L

IMST – Innovationen machen Schulen Top

Kompetent durch praktische Arbeiten – Labor, Werkstätte & Co

DAT GOES WITH THE WIND

ID 1113

Mag. Erwin Neubacher

Mag. Ing. Christoph Huber

Dipl.Ing. Christoph Flucher

Wirtschaftskundliches Bundesrealgymnasium Salzburg; Josef-Preis-Allee 5, 5020 Salzburg

Verein „Architektur-Technik + Schule“ (ats) der Kammer der Architekten und Ingenieurkonsulenten

Salzburg, Juni 2014

INHALTSVERZEICHNIS

ABSTRACT **3**

1 EINLEITUNG **4**

2 ZIELE **5**

2.1 Ziele auf SchülerInnenebene 5

2.2 Ziele auf LehrerInnenebene 5

2.3 Verbreitung der Projekterfahrungen 6

3 DURCHFÜHRUNG **7**

3.1 Vorbereitungsphase 7

3.1.1 Themenzugang 7

3.1.2 Entwicklung einer Testanlage 8

3.1.3 Einführung in technische Testung 11

3.1.4 physikalisch-technische Grundlagen 11

3.2 Entwicklungsphase 12

3.2.1 Konzeptentwicklungen 12

3.2.2 Konzeptumsetzungen - Modellbauphasen 15

3.3 Bauphase 15

3.3.1 Ergebnisse aus den Modellphasen 15

3.3.2 Bau 17

4 EVALUATIONSMETHODEN **18**

4.1 Gesprächsprotokolle 18

4.2 Objektanalyse 18

5 ERGEBNISSE **19**

5.1 Ergebnisse zu Ziel 1 19

5.2 LehrerInnenebene 22

6 DISKUSSION/INTERPRETATION/AUSBLICK **23**

7 LITERATUR **24**

ABSTRACT

Bewegte Luft ist Energie.

Wie kann aus bewegter Luft elektrische Energie „gewonnen“ werden?

Möglichkeiten der Energietransformation in elektrische Energie aufzuspüren, war Ziel des Projekts im Unterrichtsfach „design – architektur – technik“ (dat). In der offenen Aufgabestellung waren unterschiedlichste Lösungswege und Methoden möglich - dementsprechend sind auch sehr unterschiedliche und unkonventionelle Konzepte entwickelt worden.

Eine Windkanalanlage wurde zu Testzwecken entwickelt und gebaut. In den individuellen technischen Forschungsprozessen wurden über Körpererfahrungen, Analogieschlüsse, Recherchearbeiten, Testverfahren, … die Zugänge weit offengehalten und innovativen Ideen viel Raum gegeben.

Schulstufe:	12
Fächer:	Design – Architektur – Technik, Informatik
Kontaktperson:	Mag. Erwin Neubacher
Kontaktadresse:	erwin-georg.neubacher@moz.ac.at

Zahl der beteiligten Klassen:	1 Wahlpflichtgruppe
Zahl der beteiligten SchülerInnen:	8

Urheberrechtserklärung

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit (=jede digitale Information, z.B. Texte, Bilder, Audio- und Video Dateien, PDFs etc.) selbstständig angefertigt und die mit ihr unmittelbar verbundenen Tätigkeiten selbst erbracht habe. Alle aus gedruckten, ungedruckten oder dem Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen und Konzepte sind zitiert und durch Fußnoten bzw. durch andere genaue Quellenangaben gekennzeichnet. Ich bin mir bewusst, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben wird. Diese Erklärung gilt auch für die Kurzfassung dieses Berichts, sowie eventuell vorhandene Anhänge.

1 EINLEITUNG

Design – architektur – technik (dat) bezeichnet ein schulautonomes Wahlpflichtfach in der Oberstufe des Wirtschaftskundlichen Bundesrealgymnasiums Salzburg und führt den typenbildenden Technischen Werkunterricht der Unterstufe in die Oberstufe bis zur Matura.

Zentrale Leitideen im dat-Lehrplan sind z.B. Forschendes Lernen, Ganzheitlichkeit, Zusammenarbeit mit Fachwelten und Individualisierung (als fachliche Qualifikation).

Dat besteht seit mittlerweile 5 Jahren - heuer hat der 3. Jahrgang maturiert.

Seit 4 Jahren gibt es eine rege und fruchtbare Zusammenarbeit von dat mit Informatik im Bereich der Technischen Zeichnung (Sketch Up), Robotik (Fischer-Technik), Sensorik und Layout (InDesign), weshalb auch an einem gemeinsamen Fachkonzept für ein zukünftiges Wahlpflichtfach (dat-ig) gearbeitet wird.

Das Projekt wurde wegen des Themas und der Methode(n) des Zugangs neben IMST auch von der Kammer der Architekten und Ingenieurkonsulenten im Rahmen einer Projektförderung des Vereins „architektur – technik + schule“ (ats) finanziell gefördert. Auch die Fa. dyson, die vorwiegend an Nutzungsmöglichkeiten von Luftströmen forscht, hat „dat goes with the wind“ unterstützt.

architektur • technik + schule

dyson

Die Beschäftigung mit dem Phänomen Luft hat im dat-Unterricht Tradition. Pneumatische Konstruktionen als ein Prinzip formaktiver Konstruktionssysteme in der Bautechnik waren im IMST-Projekt „dat blows up“ bereits vor 4 Jahren Thema. Damals wurde Luft in statischem Zustand behandelt, diesmal in seiner dynamischen Form.

Die Rahmenvorgaben bezogen sich lediglich auf die vorgegebene bewegte Luftmasse und die Nutzungskomponenten am Ende (Gleichstrom).

Das Projekt hatte die Entwicklung von Konzepten zur Transformation von Energie mit möglichst hohem Wirkungsgrad zum Inhalt. Dabei standen die Forschungsprozesse mehr im Mittelpunkt als die Ergebnisse.

2 ZIELE

2.1 Ziele auf SchülerInnenebene

Die Schülerinnen und Schüler sollten in diesem Projekt folgende Einstellungen, Handlungskompetenzen und inhaltliche Kompetenzen erwerben:

Einstellung:
- Experimentieren mit Technik als lustvoll erleben
- offenen Aufgaben/Problemen als spannende Herausforderung erleben

Handlungen:
- handwerkliche Fertigkeiten aufbauen, um Problemlöseprozesse umsetzen zu können
- kreativ und konstruktiv mit naturwissenschaftlichen Phänomen umgehen
- ein technisches Gerät entwickeln
- eine Versuchsanordnung (Windkanal) bauen
- Messreihen durchführen

Kompetenzen:
- naturwissenschaftlich-technisches Wissen über Windkraft und ihre Nutzung aufbauen und in Forschungsprozessen anwenden können.
- technische Parameter als (materialtechnische, bautechnische, maschinentechnische, …) veränderbare Optimierungsfelder erkennen und einsetzen können
- technische Testeinrichtungen selbst entwickeln und Messreihen zu den eigenen Funktionsmodellen bzw. Prototypen umsetzen können
- dazu erforderliche Messgeräte bedienen und für die Messungen zielgerichtet einsetzten können
- den gesamten Entwicklungsverlauf in allen Phasen dokumentieren und als Prozessportfolio zusammenfassen können
- Fachvokabular aufbauen und verwenden wie z.B. Erntefläche, laminare und turbulente Windströmung, theoretische und effektive Leistung, Wirkungsgrad, Windkonverter, Standort - , Isoventen, Savoniusprinzip, Darrieusprinzip, Gorlovprinzip, Widerstandsläufer / Auftriebsläufer, …

2.2 Ziele auf LehrerInnenebene

Die Lehrer sollten folgende Einstellungen, Handlungskompetenzen und inhaltliche Kompetenzen erwerben.

