



**Universitätslehrgang „Pädagogik und Fachdidaktik“  
Naturwissenschaften**

# **SCHÜLERVORSTELLUNGEN ZUM ENERGIEBEGRIFF UND FORSCHENDES LERNEN**

**Artur Habicher**

**Praxishauptschule  
Pädagogische Hochschule Tirol**

Innsbruck, Juni 2011

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>2</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>4</b>
<b>1 EINLEITUNG</b> .....	<b>5</b>
<b>2 UNVERBINDLICHE ÜBUNG NATURWERKSTATT</b> .....	<b>7</b>
<b>3 SCHÜLERVORSTELLUNGEN</b> .....	<b>11</b>
3.1 Beispiele für Schülervorstellungen.....	11
3.2 Die Rolle der Schülervorstellungen für das Lernen.....	12
3.3 Schülervorstellungen zum Energiebegriff .....	13
<b>4 FORSCHENDES LERNEN</b> .....	<b>15</b>
4.1 Forschendes Lernen in der Naturwerkstatt .....	16
4.2 Forschendes Lernen im Physikunterricht .....	20
<b>5 ERHEBUNGEN</b> .....	<b>21</b>
5.1 Forschungsfragen und Hypothesen.....	21
5.2 Erhebungsmethoden .....	21
5.2.1 Concept Map .....	21
5.2.2 Leitfadeninterview .....	23
5.3 Durchführung der Erhebungen .....	24
<b>6 ERGEBNISSE UND DISKUSSION</b> .....	<b>26</b>
6.1 Concept Map .....	26
6.1.1 Begriffe .....	26
6.1.2 Relationen .....	30
6.2 Leitfadeninterview .....	31
<b>7 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK</b> .....	<b>35</b>
<b>8 LITERATUR</b> .....	<b>38</b>
<b>ANHANG</b> .....	<b>40</b>
Kompetenzmodell Naturwissenschaften 8. Schulstufe .....	40

Interviewleitfaden.....	42
Concept Maps - Beispiele .....	44

## **ABSTRACT**

*Im Schuljahr 2010/11 wurde an der Praxishauptschule der Pädagogischen Hochschule Tirol erstmals die unverbindliche Übung Naturwerkstatt angeboten. Der Unterricht erfolgte nach dem Konzept des forschenden Lernens mit Energie als thematischem Schwerpunkt. In dieser Arbeit wurde untersucht, welche Vorstellungen zum Begriff Energie bei den Lernenden vorliegen und ob bzw. wie sich diese durch forschendes Lernen verändern. Die Erhebungen wurden mit Concept Maps und Leitfadeninterviews durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass in einem gewissen Ausmaß die Teilnehmer der Naturwerkstatt den Energiebegriff umdeuteten. Dabei vollzogen die Schüler zumindest teilweise einen Übergang von Alltagsvorstellungen zu physikalischen Vorstellungen. Einige von ihnen entwickelten differenzierte Vorstellungen zum Energiebegriff.*

# 1 EINLEITUNG

Die naturwissenschaftlichen Fächer, insbesondere Physik und Chemie, sind in der Schule nicht unbedingt jene, für die junge Menschen Begeisterung zeigen. Dies setzt sich im universitären Bereich fort. Die Folge ist ein Mangel an naturwissenschaftlichem Nachwuchs, an TechnikerInnen und Facharbeitskräften in diesen Disziplinen.

Die Ergebnisse der PISA-Studien zeigen auf, dass es um die Bildung im Bereich der Naturwissenschaften an österreichischen Schulen nicht zum Besten bestellt ist. In Beiträgen wird darauf hingewiesen, dass die Ausbildung angehender Lehrkräfte nicht zeitgemäß sei und zu wenig Wert auf fachdidaktische und -methodische Kompetenzen gelegt wird.

