



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

S3 „Themenorientierung im Unterricht“



Wiedner Gymnasium
Sir-Karl-Popper-Schule

UMBRA DOCET. DER SCHATTEN LEHRT?

ID 1023

OStR Prof. Mag. Sylvia Srabotnik

Wiedner Gymnasium und Sir – Karl – Popper - Schule

Wien, Juni 2008

INHALTSVERZEICHNIS

| | |
|---|------------|
| ABSTRACT | 4 |
| 1 EINLEITUNG | 5 |
| 1.1 Rahmenbedingungen:..... | 7 |
| 1.2 Ausgangssituation:..... | 7 |
| 2 ZIELE | 8 |
| 2.1 Themenwahl | 10 |
| 2.1.1 Individuelle Dimension | 11 |
| 2.1.2 Inhaltliche Dimension | 11 |
| 2.2 Entwicklungsinteressen..... | 13 |
| 2.3 Maßnahmen..... | 14 |
| 3 METHODEN | 19 |
| 3.1 Unterrichtsgestaltung: | 25 |
| 3.1.1 Fachliche Ziele:..... | 25 |
| 3.1.2 Pädagogische Ziele: | 26 |
| 3.1.3 Didaktische Ziele:..... | 27 |
| 3.1.4 Aktions- und Sozialformen | 27 |
| 3.2 Fächerübergreifender Unterricht | 29 |
| 4 AUFBAU UND INHALT DER ARBEITSAUFTRÄGE | 30 |
| 4.1 Erkundungsphase | 32 |
| 4.2 Grundlagen der Gnomonik..... | 33 |
| 4.2.1 Bau einer Kugel Sonnenuhr:..... | 33 |
| 4.2.2 Die Ortszeit (Input):..... | 36 |
| 4.2.3 Das Äquatoriale Zifferblatt..... | 38 |
| 4.2.4 Wie lange dauert eine Stunde? | 39 |
| 4.2.5 Ist verlässliche Zeitmessung auf unserem Planeten möglich?..... | 41 |
| 4.2.6 Bau einer Würfelsonnenuhr: | 42 |
| 4.2.7 Tischsonnenuhr mit abweichenden Zifferblättern:..... | 433 |
| 4.3 Selbstverwirklichungsphase..... | 46 |
| 4.3.1 Tragbare Sonnenuhren: | 46 |
| 4.4 Freiarbeitsphase | 477 |
| 5 EVALUATION: | 488 |
| 5.1 Methoden und Verfahren | 488 |
| 5.1.1 Erstbefragung | 488 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 5.1.2 | Unterrichtsbeobachtungen | 49 |
| 5.1.3 | Schlussbefragung | 522 |
| 6 | REFLEXION UND INTERPRETATION | 533 |
| 6.1 | Dokumentation..... | 533 |
| 6.1.1 | Inhaltliche Bezüge..... | 533 |
| 6.1.2 | Maßnahmen und Methoden | 566 |
| 6.1.3 | Persönlicher Nutzen für Schul- und Privatleben..... | 58 |
| 6.2 | Langfristige Perspektiven und Resümee:..... | 600 |
| 7 | ÖFFENTLICHKEITSARBEIT | 622 |
| 8 | LITERATUR..... | 633 |
| 9 | ANHANG: IN GESONDERTEN DATEIEN | 644 |
| ANHANG 9.1 | Evaluation..... | 1 |
| 9.1.1 | Schüler/innen - Fragebogen zu Projektbeginn..... | 1 |
| 9.1.2 | Schüler/innen - Abschlusserhebung..... | 3 |
| 9.1.3 | Aspekte der Designanalyse..... | 5 |
| ANHANG 9.2 | Bildmaterial Arbeitsprozess..... | 6 |
| ANHANG 9.3 | Sonnenuhrmodelle im Einsatz | 9 |
| ANHANG 9.4 | Individuelle Leistungen..... | 13 |
| ANHANG 9.5 | Freiarbeitsphase..... | 20 |
| 9.5.1 | Licht- und Schattenerkundungen..... | 20 |
| 9.5.2 | Künstlerische Auseinandersetzung mit "Zeit" | 21 |
| 9.5.3 | Recherchebeispiele..... | 21 |
| 9.5.3.1 | Entstehung der Uhr..... | 22 |
| 9.5.3.2 | Kalender der Steinzeit..... | 25 |
| 9.5.3.3 | Griechische Zeitrechnung und der attische Kalender..... | 26 |
| 9.5.3.4 | Was ist Neon?..... | 34 |
| 9.5.3.5 | Die Sonne und die Haut..... | 37 |
| 9.5.3.6 | Diamanten..... | 39 |
| ANHANG 9.6 | Fächerübergreifende Beispiele | 45 |
| 9.6.1 | Bildnerische Erziehung..... | 45 |
| 9.6.1.1 | Der Schatten: als visuelles Phänomen und Gestaltungsmittel..... | 47 |
| 9.6.2 | Englisch - Lektüre "Timesnatch"..... | 51 |
| 9.6.3 | Lateinische Chronogramme..... | 67 |

ABSTRACT

Mit der Gnomonik (Wissenschaft von den Sonnenuhren) betrat ich pädagogisch-didaktisches Neuland, um die Neugier an Technik und Naturwissenschaften zu wecken, durch innere Differenzierung potentiellen Nachwuchs zu fördern und durch Selbsttätigkeit zu Selbständigkeit, Eigenverantwortung und Zeitmanagement zu erziehen. Als Arbeits- und Lernmittel verbindet die Konstruktion und Gestaltung von Modellen verschiedener Sonnenuhrtypen Architektur, Technik und Design, erfordert fachspezifische Kenntnisse der „Astronomie des Alltags“, setzt fachliches Wissen in Beziehung zur Lebenswelt der Schüler/innen und trainiert Schlüsselqualifikationen für Schulleben, Studium oder Beruf und das künftige Privatleben. Der körperlich-sinnliche Zugang macht das Verstreichen von Zeit mit allen Sinnen wahrnehmbar und be-greif-bar, sollte v. a. taktile Lerntypen ansprechen und zur Orientierung in unserer technisch geprägten Welt beitragen. Über die Entfaltung der Kreativität, die sich an Verhaltensformen und Lösungsalternativen bei der Problemsuche orientiert, wurde das kreative Moment im wissenschaftlichen Denken gefördert und erworbenes Wissen in verschiedenen Kontexten angewendet.

Menschliche Dispositionen schwer fassbarer Fakten alltags- und bildungsrelevanter Inhalte wurden durch individuelle Erfahrungen von der Idee bis zum ästhetisch-funktionalen, haptisch-räumlichen Denk- und Handlungsmodell in überschaubare Dimensionen umgewandelt und ließen Möglichkeiten wie Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisprozesse, die mit humanwissenschaftlichen und kulturellen Lernangeboten korrelieren, ans Tageslicht treten. Maßnahmen und Spielräume steigerten das Kreativitätspotential, die Sach-, Methoden- und Handlungskompetenz und animierten (Hoch-)Begabte zu unerwarteten individuellen „Höhenflügen“.

Schulstufe: 8. Schulstufe, AHS
Fächer: Technische Werkerziehung
Kontaktperson: OStR Prof. Mag. Sylvia Srabotnik
Kontaktadresse: 1040 Wien, Wiedner Gürtel 68
Schüler/innen: 14 Schüler/innen (11 Burschen, 3 Mädchen)

1 EINLEITUNG

„UNSERE UHREN GEHEN FALSCH!“ – Mit dieser lapidaren Behauptung an der Tafel überraschte ich die in Technischer Werkerziehung neu übernommene Lerngruppe am Beginn des Unterrichtsjahres. Erwartungsgemäß löste die Provokation Verwunderung aus und schon bald entbrannte eine angeregte Diskussion, die uns ohne Umschweife zu Sonnenuhren, „natürlicher“ Zeitmessung und verschiedenen „Gangarten“ von Zeitmessinstrumenten führte.

„***Umbra docet***“ ist mehr als ein oft zitierter lateinischer Sinnspruch auf Sonnenuhren. „***Der Schatten lehrt***“, übersetzten die Lateiner/innen der Klasse für ihre Mitschüler/innen. Die im Projekttitel versteckte Frage, was denn der Schatten zu lehren vermag, weckte die Neugier meiner Schüler/innen, motivierte zur Auseinandersetzung mit Sonnenuhren und verwandten Themen 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, aufzeichnen und auswerten?
- ◇ Was vermag die Auseinandersetzung mit Schatten zu lehren?
- ◇ Schattenwerfer¹ als Zeitanzeiger auf Sonnenuhren² und die Wissenschaft von der Gnomonik³

Auf diese Weise wurde das Thema „Licht“ quasi von hinten aufgeklärt und ließ uns unvermittelt in medias res gehen. Das für den Technikunterricht ganzjährig ausgelegte Projektthema „Sonnenuhren“ ist nicht explizit im Lehrplan enthalten, verbindet jedoch in idealer Weise alle abzudeckenden Bereiche: Architektur, Technik und Design.

Den Anstoß dazu gab meine aus langjähriger Tätigkeit positive Erfahrung mit Projektunterricht, in der ich zahlreiche Möglichkeiten nützte, Inhalte meiner Unterrichtsfächer (Technische Werkerziehung, Bildnerische Erziehung an der Allgemeinbildenden höheren Schule) mit jenen anderer Gegenstände zu verknüpfen. Bestärkt durch Rückmeldungen, in denen Absolvent/innen immer wieder betonten, wie sehr sie den Projektunterricht und die entstandenen Produkte auch noch nach der Schulzeit schätzten, publizierte ich meine Highlights aus über 100 in den Trägerfächern Bildnerische Erziehung und Technische Werkerziehung durchgeführten Unterrichtsprojekten vielfach in Fachzeitschriften und allgemein pädagogischen Broschüren verschiedener Institutionen. Ebenso verbreitete ich meine Erfahrungen in der Lehreraus- und Lehrerfortbildung.

Das Projektthema Sonnenuhren reizte Burschen und Mädchen gleichermaßen, auch jene Schüler/innen der beiden 4. Klassen, die ich nur in Bildnerischer Erziehung, nicht aber in Werkerziehung unterrichtete. Obwohl hier eine ganzjährige Fächer

¹ gnomon (griech. Weiser, Zeiger) – Der Schattenstab ist das älteste bei Babyloniern, Chinesen, Inkas und Griechen benutzte Gerät zum Messen der Sonnenhöhe.

² Die einfachste Form der Sonnenuhr ist ein senkrecht auf horizontaler Unterlage stehender, Schatten werfender Stab.

³ Gnomonik - Wissenschaft von Sonnenuhren

überschreitende Projektbegleitung mit Themen wie „Licht und Schatten“, „Licht und Raum“, „Zeit“ etc. berücksichtigt wurde und ich meine Absicht kundtat, inhaltliche Vorschläge der Schüler/innen aufzugreifen, bedauerten einige von ihnen, *„auf die Inhalte der Werkerziehung verzichten zu müssen“*. Ein Mädchen fragte: *„Sie haben im Technischen Werken ein ‘ursuper’ Projekt vor. Können wir nicht auch in Bildnerischer Erziehung Sonnenuhrmodelle bauen?“*

Die Schönwetter-Zeitanzeiger sind aufschlussreiche und bedeutende ästhetische Kulturdokumente, die nicht nur zum Verständnis von naturwissenschaftlichen Alltagsphänomenen beitragen, sondern auch frühere Epochen und fremde Kulturen in einem anderen Licht erscheinen lassen. Das Verständnis der Welt beruht auf der Weltanschauung und ist davon abhängig, wie der Mensch sein Dasein wahrnimmt, versteht und auslegt. Während die Philosophie allgemein erkennbare Inhalte umfasst, bezieht sich die Wahrnehmung der Welt auch auf die geschichtliche Betrachtung und Weltanschauungen verschiedener Epochen sowie auf individuell erfahrbare Lebensgestaltungen und Wertordnungen. So haben sich die Vorstellungen über Ausdehnung, Inhalt und Bau des Weltalls im Lauf der Menschheitsentwicklung stark geändert. Nach heutigem Wissensstand umfasst unser Sonnensystem die Sonne und die Gesamtheit aller sie ständig umwandernden Himmelskörper – Planeten mit Monden, Planetoiden, Kometen und Meteore.

Die Bedeutung der Sonne für alles Leben auf der Erde fand schon früh ihren Niederschlag in Sonnenkulten, welche die Sonne bzw. eine mit ihr verbundene Sonnengottheit männlichen oder weiblichen Geschlechts verehren. Im alten Ägypten waren es Horus und Re, im Inkareich wurde der Herrscher als Abkömmling der Sonne betrachtet und Sonnenjungfrauen dienten als Priesterinnen, die Azteken nahmen Opferungen für die Sonne auf ihren Tempelpyramiden vor. Sonnensymbole verschiedener Kulturen zeugen von der göttlichen Kraft und Wirksamkeit der Sonne. In der Bronze-, Urnenfelder- und Hallstattzeit Europas sind es Sonnenräder – zum Teil aus Gold oder Goldblech. Auf verschiedenen Gegenständen wie Schmuckstücken wurden Goldscheiben und Zeichen in Gestalt von vierspeichigen Rädern angebracht, z. B. auf Felszeichnungen Skandinaviens.

Die Auseinandersetzung mit Sonnenuhren setzt fachliches Wissen in Beziehung zur Lebenswelt der Schüler/innen und soll ihnen die Bedeutung des Lichts für das Leben, in weiterer Konsequenz aber auch die Relativität des Zeitbegriffs näher bringen. Die intensive Beschäftigung mit Licht und Zeit müsste langfristig zur nachhaltigen Erkenntnis führen, dass Zeit – zumal nicht vermehrbar - vor allem auch einen persönlichen Wert für den Einzelnen darstellt. Die Verknüpfung von praktischer und theoretischer Auseinandersetzung mit Zeitmessern und die begleitenden Maßnahmen der Unterrichtsgestaltung werden wohl ursprüngliche Einstellungen der Schüler/innen verändern...

Der Projektbericht beschränkt sich weitgehend auf die Themenzentrierung im Technikunterricht. Eine gendergerechte Schreibweise ist berücksichtigt. Werden Schülerinnen oder Schüler erwähnt, sind ausschließlich Mädchen oder Burschen gemeint.

*Zitate sind kursiv, Verweise auf andere Textstellen und weiteres Material im Bericht oder in den Anhängen → **fett und kursiv** dargestellt.*

1.1 Rahmenbedingungen:

Das komplexe Profil der Schule widmet sich der Begabungs- und (Hoch-) Begabtenförderung, weshalb die Schulleitung dem Lehrkörper immer wieder Lehrpersonen zuführt, welche diese pädagogische Herausforderung annehmen. Nach langem Wirken an meiner früheren Stammschule wurde ich vor 10 Jahren an die Sir – Karl – Popper - Schule berufen und vor zwei Jahren für die weiteren Unterrichtsstunden an das Wiedner Gymnasium überstellt, um die Philosophie der Popperschule auch in die Regelschule zu tragen und mit meinen Fächern an der Umsetzung einer geplanten Förderkultur mitzuwirken. Die im Projekt „Umbra docet. Der Schatten lehrt?“ geplante neuartige Vernetzung der am Schulstandort angebotenen drei Schwerpunkte – des naturwissenschaftlichen und sprachlichen mit Begabungsförderungsmaßnahmen der Kreativitätserziehung und Ästhetischen Bildung - fand daher von Beginn an Akzeptanz auf Seiten der Schulleitung und entsprach der hohen Erwartungshaltung der Eltern für eine bestmögliche individuelle Förderung ihrer Kinder. Jedoch schließt das Schulprofil weniger begabte oder schwächer motivierte Kinder, die es wohl in jeder Klasse gibt, nicht aus. Dadurch ist die Bandbreite individueller Bedürfnisse und Ziele hier weit größer als in vielen anderen Schulen. Für Unterrichtende bedeutet das in weiterer Konsequenz, Fördermaßnahmen und Angebote zu entwickeln, die durch innere Differenzierung weitgehend alle Begabungs- und Interessenslagen berücksichtigen.

1.2 Ausgangssituation:

Der klassen- und typenübergreifend geführte Technische Werkunterricht einer Gruppe von 14 Schüler/innen zweier 4. Klassen (Gymnasium und Realgymnasium mit und ohne Latein bzw. Französisch, mit und ohne Technische Werkerziehung) setzte sich aus 11 Burschen und 3 Mädchen zusammen, die das Fach aus Alternativfächern seit der 3. Klasse freiwillig gewählt haben. (Ein Schüler wechselte während des Jahres in die Hauptschule.)

Alle Schüler/innen erwarteten von unserem Vorhaben Spaß am Umgang mit Materialien, das Kennen lernen neuer Bearbeitungsmethoden und freuten sich auf den Bau verschiedener Typen von Sonnenuhrmodellen. Allerdings hatten sie - wie ich zu meiner Überraschung bei der Neuübernahme der Klasse am Beginn des Projektjahres erfuhr - bisher nahezu ausschließlich nach Anleitung und Schritt-für-Schritt-Anweisungen gearbeitet - d. h. nach vorgegebenen Konzepten „gebastelt“. Sie konnten daher noch kaum auf jene fachtypischen Erfahrungen zurückgreifen, die durch selbständige Planung aller Entwicklungsstadien von der eigenen Idee bis zum fertig gestellten Produkt erworben werden sollten. Aufgrund der Vorprägung vertrauten die meisten zunächst darauf, von der Lehrkraft alle erforderlichen Informationen und Anleitungen zu erhalten oder gegebenenfalls Lösungen anderer Mitschüler/innen nachahmen zu können. Obwohl oder weil nahezu ausschließlich handwerklich orientiert, waren sie hoch motiviert „vorzeigbare Objekte“ herzustellen. Die angebotenen Freiräume konnten daher in Fragen des Designs sofort angenommen werden, während individuelle Lösungen für die Gewährleistung der Funktionsfähigkeit ihrer Sonnenuhrmodelle noch manch pädagogischer Vorarbeit bzw. entsprechender Begleitmaßnahmen bedurfte.

2 ZIELE

Als Arbeitsgemeinschaftsleiterin für Technische Werkerziehung in Wien ist es mir ein großes Anliegen die Akzeptanz und das Image des Unterrichtsfaches zu heben. Denn trotz alltags- und bildungsrelevanter Inhalte, Methoden zur Sensibilisierung der Wahrnehmung, dem Bewusstmachen von Wahrnehmungsprozessen und Lernstrategien, die in dieser Form in keinem anderen Gegenstand geübt und trainiert werden, führt der Technikunterricht ungerechtfertigter Weise bislang ein Schattendasein.

Für die häufig geringe Wertschätzung gerade dieses wichtigen und bei den Schüler/innen vielfach beliebten Faches lassen sich als Ursachen - ungeachtet seines hohen Wertes für die Persönlichkeitsbildung - Misshaltungen und daraus resultierende Fehleinschätzungen des Technischen Werkunterrichts als nachahmendes, ausschließlich manuell ausgerichtetes „Basteln“ zurückverfolgen. Leider verstärkt die Schulorganisation der Allgemein bildenden höheren Schule diesen Effekt, indem die Stundentafeln in den ersten beiden Jahrgängen des Gymnasiums und in den ersten vier Jahrgängen des Realgymnasiums nur zwei obligate Wochenstunden vorsehen, wenn nicht schulautonom bereits weitere Kürzungen vorgenommen worden sind! Zumal der Technikunterricht trotz Interesses der Schüler/innen jedoch keinesfalls an der Oberstufe angeboten wird und daher auch nicht als Maturafach gewählt werden kann, wird von unseren Maturant/innen ein Technikstudium nur in seltenen Ausnahmefällen in Erwägung gezogen. Von diesen fallen nur maximal 20% auf weibliche Studierende.

Laut Aussage wirtschaftlicher Institutionen, der Technischen Hochschule in Wien und des Bildungsministeriums (z. B. am Fachdidaktiktag für Technische Werkerziehung bei der IMST-Tagung 2007) kann jedoch das hohe technische und technologische Niveau unseres Lebens / unserer Gesellschaft kaum mehr bewältigt werden, weil schon derzeit ein eklatanter Mangel an Technikstudent/innen und entsprechenden Fachleuten zu beklagen ist. Die gesellschaftliche Notwendigkeit und der dringende Bedarf an Nachwuchs stehen in krasssem Widerspruch zum ursprünglichen Interesse und einschlägigen Begabungen der Schüler/innen. Eine weitere Diskrepanz ergibt sich heute aus dem Umstand eines Umgangs mit technischen Geräten ab dem Kleinkindalter und einem durch fehlende taktile Angebote und Möglichkeiten körperlich-praktischer Tätigkeit resultierendem Mangel an Verständnis für technische Zusammenhänge. Gleichzeitig erhebt die Gesellschaft häufig den Anspruch, die Technik habe statt als unterstützende Lebenshilfe sogar als Ersatz für selbständiges Denken zu dienen, alles per Knopfdruck perfekt und möglichst sofort zu erledigen. In letzter Konsequenz bleibt an ihr das negative Bild haften, sie allein sei auch für unerwünschte Auswirkungen verantwortlich. Diese fehlgesteuerte Erwartungshaltung wird oft schon von Kindern im frühen Schulalter übernommen. Für Unterrichtende ist es daher eine Herausforderung, der Festigung von Vorurteilen rechtzeitig und wirksam entgegenzusteuern.

Mit diesem Projekt wollte ich exemplarisch aufzeigen, wie Schüler/innen für technische Inhalte zu begeistern und was diese zu leisten imstande sind, wenn sie ihren Vorkenntnissen entsprechend gefördert werden, die Lernangebote annehmen und die zur Selbstverwirklichung erforderlichen Spielräume - im wörtlichen und übertragenen Sinn – erhalten und für sich zu nützen lernen. Beobachtungs- und Erkundungsaufträge, Experimente, Skizzen, Pläne und der Einsatz unterschiedlicher Technologien und Fertigungstechniken sollten möglichst viele unterschiedliche Lerntypen – vor allem die viel zu oft vernachlässigten taktile Lernenden - ansprechen.

Gleichzeitig sollten Fertigkeiten und Kenntnisse zur selbständigen Aufgabenbewältigung und deren Dokumentation - wie z. B. durch Messergebnisse, Berechnungen, „Aufzeichnungen“, Konstruktionen oder Fotografien - trainiert werden. Dazu gehören die Planung der erforderlichen Umsetzungsschritte, das Erstellen von Checklisten für die Selbstorganisation benötigter Materialien oder Unterlagen, das Finden von Lern- und Lösungswegen durch systematische Vorgangsweisen und Methodenwahl, der fachgerechte Einsatz von Werkzeugen und Kreativität beim Ersinnen geeigneter Hilfsmittel.

Die angestrebte Selbständigkeit der Schüler/innen setzt auch eine positive Haltung gegenüber Problemlösungen voraus und soll zur Problemlösungskompetenz führen. Diese inkludiert die Fähigkeit, Probleme schnell erkennen, genau umreißen und definieren zu können, gezielt brauchbare Lösungen aufzuspüren, gegebenenfalls Lösungsalternativen entwickeln und Entscheidungen erfolgreich treffen zu können (Vgl. www.tms-ulm.de, S 1, 23.10.2007). Wer Neues wagt, muss und darf auch Fehler machen! Eine veränderte Einstellung gegenüber Fehlern soll zur Einsicht führen, dass ein Lernen aus Fehlern effizienter als jede andere Lernform und als wertvoller Hinweis auf noch „Fehlendes“ zu deuten ist.

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. Da jede technische Erfindung durch Gebrauch Spuren im Lebensrhythmus, in der Auffassung vom Leben und in der Lebensweise einer Kultur zeichnet, darf nach meiner Auffassung einer höheren Allgemeinbildung die Einbettung der Technik in humanwissenschaftliche Aspekte nicht fehlen.

