



IMST – Innovationen machen Schulen Top

Kompetenzen im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht

KOMPETENZENTWICKLUNG DURCH LABOR- UNTERRICHT AM BEISPIEL ENERGIE

Langfassung

ID 36

Hans Hofer und Artur Habicher

Praxishauptschule an der Pädagogischen Hochschule Tirol

Innsbruck, Juni 2011

INHALTSVERZEICHNIS

ABSTRACT	3
1. AUSGANGSSITUATION	4
2. ZIELE	5
3. PROJEKTVERLAUF.....	7
3.1 Unterrichtsverlauf.....	7
3.2 Evaluation.....	9
4. ERGEBNIS	10
4.1 Schülerkonzepte.....	10
4.2 Naturwissenschaftliche Kompetenzen.....	10
4.3 Umweltbezogene Haltungen und Einstellungen.....	12
4.4 Haltung zum Unterricht in der Naturwerkstatt.....	13
5. RESÜMEE UND AUSBLICK	14
5.1 Antworten auf die gestellten Fragen.....	14
5.2 Schwachstellen im dreidimensionalen österreichischen Kompetenzmodell.....	14
5.3 BNE-Kompetenzen.....	15
6. LITERATUR	16
7. ERKLÄRUNG	17

ABSTRACT

Werden naturwissenschaftliche Kompetenzen in einem Laborunterricht optimal gefördert und entwickelt? Können dabei auch gleichzeitig Haltungen erworben werden, die wir für eine nachhaltige Entwicklung der menschlichen Zivilisation brauchen? Diese Fragen wurden im Schuljahr 2010/11 an der Praxishauptschule der Pädagogischen Hochschule Tirol mit dem Unterrichtsprojekt "Kompetenzentwicklung durch Laborunterricht am Beispiel Energie" untersucht. Das Thema Energie wurde gewählt, weil es ein zentrales Thema in den naturwissenschaftlichen Fächern ist, und weil es gleichzeitig auch in den öffentlichen Diskussionen über Wirtschafts- und Umweltprobleme allgegenwärtig ist.

Das Projekt zeigte, welche naturwissenschaftlichen Kompetenzen in einem Laborunterricht – wir nannten ihn "Naturwerkstatt" - gefördert werden, es machte aber auch Schwachstellen im österreichischen Kompetenzmodell für den naturwissenschaftlichen Unterricht sichtbar. Es fehlen darin Kategorien, mit denen das kreative Arbeiten in Naturwissenschaft und Technik erfasst werden kann, und es sind darin die Haltungen und Einstellungen, die mit Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) gefördert werden, nur andeutungsweise vertreten.

Schulstufe: 8
Fächer: Physik, Chemie, Biologie und Umweltkunde
Kontaktperson: Hans Hofer
Kontaktadresse: Pädagogische Hochschule Tirol
Pastorstraße 7
6020 Innsbruck

1. AUSGANGSSITUATION

An der Praxishauptschule der Pädagogischen Hochschule Tirol wurde im Schuljahr 2010/11 im Rahmen von IMST (Innovationen machen Schulen top) ein Projekt durchgeführt, bei dem im Rahmen eines Laborunterrichtes („Naturwerkstatt“) naturwissenschaftliche Kompetenzen und umweltbezogene Haltungen und Einstellungen in gleichem Maß gefördert werden sollten.

Die Idee zu diesem Projekt geht auf zwei Ereignisse zurück. Erstens wurde den Schülerinnen und Schülern seit dem Schuljahr 2008/09 in den naturwissenschaftlichen Fächern neben den herkömmlichen Ziffernoten eine an vier Kompetenzbereichen orientierte Rückmeldung über ihre Leistungen gegeben (Habicher/Hofer 2009, Hofer2010). Zweitens trat die Praxishauptschule im Schuljahr 2010 dem Netzwerk ÖKOLOG bei, das in besonderem Maße die Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) fördert. Dies war unter anderem auch für den naturwissenschaftlichen Unterricht eine neue Herausforderung: Wie kann die Idee der Nachhaltigkeit im naturwissenschaftlichen Unterricht verankert werden?

Als schließlich das Themenprogramm von IMST für 2010 bis 2012 mit dem Titel „Kompetenzen im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht“ bekannt wurde, beschlossen die Autoren ein Projekt auszuarbeiten, mit dem bei den Schülerinnen und Schülern Kompetenzen gefördert werden, die sowohl zur Idee von IMST als auch zur Idee von ÖKOLOG passen.

2. ZIELE

Die Ziele des Projektes waren:

- Zum Thema Energie sollte ein kompetenzorientierter naturwissenschaftlicher Unterricht entwickelt werden
- Es sollte erhoben werden, welche Kompetenzen durch diesen Unterricht gefördert wurden.

Eine Grundvoraussetzung für dieses Projekt ist ein klarer Kompetenzbegriff. Das österreichische Kompetenzmodell für die naturwissenschaftlichen Fächer, das im Jahre 2007 von einer Arbeitsgruppe des Bundesinstitutes für Bildungsforschung, Innovation und Entwicklung (<http://www.bifie.at>) für die naturwissenschaftlichen Fächer ausgearbeitet worden ist, erfasst drei Bereiche (Dimensionen) einer Kompetenz: Die Handlungsdimension (Fertigkeiten), die Inhaltsdimension (Kenntnisse) und die Anforderungsdimension (Niveaustufen). Dieses Modell wurde im Mai 2011 überarbeitet und ist in dieser Form in den Anhang des Berichtes gestellt. Handlungsdimension und Anforderungsniveau gelten für alle naturwissenschaftlichen Fächer, während die Inhaltsdimension fachspezifisch die jeweils gültigen Lehrpläne abbildet.