Die Wirtschaft antwortet mit der Ausschreibung von Preisen für besonders engagierte LehrerInnen (z.B. Industriellenvereinigung Tirol - „Industriepreis für Lehrerinnen und Lehrer naturwissenschaftlicher Fächer“). Forderungen nach mehr naturwissenschaftlichem Unterricht in den Schulen werden erhoben. ExpertInnen diskutieren und erarbeiten Konzepte für eine Verbesserung der Situation, um die Neugier und das Interesse für Naturwissenschaften so früh wie möglich an den Schulen zu wecken und bis zu den Bildungsabschlüssen hin zu pflegen. Wissenschaftssendungen im Fernsehen boomen, Kinderunis und Forschertage werden veranstaltet.

Welche Maßnahmen können wir (Hans Hofer - Tätigkeit in der Biologieausbildung an der Pädagogischen Hochschule Tirol und einige Stunden Biologieunterricht an der Praxishauptschule – und ich) konkret in unserem Verantwortungsbereich setzen? Eine Maßnahme sollte die Einführung einer fächerübergreifenden, unverbindlichen Übung mit naturwissenschaftlichen Inhalten an der Praxishauptschule (PHS) sein. Damit soll einerseits das Interesse zumindest einiger SchülerInnen an naturwissenschaftlichen Inhalten und Arbeitsweisen erhalten bzw. gefördert werden, andererseits wollen wir damit die Position der Naturwissenschaften sowohl in der Ausbildung der Pädagogischen Hochschule (PHT) als auch an der PHS stärken. Mit Beginn des Schuljahres 2010/11 wurde in der achten Schulstufe die unverbindliche Übung „Naturwerkstatt“ angeboten.

Der Unterricht in der unverbindlichen Übung sollte nicht getrennt nach den Fächern Physik, Chemie und Biologie stattfinden, sondern fächerübergreifend erfolgen. Wir suchten nach übergeordneten Themen, die für alle drei naturwissenschaftlichen Fächer relevant sind. Nach Labudde spricht man in diesem Fall von interdisziplinärem Unterricht im engeren Sinn, den er als fächerkoordinierend bezeichnet. (vgl. Labudde 2008). „Energie“ bot sich als fächerübergreifendes Thema für die achte Schulstufe an. Der Energiebegriff spielt eine zentrale Rolle in den naturwissenschaftlichen Disziplinen Biologie, Physik und Chemie. Zudem ist „Energie“ ein fester Bestandteil der Alltagssprache. Energieversorgung, Energiesparen, erneuerbare Energie, alternative Energien usw. sind Begriffe, die in der gesellschaftlichen Diskussion rund um die Energieproblematik immer wieder auftauchen und mit denen auch die SchülerInnen konfrontiert werden. Dabei ist von Interesse, welche Vorstellungen Schüler dieser Altersstufe vom Energiebegriff haben. Was verstehen sie unter Energie? Sind in ihren Vorstellungen bereits physikalische Konzepte erkennbar? Verbinden sie Energie mit physikalischen Inhalten?

Praktische Auseinandersetzung mit dem Thema sollte im Unterricht im Vordergrund stehen, damit die SchülerInnen Freude am naturwissenschaftlichen Forschen und einige dazugehörige Kompetenzen entwickeln. Durch selbstständiges und eigenverantwortliches

Handeln, unterstützt durch begleitende Reflexion, sollte prozesshaftes Lernen nach dem Konzept des forschenden Lernens forciert werden. Für die unverbindliche Übung wählten wir die Bezeichnung „Naturwerkstatt“, um einerseits die Inhalte und andererseits die Arbeitsweise des Unterrichtes abzubilden.