Einstellung:
- Offenere Haltung/Zugang in Bezug auf spezifische technische Fachgebiete

Handlungen:
- Handlungsfähiger im Umgang mit technischen Phänomenen werden – breitere Palette an technischen – kreativen Lösungen für die Begleitung von SchülerInnen in Forschungsprozessen aneignen

Kompetenzen:
- Fachliche Qualifikationen im Technikbereich erweitern

2.3 Verbreitung der Projekterfahrungen

Der Projektfortgang bzw. die Methoden (forschend, experimentierend, problemlösend, ganzheitlich, ….) wurden/werden bei folgenden Veranstaltungen vorgestellt und diskutiert:

- Vorstandssitzung der „Bundesarbeitsgemeinschaft Technisches und Textiles Werken“ (BAG-WE) 9./10.1. 2014 Linz
- Bundesseminar „Technisches Werken als Maturafach“ 30./31.1. 2014 Salzburg
- Bildungsveranstaltung der Industriellenvereinigung „Individualisierung als Potenzial“ (Workshop: „Technik entwickeln“) Juni 2014 Wien
- Fachdidaktiktag IMST 2014 (TEW) „Technikforschung in der Sekundarstufe II“

Projekterfahrungen werden zudem zugänglich sein über:

- Homepage von “architektur-technik+schule” (ats)
- Tätigkeitsbericht von ats
- Homepage des WRG
- Jahresbericht des WRG

3 DURCHFÜHRUNG

3.1 Vorbereitungsphase

3.1.1 Themenzugang

In zwei Brainstormings wurde das Themenfeld weit geöffnet, wobei die beiden Kategorien „bewegte Luft“ und „elektrische Energie“ getrennt behandelt wurden:

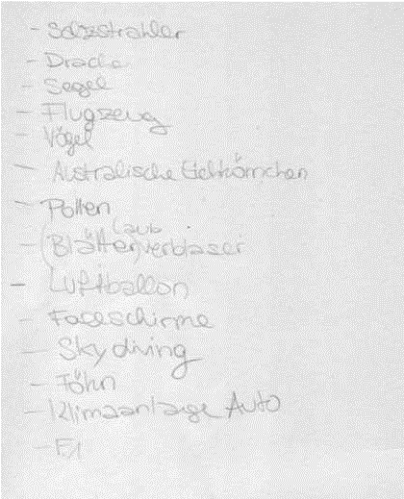
3.1.1.1 Bewegte Luft als Medium

In freiem Assoziieren diskutierten die SchülerInnen das Thema und strukturierten die Ergebnisse auf Flipchart und PC.

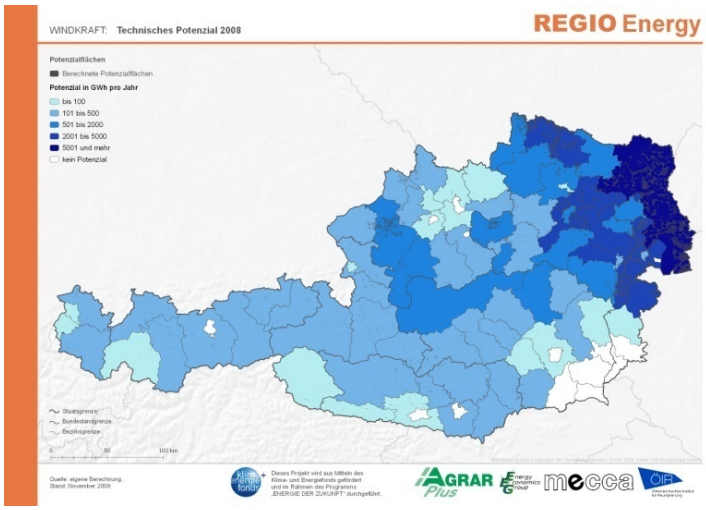
Dabei wurde versucht, sich von der Aufgabenstellung zu lösen und themenunabhängige Aspekte von bewegter Luft in den Denkprozess einzuführen.

Methoden zur Erweiterung unkonventioneller Denkstrategien sollten erprobt werden.

Beispiele aus technischen Fachgebieten wie Staubsauger, Düsentriebwerk, Sandstrahler, Aufwindkraftwerk, Pneumatik, Blattgebläse, … kamen ebenso zur Sprache wie physikalische Phänomene (Bernoulli´sches Prinzip, Luftdruck, strömungstechnische Phänomene, Lufttemperatur, Thermik/Winde, …), biologische Sachverhalte (Atmung, tierische Jagdmethoden durch Unterdruck, Vogelgleitflug, Verdauung – Gasentwicklung, …) oder Alltagsgegenstände und -situationen (Schwimmflügerl, Pfeiffe rauchen, Tauchen, Haarfön, Händetrockner, Windschleuse bei Eingängen im Winter, Fallschirmspringen, …)



Brainstorming zum Thema Luft



österreichische Windkarte

3.1.1.2 Elektrische Energie

In freiem Assoziieren diskutierten die SchülerInnen das Thema und strukturierten die Ergebnisse auf Flipchart und PC.

Auch hier wurde das Freiwerden von standardisierten Denkstrukturen praktiziert.

Beipiele dafür waren: Übertragung von Informationen in Nerven, intelligente Textilien (diese erzeugen durch Reibung der einzelnen Fasern aneinander minimale Ströme), Akkumulatoren (chem. Prozesse), bewegte Luftmassen (Gewitter – Blitz), Kurzschluss, mechanische Bewegung (Rotation – Generator, Oszillation – Lineargenerator, …).

3.1.2 Entwicklung einer Testanlage

3.1.2.1 Windkanaltypen

Um Messungen durchführen zu können, wurde ein Windkanal als Teststation entwickelt und gebaut. Dazu wurden Windkanaltypen erhoben und Prinzipien für die eigenen Anforderungen ausgewählt.

In einer ca. 2,4 Meter langen Anlage, wurden Aluprofile als verschiebbare Elemente montiert, die eine möglichst hohe Variabilität in der Testung zulassen (vertikale, horizontale, diagonale Verschiebbarkeit der Testobjekte). MDF Platten dienen als Träger und Konstruktionsplatten für das Alugestänge. Als Strömungserzeuger dient ein Tischventilator (ø = 28cm), dessen Strömungen über ein System von Gleichrichterlamellen harmonisiert werden.

Windkanalbau:

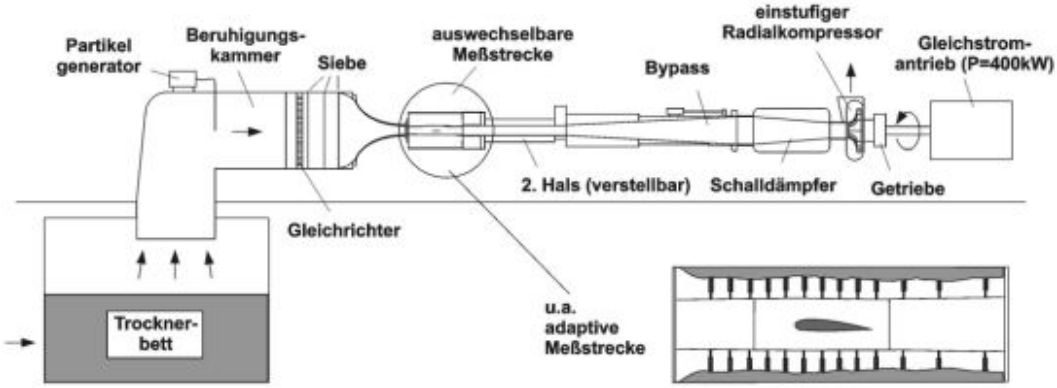
Um das Verhalten von Luftströmen, Materialien, Formen, … verstehen zu können und Konzeptmodelle später testen zu können, war das Vorhandensein eines steten und gleichmäßigen Luftstroms erforderlich.