→ 9.2 Bildmaterial Arbeitsprozess

2.1 Themenwahl

Neben den ersten Werkzeugen dürfte die Sonnenuhr eine der ältesten Erfindungen des Menschen sein, die wie der Hammer oder der einfache Hebel noch heute funktionieren. In der naturhaften Ursprünglichkeit liegt der besondere Reiz und ideelle Wert eines Sonnenuhrzifferblattes, über das der Schatten eines Stabes nach eigenen Gesetzen hinwegzieht. Das Betrachten einer Sonnenuhr erfordert etwas geistige Arbeit, vergleicht man deren Zeitangabe mit jener auf Armbanduhren. Dies gehört wohl zu ihren Vorzügen, ist aber gleichzeitig eine gewisse Schwäche.

Als älteste Kulturdokumente sind Sonnenuhren Zeugnisse früher menschlicher Beobachtungs- und Erfindungsgabe. Durch das Spiel des Lichtes können die vormals gefragten Gebrauchsgegenstände den Ablauf kosmischen Geschehens sichtbar machen und führen 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. Reste eines der bekanntesten Beispiele sind bis heute in Stonehenge (England) erhalten.

Heute begegnen Jugendliche zahlreichen offen sichtbaren (auch hörbaren) Chronometern z. B. an Turmuhren, Bahnhöfen, Flughäfen, Straßenkreuzungen, an der Armbanduhr, Schuluhr, der Uhr im Klassenzimmer, am Handy, auf audiovisuellen Geräten (Fotokamera, HIFI - Turm, Computer), im Auto etc. Als Kinder der Konsumgesellschaft hantieren sie gerne und geschickter als ihre Eltern mit modernen Gerätschaften, hinterfragen jedoch kaum, warum Zeit unser Leben heute so dominant bestimmt. Grund genug, die Wurzeln der Zeitmessung und unterschiedliche Auffassungen des Zeitbegriffes - Einstellungen zur Zeit - verschiedener Kulturen und Epochen zum Unterrichtsthema zu machen und näher zu untersuchen.

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. Hier lassen sich auch meine vielfältigen beruflichen und privaten Interessen – Kunst, Kultur, Technik und Philosophie - Sinn stiftend mit den Bildungs- und Erziehungszielen der Schule verschmelzen.

Der körperlich-sinnliche Zugang zur Welt bei Sonnenuhren 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. Das Thema Zeit kann kaum anschaulicher erarbeitet werden! Je nach Typus und Konstruktion können Sonnenuhren die wahre Ortszeit, die Zonenzeit und manche auch die Ortszeitdifferenz sichtbar machen. Somit führt deren aus heutiger Sicht scheinbares „Falschgehen“ im Vergleich zu mechanischen oder digitalen Uhren zur Auseinandersetzung mit Zeitdifferenz und dem Zeitausgleich, der am deutlichsten im Februar sowie Ende Oktober / Anfang November mit rund ± 15 Minuten wahrgenommen werden kann.

Das Planen, Konstruieren und Bauen von Sonnenuhren erfordert fachspezifische Kenntnisse der „Astronomie des Alltags“ und ist in besonderem Maße geeignet, zum besseren Verständnis naturwissenschaftlicher Inhalte beizutragen. Selbst

Oberstufenschüler/innen, aber auch Erwachsene, wissen oft sehr wenig über den scheinbaren Tages- und Jahreslauf der Sonne. Bereits in der Unterstufe lassen sich einfache Schattenbeobachtungen und -versuche durchführen, z. B. die Untersuchung der Schattenrichtung und -länge eines Objektes im Tagesverlauf. Die geistig-praktische Arbeit - auch daheim jederzeit durchführbar - bedeutet einen nicht zu unterschätzenden Erkenntnis- und Kenntniskern. Darüber hinaus vermag die Beschäftigung mit den Schönwetter-Zeitanzeigern zur Lust am Lernen, zum Verstehen anderer Disziplinen sowie zur persönlichen Entfaltung der Schüler/innen beizutragen.

2.1.1 Individuelle Dimension

Lernende bringen aus der bisher erlebten Alltagswelt Vorwissen, Konzepte und Positionen zur Selbstverantwortung in neue Lernsituationen mit. Eine Übereinstimmung wird nur in seltenen Fällen gegeben sein, weshalb die Kenntnis der individuellen Dimension einzelner Schüler/innen für Lehrkräfte bedeutend ist. Denn Misskonzepte könnten Blockaden erzeugen, welche Konzeptänderungen oder die Neubildung eines Konzeptes verhindern und letztendlich sogar bewirken, dass alle Bemühungen seitens Unterrichtender ins Leere zielen.

Meine Schüler/innen verfügten zu Projektbeginn über durchschnittliche Fertigkeiten in der Bearbeitung wichtiger Werkstoffe wie Karton, Holz, Metall und Styrodur. Die Bandbreite von Kenntnissen im Umgang mit Werkzeugen und Bearbeitungsverfahren variierte jedoch sehr stark. Eine Mehrheit kannte noch nicht die Bezeichnungen für übliche Handelsformen von Holz oder unterschiedliche Handsägen und verfügte nur über vage Kenntnisse des jeweiligen Einsatzbereichs. Bei vielen musste erst ein Bewusstsein dafür geschaffen werden, dass großzügige Lösungen oft einen Mangel an Stabilität aufweisen, die z. B. auch eine überdosierte Anwendung von Klebstoff nicht wettmachen kann.

Die Beachtung des Vorverständnisses ist insofern bedeutsam, als konzeptionelles und methodologisches Wissen, Alltagssprache, Interessen und Gefühle daran beteiligt sind. Die meisten Schüler/innen wussten, dass im Alltag gebräuchliche Feststellungen zum „*Lauf der Sonne*“ oder „*die Sonne geht im Osten auf*“ mit realen astronomischen Vorgängen nicht übereinstimmen. Ein Verständnis der Beleuchtungsbedingungen für die Erdkugel und deren Zusammenhang mit geografischen Gegebenheiten hingegen waren noch nicht anzutreffen, obwohl die theoretischen Grundlagen in Geografie schon in früheren Jahren behandelt worden waren. Auch dieser Umstand verwies auf die Sinnhaftigkeit des Projektes, das sofort auf großes Interesse und Begeisterung stieß.

2.1.2 Inhaltliche Dimension

Im Sinne des Erwerbs von Selbständigkeit beschränkte ich Wissensinputs auf das unverzichtbare Maß und bezog die Informationsbeschaffung durch Schüler/innen als wesentlichen Aspekt in die laufende Unterrichtsgestaltung ein. Zunächst forderte ich sie auf, relevante geografische Daten und im Zuge des Projektfortschritts auch andere Wissensdetails selbst zu erheben. Anstatt komplexe Fertiglösungen anzubieten, verspricht der Aufforderungscharakter von Angeboten und Anregungen zum Probieren und Experimentieren nach dem Prinzip „*trial and error*“ einen

spannenderen und interessanteren Unterricht für alle Beteiligten, zumal er von der Lerngruppe zumindest phasenweise getragen oder mitgetragen wird. Dabei setze ich auch auf den von unterschiedlichen Materialien ausgehenden Reiz, der Lust auf Berührung, das Hantieren und die Bearbeitung weckt - ein Wahrnehmungsangebot, das den heutzutage oft vernachlässigten Tastsinn und ganz besonders taktile Lerntypen anspricht.



Abb. 1, 2: Der vom Material ausgehende Reiz spricht taktile Lerntypen besonders an ...

→ 9 Anhang 2: *Bildmaterial Arbeitsprozess*

Kreatives Lernen geht nicht ausschließlich vom Lernerfolg aus, sondern orientiert sich auch an Lernverhaltensformen wie aktives und selbständiges Tun während der Lernprozesse und kreativen Äußerungen bei der Problemsuche, Produktion von Ideen und der Einschätzung von Lösungsalternativen. Auch diese Lernform benötigt eine Strukturierung der Aufgabensituation und entsprechender Arbeits- und Handlungsmöglichkeiten im Unterricht. Durch individuelle Experimente gewonnene Erfahrungen sollten an Mitschüler/innen weitergegeben, mit ihnen diskutiert und kritisch hinterfragt werden.

Der konstruktive Umgang mit Natur und Technik und die Verknüpfung theoretischer Einsichten mit der Produktion im Alltag einsetzbarer Sonnenuhren sollte das Interesse an der Gnomonik wecken, erworbenes Wissen nachhaltig verfügbar halten und zur vertiefenden Auseinandersetzung in der Freizeit anregen.

→ Anhang 9.3: *Sonnenuhrmodelle im Einsatz*

2.2 Entwicklungsinteressen

Ein für unsere Fachzeitschrift verfasster Artikel zum Thema „Sonnenuhren“ weckte die Aufmerksamkeit interessierter Arbeitsgemeinschaftsleiter/innen Österreichs, die mich baten, den für Technische Werkerziehung neu entdeckten, bisher noch nicht behandelten Themenbereich auf bundesweiten und internationalen Tagungen vorzustellen und von fachdidaktischer Seite zu beleuchten.

Mit dem Projekt wollte ich pädagogisch-didaktisches Neuland betreten und die damit verbundenen Inhalte für eine 8. Schulstufe verständlich, nachvollziehbar und „zum Anfassen“ aufbereiten, um Neugier und Interesse der Schüler/innen an der Gnomonik zu wecken.

Im Zuge dessen stellte ich mir zur Aufgabe, Unterrichtssequenzen zu planen, welche über die herkömmlichen Fachziele technologische Interessen und Fertigkeiten zu vermehren hinaus das „Be-greifen“ astronomischer Sachverhalte bewirken könnten. Statt detaillierter Anleitungen, welche nach meiner Erfahrung zu passivem Verhalten und unreflektiertem Tun verleiten, legte ich mein Hauptaugenmerk auf das Finden von Problemstellungen zur selbständigen Bewältigung von Aufgaben, die mir geeignet schienen, eigene Denk- und Handlungsstrategien in Gang zu setzen und weiterzuentwickeln. Da die Vermittlung dynamischer Fähigkeiten wie Eigeninitiative, Selbständigkeit, Verantwortung oder Kreativität immer mehr zur Aufgabe der Schule wird, darf ein ganzheitlicher Bildungsprozess persönliche Neigungen und Fähigkeiten nicht mehr als isolierte Größen betrachten, sondern muss diese vielmehr als Teile der gesamten Persönlichkeit mit einbeziehen. Gerade im technisch – kreativen und bildnerischen Bereich gestatten spezielle Transfermöglichkeiten das Übertragen von Erfahrungen und Kenntnissen auf andere Bereiche, sodass über die Entfaltung der Kreativität zugleich auch das kreative Moment im wissenschaftlichen Denken gefördert werden kann.

Dabei würde sich herausstellen, welche Methoden sich bewähren, Schüler/innen ihre persönlichen Potentiale selbst entdecken zu lassen, in wieweit sie lernen können, individuelle Problemlösungsstrategien und Innovationen zu entwickeln, und, ob dadurch deren Sach-, Methoden- und Handlungskompetenz gefördert und gesteigert werden kann.

Meine Entwicklungsinteressen führten zu folgender Forschungsfrage:

▶▶▶ Durch welche Planungsschritte und Methoden lassen sich Grundlagen der Gnomonik an 13- bis 14-jährige Schüler/innen herantragen und erworbenes Wissen in Tätigkeit umsetzen?

2.3 Maßnahmen

In einem angstfreien Umfeld sollten die Schüler/innen durch Unterstützung bei individuellen Problemen und durch einen wirksamen Dialog zur kreativen Auseinandersetzung mit und Verinnerlichung von naturwissenschaftlichen Sachverhalten motiviert und befähigt werden.

Ich beließ die zu Schulbeginn frei gewählte Sitzordnung, bei der sich - wie schon bald zu bemerken war - offensichtlich jene Schüler/innen um eine Werkbank platzierten, die ähnliche Interessen und Fähigkeiten mitbrachten. Auf diese Weise bildeten sie leistungshomogene Lerngruppen, welche den Arbeitsprozess gegenseitig beobachteten, berieten und diskutierten. Auffällig war die von ihnen zunächst gewählte Aufteilung auch in geschlechtshomogene Gruppen, die ich zu diesem Zeitpunkt als Abgrenzung zwischen Mädchen- und Bubenterritorien deutete. Bald wollte ich diese Situation näher unter die Lupe nehmen und allenfalls Maßnahmen zu einem kooperierenden Miteinander setzen. Hingegen konnte ich schon sehr bald bemerken, dass die Leistungen der Mädchen jenen der Mitschüler um nichts nachstanden und von diesen ebenso gewürdigt wurden wie jene auf der eigenen Seite. Während des Projektverlaufs vermischten sich dann Burschen und Mädchen immer wieder zwanglos und bildeten neue Interessensgemeinschaften. Die von den Schüler/innen gewählte Gruppierung hatte offensichtlich fachliche und nicht ausschließlich persönliche Gründe, basierte auf ähnlichem Vorwissen und bewährte sich rückblickend, zumal sie Flexibilität für den Austausch von Erfahrungen und gegenseitiger Hilfestellung förderte.

Den unterschiedlichen Vorkenntnissen und Fähigkeiten entsprechend sollten die Schüler/innen durch innere Differenzierung optimale Lernchancen erhalten. Um ein spezifisches Begabungsprofil entwickeln zu können, müssen Handlungsspielräume gewährt werden und das Prinzip der Freiwilligkeit gelten. Die konkreten Lerninhalte variierten im selbst zu wählenden Umfang, Anspruch und Bearbeitungsmodus, welcher sich aus der fallweise freien Materialwahl ergab. Die breit gefächerten Interessen der Lerngruppe wurden meinerseits durch die Gliederung der Arbeitsaufträge in ein Pflichtprogramm und darüber hinausreichende Anregungen für Alternativ- und Ergänzungsaufträge unterstützt, deren Schwierigkeitsgrad ohne Grenze nach oben offen blieb. Alternative und vertiefende, meist im persönlichen Gespräch erörterte Aufgabenstellungen sollten die Entscheidung für individuelle Lernziele begünstigen und den Schüler/innen ermöglichen, persönlichen Neigungen nachzugehen.

Die Organisation einer Freiarbeitsphase während der regulären Unterrichtszeit am Ende des ersten Semesters zielte in dieselbe Richtung und schuf zusätzlichen Raum, um individuellen, Fächer übergreifenden Interessen bei gleichzeitig möglicher Inanspruchnahme fachlicher Beratung und Betreuung nachzugehen. Dadurch war auch unterschiedlichen Lerntypen die Möglichkeit in die Hand gegeben, selbst gewählte und definierte Arbeitsziele zu verfolgen.

Konzeptentwicklungen schließen das Finden von Lern- und Lösungswegen durch die Aneignung systematischer Vorgangsweisen (Checklisten, Methoden, Werkzeuge), die Wahrnehmung aus verschiedenen Perspektiven, das Entdecken von Alternativen und Herstellen neuer Querverbindungen ein. All diese Fähigkeiten führen im Idealfall zum angestrebten selbständigen Erwerb neuer Kenntnisse und Fertigkeiten.

Arbeitsblatt 1: In jeder „Schwäche“ steckt Stärke!

Wie ich meine Schwächen in Stärken umwandeln kann

1. Verwandle möglichst viele „Schwächen“ in Stärken, indem du zu jedem Begriff aus dem „Schwächen“-Feld einen passenden aus dem „Stärken“-Feld suchst:
Beispiel: schwätzsüchtig → kommunikativ, einfallslos → routiniert ...

Schwächen

| | | |
|------------------|---------------------------------|------------------|
| unkonzentriert | ungenau | langweilig |
| ungeduldig | bequem | passiv |
| keine Interessen | unselbständig | schwätzsüchtig |
| schüchtern | ich kann mich nicht unterordnen | ruhig |
| langsam | einfallslos | ungehobelt |
| unangepasst | ängstlich | redefaul |
| vorpreschend | unentschlossen | denkfaul |
| unsicher | verliere mich in Details | leicht ablenkbar |
| abwartend | wichtigtuersch | verspielt |
| eingebildet | beharrlich (stur) | beeinflussbar |

Arbeitsblatt 2:

Stärken

| | | | |
|--------------------------------|--------------------|---------------|-------------------------------|
| kommunikationsfreudig | ausdauernd | ruhig | neugierig |
| bestimmt | kreativ | mutig | wissbegierig |
| experimentierfreudig | zielstrebig | | zuhören können |
| selbstbewusst | genau | | handwerkliche Fähigkeiten |
| korrekt | aufmerksam | | habe mit Schmutz kein Problem |
| geduldig | routiniert | großzügig | kooperativ |
| eigenständig | | zurückhaltend | einfühlsam |
| kann gut mit Aufträgen umgehen | | mitreißend | anpassungsfähig |
| beharrlich | unterordnungsfähig | | experimentierfreudig |
| | flexibel | | organisationsfähig |

- Denke nach, bei welchen Aufgabenstellungen / in welchen Situationen so genannte Schwächen von Vorteil sind.
- In welchen Berufen sind bestimmte Stärken gefragt?

Arbeitsblatt 3: Mein persönliches Stärken- und Schwächen-Profil

Meine Schwächen:



Meine Stärken:



Verfasse ein Bewerbungsschreiben, in dem du deine Schwächen in Stärken verpackst!

Beispiel: Ich bin zwar frech, aber das hilft mir in bestimmten Situationen selbstbewusst aufzutreten.

Ich bin schüchtern, kann aber gut zuhören.

Ich kann mich oft nicht unterordnen, dafür arbeite ich selbständig.

Aufgaben mit selbständig zu lösenden Problemstellungen forderten die Schüler/innen auf Ideen zu sammeln, diese weiter zu entwickeln, Skizzen, Werkzeichnungen und Umsetzungspläne anzufertigen und zu Lösungen in individuellen Modellen zu finden. Dabei sollten sie selbst verschiedene Methoden der Aufzeichnung (im wörtlichen und übertragenen Sinn) finden und in ihrer Projektmappe Ideen, Skizzen, Beschreibungen der persönlichen Lösungswege und Versuche dokumentieren.

Ein wesentlicher Faktor kreativer Prozesse ist die Wechselwirkung von lockerer Assoziation und starker Konzentration, absichtslosem Probieren und gezieltem Suchen sowie von Experimentierverhalten und überlegtem Verwerten gewonnener Erkenntnisse. Die Freude am Entdecken, Erfinden und Beschreiben neuer Lösungswege führt zu Lernmotivationen aus eigenem Antrieb. Natürlich sind Fehlschläge Begleiterscheinungen kreativer Bemühungen und erfordern ein hohes Maß an Frustrationstoleranz seitens der Schüler/innen. Bis diese erreicht ist, muss die Lehrkraft entsprechende Möglichkeiten der Kompensation, z. B. durch motivierende Lernanregungen anbieten. Denn die Überwindung von Frustrationen kann Energien zu erneuten Versuchen freisetzen, die helfen etwaige Hemmungen zu überwinden.

Wichtig waren mir auch Maßnahmen zur selbständigen und gegenseitigen Erfolgskontrolle, die eine realistische Selbsteinschätzung der eigenen Ergebnisse bewirken sollten. Die Bereitschaft zur Selbstorganisation setzt ein Mindestmaß an Fähigkeiten des persönlichen Zeitmanagements auf Seiten der Schüler/innen voraus und ist von der ersten zündenden Idee über ein selbständig zu entwerfendes Konzept, selbst gewählte Umsetzungsmethoden bis zur Realisation nach persönlichen Plänen hin wirksam. Durch Gliederung komplexer Problemstellungen in kleinere, überschaubare Teilprobleme sollte jede/r Einzelne angespornt werden, die Verantwortung für den eigenen Lernprozess zu übernehmen. Fallweise wurde persönlich erworbenes Wissen der Lerngruppe (z. B. mittels Demonstrationen und /oder Präsentationen) zur Verfügung gestellt.

Die finanzielle Projektförderung durch den Fonds ermöglichte darüber hinaus auch den Einsatz aufwändigerer Materialien und Gerätschaften wie Brandmalerei, Metallätzung oder Steinbearbeitung, von Lehrmaterialien und geeigneter Literatur.

3 METHODEN

Zu wesentlichen Kriterien des technischen Werkunterrichts zählen eine qualitätsvolle Materialverarbeitung, ästhetische Ansprüche an die Werkstücke und die Funktionsfähigkeit. Dazu gehören die mit Problemstellungen verbundenen Grob- und Feinziele ebenso wie die modellhafte Bewältigung der im Lehrplan erwähnten Leitideen nach persönlichen Konzepten.

(Auszüge aus der Bildungs- und Lehraufgabe: Durch die Auseinandersetzung mit den Sachbereichen „Technik“ und „Produktgestaltung / Design“ sollen die Schüler/innen befähigt werden, das Leben in einer hoch technisierten Welt in ökologischer, ökonomischer und sozialer Hinsicht zu bewältigen. Dazu soll Technisches Werken durch entdeckendes, Problem lösendes und handelndes Lernen beitragen. Die Entwicklung und Anwendung von Strategien dient dem Erkennen und Lösen von technischen und gestalterischen Problemen: Einsichten in Zusammenhänge von Ursache und Wirkung bei technischen Sachverhalten; Förderung von Kreativität und Innovationsfähigkeit durch systematisches und divergierendes Denken; eigenständige Durchführung von Problemlösungs- und Gestaltungsprozessen; ökonomisches Organisieren von Herstellungsprozessen.

Durch die Umsetzung kognitiver Lernprozesse in Produkte und Ergebnisse sollen folgende Fähigkeiten und Fertigkeiten entwickelt werden: Steigerung der Sensibilität durch sinnliches Erleben beim Verarbeiten verschiedener Werkstoffe; Entwicklung von Zielstrebigkeit und Konsequenz beim Lösen gestellter Aufgaben; Entwicklung von kritischer Selbsteinschätzung, Frustrationstoleranz und Kritikfähigkeit als Grundlage für Entscheidungsfindungen; Erwerb von Urteilsvermögen und Qualitätsbewusstsein bei der Bewertung von Produkten.

Zum Lehrstoff der 3. und 4. Klasse gehören das Anfertigen von Werkstücken mit höheren funktionalen und gestalterischen Ansprüchen für Freizeit etc.)

Für Inputs setzte ich je nach Lerninhalten verschiedene Methoden und Medien der Instruktion ein. Zumal die Unterrichtszeit auf den späten Nachmittag fiel, ersetzten Beleuchtungssimulationen das im Winter fehlende Sonnenlicht. Auch in der Gestaltung der Arbeitsaufträge sollte Methodenvielfalt für Abwechslung sorgen, andererseits unterschiedliche Lerntypen, v. a. die taktil Lernenden ansprechen, die sich im freiwillig gewählten Fach Technische Werkerziehung erwartungsgemäß zahlreich finden. Im Zuge von Selbstevaluationen sollten die Schüler/innen lernen sich selbst und ihre persönlichen Ressourcen (besser) einzuschätzen und zwischen „müssen“, „können“, „dürfen“ und „wollen“ zu differenzieren.

Vorrang vor allen anderen Methoden hatte ein Lernen auf der Basis von Versuch und Irrtum, das Heranziehen verschiedenen Wissens und Könnens zur Korrektur vorhergehender Denk- und Handlungsansätze und die darauf fußende selbständige Planung weiterer Umsetzungsschritte. Probieren und Einsicht ergänzten einander wechselseitig. Mitunter brachte ein „produktiver Irrtum“ die richtige Lösung, da positive Einsichten dieser Art oft entscheidende Anregungen für den weiteren Lernvorgang enthielten. Weiters gaben offene Arbeitsaufträge und die teilweise freigestellte Wahl von Materialien und Bearbeitungsverfahren Spielraum für persönliche Vorlieben der Schüler/innen und begünstigten Entscheidungen für individuelle Zielsetzungen einzelner Überlegungs- und Arbeitsschritte, die in einer Projektmappe dokumentiert wurden.

Offenheit und Neuheit der Problemsituation sollte zu kreativem Denken und zu Selbständigkeit herausfordern und eine aktive Auseinandersetzung mit widersprüchlichen Situationen zu einer kreativen Lernhaltung führen. Der

Verhaltensaspekt ist immer in Verbindung mit bestimmten Inhalten zu sehen, weshalb sich ästhetisch orientierte Unterrichtsinhalte besonders für kreative Förderungsabsichten anbieten.