Die Handlungsdimension enthält folgende drei Kategorien:

- H1 – Wissen erarbeiten: Aneignen, Darstellen, Kommunizieren
- H2 - Erkenntnisse gewinnen: Fragen, Untersuchen, Interpretieren
- H3 - Schlüsse ziehen: Bewerten, Entscheiden, Handeln

Das Anforderungsniveau wird vor allem an zwei Parametern gemessen:

- Sprache und die dahinter liegenden Konzepte
- Grad der Selbsttätigkeit

Dieses Kompetenzmodell baut auf Arbeiten von Roth (1971), Klafki (2000), Weinert (2002), sowie auf ähnliche Modelle (Bybee 1997, KMK 2004, 2005, EDK 2004, Beetz 2005, Frank 2005, Labudde 2007, Ziener 2008) auf und dient in erster Linie der Entwicklung von Lern- und Testaufgaben.

Klafki (2000) definiert Kompetenz als die Fähigkeit und Fertigkeit Probleme zu lösen, sowie die Bereitschaft, dies auch zu tun. Die am häufigsten zitierte Definition stammt von Weinert (2002). Er präzisiert und erweitert den Begriff mit der folgenden Definition: „Kompetenzen sind die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernten kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können.“

Vergleicht man das dreidimensionale österreichische Kompetenzmodell mit der Definition von Weinert, so fällt auf, dass mit dem Modell hauptsächlich die kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten erfasst werden, nicht aber die Bereitschaften und Haltungen, die benötigt werden um die Fähigkeiten verantwortungsbewusst einzusetzen. Dieser Bereich kann nur in der Handlungsdimension H3 (Bewerten, Entscheiden, Handeln) andeutungsweise wieder erkannt werden.

Damit ist der Bereich, der durch die Bildung für eine nachhaltige Entwicklung (BNE) gefördert werden soll (Rauch, Steiner, Streissler, 2008), im dreidimensionalen Kompetenzmodell nur am Rande vertreten. Diese Tatsache gibt einen Hinweis darauf, dass Fragen der Nachhaltigkeit bzw. einer nachhaltigen Entwicklung auch im naturwissenschaftlichen Unterricht eher nur am Rande behandelt werden. Dieser Gedanke führte zur Frage, ob dies in einem kompetenzorientierten naturwissenschaftlichen Unterricht anders sei, d. h. ob in einem solchen Unterricht auch Haltungen und Einstellungen gefördert werden, die für eine nachhaltige Entwicklung unserer Zivilisation gebraucht werden. Im Rahmen dieses Projektes wurde daher ein Test entwickelt, mit dem diese Bereiche erfasst werden sollten. Insgesamt ergaben sich damit für die Evaluation des Projektes folgende Fragen:

- Welche naturwissenschaftlichen Kompetenzen werden durch die Naturwerkstatt gefördert?
- Werden durch die Naturwerkstatt Haltungen und Einstellungen gefördert, die für eine nachhaltige Entwicklung unserer Zivilisation gebraucht werden?
- Wie verändern sich im Laufe des Unterrichts in der Naturwerkstatt die Schülerkonzepte zum Energiebegriff? (Diese Frage ist wichtig, weil durch sie die Hintergründe besser verstanden werden können, die zu kompetentem Verhalten führen).

3. PROJEKTVERLAUF

In der Vorbereitungsphase des Projektes wurde ein Unterricht zum Thema „Energie“ entwickelt. Dieses Thema wurde aus drei Gründen gewählt:

- Es ist ein Thema, das im Alltag stark vertreten ist
- Dieses Thema spielt in der Umweltbildung eine wichtige Rolle
- Energie ist in allen naturwissenschaftlichen Fächern ein zentraler Begriff

Da der geplante Unterricht einen hohen praktischen Anteil haben und regelmäßige theoretische Reflexionen enthalten sollte, wurde er als unverbindliche Übung „Naturwerkstatt“ angeboten. Es meldeten sich anfänglich 12 Schüler aus den dritten und vierten Klassen. Durchgeführt wurde er schließlich mit nur sechs Schülern aus den vierten Klassen.

Das Projekt wurde von einem Lehrerteam der Praxishauptschule (Gastl, Habicher, Hofer) gemeinsam vorbereitet. Der Unterricht wurde von Habicher meist alleine, manchmal unter Assistenz von Hofer gehalten.

3.1 Unterrichtsverlauf

Angeregt durch Ed Sobey (<http://www.otelo.or.at/ket/programm/stationen-3-8-jaehrige/>, 16.10.2010) wurde für die Schüler aus den 4. Klassen ein lustvolles Programm entwickelt, das dem Lehrerteam bereits bei der Vorbereitung viel Freude bereitete.

Das zentrale Anliegen in der Vorbereitung war die Arbeitsaufträge so zu formulieren, dass die Kinder sie ausführen konnten, ihre Entdeckerfreude aber nicht eingeschränkt, sondern nur gelenkt wurde. Schließlich wurde für die 4. Klassen folgender Ablauf festgelegt:

Die Schüler (es nahmen nur Buben teil) sollten Karton, Scheren, Kleber, Trinkröhrchen, runde Stäbchen und Räder für ein Modellauto bekommen und damit jeweils zu zweit ein Modellauto konstruieren, das sie von einer aufgestellten Rampe rollen lassen. Sieger würde die Gruppe, deren Auto am weitesten rollt. In einer Reflexionsphase sollten Verbesserungen überlegt und ausprobiert werden.

In einem zweiten Schritt sollten die Schüler den Auftrag bekommen, das Auto auf einer horizontalen Strecke ins Rollen zu bringen. Auch hier würde es wieder eine Siegergruppe geben. In einer anschließenden Reflexionsphase würden die Ergebnisse verglichen und die Autos verbessert.

Im dritten Schritt sollten sie einen Elektromotor samt Akkumulator bekommen, der später durch Solarzellen ersetzt würde. Damit sollte nun das Auto angetrieben werden.

Schließlich würde die Solarzelle mit dem Blatt einer Buntnessel verglichen. Durch einfache Experimente und Beobachtungen sollte ein einfaches Konzept darüber entwickelt werden, welche Rolle die Energie bei der Fotosynthese spiele.

Am Ende einer jeden Unterrichtseinheit sollte der Lehrer mit den Kindern die verschiedenen Energiequellen und die naturwissenschaftlichen Konzepte dahinter besprechen: Potentielle Energie, Deformationsenergie, kinetische Energie, Strahlungsenergie, chemische Energie, elektrische Energie; Energieumwandlung, Wirkungsgrad.