In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, ob zwischen forschendem Lernen und der Entwicklung des Energiebegriffs bei den Schülern, die an der Naturwerkstatt teilnahmen, ein Zusammenhang besteht. Es wurde erhoben, ob bzw. wie sich die Vorstellungen zum Energiebegriff durch forschendes Lernen verändern. Dazu wurden die Assoziationen und Vorstellungen zur Energie der Schüler, die an der unverbindlichen Übung teilnahmen, und jene einer Vergleichsgruppe mit Concept Maps ermittelt. Die SchülerInnen erstellten vor Beginn des Unterrichtes in der unverbindlichen Übung und sieben Monaten später nach dem Ende auf die gleiche Art und Weise eine Begriffslandkarte. Nach Analyse und Auswertung der Concept Maps wurden die Ergebnisse verglichen, einerseits jene der Naturwerkstattschüler mit denen der Vergleichsgruppe, andererseits die Ergebnisse der Naturwerkstattteilnehmer von beiden Erhebungen. Zusätzlich wurden Schüler der Naturwerkstatt interviewt. Die Leitfadenterviews erfolgten auf Basis der erstellten Begriffslandkarten. Durch Nachfragen sollte herausgefunden werden, ob sie bestimmte Begriffe (z.B. Energieerhaltungssatz), die sie in ihrer Concept Map anführten, erklären können und inwieweit sie in der Lage sind, diese auf Beispiele aus dem Alltag und auf das selbst gebaute Fahrzeug anzuwenden. Schließlich sollten die Interviewten ihre grundsätzliche Haltung zum Unterricht in der Naturwerkstatt darlegen.

Während des Verfassens der Studie und im Laufe des Unterrichtes zeigte sich sehr deutlich ein enger Zusammenhang zwischen forschendem Lernen und Kompetenzen, wie sie in den Handlungsdimensionen im Kompetenzmodell Naturwissenschaften beschrieben werden. Auf Wunsch eines Studenten wurden drei Unterrichtseinheiten videografiert und das Material zur Auswertung für seine Diplomarbeit zur Verfügung gestellt. Mittels des oben erwähnten Zusammenhangs und dessen Bestätigung im Unterricht der unverbindlichen Übung werden die Ergebnisse der Auswertung des Filmmaterials in Kapitel 4 (4.1 Forschendes Lernen in der Naturwerkstatt) kurz dargestellt.

## 2 UNVERBINDLICHE ÜBUNG NATURWERKSTATT

Bereits im Jänner 2010 starteten wir mit der Planung. Nach einigen Teambesprechungen nahm die Naturwerkstatt hinsichtlich Inhalten, Zielsetzungen und Durchführung grobe Konturen an. Für eine fundierte Weiterentwicklung des Unterrichts in der Naturwerkstatt erschien uns eine begleitende Evaluierung sehr wichtig. Wir entschlossen uns daher, im Rahmen des Projektes IMST einen Projektantrag einzureichen (vgl. <https://www.imst.ac.at/>). Zusätzlich würde sich durch die finanzielle Förderung die Möglichkeit ergeben, für den Unterricht in der Naturwerkstatt notwendige Materialien und Werkzeuge anzuschaffen. Ein Student des Lehramtes an Hauptschulen für Physik und Chemie interessierte sich für dieses Thema, nahm an Besprechungen teil und entschloss sich schließlich, seine Bachelorarbeit im Zusammenhang mit der Naturwerkstatt zu verfassen. Der Fokus der Untersuchungen im Rahmen der Bachelorarbeit wurde vor allem auf die Entwicklung entsprechender Kompetenzen im Unterricht der Naturwerkstatt gerichtet. Ab diesem Zeitpunkt war der Student in alle Besprechungen und Planungen eingebunden, das Team erhielt Zuwachs.

Am Beginn des Schuljahres wurde die unverbindliche Übung Naturwerkstatt den SchülerInnen vorgestellt und versucht, die Kinder zu einer Teilnahme zu motivieren. Allerdings meldeten sich von den beiden vierten Klassen nur sechs Schüler (leider kein einziges Mädchen) verbindlich zur Naturwerkstatt an.

### ***Ziele der Naturwerkstatt***

Die Schüler sollen weitgehend selbstbestimmt und eigenverantwortlich arbeiten. Offen formulierte Aufgabenstellungen geben dabei einen Rahmen und eine Leitlinie vor. Der betreuende Lehrer hält sich im Hintergrund.

Mit dem Thema Energie setzen sich die Kinder rund um ein Modellauto auseinander, das sie aus einfachen Materialien nach selbst erstelltem Plan bauen. Dabei sollen die Schüler zuerst ein einfaches Fahrzeug bauen, das von einer Rampe rollt, dann selbst einen Antrieb entwickeln, anschließend mit einem Elektromotor mit Akkumulator in Bewegung bringen und schließlich mit einem Solarantrieb versehen. Zudem finden die Kinder durch entsprechende Experimente Gemeinsamkeiten von Solarzelle und Fotosynthese.

