

„UNSERE UHREN GEHEN FALSCH!“

- Highlight mit Sonnenuhren in Technischer Werkerziehung -

Mit dieser lapidaren Behauptung an der Tafel überraschte ich eine neu übernommene Lerngruppe in Technischer Werkerziehung, die sich aus Mädchen und Burschen zweier typengemischter 4. AHS – Klassen zusammensetzte, am Beginn des Unterrichtsjahres 2007/08. Die Provokation löste erwartungsgemäß Verwunderung aus und schon bald entbrannte eine angeregte Diskussion, die uns ohne Umschweife zu Sonnenuhren, „natürlicher“ Zeitmessung und verschiedenen „Gangarten“ von Zeitmessinstrumenten führte.

Damit gelang die Initialzündung für das im Trägerfach ganzjährig durchgeführte Projekt „**Sonnenuhren**“ als Teil des komplexen Themenbereichs „**Umbra docet. Der Schatten lehrt?**“ aus Bildnerischer Erziehung, an dem sich phasenweise weitere Fächer mit den Subthemen Licht, Schatten und Zeit beteiligten. „Umbra docet“ ist mehr als ein oft zitierter lateinischer Sinnspruch auf Sonnenuhren. Die im Titel versteckte Frage weckte Neugier und regte zu eigenständigen Beobachtungen, Forschungen und weiterführenden Fragen an:

- ◇ Wo begegnen uns Schatten werfende Objekte?
- ◇ Unter welchen Bedingungen treten Schatten auf?
- ◇ Welchen Nutzen bringt uns die Wahrnehmung von Schatten im Alltag?
- ◇ Mit welchen Methoden lassen sich Schatten beobachten und aufzeichnen?
- ◇ Was vermag die Auseinandersetzung mit Schatten zu lehren?
- ◇ Schattenwerfer¹ auf Sonnenuhren und die Wissenschaft von der Gnomonik²

Auf diese Weise wurde das Thema „**Licht**“ von hinten aufgeklärt und ließ uns unvermittelt in das Projekt einsteigen.

1 Themenwahl und Intentionen:

Die Gnomonik ist nicht explizit im Lehrplan der Technischen Werkerziehung enthalten, verbindet jedoch in idealer Weise alle abzudeckenden Bereiche: Architektur, Technik und Design. Orientiert an der Lebenswelt der Schüler/innen beschritt ich damit pädagogisch-didaktisches Neuland, um die Ressourcen des Faches mit human- und naturwissenschaftlichen Inhalten zu bündeln und meine beruflichen und privaten Interessen – Kunst, Kultur, Technik und Philosophie - Sinn stiftend mit den Bildungs- und Erziehungszielen der AHS zu verschmelzen. Meine Herausforderung bestand darin, Methoden zu erarbeiten, die das Interesse an astronomischen Sachverhalten wecken und schwer fassbare Inhalte für eine 8. Schulstufe be-greif-bar werden lassen.

Mit der Unterrichtsentwicklung wollte ich exemplarisch aufzeigen, wie Schüler/innen für technische Inhalte zu begeistern und was diese zu leisten imstande sind, wenn

¹ gnomon (griech. Weiser, Zeiger) – Der Schattenstab ist das älteste bei Babyloniern, Chinesen, Inkas und Griechen benutzte Gerät zum Messen der Sonnenhöhe. Die einfachste Form der Sonnenuhr ist ein senkrecht auf horizontaler Unterlage stehender, Schatten werfender Stab.

² Gnomonik - Wissenschaft von Sonnenuhren

sie Lernangebote annehmen, ihren Interessen entsprechend gefördert werden und die zur Selbstverwirklichung erforderlichen Spielräume - im wörtlichen und übertragenen Sinn – erhalten und für sich zu nützen lernen. Als Lehrer/innenaus- und -fortbildnerin (Arbeitsgemeinschaftsleiterin der Technischen Werkerziehung für Wien und Betreuungslehrerin für Studierende und Praktikant/innen) bin ich bestrebt, die Akzeptanz des beliebten Faches in der Öffentlichkeit zu heben und technisch wie naturwissenschaftlich potenten Nachwuchs auf allen Ebenen heranzubilden, um das hohe technische Niveau unserer Gesellschaft auch in Zukunft zu sichern. Denn ein eklatanter Mangel an Technikstudent/innen und der dringende Bedarf an Fachleuten stehen in krassem Widerspruch zum ursprünglichen Interesse und einschlägigen Begabungen der Schüler/innen.

Der Werkstattcharakter des Faches ermöglicht eine intensive Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Teilproblemen und deren visuelle, haptisch-räumliche Darstellung in Denk- und Handlungsmodellen, die zu einem tieferen Verständnis ausgewählter Inhalte führen. Nach meiner Auffassung einer höheren Allgemeinbildung darf die Einbettung der Technik in humanwissenschaftliche Aspekte ebenso wenig fehlen, da jede Erfindung durch Gebrauch Spuren im Lebensrhythmus, in der Auffassung vom Leben und in der Lebensweise einer Kultur zeichnet. Im technisch – kreativen Bereich gestatten spezielle Transfermöglichkeiten das Übertragen von Erfahrungen und Kenntnissen auf andere Bereiche, sodass über die Entfaltung der Kreativität zugleich das kreative Moment im wissenschaftlichen Denken gefördert werden kann. Kreatives Lernen geht nicht ausschließlich vom Lernerfolg aus. Es orientiert sich an Lernverhaltensformen wie aktives und selbständiges Tun und kreativen Äußerungen bei der Problemsuche, Produktion von Ideen und der Einschätzung von Lösungsalternativen.

1.1 Inhaltliche Aspekte:

Sonnenuhren sind aufschlussreiche und bedeutende ästhetische **Kulturdokumente** früher menschlicher Beobachtungs- und Erfindungsgabe, die nicht nur zum Verständnis von Alltagsphänomenen beitragen, sondern auch frühere Epochen und fremde Kulturen in einem anderen Licht erscheinen lassen. Neben den ersten Werkzeugen dürfte die Sonnenuhr eine der ältesten Erfindungen des Menschen sein, die wie der Hammer oder einfache Hebel noch heute funktionieren. Das Spiel des Lichtes macht den **Ablauf kosmischen Geschehens** sichtbar und führt auf augenscheinliche Weise zum Ursprung des Zeitmaßes zurück. Der frühe Mensch - in seinem Wirken und Werken völlig abhängig vom Tagesgang der Sonne - hatte rasch gelernt, den Wanderweg des Schattens durch feste Markierungen zu kennzeichnen und damit Tages- und Jahreszeit abzulesen - in allen Erdteilen und Kulturen.