Die SchülerInnen planten einen Windkanal mit verschiebbarer Aufhängevorrichtung aus Aluprofilen, Tischventilator und MDF-Platten.

Für unsere Versuche wurde eine Bauart gewählt, die einerseits niedrige Geschwindigkeiten (bis 3 m/s) ermöglicht und andererseits auch mit möglichst geringem Konstruktions- und Kostenaufwand herstellbar war.

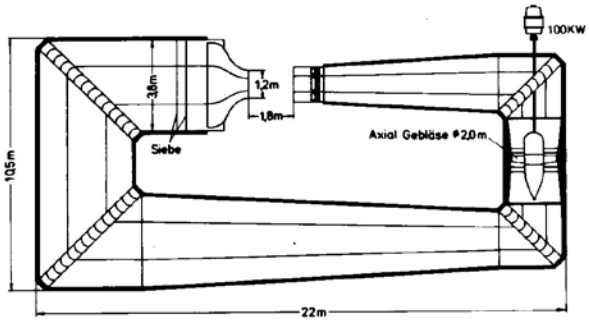
So entschieden wir uns für den Typ des Eiffel-Windkanals, der auch keine Rückführung des Strömungsmediums (Luft) erfordert.

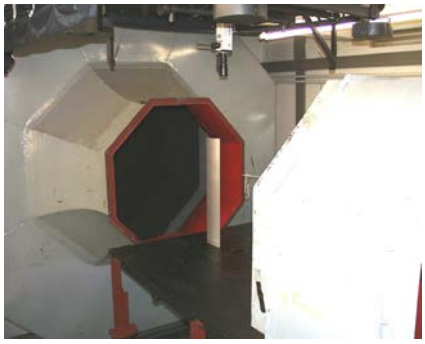
Dieser Windkanal besteht aus einer einfachen Röhre, in den ein Gebläse die Umluft einsaugt, während Gleichrichter vor der Messstrecke den Luftstrom harmonisieren.



Eiffel – Windkanal des Instituts für Luft- und Raumfahrt der TU Berlin

(Quelle: Aerodynamisches Institut Aachen - AIA)

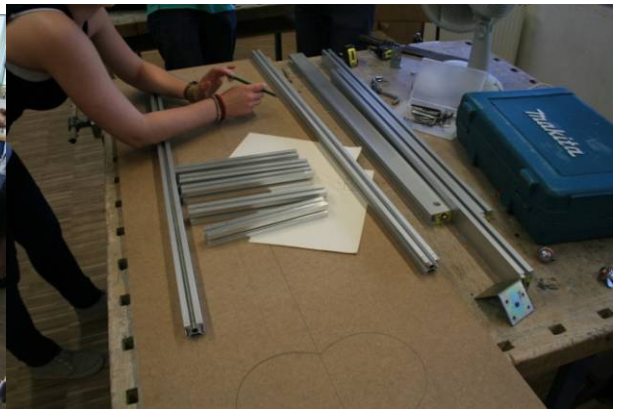


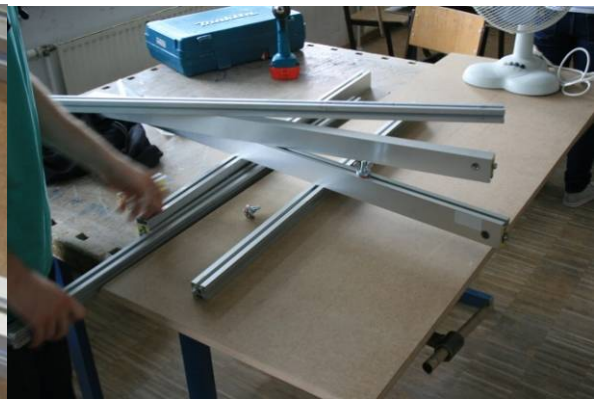


Niedergeschwindigkeits-Windkanal des AIA *Düse und Messstrecke*

(Quelle: Aerodynamisches Institut Aachen - AIA)

Windkanalentwicklung – Konstruktionsüberlegungen





Windkanalherstellung

3.1.3 Einführung in technische Testung

Dabei wurden die Grundlagen technischen Experimentierens/Testens (Experimentieranordnung, Messwert, Messfehler, Messgrößen, Wiederholbarkeit, …) und Kenntnisse für den Gebrauch der erforderlichen Testgeräte (Windmesser, Umdrehungsmesser, Manometer) vermittelt (siehe Dateianhang „experiment“).

3.1.4 physikalisch-technische Grundlagen

Weitere Auseinandersetzung mit dem Thema bewegte Luftmassen als Energieform wurde durch unterschiedliche Zugänge ermöglicht:

3.1.4.1 Strömungstechnische Grundlagen

- durch Infoinput (Aerodynamische Parameter, laminare/turbulente Strömung, Stromlinie, Fluide, Fließgeschwindigkeit, Widerstandsbeiwert, Wirbelbildung, …)

3.1.4.2 Erkenntnisse aus der Bionik

- durch Bionische Beispiele zu Aero- und Hydrodynamik (Rochen, Quallen, Winglet, Eulenflügel, …) durch Wiederholung der spezifischen Bionikthemen aus dem Vorjahr und Ergänzung durch Filmausschnitte (z.B. Fa. Festo).
- durch Bionische Methoden

3.1.4.3 Alltägliche Erfahrungen mit Windphänomenen

- durch Erfahrungsaustauch im Gespräch (mit Protokoll) (Fahne, Windsack, Drachen, Segel, Windspiel, …)
- durch Technische Geräte, die Wind erzeugen oder nutzen (Kühlelemente, Ventilator, Staubsauger, Haarföhn, …) durch Ausprobieren, Zerlegen und Analysieren der Geräte
- durch Unmittelbare Körperversuche – Erlebnisse mit Wind durch ein Sich den Windkräften Aussetzten (auch Erinnerungen)

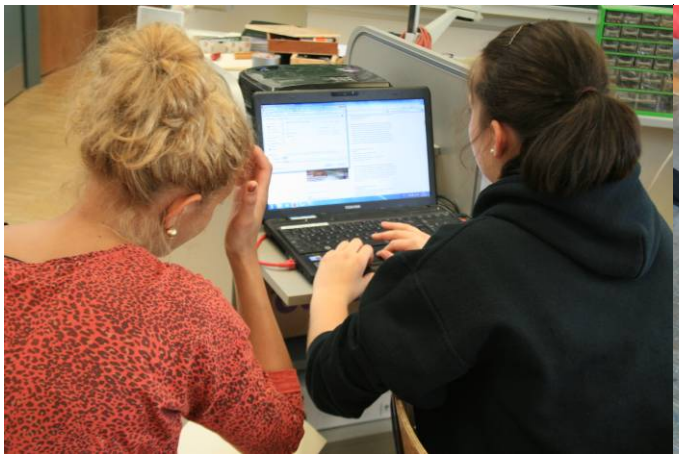
3.1.4.4 Technisches Museum Wien

- In diese Zeit fallen auch die dat-Projekttage „**dat in vienna**“ vom 11. – 13. November 2013, in die auch ein Besuch des Technischen Museums in Wien fiel. Dabei wurde in den relevanten Abteilungen (Flugtechnik und Energietechnik) zum Thema gearbeitet. Der Besuch einer Vorlesung auf der TU Wien stand ebenso am Programm.