Begleitend dokumentieren die Schüler ihre Überlegungen und Planungen. Am Ende jeder Phase werden die dahinter liegenden physikalischen Inhalte und Konzepte gemeinsam gesucht. Über physikalische Inhalte, die jeweils von Bedeutung sind, beschaffen sich die Schüler Informationen, fassen diese zusammen, stellen sie dar und präsentieren die Ergebnisse ihren Mitschülern.

Im Unterricht der unverbindlichen Übung Naturwerkstatt werden die Schüler planen, basteln, experimentieren, messen, Messergebnisse dokumentieren und auswerten, diskutieren, schreiben und Ergebnisse darstellen und präsentieren. Damit können sie ihre fachlichen, methodischen, sozialen und personalen Kompetenzen verbessern.

Aufgeschlüsselt dargestellt, sollen die Schüler Folgendes (tun) können:

Die Schüler

- planen und bauen ein Fahrzeug aus einfachen Materialien und treiben dieses auf verschiedene Arten an
- planen Experimente und führen sie durch

- führen Messungen durch und dokumentieren die Ergebnisse
- werten Daten aus, interpretieren diese und stellen sie dar
- ziehen Schlüsse aus den Ergebnissen ihrer eigenen Untersuchungen und entwickeln das Produkt weiter
- beschaffen Informationen zu einem Thema, bewerten sie, fassen sie zusammen, stellen sie dar und verbinden sie mit den eigenen Ergebnissen
- erstellen eine begleitende Dokumentation
- schreiben einen Bericht
- argumentieren und begründen unter verschiedenen Aspekten
- vertreten einen Standpunkt und begründen diesen mit eigenen Erfahrungen

Neben diesen Zielen auf Schülerebene soll mit diesem Projekt eine unverbindliche Übung mit naturwissenschaftlichen Inhalten an der PHS langfristig etabliert werden und die Stellung der naturwissenschaftlichen Fächer gestärkt werden. Die involvierten Lehrpersonen erweitern damit ihre Erfahrungen und ihr Können im Zusammenhang mit dieser Form des Unterrichtes und leisten damit einen Beitrag, diese als festen Bestandteil der Unterrichtskultur an der PHS zu etablieren.

### **Durchführung**

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 benötigen 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.



Abb. 1

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.



Abb. 2

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.



Abb. 3

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.

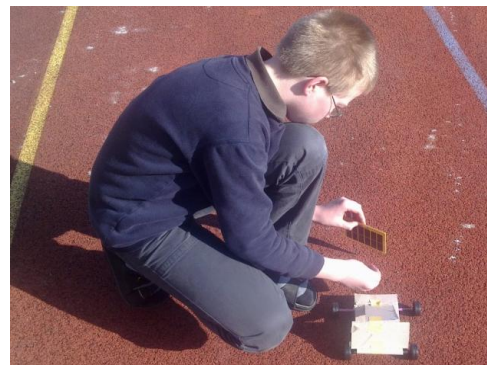


Abb. 4

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

Schüler bewegten sich die Fahrzeuge, angetrieben durch Sonnenenergie. Allerdings stellten die Schüler bei ihren Versuchen fest,



Abb. 5

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 somit ihre Fahrzeuge einer breiteren Öffentlichkeit vorgestellt wurden.



Abb. 6

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, Bodenfreiheit, Dehnung, Lageenergie, Luft, Hinterradantrieb) wurden an der Tafel festgehalten und durch die Schüler nach Wichtigkeit in diesem Zusammenhang gereiht.