In der naturhaften Ursprünglichkeit liegt der besondere Reiz und ideelle Wert eines Sonnenuhrzifferblattes, über das der Schatten eines Stabes nach eigenen Gesetzen hinweg zieht. Deshalb erfordert das Betrachten einer Sonnenuhr verglichen mit uns vertrauten Chronometern etwas geistige Arbeit. Das Thema **Zeit** kann kaum anschaulicher erarbeitet werden. Der körperlich-sinnliche Zugang zur Welt macht den Menschen im Mittelpunkt der Zeitmessung erlebbar und das Verstreichen von Zeit anhand des Wanderweges von Licht und Schatten mit allen Sinnen bewusst wahrnehmbar. Je nach Typus und Konstruktion können Sonnenuhren verschiedene

Zeitangaben machen: Die **Wahre Ortszeit (WOZ)**³ orientiert sich am scheinbar unregelmäßigen „Gang“ der Sonne und galt noch zu Goethes Zeiten. Sie unterscheidet sich von der für eine Zeitzone offiziellen „**Mittleren Ortszeit**“ (**MOZ**)⁴. Aber auch diese aus dem Streben nach Vereinfachung bewusst erzeugte Ungenauigkeit der Zeitmessung nach einer mittleren, „gedachten“ Sonne mit gleichförmig angenommener Bewegung löste nicht alle Probleme. Als die XII – Uhr - Linien der Wahren Ortszeit durch die Achterschleife⁵ der Mittleren Ortszeit ersetzt oder ergänzt wurden, blieben dennoch die Zeitunterschiede von Ort zu Ort – ein Umstand, der bei der Fahrplangestaltung seit der Erfindung der Eisenbahn zu erheblichen Schwierigkeiten führte. Seit 1893 wurde das Problem durch eine künstliche Gleichschaltung der Uhren für bestimmte **Zeitzone**n umgangen, nach denen das Zeitquantum alle 15 Längengrade um 1 Stunde springt⁶. Seither unterscheidet sich die Wahre Ortszeit von den gesetzlich vereinbarten Zonenzeiten, wie z. B. der **Mitteleuropäischen Zeit (MEZ)**, die der Mittleren Ortszeit des 15. Längengrades Ost (Görlitz-Gmünd) entspricht. Nur an 4 Tagen im Jahr (16. April, 15. Juni, 1. September und am 26. Dezember) stimmen MOZ und MEZ überein, da beide Zeitmessungen zusammenfallen. Die sonst wirksame Differenz zwischen Wahrer und Mittlerer Ortszeit wird in der Zeitgleichung ausgedrückt und kann maximal 16,4 bzw. - 14,3 Minuten betragen⁷. Mit der Einführung der **Sommerzeit (MESZ)** haben wir uns von der natürlichen Zeitmessung einen weiteren Schritt entfernt. Die Mitteleuropäische Sommerzeit (**MESZ**) ist der „Normalzeit“ (MEZ) um eine Stunde voraus und in den meisten europäischen Ländern von Ende März bis Ende Oktober gültig. Die zwei Mal jährliche Zeitumstellung lässt uns spüren, welchen Einfluss das körperliche Zeitempfinden auf unseren Lebensrhythmus nimmt.

Das aus heutiger Sicht scheinbare „Falschgehen“ von Sonnenuhren verglichen mit dem gleichmäßigen „Gang“ der Zahnräder mechanischer Uhren führt zur Beschäftigung mit Zeitdifferenz, individuellem Zeitempfinden, der Zeitauffassung verschiedener Epochen und Kulturen und zur **Relativität des Zeitbegriffs**.

Für die vertiefende Bearbeitung selbst gewählter Themen organisierte ich eine **Freiarbeitsphase**, die den Schüler/innen Gelegenheit bot, technische Wissens- und Lernfelder nach individueller Interessenslage mit anderen Bereichen zu verbinden, z. B. Entschlüsselung von Chronogrammen auf Sonnenuhren, Berechnungen der Sonnenzeit des Mondes, Stundenteilung des Tages, Zeitrechnung verschiedener Kalender, Sonnenkulte, Farbherstellung in der Antike, Nachtsichtgeräte, Neonwerbung u.v.a. Die eigenverantwortliche Organisation sprach v. a. Begabte und Hochbegabte an und eröffnete ihnen neue Perspektiven für künftige Studien.

³ Die Wahre Ortszeit richtet sich nach dem Kulminationspunkt der Sonne um 12 Uhr im Zenit (Wahrer Mittag).

⁴ Zum Einrichten mechanischer Zeitmessgeräte auf Kirchtürmen wurden weiterhin Mittagshuhren (WOZ) verwendet. 1842 wurde am Straßburger Münster eine Sonnenuhr zur Gangkontrolle der Turmuhr angebracht!

⁵ Die Stundenlinien auf den Zifferblättern von Sonnenuhren können so gestaltet sein, dass sie unmittelbares Ablesen der um die Zeitgleichung korrigierten Zeit erlauben (Analemma).

⁶ Da sich der Verlauf der Zeitzone nicht nur an geografischen, sondern auch an praktischen und politischen Vorgaben orientiert, kann die Differenz der gesetzlichen Zeit zwischen zwei Orten auch größer oder kleiner als die Ortszeitdifferenz sein.

⁷ Die täglichen Differenzen lassen sich feststellen, indem man die Wahre Zeit der Sonne von der Mittleren Zeit der Räderuhren abzieht (MZ – WZ).

1.2 Maßnahmen und Methoden:

Selbstständigkeit und **Selbsttätigkeit** sind Bestandteile jeder Problemlösung und dem verbundenen Erkenntnisgewinn, weshalb ich Wissensinputs auf ein unverzichtbares Maß beschränkte und die Informationsbeschaffung durch Schüler/innen in die laufende Unterrichtsgestaltung einbezog. Dieser Aspekt mit Angeboten und Anregungen zum Probieren und Experimentieren versprach einen spannenderen und interessanteren Unterricht für alle Beteiligten, zumal er von der Lerngruppe mitgetragen wurde. Der von verschiedenen Materialien ausgehende Reiz weckte Lust auf Berührung und Bearbeitung, ein Wahrnehmungsangebot, das besonders den Tastsinn und die oft vernachlässigten **taktilen Lerntypen** anspricht, die sich im Wahlfach Technische Werkerziehung erwartungsgemäß zahlreich finden.

Abb. 1: Der vom Material ausgehende Reiz spricht taktile Lerntypen besonders an ...

Anstatt detaillierte Anleitungen anzubieten, die zu passivem Verhalten und unreflektiertem Tun verleiten, lag das Hauptaugenmerk auf dem eigenständigen Lösen von Problemstellungen, die ein Ausbrechen aus alten Denkmustern bewirken und kreative Denk- und Handlungsstrategien in Gang setzen. Offenheit und Neuheit von Problemsituationen forderte zu aktiver Auseinandersetzung mit widersprüchlichen Situationen heraus. Selbständiges Umsetzen von Wissen in Tätigkeit und Kreativitätstechniken sollten zur **Problemlösungskompetenz** führen, der Fähigkeit, Probleme schnell erkennen, definieren, brauchbare Lösungen aufspüren, Lösungsalternativen entwickeln und Entscheidungen erfolgreich treffen zu können. Erfolgsnachweise und Kommunikation kurbeln die Motivation an.

