oberflächlichkeit und ungenauen Bearbeitungsweisen.

Auch das Führen der Projektmappen erschien eher nur für die Lehrerin – und damit für eine bessere Note – zu sein, als dem Zweck einer selbst gestalteten Lernhilfe zu dienen.

Ein weiteres Problem in dieser Klasse stellt vor allem auch der kleine Anteil an Mädchen dar. Auf diese in einem derartigen Unterricht gesondert einzugehen war fast unmöglich und so verschwanden ihre Beiträge, wie leider so oft im Physikunterricht dieser Klasse im „Lärm“ der Überzahl an Burschen, was sehr zu bedauern ist.

Insgesamt gesehen war für mich dieses Projekt einerseits sehr interessant, weil die Bewusstseinsbildung der Lehrinhalte und -methoden wieder einmal ganz deutlich in den Vordergrund rückte, andererseits kam (kommt) es mir oft wie ein Kämpfen an zu vielen Fronten vor. Doch wahrscheinlich ist es gerade dieser Umstand, der eine unbedingte Weiterarbeit in diesem Bereich erstrebenswert erscheinen lässt.

5 DIE 6DF IST IN „PHYSIK VOLLER ENERGIE“

5.1 Die Klasse

Das IMST²-Projekt „PHYSIK VOLLER ENERGIE - Der Energiebegriff in der Mechanik und in der Wärmelehre in der 6. Klasse“ begann in der 6DF etwa Mitte Jänner 2002 nach Abschluss der Notengebung für das erste Semester des Schuljahres 2001/02 und dauerte etwa 30 Unterrichtseinheiten.

Die 6DF ist eine typengemischte Klasse bestehend aus einem ORG mit Instrumentalmusik und einem ORG mit Bildnerischem Gestalten. Für die zum damaligem Zeitpunkt 17 Schülerinnen und Schüler ist Physik kein Schwerpunktfach, dennoch haben sie sich meiner Einschätzung nach dafür sehr interessiert und waren auch schon vor diesem Projekt mit Engagement und Tatkraft im Physikunterricht dabei.

5.2 Die Unterrichtssequenz

Bei der Durchführung des Projekts wurde von mir auf verschiedenste Unterrichtsmethoden Wert gelegt: Den Schülerinnen und Schülern sollte bei der an sich komplexen Themenstellung nicht „fad“ werden (→ Erhöhung des Aufmerksamkeitsgrades), zudem sollten sie die zentralen Fachbegriffe „Energie“ und „Wärme“ selbst „erfahren“ (→ Kraftkammer, Experimente). Sie mussten aber auch in der Lage sein, theoretisches Wissen selbständig an praktischen Beispielen abzutesten (z. B. Auftreten verschiedener Energiearten beim Fallschirmsprung, Bungeejumping, etc.). Einige einfache Rechenbeispiele, sowie eine Literaturlausarbeitung eines Buchartikels ergänzten den Inhalt des Projektes. Die genaue Abfolge soll die folgende **Zeittafel** aufzeigen:

Präsentation des Projekts, Besprechung (Projektmappe, Beurteilung)	Lehrer-Schüler-Gespräch
Erstellung der Concept Map (52 Begriffe, aber keine Beziehungswörter)	Schüler-Einzelarbeit
Sonne als zentrale Energiequelle → Erarbeitung einer Mind Map	Gemeinsame Arbeit der Klasse, Lehrer als „Schriftführer“
Erzeugung von elektrischer Energie (Solarzelle, Windrad, Wasserkraft) → Stationenbetrieb mit Arbeitsaufgaben, Besprechung	Schüler-Gruppenarbeit
Mechanische Arbeit am Beispiel von Fitnessgeräten in der Kraftkammer → praktische Durchführung von versch. Übungen und Messungen (Masse, Stemmhöhe, Zeit)	Schüler-Gruppenarbeit
Physikalische Nachbetrachtung der Übungen an den Fitnessgeräten, einfache Berechnungen ($W = F \cdot s$)	Lehrer-Schüler-Gespräch

Mechanische Arbeit und Energie (Arten und Zusammenhänge) → Folie	Lehrer-Vortrag
Whg., Arbeit und Leistung, Einheiten und Umrechnungen (J, W, Ws, kWh)	Lehrer-Vortrag
Whg., Rechenbeispiele zur mechanischen Arbeit und Energie: Erarbeitung der Lösungswege, konkrete Berechnung erfolgte als HÜ)	Lehrer-Schüler-Gespräch
Zusammenschau und Whg. des bisherigen Stoffes	Lehrer-Schüler-Gespräch
Bsp. „Im freien Fall mit Überschall zur Erde“: Energietransport (Arbeit, Wärme) und –umwandlung, Beispiele zur Energieumwandlung, Reibung → innere Energie	Gemeinsame Arbeit der Klasse, Lehrer als „Schriftführer“ und Moderator
Whg., Energieerhaltungssatz, Wirkungsgrad und Beispiele dazu	Lehrer-Schüler-Gespräch, Lehrer-Vortrag
Arbeitsaufgabe: Literaturausarbeitung des Artikels „Energiehaushalt der Erde und der Menschheit“ (Sexl: Physik 2, S 82-87)	Lehrer-Schüler-Gespräch, Lehrer-Vortrag
Rückgabe der HÜ und Nachbesprechung, Absammeln der Literaturausarbeitungen	Lehrer-Schüler-Gespräch
Gruppenexperimente zur „Bestimmung der spez. Wärme des Wassers“	Gruppenexperimente
Nachbesprechung der Experimente, Folgen der hohen spez. Wärme des Wassers, allg.: spez. Wärme eines Stoffes	Lehrer-Schüler-Gespräch
Rückgabe und Besprechung der Literaturausarbeitungen	Lehrer-Schüler-Gespräch
Gruppenexperimente zum „Energieaustausch durch Wärme“	Gruppenexperimente
Nachbesprechung der Experimente, Hinführung zu den Hauptsätzen der Wärmelehre	Lehrer-Schüler-Gespräch
Abhandlung über die Hauptsätze der Wärmelehre	Lehrer-Schüler-Gespräch, Lehrer-Vortrag
Zusammenschau und Whg. des Stoffes	Lehrer-Schüler-Gespräch
Nochmalige Erstellung der ursprüngl. Concept Map	Schüler-Einzelarbeit
Feedback der SchülerInnen	Schüler-Einzelarbeit und -Gruppenarbeit
Fragestunde vor dem Test	Lehrer-Schüler-Gespräch
Test und dessen Besprechung	Schüler-Einzelarbeit