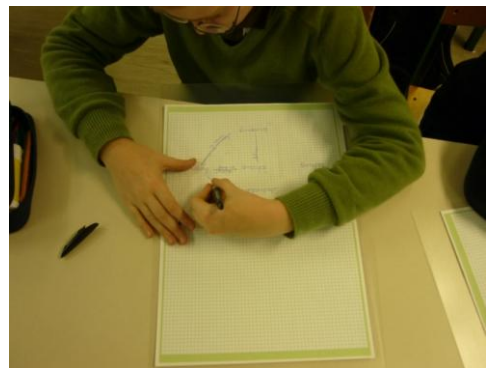


Abb. 7

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 lieferten 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 SCHÜLERVORSTELLUNGEN

Kinder kommen mit Vorstellungen über physikalische Sachverhalte, die sie aufgrund gemachter Erfahrungen und Beobachtungen entwickelt haben, in den Physikunterricht. Die meisten dieser Vorstellungen, die aus den Alltagserfahrungen stammen, stimmen mit den wissenschaftlichen Vorstellungen, mit denen die SchülerInnen im Unterricht konfrontiert werden, nicht überein. Die Alltagsvorstellungen sind tief verankert. Zur Entwicklung und Festigung der Vorstellungen trägt auch die Alltagssprache bei. Beschreibungen von Vorgängen mit der Sprache, wie „Die Sonne geht auf und unter“, sie bewegt sich also, festigen das Bild jüngerer SchülerInnen, dass die Sonne die Erde umrundet. Ähnlich verhält es sich, wenn von elektrischem Strom oder Energie die Rede ist. Im Alltag wird von Strom- bzw. Energieverbrauch gesprochen. Diese Verbrauchsvorstellung hält sich dann bei vielen SchülerInnen hartnäckig bis an das Ende der Sekundarstufe I.

#### 3.1 Beispiele für Schülervorstellungen

Weit verbreitet sind Fehlvorstellungen zum Vorgang des Sehens, die oft untersucht und in der Literatur beschrieben wurden. Ein weiteres Beispiel für eine tief verankerte und kaum zu erschütternde Erfahrung ist, dass Wolle „warm hält“. Die Mehrheit der SchülerInnen vermutet, dass Eis in Wolle schneller schmilzt als in einer Aluminiumfolie. Die Begründung stützt sich auf die Erfahrung und den dafür verwendeten sprachlichen Ausdruck, dass Wolle wärmt, also Wärme abgibt. Trotz gegenteiliger Beobachtung im Experiment bleiben die meisten SchülerInnen dabei: Ein Pullover hält mich warm.

Aus meiner jüngsten Unterrichtspraxis fallen mir folgende Beispiele ein:

Auf die Frage, wie denn das Wasser in Pflanzen gegen die Schwerkraft in die Blätter kommt, meinten viele SchülerInnen, dass die Pflanzen das Wasser über die Wurzeln hinauf saugen. Auf Nachfrage konnten sie nicht sagen, wie das genau funktionieren könnte. Sie verstanden es jedenfalls als aktiven Prozess („saugen“) der Pflanzen.

Beim Experiment mit dem Schnurtelefon trat die Frage auf, warum Schüler in unmittelbarer Nähe des Sprechers nicht verstanden, was dieser sagte, der weiter entfernte Hörer aber schon. Ein Schüler war der Meinung, dass die Schnur von einer Schicht umhüllt ist, die den Schall nicht nach außen durchlässt.

In der Naturwerkstatt reflektierten wir den Antrieb der Fahrzeuge mit Hilfe des Akkumulators. Die Schüler erklärten, dass sich durch den elektrischen Strom die Motorwelle dreht und diese Drehung auf die Räder übertragen wird, dass also elektrische Energie in Bewegungsenergie umgewandelt wird. Auf die Frage, wie denn die elektrische Energie in den Akku kommt, artikuliert ein Schüler seine Vorstellung folgendermaßen: Die Energie wird in einer Art Atomkraftwerk erzeugt. In diesem Kraftwerk gibt es einen speziellen Raum, in dem Batterien und Akkus erzeugt werden. Diese kommen nun in einen speziellen Raum des Kraftwerks und werden dort mit Energie gefüllt. Die Funktionsweise eines Akkumulators wurde im Physikunterricht erarbeitet. Der Schüler war nicht in der Lage, diese Informationen mit einer vorliegenden praktischen Anwendung zu verknüpfen.