Am Ende des gesamten Unterrichts sollten die Kinder darüber diskutieren, welche Energiequelle sie für Autos, Mopeds und Motorräder empfehlen würden. Vielleicht könnten sie ihre Argumente mit ihren eigenen Erfahrungen und Messungen begründen.

Habicher beschreibt den Unterrichtsverlauf sehr lebendig: „Für die Naturwerkstatt war eine Wochenstunde vorgesehen. Durchgeführt wurde sie in geblockter Form zu je drei Unterrichtseinheiten. Mit den Kindern wurden für jeweils ein Semester die Termine im Vorhinein vereinbart und diese dann den Eltern schriftlich mitgeteilt. Da wir noch Zeit für die konkrete Planung, für die Anschaffung der Materialien und für das „Basteln“ benötigten, startete die Naturwerkstatt erst Anfang November 2011 mit den ersten drei Einheiten.

Sämtliche Aufgaben, die die Schüler zu erfüllen hatten, führten wir zuerst selbst aus. So bastelten auch wir Fahrzeuge aus den einfachen Materialien und versuchten sie auf verschiedene Arten anzutreiben. Auch für uns war es in der Vorbereitung manchmal nicht einfach, die Ideen in die Tat umzusetzen. Beispielsweise mussten wir einsehen, dass mit den besorgten Elektromotoren der Antrieb nicht klappte. Es mussten leistungsstärkere Motoren bzw. ein Motor mit Getriebe bestellt werden. Jedenfalls hatten wir selbst beim Bauen des Autos Spaß und entwickelten dabei den Ehrgeiz, die Ideen auch umzusetzen.

Die Schüler erhielten den Auftrag, in Partnerarbeit aus den vorhandenen Materialien und Werkzeugen (Karton, Trinkhalme, Räder, Metallstangen, Klebebänder, Schere, Papiermesser, Eisensäge, weitere Materialien, die sie nicht benötigten würden) ein Fahrzeug zu bauen, das von einer Rampe möglichst weit rollt. Auf einer Teststrecke wurde anschließend das Siegerprodukt ermittelt. Nach einer Gesprächsrunde, in der erörtert wurde, von welchen Faktoren die Länge der Rollstrecke abhängig sein könnte, hatten die Kinder die Möglichkeit, ihr Mobil zu verbessern, bevor es neuerlich auf die Teststrecke ging.

Im nächsten Schritt sollten die Kinder das Fahrzeug in Bewegung bringen, ohne es von einer Rampe rollen zu lassen. Die Aufgabe war also, einen Antrieb zu entwickeln, ohne einen Elektromotor zu verwenden. Der Einsatz eines Elektromotors war zu einem späteren Zeitpunkt geplant. Für die Entwicklung eines Antriebes wurden keine Materialien bereitgestellt. Die Schüler sollten sich überlegen, was sie dazu brauchen, und dann dies bekannt geben. Die jungen Forscher versuchten es mit gespannten oder eingedrehten Gummibändern, wollten Babyraketen versuchen, bis sich schließlich bei der Mehrheit ein Antrieb mit Luftballons durchsetzte. Auch diese Phase der Entwicklung des Autos wurde mit einer Prüfung der Tauglichkeit des jeweiligen Antriebs auf der Teststrecke abgeschlossen. Anschließend wurde den Schülern ein Elektromotor mit Getriebe samt Akkumulator zur Verfügung gestellt. Nach dem Zusammenbau des Getriebes stellte sich das Problem, die Drehung der Motorachse auf die Räder zu übertragen. Ein Schülerpaar fertigte aus Klebestreifen eine Art Keilriemen, und es gelang damit die Übertragung tatsächlich, das Auto setzte sich in Bewegung. Mit der Effizienz und Haltbarkeit dieser Lösung waren die Schüler nicht zufrieden. In gemeinsamer Beratung und mit Tipps wurde eine befriedigende Lösung gefunden.

In der nächsten Entwicklungsphase wurde ein Akku durch Solarzellen ersetzt. Zunächst ermittelten die Schüler experimentell, welche Spannung die Solarzellen in Abhängigkeit von der Lichteinstrahlung liefern. Selbstverständlich kamen die Kinder auf die Idee, ins Freie zu gehen, um eine möglichst direkte Sonneneinstrahlung zu erreichen. Ihre Vermutungen erhielten die Schüler durch Messungen bestätigt, und so war es für sie klar, wie die Solarzellen am Auto ausgerichtet werden müssen. Nach der Fixierung der Solarzellen auf den Fahrzeugen probierten sie die Funktionstüchtigkeit gleich aus. Zur großen Freude der Schüler bewegten sich die Fahrzeuge, angetrieben durch Sonnenenergie. Allerdings stellten die Schüler bei ihren Versuchen fest, dass die Solarzellen nur bei direkter Sonneneinstrahlung die notwendige Energie liefern. Die Schüler wollten nun eine Möglichkeit des Antriebswechsels finden. Ein Schalter, mit dem man von Solarstrom auf vom Akku gelieferten Strom umschalten kann, schien ihnen die Lösung zu sein. Gemeinsam recherchierten sie nach passenden Schaltern, die dann bestellt und zur Verfügung gestellt wurden. Einige Versuche waren notwendig, um den Wechselschalter so einzubauen, dass, je nach äußeren Bedingungen, die entsprechende Antriebsart eingeschaltet werden konnte.

Zum Abschluss bauten die Schüler aus den einfachen, bereitgestellten Materialien eine Karosserie. Die selbst entwickelten Solarautos wurden rechtzeitig fertig, um sie bei der Abschlussveranstaltung zum Jahresthema „MOVE-it“ des regionalen IMST-Netzwerkes Tirol präsentieren zu können. Besonders stolz waren die jungen Forscher, dass der ORF in der Sendung „Tirol heute“ von dieser Veranstaltung berichtete und ihre Fahrzeuge einer breiteren Öffentlichkeit vorstellte.