3.2 Entwicklungsphase

3.2.1 Konzeptentwicklungen

Die SchülerInnen haben sich Themen gewählt und ihren Zugang konkret durch Recherche, Abstraktion, Adaption, … weiter bearbeitet.

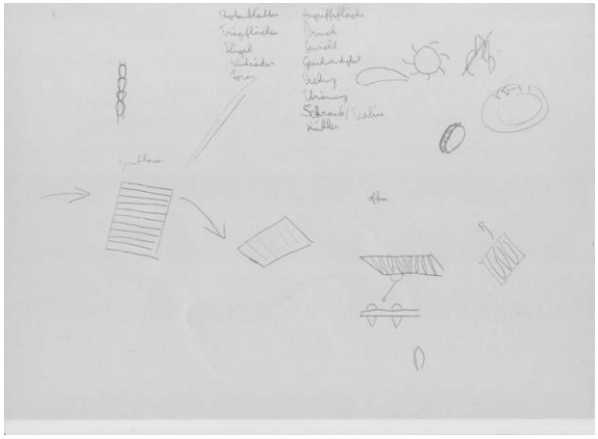
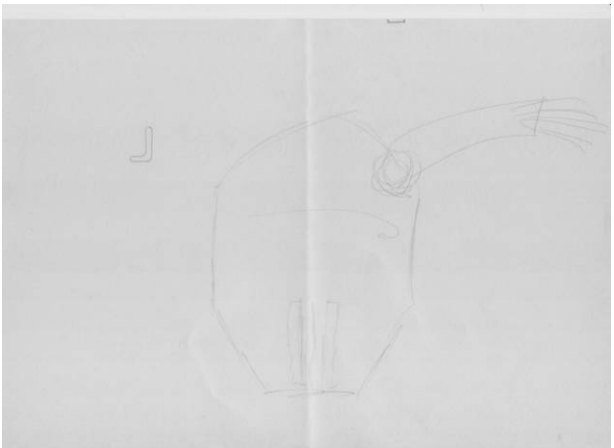


Folgende Zugänge wurden gewählt:

- Beschleunigung und Konzentration des Luftstroms – Untersuchung von dyson – Produkten (Zyklontechnologie in Staubsaugern, Air Blade, Multiplier)
- Umkehrung des Luftstroms – Nutzung von Overheadlampenbelüftern durch Umbau
- Einsatz weicher, flexibler Werkstoffe (Textilien, Membrane) als von Wind bewegte Elemente (intelligente, reibungseffektive Textilien) – Lenzing AG (gleichstromerzeugende Textilien)
- Drachen als Zugantrieb auf Überseefrachtern
- Prinzip der oszillierenden Bewegung (Lineargenerator)
- Savoniusrotoren als Ausgang für weitere Variantenversuche

Je nach Zugang haben die SchülerInnen auch unterschiedliche Methoden der Entwicklung gewählt.

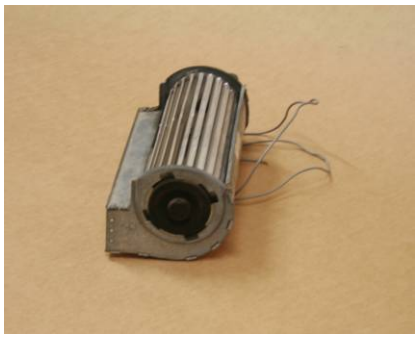
Die Konzepte wurden in Skizzen, Sketch Up Zeichnungen, Diagrammen, … entwickelt und dargestellt.

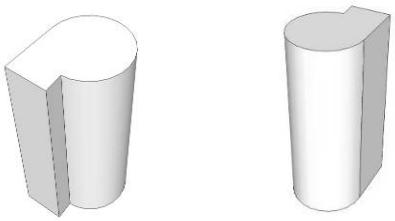



Beispiel:

Version 1

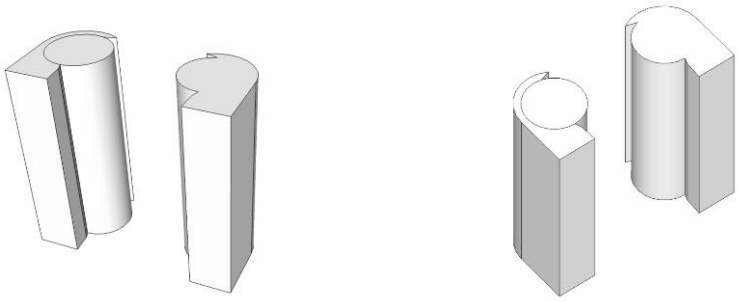
Lüfter eines Overheadprojektors in seiner Funktionsumkehrung





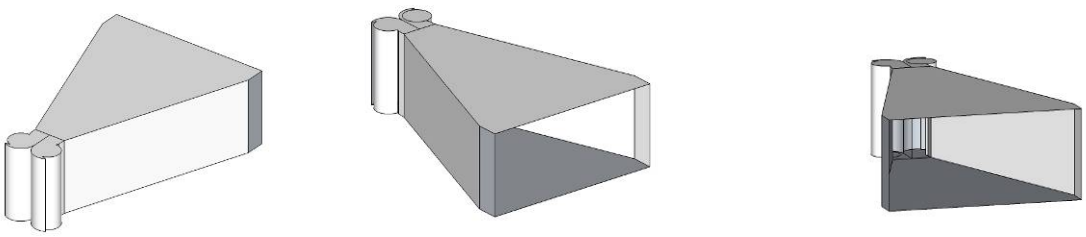
Version 2

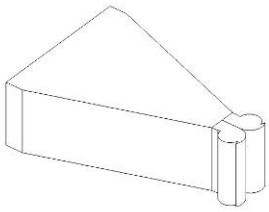
Kombination 2er Lüfter (symmetrische Anordnung)

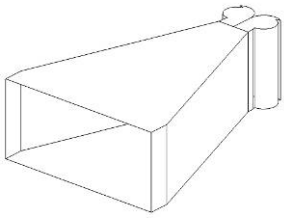


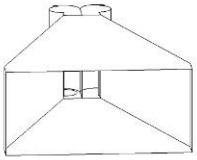
Version 3

Kontrolle und Beschleunigung des Luftstroms durch trichterförmigen Einlasskanal.









Version 4

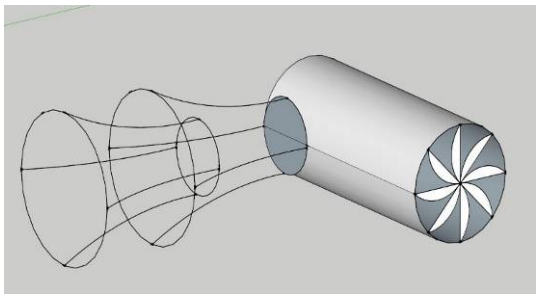
Konzept um vorhandene Luftmasse weiter zu beschleunigen:

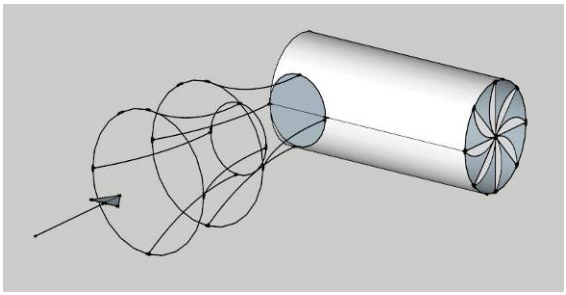
1. *Beschleunigen der Luft durch Querschnittsverengung*
   (Satz des Bernoulli $p + \frac{1}{2} pv^2 = const.$)

2. *Sogwirkung*
   (Gleiches Grundprinzip auf der auch die Wasserstrahlpumpe basiert…)