Wenn Schüler selbstständig Fragestellungen bearbeiten, wenn eine Atmosphäre herrscht, in der sich SchülerInnen trauen, ihre Gedanken preiszugeben, kann die Lehrperson beobachten

und zuhören, und dabei Vorstellungen der Schüler dieser Klasse in Erfahrung bringen, um dann im Unterricht entsprechend reagieren zu können.

### **3.2 Die Rolle der Schülervorstellungen für das Lernen**

Auf Basis der vorunterrichtlichen Vorstellungen interpretiert der Lernende das „Neue“ von der Lehrkraft oder durch das vom Lehrbuch Präsentierte. Dabei verstehen die SchülerInnen das Präsentierte anders, als von der Lehrperson gemeint war. Missverständnisse zwischen Lehrenden und Lernenden sind die Folge. Häufig verstehen die SchülerInnen gar nicht, was sie sehen, hören oder lesen, weil man das Neue nur durch die Brille des bereits Bekannten sehen kann. Oft treten dann Lernschwierigkeiten auf. Die SchülerInnen von ihren Vorstellungen zu wissenschaftlichen Begriffen und Konzepten zu führen, ist unter anderem auch aus diesem Grund meist wenig erfolgreich (vgl. Häußler et al. 1998, S. 169). Duit (2004, S. 1f) spricht von einer Doppelrolle der Schülervorstellungen beim Lernen von Physik. Sie sind zugleich Anknüpfungspunkt und Lernhemmnis. Die wichtigsten Erkenntnisse zur Rolle von vorunterrichtlichen Vorstellungen fasst er in zwei „Hauptsätzen“ zusammen.

„(1) Jede Schülerin, jeder Schüler macht sich ihr bzw. sein eigenes Bild von allem, was im Unterricht präsentiert wird – was die Lehrkraft sagt oder an die Tafel schreibt, was bei einem Experiment zu beobachten ist, was auf einer Zeichnung zu sehen ist, usw.

(2) Das Bemühen der Lehrkraft, alles fachlich richtig zu erklären, führt insbesondere am Beginn des Unterrichts über ein neues Thema häufig dazu, dass die Schülerinnen und Schüler etwas aus der Sicht der Physik Falsches lernen.

Der zweite Hauptsatz kann leicht missverstanden werden. Es handelt sich um einen Folgesatz des ersten Hauptsatzes. Es soll mit ihm noch einmal betont werden, dass die Schülerinnen und Schüler das von der Lehrkraft Erklärte aus der Perspektive ihrer Vorstellungen interpretieren und dadurch das eigentlich „Richtige“ anders verstehen als es gemeint war.“ (Duit, 2004, S. 2)

#### **Nicht passiv übernehmen, sondern aktiv konstruieren**

Im Schulalltag scheint das passive Übernehmen von Wissen zu dominieren. Dabei geht man von der Vorstellung aus, dass das Wissen wie ein Goldstück an einen Lernenden weitergegeben wird. Passives Übernehmen von Lerninhalten ist wenig erfolgreich. Das Gelernte wird meist schnell wieder vergessen. Die Lernenden müssen ihr Wissen auf Grundlage der vorhandenen Vorstellungen selbst konstruieren. Dies geschieht in einem aktiven, selbstgesteuertem Prozess und somit sind die Lernenden für ihr Lernen selbst verantwortlich. Diese Sicht des Lernens wird als konstruktivistisch bezeichnet (vgl. Riemer 2007, S. 69 und Duit 2004, S. 2). Duit bringt es mit der Aussage – „Jeder ist seines Wissens Schmied“ – auf den Punkt.

#### **Konzeptwechsel**

Beim Lernen in Physik werden SchülerInnen im Normalfall mit ganz neuen Sichtweisen konfrontiert. Sie sollen ihre entwickelten Alltagsvorstellungen aufgeben und die physikalische Sichtweise annehmen, also von einem bestehenden Konzept in ein neues Konzept wechseln. Untersuchungen zeigen, dass dies nicht gelingen kann, denn die Lernenden geben ihre Alltagsvorstellungen nicht völlig auf. Deshalb ist das Ziel des

Unterrichts, sie schrittweise in Richtung der naturwissenschaftlichen Sichtweise zu führen (vgl. Duit 2002, S 13 ff).