5.3 Ergebnisse

Am Ende des Projekts stand eine intensive **Auswertung / Feedback**. Dies erfolgte auf verschiedene Arten:

1. Wie auch in den anderen am Projekt beteiligten Parallelklassen stand sowohl am Beginn, als auch am Ende der Projektphase jeweils die Erstellung einer Concept Map (mit 52 Fach- und Alltagsbegriffen). Wie in der unten angeführten Auswertung der Feedbackbogen zu ersehen ist, hatte die Klasse noch keine Erfahrung mit einer solchen Aufgabenstellung. Dadurch hatten sie sich zu Beginn damit sehr schwer getan, am Ende fiel dies ihnen, so deren Aussagen, etwas leichter. Nichtsdestotrotz waren die Ergebnisse der zweiten Concept Map teilweise unbefriedigend (detaillierte Ergebnisse im Anhang):
 - Die 52 vorgegebenen Begriffe wurden zwar größtenteils sinnvoll miteinander in Zusammenhang gebracht, es gab aber nur wenige Schülerinnen und Schüler, die weitere zusätzliche Begriffe, die ihnen dazu einfallen hätten können, in die Concept Map einbrachten.
 - In vielen Fällen waren die Beziehungen zwischen den einzelnen Begriffen oft nur linear, Vernetzte, untereinander verschachtelte Zusammenhänge fehlen oft noch in der „physikalischen Gedankenwelt“ der Schülerinnen und Schüler.
 - Dies drückt sich auch in der z. T. hohen Anzahl der „Inseln“ (= einige Begriffe und Beziehungen, die wiederum von anderen Begriffen und Beziehungen isoliert sind) aus. Dass all die vorgegebenen und zusätzlich eingebrachten Begriffe ein komplexes, miteinander in Wechselwirkung stehendes, hierarchisch aufgebautes System ergeben, wurde nur von einzelnen Schülerinnen und Schülern in deren Concept Maps dargelegt.

Nach der Auswertung der Concept Maps habe ich nach Absprache mit der Klasse beschlossen, die Ergebnisse nicht in die Jahresbeurteilung in Physik mit einzubeziehen.

2. Viele Leistungen, die die Schülerinnen und Schüler im Laufe der Projektphase erbracht haben, wurden von mir gewertet und werden auch für die Notengebung zum Jahresende einberechnet: Literaturlausarbeit, Rechenbeispiele-HÜ, Versuchsprotokolle, Führung und Gestaltung der Projektmappe. Die Ergebnisse dabei waren außerordentlich gut, die Schülerinnen und Schüler haben dabei viel Engagement und Eifer gezeigt.
3. Daneben fand auch ein „klassischer“ Test statt, dessen Ergebnisse eher schlecht ausfielen (Durchschnitt: 3,9), was sich aber in dieser Klasse auch schon bei anderen schriftlichen Überprüfungen, auch in anderen Fächern, zeigte.
4. Für mich am interessantesten war die Auswertung des von mir erstellten Feedbackbogens. Sie erbrachte für mich einige klare Aufschlüsse (detaillierte Ergebnisse im Anhang):
 - Wo Schülerinnen und Schüler praktisch arbeiten und sich selbst einbringen können, sind sie mit viel Engagement bei der Sache. Diese Unterrichts-

quenzen gefallen ihnen nicht nur, sondern sie haben auch danach das Gefühl, deren Inhalte und Erkenntnisse sich besonders gut gemerkt zu haben.

