



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

**S5 „Entdecken, Forschen und Experimentieren“**

---

# **WARMING UP**

## **DESIGN IM DIENSTE SOLARER ENERGIE NUTZUNG**

**ID 1072**

**Mag. Erwin Neubacher**

**Mag. Susanne Körner**

**MMag. Peter Machart**

**Wirtschaftskundliches Bundesrealgymnasium Salzburg**

**PLAGE Salzburg**

**Universität Mozarteum/Werkpädagogik Salzburg**

Salzburg, Juli 2008

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>2</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>4</b>
<b>1 EINLEITUNG</b> .....	<b>5</b>
1.1 Ausgangssituation.....	5
1.1.1 Die Vorarbeit .....	5
1.1.2 Das Thema .....	5
1.1.3 Die Vorbereitung .....	5
1.1.4 Die Bedingungen .....	6
1.2 Ziele des Projekts .....	7
1.2.1 Ziele aus der Physik.....	7
1.2.2 Ziele aus dem Technischen Werken.....	7
<b>2 DURCHFÜHRUNG</b> .....	<b>13</b>
2.1 Physikalische Grundlagen schaffen .....	14
2.1.1 Projekteinführung:.....	14
2.1.2 Versuchsreihen: .....	14
2.2 Entwicklung der solaren Kochgeräte.....	15
2.2.1 Problemaufbereitung/Aufgabenstellung: .....	15
2.2.2 Systemfindung: .....	15
2.2.3 Modellphase:.....	17
2.2.4 Umsetzungsphase: .....	18
2.2.5 Testphase: .....	21
2.2.6 Erweiterungsphase: .....	21
2.2.7 Projektabschluss:.....	22
<b>3 EVALUATION</b> .....	<b>24</b>
3.1 Ergebnisse aus dem Physikunterricht.....	24
3.1.1 Allgemeine Einstellungen der Schüler zum Projekt und dem Physikunterricht .....	24
3.1.2 Physikalische Grundlagen.....	26
3.2 Ergebnisse aus dem Technischen Werkunterricht.....	28
3.2.1 Themenbezogene (technisch-funktionale) Ergebnisse .....	28
3.2.2 Zusammenarbeit im Lehrerteam .....	35

3.2.3	Vorbereitung auf das neue Wahlpflichtfach DAT .....	36
3.2.4	Weitere Eindrücke:.....	47
<b>4</b>	<b>REFLEXION UND AUSBLICK .....</b>	<b>48</b>
4.1	Aus der Sicht der Physik:..... <b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>	
4.2	Aus der Sicht des Technischen Werkens:.....	48
	<b>LITERATUR .....</b>	<b>51</b>

## **ABSTRACT**

*Im vorliegenden Projekt haben wir versucht, die Entwicklung von solaren Kochgeräten für die Schüler einer 4. Klasse AHS möglichst ganzheitlich erlebbar zu machen - von den physikalischen Grundlagen über eigenständige Ideen und umsetzbare Entwürfe bis hin zu Modellen und dem fertigen Kochgerät mit Testreihen und Kochen.*

*Der eigenständige Forschungsprozess stand dabei im Mittelpunkt und wurde von den Schülern selbst dokumentiert.*

*Zudem erhielt „warming up“ als Testdurchgang in mehreren Aspekten für ein neu ausgearbeitetes Oberstufen Wahlpflichtfach besondere Bedeutung.*

*Zusätzlich eingebunden waren die Plage (Plattform gegen Atomgefahren) in der Frage des Einsatzes von solaren Kochgeräten in der Entwicklungszusammenarbeit und die Universität Mozarteum/Werkpädagogik in Sachen Evaluation.*

Schulstufe: 8

Fächer: Physik, Technisches Werken

Kontaktperson: Erwin Neubacher

Kontaktadresse: Wirtschaftskundliches Bundesrealgymnasium Salzburg,  
Josef-Preis-Allee 5,  
5020 Salzburg

# 1 EINLEITUNG

## 1.1 Ausgangssituation

### 1.1.1 Die Vorarbeit

Im Dezember 2006 wurde über das PI Salzburg eine für Technisches Werken und Physik ausgeschriebene AHS - Lehrerfortbildung veranstaltet, die zum Ziel hatte, in Partnerarbeit (je ein/e Technische/r WerkerIn und ein/e PhysikerIn), Qualifikationen der beiden Fächer in der Entwicklung eines Solarkochers zusammenzuführen. Die äußerst fruchtbringenden Erfahrungen aus diesem Versuch, das (oft sehr theoretische) Wissen aus der Physik mit den anwendungsorientierten Fähigkeiten und Fertigkeiten (oft mit fehlendem Grundlagenwissen) aus dem Technischen Werken zu kombinieren und somit die Stärken beider Fächer zu verbinden und dadurch die jeweiligen Mängel für diese Aufgabenstellung zu kompensieren, waren auch motivierender Anlass, so etwas auch auf schulischer Ebene auszuprobieren.

### 1.1.2 Das Thema

In das Thema „solares Kochen“ bereits eingearbeitet, war es für mich nahe liegend, dieses auch im Werkunterricht an der Schule zu vermitteln. Die Lehrpläne von TEW und PH, sowie die zugesagte Mitarbeit von Kollegin Körner, begünstigten das Vorhaben.

### 1.1.3 Die Vorbereitung

Zum Zeitpunkt der Projekteinreichung gab es an unserer Schule bereits Überlegungen zur Stärkung, Erweiterung oder auch Änderung des Schulprofils. Die Idee der Langform litt unter der Uneinheitlichkeit von Unter- und Oberstufenschwerpunkten. Nicht wenige SchülerInnen wählen das WRG, wegen des Werkschwerpunkts, verlassen allerdings oft die Schule nach der 4. Klasse.

Nun gab es seit Langem auch das Anliegen von Eltern und SchülerInnen nach der Weiterführung der typenbildenden Fächer Technisches und Textiles Werken in die Oberstufe, was in einer pädagogischen Konferenz in der Fachgruppe diskutiert wurde. Daraus wurde im Schuljahr 07/08 von den Technischen WerklehrerInnen das Konzept für ein Wahlpflichtfach „Design – Architektur – Technik“ (DAT) entwickelt und der dafür notwendige Lehrplan erstellt.

Im Lehrplan für DAT sind etliche Elemente enthalten, die auch „warming up“ umzusetzen versucht. So versuchten wir, das Projekt auch unter dem Gesichtspunkt der Vorbereitung auf DAT zu sehen und Zielvorstellung dahingehend zu formulieren.

Der Projekttitle „warming up“ bezieht sich also auf drei Ausgangssituationen:

- Aufgewärmtes Vermittlungskonzept (PI - Fortbildung)
- Aufwärmen von Speisen (eigentliches Thema)
- Aufwärmphase für das Oberstufenfach DAT

## **1.1.4 Die Bedingungen**

### **1.1.4.1 Die Unterrichtsfächer**

#### **Physik**

Der vorbereitende Physikunterricht mit den Grundlagen aus Wärmelehre und Optik fand in der ungeteilten Klasse mit 31 SchülerInnen statt, wodurch dieser Unterricht zwar auf das Projekt vorbereitend wirkte, zugleich aber auch als in sich abgeschlossener Themenkomplex für alle SchülerInnen angelegt war. Physik wird in dieser Schulstufe mit 2 Wst. geführt.

#### **Technisches Werken**

Die für das Projekt ausgewählte Gruppe ist die Technische Werkgruppe der 4C. An unserer Schule sind Technisches und Textiles Werken typenbildende Fächer der Unterstufe mit je 3 Wochenstunden in der 3. und 4. Klasse (je 2 Stunden in 1. und 2. Kl.).

Im Technischen Werken ist das 2. Semester der 4. Klasse als Abschlusssemester bereits seit Jahren einem oft freigewählten Schwerpunktthema gewidmet, das intensiv (oft auch fachübergreifend) behandelt werden kann (z.B. Floßbau: Planung 1:1, Auftriebsberechnungen über Werkstoffdichte, Auftriebskörper und zu erwartender Belastung, konstruktive Notwendigkeiten bei Schüleranzahl von 13, Detailausarbeitungen bei Griffformen, Befestigungen, Oberflächenbehandlung, ...), Möbeldesign (Planung 1:1, Entwicklung konstruktiver Lösungen, ...), Langbogenbau (physikal. Werkstoffeigenschaften testen, Entwicklung geeigneter Laminatquerschnitte, Formenbau, Laminieren, Subtraktive Formannäherung durch Belastungsprüfung mit Tillerbrett, ...), In diesem Rahmen sollte dem Projekt ausreichend Zeit zur Umsetzung zur Verfügung stehen.

### **1.1.4.2 Die Schüler**

Der Unterricht in Physik betrifft die gesamte Klasse der 4C mit insgesamt 31 SchülerInnen (18 Mädchen, 13 Burschen) während der Technische Werkunterricht nur aus den 13 Burschen besteht. Im Folgenden wird, wenn von Unterricht der gesamten Klasse die Rede sein wird als „SchülerInnen“, im Technischen Unterricht als „Schülern“ bezeichnet werden, die größtenteils überdurchschnittlich an naturwissenschaftlichen Inhalten interessiert sind. Bemerkbar wurde dies im hohen Einsatz und Interesse bei technischen Aufgabenstellungen in TEW wie etwa dem "über Sensoren selbstgesteuerten Fahrzeug", oder der "Designstudie zur strömungstechnischen Formenoptimierung im Windkanal". Viele Schüler dieser Gruppe besuchten letztes Jahr auch die unverbindliche Übung "biolog. Übungen".

Methodische Erfahrungen zu forschend - experimentierendem Lernen gibt es im Technischen Werken als grundlegende Haltung für die Schüler seit der ersten Klasse. Die Projektklasse 4C war demnach damit vertraut – neu war die starke Ausrichtung nach naturwissenschaftlich-technischen Kriterien (Messreihe, Wirkungsgrad, ...) und die lange Dauer über ein Semester.

Am Ende der 3. Klasse wurde „solares Kochen“ als Thema im Rahmen von „Warming up“ für das Abschlussprojekt von den Schülern gewählt.

### **1.1.4.3 Das Lehrerteam**

Eine Zusammenarbeit auf Lehrerebene gab es bereits des Öfteren zwischen Susanne Körner (PH) und Erwin Neubacher (TEW) in den Fächern Physik und Technisches Werken. Die gemeinsame Entwicklung von Unterrichtskonzepten hat sich bisher auf inhaltlicher wie persönlicher Ebene bewährt. Auch Kollege Peter Machart (PLAGE) hat als außerschulischer Fachmann im Rahmen der oben genannten Lehrerfortbildung bereits Unterrichtssequenzen im Team mitentwickelt.

## **1.2 Ziele des Projekts**

### **1.2.1 Ziele aus der Physik**

#### **1.2.1.1 Allgemeine Einstellungen zum Projekt und dem Physikunterricht**

Eine positive Grundstimmung sollte für „warming up“ aufgebaut und die Beziehung zur Physik im Allgemeinen und dem Physikunterricht im Speziellen verbessert werden.

Durch einen lebendigen Unterricht mit vielen Schülerversuchen und die Anwendung physikalischen Wissens im folgenden Entwicklungsprozess sollte dies erreicht werden.

#### **1.2.1.2 Physikalische Grundlagen**

Hier sollten die Kenntnisse aus Wärmelehre und Optik aus dem letzten Schuljahr aufgefrischt und um projektbezogene Elemente erweitert werden.

Arbeitshaltung und Umgang mit Messgeräten (Digitalthermometer, Luxmeter) sollten für die Durchführung von Experimenten angeeignet werden.

### **1.2.2 Ziele aus dem Technischen Werken**

#### **1.2.2.1 Themenbezogene Ziele**

Die Schüler sollten ein umfassendes Verständnis eines technischen Geräts durch selbsttätiges Entwickeln erlangen.

Dabei wurde dem Prozess des Suchens nach technischen und designbezogenen Lösungen und deren Verbindung zentrale Bedeutung beigemessen.

Für eine Evaluation wurde allerdings nur der physikalisch-technische Teil in den Testreihen untersucht.

## **Drei unterschiedliche Ebenen sollten während des Projektverlaufs behandelt werden:**

### **1) physikalisch - technische Ebene**

Es sollte ein technisches Gerät, das auf der Grundlage physikalischer Gesetzmäßigkeiten die Energie (-arten) der Sonne mit möglichst hohem Wirkungsgrad für die Kochfunktion nutzbar macht, entwickelt werden.

Physikalisches Wissen sollte dabei als Voraussetzung dienen und im Entwicklungsprozess vernetzt, abgewogen, verworfen, neu gedeutet, modifiziert, mit anderem Wissensbereichen verknüpft, ... d.h. unter der Maxime „optimale Nutzung auf eine Funktion hin“ angewendet werden.

Zudem sollten äußere Bedingungen, wie Wetter, Breitengrad, Seehöhe, Jahreszeit, ..., als den Kochvorgang beeinflussende, physikalisch - technische Parameter wahrgenommen werden.

### **2) designbezogene Ebene**

Die technisch optimale Lösung muss nicht zwingend auch die beste im Sinne des Benutzers sein. Hier wird das technische Gerät zum Gebrauchsgerät.

Designkriterien im Sinne eines Briefings sollten erstellt und die technische Lösung daraufhin – wenn möglich ohne Leistungsverlust – modifiziert werden.