Beim kontinuierlichen Lernweg versucht man, einen Weg von den Schülervorstellungen zu den physikalischen Vorstellungen zu finden, bei dem die Vorstellungen möglichst wenig kollidieren. Die Lernenden werden schrittweise zur physikalischen Sicht geführt. Dabei wird den Lernenden aufgezeigt, dass sie mit ihren Vorstellungen durchaus richtig liegen, dass man aber in der Physik anders darüber spricht (z.B. Stromverbrauch, Energieverbrauch).

Hingegen soll beim diskontinuierlichen Lernweg durch einen kognitiven Konflikt eine plötzliche Einsicht der Lernenden erreicht werden. Die Schülervorstellungen werden den physikalischen Vorstellungen gegenübergestellt oder es wird beispielsweise mit einem Experiment aufgezeigt, dass der vorhergesagte und der tatsächliche Ausgang nicht übereinstimmen. In der Regel reicht ein kognitiver Konflikt nicht aus, um die Lernenden von der physikalischen Sicht zu überzeugen. Unterrichtsstrategien für einen erfolgreichen Konzeptwechsel beinhalten folgende Schritte:

- Vertrautmachen mit den Phänomenen
- Bewusstmachen der Schülervorstellungen
- Einführung in die physikalische Sichtweise
- Anwendung der neuen Sichtweise
- Rückblick auf den Lernprozess

Dabei ist der letzte Schritt, der im Unterricht häufig nicht stattfindet, besonders wichtig (vgl. Duit 2004, S. 4).

### **3.3 Schülervorstellungen zum Energiebegriff**

Untersuchungen von Duit (1986) zeigen, dass SchülerInnen, die keinen Physikunterricht erhalten hatten, Energie vor allem mit elektrischem Strom, aber auch mit Licht- und Wärmeerscheinungen, mit Wind und Bewegung, seltener mit Lebewesen und Nahrung in Verbindung bringen. Nur selten sehen die SchülerInnen einen Zusammenhang zwischen Arbeit und Energie. Energie wird häufig als eine Art Treibstoff gesehen, der verbraucht wird.

Die Bedeutung, die die SchülerInnen dem Begriff Energie gegen Ende des Physikunterrichtes auf der 10. Schulstufe zumessen, unterscheidet sich im Wesentlichen nicht von jener vor dem Physikunterricht. Es werden zwar mehr physikalische Begriffe wie Arbeit, Kraft und Leistung genannt sowie mehr Energieformen angeführt, wenn sie mit dem Begriff Energie konfrontiert werden, aber nur wenige Schüler nennen die Aspekte Energietransport, Energieumwandlung und Energieentwertung. Die Assoziationen beziehen sich, so wie vor dem Physikunterricht, vor allem auf die „Energieerzeugung“ und Nutzung von Energie und hier vor allem im Bereich der Elektrizität. Im Anschluss an den Physikunterricht sind die SchülerInnen in der Lage, die Umwandlung von einer Energieform in eine andere zu beschreiben, doch die Zuordnung von Energieformen bei der Beschreibung komplexerer Versuchsabläufe bereitet große Schwierigkeiten. Die Anwendung des Energiebegriffes, vor allem des Prinzips der Energieerhaltung, ist für die Lernenden besonders schwierig. Die SchülerInnen übernehmen Definitionen (z.B. Arbeit, Energie, Energieerhaltungssatz) aus dem Unterricht und können diese auch wiedergeben, aber nur eine Minderheit kann diese auf einfache Vorgänge des Alltags auch anwenden.