- Wie bereits oben erwähnt hat die Klasse noch kaum Erfahrung mit Concept Maps u. ä., daher auch die Schwierigkeiten im Umgang damit. Mit Hilfe solcher Maps lernen die Schülerinnen und Schüler einen komplexen Themenbereich zu strukturieren und in einzelne Teilbereiche, die sie dann eingehender bearbeiten können, zu zerlegen. Aufgrund der bildhaften Konzeption verlieren sie aber trotz mancher Detailfülle nicht den Überblick. Diese Methode muss jedoch regelmäßig geübt und angewendet werden. Daher ist ein Lehrer in einem Fach alleine dafür nicht ausreichend; hier sollten sich mehrere Klassenlehrerinnen und -lehrer auf gemeinsame methodische Kompetenzen, die sie im Laufe der Schulzeit der Klasse vermitteln wollen, absprechen.
- Das oberste Ziel der Grundbildung innerhalb dieses Themenbereichs, nämlich die wichtigsten Inhalte und Begriffe verstehen und wiedergeben zu können, dürfte nach den Aussagen der Schülerinnen und Schüler erreicht worden sein. Um höherwertige Lernziele anzustreben (Schulung des vernetzten Denkens) liegt noch einige Arbeit vor uns. So wäre es meiner Meinung nach notwendig, den fächerübergreifenden Aspekt dieses Themenbereichs in gemeinsamer Absprache, bzw. Zusammenarbeit mit den jeweiligen Fachkolleginnen und -kollegen (z. B. BiU, GWK, GSK) deutlicher herauszustreichen. Damit könnten die Schülerinnen und Schüler gerade am Energiebegriff die Komplexität und Vernetzung weiter Bereiche erkennen.
- Insgesamt ist die Art und Weise, ein bestimmtes Thema der Physik in Form eines projektorientierten Unterrichtsblocks zu behandeln, von allen gut bis sehr gut aufgenommen worden. Alle wünschen sich auch zukünftig (z. B. im nächsten Schuljahr) eine Wiederholung dieser Vorgangsweise 8sh. auch Auswertungen der Schüler-Feedbacks im Anhang).
- Im übrigen wird nach Meinung der Schülerinnen und Schüler das Fach Physik von etwa 14 Fächern an 4. bis 5. Stelle, also im oberen Drittel, gereiht. Das macht doch Mut!

5.4 Reflexion

Abschließend fand ich die Durchführung dieses Projekts, sowie die Teilnahme am IMST²-Vorhaben für mich außerordentlich anregend und spannend. Ich war gleichermaßen „gezwungen“, als auch motiviert, einen in der Physik an sich schwierigen Themenbereich und seine Umsetzung im Unterricht neu zu überdenken und vielleicht anders anzugehen als bisher. Auch die Schülerinnen und Schüler wurden auf andere Weise damit im Unterricht konfrontiert als im „normalen“ Schulalltag. Ich bin überzeugt davon, dass dadurch Grundbildungsinhalte und -methoden sehr gut gesichert werden konnten. Ich danke für die Unterstützung aller und freue mich schon auf zukünftige neue Herausforderungen.

Ad nova facta properemus!

6 MENSCHEN BRAUCHEN ENERGIE UM ZU ÜBERLEBEN (6G)

6.1 Die Klasse

Die 6G ist ein naturwissenschaftliches Oberstufenrealgymnasium mit 13 Schülerinnen und 8 Schülern. 6 dieser SchülerInnen haben Deutsch als Muttersprache. Viele SchülerInnen haben die Unterstufe in der Hauptschule besucht, etliche haben nach Versuchen in unterschiedlichen Oberstufenformen relativ spät an unsere Schule gewechselt. Das Durchschnittsalter liegt daher über 16 Jahren. Die überwiegende Mehrzahl der Schülerinnen dieser Klasse ist hochmotiviert und arbeitet intensiv für die Schule. Ich unterrichte in dieser Klasse auch Mathematik und bin Klassenvorstand.

Der Physikunterricht in der Oberstufe beginnt in dieser Schulform in der 6. Klasse und umfasst 3 Jahreswochenstunden (1 Doppelstunde, 1 Einzelstunde).

Ich bot den SchülerInnen mehrere Möglichkeiten an, den Energiebegriff zu erarbeiten. Sie entschieden sich dafür, sich mit der Energie bei der Ernährung auseinander zu setzen.

Die SchülerInnen sind praktisch sehr geschickt, produzieren sehr schnell Alltagstheorien, die sich dann allerdings im Unterrichtsverlauf als sehr resistent gegen die Verwendung physikalischer Erklärungen zeigen.

6.2 Die Unterrichtssequenz

Ausgangspunkt der Sequenz „Menschen brauchen Energie um zu überleben“ war eine „internationale Jause“ als sinnlich – emotionaler Einstieg in das Thema. Die SchülerInnen brachten für ihr Herkunftsland typische Speisen mit. Im Nu verwandelte sich das Klassenzimmer in eine mit internationalen Köstlichkeiten gedeckte Tafel. Die SchülerInnen erzählten, was sie mitgebracht hatten und, nachdem sie zunächst einmal mit Genuss gegessen hatten, setzten sie sich mit der Bedeutung von Nahrung für ihren Körper sowie den Nährstoffen und der Energie, die in den Lebensmitteln steckt auseinander.² In der zweiten Unterrichtseinheit ging es darum körperliche Arbeit im Fitnessraum handfest zu erleben.³ Am Rudergerät wurde die Arbeit zahlenmäßig fassbar, die Kraftgeräte erlaubten Zusammenhänge zwischen Kraft, Arbeit und Leistung spielerisch aufzuspüren.

Die dabei entstandenen Fragen wurden anschließend theoretisch beleuchtet und in einem Stationenbetrieb experimentell erschlossen.

² Das entsprechende Arbeitsblatt befindet sich im Anhang.

³ Arbeitsblatt siehe Anhang.

Parallel zum Physikunterricht wurde in Biologie die Verdauung besprochen und in Mathematik die Exponentialfunktion als Möglichkeit zur Beschreibung von Wachstumsprozessen durchgenommen.

6.2.1 Inhaltliche Schwerpunkte

Das Ziel war eine schrittweise Annäherung an den physikalischen Energiebegriff ausgehend vom Alltagsbegriff, entwickelt an den Phänomenen Ernährung und sportliche Tätigkeit.