### **3) ökologische, soziokulturelle, (entwicklungs-) politische, ökonomische Ebenen**

Verständnis darüber, dass technische Geräte auch Folgewirkungen in verschiedensten Bereichen auslösen können (Technikfolge), sollte aufgebaut werden.

Das Beispiel Solarkocher bietet dafür ausreichend Stoff – MMag. Peter Machart sollte als Betreuer für Solarkocherprojekte in Indien der PLAGE Salzburg über Chancen und Probleme im Einsatz aus erster Hand berichten und eine Diskussion dazu leiten.

## **1.2.2.2 Lehrerteambezogene Ziele**

Die Zusammenarbeit auf Lehrerebene sollte noch vertieft und in einigen Aspekten (sehr konkret abgestimmte Inhalte und Methoden, Messreihen, Dokumentation, ...) erweitert werden, um die organisatorischen und administrativen Anforderungen gut bewältigen zu können.

Als Neulinge in der Durchführung von IMST-Projekten konnten wir mit viel Unbekanntem rechnen, weshalb ein funktionierendes Lehrerteam uns umso wichtiger erschien.

## **1.2.2.3 DAT – bezogene Lernziele**

Nachdem die Vorbereitungen für das neue Wahlpflichtfach während des laufenden Schuljahres und vor allem im Sommersemester zügig voran gingen, wurden auch die in „warming up“ verfolgten Ziele in Bezug auf die Vorbereitung auf „DAT“ immer wichtiger.



## Auszüge aus dem DAT Lehrplan

Um die vorbereitende Bedeutung von „warming up“ für „DAT“ abschätzen zu können, ist es von Bedeutung Aspekte des Lehrplans zumindest in Ansätzen zu kennen:

**Inhaltliche Schwerpunkte** des Lehrplans bilden:

- die drei Fachgebiete: „*Design*“, „*Architektur*“ und „*Technik*“ (kurz - DAT) und
- die Fachgebiete vernetzenden, übergeordneten fünf Lernfelder: „*Fachbezogene Arbeitsmethoden*“, „*Handwerk/Fertigungsverfahren*“, „*Wissen/Theorien*“, „*Information/Kommunikation/Dokumentation*“ und „*Individualität*“

Auszüge aus dem Lehrplanabschnitt „**Didaktische Grundsätze**“ zeigen die vielfältigen Überschneidungen mit „warming up“:

- *„In Entwurfsprozessen sollen den Jugendlichen unterschiedliche Formen des Zugangs ermöglicht werden. Unterschiedlichen Ausdrucksformen der Kommunikation von Inhalten soll Raum gegeben werden.*
- *Forschend - experimentierende Arbeitsweisen in Bezug auf realitätsbezogene Anwendbarkeit sind zu erlernen, zu vertiefen und einzusetzen. In diesem Zusammenhang soll Neugier als grundlegende Haltung dieser Arbeitsweise verstanden und bei den Jugendlichen gefördert werden.*
- *Dazu soll eine Arbeitsatmosphäre geschaffen werden, in der auch Möglichkeiten des „Fehler Machens“, als wesentlichem Element kreativ-forschender Lernprozesse, zugelassen werden und von den Jugendlichen erprobt werden können. Die Leistungsfeststellung hat darauf Bedacht zu nehmen.*
- *Der Unterrichtsschwerpunkt ist auf die eigenständige Entwicklung von Werkstücken und -prozessen zu legen. Theoretische Grundlagen sollen der Umsetzbarkeit eigenständiger Produktentwicklung dienen und somit praxisorientiert und umsetzungsbezogen eingesetzt werden. Manche dieser Grundlagen werden in anderen Fächern gelegt, wodurch eine Absprache mit KollegInnen angrenzender Fächer nur förderlich sein kann.*
- *Lernen soll problemorientiert, handlungsorientiert, anwendungsorientiert und sinnhaft sein. Dies dient der persönlichen Auseinandersetzung mit dem Lerninhalt und der nachhaltigen Nutzung des Erfahrenen.*
- *Ein hohes Maß an eigener praktischer Tätigkeit (Werkprozesse) mit zunehmend theoretischer Auseinandersetzung und Diskursen soll demnach den Unterricht charakterisieren.*
- *Die Beziehungen zwischen den Disziplinen Design-Architektur-Technik-Naturwissenschaft-Kunst sind in ihren Spannungsfeldern auszuloten und bewusst zu machen.*
- *Handwerkliche Fertigkeiten sind zu erweitern und durch sinnliche wie theoretische Vertiefung zu bereichern und für Gestaltungsprozesse bewusst nutzbar zu machen.*
- *Die Forderung und Förderung von Eigenständigkeit und Individualität soll auf unterschiedlichen Ebenen des Unterrichts erreicht werden (Ideenfindung, Lösungsansätze, Kommunikationsformen, Organisation des Arbeits- und Herstellungsprozesses, Recherche, Dokumentation, ...).*
- *Dabei soll auch eine kritische Selbsteinschätzung, das Hinterfragen und zur Diskussion stellen eigener Leistungen das Selbstvertrauen in die eigenen Fähigkeiten stärken.*

- Möglichkeiten der Sammlung, Strukturierung, Dokumentation und Präsentation von Lernprozessen sind zu vermitteln und für eigene Leistungen einzusetzen.
- Im Erleben der Gesamtheit von Gestaltungs- und Entwicklungsprozessen durch eigenes Tun kann dies erreicht werden. „

### **1.2.2.3.1 Dokumentation der Schülerarbeiten**

Weil ich mich im Regelunterricht bisher noch nicht sehr ausführlich mit dem Lehrplaninhalt „Dokumentation“ auseinandergesetzt habe, wollte ich mich diesem hier verstärkt widmen.

#### **Zu Beginn waren drei grundsätzliche Fragen zu klären:**

- 1) Welche Leistungen sollten festgehalten werden?
- 2) In welcher Form sollten diese festgehalten werden?
- 3) Welchen Zweck sollte die Dokumentation erfüllen?

#### **Aus diesen Fragestellungen formten sich folgende Zielvorstellungen:**

In „warming up“ sollte eine Dokumentation folgendes erfüllen:

Den Schülern sollte bewusst werden, dass:

- alles von ihnen Gedachte und Gefühlte wichtige Voraussetzung für den Entwicklungsprozess ist und deshalb wert ist, festgehalten und aufbewahrt zu werden.
- eine geordnete Aufbewahrung des Festgehaltenen notwendig ist.
- eine Dokumentation ein Bewusstsein für die eigenen Leistungen in diesem Prozess aufbauen und dadurch Selbstvertrauen schaffen kann.
- eine Dokumentation bedeutend für die Vermittlung der eigenen Ideen an andere ist.
- für unterschiedliche Formen der Dokumentation auch unterschiedliche Werkzeuge und Methoden erforderlich sind und diese erst angeeignet werden müssen.

#### **Folgende Elemente sollte die Dokumentation umfassen:**

- Unterlagen aus Physik
- Skizzen, Entwürfe, Pläne
- schriftliche Notizen
- Aufzeichnungen aus dem Lerntagebuch
- Modelle und Prototypen
- Fotos der Schüler während ihrer Arbeit
- Tabellen zu den Messreihen
- (zusätzliche Unterlagen aus Büchern, Internet, CD Rom, ...)

Diese Liste und weitere Hinweise zur Dokumentation wurden mit den Schülern zu Beginn des Projekts besprochen und als Kopie in die Dokumentationsmappen eingeklebt.

### **angestrebte Ergebnisse:**

Das Ergebnis sollte eine chronologisch geordnete Zusammenstellung aller Skizzen, Pläne, Modelle und Unterlagen sowie das fertige Kochgerät zu Ausstellungszwecken sein.

Weiters sollte eine CD für jeden Schüler mit allen Daten zu seiner Projektarbeit gebrannt werden.

### **1.2.2.3.2 Problemlöseverhalten der Schüler**

In Bezug auf das forschend - experimentierende Lernen war für uns interessant herauszufinden, wie die einzelnen Schüler mit im Werkprozess auftretenden Problemen umgehen und ob die Art der Problembewältigung Auswirkungen auf ihre Motivation hat.

Weil auch für das zukünftige Oberstufenfach ein hoher Anteil an handlungs- und problemorientiertem Unterricht vorgesehen ist, war das Problemlöseverhalten der Schüler ein geeigneter Untersuchungsgegenstand.

Weil die Beobachtungen der unterschiedlichen Schülerpersönlichkeiten sehr genau sein sollten, wurden im Rahmen einer fachdidaktischen Lehrveranstaltung im Fachbereich Werkpädagogik der Universität Mozarteum die teilnehmenden StudentInnen mit dieser Aufgabe betraut.

In der einführenden Lehrveranstaltung wurden die 8 StudentInnen mit dem Projekt „warming up“, IMST und dem Thema „Problemlösen“ vertraut gemacht. In der darauffolgenden Sitzung wurden die Beobachtungsprotokolle erstellt und der organisatorische Rahmen geklärt.

Jeder Student/jede Studentin wurde einem Schüler zugewiesen, wodurch nur 8 der 13 Schüler untersucht werden konnten.

### **Folgende Fragestellungen wurden entwickelt:**

- Wie ist die grundsätzliche Arbeitsweise der Schüler in Bezug auf die Eigenständigkeit?
- In welchen Bereichen haben die einzelnen Schüler Schwierigkeiten?
- Wie versuchen sie diese zu bewältigen?
- Sind sie dabei erfolgreich?
- Wie reagieren sie emotional auf Schwierigkeiten und ihre Bewältigung/Nicht-Bewältigung?
- Hat die Bewältigung/Nicht-Bewältigung Auswirkungen auf ihre Motivation?

Da es sich bei „warming up“ um die Umsetzung eines umfassenden Entwicklungsprozesses handelte, wurde beschlossen, die Beobachtungen in zwei sehr verschiedenartigen Projektphasen mit hohem Problempotential – in der Systemfindungsphase und der Umsetzungsphase – durchzuführen.

## 2 DURCHFÜHRUNG

Im einführenden Physikunterricht wurde durch die Klärung von Phänomenen (Reflexion, Absorption, Brennpunkt, Wärmeleitung, ...), hauptsächlich in SchülerInnenversuchen, die Basis für die Anwendung in der Entwicklung der Kochgeräte gelegt. Die Erkenntnisse aus den Versuchen konnten dann unmittelbar in der Systemfindung eingebracht werden.

### Grobübersicht über den zeitlichen Verlauf

Zeit	Thema	Fach
21.1. - 25.2.	Physikalische Grundlagen zu Wärmelehre und Optik	PH
27.2./5.3.	Problemstellung und Systemfindungen als Lösungsansätze	TEW
12./26.3.	Vorstellung und Diskussion der Systeme im Plenum	TEW
2. - 30.4.	1. Modellentwicklungsphase (Arbeits-/Proportions-/Funktionsmodelle)	TEW
7. - 28.5.	2. Modellentwicklungsphase (Proportionsmodell), Planung	TEW
28.5. - 27.6.	Umsetzungsphase – Bau der Kochgeräte	TEW
30.6. - 3.7.	Testreihe, Kochen	TEW

## 2.1 Physikalische Grundlagen schaffen

### 2.1.1 Projekteinführung

Für die Schüler beginnt „warming up“ mit der Physikstunde am 21.1.2008.

Dabei klärte Mag. Körner den Ablauf für den physikalischen Teil des Projekts, erklärte die einzusetzenden Messgeräte und Rahmenbedingungen für die Durchführung der kommenden Versuche und führte den ersten Teil der Evaluation mit dem Fragebogen „vorher“ durch.

### 2.1.2 Versuchsreihen

In der nächsten Stunde folgten erste Versuche zur Wärmelehre (Versuch 1-4) zu Absorption und Glashauseffekt. Die große SchülerInnenanzahl machte es dabei schwer, die Versuche in Gruppen durchzuführen, was sich in einer eher lockeren Arbeitshaltung und einem allzu sorglosen Umgang mit den physikalischen Messgeräten zeigte.

Weil die Klärung einer entsprechenden Arbeitshaltung und die Verwendung von Geräten für den Projektverlauf von großer Bedeutung waren, wurde die Klärung der Situation vorrangiges Ziel für den folgenden Unterricht.

Daraufhin konnte mit den Versuchen zur Optik (Versuch 5-6) weitergemacht werden.

In Lehrer- und Schülerversuchen konnten die SchülerInnen mithilfe des neuen Diodenlasers und einer Metallplatte Grundlagen der geometrischen Optik erleben. Dabei war die Reflexion an ebenen, konkaven und konvexen Spiegeln, Parabolspiegeln, Brennpunkt, Wirkung von Linsen, etc. Untersuchungsthema.

Hinweise auf mehr Geduld und genaueres und eigenständiges Arbeiten waren immer wieder notwendig.

Das Arbeiten in den Gruppen war schwierig, da die Klasse aus 31 SchülerInnen besteht, im Physiksaal zu wenig Platz ist, und bei 31 „arbeitenden SchülerInnen“ sich der Lärmpegel an der erträglichen Grenze bewegte.

Am Ende erfuhren die SchülerInnen in einem Lehrervortrag Grundlegendes zur Sonne und ihrer Einstrahlung in unseren Breiten, zu Sonnenkollektoren und Solarkochern.

Mit der Durchführung des zweiten Teils der Evaluation mit dem Fragebogen „nachher“ wurde der Projektteil der Physik abgeschlossen.



