



Stiftsgymnasium Admont

# Nahverkehr und Ferntransport durch Wasser

Bionik und Nanophysik im Unterricht

Beitrag für den Projekt-Wettbewerb der  
Schulen im Bezirk Liezen

Eingereicht von

**Mag. Dr. Anna Maria Körbisch**

Admont, April 2011



Mag.Dr. Anna Maria Körbisch

## Inhaltsverzeichnis

|   |           |
|---|-----------|
| <b>INHALTSVERZEICHNIS</b>   | <b>2</b>  |
| <b>ABSTRACT</b>   | <b>3</b>  |
| <b>EIN KURS STELLT SICH VOR: NANOPHYSIK UND BIONIK</b>                      | <b>3</b>  |
| <b>UNSERE PROJEKTE</b>  | <b>4</b>  |
| <b>Nahverkehr und Ferntransport durch Wasser. Große unterrichten Kleine</b> | <b>4</b>  |
| <b>Analogieschluss</b>  | <b>6</b>  |
| Hybrid Photovoltaic Cells   | 7         |
| <b>ZUSAMMENFASSUNG</b>  | <b>10</b> |
| <b>LITERATURVERZEICHNIS</b>   | <b>10</b> |



## Abstract

Was hat eine Mohnkapsel mit einem Salzstreuer gemeinsam? Solche Fragen beschäftigten die Schülerinnen und Schüler im Kurs Bionik und Nanophysik im Wintersemester 2010/2011. Die Nanotechnik setzt bereits jetzt wichtige Akzente im High-Tech-Bereich aber auch in der Massenanwendung in unserem Alltag. Der Kurs „Nanophysik und Bionik“ bringt diese hochinteressanten Themengebiete wichtigen Multiplikatoren (unseren Schülerinnen und Schüler) näher und vermittelt den Teilnehmern die Beziehungen zwischen technischer Biologie (technisch-physikalische Grundlagenforschung) und der Anwendungsforschung. Technisch physikalische Kenntnisse helfen beim Verständnis biologischer Prinzipien. Gearbeitet wurde teilweise experimentell (sofern es im mikroskopischen bzw. makroskopischen Bereich möglich war) und theoretisch. Eine weitere Besonderheit war der gezielte Einsatz von Kreativitätstechniken.

## Ein Kurs stellt sich vor: Nanophysik und Bionik

In der Oberstufe können die Schülerinnen und Schüler Stunden aus verschiedenen Bildungsbereichen frei wählen. Der Kurs dauert ein Semester und findet zweistündig statt. Die Teilnehmer an diesem Schwerpunkt waren:

- Draxler Christian
- Krammer Benjamin
- Krammer Christopher
- Godschachner Victoria
- Hartl Lukas
- Grossegger Lukas
- Bachler Diana
- Emma Morris
- Bergant Gernot

Die Schüler und Schülerinnen besuchen die 6., 7. und 8.Klassen des Stiftsgymnasiums Admont. Kursleiterin war Frau Mag. Dr. Anna Maria Körbisch.

„Nano“ ist brandaktuell. Der Inhalt des Kurses sollte einen Einblick in die faszinierende Welt der Nanophysik geben, aber auch die Grenzen der klassischen Physik aufzeigen. Mit ihrem biologischen



Mag.Dr. Anna Maria Körbisch

Grundverständnis haben die Schüler und Schülerinnen biologische Phänomene nachentdeckt und analysiert und die Nanophysik als Querschnittsdisziplin kennengelernt.

## Unsere Projekte

In diesem Kurs wurde zwei Projektschwerpunkte gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern designt:

- Nahverkehr und Ferntransport durch Wasser. Große unterrichten Kleine
- Analogieschluss. Teilnahme am internationalen Millennium Youth Camp 2011

### Nahverkehr und Ferntransport durch Wasser. Große unterrichten Kleine

4

---

Ein Phänomen aus der Nanophysik soll Unterstufenschülern mit Theorie und Praxisteil vorgestellt werden. Die Kursteilnehmer schlüpfen in die Rolle von Lehrenden und müssen ihr erworbenes Wissen so aufbereiten, dass Zehnjährigen ein hochkomplexer Inhalt verständlich dargeboten werden kann.