Eigenständige Problemlösungen setzen Fähigkeiten zur Problemanalyse, und Techniken zur Optimierung von Lösungsansätzen durch ein Ausbrechen aus alten Denkmustern, Aktivieren kreativer Denkprozesse und deren nutzbringende Anwendung in der Praxis voraus, die es zu trainieren galt. Der Einsatz unterschiedlicher Kreativitätstechniken erleichtert auch das Finden von Lösungen und gegebenenfalls von Innovationen (neuer Lösungen und Erfindungen).

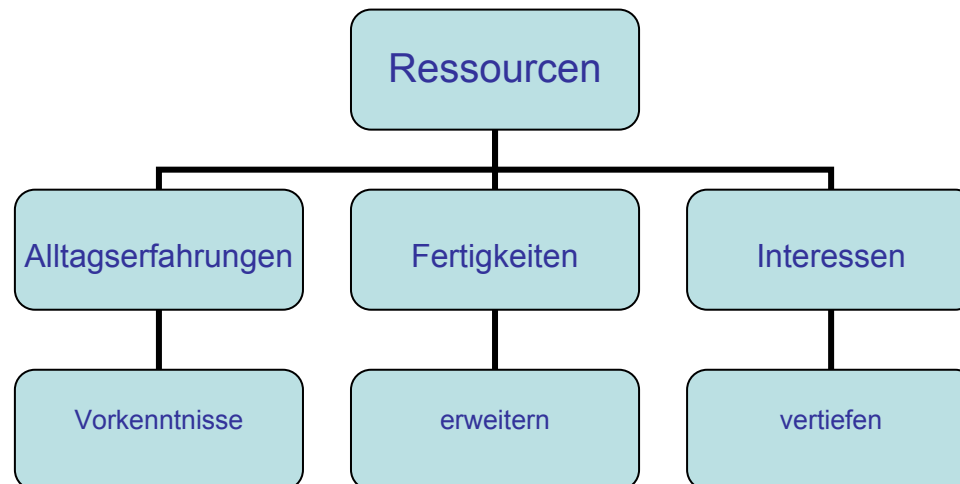
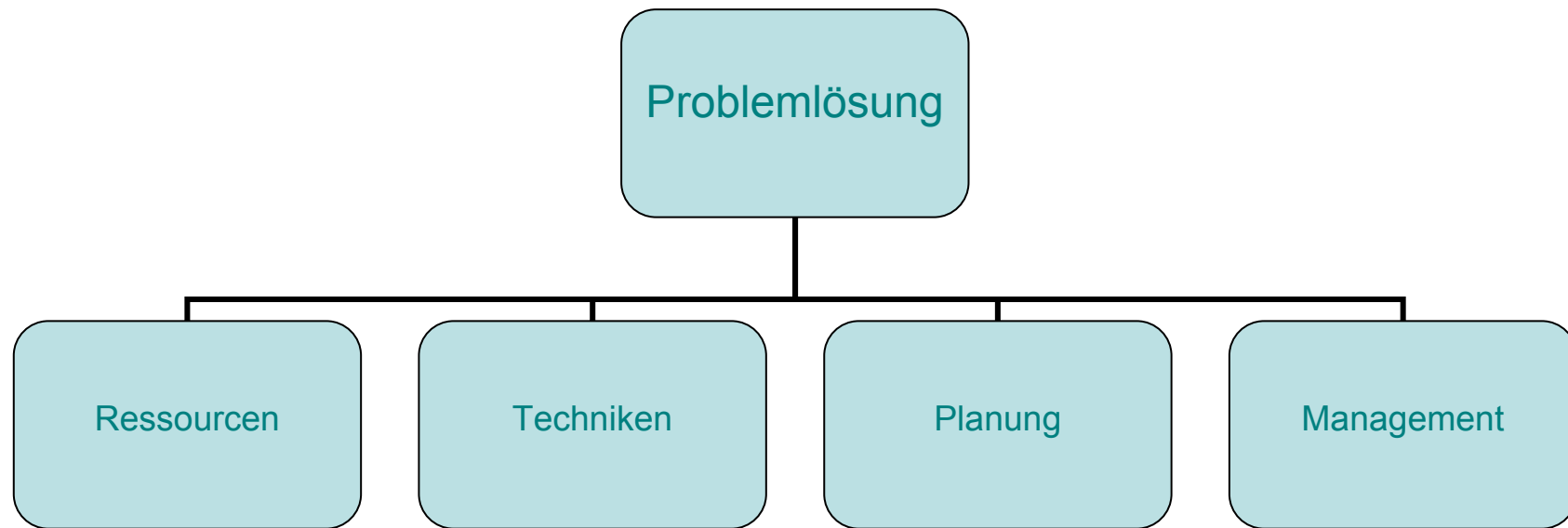
Die Motivation zur Problemlösung steigt, wenn der Erfolg nachgewiesen werden kann und auch kommuniziert wird. Deshalb wurden komplexe Aufgabenstellungen - anfangs gemeinsam, im fortschreitenden Projektlauf zusehends selbständig - in kleinere, überschaubarere Teilprobleme zerlegt. Sukzessiv lösbare Probleme wurden in allen Unterrichtsphasen weitgehend von Methoden begleitet, die zu selbständigem Denken und Handeln (hin-)führen. Denn eine schrittweise Problemanalyse ist leichter zu bewältigen und viele kleine Lösungen können in der Summe große Wirkung zeigen. Um vice versa einem Verlieren in Details vorzubeugen, sind bei dieser Methode die einzelnen Schnittstellen und die Lösung des Gesamtproblems im Auge zu behalten.

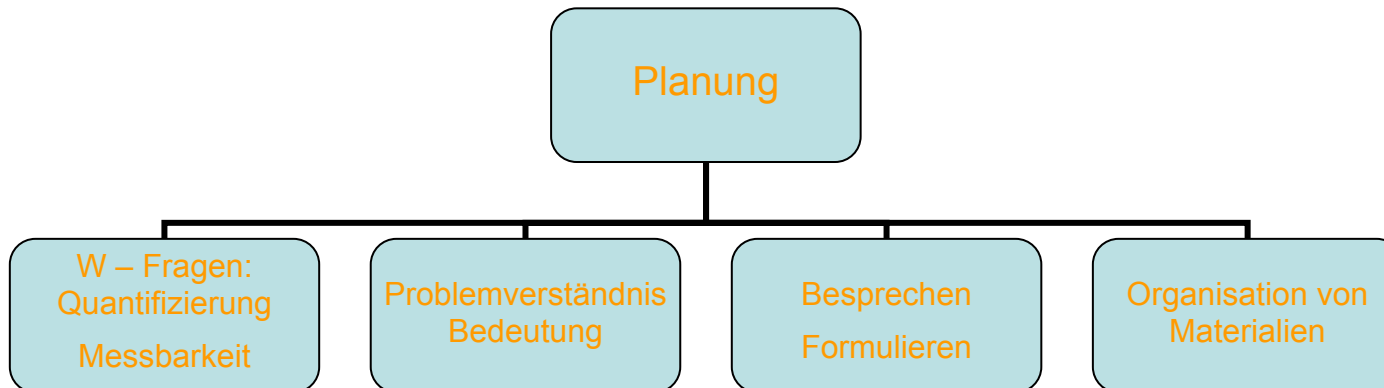
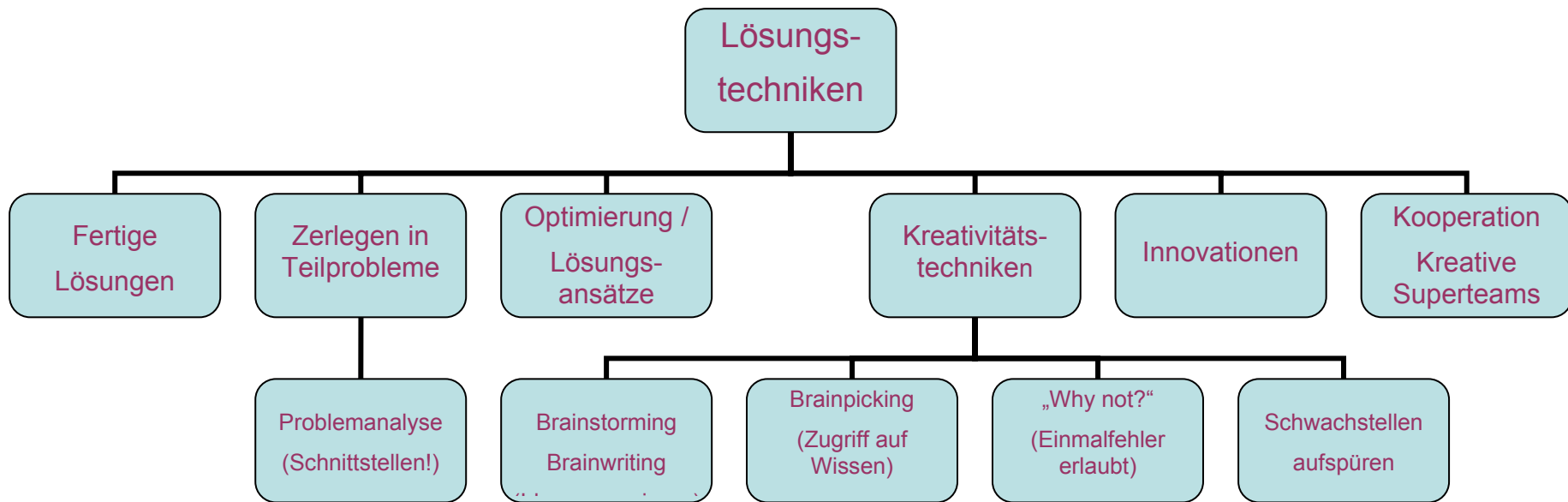
Wenn Unterstützung erforderlich oder bei der Planung besonderer Vorhaben nützlich erschien, bot ich Hilfe zur Selbsthilfe an. Bei der Erarbeitung von Kenntnissen und bei der Umsetzung eigener Ideen regte ich je nach Bedarf zu ganzheitlichen und empirischen Methoden an und setzte „vorwissenschaftliche“ Vorgangsweisen ein, welche die Entwicklung persönlicher Denk- und Handlungsstrategien und den Erwerb von Problemlösungskompetenz unterstützen, aber auch das Finden von Innovationen ermöglichen sollten. Dem beratenden Gespräch mit weiterführenden Denkanstößen kam dabei besondere Bedeutung zu.

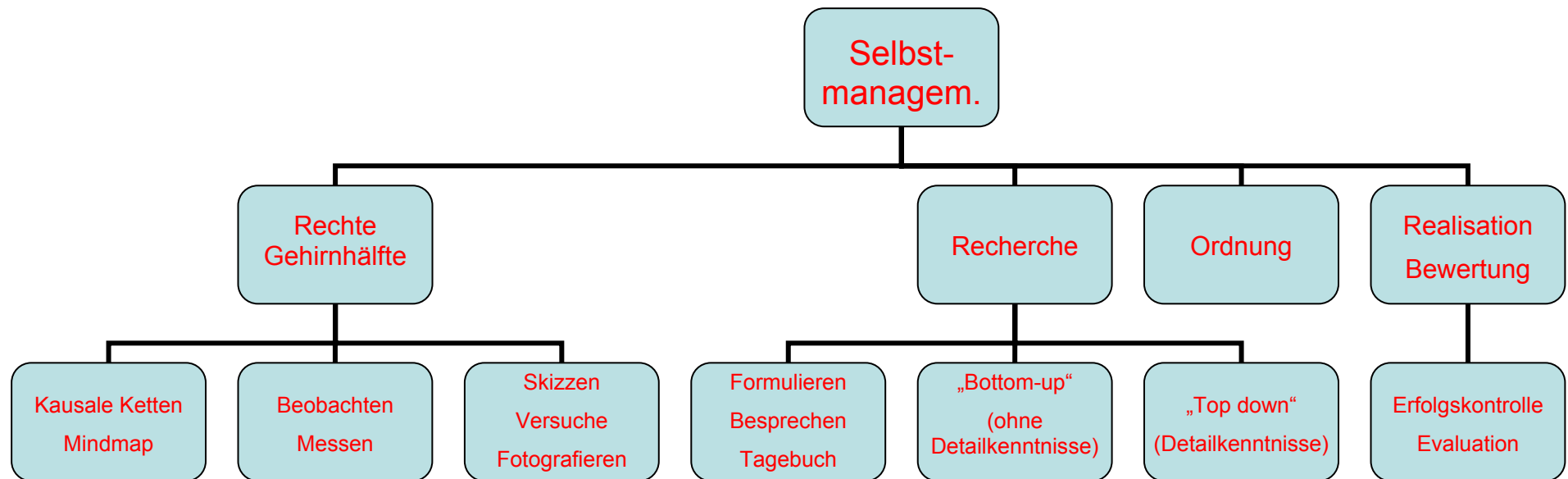
Für die Problemanalyse im Unterricht kann auch die Entwicklung kausaler Ketten nützlich sein, z. B. die Anfertigung von Mindmaps, bei denen sich die Kategorien aus der Anwendung ergeben. Je nach Grunddisposition und Situation im Projekt wurden die Schüler/innen angehalten, die eine oder andere Kreativitätstechnik auszuprobieren, bis sich der gewünschte Erfolg einstellte:

- ◇ Brainstorming oder Brainwriting – Generieren von Ideen (ohne Kritik)
- ◇ Brainpicking - Zugriff auf das Wissen anderer, z. B. durch Befragung (auch von Nichtfachleuten), Lexikon etc.
- ◇ Mind Stretch - Weiterspinnen einer Idee
- ◇ Mind Surprise - das Ernstnehmen auch lächerlich erscheinender Ideen
- ◇ Versuche nach dem Prinzip „Why not?“ statt „Ja, aber ...“ - Zugunsten einer Risikobereitschaft sind jeweils einmal begangene Fehler erlaubt.

Die Organigramme auf den folgenden Seiten geben einen Überblick über wesentliche Kreativitätstechniken zum Erwerb von Problemlösungskompetenz.







Antoine de St.-Exupéry: „Um klar zu sehen, genügt oft ein Wechsel der Blickrichtung.“

Problemlösungskompetenz ist eine Form der Handlungs- und Methodenkompetenz und gleichbedeutend mit Erfolg. Dieser beruht zum Großteil auch auf fachlicher und sozialer Kompetenz. Problemlösung setzt Selbständigkeit, Zeitmanagement und Verantwortungsgefühl voraus und schließt die Fähigkeiten ein, Probleme schnell erkennen, genau umreißen und definieren, einen Prozess oder ein Produkt gedanklich und materiell planen, gezielt brauchbare Lösungen, Lösungsalternativen oder Innovationen entwickeln und Entscheidungen erfolgreich treffen zu können. Bei der Beantwortung aller Hauptfragen ist die Suche nach Quantifizierbarkeit und Messbarkeit wesentlich: Was wird oder soll gemacht werden, bis wann und wohin soll es führen? Wie soll es getan werden und wer soll es mit welchen Mitteln und Spesen tun? Am schwierigsten ist die Frage nach dem Warum zu beantworten. Aus ihr ergeben sich ebenso wichtige und weiterführende Fragen: Wem könnte die Lösung ebenfalls nützen? Wo könnte sie ebenso eingesetzt werden? Wann sollte sie umgesetzt sein? Bei Entscheidungen für Lern- und Lösungswege erweist sich oft eine systematische Vorgangsweise nach Methoden, Werkzeugen und Checklisten als nützlich, zum Aufspüren alternativer Möglichkeiten und von Innovationen die Anwendung von Kreativitätstechniken. Um komplexe Problemstellungen überschaubar zu halten, ist eine Aufspaltung in mehrere Teilprobleme zu empfehlen. Beachtet man beim Verknüpfen die Schnittstellenproblematik, können viele kleine Lösungen große Veränderungen bewirken. (Vgl. www.zeller-team.de/htm/k-problemloesung.htm, 25. 10. 2007)

Eine andere Methode ist das Beschreiben eines Problems, das eine systematische Bearbeitung einleiten und zu einem Problemverständnis führen kann. Bei der Lösungssuche und Lösungsauswahl kann die Fokussierung auf „W – Fragen“ - auch in negierter Form – hilfreich sein:

- ◇ Wem könnte die Lösung ebenfalls nützen?
- ◇ Wo könnte die Lösung noch eingesetzt werden?
- ◇ Wann sollte die Lösung umgesetzt sein?
- ◇ Was sollte die Lösung unbedingt bewirken?
- ◇ Wie sollte die Lösung aussehen?

Wesentliche Faktoren der Lernerfolgskontrolle im beschriebenen Projekt waren die selbständige Überprüfung der Funktionstüchtigkeit selbst gebauter Sonnenuhrmodelle, ein zu best möglicher Selbstkorrektur führender Gedankenaustausch in der Lerngruppe, die immer wieder mit Spannung erwartete Gegenüberstellung der Ergebnisse, die gemeinsame Erörterung von Handlungsschritten und Lösungswegen sowie die abschließende Leistungsbeurteilung im Sinne einer förderlichen Rückmeldung im Plenum. Denn nicht zuletzt sollten alle eingesetzten Methoden die Selbständigkeit der Schüler/innen erhöhen und zu einer besseren Selbsteinschätzung des Lernfortschrittes und der Qualität eigener Leistungen führen. Selbstverständlich wurden die Bereitschaft zur Weitergabe selbst erworbenen Wissens an die Lerngruppe, Präsentationen und Engagement (auch außerhalb des Unterrichts) für die Beurteilung der Gesamtleistung der Schüler/innen berücksichtigt. (Vgl. TULODZIECKI G., 2004, S 102 – 121)

Die konkrete Unterrichtsentwicklung würde zeigen:

- ▶▶▶ Welche Methoden tragen zum Erwerb von Eigenverantwortung und Selbständigkeit, im Besonderen zur Problemlösekompetenz und des persönlichen Zeitmanagements bei?
- ▶▶▶ Welche Maßnahmen erhöhen das Kreativitätspotential und bewähren sich für die Förderung (hoch)begabter Schülerinnen und Schüler?

3.1 Unterrichtsgestaltung:

Das Unterrichtsdesign und die Arrangements wurden auf die Verknüpfung von kognitiven Inhalten mit planungs- und handlungsorientierten Methoden ausgerichtet. Über die Entfaltung der Kreativität sollte auch das kreative Moment im wissenschaftlichen Denken gefördert werden.

Ein für den Werkstattcharakter typisches Merkmal ist der parallele Ablauf unterschiedlicher Tätigkeiten infolge individueller Vorhaben und unterschiedlichem Arbeitstempo. Die räumliche Nähe von Werk- und Zeichensaal und die am Nachmittag eingeteilten Werkstunden begünstigten einen jederzeit möglichen Wechsel sowie eine parallele Nutzung der Räume für verschiedene Unterrichtsabläufe wie Inputs und Informationsaustausch mit Beamer, Konstruktionszeichnungen, Arbeiten am Computer und die gleichzeitige Bearbeitung von Holz oder Stein mit großer Staubentwicklung. Die günstige Raumsituation erlaubte z. B., dass eine Schüler/innen - Gruppe im verdunkelten Zeichensaal Simulationen der Bestrahlung von Sonnenuhren durchführte und die Ergebnisse fotografisch aufzeichnete, während ein Schüler seine speziellen Zifferblattkonstruktionen am Computer berechnete und ich im Werksaal werktechnische Vorgänge der Mitschüler/innen wegen der Verletzungsgefahr beaufsichtigte.

3.1.1 Fachliche Ziele:

3.1.1.1 Aneignung und Anwendung von Fachwissen:

- ◇ Sachgemäßer Einsatz von Werkzeugen und Klebemitteln bei unterschiedlichen Materialien: Sägen, Bohren, Stemmen, Raspeln, Feilen, Kleben
- ◇ Oberflächenbehandlung von Holz, Metall, Speckstein: Schleifen und Polieren
- ◇ Alternative Techniken wie Gravieren von Speckstein und Metall, Brandmalerei in Holz, Metallätzung, Lederbearbeitung etc.
- ◇ Einflüsse des Lichts auf Farbe, Körper und Raum unter verschiedenen Bedingungen
- ◇ Auswirkungen des Sonnenstands auf Tages- und Jahreszeiten
- ◇ Herstellen von Anschauungs- und Demonstrationsmaterial zum besseren Verständnis der Dimension Zeit: Sonnenuhrtypen mit verschiedenen Problemstellungen nach maßstäblichen Entwürfen und Konstruktionen
- ◇ Durchführen von Design-Analysen nach praktischem, ästhetischem und symbolischem Wert

3.1.1.2 Erwerben von Fachkompetenzen:

- ◇ Kennenlernen, Üben und Einsetzen überall anwendbarer Methoden für genaue Beobachtung und Wahrnehmung, des Messens, Konstruierens und modellhafter Darstellung
- ◇ Kennenlernen und Einsetzen von Fachfertigkeiten wie Ziel orientieren Einsatz verschiedener Werkzeuge und Technologien

- ◇ Erproben und Kennenlernen verschiedener Kreativitätstechniken durch bewussten Verzicht auf detaillierte Anweisungen der Vorgangsweise
- ◇ Planungsschritte zur Umsetzung von Wissen in Tätigkeit
- ◇ Betroffenheit und Identitätsstiftung beim Umgang mit Materialien durch Berührung, Bearbeitung, Manipulation und Kombination, die teils vorgegeben und vorhanden, aber auch durch frei zu wählende ergänzt wurden.
- ◇ Selbsteinschätzung von Potentialen, verfügbaren Ressourcen und neuen Möglichkeiten; gegebenenfalls ein Umwandeln von Schwächen in Stärken
- ◇ Sach-, Methoden- und Selbstkompetenz: Entwickeln von Denk- und Handlungsstrategien zur Problemlösung und Erwerb methodischer Schritte zum selbständigen Denken und Handeln
- ◇ Artikulation von Meinungen und Konfliktbereitschaft bei unterschiedlichen Auffassungen
- ◇ Erwerb von Handlungskompetenz durch Kenntnis von Planungsinstrumenten für die Entwicklung und Realisation von Innovationen

3.1.2 Pädagogische Ziele:

Die Beschäftigung mit Sonnenuhren ist Langzeitarbeit, vermag daher u. a. zu den wichtigen Erziehungszielen Ausdauer, Geduld und Exaktheit heranzubilden – die übrigens in allen anderen Unterrichtsfächern von Schüler/innen vorausgesetzt werden - und damit einen bedeutenden Beitrag zur Persönlichkeitsbildung und Lebensbewältigung zu leisten. Neben diesen Schlüsselqualifikationen sollte das Projekt vor allem zum Erwerb von Selbständigkeit und Problemlösungskompetenz führen, welche die Fähigkeit zur Definition und zur Begründung eines Problems voraussetzt und gleichzeitig als Übung im logischen Denken gewertet werden kann.

Ganzheitliche Vorgangsweisen mit Kopf, Hand und Herz sollten das Gymnasium und Realgymnasium mit sprachlichem und naturwissenschaftlichem Schwerpunkt durch Verknüpfung der Bereiche Technik, Design und Architektur um die Ästhetik als dritter Säule der Pädagogik ergänzen. Die Auseinandersetzung mit der Gnomonik vermag diese drei Eckpfeiler in idealer Weise zu vereinen und Neugier für geografische und physikalische Zusammenhänge zu wecken. Innere Differenzierung ermöglichte Interessierten eine Vertiefung im Bereich der Physik, Geografie, Biologie, Mathematik und / oder der Astronomie, aber auch in den geisteswissenschaftlichen Bereichen wie Sprachen, Geschichte und Kunst. Weitere Impulse für eine berufliche Orientierung gingen von Beispielen verschiedener Sonnenuhrtypen und literarischen Angeboten aus, die zum Selbststudium und selbst gewählten „Forschungszielen“ anregten. Vielleicht würde sich dadurch meine Hoffnung erfüllen, potentiellen naturwissenschaftlich und technisch interessierten Nachwuchs zu fördern.