3. *Luft wird in einen Zyklon geleitet, um dadurch weiter beschleunigt zu werden (Dyson)*

4. *Turbine, um die Windenergie in Bewegungsenergie umzuwandeln. Es sollen tangentiale Bauarten wie Tesla-Turbine, Pelton Turbine oder Francis Turbine eingesetzt werden.*

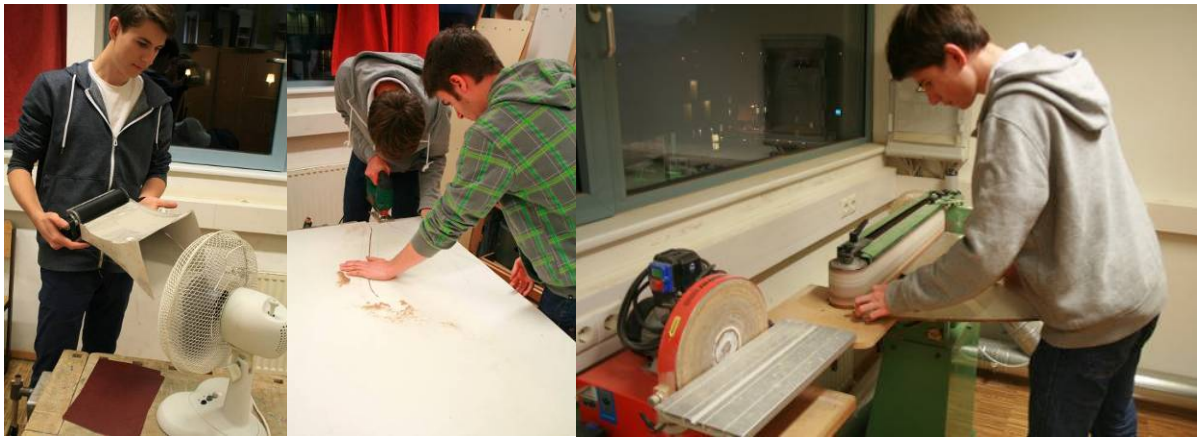


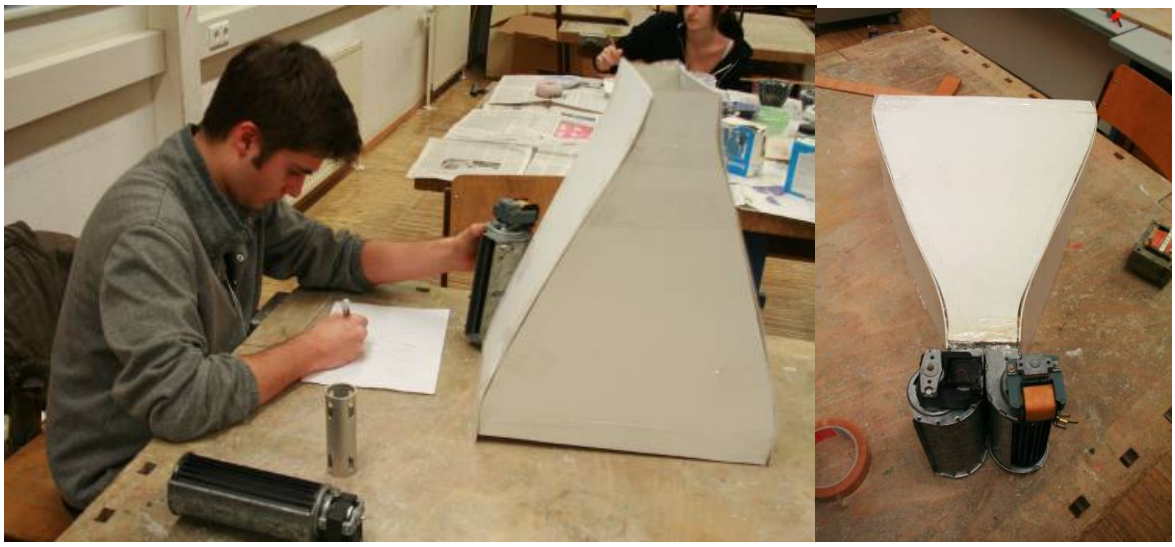


3.2.2 Konzeptumsetzungen - Modellbauphasen

Fachlich-professionelle Begleitung:

Seit Jänner 2014 haben wir Dipl.Ing. Christoph Flucher als Spezialisten für Windkraftanlagen für die weitere Konzeptoptimierung gewinnen können. Die SchülerInnen sollten ihr dokumentiertes Material zu ihren Konzepten (Entwürfe, Recherche, Modelle, …) an DI Flucher schicken, der die Konzepte begutachten und fachliches Feedback an die SchülerInnen zurückgeben sollte. Aus terminlichen Gründen waren Treffen heuer nicht möglich, über Mail wurden die Konzepte ausgetauscht und diskutiert.





3.3 Bauphase

Die Erfahrungen aus den Modellentwicklungen waren vielfältig und dienten grundlegender Überlegungen bzw. Neuorientierungen in den einzelnen Konzepten.

3.3.1 Ergebnisse aus den Modellphasen

3.3.1.1 Klärung aerodynamischer Zusammenhänge

- Anströmrichtung/-winkel (tangential, radial, achsial, …)
- Anströmgeschwindigkeit
- Luftmenge/-verdichtung

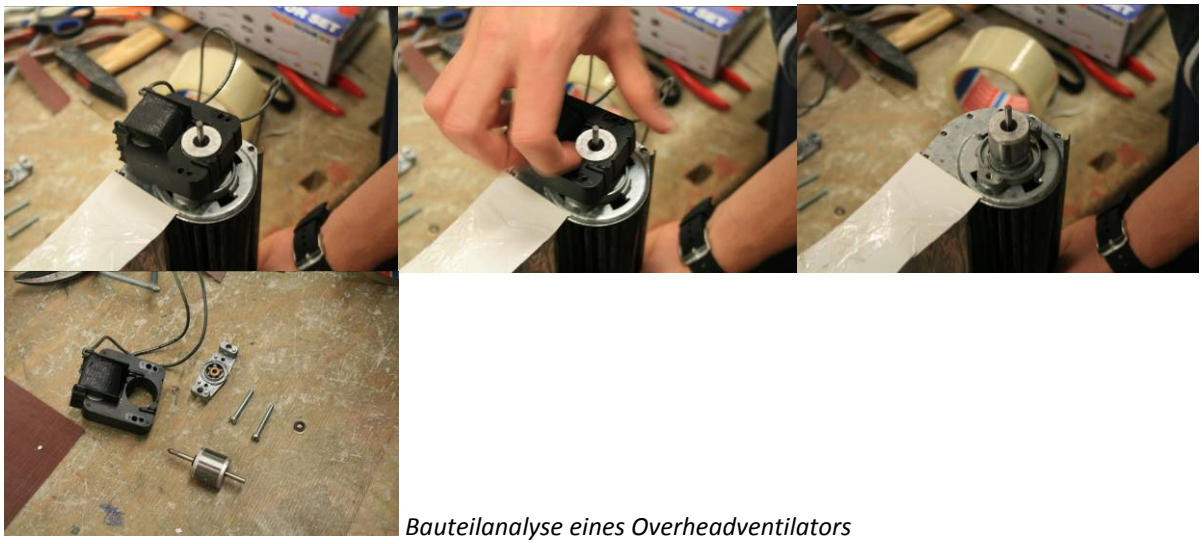
- Harmonisierung turbulenter Strömungsabschnitte
- Dimensionierung/Proportionierung von Widerstandsflächen