Ihre Überlegungen und Planungen sowie die Entwicklungsschritte dokumentierten die Schüler begleitend in ihren „Naturwerkstattmappen“. Am Ende jeder Phase reflektierten die Schüler mit dem Lehrer gemeinsam über die dahinter liegenden physikalischen Inhalte und Konzepte. Beispielsweise sollten sie im Anschluss an die Entwicklung von Antrieben physikalische Vorgänge nennen, die aus ihrer Sicht bei der Bewegung der Fahrzeuge von Bedeutung sind. Die Begriffe (Reibung, Aerodynamik, Luftdruck, dynamisch, Drall, Antriebskraft, Rollenergie, Spannenergie, Bodenfremheit, Dehnung, Lageenergie, Luft, Hinterradantrieb) wurden an der Tafel festgehalten und durch die Schüler nach Wichtigkeit in diesem Zusammenhang gereiht. Die Kinder hatten die Aufgabe, selbstständig in Physikbüchern und im Internet zu recherchieren, eine Zusammenfassung zu verfassen und die Ergebnisse zu präsentieren. Dabei arbeiteten zwei Schüler sehr eifrig und liefer-

ten tolle Ergebnisse. Zwei anderen Schülern war deutlich anzumerken, dass sie diese Tätigkeit nicht mochten. Ihre Ergebnisse waren dementsprechend eher bescheiden und sie meinten, dass sie selbst nicht viel wissen und auch in den Unterlagen nicht viel finden. Ähnlich wurde zum Abschluss jeder Phase vorgegangen.

3.2 Evaluation

Am Beginn der Naturwerkstatt wurden von Entacher im Rahmen seiner Bachelorarbeit (2011) die Vorstellungen und Konzepte der Kinder zum Energiebegriff mit einer „Concept Map“ erfasst. Drei Monate nach Unterrichtsbeginn untersuchte Entacher ein zweites Mal die Vorstellungen und Konzepte der Kinder zum Energiebegriff um eventuelle Veränderungen sichtbar zu machen. Parallel dazu erfasste Habicher am Anfang und Ende des Schuljahres mit der gleichen Methode die Schülerkonzepte der gesamten Klasse, aus der die Teilnehmer an der Naturwerkstatt stammten, und verglich sie mit den Konzepten dieser Gruppe. Zusätzlich vertiefte Habicher sein Bild von den Schülerkonzepten durch Interviews am Ende des Schuljahres (Habicher 2011). In diesem Interview fragte er auch, wie den Schülern der Unterricht in der Naturwerkstatt gefallen habe.

Nach der Erarbeitung der Konzepte beobachtete Entacher den weiteren Verlauf des Unterrichts um die Kompetenzen, die durch diesen Unterricht gefördert wurden, zu beschreiben. Diese wurden auch von Lugitsch im Rahmen seiner Diplomarbeit (2011) herausgearbeitet, indem er ein Videoband, das in der vierten Unterrichtseinheit aufgenommen worden war, analysierte.

Schließlich sollten auch noch Haltungen und Einstellungen erfasst werden, die für eine nachhaltige Entwicklung bedeutsam sind. Daher wurde am Ende des Unterrichtsjahres der ganzen Klasse und den Kindern, die an der Naturwerkstatt teilgenommen hatten, ein Test (s. Anhang) vorgelegt, der nach dem dreidimensionalen Kompetenzmodell für die naturwissenschaftlichen Fächer entwickelt worden war und hauptsächlich Aufgaben aus den Bereichen Bewerten, Entscheiden, Handeln enthielt. Damit sollten einige ihrer Einstellungen oder zumindest einige ihrer Gedankengänge zum Thema „Nachhaltigkeit“ erfasst werden.

4. ERGEBNIS

4.1 Schülerkonzepte

Entacher und Habicher haben Methode und Ergebnis der Konzeptforschung in ihren Arbeiten ausführlich beschrieben. Aus der Sicht der Kompetenzforschung ist interessant, dass die Schüler, die an der Naturwerkstatt teilnahmen, in ihren Concept Maps am Ende des Schuljahres deutlich mehr physikalische Termini verwendeten als die übrigen Schülerinnen und Schüler ihrer Klasse. Sie verwendeten aber auch deutlich mehr physikalische Termini als sie selbst am Anfang des Schuljahres verwendet hatten. Habicher stellt bei den Teilnehmern an der Naturwerkstatt im Laufe des Schuljahres eine regelrechte Begriffsverschiebung von „Dingen“ hin zu physikalischen Termini fest: „Bei den assoziierten Begriffen zur Energie zeigte sich in den Concept Maps der Naturwerkstattteilnehmer eine starke Verschiebung der Nennung von der Kategorie „Dinge“ hin zur Kategorie „physikalische Termini“. Während sich die Anzahl der physikalischen Termini in den Begriffsnetzen beinahe verdoppelte, nahmen die Begriffsnennungen in der Kategorie „Dinge“ von 29 auf 17 Nennungen ab. Bei genauer Betrachtung der Maps fällt vor allem eine Zunahme der Energieformen auf, aber auch der Energieerhaltungssatz (zweimal) wird angeführt ebenso wie z.B. „Energie kann nicht vernichtet oder verbraucht, sondern nur umgewandelt werden“. Ein leichter Anstieg von 10 auf 13 Begriffsnennungen ist auch in der Kategorie „Phänomene“ zu erkennen.

Habicher deutet dieses Phänomen, indem er meint, dass durch das gemeinsame Diskutieren, das Dokumentieren, das Herausfiltern von physikalischen Phänomenen, die bei der Entwicklung des Solarautos von Bedeutung waren, das selbstständige Recherchieren und anschließende Präsentieren, die Kinder ihre physikalische Ausdrucksfähigkeit festigen und so allmählich von der Alltagssprache in die Fachsprache hinüber wechseln. Die Schüler bringen den Begriff Energie zunehmend weniger in Zusammenhang mit einzelnen Dingen, wie z.B. Fernseher oder Auto, sondern zeigen durch das Anführen von verschiedenen Kraftwerkstypen, Energieformen, Energieumwandlung usw., erste Ansätze, die Energie als einen zentralen Begriff der Physik zu erkennen.