## 2.2 Entwicklung der solaren Kochgeräte

### 2.2.1 Problemaufbereitung/Aufgabenstellung

In der ersten Werkstunde zu „warming up“ anfang März erhielten die 13 Schüler der 4C im Technischen Werkunterricht einen Überblick über den weiteren Ablauf des Projekts bis Ende des Schuljahres.

Offene Fragen dazu wurden geklärt und das Thema Dokumentation eingeführt, sowie die Dokumentationsmappen verteilt.

Anschließend konfrontierte der Lehrer die Schüler mit der zentralen Fragestellung:

*„Kann man ein Gerät zum Garen von Speisen entwickeln, das ausschließlich mit der Energie der Sonne betrieben wird?“*

Die Erfahrungen aus dem vorangegangenen Physikunterricht wurden von den Schülern intensiv in die aufbrechende Diskussion eingebracht. Viele weitere Fragen stellten sich und vage Theorien und Spekulationen tauchten auf.

An diesem Punkt wurde die Diskussion abgebrochen und in die eigentliche Aufgabenstellung überführt:

***„Entwickle ein Gerät zum Garen von Speisen, das ausschließlich mit der Energie der Sonne betrieben wird.***

***Finde dabei erst mindestens 5 unterschiedliche Möglichkeiten (Systeme), wie du die Energie der Sonne dafür nutzbar machen kannst. Nutze auch deine Kenntnisse aus dem Physikunterricht.“***

### 2.2.2 Systemfindung

#### Ideen zu technischen Lösungen entwickeln

Die vielen aufgeworfenen Fragen bewegten die Schüler und regten zu heftigen Phantasiestürmen an. Manche Schüler kamen kaum nach, die Fülle ihrer Ideen in Skizzen zu bannen.

Die Wege zu den Ideen sollten dabei ebenso vielfältig sein, wie die Formen ihrer Sichtbarmachung (Skizze, Werkzeichnung, techn. Zeichnung, Arbeitsmodell, Funktionsmodell, schriftl. Beschreibung, ...). Je nach Vorliebe konnten sich die Schüler für diese entscheiden.

In den Lehrer – Schülergesprächen warfen die Schüler ständig neue Fragen auf und zeigten sich äußerst wissbegierig:

*„welche Temperaturen benötigt man überhaupt, um Reis kochen zu können?“* oder

*„ist Stahl oder Aluminium besser, um Wärme zu leiten?“* oder

*„kann man durch Einfärben des Kochguts mit schwarzer Lebensmittelfarbe schneller oder mit weniger Temperatur kochen?“, ...*

In dieser ersten Einheit wurden die meisten Skizzen gemacht und intensive Auseinandersetzungen zu Theorien gefochten. Der Ideenreichtum war enorm.



### Kreativitätsmethoden probieren

Zu einem Zeitpunkt, als sich in den ersten Wiederholungen von Ideen die produktiv - geistige Erschöpfung zu zeigen begann, erfuhren die Schüler Methoden (variieren, Analogieschlüsse ziehen, vernetzen, Zufall einbinden, intuitives Arbeiten, ...), um zu weiteren Lösungen zu gelangen. So entstanden bis Ende der Unterrichtseinheit noch weitere Systeme.

Während dieser Phase waren die Schüler äußerst emotional an der Sache beteiligt. Ständig wurden neue Fragen aufgeworfen, die der Klärung bedurften.

Dabei diskutierten die Schüler auch über ihre Tische hinweg z.B. über die Sinnhaftigkeit, Wärme über weite Strecken zu transportieren, anstatt Bauteile enger aneinander zu setzen; oder ob es Sinn mache, über eine Sammellinse und Reflektorflächen punktuell sehr schnell zu hohen Temperaturen zu gelangen und wie diese konzentrierte Energie am besten für Kochzwecke zu nutzen wäre; oder:

*„Ist es effektiver, dünne oder dickere Bleche für Absorberflächen zu verwenden?“*

*„Wie hoch kann eine gerade Reflektorfläche maximal sein, um noch den Innenraum einer Kiste mit bestimmten Maßen maximal von reflektiertem Licht zu erreichen?“*

*„Wie groß muss eine Reflektorfläche sein, um in der Form eines Paraboloids mindestens 200°C zu erzeugen?“*

In dieser Phase waren auch StudentInnen der Universität Mozarteum im Unterricht anwesend, um Beobachtungen zum Problemlöseverhalten der Schüler zu machen.

### Vorstellung und Auswahl im Plenum

Die Ideen wurden ausführlich von den Schülern in der Klasse mithilfe von Tafelzeichnungen und Arbeitsmodellen vorgestellt. In Erklärungen und Argumentationen versuchten sie ihren Mitschülern die Funktionsweisen ihrer unterschiedlichen Konzepte (Systeme) verständlich zu machen. Die Mitschüler ergänzten, korrigierten oder stellten die Ideen in Frage (was festgehalten wurde) und halfen bei der Auswahl der besten Systeme.

Die Vorstellung ihrer Ideen vor der gesamten Werkgruppe war für die meisten eine positive Herausforderung. Durch die lebendige und kritische Diskussion nahmen Viele der Schüler wichtige Anregungen für die Weiterentwicklung auf.





## Optimierung der technischen Lösungen

Die Anregungen der Mitschüler wurden in die eigenen Konzepte eingearbeitet.

In erklärenden Funktionskizzen wurden die überarbeiteten Ideen auf ihre Funktionsweise und wirkenden Parameter hin analysiert.

Erste Überlegungen zu Fragen des Designs (Handhabung, Ergonomie, Sicherheit, Reinigung, ...) kamen hier bereits von Schülerseite auf.



### 2.2.3 Modellphase

#### Modellauswahl

Im nächsten Schritt wurde von den Schülern in Absprache mit dem Lehrer eine Auswahl für die umzusetzende Idee getroffen. Diese musste nun im Detail ausgearbeitet werden.

Skizzen, Beschreibungen, Detailansichten und erste Berechnungen zu Dimensionen, Proportionen, Einstrahlwinkel, Beweglichkeiten bei einstellbaren Bauteilen, ... wurden angestellt. Immer wieder in Maßstabsmodellen umgesetzt, weiter optimiert, um wiederum in einem neuen Modell verbessert zu werden.

In diesen Prozess technisch-funktionaler Entwicklung wurden nun auch designbezogene Kriterien eingeführt. In einem gemeinsamen Brainstorming konnten von den Schülern produktanalytische Faktoren für die Nutzung der Kocher zusammengetragen und geordnet werden. Diese sollten in der Weiterentwicklung berücksichtigt werden.

In dieser Phase hatte der Lehrer die Funktion der Auskunftsperson und des permanent Diskutierenden und in Frage stellenden. Individuelle Lösungsansätze zu erkennen und zu bestärken und in (für die Schüler) technisch machbare Lösungen über zu führen waren die Herausforderungen.



## 2.2.4 Umsetzungsphase

Hier wurden die Entwürfe in die Realität umgesetzt.

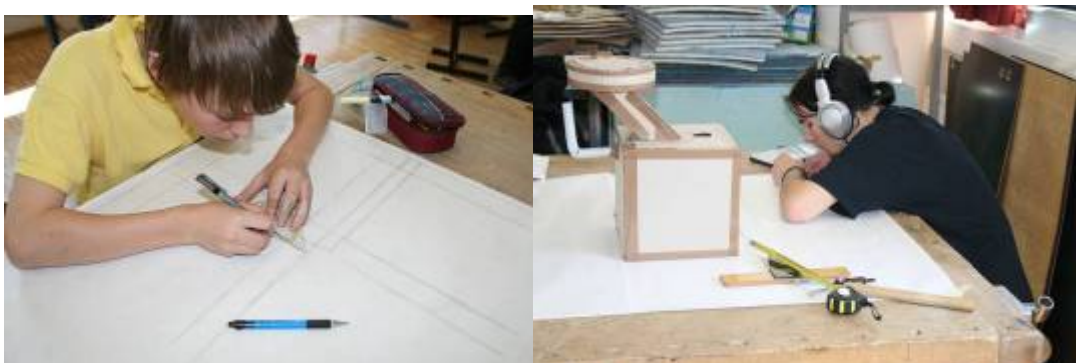
### 1:1 Planung

Die letzten Maßstabsmodelle dienten als Grundlage für die 1:1 Planung.

Auf großen Packpapierbögen zeichneten die Schüler ihre Geräte als Auf-, Grund- und Seitenrisse mit einer Stückliste. Alle noch ausstehenden Details mussten jetzt geklärt werden: ob etwa bei einem Boxkocher die konstruktiven Wandelemente an den Ecken auf Gehrung, gefalzt, gedübelt, geschraubt, ... oder nur geleimt werden sollten, ob Isolierungen aus Wellpappe, Glaswolle, Styropor oder Styrodur und in welcher Stärke beschaffen sein sollten, ob für die Befestigung der Scharniere an der Wand benötigten Schrauben ein Zylinder-, Sechskant-, Halbrund- oder doch besser einen Senkkopf geeigneter, und innerhalb oder außerhalb der Isolierung anzubringen wäre, ....

In dieser Phase waren die Schüler auch in manchen Fällen gefordert, benötigte Informationen zu ihren Werkstoffen, wie Temperaturbeständigkeit, Klebeeigenschaften, UV Empfindlichkeit, ... über Internetrecherche oder Telefonate selbstständig in Erfahrung zu bringen.

Nach der Fertigstellung des Plans konnten die Schüler ans Werk gehen.



## Bau

Hier waren die handwerklichen Fähigkeiten der Schüler gefordert – vor allem Kenntnisse über Verfahrenstechniken und Werkstoffeigenschaften.

Material, das im Werkraum nicht verfügbar war, musste besorgt werden, Maße mussten vom Plan abgenommen und auf die Materialien übertragen werden, Zuschnitte gemacht und nachbearbeitet werden, Bohrmittelpunkte angerissen und gebohrt werden, Bleche gereinigt abgeklebt und in mehreren Schichten lackiert werden, ....

Im Laufe der Herstellung war es notwendig, neue Verfahrenstechniken einzuführen, die meist bei Bedarf einzelnen Schülern, einer Gruppe oder aber auch der gesamten Klasse vermittelt wurden. Dazu zählten etwa Glasschneiden und -schleifen, Hartlöten, Abkanten und Polieren. In anderen Verfahrenstechniken (Lackieren, Metallsägen, Holzbiegen, ...) wurden die Kenntnisse vertieft.

Bis auf sehr groß dimensionierte Teile stellten die Schüler ihre Arbeiten durchwegs selbstständig her. Oftmals waren Hilfestellungen notwendig (Leimen, freies Bohren, Abkanten, Spiegelfolie aufbringen, ...), die aber problemlos selbst organisiert wurden. Die zeitweilige, bedarfsorientierte Teamarbeit funktionierte gut, selbst in Situationen, wo mehrere Mitschüler gebraucht wurden (Montage von Manuels Kocher, Transport von Roberts und Manuels Kocher, ...). Dies spricht für die gute Atmosphäre und den Zusammenhalt in der Gruppe.

In dieser Phase wurde von den StudentInnen die zweite Beobachtung durchgeführt.





### Teilnahme an der internationalen 4. Salzburger Solartagung

Mitten in der Umsetzungsphase erreichte uns die Einladung von MMag. Peter Machart von der PLAGE Salzburg, an der diesjährigen internationalen 4. Salzburger Solartagung am 24. Mai teilzunehmen und „warming up“ in einem Vortrag vorzustellen.

Vier Schüler meldeten sich spontan, in diesem Rahmen ihre Arbeit zu präsentieren. Nach Einverständniserklärungen der Eltern waren es schließlich Robert und Fabian, die an einem strahlenden Samstagvormittag in die Solartechnikszene eintauchen konnten.

In einführenden Worten brachte ich dem Fachpublikum IMST, unsere Schule und das Konzept von „warming up“ näher, bis anschließend die beiden Schüler ihre Entwicklungen und die einiger ihrer Mitschüler anhand von Modellen vorstellten. Die folgende Diskussion zeigte eine breite Begeisterung für den offenen und experimentellen Zugang für die Schüler zum Thema.

In der anschließenden Mittagspause sprachen die Schüler angeregt mit Fachleuten, wie dem Solarkocherpionier Dipl. Ing. Seifert, über ihre Entwicklungen und hatten Gelegenheit die neuesten Solarkochermodelle und andere Solartechnische Geräte in Augenschein zu nehmen.

Im darauf folgenden Unterricht berichteten die beiden über das Erlebte.



## 2.2.5 Testphase

Durch mehrfachen Unterrichtsentfall im Sommersemester (Konferenz, Lehrerfortbildung, Fußball-Europameisterschaft, Projekttag der 4C, Direktorenhearing, Schulabschlussprojekttag) kamen wir ab Juni im Projektfortgang äußerst unter Druck. Mitte Juni waren erst zwei Kocher fertig gestellt und für die Tests einsetzbar.

Mit Zustimmung von Eltern und Kollegen konnten wir drei zusätzliche mehrstündige Termine organisieren und zur Fertigstellung nutzen.

Ende Juni wurden dann schließlich die Vorbereitungen für die Tests getroffen.

Letzte Arbeiten an den Kochern wurden abgeschlossen, bzw. diese behelfsmäßig funktionstüchtig gemacht, Funktionsweisen von Digitalem Thermometer und Luxmeter wurden wiederholt, Messen als wissenschaftliches Instrument besprochen und der Ablauf mit den zu erfüllenden Rahmenbedingungen für die Messungen durchgegangen.