3.3.1.2 Klärung mechanischer Zusammenhänge

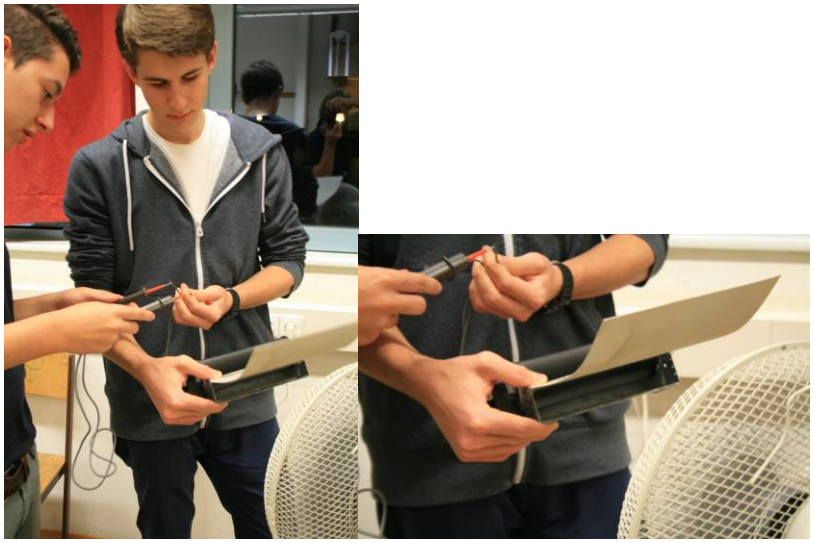
- Konstruktive/statische
- Lagerungen, Führungen, …
- Kraftübertragungen (Getriebeformen, Membrane, …)
- Teilemontage

3.3.1.3 Klärung elektrischer/elektronischer Zusammenhänge

- Auswahl der Generatoren-/Elektromotorentypen
- Leistung von elektrosensiblen Textilien
- Leitungslegung



Bauteilanalyse eines Overheadventilators



erste Funktionstests

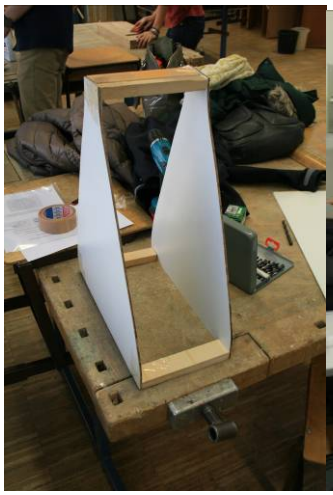
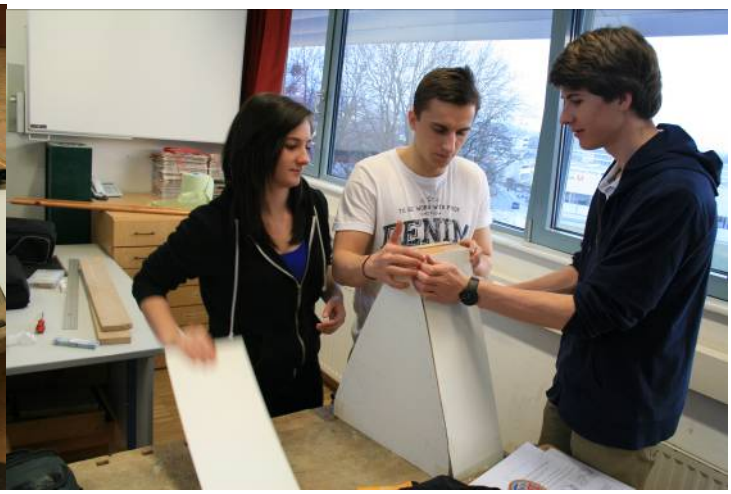
3.3.1.4 Klärung materialtechnischer Zusammenhänge

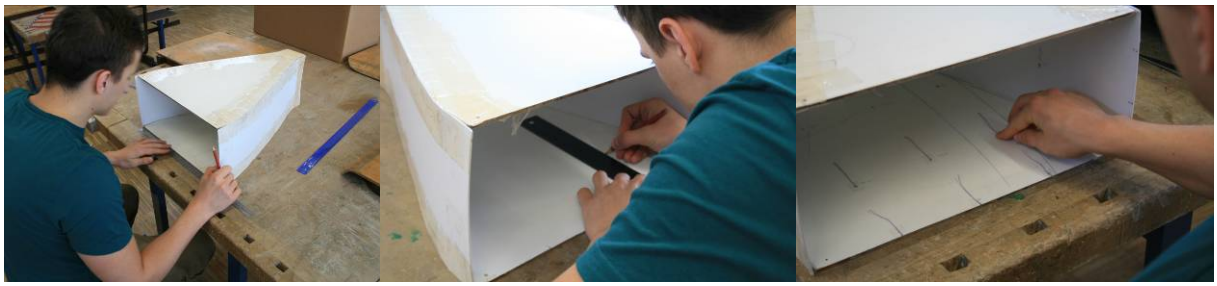
- Materialauswahl
- Verarbeitungs-/Verfahrenstechniken (Trenn-, Füge-, Umformverfahren)
- Materialbeschaffung/Bezugsfirmen (hier gab es Probleme bei Textilienbeschaffung)

3.3.2 Bau

Mit der steten Konkretisierung der Konzepte konnten auch die Modelle immer weiter verbessert werden. Berechnungen und Planungen waren ebenso erforderlich wie Materialwahl oder präzise handwerkliche Verarbeitung.

Leider konnte aus Zeitgründen keine der SchülerInnenkonzepte vollständig fertiggestellt werden.



Bemessung und Anbringen der Strömungsfäden im Einlasskanal

Die geplante Testphase konnte leider ebenfalls nicht mehr umgesetzt werden.

4 EVALUATIONSMETHODEN

4.1 Gesprächsprotokolle

Aufzeichnungen zu den Gesprächen wurde in unterschiedlichen zeitlichen Abständen geführt: manchmal direkt während der Gespräche als Notiz oder Skizze, am Ende des Unterrichts oder auch erst nach Wochen. Meist sind die Gespräche an Situationen gebunden, die sich in Handlungsprozessen (Entwurfsarbeit, Versuchssituationen, Konstruktionsproblemen, Herstellungsprozessen, …) ereigneten.

Gespräch bezeichnet hier eine kurze verbale Äußerung ebenso, wie ein ausführliches Gespräch oder eine Modellpräsentation mit Diskussion. Gespräche wurden in folgender Form erhoben:

- *Gespräche Lehrer – SchülerIn Plenumsdiskussionen-*
- *Gespräche SchülerIn – SchülerIn*
- *Plenumsdiskussionen*
- *Gespräche Lehrer – Lehrer*
- *E-mail Korrespondenz*

4.2 Objektanalyse

bezieht sich auf:

- diverse Konzeptmodelle, die gedankliche Überlegungen sichtbar machen, aber noch keine Funktionsmodelle sind (MockUp).
- Funktionsmodelle, die in Teilaspekten funktionsfähig sind und auch in diesen Bereichen getestet werden können.

5 ERGEBNISSE

Durch zahlreichen Unterrichtsentfall (Donnerstagsstunden, Lehrerabwesenheit) und das ohnehin verkürzte Schuljahr in der 8. Klasse (bis Ende April) konnten manche Projektziele nicht erreicht werden. Auch die Konzentration auf die Arbeit am Projekt schwand mit zunehmender Nähe zur Matura zusehends.
Die Entwicklung alternativer Konzepte zum Energietransfer bewegter Luftmassen in elektrische Energie konnte daher leider nur bis zur Vorstufe einer konkreten Umsetzung getrieben werden.