Als Minimalziel sollten alle Schüler/innen anhand relevanter Inhalte rundum die Sonnenuhr die Befähigung zu einer besseren Orientierung in unserer technisch geprägten Welt erreichen und sie zu einem mehrdimensionalen ästhetischen Bewusstsein hinführen. Zur Verwirklichung der pädagogischen Ziele boten sich als relevante Subthemen an:

- ◇ Zeit und Raum als Orientierungshilfe im Leben
- ◇ Ursprung des Zeitmaßes früher Hochkulturen als Verständnisgrundlage für den historisch und kulturell bedingten Wandel des Zeit- und Raumbegriffs
- ◇ Einsichten in die Relativität des Zeitbegriffs und Einstellungen des Menschen zur Zeit durch Auseinandersetzung mit verschiedenen Zeitmessgeräten
- ◇ Auswirkungen des Zeitbegriffs auf Lebensrhythmus und Gesellschaft

3.1.3 Didaktische Ziele:

- ◇ Akzeptanz und Bewusstsein des Stellenwerts der Technik im Leben
- ◇ Be-greifbarmachen naturwissenschaftlicher Inhalte
- ◇ Selbsttätigkeit, Selbständigkeit und Selbstentfaltung: Kennenlernen von Planungs- und Umsetzungsschritten für reale, im Alltag einsetzbare Produkte mit individuellem Design, die ein hohes Maß an Identifikation gewährleisten
- ◇ Entdeckendes, eigenständiges Arbeiten durch Ordnung, Planung und Selbstorganisation und selbständiges Erarbeiten neuen Wissens nach individuellen Lernzielen.
- ◇ Übernehmen von Verantwortung für den eigenen Lernprozess, dem spezifische Fragestellungen oder Problembestände zugrunde gelegt wurden.
- ◇ Persönliche Vertiefung individueller Interessen
- ◇ Selbstreflexion der Lernprozesse und einzelner Handlungsschritte, Kontrolle der Ergebnisse und Analysen der Schülerarbeiten im Gruppengespräch
- ◇ Moderationsfähigkeit und Präsentationskompetenz durch Verstehen, Problemlösen, Argumentieren etc.
- ◇ Geistige und intellektuelle Beweglichkeit

3.1.4 Aktions- und Sozialformen

Im Sinne eines abwechslungsreich gestalteten Unterrichts, der das Interesse an dem komplexen Thema aufrecht erhält, ein Durchhalten schmackhaft macht und Möglichkeiten zur Selbstverwirklichung berücksichtigt, wurden in verschiedenen Unterrichtsphasen folgende Sozialformen eingesetzt bzw. ermöglicht:

- ◇ Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit durch Lehren und Lernen im sozialen Umfeld (z. B. gegenseitige Hilfestellung, Weitergabe von Wissen und Tipps)
- ◇ Erörtern von Ideen, Erfahrungen und Problemlösungen durch Kooperation und Kommunikation in und außerhalb des Unterrichts
- ◇ Gemeinsame Erarbeitung von Begriffen und Fachtermini, Ausstellungen mit Führung für andere Klassen, Eltern etc.

- ◇ Gestaltung eines Projektplakates und einer Projektbroschüre in Gruppenarbeit sowie Planung und Durchführung von öffentlichen Präsentationen im Team
- ◇ Fallweise freie Wahl jener Sozialform, welche individuelle Problemlösungen und den persönlichen Arbeitsfortschritt begünstigte (Einzel-, Partner- und Gruppenarbeit)
- ◇ Wege zu kreativer Teamarbeit durch Kommunikation und Kooperation kreativer Superteams
- ◇ Bilden von Problemlösungs-Teams (Querdenker, Analytiker, Methodiker, Erfahrungsträger)
- ◇ Erweitern des persönlichen Erfahrungsschatzes durch Präsentationen und Reflexionen im Plenum mit anschaulichen Demonstrationen selbst gefundener Problemlösungen anhand von Skizzen, Werkzeichnungen, Modellen und Powerpoint-Aufbereitungen
- ◇ Sprachliches Erfassen des Arbeitsprozesses und der Ergebnisse

Die Reflexion der Zwischen- und Endergebnisse fand auf allen Ebenen statt: im Austausch mit Partner/innen, in der Kleingruppe, im persönlichen Gespräch zwischen Schüler/in und Lehrerin und abschließend im Klassenplenum. Diese Aktivitäten dienten dem Anbahnen einer Gesprächskultur, zu der das Zuhören und freie Sprechen mit Meinungsbegründung gehören, wie dem Training von Selbstkompetenz, der Bereitschaft und Fähigkeit, die eigene Identität zu erproben und zu bewahren und andere Meinungen und Werthaltungen ertragen zu lernen.

3.2 Fächerübergreifender Unterricht

Das von Technischer Werkerziehung gesteuerte Projekt wurde ganzjährig, typen- und jahrgangsübergreifend mit Bildnerischer Erziehung durchgeführt. Durch die vielfältigen Bezüge des Projektthemas bot sich eine phasenweise Fächer überschreitende und Fächer koordinierende Vernetzung an. Die Behandlung konkret realisierter Inhalte ergab sich aus der Akzentuierung der Interessen der Schüler/innen und der am Projekt beteiligten Unterrichtsfächer Physik, Englisch, Latein und Deutsch. Das komplexe Thema ließ Perspektiven aus verschiedenen fachspezifischen Blickwinkeln sowie individuelle Zugangsweisen, persönliche Zielsetzungen und selbsttätige Auseinandersetzung zu. Dadurch bekamen die Schüler/innen Gelegenheit Wissen zu denselben oder verwandten Subthemen unabhängig von einzelnen Schulgegenständen in verschiedenen Kontexten anzuwenden und umfassendere Kenntnisse und Fertigkeiten zu erwerben. Der Realitätsbezug und die befruchtende Zusammenarbeit der Schüler/innen sollten erfahrungsgeleitetes Lernen ermöglichen und das Kreativitätspotential erhöhen.

Inhaltliche und zeitliche Absprachen mit interessierten Kolleginnen am Schulbeginn wurden größtenteils eingehalten, obwohl es kaum gelang, mitwirkende Kolleginnen in Teamsitzungen zu vereinen. Die Organisationsform der Sir – Karl – Popper – Schule als Ganztagschule bedingt, dass an beiden Schultypen Unterrichtende wie auch ich in mehr Nachmittags- als Vormittagsstunden ihren Dienst versehen und einander durch den Wegfall von Pausen kaum begegnen. Einzelkontakte aufzunehmen und erarbeitete Materialien für die Dokumentation sicher zu stellen war oft mühsam. Für die Koordination mit den Schüler/innen boten sich meine Unterrichtsstunden mit Technischer Werkerziehung und Bildnerischer Erziehung an.

Folgende Formen des fächerübergreifenden Unterrichts kamen zum Tragen:

- ◇ **Fächerüberschreitender Unterricht:** In Technischer Werkerziehung wurden erforderliche Inhalte der Bildnerischen Erziehung, der Physik, Geografie und Mathematik behandelt und Material für die Projekt-Homepage ausgetauscht, die ein Schüler selbständig erstellte: www.wiednergymnasium.at/umbradocet/
- ◇ **Fächerverknüpfender Unterricht:** Mindestens zwei Fächer behandelten ein bestimmtes Thema mit und ohne zeitliche Koordination, z. B. Licht und Schatten im Technikunterricht, in Bildnerischer Erziehung und in Physik. Dort wurden auch Optik und Sonnensystem, Schatten und Lichtquellen, Lichtstrahlen, Reflexion und Brechung, Sonne als Lichtquelle, Lichtgeschwindigkeit und Spektralfarben sowie Farbmischung (additiv und subtraktiv) behandelt.
Zeitmessung in der Antike und Chronogramme auf Sonnenuhren in Technischer Werkerziehung, Bildnerischer Erziehung und Latein.
Visualisierung von Redewendungen zur Zeit in Bildnerischer Erziehung und Deutsch; Relativität des Zeitbegriffs in Bildnerischer Erziehung, Deutsch und Englisch.
- ◇ **Fächer aussetzender Unterricht:** In einer dreitägigen Freiarbeitsphase wurde der Unterricht für die individuelle Recherche und Bearbeitung frei zu wählender, fächerübergreifender Themen aufgelöst.

→ **Anhang 9.6: Fächer übergreifende Beispiele**

4 AUFBAU UND INHALT DER ARBEITSAUFTRÄGE

Das Technikprojekt sollte Erfahrungen ermöglichen, die durch Erproben von Kreativitätstechniken (→ **Kapitel 3**) für individuelle Problemlösungen und beim Setzen der erforderlichen Arbeitsschritte einer selbständigen Planung bis zur realen Umsetzung ästhetisch-funktionaler Produkte gewonnen werden. Eingestreute Beobachtungs- und Erkundungsphasen sensibilisierten für die bewusste Wahrnehmung, vor allem der Körper- und Raumwahrnehmung bei natürlicher und künstlicher Beleuchtung. Schließlich sollte die Auseinandersetzung mit Sonnenuhren und Inhalten der Gnomonik die Bedeutung des geografischen Standorts als Lebensmittelpunkt und den von ihm abhängigen Einfluss des Lichts auf die Lebensgestaltung und -ausrichtung erkennen lassen. Damit verbundene grundlegende Einsichten in naturwissenschaftliche Sachverhalte sollten die Schüler/innen zu einem tieferen Verständnis für technische Zusammenhänge führen, welche mit humanwissenschaftlichen und kulturellen Lernangeboten korrelieren.

Die Schüler/innen sollten lernen eigene Ideen zu entwickeln, Skizzen, Werkzeichnungen und Umsetzungspläne anzufertigen und durch freie Methodenwahl individuelle Entscheidungen zu treffen. Dabei sollte das auf Erkenntnis von Sachzusammenhängen oder Ursachen abzielende Experiment als Methode zu selbständigem Denken und Kritikfähigkeit erziehen. Selbständigkeit und Selbsttätigkeit sind Bestandteil jeder Problemlösung und dem damit verbundenem Erkenntnisgewinn. Denn mehr als rezeptives Lernverhalten und Reproduktion von Wissen vermag das Experiment zu kreativer Selbstentfaltung beizutragen. Daher waren Voraussetzungen zu schaffen, welche die Bereitschaft zur Selbstorganisation und den Erwerb von Fähigkeiten des persönlichen Zeitmanagements begünstigen und entspannte Phasen für spielerisches Verhalten einzuplanen, das als „Kristallisationspunkt im Chaos“ (Montessori) wirken kann, in dem Ideen leichter aufblitzen.

Zur Klärung individueller Sachfragen erhielten die Schüler/innen je nach Interesse und Bedarf kopiertes Bild- und Textmaterial, unterschiedliche Werkmaterialien, Literatur oder das Internet zur Verfügung gestellt. Maßnahmen zur selbständigen und gegenseitigen Erfolgskontrolle wurden immer wieder zum Thema gemacht, sollten sie doch zur realistischen Selbsteinschätzung eigener Leistungen führen. Fallweise wurde persönlich erworbenes Wissen der gesamten Lerngruppe (z. B. mittels Demonstrationen und / oder Präsentationen) zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus sollte das bei Konstruktion und Gestaltung verschiedener Sonnenuhrtypen erworbene Wissen über die Gnomonik auch für andere „be-greifbar“ und dadurch nachvollziehbar werden.

Das Unterrichtsdesign unterstützte die breit gefächerten Interessen der Lerngruppe durch Arbeitsaufträge, die in ein „Pflichtprogramm“ mit Minimalforderungen und darüber hinausreichende Anregungen für alternative und / oder ergänzende Aufgaben gegliedert wurden. Der mitunter frei zu wählende Schwierigkeitsgrad blieb ohne Grenze nach oben offen. Ein schrittweiser Aufbau und ein reichhaltiges Angebot für persönliche Entwicklungsvorhaben sollte hochbegabten und gleichermaßen weniger anspruchsvollen Schüler/innen ermöglichen, ihren persönlichen Neigungen nachzugehen und Entscheidungen für selbst gewählte und individuell definierte Teilaufträge begünstigen. Durch diese Form der inneren Differenzierung sollten alle Schüler/innen je nach Vorkenntnissen und Fähigkeiten optimale Lernchancen erhalten. Indem sie aufgefordert waren, die Lerninhalte im

selbst zu wählenden Umfang, Anspruch und Bearbeitungsmodus zu variieren, konnten und sollten sich die Ergebnisse nicht gleichen, eine Maßnahme, die rein nachahmende Tätigkeit ohne persönliche Auseinandersetzung mit der Materie a priori ausschloss.

Die Grundkonzeption der einzelnen Arbeitsaufträge berücksichtigte gleichermaßen fachliche und persönliche Anforderungen, bei deren Durchführung folgende Schritte zu bewältigen waren:

- ◇ Versuche mit Licht und Schatten
- ◇ Verstehen der Funktionsweise bestimmter Sonnenuhrtypen
- ◇ Zifferblattkonstruktion und Planung verschiedener Sonnenuhrtypen
- ◇ Vergleich von Messungen der Wahren und Mittleren Ortszeit mit der Mitteleuropäischen Zeit und der Sommerzeit
- ◇ Finden von Lösungswegen und Methoden für Problemstellungen mit steigendem, teilweise alternativ zu wählendem Schwierigkeitsgrad
- ◇ Reflexion von „Irrwegen“ und Problemlösungen, um aus Fehlern zu lernen
- ◇ Bearbeitung verschiedener (teilweise frei zu wählender) Materialien wie Holz, Metall, Plexiglas, Speckstein, Leder etc.
- ◇ Überprüfen der Funktionstüchtigkeit hergestellter Sonnenuhrmodelle (ev. mithilfe von Beleuchtungssimulationen)
- ◇ Dokumentation der Lösungswege bis zum fertigen Endprodukt
- ◇ Präsentation der eigenen Ergebnisse in der Lerngruppe unter sachgemäßem Einsatz von Fachtermini
- ◇ Analyse der Gruppenergebnisse und Fachdiskussion mit Argumentation
- ◇ Selbsteinschätzung und Bewertung eigener Leistungen und Ergebnisse

Die Berücksichtigung der vorgenannten Aspekte ließ eine Gliederung des Projektablaufs in drei Phasen sinnvoll erscheinen: Die Erkundungsphase konzentrierte sich hauptsächlich auf verschiedene Methoden der „Aufzeichnung“ von Beobachtungen und Messungen bekannter Fakten aus dem Alltag. 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 vorwiegend komplexen Aufgaben mit stark individueller Note und unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad gewidmet und sollte der Selbstverwirklichung der Schüler/innen dienen.

4.1 Erkundungsphase

„Umbra docet. Der Schatten lehrt.“ – Was lehrt der Schatten?



Abb. 3: Schachfigur: Stündlicher Schatten (fotografische Aufzeichnung)

Bei der Alltagswahrnehmung und Orientierung in der Umwelt ansetzend, ließ ich zunächst Beobachtungen und Messungen von Schatten durchführen, die den Einfluss von Licht auf unsere Körper- und Raumwahrnehmung belegen. Unsere erste Aufmerksamkeit galt dem Erkunden des Sonnenstands und dessen Auswirkungen auf Schattenlänge und Schattenform. Soweit es die Wetterlage im Herbst noch zuließ, wurden die ersten Aktivitäten im nahe gelegenen Park durchgeführt. Einige setzten gegenseitige Vermessungen des eigenen Körperschattens in Pausen eines sonnigen Schultags fort und hielten die Daten mit Angabe der unterschiedlichen Tageszeiten in einer Tabelle fest.

Beim Beobachten der Besonnungszeit bestimmter Fenster (in der Schule oder daheim) unter Verwendung eines Kompasses oder beim Einsatz verschiedener Methoden der Aufzeichnung eines Körperschattens im Tagesverlauf (Skizzen, Fotos etc.) konnten die Schüler/innen einfache Techniken der Problemlösung kennen lernen und erproben. Einzelne besonders Interessierte entdeckten bereits in dieser Projektphase persönliche Potentiale, die sie in der Folge zu selbständigen Leistungen mit sukzessiv steigendem Niveau anspornten und zur Vertiefung ihrer persönlichen Interessen befähigten.

→ 9 Anhang 3: Sonnenuhrmodelle im Einsatz

Nach der Erhebung bekannter Fakten und Wiederholung geografischer Fachtermini und Kenntnisse fasste ein Schüler wichtige astronomische Daten zusammen. Zweimal im „Lauf“ eines Jahres erreicht die Sonne die maximale Deklination, einmal nördlich und einmal südlich des Himmelsäquators. Je nach Hemisphäre spricht man von der **Sommer-** oder **Wintersonnenwende** mit dem höchsten oder niedrigsten Tagbogen (→ **Abb. 32**) der Sonne, der sich aus ihrer jeweils größten bzw. geringsten Mittagshöhe über dem Horizont ergibt.

Sommer-Sonnenwende: 21. Juni

Winter-Sonnenwende: 21. od. 22. Dezember

Zur kalendarischen **Tagundnachtgleiche** überschreitet die Sonne während ihrer scheinbaren jährlichen Bewegung entlang der Ekliptik den Himmelsäquator und steht senkrecht über dem Äquator (in Schaltjahren um einen Tag verschoben):

Frühlings-Tagundnachtgleiche: 20. od. 21. März

Herbst-Tagundnachtgleiche: 22. od. 23. September

→ Anhang 9.5.1 Licht- und Schattenerkundungen

4.2 Grundlagen der Gnomonik

In dieser Unterrichtssequenz widmeten wir uns der Beobachtung von Stäben als Schattenwerfer auf flache, verschieden gerichtete und gekrümmte Flächen (Globus und Styroporkugel), um Einflüsse von Körper, Raum und Licht auf den Schattenverlauf festzustellen. Erforderliche Inputs wurden zum leichteren Verständnis mit visueller Unterstützung eingesetzt und der jeweilige Unterrichtsertrag mit Notizen, Skizzen und Begriffserläuterungen in der Projektmappe festgehalten.

Das Gnomon, 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.

Zur Veranschaulichung und Demonstration astronomischer Alltagsphänomene, wie z. B. von **Tages- und Jahreszeiten**, wurden mithilfe einer Styroporkugel (Sonne), des Globus und Scheinwerfern Simulationen im verdunkelten Werkssaal durchgeführt. Die ersten Erkenntnisse waren beim Bau einfacher Sonnenuhrmodelle umzusetzen, die auch in späteren Unterrichtsphasen als nützliches Anschauungsmaterial zum Wiederholen und Klären von Sachverhalten dienten.

→ **Anhang 9.3, Abb. 14 - 16**

4.2.1 Bau einer Kugel Sonnenuhr:

Über die Oberfläche einer Kugel wandert der Terminator, die Licht-Schatten-Grenze, wie auf unserem Planeten. Für das einfach herzustellende, aber sehr instruktive Modell, das aufschlussreiche Einblicke in die Beleuchtungsverhältnisse der Erde vermittelt, standen eine Styroporkugel mit 8 cm Durchmesser, ein Holzstab (Mikado- oder Schaschlikstab), eine Sperrholzplatte und diverse Holzreste als Ausgangsmaterialien zur Verfügung.

4.2.1.1 Arbeitsblätter mit Aufgaben und Problemstellungen:

1. Suche nach Möglichkeiten der exakten Durchbohrung der Kugel 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.
 - ◇ Einzelne Schüler/innen nahmen Vorbohrungen von beiden Polen der Styroporkugel mit erhitztem Draht (einer begradigten Heftklammer) vor, andere fixierten die Kugel zwischen den Oberschenkeln und führten die Durchbohrung mit einem zugespitzten Holzstab durch.
 - ◇ Als eigenständige Lösungen wurden z. B. Auflager (Holzquader) mit gefeilter oder gebohrter Nut gefunden und die Neigung durch Absägen eines Keils im erforderlichen Winkel hergestellt. Eine andere Lösung stellte eine gefräste Mulde für die Styroporkugel mit Bohrung zum stabilen Fixieren der Erdachse dar.

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 die empirische Methode durch Abmessen des Äquatorumfangs mit einem Papierstreifen oder Faden bevorzugten. Sie teilten die Gesamtlänge in 24 gleich große Teile oder halbierten und viertelten den Faden. Die restlichen Abschnitte wurden berechnet, auf dem Äquator markiert und mit farbigen Stecknadeln fixiert. Die Stundenmeridiane wurden mit schwarzer Nähseide von Pol zu Pol über die Köpfe der Stecknadeln gespannt oder mit gebogenem Draht eingedrückt und die Rillen farblich nachgezogen.
 - ◇ Ein mathematisch Hochbegabter entschied sich für die konstruktive Methode und stellte eine dreidimensionale Karton-Schablone mit 15°-Winkelabstand zum Anlegen und Zeichnen der Meridiane auf der Kugeloberfläche her.



Abb. 4: Dreidimensionale Schablone aus Karton

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 die Form des Anfangsbuchstaben des Namens an.

4.2.1.2 Funktionstest des Modells (Anweisungen + Ergebnisse):

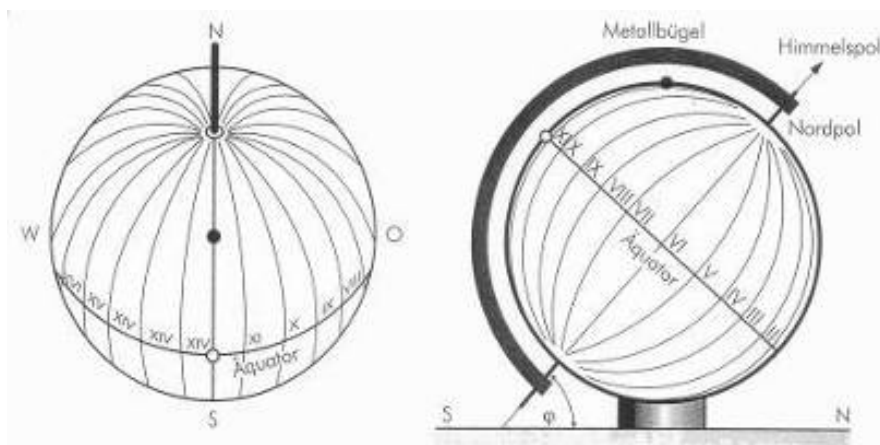


Abb. 5: Kugel- und Globussonnenuhr

Erkunde bei Sonnenschein die „Aussagekraft“ deiner Kugelsonnenuhr. Ergänze oder korrigiere das Modell gegebenenfalls, um seine Funktionstüchtigkeit zu erhöhen. Notiere deine Beobachtungen in der Projektmappe und fertige nach Möglichkeit eine Fotoserie an, mit der du den Schatten zu unterschiedlichen Besonnungszeiten dokumentierst.

1. Richte den XII – Uhr – Meridian deiner Kugelsonnenuhr an einem sonnenbeschienenen 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 stündlichen 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)**⁴ verläuft der Schatten entlang der Meridiane, sonst schräg über die Kugel.
3. Beachte, dass deine Stundeneinteilung auf dem Äquatorkreis jedem 15. Längengrad der Erdoberfläche entspricht. Finde heraus, welche aufschlussreichen Einblicke in die Beleuchtungs-verhältnisse der Erde eine derartige Uhr vermittelt.
 - ◇ Dieser Sonnenuhrtyp zeigt den jeweiligen Sonnenauf- und Sonnenuntergang, den Wahren Mittag sowie einen unscharfen Dämmerungsbereich.
4. Erläutere und vergleiche die herausgefundenen Ergebnisse mit jenen deiner Mitschüler/innen.

Freiwilliger Ergänzungsauftrag: Umwandlung des Globus in eine Sonnenuhr

- a) Bringe zur leichteren Zeitablesung 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. 10**).