Im Rahmen der Unterrichtssequenz sollten die SchülerInnen

- Mit der Bedeutung von Energie für Lebewesen vertraut werden.
- Den Zusammenhang zwischen Stoff- und Energie – Aufnahme- Umwandlung - Entwertung am Beispiel des menschlichen Organismus korrekt beschreiben und mit relevanten physikalischen Theorien erklären können.
- Ein zahlenmäßiges und formales Verständnis der körpereigenen Energieumsetzungen entwickeln.
- Einblick in den Zusammenhang zwischen Lebensstandard, technischer Bereitstellung und Nutzung von Energie (Kraftwerk, Auto) und den daraus resultierenden Einfluss auf das Ökosystem Erde gewinnen
- Den Zusammenhang zwischen Stoff- und Energie – Aufnahme- Umwandlung - Entwertung am Beispiel des menschlichen Organismus korrekt beschreiben und mit relevanten physikalischen Theorien erklären können.
- Ein zahlenmäßiges und formales Verständnis der körpereigenen Energieumsetzungen entwickeln.
- Einblick in den Zusammenhang zwischen Lebensstandard, technischer Bereitstellung und Nutzung von Energie (Kraftwerk, Auto) und den daraus resultierenden Einfluss auf das Ökosystem Erde gewinnen. (Eine ausführliche Diskussion dieses Punktes sprengte den zeitlichen Rahmen und wird zum Teil im nächsten Jahr im Rahmen der Elektrizitätslehre nachgeholt.)

6.2.2 Methodische Schwerpunkte

Methodisch hatte das Experiment einen zentralen Stellenwert. Ausgehend von einer Fragestellung aus dem Alltag sollten Hypothesen entworfen und durch selbsterdachte Experimente überprüft werden. Da sich bei der Arbeit im Fitnessraum zeigte⁴, dass es manchen SchülerInnen nicht gelang selbständig planvoll vorzugehen, wurde für den Stationenbetrieb ein Hilffsystem („TIPPS“) entwickelt, das die einzelnen SchülerInnen, je nach Bedarf in Anspruch nehmen konnten.

⁴ Diese Unterrichtsstunde wurde von Robert Pitzl beobachtet. Er schreibt in seinem Bericht: „Die Herangehensweise an die Aufgabenstellung war für viele erst nach näherer Unterweisung klar. Die „Aufwärmphase“ (Herumprobieren) hat zumindest die Hälfte der Stunde in Anspruch genommen.“

Neben dem Lehrervortrag und dem Klassengespräch gemeinsam mit der Lehrerin war die vorwiegende **Sozialform** Gruppenarbeit in stabilen Kleingruppen. (Diese Gruppen hatten zusätzlich die Aufgabe jene SchülerInnen zu coachen, denen ein Nicht genügend in Physik drohte. Entsprechend wurden die Gruppen auch zusammengesetzt: maximal 1 schlechter Schüler und mindestens 1 guter Schüler!)

6.3 Ergebnisse

Die Auswertung der Concept Maps zu Beginn der Unterrichtssequenz zeigte, dass das physikalische Wissen breit gestreut war – von unreflektierten Alltagsvorstellungen bis zu differenzierten theoretischen Konzepten.⁵

Der Einstieg provozierte eine Fülle von Schülerfragen, die letztlich den Lauf des Unterrichtes bestimmten. Die Fragen waren zum Teil von großer Komplexität wie z.B. das Interesse für die detaillierte Energieumsetzung in einer Zelle, oder auch ganz praktisch wie die Frage nach dem Zusammenhang zwischen Energieumsetzung beim Sport und Gewichtsreduktion. (Wie viel Kilojoule sportlicher Arbeit entsprechen 1 kg Gewichtsreduktion?)

Die Berechnung des Energieinhaltes einer Speise mit Hilfe einer Nährstofftabelle – ein Problem, das sich letztlich auf Schlussrechnungen reduzieren lässt - erwies sich als nahezu unüberwindliche mathematische Hürde.

Gespräche mit SchülerInnen, die Erstfassungen⁶ von Protokollen aber auch die SchülerInneninterviews, die ein IMST- Mitarbeiter mit 4 SchülerInnen führte (2 Mädchen, 2 Burschen) zeigte, dass die Erschließen des Begriffs *chemische Energie*, der Zusammenhang zwischen Stoff- und Energieumwandlung, die Unterscheidung von *Erwärmung und Verbrennung* und der Begriff *Verdampfungswärme* große Schwierigkeiten bereitete. Folgende Interviewzitate⁷ zeigen deutlich, dass in den SchülerInnenköpfen ein kunterbuntes Nebeneinander von Präkonzepten und Wissen aus dem Unterricht herrscht:

Schülerin A meinte zur Frage, was die Kilojouleangabe auf einer Müslipackung bzw. auf einem Energydrink bedeutet: „*Energie ist das, was in der Nahrung an Energie drinnen steckt, was der Mensch verwerten kann. Brennwert ist das, was davon wieder verbrannt wird. Wie schnell und wie viel davon.....Man verbrennt die diversen Stoffe, um sie aufnehmen zu können, dass sie in den Stoffkreislauf kommen..... Die Energie wird umgewandelt in Energie , die der Körper nutzen kann.*“

⁵ Die Ergebnisse der Concept Maps finden sich im Anhang.

⁶ In dieser Klasse wurden genau so wie in der 6 B Protokolle in 2 Phasen verfasst. (Siehe Abschnitt 3.3.)