Dazu haben sich die Kursteilnehmer in drei Gruppen aufgeteilt. (Auch die Uterstufenschüler waren auf drei Gruppen aufgeteilt und konnten im Stationenbetrieb alle drei Themen kennenlernen.) Jede Gruppe hat einen Schwerpunkt gewählt und bearbeitet:

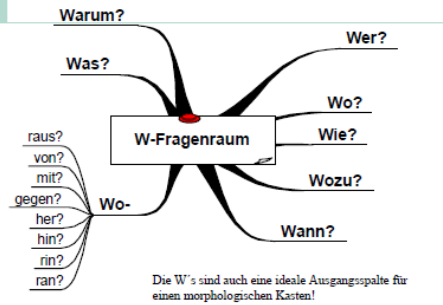
- I. Lotuseffekt als Beispiel für „Nahverkehr“
- II. Aktive Oberflächen, die superhydrophobe Eigenschaften besitzen als Beispiel für „Fernverkehr auf Nanostraßen“
- III. Allgemeine Einführung in die Themengebiete Nanophysik und Bionik anhand des Lotuseffekts

Die Unterrichtseinheit wurde im Rahmen einer Stunde im Biologielabor durchgeführt. Jede Gruppe hatte die Aufgabe, den anspruchsvollen Inhalt mit Experimenten zu verdeutlichen. Grundbedingung war zunächst einmal das entsprechende Sachwissen zu erarbeiten. Um die Planung der Unterrichtseinheit kreativer zu gestalten, wurden diverse Kreativitätstechniken angewandt:

Die W-Fragen-Methode zur Vorbereitung



## Die W-Fragen-Methode



Quelle: [http://www.creative-trainer.eu/fileadmin/template/download/3\\_bionik\\_und\\_weitere\\_kreatechniken.pdf](http://www.creative-trainer.eu/fileadmin/template/download/3_bionik_und_weitere_kreatechniken.pdf)


Mit diesem W-Fragenraum hat jede Dreiergruppe ihr Themengebiet bearbeitet und das Ergebnis im Plenum vorgestellt.

Dann wurden die Experimente, Foliote, Lernplakate,... vorbereitet. Das war zum Beispiel für die Gruppe II ein Ytongziegel. In die Oberfläche wurde ein Labyrinth gestemmt. Die Gänge wurden mit einem handelsüblichen Nanospray eingesprüht. So wurde eine superhydrophobe Oberfläche erzeugt, auf der das Wasser nicht aufspreiten kann sondern eine Kugel bildet. Diese Kugel musste dann von den Zehnjährigen durch geschicktes Schwenken zum Ausgang gelotst werden. Kam die Kugel vom Gang ab, so hat sie aufgespreitet und war einfach weg! Von diesem Geschicklichkeitsspiel mit Wassertropfen waren sowohl Groß als auch Klein begeistert.

5

Die Gruppe I hat den Kleinen mit biologischen Objekten aus ihrer Umwelt (Frauenmantelblatt, Kapuzinerkresseblatt, Schmetterlingsflügel,...) den Lotuseffekt gezeigt. So sollten Schülerinnen und Schüler erleben, dass der Lotuseffekt ein wichtiges Phänomen in der Natur ist, um Oberflächen sauber zu halten.


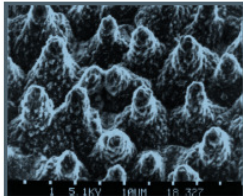
Blattoberfläche Lotuspflanze



Unbenetzbarkeit ist immer mit einer Mikro- oder Nanostrukturierung der Oberfläche verbunden, wie bei dieser rastersondenmikroskopischen Aufnahme zu erkennen ist.

Die physikalische Ursache von Unbenetzbarkeit ist das Verhältnis der Grenzflächenspannungen von Wasser zu Luft, von Wasser zu Festkörper und von Festkörper zu Luft.

Die jeweilige Konstellation der Verhältnisse untereinander bestimmen den Kontaktwinkel des Tropfens zum Festkörper.



NanoBioNet e.V.

Quelle: NanoBioNet.de

Die Gruppe III hat versucht mit Anschauungsmaterial und Rätseln einen einfachen Leitfaden durch die wichtigsten Begriffe aus dem Themengebiet Nanophysik und Bionik zu gestalten.