4.2.1.3 Vergleich von Kugel- und Globussonnenuhr (Erkenntnisse):

Dieser Uhrentyp kann den täglichen Zeitablauf von Sonnenauf- bis – untergang anschaulich vermitteln:

- ◇ Nach dem Prinzip der äquatorialen Sonnenuhr (→ **Kapitel 4. 2. 3**) muss der Pol zum Himmelspol weisen, die Lage des Erdäquators stimmt dann mit der Ebene des **Himmelsäquators**⁵ 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 Kugel-sonnenuhr 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.
- ◇ Die Vormittagsstunden liegen auf der östlichen, die Nachmittagsstunden auf der westlichen Seite. Wo auf dem Globus die östliche Schattengrenze (Terminator) verläuft, *“geht die Sonne unter”*, bei der westlichen *“geht sie auf”*. Der unscharfe Schatten auf der Kugel 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. Dadurch ist auch ein Zeitvergleich bestimmter Orte zum

⁴ Wahre Ortszeit: dem Sonnenstand entsprechende Ortszeit, die sich nach dem Kulminationspunkt der Sonne um 12 Uhr im Zenit richtet (Wahrer Mittag).

⁵ Als Himmelsäquator wird die Schnittlinie der scheinbaren Himmelskugel mit einer senkrecht zur Himmelsachse (Polachse) stehenden Ebene - der Äquatorachse - bezeichnet.

eigenen Ortsmeridian möglich (→ **Abb. 9**).

- ◇ Der Terminator verläuft nur zu den **Tag- undnachtgleichen** entlang der Längengreise (meridional), sonst in einer schräg gekrümmten Kurve und schneidet die Längengreise unter einem mehr oder weniger großen Winkel. 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.



Abb. 6: Kugelsonnenuhr

→ Anhang 9.3: Sonnenuhrmodelle im Einsatz

4.2.2 Die Ortszeit (Input):

Der Begriff wird in drei Bedeutungen verwendet:

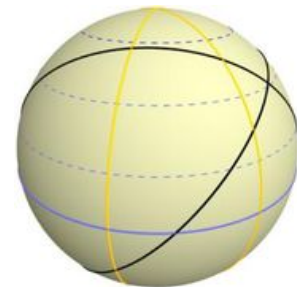
- Ortszeit ist jene Zeit, die in der jeweiligen Zeitzone gültig ist,
- die Wahre Ortszeit entspricht der Wahren Sonnenzeit und
- die Mittlere Ortszeit⁶ der Mittleren Sonnenzeit⁷.

Die Sonnenzeit orientiert sich am **Sonnenstand** und hängt daher vom **Längengrad** ab. Eine Längengraddifferenz von einem Grad entspricht einem Zeitunterschied von vier Minuten – in Mitteleuropa sind das 85 km in Ost – West - Richtung. Die Wahre und Mittlere Ortszeit beruhen auf der Dauer des Sonnentags und sind daher mit der Erdrotation verknüpft.

4.2.2.1 Der Längengreis:

Der Begriff wird gleichermaßen in der Mathematik, Geografie und Astronomie benutzt, wo man auch „schräge“ Längengreise bezüglich der Ekliptik der scheinbaren Sonnenbahn und sogar der Milchstraße verwendet.

Abb. 7: Der (blaue) Äquator teilt die Kugel in zwei Hälften und kreuzt die (gelben) Längengreise unter 90°. Alle durchgezogenen Linien sind Großkreise⁸, die strichlierten Breitenkreise.



⁶ Mittlere Ortszeit: Eine „mittlere, gedachte Sonne“ geht von einem Mittleren Mittag um 12 Uhr aus.

⁷ Ein senkrecht auf eine horizontale Fläche gestellter Schattenstab beschreibt innerhalb eines Jahres den Verlauf der Sonnenposition nach dem Datum. Werden diese jeden Tag zur selben Zeit am selben Standort markiert und am Ende des Jahres alle Positionen verbunden, entsteht eine langgestreckte Acht, ein Analemma (altgriech. aufgerichtet). Davon leiten sich analemmatische Sonnenuhren ab.

⁸ Großkreis: Für Astronomen durchläuft der Meridian volle 360° auf der „Himmelskugel“. Auf der „oberen Hälfte“ kulminiert die Sonne jeden Mittag (*meridies* = Mittagslinie), während sie den „unteren“ Bogen um Mitternacht durchläuft.

Der **Längengrad** (geografische Länge λ) ist der Winkelabstand eines Punktes auf der Erdoberfläche von der Ebene des Nullmeridians (in östlicher und westlicher Richtung von 0° bis 180°). Als Ausgangspunkt der Zählung gilt die einstige Sternwarte von Greenwich bei London. Meridiane verbinden Orte, die zur selben Zeit Mittag haben und deren Sonnenhöchststand dem Wahren Mittag entspricht. Der um die **Zeitgleichung** (Differenz zwischen Wahrer und Mittlerer Ortszeit) veränderte Mittagszeitpunkt wird als Mittlerer Mittag bezeichnet. Daraus folgt, dass eine für einen bestimmten Aufstellungsort konstruierte Sonnenuhr entlang des gleichen Längengrades installiert werden kann, nicht hingegen auf Standorten unterschiedlicher Breite. (Vgl. <http://wikipedia/Längenkreis>, 22. 3. 2008)

Durch die tägliche Rotation und deren Fliehkraft ist die Erdgestalt am Äquator „ausgebaucht“ und in den Polarregionen „flacher“ als eine gleich große Kugel⁹. Alle Längengrade auf der (idealisierten) Erde sind gleich lang, während der Radius der Breitenkreise zu den Polen hin abnimmt¹⁰.

(http://de.wikipedia.org/wiki/Erdfigur#Erdoberfl.C3.A4che.2C_Erdellipsoid_und_.E2.80.9EGeoid.E2.80.9C, 22. 3. 2008)

Da alle Längengrade einer Kugel Großkreise sind, teilen sie die Erde (gemeinsam mit ihrem 180° - „Gegenstück“) in jeweils zwei Hälften - auch auf dem (abgeplatteten) Erdellipsoid, haben dort aber die Form von Ellipsen. Die „halbierende“ Eigenschaft haben die Längengrade bzw. „Längenebenen“ mit dem Erdäquator gemeinsam, der als längster Breitenkreis auf der tatsächlichen Erde aber um 0,2 Promille länger ist.¹¹

Wenn die Sonne im Meridian, d. h. exakt im astronomischen Süden, steht, beträgt die Wahre Ortszeit vom Nordpol bis Südpol 12 Uhr (Meridiandurchgang). Aufgrund der elliptischen Bahn der Erde um die Sonne sowie der Neigung der Erdachse gegen die Bahnebene geht die Wahre Ortszeit gemessen an einer Uhr mit konstanter Ganggeschwindigkeit je nach Jahreszeit bis zu 16 Minuten vor oder nach (Zeitgleichung). Durch die Umwandlung der geografischen Längendifferenzen in Zeitdifferenzen sind die Ortszeit, die Zonenzeit und Ortszeitdifferenz abzulesen. Letztere ist Ende Oktober / Anfang November mit rund 15 Minuten am deutlichsten erkennbar.

4.2.2.2 Der Breitenkreis:

Der Parallelkreis aller Orte hat gleichen Abstand vom Äquator, d. h. gleiche geografische Breite. Der Breitengrad des Winkels ϕ liegt zwischen 0° am Äquator und 90° am Nord- bzw. Südpol.

Das Gnomon einer gewöhnlichen Sonnenuhr zeigt die Sonnenzeit an. Auf modernen Sonnenuhren wird in der Projektionsebene die Zeitdifferenz zur Mittleren Sonnenzeit durch Linien entsprechend dem **Analemma** (\rightarrow **9 Anhang 4: Individuelle Leistungen**) kompensiert. Durch Ausgleichen der jahreszeitlichen Schwankungen der Wahren Ortszeit erhält man die Mittlere Ortszeit, die für astronomische Beobachtungen und für die astronomische Navigation von Bedeutung ist. Ihre

⁹ Der Unterschied in den Radien beträgt immerhin 21.387 Meter (oder 1:298,24 des mittleren Äquatorradius von 6.378.137 m).

¹⁰ Der Radius der Breitenkreise nimmt mit dem Kosinus der geografischen Breite zu den Polen hin ab ($r = R \cdot \cos B$).

¹¹ Der Äquator misst im Meeresniveau 40.075 km, die Längengrade hingegen nur 40.008 km.

Grundgrößen sind die Sonnensekunde und der Mittlere Sonnentag. Wäre die Erdbahn um die Sonne exakt kreisförmig und stünde die Erdachse senkrecht zur Bahnebene, wären Mittlere und Wahre Ortszeit identisch.

Die Wahre Ortszeit war lange die einzige messtechnisch genau reproduzierbare Zeitskala. Sie bekam erst mit der Einführung einer Weltzeit Konkurrenz, verlor aber insbesondere durch verlässliche Quarzuhren und dann mit den an die Atomzeit gebundenen Funkuhren an Bedeutung. Heute dient sie aber noch immer dazu, die Greenwich-Zeit (GMT), die mittlere Ortszeit des Greenwich-Meridians und damit die Universal Time (UT) zu bestimmen, die der Eichung der UTC dient.

Noch bis ins 19. Jahrhundert gab es keine allgemein verbindliche Zeit, zumal diese jeder Ort nach dem Sonnenstand festlegte. Heute verwendet man Zonenzeiten, die in einem gewissen geografischen Umfeld identisch sind (z. B. Mitteleuropäische Zeit).

4.2.3 Das Äquatoriale Zifferblatt

Den Abschluss der Grundlagenvermittlung bildete die Konstruktion des Ausgangszifferblattes für die Messung der Wahren Ortszeit (WOZ). Jedes Zifferblatt ist die Schnittfigur einer ebenen oder gekrümmten Zifferblattfläche mit den im Raum liegenden gedachten Stundenebenen. Bei diesem Zifferblatt, das man sich als gedachten Schnitt durch den Äquator vorstellen kann, ergibt die Flächenprojektion eine Auffächerung der Stundenlinien im jeweiligen Winkel von 15° . Anhand der einzelnen Stundenebenen, die wie die Seiten eines aufgeschlagenen Buches liegen, kann das Prinzip Sonnenuhr gut erfasst werden.

→ Anhang 9.3: Sonnenuhrmodelle im Einsatz, Abb. 14 - 16

Beim Äquatorialzifferblatt ist die Projektionsrichtung in jedem Fall die Richtung der Erdachse an einem beliebigen Standort der Welt, dessen Lage durch die geografische Länge und Breite bestimmt ist. Der Zeiger liegt erdachsparell, 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. Für Wien sind es etwa 48° .

Bestimmte Meridiane begrenzen die **Zeitzone**n, in welche die Erde aufgeteilt ist. Eine volle Umdrehung der Erde um 360 Grad dauert einen Tag von 24 Stunden, also 1.440 Minuten. Demzufolge beträgt der Zeitabstand zwischen zwei Meridianen genau 4 Minuten ($1.440 : 360$). Die Differenz der Ortszeit zweier Orte, die im Gradnetz der Erde einen Abstand von 15 Längengraden aufweisen, ist daher genau 1 Stunde = 60 Minuten. Görlitz, die östlichste Stadt Deutschlands liegt genau auf dem 15. Meridian (Geografische Lage: $15^\circ 00'$ ö. L) und wäre damit von Greenwich genau eine Stunde verschoben.

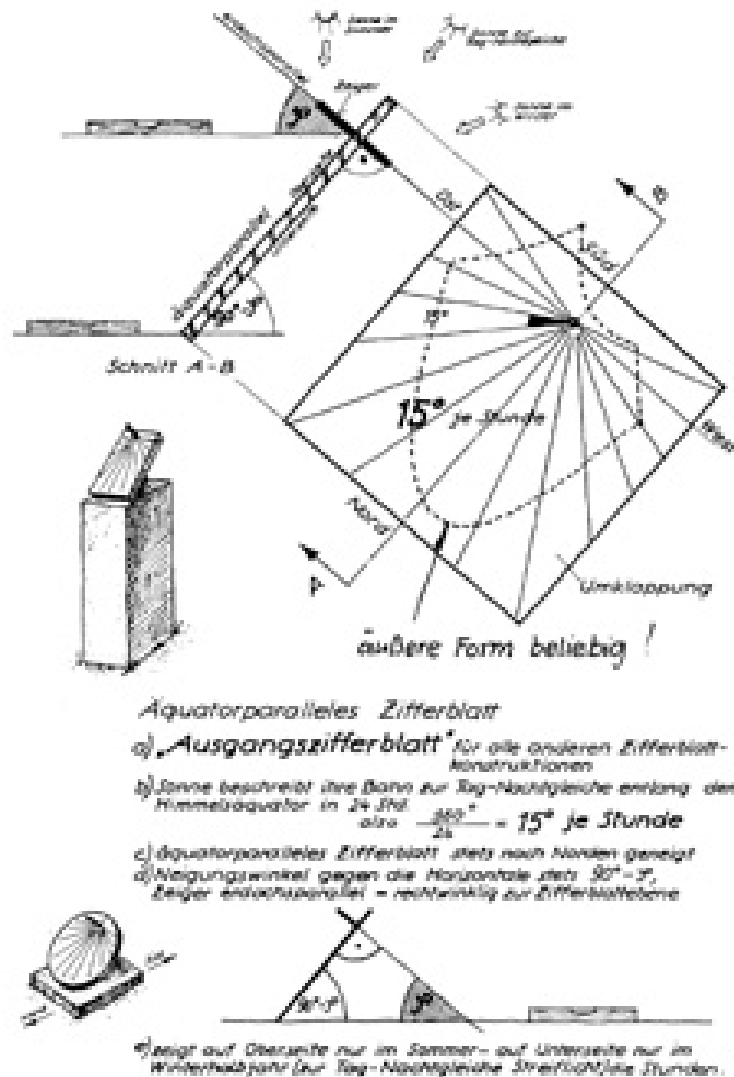


Abb. 8: Äquatorparalleles Zifferblatt: typische Auffächerung der Stundenlinien; die Form des Zifferblattes kann beliebig gewählt werden.

4.2.4 Wie lange dauert eine Stunde?

Die uns vertraute Zeitspanne einer Stunde wurde nicht seit jeher als 24. jeweils gleich langer Teil eines Sonnentages betrachtet, bei dem der Stundenwinkel 15° nach Wahrer Ortszeit (WOZ) entspricht.

Im Mittelalter wurden in die Südwände vieler Kirchen und Klöster kurze Metall- oder Holzstäbe horizontal eingeschlagen. Unter dem Stab, dessen Fußpunkt den Mittelpunkt eines in den Stein geritzten Halbkreises bildete, teilten Kreisradien die Fläche in mehrere gleich große Sektoren. Abgesehen von der senkrechten Mittagslinie markierten diese noch keine Stundenlinien. Die „kanonialen Stunden“ zeigten vermutlich den Ablauf des klösterlichen Lebens an.

Als sich in Mitteleuropa das städtische Gemeinwesen herausbildete und bessere Zeitmessgeräte – wie das Astrolabium aus dem arabischen Raum – bekannt wurden, wandte man sich einer anderen Form der Tageseinteilung zu, welche schon in der

Antike gebräuchlich war. Die **judäische oder biblische Stunde** entstand durch Einteilung des lichten Tages in 12 gleich lange Stunden zwischen Sonnenauf- und Sonnenuntergang, was im Laufe des Jahres unterschiedliche Stundenlängen zur Folge hatte. Diese je nach Jahreszeit variierenden **Temporalstunden** waren im Altertum und im Mittelalter gebräuchlich. Im Sommer dauerten die Tagesstunden in unseren Breiten länger als jene der Nacht und im Winter war es umgekehrt.

Ab dem 14. Jahrhundert bis an die Schwelle der Neuzeit leiten wesentliche Veränderungen eine neue Epoche im europäischen Sonnenuhrbau ein. Die Richtung des Schattenwerfers steht nicht mehr senkrecht zur Ebene der Sonnenuhr, sondern verläuft parallel zur Erdachse und zeigt somit zum Himmelsnordpol. Dies ist jener fiktive Punkt am Himmel, in dem die gedachte Verlängerung der Erdachse, die **Polachse**, das Himmelsgewölbe durchstößt. Der Schattengeber wird demnach Polachse genannt. Diese Änderung hatte zur Folge, dass ab nun die mit dem Polstab ausgestatteten **Polos-Sonnenuhren**, wie die bereits im Einsatz stehenden **Räderuhren**, das ganze Jahr hindurch gleich lange Stunden – **Äquinoktialstunden** – anzeigen. Die Zeit der modernen Sonnenuhren beginnt erst im späten Mittelalter, als sich die unabhängig von der Jahreszeit mit 60 Minuten festgelegten Stunden durchsetzten: Als „**gemeine**“, „**deutsche**“ oder „**französische**“ **Stunden** bezeichnet man jene, in denen die Zeit von Mitternacht bis zur nächsten Mitternacht in **24 gleiche Stunden** geteilt wird. Die Zählung beginnt mit 0 Uhr um Mitternacht, endet mittags um 12 Uhr und beginnt ab hier bis Mitternacht wieder 12 Stunden zu zählen. Bei den „**italischen**“ (auch italienischen), „**böhmischen**“ oder „**welschen**“ Stunden beginnt die Zählung bei Sonnenuntergang (*horae ab occasu solis*) und bei den „**babylonischen**“ oder „**griechischen**“ Stunden bei Sonnenaufgang (*horae ab ortu soli*).



Abb. 9: Schematische Tagbögen der Sonne in Mitteleuropa, Blick nach Süden

Die Tageslänge wird in der Astronomie als **Tagbogen** bezeichnet; er bezieht sich auf die Zeit zwischen scheinbarem Auf- und Untergang eines Himmelskörpers. Bei flachem Horizont teilt er sich in zwei gleiche Abschnitte: Vom Aufgang bis zum Höchststand (*Kulmination*) - im Allgemeinen im Süden bzw. auf der Südhalbkugel im Norden – und von dort bis zum Untergang. Weil die Erde für eine Drehung nicht 24 Stunden, sondern nur 23,934 Stunden braucht, verfrühen sich alle 3 Zeitpunkte täglich um 4 Min. Bei der Sonne kommt noch der Einfluss der Jahreszeiten hinzu: Die Kulminationszeit (Wahrer Mittag) kann um +/- 16 Minuten variieren (**Zeitgleichung**), die Auf- und Untergänge in Mitteleuropa sogar um +/- 2 Stunden.

Der Tagbogen hängt von der geografischen Breite B des Standortes und von der Deklination D des Gestirns ab und lässt sich mit Formeln der Sphärischen Trigonometrie berechnen: $\cos T = -\tan B \cdot \tan D$. Wenn B oder D Null ist, ergibt sich $\cos T = 0$ und $T = 90^\circ$ (oder 6 Stunden). Daher ist am Äquator der Tagbogen *aller* Gestirne (auch der Sonne) genau 12 Stunden. Hingegen ist er auf den Polen 24 Stunden oder 0 Stunden. In mittleren Breiten hat die Sonne Tagbögen zwischen etwa 8 Stunden (Dezember/ Januar) und 16 Stunden (Juni/ Juli). Die zirkumpolaren

Sterne (in der Nähe der Himmelspole, $D > 90^\circ - B$) sind 24 Stunden über dem Horizont, ihr Tagbogen ist daher 24 Stunden - unbeschadet der Tatsache, dass sie tagsüber von der Sonne überstrahlt werden. (Vgl. <http://wikipedia/Tagbogen>, 22. 3. 2008)

Da der Verlauf der Zeitzonen sich aber 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. Die festgelegten **Zeitzone**n unterscheiden sich meist um volle Stunden, selten auch um halbe.

4. 2. 5 Ist verlässliche Zeitmessung auf unserem Planeten möglich?

Sonnenuhren richten sich nach dem scheinbaren unregelmäßigem "Gang" der Sonne. Sind sie so konstruiert, dass sie bei Sonnenhöchststand 12 Uhr anzeigen, geben sie die so genannte „**Wahre Ortszeit**“ (**WOZ**) nach Ortsstundenwinkeln an.

Noch zu Goethes Zeiten galt die Wahre Ortszeit. Zum Einrichten mechanischer Zeitmessgeräte, z. B. auf Kirchtürmen, diente jedoch weiterhin der Typus **Mittagsuhr**, die beim Höchststand der Sonne durch die Lotlinie den wahren örtlichen Mittag zeigt. Am Eingang zum Querschiff des *Straßburger Münsters* z. B., der so genannten „Uhrenhalle“, wurde im Jahr 1842 zur Gangkontrolle der mechanischen Turmuhr an der Türleibung eine Sonnenuhr angebracht!

Die Wahre Ortszeit unterscheidet sich von der für eine Zeitzone offiziell festgelegten „**Mittleren Ortszeit**“ (**MOZ**). Verglichen mit Räderuhren, die nach dem gleichmäßigen, zwingenden Gang der Zahnräder "arbeiten", scheinen Sonnenuhren einmal vor- und ein anderes Mal nachzugehen - rund plus / minus eine Viertelstunde.

In der 1. Hälfte des 19. Jahrhunderts wurde auf Kirchtürmen die Mittlere Ortszeit (MOZ) üblich. Diese ist eine um den jeweiligen Betrag der Zeitgleichung korrigierte Zeitangabe, für die eine mittlere, „gedachte“ Sonne mit gleichförmig angenommener Bewegung maßgeblich ist. Aber auch diese aus dem Streben nach Vereinfachung bewusst erzeugte Ungenauigkeit der Zeitmessung löste nicht alle Probleme. Als die XII – Uhr - Linien der Wahren Ortszeit durch die Achterschleife¹² (→ **9 Anhang 4: Individuelle Leistungen**) 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.

Das Problem wurde in weiterer Folge durch eine Gleichschaltung der Uhren für bestimmte Zonen umgangen. Die **Zonenzeit** springt als Zeitquantum alle 15 Längengrade um 1 Stunde. Für die einzelnen Gebietsstreifen auf der Erde, deren ungefähren Grenzen die 15° - Meridiane entsprechen, gilt seit 1893 dieselbe künstlich festgelegte Zeit. 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

¹² Auch die jeden Tag um dieselbe Zonenzeit fotografierten Sonnenstände am Himmel ergeben ein Analemma. Die Stundenlinien auf den Zifferblättern von Sonnenuhren können als Analemma gestaltet sein, um unmittelbar das Ablesen der um die Zeitgleichung korrigierten Zeit zu erlauben.

an 4 Tagen im Jahr stimmen die Mittlere Ortszeit (MOZ) und die Mittlere europäische Zeit (MEZ) überein, wenn am 16. April, 15. Juni, 1. September und am 26. Dezember beide Zeitmessungen zusammenfallen. Die an allen anderen Tagen des Jahres wirksame Differenz zwischen der Wahren und der Mittleren Ortszeit wird in der Zeitgleichung (auch Zeitausgleich) ausgedrückt und kann maximal 16,4 bzw. -14,3 Minuten betragen. Die täglichen Differenzen lassen sich feststellen, indem man die Wahre Zeit der Sonne von der Mittleren Zeit der Räderuhren abzieht (MZ – WZ).

Mit der Einführung der Sommerzeit (MESZ) haben wir uns von der natürlichen Zeitmessung nach dem für die Wahre Ortszeit relevanten Sonnenstand einen weiteren Schritt entfernt. Die Mitteleuropäische Sommerzeit (**MESZ**) ist der „Normalzeit“ (MEZ) um eine Stunde voraus und in den meisten europäischen Ländern nach einigen geringfügigen Änderungen von Ende März bis Ende Oktober gültig. Die damit zwei Mal jährlich verbundene Zeitumstellung lässt uns spüren, welchen Einfluss das körperliche Zeitempfinden auf unseren Lebensrhythmus nimmt. Physische und psychische Desorientierungen nach dem Überschreiten von Datumsgrenzen im Flugverkehr sind deutliche Indizien für unsere biologische Abhängigkeit von der realen bzw. gültigen Zeit.

4. 2. 6 Bau einer Würfelsonnenuhr:

Für die Anwendung der neu erworbenen Kenntnisse sollten die Schüler/innen die geografische Breite bestimmter Standorte in Wien (Schule, Wohnung) und des Bundesgebiets in elektronischen Atlanten ermitteln. Die Mädchen der Werkgruppe wurden bald unter www.googleearth.at und www.geoland.at fündig, eine Quelle, die ihnen im weiteren Projektverlauf noch öfter nützlich war.