Aus der Sicht der Kompetenzbeschreibung bedeutet dies, dass die Kinder in einzelnen Handlungsbereichen sicherer werden und dadurch mehr Selbstständigkeit erreichen. Im Kompetenzmodell drückt sich dies als Niveauschritt in der Anforderungsdimension aus.

4.2 Naturwissenschaftliche Kompetenzen

Die Kinder setzten sich rund um ein Modellauto, das sie aus einfachen Materialien nach selbst erstelltem Plan bauten, mit dem Thema Energie auseinander. Dabei sollten sie zuerst ein einfaches Fahrzeug bauen, das von einer Rampe rollte, dann selbst einen Antrieb entwickeln, es anschließend mit einem Elektromotor mit Akkumulator in Bewegung bringen und schließlich mit einem Solarantrieb versehen. Zudem untersuchten sie mit einfachen Experimenten Gemeinsamkeiten von Solarzelle und dem grünen Blatt einer Pflanze.

Begleitend dokumentierten die Schüler ihre Überlegungen und Planungen. Am Ende jeder Phase wurden die dahinter liegenden naturwissenschaftlich-technischen Inhalte und Konzepte gemeinsam gesucht. Über physikalische Inhalte, die jeweils von Bedeutung waren, beschafften sich die Schüler Informationen, fassten diese zusammen, stellten sie dar und präsentierten die Ergebnisse ihren Mitschülern.

In der Naturwerkstatt konnten die Schüler planen, basteln, experimentieren, messen, Messergebnisse dokumentieren und auswerten, diskutieren, schreiben und Ergebnisse darstellen und präsentieren. Damit konnten sie ihre fachlichen, methodischen, sozialen und personalen Kompetenzen trainieren und vielleicht auch verbessern.

Die Analyse der Videobänder zeigte, dass in der aufgezeichneten Unterrichtssequenz zentrale naturwissenschaftliche Handlungsweisen und damit auch Kompetenzen geübt wurden. Lugitsch berichtet, dass beinahe die Hälfte der Zeit zum „Bauen“ verwendet wurde. Die Bereiche „Messungen durchführen“, „Dokumentieren“, „Messdaten interpretieren“ und „eigene Fragestellungen entwickeln“ nehmen jeweils fast ein Achtel

der Zeit in Anspruch. Aber auch die Bereiche „Ergebnisse auf Fragestellung“ beziehen und „Geräte zusammenstellen“ kommen nicht zu kurz. Am wenigsten Zeit wurde zum „Klären der vorgegebenen Fragestellung“ und zum „Entwerfen des Versuchsplans“ verwendet. Dieser Schritt wurde allerdings bereits in einer vorhergehenden Stunde gemacht, war also auf Video nicht sichtbar. Die einzige Kompetenz, die zu wenig gefördert wurde, war das „Verarbeiten der Messdaten“.

Lugitsch: „Insgesamt zeigten sich alle Schüler sehr kompetent. Am besten schnitten die Bereiche Dokumentieren und vorgegebene Fragestellung klären ab. Auch Habicher berichtet, dass die Kompetenz des Dokumentierens ist am stärksten ausgeprägt war. Alle Versuchspersonen gaben sich große Mühe beim Schreiben des Protokolls und beim Planen der Autos. Die Protokolle wurden alle sehr ordentlich geführt.

Sehr kompetent waren die Schüler auch beim Formulieren eigener Fragen und beim Beziehen der Ergebnisse auf die Messdaten. Die Schüler stellten sich zusätzliche, eigene Fragen, auch wenn das nicht extra gefordert war. Es trat immer wieder eine Diskussion zwischen den Arbeitspartnern darüber auf, was wie besser gemacht werden könnte. Weitere Fragen waren: Was könnte hinter dem schlechten Abschneiden beim letzten Versuch stecken? Wie könnte die Reibung minimiert werden? Ein Tandem überlegte sogar, welche Art von Energie dahinterstecken könnte. Auch in allen anderen Bereichen zeigten sie, dass sie sehr kompetent sind.

Insgesamt konnten die Schüler weitgehend selbstbestimmt und eigenverantwortlich arbeiten. Offen formulierte Aufgabenstellungen gaben dabei einen Rahmen und eine Leitlinie vor. Der betreuende Lehrer hielt sich im Hintergrund.

Aufgeschlüsselt dargestellt, konnten die Schüler Folgendes tun:

Die Schüler

- planten und bauten ein Fahrzeug aus einfachen Materialien und trieben dieses auf verschiedene Arten an (H?, N3, P1)
- planten Experimente und führen sie durch (E3, N2, P1)
- führten Messungen durch und dokumentieren die Ergebnisse (E1, N2, P1)
- werteten Daten aus, interpretierten diese und stellten sie dar (E4, W3, N1-2, P1)
- zogen Schlüsse aus den Ergebnissen ihrer eigenen Untersuchungen und entwickelten das Produkt weiter (S1, N3, P1)
- beschafften Informationen zu einem Thema, bewerteten sie, fassten sie zusammen, stellten sie dar und verbanden sie mit den eigenen Ergebnissen (W2, N2, P1)
- erstellten eine begleitende Dokumentation (W1, N2, P1)
- schrieben Berichte (W3, N2, P1)
- argumentierten und begründeten unter verschiedenen Aspekten (S1, N2-3, P1)
- vertraten einen Standpunkt und begründeten diesen mit eigenen Erfahrungen (S1, N2-3, P1)

Die in Klammer gestellten Buchstaben und Ziffern symbolisieren die Kategorien, denen die beschriebenen Tätigkeiten im Kompetenzmodell zugeordnet werden (s. Anhang). In der Handlungsdimension werden die Tätigkeiten den Kategorien W (Wissen aneignen), E (Erkenntnisse gewinnen) und S (Schlüsse ziehen) zugeordnet, nur die Erstgenannte (planen und bauen ein Fahrzeug ...) kann nicht zugeordnet werden.