⁷ Die SchülerInneninterviews wurden am Ende der eigenständigen SchülerInnenarbeitsphase durchgeführt. Es gab bereits einige theoretische Inputs, eine systematische Fundierung durch physikalische Theorien war zu diesem Zeitpunkt im Unterricht noch nicht erfolgt. Von den vier interviewten SchülerInnen konnte eine SchülerIn die Antworten großteils fachlich richtig formulieren, eine SchülerIn hatte große Probleme Antworten zu finden, die anderen beiden SchülerInnen wechselten nahtlos, zum Teil im gleichen Satz, von vorwissenschaftlichen Erklärungen zu naturwissenschaftlich korrekten Interpretationen.

Schülerin B: „Ich nehme so viel Energie wie da drauf steht⁸, zu mir. So viel kann ich auch verbrennen. Wenn ich Arbeit leiste verbrauche ich Energie. Die Energie geht nicht weg sondern wird in einer anderen Form hergegeben. Z.B. wenn ich sportlich aktiv bin, schwitze ich ja. Da wird die Energie wieder hergegeben, damit die Haut abgekühlt wird. Die Energie, die ich zu mir genommen habe, ermöglicht, dass ich Arbeit leisten kann. Ich verbrenn dabei Energie.“

Schülerin A: „Schwitzen ist die körpereigene Klimaanlage sozusagen. Schweiß verdunstet und Verbrennungswärme wird dem Körper entzogen.“

Die SchülerInneninterviews waren Anlass für mich das Thema noch einmal im Unterricht aufzurollen. Ich konfrontierte die SchülerInnen mit (anonymen) Antworten und bat sie, sie richtig zu stellen. Die Schwierigkeit zwischen Stoff- und Energieumwandlung zu differenzieren und sie in Beziehung zu setzen zeigte sich auch bei der Strukturierung der Mappe. SchülerInnen, die eine thematisch schlecht strukturierte Mappe hatten, schnitten auch bei der Lernzielkontrolle schlecht ab.

„Die Umsetzung der Begriffe „Kraft“, „Arbeit“, „Leistung“ war problematisch und erforderte Unterstützung.“⁹ Auch in den SchülerInneninterviews zeigt sich, dass sowohl der Arbeitsbegriff als auch die Beschreibung des Energieoutputs Schwierigkeiten bereitete.

Auf die Frage, wie man jemanden den Unterschied zwischen Energie und Leistung erklären würde antwortet Schülerin A: „Energie ist Voraussetzung für Leistung. Leistung ist die pro Zeiteinheit verrichtete Arbeit. Leistung ist etwas ganz anderes als Energie.“

Schülerin B: „Leistung ist Arbeit pro Zeiteinheit. Die Einheit ist Joule. Leistung ist genauer, ist etwas Vollendetes. Leistung ist, wie lange ich es durchgehalten habe. Arbeit ist eine gewisse Tätigkeit. Arbeit ist z. B. während ich eine Hantel hebe.“

Da diese Schwierigkeiten bis zum Schluss (Lernzielkontrolle am Ende der Unterrichtssequenz) bestanden, vermute ich, dass ich hier zu wenig Lernanlässe geschaffen habe. Diese Begriffe müssen im nächsten Schuljahr noch einmal aufgerollt und beleuchtet werden.

Wenn man die Feedbackbögen betrachtet, fällt auf, dass die SchülerInnen die unterschiedlichen Angebote zur Stoffarbeit für nahezu gleich wichtig für das Verständnis erachten. Die Burschen meinen, in kommunikativen Situationen (Gespräche mit MitschülerInnen, Gespräche mit der Lehrerin im Rahmen von Gruppenarbeiten) aber auch beim Lehrervortrag mehr profitiert zu haben als die Mädchen. Die Gruppenarbeit selbst funktioniert nach der Einschätzung der SchülerInnen besser, wenn Mädchen in der Gruppe sind. Sonst gibt es kaum Unterschiede.

Bei der Lernzielkontrolle am Ende der Unterrichtssequenz gelang es 30 % der SchülerInnen die Energetik des Menschen mit relevanten physikalischen Theorien umfassend zu erklären. Bei den Concept Maps konnte jedoch bei nahezu allen SchülerInnen ein deutlicher Lernzuwachs festgestellt werden. (Die Anzahl der verwendeten Begriffe, aber auch die Anzahl der verwendeten Fachbegriffe nahm zu. Die Maps

⁸ gemeint ist eine Müslipackung bzw. ein Energydrink

⁹ Zitat aus der Unterrichtsbeobachtung im Fitnessraum durch einen IMST-Mitarbeiter.

zeigten ein höheres Maß an Verknüpfung, die Anzahl der richtigen Präpositionen nahm zu, der Fehlerquotient nahm ab.) Interessant war vor allem, dass auch die Vernetzung der Begriffe Kraftwerk bzw. Auto wuchs, obwohl sie nicht Thema des Unterrichts waren.

6.4 Reflexion

Die SchülerInnen gehen sehr beherzt und mit Hausverstand an die Erklärung von Phänomenen heran. Sie produzieren sehr schnell Alltagstheorien, die sich dann allerdings im Unterrichtsverlauf als sehr resistent gegen die Verwendung physikalischer Erklärungen zeigen. Die physikalischen Theorien werden häufig auswendig gelernt, werden aber nicht zur Erklärung der phänomenologischen Erscheinungen und Alltagssachverhalte genutzt. Das zeigte sich vor allem bei den Protokollen des Stationenbetriebes, wo die Beziehung zwischen Alltagsphänomenen und Experiment bzw. physikalische Theorie oft nicht geleistet werden konnte.