Der Transport zum Testort gestaltete sich, vor allem für die größeren Modelle beschwerlich. Der Weg vom 4. Stock ins Erdgeschoß und wieder auf das Dach der Turnhalle war für einige recht mühsam.

Nachdem ein geeigneter Ort zur Aufstellung gefunden wurde und die Kocher nach dem Sonnenstand ausgerichtet wurden, konnten die ersten Messungen durchgeführt und protokolliert werden, was mit großer Neugier von den Schülern verfolgt wurde. Die Messgeräte wurden von den Schülern dabei fachgerecht eingesetzt, die Protokolle allerdings nicht von allen gewissenhaft genug geführt. Zeitabstände wurden von 2 Schülern nicht genau eingehalten und die Nachführung vernachlässigt.

Nach der Auswertung der Testergebnisse wurden bei einigen Geräten Verbesserungen durchgeführt. Aus Zeitnot war leider die vorgesehene zweite Testphase mit den Schülern nicht mehr möglich.



## 2.2.6 Erweiterungsphase

An einem dieser Termine war auch MMag. Peter Machart im Unterricht und beriet die Schüler in Fragen konkreter Nutzung ihrer Geräte. Über den flächendeckenden Einsatz von Solarkochern im indischen Raum und die sich daraus ergebenden Verbesserungen für die Bevölkerung sprach Machart im Anschluss. Viele Erlebnisse aus erster Hand (Machart betreut seit Jahren in Zusammenarbeit mit indischen Institutio-

nen umfangreiche Solarkocherprojekte vor Ort) machten den Vortrag äußerst informativ und spannend.

Viele Schülerfragen zeigten Interesse an den ökonomischen, ökologischen und sozialen Themen, die angesprochen wurden.

Dies brachte eine Erweiterung der Sichtweise mit ein und ließ Gedanken nach der Wiederverwertbarkeit der eingesetzten Materialien im eigenen Gerät oder den Anschaffungspreis bei den Schülern aufkommen.



### 2.2.7 Projektabschluss

Beim zweiten eingeschobenen Termin, der eigentlich fürs Kochen vorgesehen war, spielte das Wetter leider nicht mit. Bei stürmischem Regen waren die Schüler jedoch äußerst flexibel und entdeckten den Overhead Projektor als geeigneten Wärmequellenersatz. Temperaturwerte bis 280°C wurden da an bestimmten Stellen gemessen, was die Schüler dazu veranlasste, den Overhead kurzerhand als Griller umzufunktionieren. Die besten Grillstellen wurden mithilfe der Messgeräte eruiert und mit Frankfurter Würstel bestückt. So konnte der Regentag zumindest für den kulinarischen Teil doch noch genutzt werden.

Der letztmögliche Termin brachte dann doch noch den Funktionstest mit Kochen. Steckerlbrot, Frankfurter, Ei und Reis standen auf dem Speiseplan.

In den drei zur Verfügung stehenden Stunden zeigten sich die unterschiedlichen Funktionsweisen der Kochermodelle sehr deutlich. Dabei konnte nicht alles auf die erforderliche Temperatur gebracht werden. Manches musste sogar halbroh und lauwarm verzehrt werden.

Dies änderte jedoch nichts an der ausgelassenen Stimmung und der Genugtuung, mit dem eigenen Gerät doch noch gekocht zu haben.

In einer weiteren Stufe der Optimierung und Fehlersuche könnten einige Modelle durchaus zu höheren Wirkungsgraden geführt werden – eine Aufgabe, die noch ansteht und vielleicht auch umgesetzt werden kann (DAT).



### 3 EVALUATION

Für die Evaluation der unterschiedlichen Fragestellungen nutzten wir unterschiedliche Evaluationswerkzeuge.

Es wurden Fragebögen, Beobachtungsprotokolle, Testprotokolle, Tagebuchaufzeichnungen und eine Checklist verwendet.

#### 3.1 Ergebnisse aus dem Physikunterricht

Die allgemeine Stimmung und die Kenntnisse zu den physikalischen Grundlagen wurden im Physikunterricht mittels Fragebogen in der gesamten Klasse (31 Schülerinnen) – also auch den nicht in weiterer Folge am Projekt beteiligten TextilschülerInnen – zu Beginn (21.1.08) und am Ende des Projektteils der Physik (25.2. 08) erhoben.

Die SchülerInnen wurden dann auch in den einzelnen Physikstunden beim Arbeiten, Experimentieren, Umgehen mit Versuchsanleitungen, Anfertigen von Protokollen, Auswerten von Versuchsreihen usw. beobachtet und fotografiert.

##### 3.1.1 Allgemeine Einstellungen der Schüler zum Projekt und dem Physikunterricht

###### „Vorher“

Antworten von 27 SchülerInnen

<i>Was hältst du vom Projekt „warming up“ – Solarkocher?</i>	<i>sehr viel</i> 5	<i>viel</i> 12	<i>weiß nicht</i> 10	<i>nicht viel</i> 0	<i>gar nichts</i> 0
--	-----------------------	-------------------	-------------------------	------------------------	------------------------

<i>Ich freue mich darauf, Experimente im Team zu machen</i>	<i>ja sehr</i> 22	<i>weniger</i> 1	<i>es geht</i> 4	<i>nicht</i> 0	<i>nein gar nicht</i> 0
---	----------------------	---------------------	---------------------	-------------------	----------------------------

<i>Wie schätzt du dein Interesse derzeit am Physikunterricht ein?</i>	<i>sehr groß</i> 4	<i>groß</i> 9	<i>mittel</i> 9	<i>wenig</i> 1	<i>gering</i> 4
---	-----------------------	------------------	--------------------	-------------------	--------------------

<i>Ich finde, dass Physik wichtig für meine Allgemeinbildung ist.</i>	<i>ja sehr</i> 8	<i>wichtig</i> 11	<i>egal</i> 6	<i>unnötig</i> 2	<i>total unnötig</i> 0
---	---------------------	----------------------	------------------	---------------------	---------------------------



## „Nachher“

Antworten von 29 SchülerInnen

<i>Wie hat dir der physikalische Teil des Projekts „warming up“ – Solarkocher gefallen?</i>	<i>sehr gut</i>	<i>gut</i>	<i>weiß nicht</i>	<i>nicht gut</i>	<i>überhaupt nicht</i>
	6	16	6	1	2

<i>Die Experimente im Team haben mir gefallen</i>	<i>ja sehr</i>	<i>weniger</i>	<i>es geht</i>	<i>nicht</i>	<i>nein gar nicht</i>
	17	2	10	0	0

<i>Wie schätzt du dein Interesse nach dem Projekt am Physikunterricht ein?</i>	<i>sehr groß</i>	<i>groß</i>	<i>mittel</i>	<i>wenig</i>	<i>gering</i>
	7	7	10	3	2

<i>Möchtest du jetzt einen Solarkocher bauen?</i>	<i>ja sehr gerne</i>	<i>gerne</i>	<i>egal</i>	<i>eigentlich nicht</i>	<i>überhaupt nicht</i>
	9	4	5	7	3

Aus den Ergebnissen kann geschlossen werden, dass scheinbar eine positive Grundhaltung gegenüber dem Projekt herrschte, die durch den Physikunterricht gesteigert werden konnte, sowie dass physikalischem Wissen als Teil der Allgemeinbildung hoher Stellenwert beigemessen wurde. In der Frage der Projektstimmung ist zu bemerken, dass sich die Einstellungen im Laufe des Unterrichts deutlicher differenziert haben. Waren zu Beginn in ihrer Einschätzung noch 10 SchülerInnen unentschieden, sank der Anteil auf 6. Negativmeldungen waren am Ende nur mehr in geringer Zahl vorhanden.

Das Arbeiten im Team wurde als soziale Lernform von der Klasse geschätzt (keine einzige Negativmeldung vor wie nach der Durchführung ist eingetragen!). Auch wenn sich im Laufe der Versuche sich die Begeisterung bei einigen verringert hat, bleibt Teamarbeit für beinahe 65% der Schüler sehr attraktiv.

Das Interesse am Physikunterricht ist während des Projekts leicht gestiegen. In fast allen Kategorien hat eine Verschiebung um wenige Stimmen zum Positiven stattgefunden.

Die Motivation für den Solarkocherbau nach dem Physikteil am Übergang zum Werkunterricht war im Klassendurchschnitt fast ausgeglichen. Interessant wäre in dieser Frage die Zuordnung der Meldungen zu den Technischen bzw. Textilen WerkerInnen gewesen, um Aufschluss über die Motivation der eigentlichen Projektgruppe zu erhalten.

### 3.1.2 Physikalische Grundlagen

Die Zahlenangaben vor dem Schrägstrich weisen die Anzahl der richtigen Antworten bei einer Schülerzahl von 31 vor dem Projektbeginn aus, die Zahlen danach am Projektende.

<p>1.) <i>Damit Wasserstoffatome zu Heliumatomen verschmelzen, müssen unter anderem folgende Bedingungen herrschen</i></p> <p><i>O sehr hoher Druck und hohe Temperatur</i> <i>O sehr hoher Druck und niedrige Temperatur</i> <i>O niedriger Druck und sehr hohe Temperatur</i> <i>O niedriger Druck und niedrige Temperatur</i></p>	<p>18/28</p>
<p>2.) <i>Die riesigen Energiemengen unserer Sonne entstehen</i></p> <p><i>O im Sonnenzentrum</i> <i>O auf ihrer Oberfläche</i> <i>O überall auf der Sonne</i> <i>O im All und werden von der Sonne auf die Erde reflektiert</i></p>	<p>14/27</p>
<p>3.) <i>Wenn du dir die Erde so groß wie einen Golfball vorstellst (<math>d=4,3\text{ cm}</math>), wie groß wäre dann der Durchmesser der Sonne?</i></p> <p><i>O ca. 47 cm</i> <i>O ca. 4,7 m</i> <i>O ca. 4,7 km</i> <i>O ca. 470 km</i></p>	<p>7/6</p>
<p>4.) <i>Wie viel Grad Celsius erreicht man ungefähr in einem Solarkocher?</i></p> <p><i>O 100 Grad Celsius</i> <i>O 300 Grad Celsius</i> <i>O 500 Grad Celsius</i></p>	<p>16/24</p>
<p>5.) <i>Für Solarkocher verwendet man</i></p> <p><i>O Ebene Spiegel</i> <i>O Wölbspiegel</i> <i>O Hohlspiegel</i> <i>O Parabolspiegel</i></p>	<p>15/29</p>

<p>6.) Die Wärmewirkung ist am größten, wenn die Auftrefffläche</p> <p><input type="radio"/> senkrecht zur Strahlungsrichtung steht</p> <p><input type="radio"/> in einem Winkel von 45 Grad zur Strahlungsrichtung steht</p> <p><input type="radio"/> parallel zu Strahlungsrichtung steht</p>	<p>9/17</p>
---	-------------

Erfreulich lesen sich die Ergebnisse aus der fachlichen Befragung.

In fast allen Aspekten haben sich die richtigen Antworten beinahe verdoppelt oder zumindest stark verbessert. Lag der Anteil der richtigen Antworten vor dem Physikunterricht ca. zwischen 30 und 55%, so stiegen die Werte auf ca. zwischen 55 bis 95%.

Ein überdurchschnittlich gutes Klassenergebnis.

Allein die Frage 3) hat den Schülern Probleme bereitet und wurde nur von ca. 20% der Schüler korrekt angekreuzt. Es ist auch die einzige Frage, in der eine Verschlechterung im Vergleich zur ersten Befragung eingetreten ist.

Der Erkenntniszuwachs kann auf den Physikunterricht zurückgeführt werden, der sich in dieser Form bewährt hat.

Das Ziel, grundlegende physikalische Kenntnisse für das Projektthema zu vermitteln, wurde über die Erwartungen erreicht.

### **Allgemeine Bemerkungen zum Projekt:**

*Im Physiksaal unserer Schule ist Platz für 30 SchülerInnen, somit war die Kapazität des Saales mit 31 SchülerInnen mehr als ausgelastet. Beim Beginn der Ausführung eines Arbeitsauftrags herrschte ziemliches Chaos, auch das „Zusammenfinden“ der Gruppenmitglieder verlief altersentsprechend.*

*Auffallend war ein sorgloser Umgang mit Messinstrumenten (Digitalthermometer ...) und mit bereitgestellten Materialien.*

*Manche Schüler zeigten wenig Geduld und Eigenständigkeit beim Arbeiten, andere wiederum waren vom Projekt begeistert.*

*Die Versuche mit dem neuen Diodenlaser und der Metalltafel ermöglichten einen sehr guten Zugang zu den Grundlagen der geometrischen Optik und trugen sehr zur Erweiterung des Verständnisses der Reflexion an Spiegeln, Wirkungen von Linsen etc. bei.*

Mag. Susanne Körner

## **3.2 Ergebnisse aus dem Technischen Werkunterricht**

Für die Evaluation im Technischen Werkunterricht diente einmal ein vom Lehrer geführtes Tagebuch, Schülerbefragungen durch Fragebögen, Unterrichtsbeobachtungen durch StudentInnen und eine Dokumentationschecklist.

Fragestellungen waren hier auf die einzelnen Schüler bezogen und daher in einigen Aspekten aufwendiger zu erstellen und auszuwerten. Bei nunmehr 13 Schülern war dies mit unseren Möglichkeiten auch machbar.