Wer Neues wagt, muss und darf auch Fehler machen! Eine veränderte Einstellung ließ diese als wertvolle Hinweise auf noch „Fehlendes“ gelten. Denn ein Lernen aus Fehlern ist effizienter als jede andere Lernform. Mitunter brachte ein „produktiver Irrtum“ entscheidende Anregungen für den weiteren Lernvorgang oder die richtige Lösung. Bei individuellen Problemen befähigte Hilfe zur Selbsthilfe. Dem persönlichen Gespräch kam dabei besondere Bedeutung zu.

Die Konzeptentwicklung schloss das Finden von Lern- und Lösungswegen durch Aneignung systematischer Vorgangsweisen (Methoden und Werkzeuge, Checklisten für die Selbstorganisation benötigter Materialien oder Unterlagen), Wahrnehmung aus verschiedenen Perspektiven und Herstellen neuer Querverbindungen ein – Fähigkeiten, die im Idealfall zum selbständigen Erwerb neuer Kenntnisse und Fertigkeiten führen. Besonders bewährte sich die **Dokumentation individueller Aufgabenbewältigung** durch Skizzen von Einfällen für geeignete Hilfsmittel, Messergebnisse, Berechnungen, Konstruktionen oder Fotografien.

Das Prinzip der Offenheit für persönliche **Schwerpunktsetzungen** und **innere Differenzierung** entspricht einer adäquaten Förderung aller Schüler/innen, indem sie persönlichen Neigungen nachgehen und individuelle Ziele verwirklichen dürfen. Die breit gefächerten Interessen und Fähigkeiten der Lerngruppe unterstützte weiters die Gliederung der Arbeitsaufträge in ein **Pflichtprogramm** und Anregungen für **Alternativ- und Ergänzungsaufträge**, deren Schwierigkeitsgrad ohne Grenze nach oben offen blieb. Indem die Schüler/innen zwischen „müssen“, „können“, „dürfen“ und „wollen“ differenzierten, variierten die konkreten Lerninhalte im selbst zu wählenden Umfang, Anspruch und Bearbeitungsmodus. Werden leistungsdifferenzierte Angebote angenommen, profitieren (Hoch-)Begabte davon mehr als andere. Zwischengestaltete **Selbstevaluationen** über persönliche Ressourcen (z. B. ein Schwächen-Stärken-Profil) verbesserten die Lernerfolge und Selbsteinschätzung aller Schüler/innen, besonders jene der Unsicheren.

2 Aufbau und Inhalt der Arbeitsaufträge:

Das Planen, Konstruieren und Bauen von Sonnenuhren erfordert fachspezifische Kenntnisse der „Astronomie des Alltags“. Zumal Oberstufenschüler/innen, aber auch Erwachsene, oft sehr wenig über den scheinbaren Tages- und Jahreslauf der Sonne wissen, führten meine Interessen zur Forschungsfrage, durch welche Methoden sich Grundlagen der Gnomonik an 13- bis 14- jährige Schüler/innen herantragen ließen.

Als Arbeits- und Lernmittel bieten Sonnenuhren eine Fülle von Möglichkeiten für die Selbsttätigkeit der Schüler/innen, bei der sie durch Beobachten, Messen, Tüfteln und Probieren spielend lernen und eine Reihe von Schlüsselqualifikationen für das Schulleben, ein Studium oder den Beruf, aber auch für das künftige Privatleben erwerben und trainieren können. Langzeitarbeit mit Sonnenuhren vermag u. a. auch zu Ausdauer, Geduld und Exaktheit heranzubilden – Qualitäten, die alle anderen Fächer von Schüler/innen voraussetzen - und damit einen bedeutenden Beitrag zur Persönlichkeitsbildung und Lebensbewältigung zu leisten.

Das Technikprojekt sah individuelle Erfahrungen beim Erproben von Kreativitätstechniken und selbständiger Planung von der Idee bis zur realen Umsetzung ästhetisch-funktionaler Produkte vor. Das Grundkonzept berücksichtigte fachliche und persönliche Anforderungen, bei deren Durchführung im Wesentlichen folgende Schritte zu bewältigen waren:

- ◇ Versuche mit Licht und Schatten
- ◇ Zifferblattkonstruktion und Planung verschiedener Sonnenuhrtypen
- ◇ Finden von Lösungswegen und Methoden für Problemstellungen mit steigendem Schwierigkeitsgrad
- ◇ Reflexion von „Irrwegen“ und erfolgreichen Problemlösungen
- ◇ Bearbeitung verschiedener (teilweise frei zu wählender) Materialien unter fachgerechtem Einsatz von Werkzeugen und Maschinen
- ◇ Funktionstests der entwickelten Sonnenuhrmodelle

Schrittweise aufbauende Herausforderungen und eine Gliederung des Projektablaufs in drei Phasen erwiesen sich sinnvoll: Die Erkundungsphase konzentrierte sich auf verschiedene Methoden der „Aufzeichnung“ beobachteter Alltagsphänomene. In der zweiten Phase der Grundlagenvermittlung wurden erste Problemlösungsversuche unternommen, Wissen in Tätigkeit umgesetzt und bei der Anfertigung einfacher Modelle vertieft. Die dritte Phase war komplexen Aufgaben mit stark individueller Note, unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad und der Selbstverwirklichung der Schüler/innen gewidmet.

Die einzelnen Problemstellungen hatten Aufforderungscharakter, dienten der Informationsverarbeitung, führten zur kritischen Bewertung der eigenen Produkte und reichten über positive Verstärkung bis zu Transfermöglichkeiten.

2.1. Erkundungsphase:

Bei der Alltagswahrnehmung ansetzend regte ich zu Beobachtungen und Messungen von Schatten an, die den Einfluss von Licht auf unsere Körper- und Raumwahrnehmung belegen. Die erste Aufmerksamkeit galt dem Erkunden des Sonnenstands und dessen Auswirkungen auf Schattenlänge und Schattenform.

Soweit es die Wetterlage im Herbst noch zuließ, wurden diese Aktivitäten im nahe gelegenen Park durchgeführt. Einige setzten das gegenseitige Vermessen des eigenen Körperschattens in den Pausen sonniger Schultage fort und hielten die Daten mit Angabe der Tageszeiten in einer Tabelle fest. Andere beobachteten die Besonnungszeit bestimmter Fenster (in der Schule oder daheim) oder zeichneten Objektschatten im Tagesverlauf auf. Je nach selbst gewählter Aufgabe erprobten die Schüler/innen hierbei einfache Techniken der Problemlösung.