Umfassendere Themen und Experimente wurden ausschließlich in Doppelstunden durchgeführt. Das trug viel zur Entspannung der Unterrichtsatmosphäre bei. Die SchülerInnengruppen konnten auch besser betreut werden als in Einzelstunden, da der Zeitanteil für die Organisation der Arbeit geringer ausfiel.

Die überaus positiven Rückmeldungen in den Feedbackbögen zeigen, dass Themen wie Ernährung und Sport, die starken Alltagsbezug haben, Interesse und Motivation sowohl bei den Mädchen als auch bei den Burschen steigern.

Gerade bei diesen Themen ist es schade, dass fächerübergreifendes Arbeiten an unserer Schule viel zu wenig etabliert ist. Es fehlen Rahmenbedingungen wie gemeinsame Besprechungsstunden. Vor allem aber fehlt das Bewusstsein, dass die in der Schule geleistete Vorbereitungszeit für gemeinsame Planung und Reflexion des Unterrichts eine enorme Qualitätssteigerung des Lehren und Lernen bedeuten würde. Die minimale chemische Vorbildung (in der Unterstufe) und der viel zu spät einsetzende Chemieunterricht in der Oberstufe ist sicher ein großes Defizit.

7 DOKUMENTATION DES PROJEKTS IN DER 6 S

Während der ersten Seminar-Einheit im November 2001 haben sich meine drei Kollegen und ich auf ein Thema der Physik geeinigt, das unserer Meinung nach für die Grundausbildung wichtig ist. Gleichzeitig sollte dieses Kapitel in all den Klassen durchgenommen werden, die wir im laufenden Schuljahr unterrichten. Dadurch kam nur die 6. Schulstufe in Frage, und als Schwerpunkt bot sich „Energie“ an.

Allerdings stand ich bereits zu diesem Zeitpunkt einer Projektteilnahme mit gemischten Gefühlen gegenüber, da die einzige 6.Klasse, die ich im Schuljahr 2001/02 unterrichtete, eine Klasse des ORG für Leistungssportler ist.

7.1 Die Klasse

Das ORG für Leistungssportler wird am Brigittenaauer Gymnasium als Schulversuch geführt.

Der Besuch dieser Schulform soll den S/S Gelegenheit geben, ihren Leistungssport auszuüben und gleichzeitig ihre Reifeprüfung ablegen zu können.

Nach 5 Jahren mit je 25 Wochenstunden Unterricht, schulfrei am Samstag und ohne Besuch von Wahlpflichtfächern, können sie die Matura ablegen. Auch die Teilnahme an Wettkämpfen und Trainingslagern ist den S/S durch Freistellung vom Schulbesuch möglich.

Der Lehrplan wurde den geänderten Anforderungen angepasst. Die 7 Wochenstunden des Physik-Unterrichtes der Oberstufe werden so aufgeteilt, dass eine Stunde in der 6. und je zwei Stunden in den folgenden Klassen abgehalten werden.

Die 6 S wird von 5 Schülerinnen und 14 Schülern besucht. Die ausgeübten Sportarten reichen von Segeln, Schwimmen, Short Track, Eishockey, Fußball, Tischtennis bis Triathlon.

Im Laufe des Schuljahres stellte sich heraus, dass ich die S/S in der Regel seltener als einmal in der Woche sah, einerseits, weil sie an Wettkämpfen teilnahmen, andererseits, weil ich auf Grund von Krankheit oder Seminarbesuchen verhindert war. Dadurch lag ich im Zeitplan zurück.

7.2 Die Unterrichtssequenz

Um doch noch mit dem Projekt beginnen zu können, kürzte ich, von meinen Kollegen während des Follow-up-Seminars überzeugt, das Kapitel „Kräfte“ auf drei Stunden.

Durch Intervention des Klassenvorstandes Dr. Placheta verschob ich die Stunde vom 11.4. auf den 18.4. 2002. Dadurch erhielten die S/S in einer Doppelstunde Gelegenheit, die Concept Maps (Auswertung im Anhang) zu erstellen. Am 25. 4. 2002 erfolg-

te ein Input über die Energiequelle „Nahrung“, über ernährungsbedingte Unterschiede zwischen Leistungssportlern und Nichtsportlern einerseits, und Lebewesen und Pflanzen andererseits.

Die Unterrichtseinheit vom 2.5.2002 wurde in die schuleigene Kraftkammer verlegt und von mir für Gruppenarbeit aufbereitet (Arbeitsblatt im Anhang).

Auf Anregung der S/S, die über ihr Abschneiden bei den Concept Maps informiert werden wollten, wurde die Stunde vom 16.5.2002 genutzt, um über Energieumwandlung zu sprechen. Als Beispiel wurde von mir der Fahrraddynamo/Generator gewählt.

7.2.1 Inhaltliche Schwerpunkte

Im weiteren Projektverlauf sollen die anderen Energiequellen (mit Betonung der Regenerativen Energiequellen) noch besprochen werden, der Begriff der „Energieumwandlung“ soll vertieft und an Beispielen (Batterie, Akkumulator, Kraftwerke) angewendet werden. Auf Grund meiner fachlichen Kompetenz, mein zweites Hauptfach ist Chemie, möchte ich durch einfache Experimente auch die Reaktionswärme untersuchen lassen.