## Analogieschluss

Jeder Kursteilnehmer muss einen Top-Down-Prozess selbstständig erarbeiten. (Bionik kann als ein „Top-Down-Prozess“ oder als „Bottom-Up-Prozess“ betrachtet werden.) In unserem Fall sollte eine grundlegende Methode der Bionik – die Analogiebildung- kennengelernt werden. Bei einem Theorieinput wurden die Arbeitsweisen der Bionik als 10 Prinzipien nach Nachtigall 2002 vorgestellt:

Prinzip 1: Integrierte statt additive Konstruktion

Prinzip 2: Optimierung des Ganzen statt Maximierung eines Einzelements

Prinzip 3: Multifunktionalität statt Monofunktionalität

Prinzip 4: Feinabstimmung gegenüber der Umwelt

Prinzip 5: Energieeinsparung statt Energieverschleuderung

Prinzip 6: Direkte und indirekte Nutzung der Sonnenenergie

Prinzip 7: Zeitliche Limitierung statt unnötiger Haltbarkeit

Prinzip 8: Totale Rezyklierung statt Abfallanhäufung

Prinzip 9: Vernetzung statt Linearität

Prinzip 10: Entwicklung im Versuchs-Irrtum-Prozess

In diesen Grundprinzipien haben natürliche Systeme Vorbildfunktion für die Technik. Jeder Schüler bzw. jede Schülerin durfte sich für einen beliebigen Prozess entscheiden. Da diese bionische Denkweise eine große Herausforderung für Schüler und Schülerinnen darstellt, gab es klare Richtlinien für die Vorgehensweise. Die Arbeitsweise der Schüler wurde in vier Grundschritte gegliedert:

- a) Beschreibung und Definition eines technischen Problems
- b) Suche nach Analogien in der Natur
- c) Analyse von natürlichen Vorbildern
- d) Erarbeitung von Problemlösungen aufgrund des biologischen Erkenntniswissens.

Auch hier wurden Kreativitätstechniken erfolgreich eingesetzt: Methode der schöpferischen Orientierung: „Ein Problem lösen heißt sich vom Problem lösen“



**Bio**logie **nik**

Was ist das?  
Ein Problem Lösungsverfahren/Kreativitätstechnik  
(Methode der schöpferischen Orientierung)

Was wird genutzt?

- Strukturelle und funktionale Analogien zwischen natürlichen und technischen Systemen
- Horizonterweiterung durch interdisziplinäre Bearbeitung



Quelle: [http://www.creative-trainer.eu/fileadmin/template/download/3\\_bionik\\_und\\_weitere\\_kreatechniken.pdf](http://www.creative-trainer.eu/fileadmin/template/download/3_bionik_und_weitere_kreatechniken.pdf)

Und so gingen wir vor:

- Das Problem wird definiert.
- Analogien auf abstrahiertem Niveau werden aus der Natur herangezogen.
- Die Vorbilder aus der Natur werden analysiert und liefern physikalische Grundlagen.
- Die Erkenntnisse aus der Natur werden auf das zu lösende Problem angewendet.

Jeder hat als Einzelkämpfer gearbeitet. Die Aufgabe wurde teilweise in der Schule und teilweise zuhause gelöst. Ergebnisse wurden in schriftlicher Form vorgelegt und den anderen Kursteilnehmern präsentiert. Wesentlich ist mir dabei, dass alle Zuhörer als „kritische Freunde“ dabei sind. Mit dieser wissenschaftlichen Methode aus der Aktionsforschung wird geübt, eine Verbesserung der Arbeit durch kritische Betrachtung der Zuhörer zu erreichen. Nach der Diskussion wurden Verbesserungen eingearbeitet und dann auch zur Bewertung abgegeben.

Als Beispiel sei hier der Beitrag von Emma Morris präsentiert.

## Hybrid Photovoltaic Cells

By Emma Morris

### Introduction

Photovoltaic cells containing crystalline silicon layers have better electrical efficiency than cells comprising amorphous silicon. However, production costs for amorphous silicon layers are considerably less than for crystalline silicon. Furthermore, amorphous silicon has an advantage that it absorbs less infra-red radiation than crystalline silicon thereby enabling photovoltaic cells to maintain lower temperatures during operation with consequent improvement in electrical efficiency.