Die verwendeten Sozialformen (ca. 90% Gruppenarbeit, 10% Lehrervortrag und Lehrer gelenktes Unterrichtsgespräch) und die Entwicklung der Schülerkonzepte gestatten auch eine Zuordnung zu den Niveaustufen (N1, N2, N3) in der Anforderungsdimension. Die Concept Maps lassen sogar einen schrittweisen Anstieg innerhalb der Niveaustufen erkennen.

Alle Handlungen, die sich auf die Entwicklung des Modellfahrzeuges beziehen, werden der Inhaltsdimension P1 (Physik, Mechanik) zugeordnet. Somit dominierten Themen aus der Physik, es wurden aber während des Unterrichts Querverbindungen zur Chemie und Biologie hergestellt. Am wenigsten wurden im Unter-

richt Fragen aufgeworfen, die den Aspekte der Nachhaltigkeit ansprechen. Daher war es spannend zu sehen, wie die Aufgaben aus diesem Test gelöst werden würden.

4.3 Umweltbezogene Haltungen und Einstellungen

Mit speziell entwickelten Testaufgaben (s. Anhang) wurde der Frage nachgegangen, welchen Einfluss umweltrelevante Aspekte auf Entscheidungen der Schülerinnen und Schüler haben. Mit den ersten beiden Aufgaben dieses Tests wurde ein Bild des Energiebegriffs skizziert, die Aufgaben drei bis sechs verlangten begründete Entscheidungen in Situationen, in denen Umweltargumente (Energie sparen, Klima und Luft) eine große Bedeutung haben, und die letzte Aufgabe sollte zeigen, welche Vorstellungen die Schüler/innen von der zukünftigen Entwicklung des Autos haben.

Es werden zunächst die Antworten der ganzen Klasse zusammen gefasst und dann mit den Antworten der Teilnehmer an der Naturwerkstatt verglichen.

Die Antworten der gesamten Klasse

Energiebegriff

Die Antworten zeigen einen breit gestreuten Energiebegriff, wobei der naturwissenschaftliche dominiert und der esoterische nur selten angekreuzt wird. Ähnlich selten wird auch der psychologische Energiebegriff (Energie ist der Antrieb, den ein Mensch spürt ...) angekreuzt.

Den in Aufgabe 2 verlangten biochemischen Energiebegriff scheint nur ein Schüler zu haben („Wasser enthält nur Mineralstoffe und keine Kohlenhydrate“), alle anderen argumentieren so, dass man annehmen kann, dass sie hier kein klares Konzept haben. Einige Aussagen:

„Alle Nahrungsmittel haben Energie, weil sie Vitamine haben und Vitamine geben dem Menschen Energie“

„Obst enthält keine Stärke“

„Wasser enthält Energie, weil es gesund ist“

Energie sparen

In Aufgabe 3 kreuzen die meisten Schülerinnen und Schüler als Sparmaßnahme die Antworten 1 (Licht ausschalten, wenn es nicht gebraucht wird) und 6 (das Gerät nach Gebrauch ausschalten und nicht auf standby laufen lassen) an. Die Begründung ist pragmatisch und einfach: „Wenn man ein Gerät nicht mehr braucht, soll man es ausschalten.“

In Aufgabe 4 kreuzen die Meisten C und E an (Straßenbahn fahren bzw. zu Fuß gehen und manchmal Straßenbahn fahren) an. Sie begründen dies damit, dass die Straßenbahn umweltfreundlich sei, aber sie haben auch einen ganz pragmatischen Grund: Die Straßenbahn fährt auf jeden Fall, also braucht sie keine zusätzliche Energie, wenn sie mitfahren. Die Entscheidung für das Gehen wird manchmal mit Gesundheit begründet. Auffallend ist, dass ein Drittel der Schüler/innen zusätzlich die Antwort A (Mamas Angebot annehmen) angekreuzt und dies mit „weil es bequem ist“ begründet haben.

In der Aufgabe 5 haben sich viele für Produkte aus der Region entschieden, nur wenige von ihnen begründen diese Entscheidung aber mit dem geringeren Energieverbrauch, obwohl dieses Argument im Einleitungstext angeboten wird. Ein Schüler nimmt dieses Argument allerdings auf und denkt sogar weiter, indem er meint, dass Gewächshäuser mehr Energie verbrauchen als der Transport.

Klima und Luft

In Aufgabe 6 entscheiden sich die meisten für einen Ofen, der mit Holz beheizt wird, weil damit die Umwelt nicht verschmutzt werde, weil genügend Holz vorhanden sei und weil Holz nicht so teuer sei. An zweiter

Stelle liegt die Entscheidung für den Stirling Motor, weil man damit zwei Energieformen gleichzeitig bekomme.

Elektro- und Solarauto

Der Großteil meint, dass beides nicht zukunftsfähig sei: Elektroautos seien zu teuer, bräuchten zu lange zum Aufladen und fänden nicht so schnell. Solarautos würden sich deshalb nie durchsetzen, weil die Sonne nicht immer scheint.

Diejenigen, die in diesen Antriebsformen eine Zukunft sehen, argumentieren damit, dass Benzin und Dieseltreibstoff knapp und die Technik der Energiespeicherung durch intensive Forschung verbessert würden.

Die Antworten der Teilnehmer an der Naturwerkstatt

Da nur vier Antwortbögen aus dieser Gruppe vorliegen, können keine allgemeinen Aussagen getroffen werden. Doch zeigt sich in den meisten Aufgaben ansatzweise eine ähnliche Verteilung wie in der gesamten Klasse. Nur in Aufgabe 6 kreuzen alle vier Schüler den Stirling Motor an und begründen dies mit der doppelten Energieausbeute. Bei den Elektro- und Solarautos sind sie ähnlich skeptisch wie die Anderen aus ihrer Klasse. Ein Schüler begründet dies mit seinen eigenen Erfahrungen in der Naturwerkstatt, zwei hegen dagegen die Hoffnung, dass diese Schwierigkeiten durch intensives Forschen überwunden würden.