Abb. 2: Schachfigur: Objektschatten im Tagesverlauf (fotografische Aufzeichnung)

Um nähere Zusammenhänge über astronomischer Alltagsphänomene klären und allenfalls Wissenslücken schließen zu können, erhob ich relevante Vorkenntnisse (Tagbogen, Sommer- und Wintersonnenwende, Tag- und Nachtgleiche, Sonnendeklination etc.) und übte den richtigen Gebrauch geografischer und astronomischer Fachtermini. Einzelne Interessierte recherchierten eigenständig weitere relevante Fakten und entdeckten bereits in dieser Projektphase persönliche **Potentiale**, die sie zu selbständigen Leistungen mit sukzessiv steigendem Niveau anspornten und zur Vertiefung persönlicher Interessen befähigten.

Abb. 3: Fotografische Licht- und Schattenstudie: Versuchsanordnung verschiedener Körper

Veränderungen des Tagbogens der Sonne im Jahresverlauf waren unmittelbar während der Unterrichtszeit am späten Nachmittag wahrzunehmen. Einflüsse von Körper, Raum und Licht auf den Schattenverlauf demonstrierte ich anhand von Stäben als Schattenwerfer auf flache, verschieden gerichtete und gekrümmte Flächen. Zur weiteren Veranschaulichung von Tages- und Jahreszeiten dienten eine Styroporkugel (Sonne), der Globus und ein Scheinwerfer zur Simulation im verdunkelten Werkraum. Auf diese Weise konnten die Schüler/innen mitverfolgen, dass der Terminator (Licht-Schatten-Grenze) über die Oberfläche einer Kugel wandert wie auf unserem Planeten. Erforderliche Inputs wurden mit reichhaltigem Bildmaterial belegt und die Unterrichtserträge mit Skizzen in der Projektmappe festgehalten: Der Schattenwerfer einer Sonnenuhr – meist ein Polstab oder Polfaden - muss parallel zur Erdachse, der Verbindungslinie der beiden Pole, ausgerichtet sein. Die Zeigerachse ist unter dem Winkel ϕ der Erdachse geneigt und liegt bei □ Stabzeigern in der Mitte des Querschnittes, bei massiven Zeigern unmittelbar auf der Schatten erzeugenden Kante. Das Gnomon dringt im Zeigerfußpunkt F in die Zifferblattfläche ein, wo die Stundenlinien strahlenförmig zusammenlaufen. Bei erdachsparellen Zifferblättern liegt der Fußpunkt im Unendlichen.

2.2. Grundlagen der Gnomonik und Umsetzung:

Die erworbenen Kenntnisse waren beim Bau einfacher Sonnenuhrmodelle anzuwenden. Für das instruktive Modell einer Kugelsonnenuhr standen Styroporkugeln, Holzstäbe, Sperrholzplatten und Holzreste als Ausgangsmaterialien zur Verfügung.

Abb. 4: Wanderweg des Schattens

Abb. 5: Stundenebenen

2.2.1 Bau einer Kugelsonnenuhr (Problemstellungen und Lösungen):

Abb. 6: Kugel- und Globussonnenuhr

1. Durchbohre die Kugel exakt von Pol zu Pol und erfinde eine Vorrichtung, um die Polachse im Neigungswinkel der Erdachse auf einer Grundplatte zu montieren -

eine Schrägbohrung im Montagebrett ist zu vermeiden! Fertige dazu Werkskizzen und einen genauen Plan im M 1:1 (cm) an.

- ◇ Interessante Lösungen waren z. B. Auflager (Holzquader) mit gefeilter oder gebohrter Nut für den Holzstab, wobei die Neigung durch Absägen eines Keils im erforderlichen Winkel hergestellt wurde, oder eine gefräste Mulde, in der die Styroporkugel zu liegen kam, mit Bohrung zum stabilen Fixieren der Erdachse.
2. Erfinde eine Hilfsvorrichtung, um auf dem Äquator im präzisen Abstand von 15-gradigen Stundenwinkeln die vollen Stunden zu markieren und die Meridiane zu kennzeichnen. Der XII-Uhr-Meridian ist hervorzuheben.
 - ◇ Kreisberechnungen aus Mathematik waren zu diesem Zeitpunkt noch nicht bekannt, weshalb die meisten empirische Methoden durch Abmessen des Äquatorumfangs mit Papierstreifen oder Faden bevorzugten. Einige teilten die Gesamtlänge in 24 gleich große Teile oder halbierten und viertelten den Faden. Manche markierten die ermittelten Abschnitte auf dem Äquator mit farbigen Stecknadeln und spannten schwarze Nähseide zwischen den Köpfen als Stundenmeridiane von Pol zu Pol. Andere drückten die Meridiane mit einem gebogenen Draht ein und zogen die Rillen farbig nach. Ein mathematisch Hochbegabter stellte eine dreidimensionale Karton-Schablone mit 15°- Winkelabstand zum Anlegen und Zeichnen der Meridiane auf der Kugeloberfläche her.
 3. Entwirf eine passende Form der Montageplatte aus Sperrholz (mit Themen- und Proportionsbezug) und fertige Werkskizzen und Plan im M 1:1 (cm) an.
 - ◇ Die Montageplatten nahmen die Form eines Auges, eines kreisförmigen Ausschnitts der Erdoberfläche, eines Stufentempels in Anlehnung an die Kultur der Maya oder einer Initiale des Namens an.

Abb. 7: Kugelsonnenuhr: Schülerarbeit

2.2.2 Funktionstest der Kugelsonnenuhr (Anweisungen + Lösungen):

Erkunde die „Aussagekraft“ deiner Kugelsonnenuhr. Notiere deine Beobachtungen in der Projektmappe und fertige nach Möglichkeit eine Fotoserie an, mit der du den Schattenverlauf zu unterschiedlichen Besonnungszeiten dokumentierst.

1. Richte den XII – Uhr – Meridian deiner Kugelsonnenuhr an einem Sonnen beschienen Platz mit dem Kompass in der N – S – Ebene aus.
 - ◇ Ein beim Nordpol herausragender Stab als Schattenwerfer ermöglicht eine stündliche Zeitablesung.
2. Ersinne Möglichkeiten zur Simulation der Sonneneinstrahlung, falls sich die Sonne nicht zeigen sollte. Ermittle durch systematische Beobachtungen, wie der Terminator über die Kugeloberfläche wandert.
 - ◇ Um 12 Uhr **Wahrer Ortszeit (WOZ)** verläuft der Schatten entlang der Meridiane, sonst schräg über die Kugel.
3. Beachte, dass die Stundeneinteilung auf dem Äquatorkreis jedem 15. Längengrad der Erdoberfläche entspricht. Welche aufschlussreichen Einblicke in die Beleuchtungsverhältnisse der Erde kann eine derartige Uhr vermitteln?
 - ◇ Dieser Sonnenuhrtyp zeigt den jeweiligen Sonnenauf- und Sonnenuntergang, den Wahren Mittag sowie einen unscharfen **Dämmerungsbereich**.
4. Vergleiche die herausgefundenen Ergebnisse mit jenen deiner

Mitschüler/innen.