### A short background on hybrid Photovoltaic Technology

Photovoltaic solar panels suffer from high production costs and low energy conversion efficiency. Whereas thin-film modules are quite cheap but only achieve 10-13% efficiency,



Mag.Dr. Anna Maria Körbisch

crystalline modules which are more expensive achieve 14-19%. Yet theoretical limits for solar panel efficiency are as high as 40%. One promising prospect for the future is the organic solar cell and the Grätzel cell. But with efficiencies well below the standard of 10%, they need further research work before they reach the commercial market. Most anorganic photovoltaics currently have high production costs relative to the level of energy conversion efficiency achievable and the energy cannot be produced or released at night without a storage system. Furthermore as much as 80 to 90% of the solar input energy is lost as heat. The efficiency of the photovoltaic energy conversion is inversely proportional to the temperature. This has lead to the development of hybrid PV Solar panels in which a top photovoltaic layer catches the sun's rays and produces electricity whilst tubes extending around the back of the layer are heated for hot water generation. Cold water is passed through these tubes cooling the photovoltaic system, thereby enabling the system to work at a more efficient temperature. The heated water is then available for use in a domestic heating system for example.

### Project Objective

The object of this project is to develop a more efficient and less expensive way of harnessing solar energy whilst taking advantage of the heat generated in PV panels. It has been estimated that each degree Celsius cooling, in the PV cell operating temperature, provides a 0.48% increase in power output<sup>[1]</sup>. I will attempt to lower the operating temperature of the PV cell in a Hybrid PV Panel and collect as much heat as possible.

Crystalline silicon PV cells may reach a temperature of 65°C at maximal irradiation, while an absorber of a solar heat collector can reach a temperature of 200°C. If one were to simply place a crystalline silicon PV over the solar heat collector the water heated by the collector would only reach a temp of 50-55°C which is not enough for domestic or commercial requirements.

8

### Project Execution:

An existing Hybrid PV cell is shown schematically in Appendix 1. The top photovoltaic layer is made out of amorphous silicon, which absorbs visible light but allows infrared light to pass through to the next (heat conductive) layer. This is made out of aluminium which absorbs the infra red light and generates heat, conducting it to pipes below through which water is pumped.<sup>[2]</sup>

#### **1) Measure the dependence of the thermal and electrical efficiencies of the Hybrid PV cell on:**

- The use of hydrogenated and non-hydrogenated amorphous silicon for the photovoltaic layer<sup>[3]</sup>
- The use of a mixture of amorphous silicon and crystalline silicon for the photovoltaic layer
- The composition of the thermal collector
- The thickness of the photovoltaic and collector layers
- The solar energy input level



- The temperature and flow rate of the cooling water

**2) Carry out same experiments as specified under 1) above on a Hybrid PV cell having an air gap between the photovoltaic and heat collector layers.**

The objective is to test the effect of the air gap on the electrical and thermal efficiency of the system. The air gap allows infrared light to be absorbed by the collector without so much heat being transferred directly back into the photovoltaic layer but this is at the expense of the water cooling system being less effective for maintaining the PV layer at its optimal operating temperature.

In addition, the effect of changing the width of the air gap will be investigated.

Project Feasibility

Thin amorphous silicon films on a metal substrate can be produced easily but I am not sure how difficult it would be to construct a test cell comprising an amorphous silicon layer separated from a metal layer by a sealed air gap, or a cell comprising several layers of amorphous silicon, in a wafer type construction, mounted on a metal substrate collector.

Amorphous silicon has “dangling” bonds which are neutralized by hydrogen in the hydrogenated form allowing charge carriers to flow more freely. However, the hydrogen is unfortunately associated with light induced degradation of the material (the Staebler Wronski effect) which reduces the electrical efficiency over time. <sup>[4]</sup> Stacking one or more layers of amorphous silicon could reduce the effect.

*"The Sun, with all the planets revolving around it, and depending on it, can still ripen a bunch of grapes as though it had nothing else in the Universe to do."*

**(Galileo Galilei)**

Als analoger Prozess in der Natur wird hier die Fotosynthese verwendet. Da wir mit diesen Beiträgen am internationalen Wissenschaftscamp **Millennium Youth Camp 2011** in **Finnland** teilgenommen haben, wurde dieser Beitrag natürlich in Englischer Sprache verfasst.

Krammer Benjamin, Krammer Christopher und Emma Morris haben sich gemeinsam mit 1453(!) Schülern aus der ganzen Welt bei diesem MY-Camp beworben und **Emma Morris** hat es geschafft sich durch alle Qualifikationsrunden zu arbeiten!