Da es im Rahmen des vorliegenden Berichts schwer möglich ist, alle detaillierten Schülerdaten anzuführen, werden exemplarisch Ergebnisse vorgestellt und weitere in einer Zusammenfassung angeschlossen.

Die themenbezogene Frage nach der technischen Funktionsfähigkeit wurde von den Schülern selbst in der 1. Testreihe durchgeführt. Die leider nicht mehr mögliche 2. Kontrolltestreihe musste von mir ergänzt werden.

Die Ergebnisse zur Vorbereitung auf das Wahlpflichtfach „DAT“ im Bereich Dokumentation wurden einmal als Sammlung aller Projektarbeiten jedes Schülers und in digitaler Form zusammengestellt und zum anderen in Beobachtungen meinerseits während des Unterrichts (Tagebuch), sowie in einem Schülerfragebogen erhoben.

Bedingungen für forschend –experimentierendes Lernen wurden hauptsächlich von StudentInnen der Werkpädagogik an zwei Unterrichtssequenzen (je 3 Unterrichtsstunden) in zwei unterschiedlichen Projektphasen beobachtet. Eigene Aufzeichnungen aus dem Tagebuch ergänzen die Beobachtungen.

### **3.2.1 Themenbezogene (technisch-funktionale) Ergebnisse**

Die Testergebnisse stammen aus der 1. Testreihe, die die Schüler selbst durchgeführt haben.

Leider musste die 2. Testreihe ebenso wegen Zeitknappheit entfallen wie die angestrebten Berechnungen zum Wirkungsgrad.

Die Handhabung der Messgeräte (Digitalthermometer, Luxmeter) war für alle Schüler problemlos. Die Anwendung im Physikunterricht hat sich hier bewährt.

Jedoch wie auch im Physikunterricht mangelte es durchwegs an Sorgfalt und Genauigkeit. Wegen der Erfahrungen aus der Physik wurden die Schüler vor den Messungen noch mal auf die dafür nötige Einstellung hingewiesen. Trotzdem wurde nicht immer derselbe Messpunkt verwendet, Nachstellzeiten nicht eingehalten, Werte in der Tabelle falsch eingetragen, ..., was eine Auswertung der Ergebnisse streng genommen fast unmöglich macht.

#### **Physikalisch-technische Ebene**

Der Umgang mit physikalischen Grundlagen zeigte sich bereits bei den meisten Schülern während der ersten Phase. Die Skizzen und Modelle machten bereits die experimentelle Anwendung von Kenntnissen über Reflexion und Focussierung,

Wärmetransport, -umwandlung, -speicherung, Absorption, ... sichtbar. Im Laufe der Weiterentwicklung intensivierten die Schüler je nach Entwurf die Auseinandersetzung mit den jeweiligen Gebieten. In diesem Zusammenhang ist aufgefallen, dass die meisten Schüler die Lust am Experimentieren von der Systemfindung über die Modellphase bis zur Umsetzungsphase beibehielten.

Es wurden Messungen der Temperatur im Kochbereich mit Digitalthermometer und der Lichtstärke mit Luxmeter durchgeführt. Der Mess-/Kochbereich konnte dabei ein Innenraum (Boxkocher, Heißluftkocher/-trockner), eine Metallstange (Spieß bei Reflektorkochern), ein Glasgefäß oder auch eine Metallplatte (Absorberkocher) sein. Je nach Kochertyp unterschieden sich so auch die Garmethoden. Für Kocher mit niedrigen Temperaturen eignet sich besonders das Garziehen zwischen 70 und 80°C oder das Naturdünsten bei ca. 80°C, für Kocher mit höheren Temperaturen auch Braten von 100 bis 200°C und Backen (150 bis 200°C).

So erreichten die Reflektorkocher innerhalb kurzer Zeit (15 Minuten) hohe Temperaturen (131°C – 198°C) im Messbereich, kühlten aber bei kurzzeitiger Bewölkung rasch wieder ab. Die Abhängigkeit von direkter Sonneneinstrahlung konnten die Schüler hier deutlich anhand der Messergebnisse erleben. Boxkocher verhielten sich gerade umgekehrt. Diese Modelle erreichten je nach Bauart nur Höchsttemperaturen zwischen 71°C und 96°C, wobei die Aufheizdauer auch deutlich höher lag (75 bis 120 Minuten) waren dabei allerdings von direkter Bestrahlung weit weniger abhängig und hielten relativ konstant ihre Temperaturen – die Wirkung diffuser Einstrahlung konnte hier beobachtet werden. Der einzige reine Absorberkocher erreichte eine Maximaltemperatur von immerhin 76,2°C bei einer Absorberfläche von nur 24x18 cm.

Die Rahmenbedingungen bei der 2. Messung waren:

Unbewölkt, windstill

Außentemperatur: 25,2°C

Meßbeginn: 10.30 Uhr

Meßabstände: 15 Minuten

Meßdauer gesamt: 120 Minuten

Sonnenstandnachführung: alle 15 Minuten

Meßbereiche: je nach Gerät an den zum Kochen vorgesehenen Stellen

## **Die Geräte**

### **Jan**

Bringt eine rechteckige Hartfaserplatte über 2 Drahtseile mit einer Länge von je 60 cm in Spannung und krümmt dadurch die Platte. Auf einer Höhe von ca. 14 cm entsteht in der Mitte eine Brennpunktlinie quer über die Platte, die als Kochbereich genutzt wird. An einer, an den beiden Drahtseilen befestigte Drahtabhängung (die bis auf die Brennpunkthöhe reicht), ist ein Grillspieß montiert, der je nach Sonnenstand entsprechend verstellt werden kann. Die Platte ist mit Spiegelfolie ausgelegt und über ein Aluminiumgestell verstellbar. (Reflektorkochertyp)

Höchste erreichte Spießtemperatur: 108,2°C



### **Felix**

Eine 0,8 cm starke Aluminiumplatte mit 24x24 cm wird direkt der Sonne ausgesetzt. Die Platte ist bis auf den Kochbereich (24x6 cm) geschwärzt, um so eine Absorberfläche zu erhalten. Die Aluminiumplatte erhitzt sich und leitet die Temperatur in den Kochbereich. Zwei im rechten Winkel zur Platte eingesetzte Metallstäbe verhindern das Abrutschen des Kochguts und dienen auch bei Kontrolle des Schattenstands zur Ausrichtung nach der Sonne. Dies geschieht ganz unkompliziert durch Unterlegen von Steinen, Hölzern oder anderen auffindbaren Dingen. (Absorberkochertyp)

Höchste erreichte Plattentemperatur: 76,2°C



### **Marcel/Valentin**

Holzboxe (20x28x10 cm) mit schwarz lackierter Aluminiumblecheinlage und Glasabdeckung. Die verstellbare Reflektorfläche von 60x30 cm vergrößert die Einstrahlfläche und zusätzliche Isolierung ist an der Außenseite mit doppelter Wellpappe angebracht. Die Nachführung in der Horizontale geschieht über Nachrücken, in der Vertikale durch Verstellung der Reflektorflächen mithilfe von Leisten. (Boxkochertyp)

Höchste erreichte Innenraumtemperatur: 87,7°C



## Dominik

Aus einem halbkreisförmigen ( $r = 35 \text{ cm}$ ) und mit Spiegelfolie beschichteten Aluminiumblech ist ein Kegel gefaltet, der mit Schrauben zusammengehalten wird und mit der Spitze nach unten aufgestellt wird. Am Kegelspitz ist ein 100 cm langer, vorne zugespitzter Stahlstab ( $r = 3 \text{ mm}$ ) eingesetzt, der an der oberen Kegelöffnung in einem Aluminiumprofil mittig eingesetzt und an der unteren Seite in den Boden gesteckt wird. Die Ausrichtung wird über die Schattenkontrolle des Spießes kontrolliert und durch Verdrehen im Untergrund geregelt. (Reflektorkochertyp)

Höchste erreichte Spießtemperatur:  $131,3^\circ\text{C}$



## Fabian

Die Idee ist, Licht über einen Spalt in einem zu einem Zylinder ( $r = , \text{ Länge cm}$ ) gebogenen Aluminiumblech einzufangen und im Inneren immer wieder zu spiegeln. Somit wird das im Inneren befindliche schwarze Aluminiumgefäß ständig weiter erhitzt. Die Stahlachse, um die sich der Zylinder drehen/einstellen lässt, kann auch als Grillspieß verwendet werden und dient in seiner Verlängerung auch als Gestell. (Reflektorkochertyp)

Höchste erreichte Spießtemperatur:  $113,3^\circ\text{C}$

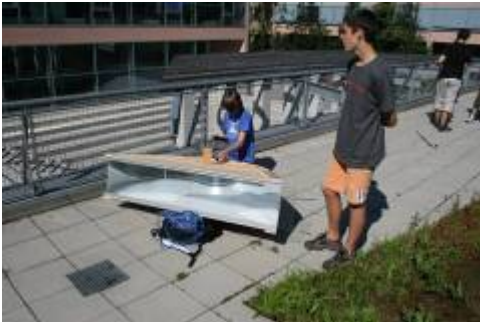


## Manuel

Eine 40 cm breite und 240cm lange mit Spiegelfolie beschichtete Hartfaserplatte ist in ein Paraboloid gebogen, was zu einer optimalen Nutzung des einfallenden Lichts auf eine Linie hin führt. Zusätzlich ist die Konstruktion durch zwei Hartfaserplatten und eine an der Forderseite angebrachten Glasplatte gefasst. Dadurch wird zusätzlich ein Glashauseffekt erreicht. In der Brennpunktlinie ist eine runde Deckplatte eingelassen, in der ein Spieß mit Kurbel eingesetzt werden kann. Die massive Konstruktion

wird von einem Gerüst aus Aluminiumgestänge getragen. (parabolförmiger Reflektorkochertyp)

Höchste erreichte Spießtemperatur: 198°C



### Lukas

Durch eine Glasscheibe gelangt Licht ins Innere eines stehenden Aluminiumblechzylinders, der an der Innenseite in Reflektor- und Absorberflächen streifenförmig unterteilt ist. Dort befindet sich auch das gläserne Kochgefäß in das auch ein schwarzes weiteres Gefäß eingesetzt werden kann. (Boxkocher-/Absorberkochertyp)

Höchste erreichte Gefäßtemperatur: 88,2°C



### Thomas

Der Kocher ist als Würfel (Seitenlänge 30 cm) mit je drei verglasten und geschlossenen Seiten konzipiert. Über die Glasseiten tritt von vorne, von oben und durch einen Reflektor von hinten Licht in den Innenraum, in dem über schwarzgefärbtes Kochgeschirr Absorption stattfindet. Zugleich wird über den Glashauseffekt Wärme im Kochbereich gehalten. (Boxkochertyp)

Höchste erreichte Gefäßtemperatur: 78,4°C





### **Robert**

Die doppelt isolierte Kiste mit den Maßen 60x30x20 cm ist an der Oberseite mit einer Glasplatte bedeckt. Über einen einstellbaren 280 cm langen Reflektor wird zusätzlich Strahlung nach innen geleitet. (Boxkochertyp)

Höchste erreichte Innenraumtemperatur: 96,7°C



### **Philip:**

Der Kocher ist eigentlich ein Trocken-/Dörrgerät. In einem länglichen, schräggestellten Aufheizbereich wird Luft erwärmt und nach oben durch ein Lochgitter in den Trockenraum geleitet. Die warme Luft steigt dabei von selbst auf und wird durch einen Schlitz an der Unterseite des Heizbereichs mit nachströmender kühler Luft ersetzt. So entsteht eine ständige Luftzirkulation die zu Feuchtigkeitsentzug bei Lebensmitteln führt. (Dörr-/Trockengerät)

### **Alexander:**

Das Gerät ist eine SAT-Schüssel, deren Lackierung abgeschliffen wurde und mit Spiegelfolienteilen überzogen wurde. Der so entstandene Paraboloidreflektor wird von einem Aluminiumgestänge gehalten, das auch für die Nachjustierung Gelenke und eine Auflage für einen Kochtopf eingebaut hat. (Paraboloidkochertyp)



### **Patrick:**

Das speziell für das Würstelkochen gebaute Gerät besteht aus einer Drahtaufhängung für Glaseprovetten, die Platz für je ein Frankfurterwürstel bieten und von einer rückseitig angebrachten Reflexionsfläche bestrahlt werden. (Reflektorkochertyp)



### **Designbezogene Ebene**

Designfragen wurden bereits in den ersten Überlegungen zur Systemfindung aufgeworfen und während der gesamten Entwicklungsarbeit von den Schülern stetig erweitert. Je nach Entwurf verfolgten die Schüler die für ihr Modell notwendigen Aspekte. Alexander, Robert und Manuel mussten aufgrund der Dimensionierungen Lösungen für die Gewichts- und damit auch für die Transportfrage finden, während Thomas, Marcel und Valentin sich Gedanken zur Öffnung von Glasscheiben machen mussten.