Ergebnisse des Projekts:
- Entwicklung und Bau eines Windkanals für Testzwecke
- umfangreiche Recherchearbeit
- zahlreiche Konzeptüberlegungen und Ausarbeitung von 5 konkreten Konzepten
- Modellentwicklungen und Teilplanungen
- Zusammenarbeit mit einem Windtechniker

nicht mehr umgesetzte Projektziele:
- Testphasen der Modelle im Windkanal
- Optimierungen und Umsetzung in qualitativ hochwertigen technischen Bauteilen (z.B. Textilgewebe von der Lenzing AG)
- weitere Testphasen und Testbetrieb im Outdooreinsatz

5.1 Ergebnisse zu Ziel 1

Einstellung:
Sch. sollen:

- *Experimentieren mit Technik als lustvoll erleben:* Ausprobieren und Versuchen in „geschütztem Rahmen“ ohne Konsequenzen, hat eine Atmosphäre der Unbeschwertheit erzeugt. Im Projektverlauf hat sich gezeigt, dass mit zunehmender Lösung von theoretischer Beschäftigung (Grundlagen) hin zum praktischen Tun die Bereitschaft und die Lust an der Auseinandersetzung mit Technischen Sachverhalten zunimmt . So wurden auch die situationsbezogenen Recherchen im Verlauf der eigenen Tätigkeit im Unterschied zu den allgemeinen intensiver und konsequenter durchgeführt, weil diese immer auf unmittelbare Fragen aus der eigenen praktischen Arbeit bezogen waren.

Ob beim Zerlegen von technischen Geräten (Lautsprecher, Overheadprojektoren, Heißluftföhn, Computer, Absauganlage, …) oder beim Konstruieren und Montieren, bei der Auswahl von Schraubentypen oder dem Testen der Federwirkung bei Zugfedern – der direkte, praktische Kontakt hat Vorbehalte abgebaut und Neugier und Interesse geschaffen. Dies hat sich in dieser Arbeit deutlich gezeigt.

Die Vorbereitungen zum Projekt hat eine Schülerin dazu bewogen, das Thema für ihre Fachbereichsarbeit “Aerodynamik in der Formel 1“ zu wählen.

Ein Schüler wird im Herbst 2014 sein Technik-Studium an der ETH-Zürich beginnen.

- *offene Aufgaben/Probleme als spannende Herausforderung erleben:* Die offene Aufgabenstellung haben die SchülerInnen weitgehend dazu genutzt, ihren persönlichen Neigungen und Leidenschaften

nachzugehen, wodurch sie sich mit den Projektinhalten gut identifizieren konnten. Die ständig auftretenden Probleme in der Umsetzung

„So frei haben wir sonst nirgendwo lernen dürfen." (Schülerin bei der Maturafeier)

Leider hat der (zeitweise mehrwöchige) Unterrichtsentfall den Arbeitsfluss oft unterbrochen, was nicht selten auch die Spannung aus dem Prozess genommen hat.

Handlungen:
Sch. sollen:
- *handwerkliche Fertigkeiten aufbauen:* Situationsbezogen haben sich die einzelnen SchülerInnen Technologien angeeignet, um ihre Ideen und Konzeptüberlegungen in Arbeits- und Funktionsmodellen umsetzen zu können. Dabei wurden u.a. gelernt:

Fügeverfahren wie Weich- und Hartlöten, Klebetechnologien mit unterschiedlichen Klebstoffen, Nieten (Blindnieten), …

Trennverfahren mit Geräten wie Blechschere, Durchlaufschere, Dekupiersäge, Lochsäge, …

Umformverfahren: Thermoverformen (Thermoplaste), Biegen (Bleche, Stahlstangen), Abkanten, …

- *kreativ und konstruktiv mit naturwissenschaftlichen Phänomen umgehen:* Der offene Zugang hat eine weite Bandbreite von Lösungsmöglichkeiten zugelassen. Im Sinne einer Gestaltungsmaxime aus der Designtheorie *„Ein Problem lösen bedeutet, sich zuerst vom Problem zu lösen*" haben die SchülerInnen abseits ihrer Aufgabenstellungen auf verschiedene Weise die relevanten Phänomene versucht wahrzunehmen, zu erleben und sich so ein umfassendes Verständnis aufzubauen.

- *ein technisches Gerät entwickeln:* Die SchülerInnen haben sich in den offenen Zugängen zu den Konzeptüberlegungen mit grundlegenden technischen Prinzipien und Phänomenen je nach Themenstellung beschäftigt. Im schrittweisen Umsetzungen haben sich (Zwischen-) Ergebnisse eingestellt, die ausgewertet wurden und einerseits zu neuen Erkenntnissen geführt haben, aber auch neue Fragen aufwarfen. Lösungsansätze für diese zu entwickeln und die technischen Komponenten in ihren Einzelfunktionen (Angriffsflächen, Anströmwinkel, Luftmassenleitung, -beschleunigung, -verdichtung, Reibungswiderstände, materialtechnische Eigenschaften (Stabilität, Biegeverhalten, Leichtigkeit, Fügefähigkeit, …), …) aber auch in deren Zusammenspiel als komplexes Gesamtgebilde immer weiter zu optimieren, waren die eigentlichen Herausforderungen im „Forschungsprozess". Die SchülerInnen haben über weite Strecken des Projektverlaus Entwicklungsarbeit geleistet.

- *eine Versuchsanordnung (Windkanal) bauen:* Die SchülerInnen haben über Recherche die Entwicklung, die Planung, konstruktive Fragen und den Bau als Team umgesetzt.

- *Messreihen durchführen:* Auch wenn Arbeitsmodelle/Funktionsmodelle und einzelne technische Komponenten (Lüfter, Textilien, Membrane, Widerstandsflächen, …) im Windkanal getestet wurden, konnten aus Zeitgründen leider keine Testreihen an ausgereiften Geräten mit Messgeräten durchgeführt werden.

Kompetenzen:
Sch. sollen:
- *naturwissenschaftlich-technisches Wissen über Windkraft und ihre Nutzung aufbauen und in Forschungsprozessen anwenden können:* kognitives Wissen wurde einerseits als Grundlage für alle, aber auch individuell in Vertiefungen zu eigenen Problemstellungen angeeignet. So wurde über die Methode der individuellen und situationsabhängigen Relevanz von Wissen das Lernen als sinnvoll erlebt, weil die realen Anwendungssituationen in den Problemlöseprozessen dies erfordern. Aber es war vor allem die Verbindung von naturwissenschaftlich-technischen „Erfahrungen" (Fähigkeiten, Fertigkeiten) als Formen des Handlungswissens mit dem kognitiven Wissen, die im Sinne der Ganzheitlichkeit die Prozesse vorantrieb.

„Na endlich – es funktioniert!" (nach mehrmaligen Versuchen, die Strömungsgeschwindigkeit zu verdoppeln)

„Da kann man ja die Veränderungen des Luftstroms wirklich sehen." (nach dem ersten Windkanalversuch mit Strömungsfäden am Modell)

Im Rahmen der Matura behandelten 2 Kernstoffgebiete das Feld (Energietechnische Nutzung der Aerodynamik, Zyclontechnologie (dyson)). Jede Kernstofffrage der dat-Matura ist in einen Praxisteil und einen Theorieteil aufgeschlüsselt. Im Praxisteil werden praxisbezogene Kompetenzen ansatzweise eingefordert (Entwurf, Konzeptentwicklung, Materialtechnischer Umgang, Computeranwendung, Analysemethoden, …). Auch wenn kein/e Schüler/in eine dieser Fragen gewählt hat, so wurde in den Gesprächen der Maturavorbereitung der Wissenszuwachs seit Projektbeginn doch deutlich.