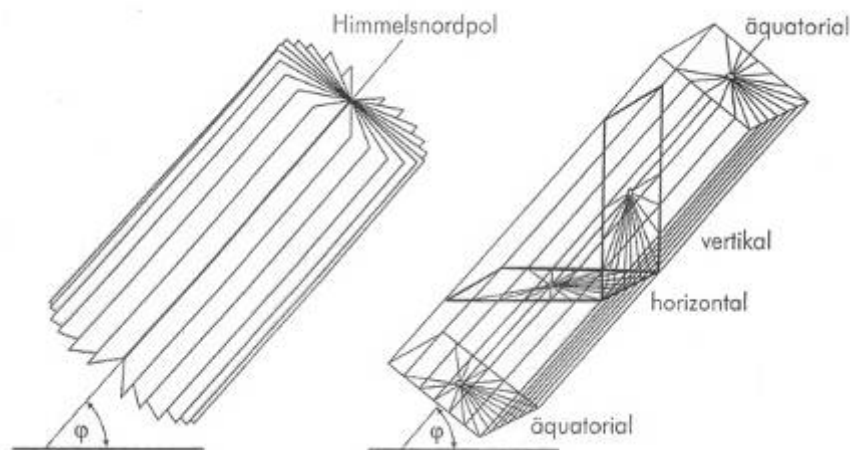


Abb. 10: Konstruktionsschema für Zifferblattarten

Als Varianten des Ausgangszifferblattes lernten die Schüler/innen das Horizontalzifferblatt und die vertikalen Süd-, Ost-, West- und Nordzifferblätter kennen. Eine Würfelsonnenuhr nützt auf ihren Flächen all diese Zifferblattarten, um ganztägig die Wahre Ortszeit anzuzeigen. Anhand dieses Sonnenuhrmodells lässt sich sehr schön demonstrieren, dass der Winkel des Gnomons auf allen Würfelflächen unverändert bleibt, sich die anderen Zifferblätter aber auch durch die 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.

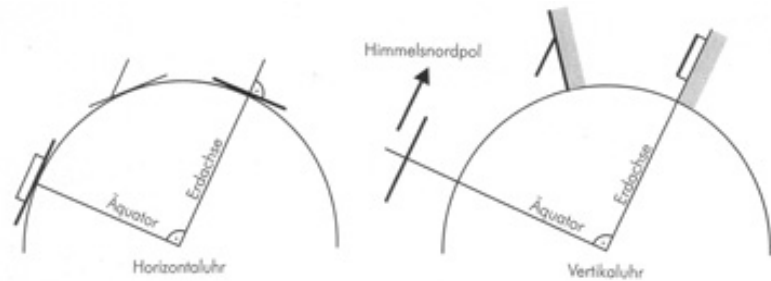


Abb. 11 (oben): Bei der Horizontal- und Vertikaluhr sind die Zeigerwinkel erdachsparell

Abb. 12 (links): Würfeluhr: Umsetzen von Wissen in Tätigkeiten

4. 2. 7 Tischsonnenuhr mit abweichenden Zifferblättern:

Bei der Erfüllung der folgenden Arbeitsaufträge, die mehr Freiheit als bisher zuließen, sollten die Schüler/innen jene Details, die sie für ihre persönlichen Konzepte und Vorhaben benötigten, durch Experimente, Recherchen etc. bereits selbst herausfinden. Mit der Gestaltung einer Tischsonnenuhr als freie Plastik aus Speckstein wandten wir uns abweichenden Zifferblättern auf gekrümmten Flächen zu. Waren für die Wahl des Steines aus dem Sortiment zunächst Farbe und Rohform nach persönlichem Geschmack ausschlaggebend, musste bei der Formgebung der Gebrauchszweck mit dem Gestaltungswillen in Einklang gebracht werden. Die Tischsonnenuhr sollte für den Wohnstandort – z. B. für die Aufstellung am Schreibtisch vor dem Fenster - konzipiert werden und die Forderung erfüllen, durch minimale Materialentfernung möglichst viel des ursprünglichen Volumens zu erhalten. Für das Zifferblatt sollte eine große Fläche mit beliebiger Begrenzung, Neigung und Krümmung herausgearbeitet und die Konstruktion für die spezifische Besonnungszeit am künftigen Standort adaptiert werden.

Zur Unterstützung legte ich einen Ordner mit weiterführenden Materialien auf, der schematische Darstellungen, Kurzerläuterungen, aber keine übertragbaren Fertiglösungen enthielt. Je nach Bedarf und Interesse durften die Schüler/innen Unterlagen entnehmen. Dadurch konnte ich die Rolle der Beobachterin individueller Vorgangsweisen einnehmen und mich für die Beratung alleine nicht lösbarer Probleme bereithalten.

Erfindergeist war gefragt, um Möglichkeiten einer genauen Übertragung der individuellen Zifferblätter auf den frei geformten Stein zu ersinnen. Einige Schüler/innen entschieden sich für das Einvisieren der Konstruktion, die sie in Plexiglas geritzt oder ich ihnen auf Folie kopiert hatte. 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 Steins ab.



Abb. 13, 14: Einvisieren des Zifferblattes auf die Form des Steins

„Diese Methode ist mir zu wenig genau!“ - Ein Schüler, der das Unterrichtsangebot seit Beginn zur Vertiefung seiner naturwissenschaftlichen Neigungen erkannt 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 seine Vorliebe für **analematische Zifferblätter**¹³ entdeckt und sich durch Studium eines von mir bereit gestellten Buches sowie selbst organisierter Skripten auf diesen Sonnenuhrtyp spezialisiert.

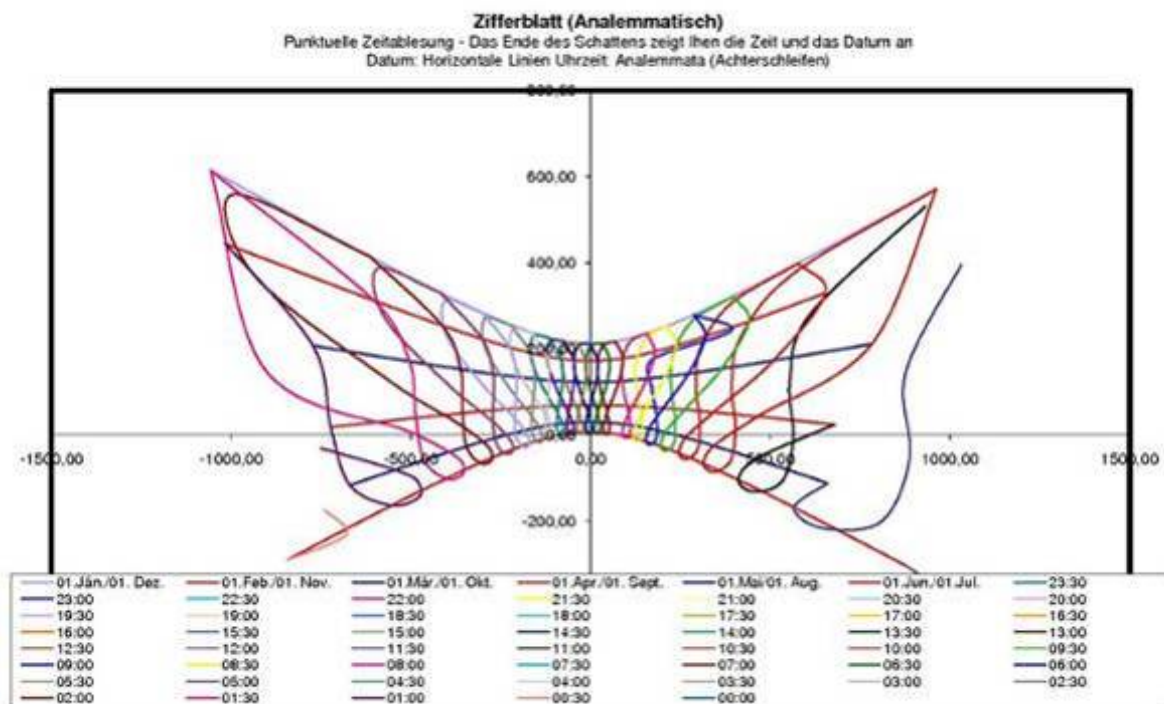


Abb. 15: Diese Konstruktion (Schülerarbeit) basiert auf Berechnungen für ein Computerprogramm, das durch Eingabe der gefragten Daten ohne gnomonische Vorkenntnisse zu bedienen ist: → www.wiednergymnasium.at/umbradocet/

Mit einem Computerausdruck des selbst generierten Programms in der Hand erörterte er mit mir Möglichkeiten der Übertragung seiner Konstruktion, überzeugt, dass mit dem Anpressen des Zifferblattes an seinen flach gewölbten Stein die größtmögliche Genauigkeit zu erzielen sei. Die Entscheidung fiel auf eine mit dem Zifferblatt bedruckte Overheadfolie, von der er die Konstruktion zunächst

¹³ Bei einer analematischen Sonnenuhr (Bodensonnenühr) muss ein senkrechter, verstellbarer Schattenwerfer nach dem Datum eingestellt werden. Als Zeitmarken dienen bei diesem Typus Stundenpunkte (keine Linien), die auf einer Ellipse liegen.

zeichnerisch mit Kohlepapier übertrug. Während dieses Vorgangs wechselte er die Methode und bohrte mit einer Radiernadel, die ich ihm für die spätere Steingravur geborgt hatte, markante Punkte durch die Folie in die gekrümmte Steinoberfläche. Diese verband er freihändig zu den von ihm berechneten Kurven.

Zuletzt testete Philipp verschiedene Stifte, um die Gravur des Zifferblattes optisch hervorzuheben. Er entschied sich für einen roten Overheadstift, obwohl ich ihn auf mangelnde Lichtechtheit der zum Tränken der Dochte verwendeten Flüssigkeiten hinwies. Als er bemerken musste, dass sich die Spitze beim Zeichnen auf dem Stein zu rasch abnützte und etwas zu breite Spuren hinterließ, suchte er erneut nach Lösungen, beließ es jedoch dabei.

→ **Anhang 9. 4: Individuelle Leistungen**

Inzwischen fand eine Schülerin heraus, dass die Verwendung von Tusche und Feder mit feineren Linien den gewünschten Erfolg bringe. Sie erinnerte sich an einen Hinweis in Bildnerischer Erziehung, dass Tusche lichtecht sei und wasserfest auftrockne. Diese Eigenschaft würde erlauben, Korrekturen der gezogenen Linien für die Stundenwinkel an der Oberfläche des Steins mithilfe eines Nassschleifvorgangs vorzunehmen. Ein anderer Schüler besorgte sich einen wasserfest trocknenden Goldlackstift, der – wie erhofft - ein Wegschaben überschüssiger Farbe zuließ (→ **Abb. 16**).

Die letzte Herausforderung bestand darin, Hilfsmittel zu ersinnen, welche erlaubten, mit der senkrechten Bohrrichtung der Standbohrmaschine das Loch für den Schattenwerfer (Holzstab, Metallrohr etc.) im richtigen Neigungswinkel in den Stein zu bohren. Nach längeren Beratungen in den Gruppen kam ein Schüler auf eine geniale Lösung. Mithilfe eines Schraubenschlüssels lockerte er die waagrechte



Auflagefläche für Werkstücke am Standbohrgerät, kippte sie in dem für die Bohrung erforderlichen Winkel, den er aus ϕ und dem rechten Winkel des Bohrers durch die Winkelsumme von Dreiecken unter Beachtung des aus statischen Gründen um 180° gewendeten Steins ermittelt hatte, und schraubte sie neuerdings fest. Eine Barriere am unteren Ende der schiefen Ebene verhinderte ein eventuelles Abrutschen des Steins. Nachdem sich diese Methode bewährt hatte, wurde sie von einigen anderen übernommen.

Abb. 16: Beispiel einer Tischsonnenuhr im Einsatz

→ **Anhang 9. 3: Sonnenuhrmodelle im Einsatz**

4.3 Selbstverwirklichungsphasen:

4.3.1 Tragbare Sonnenuhren:

Die Geschichte der tragbaren Sonnenuhren beginnt um 1500 v. Chr. mit der Sonnenuhr des *Pharao Tutmosis III.* Dort konnten die Schattenlängen eines

vertikalen Brettchens, das als Schattengeber am Ende einer Leiste angebracht war, abgelesen werden. Bei Höhensonnenuhren wird der sich ändernde Sonnenstand des Tages zur Zeitbestimmung herangezogen. Zu beachten ist, dass die Sonne zweimal täglich – am Vormittag und Nachmittag - die gleiche Höhe erreicht, weshalb der Betrachter entscheiden muss, ob es sich um eine Vormittags- oder Nachmittagsstunde handelt. Für die Stundenlinien der Höhensonnenuhren, die für eine bestimmte geografische Breite konstruiert sind, ist eine Datumsangabe notwendig, da sich die Höhe der Sonne auch mit den Jahreszeiten ändert und von der geografischen Breite abhängig ist. (Vgl. FABIAN I., Plus lucis 1 – 2, 2007, S 41).

Je nach astronomischen Parametern, auf welchen die Funktionsweise der Uhren beruht – Höhe, Azimut, Stundenwinkel der Sonne, unterscheidet man **Höhensonnenuhren**, **azimutale Uhren** und **Polos-Sonnenuhren**. Hauptziel der letzten Projektphase war die Verinnerlichung und Festigung der erworbenen Kenntnisse beim Bau einer tragbaren Polos-Sonnenuhr. Einem differenzierten Umgang mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen entsprechend sollten eigene Problemstellungen und Lösungsversuche in die freie Konzeption und Herstellung dieses Sonnenuhrtyps mit Erfolgskontrolle münden. Die Schüler/innen waren aufgefordert, ihren individuellen Wissenszuwachs in diese Abschlussarbeit einfließen zu lassen und die gewonnenen bzw. vermehrten Fähigkeiten und Fertigkeiten anzuwenden. Dabei sollten alle erforderlichen Maßnahmen getroffen werden, die den Einsatz der Uhren an mindestens zwei Standorten ermöglichen, wobei der Einbau von Mini - Kompassen den Gebrauch erleichtern sollte. Umfang und Schwierigkeitsgrad, der sich aus kombinierten Funktionen der Zeitmessung ergeben konnte, waren selbst zu wählen und zu definieren, wodurch die Selbständigkeit und Eigenverantwortung der Lernenden in besonderer Weise gefordert war. Dabei würde sich herausstellen, was einzelne Schüler/innen tatsächlich gelernt hatten, inwieweit sie dieses Wissen in Tätigkeiten umsetzen können, ob und bei wem welche Zuwächse in welchem verfügbaren Maß zu verzeichnen seien.

→ **Anhang 9.2: Bildmaterial Arbeitsprozess, 9.3: Sonnenuhrmodelle im Einsatz**

Ein weiteres Hauptaugenmerk war auf die individuelle Gestaltung nach eigenen ästhetischen Ansprüchen zu richten, um auch den ideellen Wert für die „Erfinderin“ bzw. den „Erfinder“ des Designs zu erhöhen. Das fertige Ergebnis bot den willkommenen Anlass, eine produkt- und benutzerorientierte Designanalyse vornehmen zu lassen.

Die handlichen Sonnenuhren sind je nach Erfindergeist für Wien und Städte innerhalb und außerhalb Europas, zu denen die Schüler/innen eine Beziehung haben, konzipiert und wurden für die Breitengrade der Standorte mit unterschiedlichen variablen Zeigern, Zifferblättern ausgestattet.



Abb. 17: Klappbares Uhrenmodell mit 4 Zifferblättern

4.4 Freiarbeitsphase

Am Ende des Semesters organisierte ich für alle Schüler/innen der 4. A – Klasse, die ich in Bildnerischer Erziehung unterrichtete - und Teile davon zusätzlich in Technischer Werkerziehung -, drei Freiarbeitstage mit aufgelöstem Unterricht. Vorab bat ich die Schüler/innen sich je nach Interessenslage zum Projekt verwandte fachspezifische oder Fächer übergreifende Aktivitäten zu überlegen, die in ein herzeigbares Produkt münden sollten, und mit mir abzusprechen. In der folgenden BE - Stunde ließ ich sie ihre Wunschthemen auf einer Overheadfolie auflisten, wodurch wir innerhalb einer Viertelstunde einen guten Überblick gewannen und Fragen ad hoc behandelt werden konnten. Bei allfälligen Themenüberschneidungen hätten wir sofort und für alle einsichtig nach Alternativen suchen können.

Die freie Arbeitsphase bot allen Schüler/innen Gelegenheit, im Sinne einer inneren Differenzierung während der Unterrichtszeit selbständig individuellen Interessen nach frei wählbarem Umfang, Schwierigkeitsgrad, Arbeitsmodus und Arbeitstempo nachzugehen und diese je nach Fähigkeiten, Vorkenntnissen und persönlicher Begabung fächerübergreifend zu vertiefen. Nach Bedarf konnten wahlweise der Klassenraum, die Bibliothek mit Literatur und Computerarbeitsplätzen und stundenweise die EDV- Räume genützt werden. Aufsicht führten jene Lehrer/innen, die in dieser Zeit Unterricht zu halten gehabt hätten. Ich selbst stellte über meine regulären Unterrichtsstunden hinaus auch Zeitfenster als Anlaufstelle für etwaige Fragen zur Verfügung.

→ **Anhang 9.5: Freiarbeitsphase**

→ **9.5.1 Licht- und Schattenerkundungen**

→ **9.5.2 Künstlerische Auseinandersetzung mit „Zeit“**

→ **9.5.3 Recherchebeispiele**

→ **www.wiednergymnasium.at/umbradocet/**

5 EVALUATION:

5.1 Methoden und Verfahren

Um die Unterrichtsentwicklung zu hinterfragen und Rückschlüsse auf förderliche oder hinderliche Bedingungen des Lernens zu ziehen, führte ich eine Eingangserhebung, Unterrichtsbeobachtungen und eine Abschlussbefragung der Schüler/innen durch.

Eine qualitative und quantitative Forschung mit offenen und geschlossenen Fragen beleuchtete die Ausgangssituation hinsichtlich Erwartungen, Vorkenntnissen, Fertigkeiten und eventuellen Fehlvorstellungen der Schüler/innen aus werktechnischer Sicht und betreffend Fächer übergreifender Zusammenhänge.

Die wertvollsten Aufschlüsse über Wissenszuwachs und Erwerb von Selbständigkeit, welche Problemlösungskompetenz und die Verantwortung für den eigenen Lernfortschritt einschließt, gaben Unterrichtsbeobachtungen exemplarisch ausgewählter Einheiten oder Sequenzen. Die Arbeitsprozesse und einzelnen Aktivitäten wurden in Projektmappen festgehalten – z. B. Selbstorganisation von Materialien, persönliche Zielsetzungen, Problemlösungswege und –schritte, freiwillige Mehrarbeit, Recherchen -, und dienten als Grundlage für abschließende Erörterungen.

Ein Großteil der Schüler/innen hatte bis Ende des ersten Semesters bereits ein hohes Maß an Selbständigkeit erlangt und nützte lustvoll die gebotenen Freiräume, um persönlichen Interessen nachzugehen. Ein kleiner Teil wich nach wie vor dem selbständigen Denken und Handeln lieber aus, weshalb ich mich entschloss, eine gezielte Auseinandersetzung aller Schüler/innen mit individuellen Schwächen und Stärken zu veranlassen.

Als weiteres Instrument setzte ich eine qualitative und quantitative Erhebung am Ende des Projektjahres ein, die aufzeigen sollte, durch welche Planungsschritte und Methoden sich Grundlagen der Gnomonik an 13- bis 14-jährige Schüler/innen herantragen und erworbenes Wissen in Tätigkeit umsetzen lassen. Das Ergebnis sollte Klarheit darüber verschaffen, welche Arbeitsaufträge zum Erreichen der genannten Ziele geeignet waren, welche Maßnahmen sich bewährten, welche individuellen Aktivitäten Schüler/innen setzten und inwiefern sie sich mit dem Projektthema über den Unterricht hinaus auseinandersetzten.

5.1.1 Erstbefragung

Die Erhebung von Vorkenntnissen der Schüler/innen über technische und naturwissenschaftliche Zusammenhänge brachte interessante Aufschlüsse, die bei der Entwicklung und Gestaltung des Unterrichts berücksichtigt wurden.

→ *Anhang 9.1: Evaluation*

5.1.1.1 Werktechnische Ressourcen:

Während sich einzelne Schüler/innen im privaten Umfeld besondere Fertigkeiten wie Fräsen, Löten oder Schweißen, den Umgang mit der Kreissäge oder dem Vorschlaghammer hatten aneignen können, fehlten der Mehrheit wesentliche Vorkenntnisse, z. B. über Schleif- und Klebemittel. Einigen von ihnen waren nicht einmal die handelsüblichen Bezeichnungen für Holz, unterschiedliche Handsägen

oder Werkzeuge bekannt und einzelne verfügten nur über vage Kenntnisse des jeweiligen Einsatzbereichs.

In den Jahren davor arbeiteten die Schüler/innen hauptsächlich nach Schritt-für-Schritt-Anleitungen und auf der Basis nachgeahmter Lösungen, was eher einem „Basteln“ als den Intentionen des Werkunterrichts mit selbständig zu lösenden Aufgaben entspricht. Offensichtlich wurden sie auch kaum dazu angehalten, Materialien selbst zu besorgen. Um eine sachgerechte Kommunikationsbasis zu schaffen und Missverständnissen im Unterricht a priori vorzubeugen, mussten zunächst Fachtermini geklärt, deren richtige Anwendung geübt sowie Erfahrungslücken im Umgang mit Werkzeugen und anderen Hilfsmitteln geschlossen werden.

5.1.1.2 Naturwissenschaftliche Vorkenntnisse:

Die im Alltag gebräuchliche, unrichtige Formulierung, „*die Sonne geht im Osten auf, im Westen unter*“, war den Schüler/innen schon eingangs bewusst, doch variierte das geografische Vorwissen über tatsächliche Zusammenhänge sehr stark. Allgemein bekannt waren durch Sonneneinstrahlung bedingte, verschiedene Tageslängen und Begriffe wie Klimazonen, Normal- und Sommerzeit, Tag- und Nachtgleiche, Sonnenfinsternis, Mitternachtssonne und Polarnacht, wesentliche Ursachen, welche diese Phänomene bewirken, jedoch nicht. Auf Vorkenntnisse naturwissenschaftlicher Zusammenhänge zwischen dem jeweiligen Sonnenstand, dem Neigungswinkel und der Rotation der Erde oder auf die Bedeutung geografischer Daten (Breiten- und Längengrad) konnte daher kaum zurückgegriffen werden.

Unabhängig davon bekundeten die Schüler/innen, sich mit der Geschichte der Sonnenuhr befassen zu wollen, und viele erwarteten sich davon einen Wissenszuwachs bezüglich der Alltagsastronomie. Der freiwilligen Wahl des Faches Technische Werkerziehung entsprechend freuten sie sich auf den Umgang mit unterschiedlichen Materialien, das Kennenlernen neuer Bearbeitungsmethoden und auf den Bau verschiedener Sonnenuhrtypen. 30 % von ihnen brachten darüber hinaus ein ausgeprägtes naturwissenschaftliches Interesse mit. Infolge ihres hohen Einstiegsniveaus und individueller Interessen sah mehr als die Hälfte der Schüler/innen den geplanten Herausforderungen des Projektes mit Spannung entgegen. Ein relativ kleiner Teil von 17 – 18 %, der sich wohl in jeder Gruppierung findet, schien träge und allgemein wenig motiviert zu sein.

→ **Anhang 9. 1 Evaluation: 9.1.1 Fragebogen zu Projektbeginn**

5.1.2 Unterrichtsbeobachtungen

Die Beobachtungen selbsttätiger Phasen im Arbeitsprozess gaben weitere wertvolle Aufschlüsse, die in die konkrete Unterrichtsplanung einfließen. Darauf aufbauend modifizierte ich geplante Arbeitsaufträge und schob Wiederholungen vergessener Fakten oder Ergänzungen visueller Unterstützung ein. Bei der Thematisierung individueller Vorgangsweisen und Wissenskonstruktionen konnte ich vielfältige persönliche Potentiale entdecken und setzte, wo es erforderlich schien, Maßnahmen zugunsten eines Abbaus eventueller Ängste bzw. zum Aufbau von Selbstvertrauen.