Wegen der Kleinheit der Gruppe ist es leider nicht möglich, eine Aussage darüber zu machen, ob die Naturwerkstatt einen Einfluss auf Haltung und Einstellung der Schüler in den Fragen der Nachhaltigkeit hatte. Die Erfahrungen im Unterrichtsalltag zeigen aber, dass Umweltfragen immer wieder angesprochen und intensiv diskutiert werden müssen, will man auch in diesem Bereich die Kompetenzentwicklung fördern.

4.4 Haltung zum Unterricht in der Naturwerkstatt

Habicher schreibt in seiner Studie: „Alle befragten Schüler gaben an, den Unterricht sehr gerne besucht zu haben, weil es Spaß gemacht hat. Auf die Nachfrage, was Spaß gemacht habe, meinten die Schüler, dass es interessant war, selber Fahrzeuge zu bauen, zu gestalten und die Antriebsmöglichkeiten zu testen. Sie fanden es auch interessant, etwas Neues über Antriebe und Energie zu erfahren und dabei selbstständig zu recherchieren. Gefallen fanden Sie daran, herauszufinden, wie beispielsweise eine Solarzelle funktioniert. Ein Schüler fasste seine Antwort folgendermaßen zusammen: „Ich finde es toll, wenn man tüfteln und experimentieren kann. Das fertige Auto hat mir besonders gefallen.“ Den Schülern fiel es leicht, diese Frage zu beantworten und so machten sie noch eine Reihe weiterer Aussagen.

Die Frage, was den Schülern weniger gut gefallen hat, beantworteten sie nach einigem Nachdenken. Es gab dazu allerdings nur wenige Äußerungen. Eine davon war: „Das mit der Rampe, dass da unser Auto am Anfang noch gut war, aber dann ist es eher zur Seite gefahren. Was der Grund ist, frage ich mich heute noch.“

Alle interviewten Schüler würden sich wieder zur Naturwerkstatt anmelden.

Die Schüler äußerten im Gespräch sehr spontan, was ihnen gefallen hat und konnten dazu viele Aussagen machen. Hingegen mussten sie nachdenken, um etwas auszudrücken, was weniger gefallen fand. Alle Schüler sind gerne zum Unterricht gekommen und würden sich wieder anmelden. Nun könnte man einwenden, dass sie gegenüber dem Lehrer, der mit ihnen die Naturwerkstatt durchführte, befangen sind und aus diesem Grund vor allem Positives über die unverbindliche Übung sagten. Einige Beobachtungen geben Anlass, den Darstellungen der Schüler zu glauben. Beinahe alle Schüler waren bei allen Unterrichtseinheiten anwesend. Sie versammelten sich jeweils eine Viertelstunde vor Beginn des Unterrichtes und warteten darauf, zum Unterricht abgeholt zu werden. Obwohl die Termine der unverbindlichen Übung sehr unregelmäßig angesetzt waren, fragte nie ein Schüler, ob heute Naturwerkstatt sei, so wie ich es sonst aus vergangenen Jahren vom Nachmittagsunterricht (z.B. von Geometrischen Zeichnen) kannte.

Der Unterricht wurde von den Schülern als angenehm, interessant und spannend bezeichnet.

5. RESÜMEE UND AUSBLICK

5.1 Antworten auf die gestellten Fragen

Im Rahmen dieses Projektes wurden drei Fragen untersucht:

- Welche naturwissenschaftlichen Kompetenzen werden durch die Naturwerkstatt gefördert?
- Werden durch die Naturwerkstatt Haltungen und Einstellungen gefördert, die für eine nachhaltige Entwicklung unserer Zivilisation gebraucht werden?
- Wie verändern sich im Laufe des Unterrichts in der Naturwerkstatt die Schülerkonzepte zum Energiebegriff?

Das Projekt zeigte, dass interessierte Schülerinnen und Schüler an einem kreativen naturwissenschaftlichen Unterricht gerne teilnehmen, und es gab auch auf die erste Frage eine klare Antwort: Mit einem kreativen Unterricht in einer „Naturwerkstatt“ werden naturwissenschaftliche Kompetenzen intensiv gefördert.

Die zweite Frage konnte wegen der Kleinheit der Gruppe nicht beantwortet werden, doch gibt es Hinweise darauf, dass die gewünschten Haltungen und BNE-spezifische Kompetenzen (BNE = Bildung für nachhaltige Entwicklung) nur gefördert werden, wenn der Umweltaspekt im Unterricht immer wieder direkt angesprochen wird.

Interessant war auch die Antwort auf die dritte Frage: Die Teilnehmer an der Naturwerkstatt zeigten eine Veränderung ihrer Begriffsstrukturen vom Gegenständlichen hin zu physikalischen Fachtermini. Dies ist ein wichtiger Teilaspekt bei der Entwicklung von Kompetenzen.

5.2 Schwachstellen im dreidimensionalen österreichischen Kompetenzmodell

Das Projekt machte aber auch auf Schwachstellen im dreidimensionalen Kompetenzmodell aufmerksam:

- Die Herstellung von technischen Geräten ist im Kompetenzmodell nicht abgebildet, so wie insgesamt die kreativ konstruierende Seite des naturwissenschaftlichen Forschens in diesem Modell zu wenig berücksichtigt wird. So gibt es zum Beispiel in diesem Modell keine Kategorie, in der das kreative Entwickeln von Untersuchungsmethoden/ Forschungsmethoden einen Platz hätte. Dies ist aber ein wesentliches Element des Forschenden Lernens.
- Die Kompetenzen, die ein Mensch benötigt um eine nachhaltige wirtschaftliche, politische und soziale Entwicklung zu unterstützen (BNE-Kompetenzen), sind im dreidimensionalen Kompetenzmodell für den naturwissenschaftlichen Unterricht ebenfalls nicht oder nur marginal abgebildet. Daher hat dieses Projekt die Diskussionen in verschiedenen Gruppen darüber, wie BNE-Kompetenzen beschrieben werden könnten, massiv beeinflusst. Diese Frage wurde in der Energieplattform (Hans Hofer, Patrizia Jelemenska, Josef Ranz, Franz Rauch, Anna Streissler, Karen Ziener) in mehreren Sitzungen diskutiert und führte zur Entwicklung verschiedener BNE-Kompetenzmodelle. Im Juni 2011 organisierte Regina Steiner in Salzburg eine Tagung, bei der diese Modelle mit Modellen aus der Schweiz und Deutschland verglichen mit einem Vorschlag von Hubert Weiglhofer zu folgender Definition verdichtet wurden:

5.3 BNE-Kompetenzen

BNE Kompetenzen umfassen die Fähigkeiten und Fertigkeiten, alltägliche Probleme in Zusammenarbeit mit den beteiligten Menschen so zu lösen, dass auch nachkommende Generationen daraus einen Nutzen ziehen können. Dazu benötigen die beteiligten Personen Informationen, Fertigkeiten und eine verantwortungsbewusste Haltung.