2.2.3 Freiwilliger Ergänzungsauftrag: Globussonnenuhr

- a) Bringe zur leichteren Zeitmessung an beiden Polen des Globus einen drehbar befestigten Metallbügel an.
 - ◇ Wo der Schatten am kürzesten ist (unter dem Bügel), ist **Mittag**.
- b) Bringe auf dem Äquator alle 15° einen kleinen Stift (Dübel) an.
 - ◇ Auch hier ist der kürzeste Schatten für die Zeitablesung maßgeblich.

Abb. 8: Kugelsonnenuhr mit beweglichem Zeiger (Stundenmarken am Äquator)

2.2.4 Vergleich von Kugel- und Globussonnenuhr (Erkenntnisse):

- ◇ Dieser Uhrentyp gibt Aufschluss über die **Beleuchtungsverhältnisse der Erde** und veranschaulicht den täglichen Zeitablauf von Sonnenauf- bis -untergang.
- ◇ Die Vormittagsstunden liegen auf der östlichen, die Nachmittagsstunden auf der westlichen Seite. Wo die östliche Schattengrenze verläuft, *“geht die Sonne unter”*, bei der westlichen *“geht sie auf”*. Der unscharfe Schatten entspricht der **Dämmerungszone** auf der Erde, die in unseren Breiten ca. 500 km breit ist.
- ◇ Hält man vor die Globussonnenuhr einen kleinen Stab so, dass er über die beiden Pole zeigt, gibt ein gerade verlaufender Schatten Auskunft, an welchen Orten der Erde **Wahrer Mittag** ist. Durch Abzählen der Stundenmarken ist ein Zeitvergleich bestimmter Orte mit dem eigenen Ortsmeridian möglich.
- ◇ Nach dem Prinzip der **äquatorialen Sonnenuhr** muss der Pol zum Himmelspol weisen, die Lage des Erdäquators stimmt dann mit der Ebene des Himmelsäquators⁸ überein. Liegt der eigene Längengrad in der Ebene des Meridians (Nord-Süd-Linie), zeigt der Beobachtungsort - ev. mit besonderer Markierung – zum Scheitelpunkt (Zenit). Bei einer Kugelsonnenuhr ohne topografische Angaben muss auf dem Äquator eine Zeiteinteilung angebracht werden. Die 15° - Meridiane auf dem Äquatorkreis entsprechen den Stundenlinien einer äquatorialen Sonnenuhr, wobei geografische **Längendifferenzen in Zeitdifferenzen** umgewandelt werden. Dieser Sonnenuhrtyp ist nur ein halbes Jahr (im Sommer der nördlichen Hemisphäre) in Funktion.
- ◇ Zu den **Tagundnachtgleichen** verläuft der Terminator entlang der Längengrade (meridional), sonst in einer schräg gekrümmten Kurve, welche die Längengrade unter einem mehr oder weniger großen Winkel schneidet. Die größte Schräge wird an den **Sonnwendtagen** erreicht. Im Laufe des Jahres verschiebt sich die Schattengrenze allmählich über die Pole. Am 21.6. (Nordsommer) liegt die gesamte Polkappe in der Sonne (**Polartag**), die südliche Polkappe hingegen im Schatten (**Polarnacht**), am 21.12. sind die Verhältnisse umgekehrt.

2.2.5 Das Äquatoriale Zifferblatt

Den Abschluss der Grundlagenvermittlung bildete die Konstruktion des Ausgangszifferblattes für die Messung der **Wahren Ortszeit (WOZ)**. Jedes Zifferblatt

⁸ Als Himmelsäquator wird die Schnittpunktlinie der scheinbaren Himmelskugel mit einer senkrecht zur Himmelsachse (Polachse) stehenden Ebene - der Äquatorachse - bezeichnet.

ist die Schnittfigur einer ebenen oder gekrümmten Zifferblattfläche mit den im Raum liegenden gedachten Stundenebenen. Man kann sich dieses Zifferblatt als gedachten Schnitt durch den Äquator vorstellen, bei dem die Flächenprojektion eine Auffächerung der Stundenlinien im jeweiligen Winkel von 15° ergibt. Bestimmte Meridiane begrenzen die festgelegten **Zeitzonen**. Eine volle Umdrehung der Erde um 360° dauert einen Tag von 24 Stunden (1.440 Minuten). Demzufolge beträgt der Zeitabstand zwischen zwei Meridianen 4 Minuten ($1.440 : 360$). Die Ortszeit zweier Orte, die im Gradnetz der Erde einen Abstand von 15° Längengraden aufweisen, differiert daher um 1 Stunde (60 Minuten). Görlitz, die östlichste Stadt Deutschlands liegt auf dem 15. Meridian (geografische Lage: $15^\circ 00'$ ö. L.) und damit von Greenwich um eine Stunde verschoben.

Anhand der einzelnen Stundenebenen, die wie die Seiten eines aufgeschlagenen Buches liegen, kann das Prinzip Sonnenuhr gut erfasst werden. Beim Äquatorialen Zifferblatt ist die Projektionsrichtung die Richtung der Erdachse an jedem beliebigen Ort der Welt, dessen Lage durch die geografische Länge und Breite bestimmt ist. Der Zeiger liegt erdachsparallel, wenn er in der Nord – Süd - Ebene unter dem Winkel ϕ gegen die Horizontale geneigt ist. Dieses Maß wird in der geografischen Breite eines Ortes ausgedrückt, die für Wien etwa 48° beträgt.

Abb. 9: Äquatorparalleles Zifferblatt: Typische Auffächerung der Stundenlinien

2.2.6 Bau einer Würfelsonnenuhr:

Zur Vorbereitung dieses Sonnenuhrtyps ermittelten die Schüler/innen die geografische Breite bestimmter Standorte in Wien (Schule, Wohnung) und des Bundesgebiets in elektronischen Atlanten. Die Mädchen der Werkgruppe wurden unter www.googleearth.at und www.geoland.at rasch fündig.

Abb. 9: Konstruktionsschema für verschiedene Zifferblattarten

Das Horizontalzifferblatt und die vertikalen Süd-, Ost-, West- und Nordzifferblätter sind Varianten des Ausgangszifferblattes, die für eine Würfelsonnenuhr (Standort Wien) konstruiert wurden. Dieser Uhrentyp nützt alle Flächen, um ganztägig die Wahre Ortszeit anzuzeigen. Das Modell demonstriert, dass der Winkel des Gnomons auf allen Würfelflächen unverändert bleibt, sich jedoch Zifferblätter und Anbringung des Schattenwerfers von der **Süduhr** unterscheiden.