7.2.2 Methodische Schwerpunkte

Das Ausüben des Leistungssportes beeinflusst die S/S auch im Schulalltag. Sie sind sehr handlungsorientiert. Das Durchführen von Experimenten bereitet kein Problem, aber das Entdecken der Phänomene und das Auswerten sind schwierig.

Daher habe ich mir vorgenommen, durch gezielte Fragen den Zusammenhang zwischen Alltag und physikalischer Theorie herzustellen. Gruppenarbeit mit Arbeitsblättern, die bereits die richtigen Fragen enthalten, und das Lehrgespräch sollen den S/S helfen, im Laufe des Unterrichtes, eigene Fragen zu stellen und auch beantworten zu können. Die Richtigkeit der Antworten ist dabei in meinen Augen erst zweitrangig.

7.3 Ergebnisse

Im Rahmen des Projektes habe ich zum ersten Mal mit Hilfe von Concept Maps herauszufinden versucht, wie viel die S/S bereits vor dem Unterricht über Energie wissen. Sie haben zum Teil eine andere Art, die Zusammenhänge zu sehen. Obwohl alle S/S wussten, dass es sich um ein Projekt über Energie handelt, hat ein Schüler den Begriff „Energie“ in seiner Concept Map gar nicht verwendet. Die Zahl der Pfeile, die vom Energiebegriff ausging, war im allgemeinen geringer als die vom Begriff „Lebewesen“. Auch der Begriff „Auto“ war wesentlich stärker vernetzt. „Energieverbrauch“ und „Energieverschwendung“ wurden miteinander verwechselt. Als Präposition wurde oft die Erzeugung von Energie verwendet.

7.4 Reflexion

Alle diese aus der Auswertung der Concept Maps gewonnenen Informationen rechtfertigen meiner Meinung nach den Mehraufwand der Auswertung der Schülerarbeiten. Und ich bin schon neugierig, wie sich der Wissenstand der S/S am Ende des Projektes verändert haben wird. Ich plane auch den Einsatz eines Feedback-Bogens, um die Meinung der S/S über das Projekt zu erfahren.

Aus zeitlichen Gründen (Entfall der Stunde durch Feiertage, Ende des Schuljahres) werde ich das Projekt aber nicht mehr im Schuljahr 2001/02 fertig stellen und auch die abschließende Auswertung nicht bis zum Ende des Abgabetermins einreichen können.

8 ABSCHLIESSENDE REFLEXION DES SCHULTEAMS

8.1 Die Zusammenarbeit im Schulteam

Obwohl jede Lehrerin bzw. jeder Lehrer unser Projektvorhaben individuell in ihrer / seiner jeweiligen Klasse umgesetzt hat, war es dennoch notwendig, ständig Kontakt untereinander zu halten, um laufende Alltagsprobleme abzuklären wie z. B.:

- Gemeinsamer Aufbau, Durchführung und Bewertung der Concept Maps
- Vorbereitung von Schülerversuchen (Vermeidung von Terminkollisionen oder Doppelgleisigkeiten)
- Anregungen weitergeben an andere
- Zwischenbilanz legen (Was ist gut angekommen? Was nicht? Wie war es in deiner Klasse? ...)
- Informationen über den zeitlichen Fortschritt (Wo stehst du derzeit? Was ist dein nächster Schritt? ...)

Ganz allgemein haben wir das Gefühl, dass viele organisatorisch notwendige Rahmenbedingungen für die Durchführung von Projekten zu wenig Tradition besitzen, noch institutionalisiert, geschweige denn mit einer entsprechenden Abgeltung versehen sind.

- Leider mussten wir diesen ständigen Austausch immer „zwischen Tür und Angel“ (z. B. in den Pausen) durchführen. Wir hatten keinen gemeinsamen zeitlichen Rahmen (z. B. ein gemeinsames „Stundenplanfenster“). Eine unserer Forderungen wird bei zukünftigen ähnlichen Vorhaben daher genau in diese Richtung gehen müssen, ebenso wie die Forderung nach Doppelstunden in Physik („1 x 100 Minuten sind wesentlich effizienter als 2 x 50 Minuten!“).
- Zu wenig Bewusstsein für die positive Wirkung von fächerübergreifenden Aktivitäten im Kreise der Lehrerinnen und Lehrer auf Motivation und Interesse bei den Schülerinnen und Schülern auf Grund der Kultur des Lernens und Lehrens im Umfeld.
- Schwierigkeiten ergeben sich auch manchmal dann, wenn Unterrichtsmethoden mit einer Leistungsbeurteilung in Übereinstimmung gebracht werden sollen, da sie teilweise im Widerspruch zu den gesetzlichen Rahmenbedingungen stehen.

8.2 Die Hauptergebnisse und –erkenntnisse

Die Resultate unserer Fragestellung "Energiebegriff in Mechanik und Wärmelehre" waren von Klasse zu Klasse naturgemäß unterschiedlich, da auch die Rahmenbedingungen und Herangehensweisen verschieden waren. Sie wurden von den jeweiligen Klassenlehrerinnen und –lehrern in deren Klassendokumentationen dargelegt (sh. Pkt. 3-7). Darüber hinaus ergaben sich auch Erkenntnisse, die von allen gleich empfunden worden sind:

- Die Vorerfahrungen der Schülerinnen und Schüler zum Thema „Energie“ kommen ausschließlich aus dem Alltagsbereich, der naturwissenschaftliche Energiebegriff ist absolut nicht fundiert worden, auch nicht durch die Unterstufe.
- Der Alltagsbezug wirkt dagegen jedoch oft sehr motivierend (Energie – Nahrung – Leistungssport – u.ä.), die Schülerinnen und Schüler steigen bei diesen Themenstellungen sofort mit Freude ein. Außerdem hat es sich als günstig erwiesen, mehrere Zugänge zu bieten dieses Thema zu erschließen.
- Es fehlt bei einigen Fragestellungen jedoch auch an z. T. mathematischen Grundbildungsinhalten, die hier notwendig wären (z. B. Interpretation von Graphen, Schlussrechnungen).
- Ein so komplexer Begriff wie der Energiebegriff muss ständig im Unterricht neu aufgegriffen werden, um das Verständnis dafür auf Dauer zu legen.