**Sie wird als eine von dreißig Schülern aus der ganzen Welt vom 11. Bis 17.Juni 2011 im Bereich „Renewable energy and natural resources“ begleitet von Wissenschaftlern in Finnland arbeiten.**

Emma Morris ist außerdem auch **die einzige Österreicherin** in dieser Woche für naturwissenschaftlich begabte Schüler.



Das MY-Camp vermittelt den jungen Leuten auf anregende Art und Weise einen breiten Überblick über die finnische Kompetenz und Spitzenforschung in den Bereichen Naturwissenschaften, Mathematik und Technologie. Die Camp-Teilnehmer sind miteinander und auch mit Vertretern finnischer Unternehmen und Organisationen sowie mit Top-Wissenschaftlern vernetzt. Während des einwöchigen Camps besichtigen die Teilnehmer außerdem mehrere finnische Betriebe und Hochschulen. Neben Vorlesungen und Workshops sowie Besuchen bei Partnern von MY Camp gehört auch Projektarbeit in kleinen internationalen Gruppen unter Leitung exzellenter Fachleute zum Programm.

## Zusammenfassung

In diesem Kurs wurde ausgehend von Phänomenen versucht, einen Einblick ins Reich der Zwerge (nanos=Zwerg) zu geben. Wichtig war der Aufbau von Sachkompetenz bei den Kursteilnehmerinnen und Teilnehmern. Sie sollten einen Einblick in die Querschnittsdisziplin Nanophysik bekommen. Nanotechnologie beherrscht ja nicht nur High-Tech-Bereiche, sondern auch unseren persönlichen Alltag. Und da müssen Konsumenten wirklich auch einmal kritisch an so manche Bereiche herangeführt werden! Gerade der Mensch lebt ja von aktiven Oberflächen in seinem Körper und Nanoteilchen haben auch eine besonders große Oberfläche. Was könnte da alles passieren, wenn solche Nanoteilchen unsere aktiven Oberflächen verändern.....

Die Highlights im Kurs waren aber zweifelsfrei die Schwerpunkte **Nahverkehr und Ferntransport durch Wasser. Große unterrichten Kleine** und die Literatuarbeit **Analogieschluss**. (Teilnahme am internationalen Millennium Youth Camp 2011.9 In beiden Bereichen haben wir große Erfolge zu berichten. Einerseits waren die Unterstufenschülerinnen und Unterstufenschüler bei einer abschließenden Evaluation in der Lage, das erworbene Wissen auch richtig anzuwenden und haben die Unterrichtseinheit mit „Sehr Gut“ bewertet! Andererseits ist es natürlich für Emma Morris ein großer persönlicher Erfolg als einzige Österreicherin am Millennium Youth Camp 2011 in Finnland teilzunehmen.

## Literaturverzeichnis

<http://www.technologyacademy.fi/applicants-selected-for-the-second-round.html>

[http://www.creative-trainer.eu/fileadmin/template/download/3\\_bionik\\_und\\_weitere\\_kreatechniken.pdf](http://www.creative-trainer.eu/fileadmin/template/download/3_bionik_und_weitere_kreatechniken.pdf)

<http://www.NanoBioNet.de>



Mag.Dr.Anna Maria Körbisch

<http://live.pege.org/energy/photovoltaic-heat-combined.htm>

<http://www.energy-based.nrct.go.th/Article/Ts-3%20amorphous-silicon%20photovoltaicthermal%20solar%20collector%20in%20thailand.pdf> Sirimongkhon Jaikla, Thipjak Nualboonrueng, Porponth Sichanutgrist

[http://en.wikipedia.org/wiki/Amorphous\\_silicon](http://en.wikipedia.org/wiki/Amorphous_silicon) Amorphous Semiconductors – Topics in Applied Physics 1985 Vol 36 D.E.Carlson and C.R.Wronski

Steinmaurer, DI Dr. G. Managing director. Austrian Solar Innovation Center- ASiC. Personal Conference.

Egger, M. Head of Department Photovoltaic Engineering; Technology; Quality, Austria Technology & System Technology- AT&S. Personal Conference.

Nachtigall, W.: Bionik – Grundlagen und Beispiele für Ingenieure und Naturwissenschaftler. Springer Verlag: Berlin/Heidelberg.2002