Bei vielen Vertikalsonnenuhren weicht die Zifferblattfläche von der Ost-West-Richtung ab. Die Besonnungsdauer und der damit zusammenhängende Funktionsbereich an abweichenden Wänden liegt zwischen dem beginnenden und endenden Streiflicht. Deshalb beschränkt sich die „Arbeitszeit“ einer **Norduhr** auf das Sommerhalbjahr und reicht in unseren Breiten von Sonnenaufgang bis kurz nach 7 Uhr und von kurz vor 16 Uhr bis zum Sonnenuntergang. Den astronomischen Verhältnissen zufolge ist die **Ostuhr** eine Vormittagsuhr, die spiegelbildliche **Westuhr** eine Nachmittagsuhr. Beleuchtungssimulationen für die Funktionstests ersetzen das im Winter fehlende Sonnenlicht.

Abb. 10: Horizontal- und Vertikaluhr: Die Zeigerwinkel sind erdachsparallel

Abb. 11: Würfeluhr: Umsetzen von Wissen in Tätigkeiten

3 Selbstverwirklichungsphase

3.1 Tischsonnenuhr mit abweichenden Zifferblättern:

Die Gestaltung einer Tischsonnenuhr als freie Plastik aus Speckstein stellte bereits höhere Anforderungen an Selbständigkeit und Problemlösung. Für die Nutzung am Wohnstandort (z. B. am Schreibtisch vor dem Fenster) konzipiert sollte sie die Forderung erfüllen, durch minimale Materialentfernung möglichst viel des ursprünglichen Volumens zu erhalten. Das individuelle Design dieses Modells sollte ästhetische Ansprüche erfüllen und durch selbständige Konstruktion abweichender horizontaler oder vertikaler Zifferblätter – auch auf gekrümmten Flächen – die Funktionsfähigkeit gewährleisten. Bei der Formgebung des Steins mussten daher Gebrauchszweck und Gestaltungswille in Einklang gebracht werden. Jene Details, die sie für ihre persönlichen Vorhaben benötigten, sollten die Schüler/innen durch Experimente, Recherchen etc. selbst herausfinden. Zur Unterstützung legte ich einen Ordner mit weiterführenden Materialien auf, der schematische Darstellungen und Kurzerläuterungen, aber keine übertragbaren Fertiglösungen enthielt.

Nach der geglückten individuellen Zifferblattkonstruktion war Erfindergeist gefragt, um Möglichkeiten einer genauen Übertragung auf den frei geformten Stein zu ersinnen. Einige Schüler/innen entschieden sich für das Einvisieren der Konstruktion, die sie in Plexiglas geritzt oder auf Folie kopiert hatten. Bei dieser Methode bildet das mit Scheinwerfer durch das Medium gesandte Licht die Stundenlinien der vorbereiteten Zifferblätter als verzerrte Schattenprojektion auf den geneigten und gewölbten Flächen des glatt geschliffenen Steins ab.

Abb.12, 13: Einvisieren des Zifferblattes auf die Form des Steins

3.1.1 „Astronomische Höhenflüge“ eines Hochbegabten:

„Diese Methode ist mir zu wenig genau!“ - Ein Schüler, der das Unterrichtsangebot seit Beginn zur Vertiefung seiner naturwissenschaftlichen Neigungen nützte und bereits die Eigenverantwortung für seinen Lernprozess übernommen hatte, wollte sich nicht damit abfinden, dass *„die Beleuchtungswinkel der Sonne doch nicht exakt simulierbar sind“*. Jener hatte inzwischen sein Interesse an der Astronomie und seine Vorliebe für **analemmatische Zifferblätter**⁹ entdeckt und sich durch Studium bereit gestellter Literatur sowie selbst organisierter Skripten auf diesen Typ Sonnenuhr spezialisiert. Zunächst noch um Erlaubnis fragend, plante er zusehends die Betätigungsfelder für die Werkstunden selbst und koordinierte sie mit seinen persönlichen Fortschritten, indem er mit mir auch außerhalb des Unterrichts Kontakt hielt. Als hochbegabter Mathematiker eignete er sich die erforderlichen Kenntnisse an, um über umfangreiche Berechnungen zu einer Zifferblattkonstruktion zu gelangen, die mehrere Funktionen erfüllt. Während seine Mitschüler/innen empirische Methoden bevorzugten und kreativ improvisierten, erstellte er - größtenteils in den Werkstunden – aufwändige Excel-Tabellen am PC. Daraus „baute“ er in seiner Freizeit ein Computerprogramm, das bei Eingabe der geografischen Daten, des Kalenderdatums und von Normal- oder Sommerzeit im Hintergrund interpolierte Kurven zeichnet. Auf diese Weise schuf er ein Zifferblatt, das nicht nur die Ablesung der Wahren Ortszeit, sondern - die unterschiedlichen Tagbögen der Sonne einbeziehend - auch der exakten Tageszeit nach Datum ermöglicht.

⁹ Bei einer analemmatischen Sonnenuhr (Bodensonnenuhr) muss ein senkrechter, verstellbarer Schattenwerfer nach dem Datum eingestellt werden. Als Zeitmarken dienen Stundenpunkte (keine Linien), die auf einer Ellipse liegen.

Abb.14: Schülerarbeit: Die Zifferblatt-Konstruktion basiert auf eigenständigen Berechnungen für ein innovatives Computerprogramm, das auch gnomonischen Laien ermöglicht zu Zifferblättern für jeden beliebigen Standort der Erde zu gelangen:

www.wiednergymnasium.at/umbradocet/

Abb. 15: Analemma

Mit dem Computerausdruck des selbst generierten Programms in der Hand erörterte er mit mir Möglichkeiten der genauen Übertragung seiner Konstruktion auf den Stein und perforierte die Konstruktionslinien mit einer Radiernadel.

Nicht nur für die „Naturwissenschaftler“, sondern auch für ästhetisch Anspruchsvolle entwickelte sich dieser Gestaltungsauftrag zum „Highlight“. Ein Mädchen hob die auf dem Stein gravierten Stundenlinien mit (wasserfester und lichtechter!) roter Tusche und Feder optisch hervor und nahm letzte Korrekturen an der Steinoberfläche durch Nassschleifen vor. Ein weiterer Schüler verwendete einen Goldlackstift, der mit der Färbung des Steins harmoniert, ein anderer benutzte Kupferdrähte, deren Farbe die Marmorierung des Steins betonte usw.