Für alle Schüler waren allerdings die Anbringung einer Kochgeschirrauflage, die Nachführbarkeit (Sonnenstand) und der unmittelbare Anwendungsbereich (was und wievielvadavon soll gegart werden) zu klären. Gerade ersteres war für einige aufgrund der veränderbaren Reflektorteile nicht immer leicht zu lösen, da das Kochgut grundsätzlich horizontal gehalten werden sollte. Vielfältige Lösungen kamen zur Anwendung wie etwa eine manuell nachstellbare Auflage, eine mit Gegengewichten sich selbst ins Lot bringende Aufhängung, eine fixe Kochguthalterung, um die der Reflektor sich in entsprechendem Abstand und Winkel bewegt, die Entscheidung für entsprechendes Kochgut (Flüssigkeitslos), ... .

Vieles könnte noch verbessert werden, wie z.B: der Schutz von Griffen/Bedienungsteilen gegen Erwärmung oder eine bessere Beweglichkeit der Geräte.

### **Ökologische, soziokulturelle, (entwicklungs-) politische, ökonomische Ebenen**

Der Vortrag Peter Macharts über Initiativen zum Einsatz von Solarkochern in Indien zeigte viele neue Aspekte auf. In Zusammenarbeit mit dem „Barli Development Institute for Rural Women“ erhalten Mädchen neben ihrer Ausbildung auch eine umfassende Einführung in den Solarkocher SK 14, den sie über einen Kleinkredit und Förderungen erwerben können. Der Umstieg in der Kochmethode wirkt auf mehreren Ebenen: Nicht mehr mit Holz zu kochen bedeutet vor allem für die Frauen eine mehrstündige Zeitersparnis für die Holzsuche, die sie für Erwerbstätigkeiten nutzen was auch zu deren finanzieller Unabhängigkeit und zu damit sozialer Anerkennung führt. Zudem wird ein Rückgang der Abholzung erreicht, was die ökologischen Folgewirkungen verringert.

In der anschließenden Diskussion zeigte sich großes Interesse der Schüler vor allem an der sozialen Situation der Frauen in Indien. Dass ein Solares Kochgerät die Verhältnisse bei richtigem Einsatz verbessern kann, war eine neue Erfahrung für die Schüler.

### **3.2.2 Zusammenarbeit im Lehrerteam**

Die Evaluierung hat seine Ergebnisse aus Gesprächen der Beteiligten und Aufzeichnungen aus meinem Projekttagebuch.

An der Projektplanung waren alle drei Lehrer beteiligt.

Die Zusammenarbeit bezog sich vorwiegend auf organisatorische Fragen in der Planung und Durchführung.

In der Vorbereitung zum Projektantrag gab es mehrere Vorgespräche unter den drei beteiligten Lehrern, in denen das Projektkonzept ausgearbeitet wurde und die wichtigsten Antragsdaten geklärt wurden. Wir klärten auch früh und deutlich unsere Kompetenzen und Verantwortungen für den Projektverlauf, was sich als sehr positiv herausstellen sollte. Leider musste ein Treffen aller drei Beteiligter am Ende des Projekts (letzte Schulwoche) aus Zeitgründen entfallen. Doch ist daran gedacht, unseren Erfahrungsaustausch zu „warming up“ im kommenden Herbst nachzuholen.

Die folgenden Zeilen sind persönliche Eindrücke/Schlüsse des Projektleiters Neubacher.

- Körner-Neubacher

In häufigen, kurzen Gesprächen in Pausen hielten wir uns dauernd auf dem laufenden, wodurch auch der nahtlose Übergang vom vorbereitenden Physikunterricht in den weiterführenden Werkunterricht klaglos verlief.

Auch der Austausch von Unterlagen und Ergebnissen war rege, wichtig waren auch die Informationen über den Motivations- und Leistungszustand der Klasse.

Zeitgerecht wurden alle verfügbaren Unterlagen und Fotos für die IMST Berichte bereitgestellt.

Die Gespräche verliefen sehr produktiv und in freundschaftlicher Atmosphäre und im Vertrauen in die Verlässlichkeit des anderen – die besten Voraussetzungen für eine Zusammenarbeit.

Gut hat der Austausch von Inventarausstattungen der Kustodiate funktioniert. Messgeräte, die für die Tests in TEW nötig waren, konnten aus der Physik und der Biologie über mehrere Wochen problemlos ausgeliehen werden.

Einige Details könnten allerdings noch genauer abgesprochen werden:

Im getrennt verlaufenden Unterricht in Physik und in Technischem Werken hatte jeder von uns beiden natürlich eigene Detailvorstellungen, die in den Vorgesprächen natürlich kein Thema waren.

Die Erstellung der Fragebögen könnte noch besser koordiniert werden. Inhaltliches und Sprachliches etwa könnten ebenso wie das Layout deutlicher aufeinander abgestimmt werden, um den Schülern die Einheitlichkeit des Projekts stärker zu vermitteln.

Dabei ist im Einzelfall abzuwägen, wieviel Einheitlichkeit zulasten von Individualität geht.

- Machart-Neubacher:

Die außerschulische Zusammenarbeit mit Peter Machart gestaltete sich aufgrund von Erfahrungen unkompliziert und reibungslos.

Über mail-kontakt und Telefonate war unser „warming up“ Vortrag bei der Intersoltagung, sowie der Besuch mit dem Solarkochervortrag im Unterricht organisiert.

### **3.2.3 Vorbereitung auf das neue Wahlpflichtfach DAT**

#### **3.2.3.1 Bereich Dokumentation**

##### **Lerntagebuch**

Das vorgesehene Lerntagebuch, das jede Woche 10 Minuten vor Unterrichtsschluss geschrieben hätte werden sollen, wurde von den Schülern anfangs nur sehr zaghaft geführt – bald schon ganz aufgegeben. Die mehrmalige Einforderung von Lehrerseite führte zu äußerst konfrontativen Situationen und hätten das gesamte Projekt gefährden können. Die Begründung von Schülern war einsichtig und hätte auch von mir früher beobachtet werden können: nach drei Stunden fast durchgehender auch körperlich anstrengender Arbeit, waren die Schüler oft zu erschöpft, um abschließend noch das Tagebuch zu führen. Später vorgeschlagene Alternativen, wie die Tagebuchaufzeichnungen zu Hause zu machen, wurden nicht mehr angenommen. Nach-

dem die Schüler in der Sache sehr motiviert waren und auch viel Freizeit dafür opfer-ten, kam der Entschluss, das Tagebuch als Dokumentationselement fallen zu lassen. Leider sind damit unmittelbare persönliche Erfahrungen der Schüler nicht dokumen-tiert.

### **Digitalisierung**

Als weiteres Dokumentationsergebnis war eine Zusammenfassung in digitaler Form (CD) geplant. Dazu mussten die Schüler in den Umgang mit der Digitalkamera (so-wie grundlegende Aufnahmetechniken) und dem Scanner (mit Einstellungen haupt-sächlich im SW- und Graustufenbereich (für Skizzen, Beschreibungen, ...)) einge-schult werden. Pläne konnten ihrer Dimension wegen von uns nicht digitalisiert wer-den – diese gaben wir außer Haus (Kopieranstalt).

Die Digitalkamera stand im Unterricht jederzeit zum freien Gebrauch bereit und wur-de auch permanent genutzt. Nur selten mussten einzelne Schüler darauf hingewie-sen werden, ihren Arbeitsschritt zu fotografieren oder fotografieren zu lassen.

Manchmal nahm auch der Lehrer die Kamera zur Hand, um Klassensituationen oder wichtige Details festzuhalten.

Der Scanner der TEW befindet sich in einem Raum ein Stockwerk unter dem Werk-raum, was nicht unbedingt ideal war. Er wurde vorwiegend bei Wartezeiten (Tro-ckenzeiten von Leim oder Silicon, Verfügbarkeit von Maschinen oder Werkzeug, ...) genutzt und stellte keine Probleme dar. Einige Schüler stellten hohe Ansprüche und experimentierten mit den Einstellungen am Gerät, was manchmal zu einer erhebli-chen Fülle von Daten führen konnte.

Die individuelle Zusammenstellung der verschiedenen Dokumentationsunterlagen und das Brennen der CDs übernimmt der Lehrer in den Sommerferien.

### **Zusammenstellung der Projektarbeiten:**

Die Zusammenstellungen der Projektarbeiten waren zwar nicht bei allen Schülern geordnet, jedoch durchwegs vollständig. So konnte ein guter Überblick über die Ent-wicklungsstufen erreicht werden.

Alle auch noch so unbedeutend erscheinenden Relikte sollten aufbewahrt werden. Eben-solches galt für Gedachtes. Möglichst alle Ideen, Gedanken, Variationen, Ände-rungen, ... sollten zumindest als Skizze oder kurze Notiz festgehalten werden. Dazu lag ständig Skizzenpapier zur freien Entnahme bereit.

### **Fragebogen zur Dokumentation:**

Gegen Ende des Projekts im Juli erhielten die 12 anwesenden Schüler einen Frage-bogen zur Dokumentation.

Die angeführten Fragen sollten Aufschluss über die Bedeutung der Dokumentation aus der Sicht der Schüler geben, um Rückschlüsse auf den Einsatz in der Oberstufe

ziehen zu können. Dabei wurde versucht, auf unterschiedliche Aspekte des Dokumentierens einzugehen.

Die Ergebnisse:

<i>1) Wie gerne hast du folgende Tätigkeiten zur Dokumentation ausgeführt?</i>	<i>sehr gerne</i>	<i>gerne</i>	<i>eher nicht</i>	<i>gar nicht</i>
<i>Fotos schießen</i>	8	3	-	1
<i>Ideen zu Papier/Modell bringen</i>	5	5	2	-
<i>Scannen</i>	7	2	3	-
<i>Modelle/Pläne/Kocher in Ordnung halten</i>	2	4	4	2
<i>Mappe führen</i>	3	2	6	1

Die Antworten lassen darauf schließen, dass der Umgang mit den technischen Geräten Fotokamera und Scanner weitaus beliebter als die administrativen Tätigkeiten im Rahmen der Dokumentation waren. Unmittelbar zu spüren bekam ich dies auch des Öfteren bei der Durchsicht und beim Speichern der Schülerfotos. Da waren schon mal Bilderserien mit selbstgestellten "Actionscenen" unter den dokumentarischen Aufnahmen zu finden.

Eine kreative Nutzung der Photokamera (auch unter dokumentatorischen Gesichtspunkten) der Schüler war auch von mir beobachtet worden. Z.B. das eigene Modell durch Drehen und Aufhellen mit Lichtquellen noch deutlicher in Details sichtbar zu machen, spricht für die hohen Ansprüche auf diesem Gebiet.

Im Umgang mit den Geräten war eine ebenso kreative Forscherlust festzustellen. Manche Situationen, die zu weit von der eigentlichen Werkarbeit abführten, konnte ich in begegnen, anderen, wenn ich zu sehr in der individuellen Betreuung gebunden war scheinbar nicht.

Da der Werkraum für einige Tätigkeiten (Planzeichnen, Abschleifen der Sat- Schlüssel, Lackieren, Bearbeitung großflächiger Teile, ...) ungeeignet oder zu klein war, wurde der Arbeitsbereich auch auf den Gang ausgeweitet. Diese Situation wurde natürlich auch von den Schülern als unbeaufsichtigter Bereich bei Zeiten ausgenutzt.

2) Wie schätzt du die Bedeutung deiner Dokumentation ein für:	<i>sehr groß</i>	<i>groß</i>	<i>gering</i>	<i>sehr gering</i>
<i>dich selbst</i>	-	7	4	1
<i>den Lehrer</i>	1	6	5	-
<i>die Schule</i>	-	2	5	5
<i>die Projektorganisation IMST</i>	4	5	3	-
<i>fachlich Interessierte</i>	1	4	6	1

3) Hast du über das Dokumentieren den Wert deiner Entwicklungsarbeit am Kocher schätzen gelernt?	<i>sehr</i>	<i>eher schon</i>	<i>eher nicht</i>	<i>gar nicht</i>
	1	6	3	2

Schüler neigen erfahrungsgemäß oft dazu, viele ihrer Fähigkeiten und Leistungen, die während einer Entwicklungsarbeit zur Anwendung gelangen, nicht sonderlich hoch einzuschätzen und als bedeutend einzustufen. Oft werden die fertigen Werkstücke in ihrer Bedeutung als Lernergebnis gegenüber dem Werk-/Lernprozess überbewertet.

Mit dem Ergebnis von 7 (positiv) zu 5 (negativ) für die Wertschätzung des eigenen Arbeitsprozesses muss das schon als Bewusstseinsverschiebung gewertet werden.

4) Wie würdest du die Qualität deiner Dokumentation einschätzen?	<i>sehr gut</i>	<i>gut</i>	<i>eher schlecht</i>	<i>sehr schlecht</i>
	2	8	2	0

Hier zeigt sich in den Antworten ein Bild von Schülerseite, das auch meinen Bewertungen sehr nahe kommt. Die tatsächlichen Dokumentationsergebnisse sind, für die gesamte Klasse gesehen, äußerst positiv.

Aus meiner Sicht sind sogar 4 Schüler mehr dem „sehr gut“ zuzuordnen, die beiden Meldungen zu „eher schlecht“ müssten hingegen auf „sehr schlecht“ abgewertet werden.

5) Würdest du die Ergebnisse deiner Entwicklungsarbeit aus dem Projekt gerne mit nachhause nehmen wollen?	sehr gerne	gerne	eher nicht	gar nicht
	5	4	1	2

Die Antworten zeugen von hoher Identifikation mit der eigenen Arbeit. 75% der Schüler würden ihre Geräte/Dokumentationen gerne mitnehmen, was in dieser Alterstufe bei Werkstücken nicht immer der Fall ist.