9 ANHANG

Im Zusammenhang mit unserem Grundbildungsvorhaben wurden unzählige Arbeitsblätter, Auswertungen, Mind Maps u. ä. eingesetzt. Diese werden wegen ihres Umfangs in eigenen Dateien geliefert.

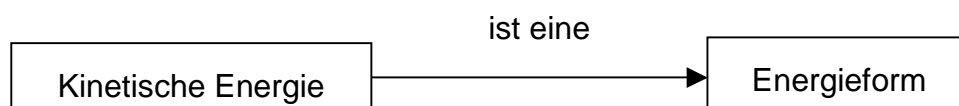
9.1 Concept Mapping

Concept Maps sind Begriffslandkarten, die aus Begriffen eines Themenbereiches bestehen (in unserem Fall Energie) und durch Verbindungslinien in Beziehung gesetzt werden.

Concept Mapping wurde in den siebziger Jahren in den USA (Joseph Novak et al) entwickelt um herauszufinden, wie sich die Bedeutung von Begriffen mit der Zeit verändert. Die Idee kommt aus der Kognitionsforschung, die die kognitive Struktur eines Individuums als ein Beziehungsgeflecht von Begriffen und Relationen sieht. Begriffsnetze sind ein Mittel etwas darüber zu erfahren, welche Beziehungen ein Individuum zwischen Sachverhalten sieht. Die kleinste Einheit eines Begriffsnetzes ist eine **Proposition**. Sie besteht aus zwei durch eine Relation verknüpften Begriffen. Lernen wird nach Ausubel als Assimilation von neuen Konzepten und Propositionen in das bestehende Begriffsnetz gesehen.

Wir haben Concept Maps eingesetzt, um einerseits das Vorwissen der SchülerInnen festzustellen. Dazu haben wir 52 Begriffe, die mit Energie in Zusammenhang stehen vorgegeben. Die SchülerInnen sollten diese Begriffe gruppieren und durch Linien in Beziehung setzen. Wesentlich war, dass diese Beziehungen benannt wurden.

z. B.



Andererseits haben wir dieselben Begriffe nach der Unterrichtssequenz den SchülerInnen gegeben und sie gebeten neuerlich eine Concept Map zu legen. Dadurch hatten wir die Möglichkeit die Leistungen der SchülerInnen untereinander zu vergleichen und den individuellen Lernzuwachs festzustellen.

Die Struktur der Netze wurde mit folgenden Größen beschrieben:

- Anteil der Begriffe
- Anteil der Begriffe aus der physikalischen Fachsprache
- Relationen pro Begriff = Anzahl der Relationen / Anzahl aller gelegten Begriffe eines Netzes (zeigt die Vernetzung an)

- Anzahl der richtigen Propositionen
- Fehlerquotient

$$\frac{\text{richtigeVerknüpfung} \times 0 + \text{halbrichtigeVerknüpfung} \times 0,5 + \text{falscheVerknüpfung} \times 1}{\text{richtigeVerknüpfungen} + \text{halbrichtigeVerknüpfungen} + \text{falscheVerknüpfungen}}$$

Literatur:

Fischler,H., Peuckert,J.(Hrsg.): Concept Mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie. Logos Verlag Berlin 2000

Peuckert,J.: Concept Mapping – Lernen wir unsere Schüler kennen. In: Physik in der Schule 37 / 1999, Heft 1 S.47, Heft 2 S.122

Behrendt,H., Häußler,P., Reger,H.: Concept Mapping. In: Naturwissenschaften im Unterricht Physik 8 1997 S.18

Behrendt,H.: STS-Unterricht und traditioneller Physikunterricht: Empirische Untersuchung mit den Methoden Concept Mapping und Computersimulation. Kiel 1999 (unveröffentlichte Habilitationsschrift)

9.2 Unsere Concept Map

* Fachbegriffe

*Energie	*Leistung	Sonne	Pflanzen	Energie- einsparung
*Energieform	*Kraft	*regenerative Energiequellen	Lebewesen	Kohlendioxid
*potentielle Energie	*Wirkungsgrad	Sonnen- energie	*Solarzellen	Sauerstoff
*Verformungs- energie	*Newton	Wasser	*Sonnenkollektor	*Treibhauseffekt
*kinetische Energie	*Joule	Wind	*Elektromotor	Zähler
*innere Ener- gie	*Watt	Nahrung	Heizung	Verbrennung
*chemische Energie	*Kilowattstunde	*Kraftwerk	Haushaltsgerät	Verdauung
*elektrische Energie	fossiler Brenn- stoff	*Turbine	Energie- verbrauch	*Fotosynthese
*Kernenergie	Gas	*Generator	Energiebedarf	Lebensqualität
*Arbeit	Kohle	Auto	Energie- verschwendung	*Leitungsnetz
*Wärme	Öl			