Um das Loch für den Schattenwerfer (Holzstab, Metallrohr etc.) im richtigen Neigungswinkel in den Stein zu bohren und die senkrechte Bohrrichtung der Standbohrmaschine zu umgehen, hatte ein weiterer Schüler nach längeren Beratungen in den Gruppen eine geniale Idee: Er löste die Befestigungsschrauben der waagrechten Auflagefläche für Werkstücke, kippte und fixierte sie in Schräglage. Den Neigungswinkel hatte er aus Winkel ϕ und dem rechten Winkel des Bohrers durch die Winkelsumme von Dreiecken unter Beachtung des aus statischen Gründen um 180° gewendeten Steins ermittelt. Eine Barriere am unteren Ende der schiefen Ebene verhinderte ein eventuelles Abrutschen des Steins. Ablauf und Ergebnisse dieser Projektphase zeigten deutlich, dass die „Kreativen“ mit technischer Begabung die Herausforderung, eigenständige Lösungen suchen, probieren und individuelle Wege beschreiten zu dürfen, begeistert annahmen.

Abb. 16: Beispiele von Tischsonnenuhren im Einsatz

Anzeichen für eine bewusste Wahrnehmung astronomischer Gegebenheiten im Alltag der Schüler/innen zeigten Äußerungen zu aktuellen Anlässen, wie der während der Osterferien erlebten Tag- und Nachtgleiche und Bemerkungen wie: „*Die Sonne wird schon um 6 Uhr morgens sichtbar*“. Solche Gelegenheiten nützte ich für Zusatzinformationen, wie z. B. über die ethymologische und kulturhistorische Bedeutung tradierter Feste: **Ostern** ist ein Sonnenfest, bei dem der Frühlingsbeginn mit der am Ostpunkt „aufgehenden“ Sonne gefeiert wird. Entsprechend geht das **Weihnachtsfest** auf die Wintersonnenwende zurück, die von den Römern am 25. 12. gefeiert wurde.

Bei der eine Woche später vorgenommenen Umstellung der Uhren auf die Sommerzeit wurde Zeit als relative Dimension bewusster als zuvor erlebt. Über das Erscheinungsbild von Licht und Schatten dienen Zeit- und Raumwahrnehmung dem Menschen als wesentliche Orientierungshilfen in dieser Welt.

3.2 Tragbare Sonnenuhren:

Bei der Abschlussarbeit waren Konzept, Material, Bearbeitungstechniken und Schwierigkeitsgrad frei zu wählen. Hauptziel war die Verinnerlichung und Festigung

der im Projektjahr erworbenen Kenntnisse. In den Bau einer tragbaren Sonnenuhr sollten der individuelle Wissenszuwachs einfließen und gewonnene bzw. vermehrte Fähigkeiten und Fertigkeiten angewendet werden. Alle erforderlichen Maßnahmen, die den Einsatz der Uhren an mindestens zwei Standorten gewährleisten, waren zu treffen und der Einbau von Mini – Kompassen zum leichteren Gebrauch der Uhren in das Gesamtkonzept mit einzubeziehen. Dabei würde sich herausstellen, was einzelne Schüler/innen tatsächlich gelernt hatten, inwieweit sie ihr Wissen eigenverantwortlich umsetzen können und bei wem welche Zuwächse in welchem Maß verfügbar seien.

Um den ideellen Wert für die „Erfinderin“ bzw. den „Erfinder“ des Designs zu erhöhen, war ein weiteres Hauptaugenmerk auf die Gestaltung nach eigenen ästhetischen Ansprüchen zu richten. Die handlichen Sonnenuhren aus Holz, Metall oder Plexiglas sind je nach Wunsch für Wien und Städte innerhalb oder außerhalb Europas konzipiert und wurden mit mehreren, variabel einsetzbaren oder drehbar gelagerten Zeigern ausgestattet. Je nach Typus, Größe und Material wurden die Zifferblätter in unterschiedlichen Techniken hergestellt: Brandmalerei, Aluminiumgravur, Zinkätzung, Stanzen von Kupferronden usw. Die Ergebnisse boten den willkommenen Anlass, produkt- und benutzerorientierte Designanalysen vornehmen zu lassen.

Abb. 17: Klappbares Uhrenmodell mit 4 Horizontal- und Vertikalzifferblättern (Brandmalerei)

Abb. 18: Taschensonnenuhr aus gestanzten Kupferronden mit schwenkbarem Zeiger

Abb. 19, 20: Skaphe (Hohlflächensonnenuhr, Plexiglas): Beim Transport wird die Kompassnadel in der verschlossenen Kugel verstaut, bei der Zeitmessung anstelle der abnehmbaren Holzkugel am Fuß angebracht.

4 Dokumentation und Präsentation

Zu den herausragenden Leistungen zählen auch die Gestaltung einer **Projekt-Homepage** und einer **Broschüre**. Der hohe Aufwand zur Verbreitung der Unterrichtsentwicklung und der Ergebnisse, auf welche die Schüler/innen zu recht stolz sind, verweist auf einen erfolgreichen Projektabschluss. Die Dokumentation belegt quasi als „Projekt im Projekt“ Aktivitäten, die größtenteils außerhalb des Unterrichts gesetzt wurden, und in dem der Erwerb wesentlicher Fähigkeiten - selbständige Organisation, Planung und Umsetzung – durch das „Medienteam“ nochmals unter Beweis gestellt wurden. Ein weiteres Team bestritt die öffentliche Schlusspräsentation im Festsaal und eine Ausstellung mit Spezialführungen für andere Schulklassen, Eltern, das Lehrerkollegium etc. am vorletzten Schultag.

5 Reflexion und Ausblick

Die Technische Werkerziehung eignet sich wie kein anderes Fach als sinnvolle Ergänzung zum Verständnis naturwissenschaftlicher Inhalte. Hier wie dort unterstützt eine klare Unterscheidung zwischen Alltags-, Fach- und Wissenschaftssprache die konkrete Begriffsbildung. Im Technikunterricht sind Zeit und Raum gegeben, erworbenes Wissen exemplarisch zu vertiefen, ihm unter fachkundigem Einsatz unterschiedlicher Technologien sichtbare Gestalt zu verleihen und damit Möglichkeiten wie Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisprozesse ans Tageslicht zu befördern. Zu den im Fächerkanon einzigartigen Vorzügen der Fachinhalte zählt, bei der Behandlung schwer fassbarer Fakten menschliche

Dispositionen in überschaubare Dimensionen umzuwandeln und dadurch mit allen Sinnen be-greif-bar zu machen.