Am Beginn des Arbeitsprozesses vertrauten manche Schüler/innen noch auf die laienhafte Annahme, eine präzise Ausführung sei nur für die Optik (an Sichtflächen) erforderlich. Ein Bewusstsein dafür, dass großzügige Lösungen oft einen Mangel an

Stabilität aufweisen, die z. B. eine überdosierte Anwendung von Klebstoff nicht wettmachen kann, musste erst geschaffen werden.

Der Auftakt mit dem Bau einer Kugelsonnenuhr zeigte, dass vor allem der technisch und naturwissenschaftlich interessierte Teil die Herausforderung, eigenständige Lösungen suchen, probieren und individuelle Lösungswege beschreiten zu dürfen, begeistert annahm. Auch die kleine schwächere Gruppe konnte diese werktechnisch noch einfach zu bewältigende Aufgabe durch Nachahmung ihrer Mitschüler/innen lösen. Die anschließend durchzuführenden Funktionstests, die Einsichten in grundlegende astronomische Zusammenhänge liefern sollten, führte diese leider mit weniger Ernst durch. Drei von ihnen stellten sich der Aufgabe überhaupt nicht. Damit entzogen sie sich der Chance, Kreativitätstechniken zu üben und die auf eigener und anschaulicher Erfahrung basierenden Grundlagen für die folgenden Arbeitsaufträge zu erwerben.

→ 4. 2. 1. 2 Funktionstests der Kugelsonnenuhr, 4. 2. 1. 3 Erkenntnisse

Die Gestaltung der Tischsonnenuhr aus Speckstein sah bereits mehr individuelle Freiheit sowie die Bereitschaft zum Experimentieren und Improvisieren vor und stellte höhere Anforderungen an Selbständigkeit und Problemlösung. Das individuelle Design dieses Modells sollte durch selbständige Konstruktion abweichender horizontaler oder vertikaler Zifferblätter die Funktionsfähigkeit gewährleisten und darüber hinaus ästhetische Ansprüche erfüllen. Für die „Naturwissenschaftler“ entwickelte sich dieser Gestaltungsauftrag zum ersten Highlight (→ **Kapitel 4. 2. 7**). Philipp hatte inzwischen sein Interesse an der Astronomie und eine Vorliebe für analemmatische Sonnenuhren entdeckt, weshalb er von mir Unterlagen zum weiterführenden Selbststudium erbat. Zunächst noch um Erlaubnis fragend, plante er zusehends die Betätigungsfelder für die Werkstunden selbst, koordinierte sie mit seinen persönlichen Fortschritten und hielt mit mir auch außerhalb der Unterrichtsstunden Kontakt.

Als begeisterter Mathematiker wählte er den wissenschaftlichen Weg, um über umfangreiche Berechnungen zu einer Zifferblattkonstruktion zu gelangen, die mehrere Funktionen erfüllt. Während seine Mitschüler/innen probierten 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 eines beliebigen Standortes, des Kalenderdatums und von Normal- oder Sommerzeit im Hintergrund interpolierte Kurven zeichnet. Auf diese Weise schuf er ein analemmatisches Zifferblatt, das die geografischen Daten seines Wohnstandortes berücksichtigt und künftig auf seinem Schreibtisch nicht nur die Ablesung der Wahren Ortszeit, sondern - die unterschiedlichen Tagbögen der Sonne einbeziehend - auch der exakten Tageszeit nach Datum ermöglicht.

5.1.2.1 Beobachtungen zur Entdeckung von Ressourcen

Während bereits ein Großteil der Schüler/innen die einzelnen Arbeitsschritte eigenverantwortlich plante, hätte etwa ein Drittel noch immer die Bequemlichkeit von Vorgaben oder nachahmende Tätigkeiten bevorzugt. Wohl auch aus Gründen noch bestehender Unsicherheit gaben sich diese Schüler ausschließlich der lustvollen Bearbeitung verschiedener Materialien hin. Beim Schleifen des Specksteins z. B. badeten drei Schüler der Gruppe ihre Hände genüsslich und selbstvergessen im Schleifwasser: „*Das fühlt sich ja milchig an!*“ Darüber vergaßen sie, dass der nötige

und zeitraubende Schleifvorgang nicht Selbstzweck war und sie inzwischen Überlegungen zur Konstruktion der Zifferblätter und Übertragungsmöglichkeiten auf den Stein hätten anstellen sollen. Ihre Wissenslücken aus Inputs und verabsäumten Versuchen hatten sie zu diesem Zeitpunkt noch nicht geschlossen, wesentliche Fakten der Alltagsastronomie teilweise bereits vergessen. Auf sich allein gestellt waren sie daher nicht imstande, der Lösung ihrer Aufgaben nachzukommen. Nun klaffte die Schere zwischen verschiedenen begabter Schüler/innen weit mehr als zuvor auseinander. Da bei den schwach Motivierten auch individuelle Ermunterung nur wenig bewirken konnte, war es an der Zeit, Maßnahmen zu setzen, um auch das Niveau dieser Schüler zu heben. Ich entschied mich daher, die Schüler/innen anhand von Arbeitsblättern mit ihren persönlichen Ressourcen auseinandersetzen zu lassen.

→ 2. 3 Maßnahmen: Arbeitsblätter zum Schwächen- und Stärkenprofil

Aus Überlegungen, wie die Schüler/innen ihre erkannten Schwächen in Stärken umwandeln könnten, war ein persönliches Profil zu erstellen. Das anschließende Plenargespräch über die individuellen Profile verlief in einem sehr guten Gesprächsklima und teilweise auf hohem Niveau. Nach einander erläuterten die Schüler/innen ihr Vorgehen in konkreten Situationen, während sich die Anderen im Zuhören übten. Mit unverhohlener Offenheit führten viele von ihnen sogar mehr Schwächen als erwartet an, auch solche, die keinesfalls negativ zu werten sind: Ein Mädchen bezeichnete sich z. B. als „nicht anpassungsbereit“, weil es lieber „ich selbst“ bleiben möchte. Die ehrliche Antwort ermöglichte mir, den offensichtlichen Irrtum, Teamfähigkeit bedeute die Aufgabe der Authentizität, auszuräumen! Überraschend war die Bandbreite genannter Berufe, in denen individuelle Stärken der Schüler/innen zum Tragen kommen könnten. Sie reichte von Chirurg/in, Naturwissenschaftler/in, Chemiker/in, Forscher/in bis zu Sportler/in, Bauarbeiter/in, Berufen im Bereich des Tourismus und des Hotelmanagements. Die fiktiven Bewerbungsschreiben hatten eher den Charakter von Selbstdarstellungen, fielen jedoch äußerst aussagekräftig aus.

Bei der Wiedergabe folgender Zitate sind Namen durch Buchstaben ersetzt:

A: *„Wenn ich mich in Details verliere, kann ich tiefgründiger arbeiten.“*

Eines der Mädchen meinte: *„Ich brauche interessante Aufgaben. Zu meinen Stärken zählen handwerkliche Fähigkeiten.“*

B: *„Wenn mich etwas langweilt, kann ich nicht zuhören. Das muss ich lernen. Interessiert mich etwas, bin ich neugierig, kreativ und eigenständig. Aber beim Erreichen der Ziele bin ich ungeduldig. Ich bin mutig und kann mit Fehlern umgehen!“*

Ein gewisser Widerspruch zwischen genannten Schwächen und Stärken ließ vermuten, dass sich C nicht ernsthaft mit der Aufgabe auseinandersetzen wollte, was er danach selbst bestätigte: *„Ich bin lustlos, bequem, schüchtern, denk- und redefaul.“*

D: *„Ich bin eher abwartend, habe keine Interessen, ermüde rasch ...“*

Das Bild von E deckte sich vollständig mit jenem, das ich von ihm gewonnen hatte. Er bezeichnete sich als *„unsicher, unentschlossen, aber ausdauernd, ruhig, neugierig, mutig, aufmerksam, zielstrebig und energiefreudig.“*

Die Auseinandersetzung mit der eigenen Person hatte sich sehr gelohnt, setzte sie doch – wie erhofft – auch bei der Zielgruppe der Unsicheren manches in Bewegung: Wie ich im Plenargespräch erfahren durfte, ließen die schwächeren Schüler aus

Bequemlichkeit oder Unsicherheit oft Zeit mit Absicht ungenützt verstreichen, um eigene Irrwege oder Fehlversuche zu vermeiden und brauchbare Lösungen zur Nachahmung abzuwarten. In weiterer Folge gerieten sie dann öfter in Zeitnot, konnten den kognitiven Hintergrund bestimmter Vorgangsweisen nicht mehr nachvollziehen und den verbleibenden Arbeitsaufwand kaum abschätzen. Nochmals machte ich ihnen deutlich, dass sie sich damit selbst die Chance zu wesentlichen Selbsterfahrungen und dem notwendigen Erwerb von Selbstvertrauen nähmen.

Der Nachdenkprozess und das Erstellen des persönlichen Profils nahm eine ganze Unterrichtsstunde in Anspruch, das Plenum eine weitere Stunde, in der die Schüler/innen ihr Selbstbild nacheinander vor der Gruppe verbal zeichneten. Diese Doppelstunde war jedoch mehr als gut investiert, spiegelte sie doch ein unglaubliches Maß an Vertrauen gegenüber den Mitschüler/innen und mir, was allein schon eine gewisse Stärkung von Schwächen zu bewirken schien. Offensichtlich tat es den Unsicheren gut als Personen ernst genommen zu werden. Die Überlegungen gaben wertvolle Einblicke in Selbsteinschätzungen und jene ihrer Mitschüler/innen. Mir war es dadurch leichter möglich, eventuelle Fehleinschätzungen auszuräumen und vor allem den weniger von sich Überzeugten konkrete individuelle Unterstützung angedeihen zu lassen.

Ein weiterer Schüler der „schwächeren“ Minderheit - der Selbstcharakteristik zufolge „denkfaul und bequem“ - hatte nach mehreren Einzelgesprächen, in denen ich ihn auf seine offensichtlich (noch) nicht bewussten geistigen Potentiale hinwies, die Freude am Entdecken eigener Problemlösungen erkannt. Weiters beherzigte er den Rat, bis zur nächsten Stunde mit Hilfe der Unterlagen eventuelle Wissenslücken zu schließen, damit er die anstehenden Aufgaben lösen könne. Die fruchtbare Koordination seiner neu entdeckten Denkfähigkeit mit der ihm schon vorher bewussten Kreativität ließ ihn von einer Woche zur nächsten hoch motiviert ins Spitzenfeld der Lerngruppe aufsteigen. Von seiner veränderten Haltung profitierten in der Folge zwei weitere Schüler an der gleichen Werkbank.

5.1.3 Schlussbefragung

Die nach Abschluss des Projekts durchgeführte Befragung sollte zeigen, ob sich Einstellungen und Konzepte geändert haben, in wieweit und auf welche Weise es gelang, die Bereitschaft und Fähigkeit zur Selbständigkeit und Problemlösungskompetenz der Schüler/innen zu vermehren und die Verantwortung für den eigenen Lernprozess zu übernehmen. Ich versprach mir davon nähere Einblicke zu bekommen, wie Schüler/innen am effizientesten lernen, und Faktoren herauszufinden, welche die Motivation zur intensiven Auseinandersetzung mit Problemstellungen begünstigen bzw. welche sich eher hemmend auf den Lernprozess auswirken. Dieselben Fragen eignen sich auch als Mittel zur Selbstbewertung eigener Selbständigkeit, zur Bewertung eines zu lösenden oder bereits gelösten Problems und wurden auch zur Leistungsfeststellung herangezogen.

→ **Anhang 9.1: Evaluation: 9.1.2 Abschlusserhebung**

6 REFLEXION UND INTERPRETATION

6.1 Dokumentation

Die Projektergebnisse zeigen, dass sich die Technische Werkerziehung wie kein anderes Fach als sinnvolle Ergänzung zum Verständnis naturwissenschaftlicher Inhalte eignet. Hier wie dort unterstützt eine klare Unterscheidung zwischen Alltags-, Fach- und Wissenschaftssprache die konkrete Begriffsbildung. Im Technikunterricht sind jedoch Zeit und Raum gegeben, erworbenes Wissen exemplarisch zu vertiefen, ihm unter fachkundigem Einsatz unterschiedlicher Technologien sichtbare Gestalt zu verleihen und 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 umwandeln und dadurch mit allen Sinnen be-greif-bar machen zu können.

6.1.1 Inhaltliche Bezüge:

Der Neuigkeitsgrad des Themas Sonnenuhren 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. Die Verknüpfung der Bereiche **Technik**, **Design** und **Architektur** beim Bau von Sonnenuhren mit persönlichen Interessen bot den Schüler/innen der Lerngruppe vielfältige Möglichkeiten zur individuellen Entfaltung und Weiterbildung. Die Auseinandersetzung mit der Gnomonik weckte die Neugier für geografische und physikalische Zusammenhänge 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 naturwissenschaftlich und technisch Begabte zur Suche nach Formen heraus, die eine klare Sprache sprechen.

Abb. 18: Erkundung Schatten werfender Objekte und Erkundung von Bedingungen für Schattenlänge und Schattenform mit Fotoapparat

→ **Anhang 9.6.1 Fächerübergreifende Beispiele aus Bildnerischer Erziehung**

„Umbra docet. Der Schatten lehrt?“ erwies sich zur fächerübergreifenden Behandlung von Lehrplaninhalten der Technischen Werkerziehung und Bildnerischen Erziehung einer 4. Klasse der Allgemeinbildenden höheren Schule als hervorragend geeignet. Das in beiden Fächern vorgesehene Training räumlichen Vorstellungsvermögens mit eigenständigen Versuchen realer, planimetrischer und illusionistischer Körper- und Raumdarstellungen konnte im Fokus der konkreten Unterrichtsentwicklung intensiver als sonst 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 als wesentlichem Bestandteil einer umfassenden und ganzheitlichen Persönlichkeitsbildung hat Identität stiftende Wirkung. Erste Anzeichen für eine bewusste Wahrnehmung astronomischer Gegebenheiten im Alltag zeigten aktuelle Anlässe, wie die erlebte Tag- und Nachtgleiche während der Osterferien. „Die Sonne wird schon um 6 Uhr morgens sichtbar“. Diese Äußerung eines Schülers bot Gelegenheit, der ethymologischen und kulturhistorischen Bedeutung des Osterfestes näher auf den Grund zu gehen. **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 erlebbar, die dem Menschen wie die Raumwahrnehmung über das Erscheinungsbild von Licht und Schatten als wesentliche Orientierungshilfen in dieser Welt dienen. Als ich scherzhaft bemerkte, dass eigentlich nur die Sonnenuhr verlässliche Zeitangaben machen könne, ertete ich nun verständnisvolles Lächeln anstatt Verwunderung wie bei der Einstiegsfrage in das Projekt (→ **Kapitel 1 Einleitung**).

Weitere konkrete Inhalte, die durch die Projektarbeit verinnerlicht werden konnten, sind die Bedeutung geografischer Daten für die Sonnenzeit bestimmter Standorte der Erde im Jahresverlauf und damit des Klimas, das bestimmte Lebensbedingungen und Voraussetzungen für die Lebensbewältigung und Lebensgestaltung in verschiedenen geografischen Regionen schafft. Dabei können technische Erfindungen dem Menschen wertvolle Lebenshilfe anbieten, um Lebens- und Überlebensstrategien zu entwickeln.

6.1.1.1 Zuwächse an Fertigkeiten und Erkenntnissen:



Abb. 19: Beim Bohrvorgang war das exakte Zusammenspiel jeweils zweier Partner erforderlich. Arbeiten an der Maschine müssen Hand in Hand, präzise und sicher ablaufen ...

Die Durchführung handwerklicher Aktionen machte den Schüler/innen offensichtlich viel Spaß, ließ sie aber auch erahnen, warum der Mensch weder Zeit noch Anstrengungen scheute die Methoden der Zeitmessung stetig zu verbessern. Bei der Bearbeitung verschiedener Sonnenuhrtypen wurde eine Reihe erforderlicher Fertigkeiten erworben und eingesetzt. Bereits ab der Mitte des Projektjahres waren deutliche Zuwächse bei der Qualität der Verarbeitung,

technischen Kenntnissen und der Selbstständigkeit zu verzeichnen, naturgemäß mit graduellen Unterschieden. Alle Schüler/innen beherrschen nun den fachgerechten Einsatz von Werkzeugen und Maschinen und verfügen über wesentliche Kenntnisse von Sicherheitsvorkehrungen - ein Ziel, das es bis zum Ende des letzten Unterrichtsjahres der Werkerziehung an der AHS zu erreichen gilt.

Aktive Selbstbetätigung mit individuellen Erfahrungen und eigenverantwortliches Lernen unterstützt den Erwerb zentraler Interessen und Kompetenzen. Erste Gehversuche zur Problemlösung und erforderlichen Wissensbeschaffung führten

beim überwiegenden Teil der Gruppe zum Erfolg, spornte die drei technisch und naturwissenschaftlich Hochbegabten zu Höchstleistungen an und konnten auch den Wissensstand der zwei bis drei allgemein weniger Interessierten zumindest etwas heben. Best mögliche Unterstützung zur eigenständigen Weiterbildung bietet offenbar ein reichhaltiges Lernangebot, aus dem sich jede/r herausnehmen kann und darf, was dem aktuellen persönlichen Bedarf an Herausforderungen, dem Lernmodus und dem individuellen Lerntempo entspricht. Der Lernprozess wird lustvoll beschritten und als innere Bereicherung empfunden, wenn ausreichend Gelegenheiten geboten werden, grundlegende Fähigkeiten und Fertigkeiten zu erwerben sowie individuelle Präferenzen zu vertiefen.

Bei einzelnen Schülern musste erst ein Bewusstsein dafür geschaffen werden, dass für geistige Anstrengungsbereitschaft und Kondition 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, um selbst entdeckendes, eigenständiges Arbeiten überhaupt zu ermöglichen. Als Minimalerkenntnis nehmen alle Lernenden mit, dass technisches Verständnis die eigene Lebensbewältigung unterstützt und befähigt, veränderte Lebensbedingungen leichter zu bewältigen. Ein Verständnis für Dimensionen und globale Zusammenhänge kann auf unterschiedlichen Wegen erreicht werden. Wer seine persönlichen Potentiale kennt, kann adäquate Methoden auswählen und auch im Alltag nutzbringend einsetzen. Jene Schüler/innen, die schon vor der Profilerstellung (**→ Kapitel 2. 3**) selbständig unterwegs waren, signalisierten unisono Zufriedenheit mit ihren Lernfortschritten und machten treffsichere Angaben zur eigenen Person, die sich auch mit meinem Bild deckten. Drei dieser Schüler/innen mit ausgeprägten naturwissenschaftlichen Interessen überschritten die geplanten Unterrichtsziele erheblich und erbrachten Spitzenleistungen, die meine Erwartungen weit übertrafen.

Philipp hatte bereits in der Erkundungsphase sein Interesse für die Astronomie entdeckt und avancierte innerhalb weniger Wochen zum Gnomonik - Freak. Als leidenschaftlicher Mathematiker, der sich im Projektjahr zum „Experten“ entwickelte, steckte er sich zum Ziel „*ein Zifferblatt für alle Jahreszeiten*“ zu konstruieren. Auf seine Bitte um mathematische Formeln, mit deren Hilfe er Berechnungen ausführen könne, zögerte ich zunächst, um ihn nicht mit Winkeldefinitionen, die erst im Lehrplan der 6. Klasse in Mathematik vorgesehen sind, zu überfordern. Als er jedoch beharrlich blieb und ich erkannte, welche Lust ihm das Rechnen bereitet, versorgte ich ihn mit Unterlagen und Literatur, die er in seiner Freizeit studierte. Weitere zur Realisierung seines Vorhabens nötige Vorkenntnisse eignete er sich ebenfalls privat an und führte die für analemmatische Zifferblätter erforderlichen Berechnungen am Computer teilweise im Unterricht durch. Daraus entwickelte er ein Computerprogramm, das es auch astronomisch Unkundigen ermöglicht, durch Wahl der Zeitzone, Tageszeit, Sommer- oder Normalzeit und die Eingabe der geografischen Breite eines bestimmten Ortes, alle erforderlichen Berechnungen durchführen und im Hintergrund interpolierte Kurven für den Ausdruck zeichnen zu lassen. Damit hatte Philipp eine Möglichkeit geschaffen zu Zifferblättern zu gelangen, welche die Zeit(un)gleichung und die nach Jahreszeit wechselnde Sonnenzeit einer bestimmten Fläche berücksichtigen. *„Ich habe schon weitere Pläne. Aber zuerst mache ich fertig, was ich begonnen habe. So bin ich eben.“* Er bezeichnete sich als *„bereitwillig, bestimmte Fragen mit anderen zu erörtern, aber als nicht gruppenfähig. Ich arbeite lieber allein nach meiner Arbeitsweise.“* Wohl schien ihm bewusst, dass ihn Teamarbeit bei der Erreichung seiner exorbitant hohen Ziele streckenweise

behindern könnte. „Manchmal bin ich wichtiguerisch. Ich kann nicht alles gut erklären und habe etwas zu viele Interessen. Ich bin etwas langsam, da ich genau arbeite und weil ich mir immer Zusatzaufgaben suche. Ich bin aber organisationsfähig!“

Seither plante Philipp die Werkstunden für seine persönliche Fortbildung und widmete sich lustvoll weiteren selbst gewählten Aufgaben, wie Berechnungen der Sonnenzeit des Mondes oder der Ermittlung von Planetenbahnen und überschritt damit das ohnedies weite Feld der Gnomonik. Welch reife Leistung diese Denk- und Handlungsweise für einen 14-Jährigen darstellt, zeigt 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!

→ **Anhang 9.4: Individuelle Leistungen**

6.1.2 Maßnahmen und Methoden:

Wie die Ergebnisse zeigen, eignen sich die im **Kapitel 4** geschilderten Methoden der Grundlagenvermittlung mit schrittweise aufbauenden Herausforderungen durchaus, schon 13- bis 14-Jährige für die Wissenschaft der Gnomonik aufzuschließen. Besonders bewährten sich die teilweise freie Wahl von Technologien und Fertigungstechniken und nach Kenntnisstand differenzierten Lernangebote, um Schüler/innen für technische Inhalte zu begeistern. Handlungsorientierte Beobachtungs-, Erkundungsaufträge und Experimente können Interesse und Neugier für Forschung und Wissenschaft wecken und fördern. Sie sind nicht nur sehr instruktiv, sondern ermöglichen vor allem taktilen Lerntypen ein lustvolles Hantieren mit unterschiedlichen Materialien.

Verschiedene Kreativitätstechniken und der Erwerb von Denk- und Handlungsstrategien zur Problemlösung führten zu einem tieferen Verständnis naturwissenschaftlicher Sachverhalte, wobei ein Großteil profunde Sachkenntnisse erwarb. Über viel Zuwendung und Unterstützung erfüllten zwei Schüler nur das „Pflichtprogramm“, da ihnen der Impetus und Überblick über vorhandene Möglichkeiten fehlte. Der Anspruch auf Erfüllung von Minimal(an)forderungen hilft Schüler/innen und Lehrer/innen gleichermaßen, den Erwerb erforderlicher Grundkenntnisse von einer vertiefenden Bearbeitung individueller Interessen als weiterführende Lernchance zu unterscheiden. Alternative oder differenzierte Arbeitsaufträge unterstützen die Forderung, jedes Kind nach seinen persönlichen Interessen zu fördern. Neuerlich bestätigte sich in diesem Projekt meine Vorerfahrung, dass nach oben keine Grenze gezogen werden sollte, um ja niemanden zu stoppen. 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 Schüler/innen zu individuellen Höhenflügen auf. Schüler/innen sind zu Grenzüberschreitungen nicht nur motivierbar und fähig, sondern auch bereit, einen enormen Einsatz zur Selbstverwirklichung zu leisten – vorausgesetzt, sie erhalten Möglichkeiten dazu.