6) Würdest du deine Ergebnisse aus dem Projekt gerne anderen zeigen (z.B. in einer Ausstellung)?	sehr gerne	gerne	eher nicht	gar nicht
	6	4	2	-

Eigene (meist positive) Leistungen zu präsentieren ist für viele Schüler im Bereich des Technischen Werkens begehrt (Schaukästen, Jahresbericht, homepage, Ausstellungen, ...).

So ist auch hier ein hohes Maß an Selbstbewusstsein und Stolz in Bezug auf die eigenen Leistungen herauszulesen. Das eigentliche Ziel der Dokumentation – das selbst entwickelte Gerät in seiner Entstehung anderen zugänglich zu machen – wäre erreicht und würde dem Aufwand Sinn geben.

Knapp 80% der Schüler haben dazu ihre Bereitschaft erklärt.

Die Fragen 5) und 6) waren auch als Meinungsbild für eine im Herbst stattfindende Ausstellung bezogen, bei der die Schülerarbeiten gezeigt werden.

7) Würdest du wieder einmal eine Dokumentation zu einer eigenen Arbeit machen wollen?	sehr gerne	gerne	eher nicht	gar nicht
	3	4	2	3

Die Begeisterung für weitere Dokumentationen hält sich in Grenzen.



### 3.2.3.2 Bereich Problemlöseverhalten der Schüler

An zwei Terminen waren StudentInnen der Universität Mozarteum/Werkpädagogik im Rahmen einer Lehrveranstaltung im Unterricht anwesend. Dabei wurde das Verhalten der Schüler in zwei unterschiedlichen Projektphasen (Systemfindung, Umsetzung) beobachtet und dokumentiert.

Für beide Termine wurde derselbe Beobachtungsbogen verwendet, um über die Verschiedenheit von Schwierigkeiten und ihrer Bewältigung in beiden Projektphasen Ergebnisse zu bekommen.

Die Fragen im Einzelnen:

<i>Wie lange und wie häufig arbeitet der Schüler</i>	<i>Dauer (Min)</i>	<i>Anzahl</i>
<i>eigenständig</i>		
<i>mit Mitschülern</i>		
<i>mit dem Lehrer</i>		

<i>Wie reagiert der Schüler auf auftretende Schwierigkeiten und wie oft?</i>	<i>motiviert</i>	<i>gleichgültig</i>	<i>demotiviert</i>
<i>Ideenfindung</i>			
<i>Handwerklich –technisch</i>			
<i>Verständnis</i>			
<i>Ausdrucksfähigkeit (verbal, grafisch, modellhaft)</i>			
<i>Zeiteinteilung</i>			
<i>Sozial</i>			
<i>energetische Kapazität (Konzentration,...)</i>			
<i>Sonstiges:</i>			

<i>Wie versucht der Schüler die Schwierigkeiten zu bewältigen und wie oft?</i>	<i>eigenständig</i>	<i>mithilfe von Mitschüler</i>	<i>mithilfe des Lehrers</i>
<i>Ideenfindung</i>			
<i>Handwerklich –technisch</i>			
<i>Verständnis</i>			
<i>Ausdrucksfähigkeit (verbal, grafisch, modellhaft, ...)</i>			
<i>Zeiteinteilung</i>			
<i>Sozial</i>			
<i>energetische Kapazität (Konzentration, ...)</i>			
<i>Sonstiges:</i>			

<i>Ist der Schüler in seinen Bemühungen, Schwierigkeiten zu bewältigen, erfolgreich und wie oft?</i>	<i>eigenständig</i>	<i>mithilfe von Mitschüler</i>	<i>mithilfe des Lehrers</i>
<i>Ideenfindung</i>			
<i>Handwerklich –technisch</i>			
<i>Verständnis</i>			
<i>Ausdrucksfähigkeit (verbal, grafisch, modellhaft)</i>			
<i>Zeiteinteilung</i>			
<i>Sozial</i>			
<i>energetische Kapazität (Konzentration,...)</i>			
<i>Sonstiges:</i>			

<i>Können beim Schüler emotionale Regungen, die in Zusammenhang mit seinem Problemlöseverhalten stehen, beobachtet werden und wie oft?</i>	<i>Anzahl</i>
<i>Begeisterung</i>	
<i>Neugier</i>	
<i>Staunen</i>	
<i>Stolz</i>	
<i>Entschlossenheit</i>	
<i>Gleichgültigkeit</i>	
<i>Enttäuschung</i>	
<i>Verzweiflung</i>	
<i>Sonstige:</i>	

Da das Anführen aller 8 Detailergebnisse hier den Rahmen sprengen würde, werde ich mich auf herausragende Ergebnisse beschränken.

### **Ergebnisse gesamt gesehen**

Die unterschiedlichen Anforderungen in den beiden untersuchten Phasen, Systemfindung und Umsetzung, schlagen sich auch in den Ergebnissen nieder.

### **Ergebnisse einzelne Schüler**

Aufgrund der Einzelbeobachtungen konnten die einzelnen Schüler sehr dicht und ohne Unterbrechung beobachtet werden, was reichlich Material brachte.

Deutlich haben sich die Schülerpersönlichkeiten in ihrem Verhalten unterschieden, wobei auch deren Strategien, Stärken und Schwächen in der Problembewältigung sichtbar wurden.

So lässt sich z.B. gut erkennen, dass Schüler aufgrund ihrer Persönlichkeit ihre Arbeit in beiden Phasen kontinuierlich eigenständig weiterführen, während andere aufgrund der geänderten Unterrichtsbedingungen und -ziele in der Umsetzung verstärkt auf Mitschüler und Lehrer zurückgreifen.

Damit wird auch der Einfluss der Unterrichtsmethoden und -inhalte auf das individuelle Problemlöseverhalten deutlich.

In einigen Aspekten bin ich deutlich überrascht worden. Nach vier Jahren hätte ich gedacht, die meisten Schüler doch besser zu kennen.

So stellte sich z.B. heraus, dass ein Schüler entgegen meiner Erwartungen und Erfahrungen, viele der Tätigkeiten selbstständig durchführt und in der Problembewältigung selten auf seine Mitschüler zurückgreift. Sein kommunikatives Auftreten hat selten Bezug auf fachliche Probleme.

Probleme traten bei 2 – 3 Schülern verstärkt bzw. massiv im sozialen auf, die im ersten Fall auch durch Mitschüler, im zweiten Fall entweder gar nicht oder nur über Eingreifen des Lehrers gelöst werden konnten. Dies spiegelt die soziale Stellung der Schüler innerhalb der Klasse wider.

### **Ergebnisse der Systemfindungsphase**

Hier war das Finden und Fixieren individueller Ideen Inhalt und Ziel. Möglichst viel Unterschiedliches und Verrücktes, Außergewöhnliches und Phantastisches sollte gedacht werden. Alle Fragen der Umsetzbarkeit und andere Bedenken sollten ignoriert werden.

Die starke Forderung nach individuellem Ideenreichtum spiegelt sich auch in den Ergebnissen wider.

So war die Dauer „eigenständigen“ Arbeitens sehr hoch und lag bei durchschnittlich ca. 55 Minuten (bei maximalen 130 Minuten) - vereinzelt bedeutend höher bis 95 Minuten.

Auch die Bewältigung von Problemen gelang oft in Eigenständigkeit (ca. 75%).

Die Anforderungen an die Schüler in dieser Phase unterschieden sich deutlich von denen der Übertragungsphase.

In den Bereichen „Ideenfindung“, „Ausdrucksfähigkeit“ und „Sozial“ gab es die häufigsten und meist „motivierten“ Reaktionen. Vereinzelt sind auch Verständnisprobleme aufgetreten, die durchwegs zuerst gleichgültig behandelt wurden. Durch Gespräche mit Tischnachbarn oder Lehrer konnten daraus motivierende Erlebnisse für die Schüler entstehen.

Die Erfolgsquote bei der Bewältigung war hoch, was sich auch in den Emotionen der Schüler ablesen lässt. Viel „Begeisterung“, „Neugier“, „Staunen“ und „Stolz“ wurden beobachtet, manchmal „Entschlossenheit“ und „Gleichgültigkeit“, selten „Enttäuschung“ und nie „Verzweiflung“.

### **Ergebnisse der Umsetzungsphase**

Hier wurden die angedachten Lösungen konkret in Material umgesetzt. Dies führt in der Regel zu Neuinterpretationen des Gedachten, macht ein mehrmaliges Bauen einer Idee notwendig und erfordert viel Flexibilität und Ausdauer. Die Anforderungen an die Schüler sind komplexer und oft höher. Der reale Umgang mit Werkstoffen und die tatsächliche Verwirklichung einer Idee macht diesen Abschnitt des Projekts aber zugleich interessant.

In der Umsetzungsphase verschoben sich die Schwierigkeiten hin zu den Bereichen „Handwerklich-technisch“, häufig auch „Verständnis“ vereinzelt „Zeiteinteilung“ und auch „energetische Kapazität“.

Die geistig wie körperlich anstrengende Phase, in der die selbstständige Organisation der Arbeitsschritte für das eigene Werkstück notwendig war, führte einzelne Schüler an ihre Grenzen.

Handwerklich-technische Schwierigkeiten wurden sehr häufig gemeinsam mit Mitschülern bewältigt, in manchen Fällen auch gar nicht. Dort musste der Lehrer selbst Hand anlegen. Dabei gab es Situationen, in denen der Schüler überfordert war und andere, wo er von Gesetzeswegen nicht durfte (Zuschnitte mit der Kreissäge, Hobeln, ...).

Demotivation wurde hier des Öfteren wahrgenommen, wahrscheinlich auch deshalb, weil auch kleine Tätigkeiten (das saubere Anreißen mit dem Winkeleisen, der gleichmäßige Leimauftrag, das richtige Ansetzen von Schraubzwingen, das faltenfreie Aufziehen der Spiegelfolie, ...) und das vermehrte Angewiesensein auf die Mitschüler schneller Probleme aufwerfen und zu Enttäuschungen führen können.

Vermeehrt traten auch soziale Konflikte auf, wahrscheinlich des offeneren Unterrichts und der häufigeren Zusammenarbeit wegen.

Erstaunlicherweise blieb die Erfolgsquote ähnlich hoch, diesmal allerdings deutlich öfter durch die Mithilfe anderer als durch Eigentätigkeit.

Ähnliches gilt für die Schülermotivationen. Wenn auch die positiven Emotionen weniger häufig auftraten, hat die Zusammenarbeit in der Problembewältigung deutlich positive Spuren hinterlassen (ähnliches wurde bereits zur Teamarbeit in der Physik bemerkt).

Nur ein einziges Mal wurde „Verzweiflung“ beobachtet, und zwar als zwei Schüler im vierten Versuch beim Ansetzen von sechs Schraubzwingen zur Pressung einer Leimstelle (mit Expressleim) wieder scheiterten (Studentinnenaussage).

## **Allgemeines**

Wie sich bestätigt hat, kann auch geringes fachliches Unvermögen, in einem so komplexen und lange andauernden Vorhaben, in dem so unterschiedliche Kenntnisse und Fertigkeiten gefordert werden, zu Motivationsminderung führen.

Die Schüler sollten möglichst gut in dieser Hinsicht vorbereitet sein. In „warming up“ wurde den Schüler streckenweise zuviel zugemutet. Neue Verfahrenstechniken (Glasbearbeitung, Hartlöten, Siliconieren, ...) hätten z.B. bereits vor Projektbeginn vermittelt werden können.

Manchmal waren auch logistische Probleme, wie etwa das Fehlen von Glas nach mehrmaligem Verschnitt oder zu lange Wartezeiten nach dem Lackieren oder Siliconieren, für Demotivation verantwortlich.

Nicht selten standen dem Willen und der Lust zur Umsetzung der Kocherideen handwerklich-technische Probleme im Weg.

Je nach Schülermentalität/-fähigkeit gingen die Schüler erfolgreicher oder weniger erfolgreich damit um.

Generell war zu erkennen, dass trotz eines sehr offen ablaufenden Unterrichtsgeschehens der Lehrer wichtiger und oft letzter Rückhalt für die meisten Schüler in Fragen der Problemlösung bleibt – ob fachlich oder seltener auch im sozialen.

Die verständnisvolle Begegnung in persönlichen Gesprächen mit dem Schüler hat sich als sehr hilfreich herausgestellt. In der Stärkung seines Selbstvertrauens und der Achtung seiner bereits erbrachten Leistungen konnten Motivationstiefpunkte oft aufgefangen werden.

## **Erfahrungen von und mit StudentInnen**

Die Beobachtungsprotokolle wurden in der 2. Sitzung der Lehrveranstaltung von den StudentInnen erstellt. Dabei stand zur Diskussion, ob die Schüler darin namentlich genannt werden sollten oder nicht. Wir entschieden uns für ersteres unter der Voraussetzung, dass die Namen im Zusammenhang mit den Ergebnissen nicht weitergegeben werden. So sind auch in der vorliegenden Dokumentation keine Namen genannt.

Von StudentInnenseite wurde betont, dass die Beobachtungen aufgrund der nötigen Konzentration und der langen Dauer von je ca. 2 1/2 Stunden sehr anstrengend waren. In der Umsetzungsphase kam noch dazu, dass die Schüler oft für Tätigkeiten bei der Bearbeitung ihren Sitzplatz verlassen mussten, wodurch einige StudentInnen die Verfolgung aufnehmen mussten – und das u.U. mehrere Male.