„Entwirf ein technisches Konzept zur Transformation bewegter Luftmassen in eine oszillierende (mechanische) Bewegungsform (Praxisteil).

Erläutere deinen Entwurf und gehe auf mind. 3 unterschiedliche Formen des Umgangs mit Luftströmen (Produktkategorien) bei Dyson GmbH ein (Theorieteil)." (Maturafrage 2014)

- *technische Parameter als (materialtechnische, bautechnische, maschinentechnische, …) veränderbare Optimierungsfelder erkennen und einsetzen können:* Die Vielzahl an veränderbaren Elementen erforderte eine Analyse von einzelnen Komponenten. Im Prozess eine klare Strukturierung von feststehenden und variablen Elementen vorzunehmen, war nicht für alle SchülerInnen leicht.

So wurde einer Schülerin nach den Windkanalversuchen klar, dass der vorgefundene Radiolautsprecher zu schwach auf den anströmenden Luftstrom reagiert. Dabei hatte sie die Änderung der Anströmrichtung, die Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit und die Eingrenzung der Anströmfläche (Erntefläche) variiert. Die materialtechnischen Eigenschaften der Lautsprechermembran entsprachen nicht ihren Anforderungen, weshalb sie einen weicheren Basslautsprecher, später einen flexibleren Strechstoff einsetzte.

Die Komplexität der Aufgabenstellung hat eine Systematik des Denkens und Handelns eingefordert, die nicht immer leicht ohne Hilfe erreichbar war.

- *technische Testeinrichtungen selbst entwickeln und Messreihen zu den eigenen Funktionsmodellen bzw. Prototypen umsetzen können:* Die Planungen zum Windkanal orientierten sich an der Variabilität der Testobjekte - die Verstellbarkeit der Objektaufnahme und Lage zum anströmenden Wind waren wichtige Anforderungen bei der Entwicklung. Messreihen konnten leider nur zum Teil und nur bei einzelnen Funktionsmodellen durchgeführt werden.

- dazu erforderliche Messgeräte bedienen und für die Messungen zielgerichtet einsetzten können: Folgende Messgeräte konnte von den SchülerInnen zu Probezwecken und in der Entwicklungsphase bedient werden: Drehzahlmesser/Umdrehungszähler, Multimeter, Schalenkreuzanemometer (Windmessgerät).

- den gesamten Entwicklungsverlauf in allen Phasen dokumentieren und als Prozessportfolio zusammenfassen können: Nachdem die SchülerInnen für jede praktische Arbeit in den letzten beiden Jahren ein Prozessportfolio erstellt haben und diese auch bei der Matura verpflichtend präsentiert werden müssen, war die Erstellung schon beinahe Routine. Im dat-Unterricht werden grundsätzlich alle! Arbeitsergebnisse gesammelt und digitalisiert (gescannt, fotografiert) – so auch in diesem Projekt.

SchülerInnen werden mit beginnendem dat- Unterricht in der 6. Klasse auf die Benutzung der dazu erforderlichen Geräte eingeschult (digitale Foto- und Filmkamera, Scanner, + Softwareanwendungen).

- Fachvokabular aufbauen und verwenden wie z.B. Ernteflächе, laminare und turbulente Windströmung, theoretische und effektive Leistung, Wirkungsgrad, Windkonverter, Standort - , Isoventen, Savoniusprinzip, Darrieusprinzip, Gorlovprinzip, Widerstandsläufer / Auftriebsläufer, …: Im Rahmen des Unterrichts wurde darauf wert gelegt, dass entsprechendes Fachvokabular sukzessive aufgebaut und verwendet wird. Im Rahmen der mündlichen Matura war dies auch in den Prüfungsfragen und Prüfungsgesprächen gefordert. Auch in den Portfolios wurde Fachvokabular eingefordert und verwendet.

5.2 LehrerInnenebene

Einstellung/Kompetenzen:

Der Zugang zu technischen Fachgebieten hat sich durchaus intensiviert.

Von der Recherchearbeit auf theoretische Ebenen bis zum selbsttätigen Experimentieren und Entwickeln von Testanordnungen hat sich mein Interesse stark gesteigert. Auch die Gespräche mit Dipl. Ing. Flucher und Dipl. Ing. Forsthuber haben meine fachlichen Qualifikationen und die Lust an weiterer Auseinandersetzung wachsen lassen.

6 DISKUSSION/INTERPRETATION/AUSBLICK

Mit „dat goes with the wind“ wurde erstmals ein IMST-Projekt von einer dat-Maturaklasse durchgeführt. Es hat sich gezeigt, dass die Konzentration auf eine Projektentwicklung und –Umsetzung in einer 8. Klasse aus mehreren Gründen schwieriger als in anderen Schulstufen ist:

- verkürztes Schuljahr
- Vorbereitungen auf die Matura (Kernstoffvermittlung, Organisatorisches)

Die zeitliche Struktur müßte stark komprimiert werden (Projektabschluss spätestens März/April) und die Lehrstoffanteile für die Matura (Kernstoff) besser im Projekt integriert werden. Auch der offene Themenzugang müßte verengt und die Methoden stärker vorgegeben werden.

Der in diesem Projekt beabsichtigte Versuch, über ein rein technisches Thema Entwicklungs- und Forschungsarbeit für SchülerInnen interessant zu machen, hat sich bewährt. Die Offenheit der SchülerInnen im Umgang mit der technischen Aufgabenstellung hat zu eigenwilligen und unkonventionellen Konzepten geführt, die mit ebensolchen Methoden umgesetzt wurden.
Weil technische Forschung grundlegend auf Anwendung ausgerichtet ist, verstehen wir die konzeptionellen Ergebnisse zwar als Teilerfolg, aber aufgrund der fehlenden Anwendungsebenen als unvollständig (Interaktionismus in der Technikforschung).
Weil die dat-Gruppe der heurigen 6. Klassen Interesse an der Fortführung von „dat goes with the wind“ bekundet hat und am Projektthema weiterarbeiten möchte, hat die Gruppe die Einreichung für das Folgeprojekt „*dat goes with the wind – reloaded*“ bei IMST betrieben.

Es wird interessant zu beobachten sein, wie ein bereits fortgeschrittenes Projekt von anderen SchülerInnen übernommen, weiterentwickelt und abgeschlossen werden kann - wo Kontinuität, wo eigenständige Neuinterpretation des Themas erforderlich ist. Teamwork als Staffellauf.

Auch dies wäre eine Premiere für dat-Projekte.

7 LITERATUR

Buch:

Schulz, Heinz (2005). *Der Savonius Rotor*. Staufen bei Freiburg: Ökobuch Vlg.

Hallenga, Uwe (2004). *Wind: Strom für Haus und Hof*. Staufen bei Freiburg: Ökobuch Vlg.

Crome, Horst (2012). *Handbuch Windenergie Technik*. Staufen bei Freiburg: Ökobuch Vlg.

Internet:

http://www.buch-der-synergie.de/c_neu_html/c_08_11_windenergie_neue_designs.htm [2.10.2013]

http://www.energyprofi.com/jo/Neue-Designs-und-Rotorenformen.html [2.10.2013]

http://www.smartkraft.homepage.t-online.de// [30.11.2013]

http://www.daswindrad.de/forum/viewtopic.php?f=2&t=21 [23.11.2013]

http://www.energieforum.ruhr-uni-bochum.de/Energietag/4_Wagner_Strom%20aus%20Wind.pdf [18.10.2013]

http://wizard.webquests.ch/windkraft.html?page=39408 [2.10.2013]

http://www.livechennai.com/MARsystem.asp [23.11.2013]

ANHANG