→ **Anhang 9.4 Individuelle Leistungen**, www.wiednergymnasium.at/umbradocet/

6.1.2.1 Erwerb von Eigenverantwortung und Selbständigkeit:

Selbständiges Denken und Handeln sind wesentliche Faktoren der Problemlösung und des damit verbundenen Erkenntnisgewinns. Offene Wege zum jeweiligen Lernziel bedingen die Einhaltung eines Zeitrahmens, innerhalb dessen bestimmter Problemstellungen gelöst werden sollen. Daher ist ein wesentlicher Teil der Planung individueller Vorhaben auch dem Zeitfaktor zu widmen, wodurch nicht nur zielstrebiges Vorgehen, sondern auch der Erwerb von persönlichem Zeitmanagement trainiert wird. Je nach Entwicklungsstand der Schüler/innen wird die Lehrkraft zunächst Arbeitsschritte an Zeitvorgaben binden müssen. So bald als möglich empfiehlt sich eine gemeinsame zeitliche Grobstrukturierung und, die Zeitplanung zusehends in individuelle Beratungsgespräche zu verlagern, bis alle in der Lage sind, Umfang und Vorhaben auf die zur Verfügung stehende Zeit abzustimmen und termingerecht zu brauchbaren Ergebnissen zu gelangen.

Positive Einflüsse können durch selbständiges Arbeiten, Anerkennung von Leistungserfolgen und Interaktionen zwischen Lehrenden und Lernenden verstärkt werden, wenn es gelingt, Ablenkung, Unsicherheit und Angst auszuschalten. Als wir uns mit der Konstruktion verschiedener Zifferblattvarianten befassten, stiegen etwa vier Schüler kurz vor dem Ziel aus und schafften kaum mehr die Übernahme wichtiger Einzelheiten in die Projektmappe. Erst als auch sie bei der Umsetzung von Wissen in Tätigkeiten erkannten, dass eine oberflächliche Befassung mit der Gnomonik nicht Ziel führend sein kann, waren sie bereit, die fehlenden Informationen anzunehmen und in den Unterlagen zu ergänzen, um dort Details jederzeit nachschlagen zu können. Damit wurde auch von meinen „Sorgenkindern“ ein erster Schritt in Richtung Eigenverantwortung und Selbständigkeit gesetzt. Der Lernerfolgskontrolle dienten selbständige Überprüfungen der Funktionstüchtigkeit, der Austausch von Gedanken über neu gewonnene Erkenntnisse und die Gegenüberstellung der fertigen Sonnenuhrmodelle. Erörterungen von Lösungswegen und Rückmeldungen durch die Mitschüler/innen erwiesen sich dabei als besonders hilfreich, wodurch auch ein Zuwachs bei der Selbsteinschätzung des Lernfortschrittes und der Qualität eigener Leistungen zu bemerken war.

Zu wesentlichen Erfolgen der gesamten Lerngruppe zählt die individuelle Steigerung von **Kompetenzen in der Problemlösung**, die Methoden zur Erkundung von Lösungen, Improvisationen und planendes Vorgehen bei der Umsetzung persönlicher Konzepte sowie selbständiges Denken und Handeln einschließt. Diese Fähigkeit reicht von einem erworbenen Mindestmaß (bei zwei Schülern) bis zu einem unerwarteten Höchstmaß individueller Leistungen bei zwei bis drei Schülern.

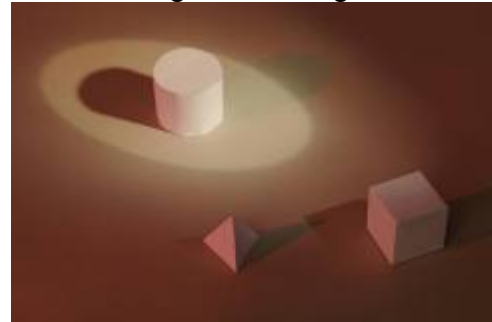
6.1.2.2 Steigerung des Kreativitätspotentials und (Hoch-) Begabtenförderung:

Weit mehr als rezeptives Lernverhalten und Reproduktion vermag das Experiment zu kreativer Selbstentfaltung beizutragen. Werden Inhalte und Material nicht „vorportioniert“ bereitgestellt, führen Improvisationen eher zum erwünschten Verhalten, um spontane Einfälle zu erproben. Die selbständige Suche nach geeigneten Methoden spornte wesentlich zur Umsetzung eigener Vorhaben und kreativem Lernen durch Entdecken, Entwerfen, Planen und Ordnen von Entscheidungsgrundlagen an. Dabei bedarf es strukturierter Aufgaben, um das Ziel nicht aus dem Auge zu verlieren, andererseits eines nicht zu knappen Spielraums für individuelle Handlungsmöglichkeiten. Zu jedem kreativen Prozess gehören das

Finden von Lösungsalternativen sowie ein Abwägen von Vor- und Nachteilen und Vergleichsoperationen gewonnener Erkenntnisse.

Das Prinzip der Offenheit für persönliche **Schwerpunktsetzungen** entspricht einer adäquaten Förderung von Schwächeren, Durchschnittlichen und Hochbegabten. Innere Differenzierung durch offene Aufgabenstellungen sowie zwischengeschaltete Reflexionsprozesse persönlicher Ressourcen und Verhaltensweisen führten bei Schüler/innen mit verschiedenen Begabungsprofilen zu besseren Lernerfolgen. Allerdings nimmt Ermunterung und Bestärkung auf der einen Seite etwa die gleiche Zeit in Anspruch wie die Beratung bei einzelnen „Höhenflügen“. Gelingt es, dass (hoch)begabte Schüler/innen schwierigere oder umfangreichere Arbeiten annehmen, profitieren sie von leistungsdifferenzierten Angeboten mehr als andere. Für das erforderliche Durchhalten bis zum Ziel ist auch ein Wechsel von individuellen Arbeitsphasen und Teamarbeit förderlich.

Abb. 20: Versuchsanordnung verschiedener Körper für fotografische Licht- und Schattenstudien



Die **Freiarbeitsphase** bot allen Schüler/innen vielfache Möglichkeiten technische Aufgaben mit anderen Wissens- und Lernfeldern zu verbinden. Sie nutzten die gewährten Freiräume verantwortungsvoll für ihr persönliches Fortkommen, Möglichkeiten der Verknüpfung mit anderen Wissenschaftsdisziplinen oder mit selbst gewählten künstlerischen Herausforderungen. Je nach Anlagen und Interesse gingen manche bei den geplanten Vorhaben eher kreativ, andere mehr systematisch vor, fertigten Zeichnungen oder Fotografien an und führten Recherchen oder Berechnungen durch. Die pünktliche Abgabe der anspruchsvollen Ergebnisse mit wertvollen Zusatzinformationen zu kulturellen Zeugnissen der Bedeutung von Sonne, Zeit und Zeitmessung für den Menschen kann als Indiz für Fortschritte betreffend das Zeitmanagement und Eigenverantwortung für den eigenen Lernprozess gewertet werden, dem auch ein hohes Maß an Zufriedenheit entsprach.

→ **Anhang 9. 5: Freiarbeitsphase 9.5.1, 9.5.2 und 9.5.3**

6.1.3 Persönlicher Nutzen für Schul- und Privatleben

Freie Methodenwahl und individuelle Bearbeitung sprachen vor allem Schüler/innen am oberen Ende der Interessensskala an und eröffneten ihnen neue Perspektiven für künftige Studien. Obwohl im Lehrplan nicht explizit vorgesehen, bot die Auseinandersetzung mit Sonnenuhren eine Fülle an Möglichkeiten für Fächer übergreifenden Unterricht mit naturwissenschaftlichen und geisteswissenschaftlichen Inhalten. Neben den Fächer überschreitenden Maßnahmen der Trägerfächer Technische Werkerziehung und Bildnerische Erziehung griffen einige Kolleginnen in Deutsch, Englisch, Latein und Physik Berührungspunkte mit Licht, Schatten oder Zeit exemplarisch auf. In Chemie wurde die Möglichkeit der Metallätzung angeboten. Dadurch bekamen die Schüler/innen eine Idee von der Komplexität lebensrelevanter Themen und erahnen nun, wie spannend die Auseinandersetzung mit Fragen aus verschiedenen fachspezifischen Perspektiven sein kann – eine Aufgabe, der manche Wissenschaftler ihr Leben verschreiben.

→ **Anhang 9.6: Fächer übergreifende Beispiele**

Die individuelle Bereitschaft, sensorische, kognitive und motorische Funktionen auf einen Zielzustand auszurichten und zu koordinieren, hatte eine wesentliche Auslöser- und Mittlerfunktion und übte je nach Entwicklungsstand der Schüler/innen eine starke Breiten- und Tiefenwirkung aus. Die einzelnen Problemstellungen hatten Aufforderungscharakter, dienten in der Phase der Anregung zur Verarbeitung von Informationen, führten in der Umsetzungsphase zur Bewertung der eigenen kreativen Produkte und reichten über Verstärkung durch Lob zur positiven Einschätzung der Sachanwendung bis zu Transfermöglichkeiten. Unterstützende Maßnahmen zur selbständigen Lösung von Aufgaben durch Definition des Erreichbarkeitsgrades und graduelle Fixierung individueller Leistungsziele stellten einen Bezug zu einsichtigem Lernen nach eigenen Interessen her. Wachsendes Selbstvertrauen und Anerkennung motivierte zur Experimentierfreude, förderte das Kreativitätspotential und ermunterte bei komplexen Aufgaben zum Durchhalten. Hand in Hand konnten mangelnde Kenntnisse aufgeholt und gesichert werden. Skizzen und Pläne gaben Aufschluss über Ideenfindung, unterschiedlich gewählten Schwierigkeitsgrad und Bearbeitungsmodus. Dadurch war der Zuwachs an Wissen und Kompetenzen für die Schüler/innen selbst und für mich jederzeit nachvollziehbar. Auch „Fehler“, die beim Betreten von Neuland passieren müssen, wurden rechtzeitig sichtbar. Sie zeigten, was in konkreten Einzelfällen noch fehlte, um darauf mit entsprechenden Ergänzungs- oder Korrekturmaßnahmen reagieren zu können. Angemessene Selbsteinschätzung und Leistungsbeurteilung sind lernfördernde Maßnahmen, die sowohl Schwächeren als auch Hochbegabten dienlich sind. Gegenseitig vorgestellte grafische Darstellungen, Konstruktionen und Berechnungen boten der Lerngruppe immer wieder Gelegenheit, Zusammenhänge und Schlussfolgerungen zu hinterfragen bzw. sich in sachlicher Argumentation zu üben. Erfahrungen und Wissen anderer in ihre persönlichen Vorhaben aufnehmen bzw. diese modifizieren zu können, gab kognitiv weniger geprägten Schüler/innen jenes Maß an Sicherheit, das sie zum Erreichen ihrer persönlichen oder der erwarteten Ergebnisse benötigten. Als etwa ab dem Semesterwechsel mehr als zuvor Improvisationen gefragt und individuelle Entscheidungen zu treffen waren, schien die Summe aller bisherigen Bemühungen und Maßnahmen auch bei schwächeren Schülern zu greifen.

Die drei Mädchen der Lerngruppe waren voll integriert und ebenso wie die naturwissenschaftlich interessierten Buben für das Thema zu begeistern. Sie arbeiteten selbständig und zielstrebig, ließen jedoch bei der Bearbeitung unterschiedlicher Materialien ein besonderes Maß an Sensibilität und Kreativität bemerken. Etwa um die Mitte des Schuljahres platzierten sich Burschen, die den fachlichen Austausch suchten, an ihrem Tisch, wo sie sich auf gleicher Ebene begegneten.

Die Schlussbefragung ergab, dass viele der Schüler/innen Fortschritte im persönlichen Zeitmanagement machten. Eine deutliche Mehrheit war hoch motiviert naturwissenschaftlich zu arbeiten. Die Hochbegabten waren sehr zufrieden auf ihrem intellektuellen Niveau gefordert zu werden und investierten über den Unterricht hinaus freiwillig Zeit in das Projekt. Ein Schüler nahm parallel zum Unterrichtsprogramm seine persönliche Fortbildung in die Hand. Zu den herausragenden Leistungen zählen auch die Gestaltung einer Homepage und einer Broschüre, Aktivitäten, die großteils außerhalb des Unterrichts gesetzt wurden und auf einen erfolgreichen Projektabschluss verweisen, zumal selbständige Auseinandersetzung mit Organisation und Planung von Problemlösungen hier in besonderem Maß gefordert waren.

6.2 Langfristige Perspektiven und Resümee:

Für die Planung komplexer Vorhaben erweist sich die Konzeption individueller Lern- und Lösungswege nach empirischen, kreativen und systematischen Vorgangsweisen als unumgänglich, um das Interesse verschiedener Lerntypen über einen längeren Zeitraum wach zu halten. Wiederholte Selbstreflexionen und die Verbalisierung von Prozessen der Ideenfindung und Realisierung regen zu einem angstfreien Lernen aus Fehlern an, das für den individuellen Fortschritt nutzen kann, wer Fehler selbst oder im sozialen Kontext zu erkennen und als positive Hinweise zu akzeptieren gelernt hat. Erst eigene durch Selbsttätigkeit gewonnene Erfahrungen motivieren zu selbständigem Denken und Handeln. Um den erforderlichen Mut dafür aufzubringen, benötigen Schwächere Hilfe zur Selbsthilfe. Ein erster Schritt in Richtung Selbstvertrauen und Eigenverantwortung ist getan, wenn sie diese Unterstützung annehmen können.

Im Sinne innerer Differenzierung gewähren offene Arbeitsaufträge und angemessene Wahlfreiheit den erforderlichen Spielraum, begünstigen Entscheidungen für individuelle Ziele bei der Umsetzung einzelner Überlegungs- und Arbeitsschritte und fördern die Entwicklung kreativer Denk- und Handlungsstrategien. Der Erwerb von Problemlösungskompetenz weckt die Freude am Forschen, fördert einen „gesunden“ Wettbewerb, in dem Schüler/innen einander zur Leistungssteigerung motivieren und (Hoch-) Begabte zu Höchstleistungen und Innovationen beflügeln. Durch den Erwerb von Kreativitätstechniken, aus selbständiger Erfahrung und jener der Mitschüler/innen lernen sie verschiedene Zugänge und Problemlösungswege kennen, die zu weiteren eigenständigen Versuchen anspornen und das Training von Schlüsselqualifikationen wie Eigenverantwortung und Zeitmanagement unterstützen, die jeder Mensch bei der Bewältigung des Alltagslebens, im Studium oder Beruf benötigt. Ein Bewusstsein dafür geschaffen zu haben, wie bedeutsam das Finden individueller Problemlösungen für die persönliche Weiterentwicklung ist, bedeutet für mich einen der größten Erfolge in meiner langen Unterrichtspraxis.

Inhalte der Gnomonik eignen sich in besonderem Maße, eine höhere Akzeptanz der Technik in unserem Leben in Gang zu setzen und das Interesse an Technik und Naturwissenschaften zu steigern. Die Verknüpfung theoretischer Inhalte mit der Vielfalt ästhetischer Möglichkeiten bei der Konstruktion und Gestaltung von Sonnenuhren veranlasste besonders Begeisterte, sich auch weiterhin mit dem Thema befassen zu wollen. Der hohe Realitätsbezug und die Möglichkeit zur Verwendung der selbst gebauten und gestalteten Modelle im Alltag bieten einen zusätzlichen Anreiz für selbst gesteuertes Lernen im technischen Bereich.

Das Projekt eröffnete den Schüler/innen Einsichten in die Bedeutung des Lichts für das menschliche Leben und die Wahrnehmung von Schatten als Orientierungshilfe in dieser Welt und Einblicke in die Wissenschaft der Gnomonik bis hin zur Astronomie. Das Bewusstmachen der Bedeutung von Licht und Zeit für den Lebensrhythmus des Menschen und seine individuelle Lebensgestaltung bleibt ein stets aktuelles Thema, das durch gezielte Auseinandersetzung zur persönlichen Lebensbewältigung beitragen und nachhaltig zur Rückbesinnung auf ein Leben im Einklang mit der Natur führen kann.

→ **Anhang 9.5: Freiarbeitsphase**

Auf Basis der beschriebenen Unterrichtsentwicklung können breit gefächerte Zukunftswegen für die Entwicklung und Förderung von Kindern und Jugendlichen im Sinne einer umfassenden Persönlichkeitsbildung gestellt werden.

Mein aus Interesse freiwillig gewählter (in diesem Maß nicht unbedingt erforderliche) Zeitaufwand für das Gesamtprojekt war erheblich. Davon entfielen

20 % für die persönliche Ebene

30 % für die Unterrichtsplanung

50 % für die Metaebene (Dokumentation, Evaluation, Öffentlichkeitsarbeit) und

60 % der Gesamtarbeitszeit für das Projekt (ohne Unterrichtszeit).

Dafür entschädigen der Gesamtertrag, neue Erfahrungen, die Vielfalt der Produkte sowie überraschende Erlebnisse und Ergebnisse.

Mag der hohe Anspruch, bereits in einer 4. Klasse der AHS potentiellen wissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern, für Außenstehende utopisch klingen, so kann dieser bei mindestens drei Schülern als erreicht gelten. Einer von ihnen entdeckte durch Impulse des Projektes nach eigenen Aussagen seine Vorliebe für die Astronomie und führt diese bereits erfolgreich mit seiner mathematischen Hochbegabung in weiterführenden Privatprojekten zusammen. Eine wesentliche Frage des Unterrichtsdesigns, ob sich das Interesse an naturwissenschaftlichen Inhalten und die Bereitschaft zu vermehrtem Wissenserwerb über handlungsorientierte Unterrichtsformen und entdeckendes Lernen steigern lässt, beantwortet sich damit quasi von selbst.

→ Anhang 9.4: Individuelle Leistungen

Die Forschung nach weiteren innovativen Formen der Lehr- und Lernorganisation im Unterricht der Technischen Werkerziehung, sollte demnach zum selbstverständlichen Fixpunkt eines lebendig gestalteten Unterrichts gehören.

„Jede Stunde ist ein Baustein für die Zukunft.“

Die altägyptische Weisheit hat bis heute nichts an Aktualität eingebüßt.

7 ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

Zur Verbreitung der Ergebnisse und Erträge außerhalb der Lerngruppe und beteiligten Klassen nützten wir Events, wie den Tag der offenen Tür am 1. 12. 2007. Auf die Projektinhalte verwies ein mit Fotos der Erkundungsphase und ersten Ergebnissen gestaltetes Plakat. Schüler/innen, die sich erstmals in der Rolle eines öffentlichen Auftritts erlebten, präsentierten erste Ergebnisse des ganzjährigen Projektes und gewannen Einblicke in Konzept und Gestaltung von wirkungsvoller PR – Arbeit. Sie erläuterten den Besucher/innen die ersten Sonnenuhrmodelle (Kugel- und Würfelsonnenuhr), führten durch eine Ausstellung mit Arbeiten aus Bildnerischer Erziehung und stellten interessierten Eltern, Schüler/innen und Lehrer/innen die in Entstehung befindliche Projekt - Homepage vor.

Für die Schlusspräsentation des Projekts mit visueller Powerpoint-Unterstützung und einer Ausstellung von Modellen verschiedener Sonnenuhrtypen in der vorletzten Schulwoche wurden das ursprüngliche Plakat durch weitere Inhalte ergänzt und Einladungen gestaltet. Eine Projektbroschüre, welche die Aufbereitung der Inhalte als Nachschlagewerk für die Projektteilnehmer/innen und zur Verbreitung der Ergebnisse an Interessierte enthält, wurde aufgelegt. Die Umsetzung von Kenntnissen in ästhetisch anmutende Produkte hinterlässt nachhaltige Eindrücke bei Schüler/innen, Eltern, (Fach-)Kolleg/innen und der Schulleitung. Offensichtlich gelang es damit ein Zeichen zur Anerkennung des Stellenwertes der Technik nach außen zu setzen.

Als Arbeitsgemeinschaftsleiterin für Technische Werkerziehung in Wien konnte ich durch Vorträge bei Fachtagungen bereits im Projektjahr Intentionen und Inhalte an andere ARGE-Leiter im Bundesgebiet vermitteln und in meiner Funktion als Betreuungslehrer/innen für Schul- und Unterrichtspraktikant/innen beider Fächer an den Lehrer/innen - Nachwuchs der Technischen Werkerziehung und Bildnerischen Erziehung weitergeben. Den Entwicklungsinteressen folgend werde ich wesentliche Erfahrungen und Erkenntnisse aus dem Projekt in pädagogischen Zeitschriften und Fachzeitschriften publizieren, um Kolleg/innen für das Thema Sonnenuhren aufzuschließen, und in der Lehrer/innen – Fortbildung dazu ermuntern, die vielfältigen Möglichkeiten des Technikunterrichts zu nützen, um hier auch Inhalte der Natur- und Humanwissenschaften künftig stärker zu etablieren.

Mit Unterstützung der Fachinstitute an Österreichs Hochschulen, zu denen einige ARGE - Leiter/innen regelmäßigen Kontakt pflegen, und über die Fortbildung der Fachkolleg/innen müsste es gelingen, zur Entwicklung ähnlich komplexer Themen zu animieren. Denn nach meiner Überzeugung eignen sich unzählige Themen - z. B. aus dem Bereich der Optik oder Mechanik - ebenso gut, das Interesse an der Technik und den Naturwissenschaften zu steigern. Damit wäre für eine zukunftsweisende Breitenwirkung im Sinne meiner Intentionen gesorgt. Mit der einhergehenden Anerkennung besonderer Leistungen des Technikunterrichts dürften auch Stundenkürzungen in diesem Bereich kein Thema mehr sein ...

Alle, die wir persönlich nicht erreichen konnten, laden wir ein die Projekt – Homepage, welche einen Überblick über unsere Aktivitäten, Einblicke in die Arbeitsprozesse gewährt und anschauliches Informationsmaterial enthält, unter folgender Adresse zu besuchen: www.wiednergymnasium.at/umbradocet/

Über Rückmeldungen unter ssrrobotnik@popperschule.at würden wir uns sehr freuen!

8 LITERATUR

ALTRICHTER, H. & POSCH, P. (1998). Lehrer erforschen ihren Unterricht. Eine Einführung in die Methoden der Aktionsforschung. Dritte erw. Aufl. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

FABIAN ILSE (2007), Plus lucis 1 – 2, Tragbare Sonnenuhren in Europa ab 1400

GASSER, P.: Neue Lernkultur (2002). Eine integrative Didaktik. Sauerländer Verlag, Aarau.

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

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

TULODZIECKI GERHARD, HERZIG BARDO, BLÖMEKE INGRID (2004). Gestaltung von Unterricht – Eine Einführung in die Didaktik. Bad Heilbrunn.

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)

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

<http://de.wikipedia.org/wiki/Analemma>, Kategorie: Himmelsmechanik (6. 2. 2008)

[www.jgiesen.de/analemma/index1.htm\(l\)](http://www.jgiesen.de/analemma/index1.htm(l)) (6. 2. 2008)

TMS: Steinbeis Transferzentrum Managementsysteme, Industriepark West www.tms-ulm.de (23. 10. 2007)

<http://www.zeller-team.de/html/k-problemloesung.htm> (25. 10. 2007)

Bildquellennachweis:

<http://de.wikipedia.org/wiki/L%C3%A4ngengrad> (28. 3. 2008), Längengrad

www.salzburg.gv.at/pic-erde.gif (7. 4. 2008), Erde

[www.jgiesen.de/analemma/index1.htm\(l\)](http://www.jgiesen.de/analemma/index1.htm(l)) (6. 2. 2008), Analemma (6. 2. 2008)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Tagbogen>, Tagbogen (6. 4. 2008)

9 ANHANG

Der Inhalt des Anhangs befindet sich in gesonderten Dateien.

→ *Inhaltsverzeichnis und Verweise im Bericht*