Trotzdem empfanden die meisten die Beobachtung und Ausarbeitung der Protokolle als bereichernd.

StudentInnenreaktionen:

*„Fasziniert war ich von meinem Schüler in der Systemfindungsphase. Er beschäftigte sich über weite Strecken mit Allem möglichen, nur nicht mit der Aufgabe. Er schien desinteressiert und gelangweilt, bis Sie [Lehrer] ca. 20 min vor Unterrichtsende die Vorlage von Ergebnissen forderten. Dann strengte er sich an und fand 2 außergewöhnlich interessante Lösungen“*

*„Mir hat die Nähe zu den Schülern gefallen. Nach den 6 Stunden ist man mit seinem Schüler sehr vertraut und bekommt ein ganz gutes Persönlichkeitsbild von ihm.“*

*„Schwer war für mich, mich nicht ins Geschehen einmischen zu können. Ich habe mich oft zurückhalten müssen.“*

*„Ich habe Lust bekommen, auch so ein Kochgerät zu bauen.“*

*„Die Schüler waren fasziniert von der Sache – das war schön anzusehen.“*

*„Einmal musste ich ziemlich dringend aufs Klo, doch ich konnte nicht weg, weil es gerade so spannend für die Beobachtung war.“*

*„Nicht einfach war für mich, die beiden Zettel oft gleichzeitig ausfüllen zu müssen. Man musste häufig bei den Fragen springen, was manchmal verwirrend war.“*

## **Schülerrückmeldungen**

Die Schüler nahmen die Beobachtungen eher gelassen. Sie sind seit der 2. Klasse gewohnt, dass sich Studenten im Unterricht aufhalten. „passt scho!“

## Erste Auswirkungen von „warming up“ auf DAT

Als Erfolg der praxisbezogenen Versuche von „warming up“ für die Lehrplanentwicklung kann die Genehmigung des „DAT“ Lehrplans ohne Beanstandung und mit der Begründung des Landesschulrats für Salzburg für die Zulassung vom 19.6. 08 gewertet werden: „...vorbildhaft, gut strukturiert und dokumentiert ...“.

### 3.2.4 Weitere Eindrücke

#### Interdisziplinarität

Im Anwenden verschiedener scheinbar „fachfremder Elemente“ wurde den Schülern die Notwendigkeit und die sich daraus ergebende Bereicherung und Erweiterung für die eigene Arbeit immer klarer.

Die Fähigkeit eine Parabel konstruieren zu können, weil nur so die eigene Idee umgesetzt werden kann, führte bei einem Schüler zu einer Neubewertung der Mathematik als Fach. Er hat dafür Zeit und Energie aufgewendet (hauptsächlich in seiner Freizeit), um sich dies anzueignen. Die Einsicht, dass das Problem der Umsetzung mathematisches know how erforderlich macht, war in der Situation der selbsttätigen Anwendung gekommen. Der Wille zur Umsetzung eigener Vorstellungen war die beste Motivation für (in diesem Beispiel) mathematisches Lernen.

Ähnliche Beispiele lassen sich für das Berechnen und Konstruieren von Lichteinfallswinkel und Ausfallwinkel bei unterschiedlichen Tageszeiten, unterschiedlichen Reflexionsflächendimensionen und –proportionen belegen.

Einige neue Elemente wie z.B. das „ $\pi$ “, zeichentechnische Details (Bruchlinie, Parabel, ...) oder mathematische Formeln (Kreisflächen, -umfang, Zylindervolumen, ...) wurden je nach Bedarf während der individuellen Betreuung in der Entwicklungsphase eingeführt und von den Schülern fast selbstverständlich in ihre Arbeit miteinbezogen.

## 4 REFLEXION UND AUSBLICK

### Aus der Sicht des Technischen Werkens

#### Zeitplanung

Der außergewöhnlich häufige Unterrichtsentfall (5x 3 Wst.) im heurigen Sommersemester hat die Unvorhersehbarkeit von Planungen aufgezeigt. Obwohl die Zeit großzügig bemessen war, konnten letztendlich nicht alle Vorhaben umgesetzt werden.

Vor allem die wetterabhängigen Sequenzen (Testen, Kochen), die noch dazu am Ende des Projekts standen, waren davon betroffen. Ein früherer Beginn mit mehr Pufferzeiten hätte da Abhilfe schaffen können.

#### Fragebögen/Evaluation aus Schülersicht

Für die Schüler waren die vielen Befragungen mit der Zeit lästig geworden (schließlich waren im Laufe des Projekts insgesamt 5 Fragebögen! auszufüllen).

Deshalb möchte ich in folgenden Projekten auch andere Formen der Evaluation ausprobieren und anwenden.

#### Freiräume für Schüler

Die Frage, in wieweit den Schülern Freiräume zugestanden werden sollen, die einerseits dem Fortgang der Arbeit wie der Motivation dienen, andererseits aber auch für andere als unterrichtsbezogene Tätigkeiten „missbraucht“ werden könnten, haben sich des Öfteren gestellt.

Kreative Atmosphäre bedeutet auch – und vor allem – Freiräume auch für Blödsinniges und Spaßhaftes offen zu lassen. Sich von Zeit zu Zeit abzulenken und den Kopf wieder einmal frei zu bekommen. Dass dies auch in professionellen Kreativbüros so gesehen wird, zeigen unzählige Beispiele. (im neuen Forschungszentrum von Google in Zürich, dem Google-Lab, steht den ca. 300 Forschern eine bunte Spielwiese für unterschiedliche Bedürfnisse offen mit z.B. Rutschen und Feuerwehrstangen für schnelle Wege nach unten, Seilbahnkabinen, Iglus und Zelte als private Rückzugsmöglichkeiten, Hängematten für die Entspannung, einen 24 Stunden nutzbaren Fitnessbereich, ...).

#### Leistungsfeststellung

Es wurde der Versuch unternommen, das Thema Leistungsbeurteilung möglichst aus dem Unterricht und damit aus dem Bewusstsein der Schüler fernzuhalten. Fragen wie „was ist das für eine Note?“, „worauf stehe ich?“, „wenn ich das noch poliere, bekomme ich dann ein sehr gut?“ wurden vom Lehrer auf die inhaltliche Ebene zurückgeführt und häufig mit Gegenfragen beantwortet, wie etwa „denkst du, wenn du polierst, dass die Leistungsfähigkeit deines Geräts erhöht wird? Aber warum?“.



Leistungsdruck – wenn erforderlich – wurde nie über die Beurteilung, sondern über Hinweise auf Abgabetermine, Veranstaltungen (Intersoltagung), Unterrichtsende, Prozessabläufe, ... ausgeübt.

So wurden die Leistungen nicht an standardisierten Richtlinien gemessen, sondern an den individuellen Fähigkeiten zur Bewältigung der in einem kreativen Prozess auftretenden Situationen. Dabei war es notwendig, ein „Richtig und Falsch“ durch ein „Besser und Schlechter“ als Idee zu ersetzen, wie es auch in künstlerisch-angewandten Fachgebieten (Design, Architektur) bei Qualitätszuschreibungen üblich ist. Dies wurde auch von den Schülern in den Projektvorstellungen im Plenum als Feedbackregel eingefordert.

Die Leistungen waren äußerst vielfältig und unterschiedlich, sodass eine einheitliche Abschlussnote für das Projekt nicht möglich war, sondern mehrere Teilnoten die Vielschichtigkeit der Leistungen zum Ausdruck brachten.

Diese Art der Leistungsfeststellung war zwar aufwendig, weil Fähigkeiten auf unterschiedlichen Ebenen mit einzubeziehen waren, wurde von den Schülern allerdings sehr positiv aufgenommen, wie z.B.:

*„super, ich habe gar nicht gewusst, dass so eine verrückte Idee ein sehr gut sein kann!“*

*„obwohl meine Arbeitsmodelle so schlampig gemacht sind, bekomme ich darauf ein sehr gut?“ – Antwort des Lehrers „Ja, weil in Arbeitsmodellen die Qualität der umgesetzten Idee, nicht aber die der Verarbeitung wichtig ist.“*

Die Besprechung der Leistungsfeststellungen geschah in persönlichem Gespräch zwischen dem Lehrer und dem jeweiligen Schüler, um in Begründungen Beurteilungen verständlich zu machen..

### **Werktechnische Bedingungen für die Modellphasen**

Um möglichst rasch und deutlich viele Ideen umsetzen zu können und nicht durch Probleme in der Modellherstellung eingeschränkt zu sein, hatten die dafür eingesetzten Werkstoffe hauptsächlich 3 Kriterien zu erfüllen. Sie mussten

- 1) von den Schülern leicht und schnell zu be- und verarbeiten sein,
- 2) billig sein und
- 3) leicht und schnell zu verbinden sein

Dies erfüllten hauptsächlich eine doppelte Wellpappe, Holzleisten (mit unterschiedlichen Querschnitten und Dimensionen), Alufolie, Aludrähte (in unterschiedlichen Durchmessern) und Klarsichtfolie.

So wurden innerhalb von 6 Werkstunden (= 2 Unterrichtseinheiten zu je 3 Unterrichtsstunden) bis zu 8 Arbeitsmodellen bzw. 3 Proportionsmodelle je Schüler umgesetzt.

Der Vorteil dieser schnell zu erstellenden Modelle liegt in der Unmittelbarkeit der Umsetzung der Ideen – ähnlich einer Skizze. Dabei werden allerdings viele technische, wie konstruktive Situationen simuliert, die in der 2-Dimensionalität einer Skizze nicht relevant werden. Probleme können frühzeitig auftreten, erkannt, Lösungen angedacht und Änderungen schnell angebracht werden, die in einem widerstandsfähigeren Werkstoff weitaus aufwendiger zu machen wären.

An dieser Stelle möchte ich der Firma *Moosburger* aus Strasswalchen für die materielle Unterstützung mit Wellpappe in großen Mengen recht herzlich danken.

### **Schülerdokumentation**

Im Nachhinein gesehen denke ich, dass die individuellen Schülerdokumentationen bereits im Physikunterricht hätte beginnen und die Erfahrungen miteinbezogen hätten werden sollen.

### **Weitere Erfahrungen**

Im Rahmen des Projektverlaufs haben sich wichtige Erfahrungen eingestellt, die nicht zuletzt durch persönliche Kontakte entstanden sind.

Beim Schwerpunktworkshop brachte der Kontakt mit Prof. Jenewein neue Impulse in der Auseinandersetzung mit „technischem Denken“ sowie der Vermittlung technischer Inhalte im Unterricht. Ebenso die Ausführungen und das Feedback zum eigenen Projekt im Einzelgespräch von Prof. Schmidkunz waren bereichernd.

Auf der Solartagung konnte ich mich mit Experten aus der Solarkocherentwicklung über technische Fragen unterhalten und bekam wertvolle Hinweise und Anregungen in dieser Beziehung.

Persönliche Gespräche und Literaturangaben waren dabei sehr förderlich.

Das Schuljahr 07/08 entwickelte sich für mich zu einem der arbeitsintensivsten seit Beginn meiner Lehrertätigkeit. In diese Zeit fiel nun auch „warming up“, das ich als „IMST – Neuling“ zu betreuen hatte. Dabei kam viel und unerwartete Arbeit auf mich zu, die bewältigt werden wollte, was nicht immer leicht und termingerecht geschah.

Für weitere IMST-Projekte habe ich mir ein zeitigeres Einreichen von Abrechnungen und Berichten vorgenommen.

Trotzdem bin ich froh, dass ich die vielfältigen Erfahrungen habe machen können (auch wenn es erst am Ende des Projektberichts leicht fällt, dies zu schreiben) und möchte den verantwortlichen BetreuerInnen für ihren Einsatz dabei danken.

Mag. Erwin Neubacher

# LITERATUR

SCHMIDKUNZ, H., LINDEMANN, H. (2003). Das Forschend-Entwickelnde Unterrichtsverfahren. Hohenwarsleben: Westarp Wissenschaften

SEIFERT, I. (2006). Solares Kochen mit dem Parabol-Kocher. Neuötting: Eigenverl.

SCHUPPLI, I., HINTERER, B. (1913). Grabnerhof-Kochbuch - Mit besonderer Berücksichtigung der Kochkiste - Zum Gebrauche für Hausfrauen des Mittelstandes. Wien

URBAN, E. (Hg.) (1909). Ich kann kochen! Das Buch von der natürlichen Ernährung des Menschen. Berlin: Ullstein

Sonstige Quellen:

NEUBACHER, E., MÜHLFELLNER, B., SCHWAB, A. (7.5.2008). Lehrplan für den Wahlpflichtgegenstand „Design – Architektur – Technik“ am WRG Salzburg

Internetadressen:

<http://www.mallorcaweb.net>

(24.4.2007)

<http://www.wuerttemberg.vcp.de>

(24.4.2007)

<http://www.die-maus.de>

(24.4.2007)

<http://www.mueller-solartechnik.com>

(24.4.2007)

<http://www.solarofen.de>

(24.4.2007)

<http://www.solarcooking.org>

(26.4.2007)

<http://www.cuisinesolaire.com>

(26.4.2007)

<http://www.sfdrs.ch>

(26.4.2007)

# ANHANG



Systemvorstellung



Modellphase



Intersoltagung



Funktionstest/Kochen