Der Neuigkeitsgrad des Themas löste hohe Sachmotivation aus, die das Finden neuer Phänomene durch abwechslungsreiche Verfahren zum Entdecken von Unerwartetem und Unbekanntem über ein ganzes Schuljahr attraktiv erscheinen ließ. Der konstruktive Umgang mit **Natur, Technik und Ästhetik** in Praxis und Theorie weckte ebenso das Interesse für geografische, physikalische und astronomische Zusammenhänge wie für kulturhistorische Hintergründe. Der hohe **ideelle Wert** im Alltag einsetzbarer Produkte trug über den Erkenntnisgewinn hinaus zur Lust am Lernen, zum Verstehen technischer Zusammenhänge sowie zur persönlichen Entfaltung der Schüler/innen bei, machte erworbenes Wissen nachhaltig verfügbar und regte zur vertiefenden Auseinandersetzung in der Freizeit an.

Ursächliche Zusammenhänge der geografischen Lage bestimmter Orte der Erde mit der Sonnenzeit im Jahresverlauf und dem Klima wurden als bestimmender Faktor von Lebensbedingungen verschiedener Regionen erkannt. Die Technik bietet dem Menschen wertvolle Hilfe, wirksame Lebens- und Überlebensstrategien zu entwickeln. Somit befähigt technisches Verständnis zur leichteren Bewältigung vorgefundener oder sich verändernder Gegebenheiten. Wer seine persönlichen Potentiale kennt, kann nutzbringende Methoden auch im Alltag einsetzen. Dazu bedarf es geistiger Anstrengungsbereitschaft und Kondition, in die ebenso Zeit investiert und Übungen absolviert werden müssen wie für den Aufbau körperlicher Fitness. Diese Forderung trifft v. a. für den Bereich technischer Aufgabenstellungen und das Lösen erkannter Probleme zu. Besonders hatten sich die teilweise freie Wahl von Technologien und Fertigungstechniken und differenzierte Lernangebote bewährt. Die Verknüpfung technischer Bereiche mit persönlichen Interessen boten vielfältige Möglichkeiten zur individuellen Entfaltung und Weiterbildung und führte bei einigen Schüler/innen zu einer Vertiefung im Bereich der **Mathematik, Physik** und / oder der **Astronomie**, die bis zur Bewältigung selbst gewählter Forschungsziele reichte. Der Anspruch, Erkenntnissen und erworbenem Wissen ästhetische Gestalt zu verleihen, forderte vice versa künstlerisch und technisch Begabte zur Suche nach Formen heraus, die eine klare Sprache sprechen. Die drei Mädchen der Lerngruppe standen den Buben in keiner Weise nach und waren voll integriert. Sie arbeiteten selbständig und zielstrebig, ließen jedoch bei der Bearbeitung unterschiedlicher Materialien ein besonderes Maß an Sensibilität und Kreativität bemerken.

Abb.21, 22: Erkundung Schatten werfender Objekte: Fotografie

Das in der Technischen Werkerziehung und Bildnerischen Erziehung einer 4. Klasse vorgesehene Training räumlichen Vorstellungsvermögens mit eigenständigen Versuchen planimetrischer, illusionistischer und realer Körper- und Raumdarstellungen konnte im Fokus der konkreten Unterrichtsentwicklung intensiver durchgeführt und damit Licht und Schatten als wesentliche Voraussetzung für die dreidimensionale Wahrnehmung ins Bewusstsein der Schüler/innen geholt werden. Das Fördern und Trainieren der Sinne für die Wahrnehmung von Alltagsphänomenen ist wesentlicher Bestandteil einer umfassenden und ganzheitlichen Persönlichkeitsbildung und stiftet Identität. Die Mehrheit der Schüler/innen signalisierte unisono Zufriedenheit mit ihren Lernfortschritten. Drei von ihnen überschritten mit ihren Denk- und Handlungsmodellen die geplanten Unterrichtsziele erheblich und erbrachten Leistungen, die meine Erwartungen weit übertrafen. Gerade, weil keine Aufgabenstellung so fest umrissen war, dass sie hätte beengen können, erweiterte ein Großteil der Projektteilnehmer/innen nach Bedarf den individuellen Erfahrungsschatz und schwangen sich einzelne zu individuellen

Höchstleistungen auf. Einer von ihnen avancierte innerhalb weniger Wochen zum Gnomonik – Freak und entwickelte sich zum „Experten“, der sich seither in Privatprojekten „astronomischen Höhenflügen“ wie Berechnungen der Sonnenzeit des Mondes oder der Ermittlung von Planetenbahnen widmet. Damit überschritt er erheblich das ohnedies weite Feld der Gnomonik.

Der Vergleich mit den Leitlinien für mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung, nach welchen der Erwerb der Fähigkeit, den persönlichen Lernprozess eigenständig planen und Ziel orientiert umsetzen zu können bis zum Ende der Schulzeit, d. h. bis zur Matura, anzustreben ist, zeigt, welche reifen Leistungen bereits 14-Jährige zustande bringen können! **Facit: Schüler/innen sind zu Grenzüberschreitungen nicht nur motivierbar und fähig, sondern auch bereit, einen enormen Einsatz zur Selbstverwirklichung zu leisten, wenn sie die erforderlichen Spielräume - im wörtlichen und übertragenen Sinn – erhalten und für sich zu nützen lernen.**

Das Bewusstmachen der Bedeutung von **Licht und Zeit** für den Lebensrhythmus des Menschen und seine individuelle Lebensgestaltung bleibt ein stets aktuelles Thema, das auch zur Rückbesinnung auf ein Leben im Einklang mit der Natur führen kann. Die Forschung nach weiteren innovativen Formen der Lehr- und Lernorganisation der Technischen Werkerziehung sollte zum selbstverständlichen Fixpunkt eines lebendig gestalteten Unterrichts gehören – auch im Sinne einer altägyptischen Weisheit, die bis heute nichts an Aktualität eingebüßt hat:

„Jede Stunde ist ein Baustein für die Zukunft.“

OStR Prof. Mag. Sylvia Srabotnik

Sir Karl-Popper-Schule + Wiedner Gymnasium

ssrabotnik@gmx.at

IMST-Bericht:

http://imst.uni-klu.acat/imst-wiki/index.php/Umbra_docet._Der_Schatten_lehrt%3F

(Weitere Informationen und Bildmaterial: siehe auch Anhänge)

Literaturhinweise:

KÖHLER ALEXANDER (2006). Grundlagen und Bau einer Analemmatischen Sonnenuhr

MEEUS JEAN (1998). Algorithms (2nd Edition). Willmann - Bell Inc.

ZENKERT ARNOLD (2005). Faszination Sonnenuhr. Verlag Harri Deutsch.

Internetadressen:

www.wikipedia.de / Dr. Otto Buchegger, 2007 Tübingen (14. 9. 2007)

<http://www.giesen.dinet.de> (5. 11. 2007)

<http://www.stargazing.net/kepler/sun> (7. 11. 2007)

www.geoland.at (23.1.2008)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Sonne> (24. 11. 2007)

http://de.wikipedia.org/wiki/Tropisches_Jahr (24. 11. 2007)