Die Kompetenz eines Menschen zeigt sich also durch seine Haltung, sein Wissen und sein Können. Erkannt wird sie aber an seinen konkreten Handlungen. Daher ist es sinnvoll bei der Beschreibung von BNE-Kompetenzen von der Handlungsdimension auszugehen. Hubert Weiglhofer schlug vor, die Handlungen in Anlehnung an das Kompetenzmodell der naturwissenschaftlichen Fächer in drei Gruppen unterteilt:

- **Gegenwart erkennen**
Informationen erschließen, strukturieren und nutzen, Bescheid wissen, Umweltbelastung erkennen, Daten sammeln, strukturieren, darstellen, Auswirkungen erfassen, unterschiedliche Handlungsebenen erkennen
- **Zukunft planen**
Situationen/Probleme einschätzen, beurteilen, Standpunkte einnehmen, empfinden, Ziele formulieren, Handlungen planen, im Team arbeiten, Ergebnisse präsentieren
- **Zukunft gestalten**
eigene und fremde Perspektiven bewerten, beurteilen, Stellung beziehen, Mitverantwortung erkennen, Handlungsfähigkeit/Konfliktlösungen entwickeln, Entscheidungen treffen, Verhaltensabsichten ausbilden, Handlungen setzen und reflektieren

Insgesamt hat das Projekt Wege gezeigt, wie der naturwissenschaftliche Unterricht gestaltet werden kann, damit Schülerinnen und Schüler fachspezifische Kompetenzen entwickeln können und diese verantwortungsvoll einsetzen werden. Die im Zuge dieses Projekts an der Praxishauptschule der PHT eingerichtete Naturwerkstatt wird auch im Schuljahr 2011/12 wiederum angeboten werden.

6. LITERATUR

Beetz, Barbara (2005)	Bildungsstandards – ein Übergang von der Steuerung zur Regelung der Qualitätsentwicklung im Bildungswesen. Unterricht Biologie 307/308, September/Oktober 2005, S. 72-73 Velber / Seelze: Friedrich Verlag
Bybee , Roger, W. (1997)	Achieving Scientific Literacy , Heinemann 1997
D.; Nentwig, P.; Schanze, S. (Eds.):	Making it possible: Standards in Science Education. Münster: Waxmann
EDK Schweizerische Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren (2004)	HarmoS – Zielsetzungen und Konzeption. Bern 2004, EDK, www.edk.ch → Tätigkeitsbereiche → HarmoS
Entacher Dominik (2011)	Veränderung der Schülervorstellungen zum Energiebegriff im Zuge eines forschend-entdeckenden Unterrichtsprojektes. Bachelorarbeit zur Erlangung des Lehramtes für den Studiengang Hauptschule
Frank, Angelika (2005)	Unterrichten mit Standards. Unterricht Biologie 307/308, September/Oktober 2005, S. 2-9 Velber / Seelze: Friedrich Verlag
Friedrich Verlag (2005)	Bildungsstandards (Jahresheft 2005). Velber / Seelze: Friedrich Verlag
Habicher, Artur (2011)	Schülervorstellungen und forschendes Lernen, Abschlussarbeit zum PFL-Lehrgang für die Naturwissenschaften 2011
Klafki, Wolfgang (2000)	Kritisch-konstruktive Pädagogik. Herkunft und Zukunft. In: Eierdanz, Jürgen / Kremer, Armin (Hrsg.): Weder erwartet noch gewollt – Kritische Erziehungswissenschaft und Pädagogik in der Bundesrepublik Deutschland zur Zeit des kalten Krieges. Baltmannsweiler 2000, S. 152–178.
Labudde, P. (2007):	Schule und Unterricht harmonisieren – Bildungsstandards in der Schweiz. Unterricht Physik, 18/94, S. 40-41
Lugitsch, Johannes (2011)	Kompetenzen im experimentellen naturwissenschaftlichen Unterricht, Diplomarbeit, Universität Graz, Mai 2011
Rauch, Franz/ Steiner, Regina/ Streissler, Anna	Kompetenzen für Bildung für nachhaltige Entwicklung von Lehrpersonen: Entwurf für ein Rahmenkonzept. Erschienen in: B. Bormann, & G. de Haan (2008) (Hrsg.), Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung. Operationalisierung, Messung, Rahmenbedingungen, Befunde (S. 141-158). Wiesbaden: VS Verlag.
Roth, Heinrich (1971)	Pädagogische Anthropologie, Entwicklung und Erziehung, Hannover 1971
Schecker, H.; Parchmann, I. (2006):	Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 12, 45-66
Sekretariat der ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder der BRD (KMK) (2003 bzw. 2004):	Bildungsstandards Physik (bzw. Biologie, Chemie) für den Mittleren Schulabschluss. Bonn: KMK; (www.kmk.org/schul/Bildungsstandards/bildungsstandards-neu.htm (22.3.2007))
Ziener, Gerhard (2008)	Bildungsstandards in der Praxis, Seelze-Velber 2008
Internetadressen	(http://www.ket.or.at/station/experimentierstation-auto , 16.10.2010)
	http://www.bifie.at
	www.kmk.org/schul/Bildungsstandards/bildungsstandards-neu.htm (22.3.2007)

7. ERKLÄRUNG

"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."

Innsbruck im Juni 2011, Hans Hofer