In einer Studie verglichen Crossley und Starauschek (2010) die Schülerassoziationen zum Begriff Energie mit den Ergebnissen der Erhebung von Duit. Die Studie wurde in Baden-Württemberg 2008 an verschiedenen Schultypen auf der 6. und 9. Schulstufe durchgeführt (Duit 1986 auf der 6. und 10. Schulstufe in Kiel). Zusammengefasst lässt sich sagen, dass sich die Schülerassoziationen im Laufe der letzten 25 Jahre verändert haben. Physikalische Fachbegriffe (Energieformen, Strom, Formeln, Einheiten, physikalische Größen) werden signifikant häufiger genannt als 1986, wobei vor allem der elektrische Strom und die Energieformen an Bedeutung gewonnen haben. Die Kategorie Dinge (Kraftwerke, technische Geräte, Treibstoffe, Sonne) hat an Bedeutung verloren. Eine Zunahme ist auch in der Kategorie Phänomene auf der 6. Schulstufe (Licht, Wärme) zu verzeichnen. Während die Kategorie Arbeitswelt/Gesellschaft in der aktuellen Studie nicht mehr gebildet werden konnte, wurde mit Mensch/Natur (Energy-Drinks und -Riegel, Lebensmittel, Sportarten) eine Kategorie neu hinzugefügt.

Die Autoren lassen die Frage, wie der deutliche Anstieg bei den physikalischen Termini zu erklären ist und ob damit auch ein Anstieg an fachlichem Wissen einhergeht, offen. Als mögliche Erklärung führen sie an, dass das Thema Energie heutzutage öfter und fächerübergreifend unterrichtet wird. Abschließend bewerten sie den höheren Anteil an Fachtermini durchaus positiv, stellen aber dennoch die Frage, ob sich in den Nennungen auch naturwissenschaftliches Verständnis widerspiegelt.

Der Energiebegriff gewinnt nicht nur im Physikunterricht immer mehr an Bedeutung, sondern auch in den anderen naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern, da sich über diesen vielfältige Vernetzungen zwischen den Naturwissenschaften herstellen lassen. Aber auch im Alltag spielt der Begriff Energie eine wichtige Rolle und stellt ein gesellschaftliches Schlüsselthema dar.

## 4 FORSCHENDES LERNEN

SchülerInnen stellen aufgrund von Beobachtungen und Erfahrungen Fragen. Das Stellen und Festlegen von Fragen, das Äußern von Vermutungen, das Erarbeiten und Formulieren von Antworten sind Elemente des Forschens. Auch Unterricht ist häufig von Fragen dominiert. Im fragend-entwickelnden Unterricht, in Prüfungen und Tests werden SchülerInnen mit Fragen konfrontiert, die nicht ihre sind, die sie gar nicht gestellt haben. Zudem stehen die Antworten schon im Vorhinein fest.

Beim forschenden Lernen werden die SchülerInnen befähigt, Fragen zu stellen oder zu erkennen und individuelle Lösungswege zu entwickeln, um Antworten zu finden. Der Weg von der Frage oder dem Problem zur Antwort bzw. dem Ergebnis ist ein aktiver, konstruktiver und problemorientierter Prozess. Forschendes Lernen ist also konstruktivistisches, prozessorientiertes Lernen.

Höttecke (2010) versucht im Basisartikel der Zeitschrift „Naturwissenschaften im Unterricht Physik“ forschend-entdeckendes Lernen folgendermaßen zu definieren: „Die Lernenden gehen von (selbst) gestellten naturwissenschaftlichen Fragen oder Problemen aus. Sie explorieren Probleme oder Problembereiche, entwickeln und planen auf dieser Basis eigene Untersuchungen, führen Beobachtungen und Experimente durch, stellen Messergebnisse sachgerecht dar, analysieren und diskutieren sie und erschließen weitere Informationsquellen. Sie erklären Phänomene und lösen Probleme im Lichte bereits bekannten Wissens und selbst generierter Evidenz. Sie treffen begründete Vorhersagen und kommunizieren über ihre oft unterschiedlichen Vorgehensweisen und Resultate. Sie generieren und präzisieren neue Fragen oder Probleme, die weiteres forschend-entdeckendes Lernen motivieren.“

Diese Art von Unterricht ist geprägt von selbstständigem und eigenverantwortlichem Handeln der Lernenden. Dies bedingt eine Öffnung des Unterrichtes, denn die SchülerInnen entwickeln (zumindest teilweise) eigene Fragestellungen, suchen selbst den Weg und kommen durch eigene Aktivitäten zu ihrem Ergebnis. Das bedeutet, dass die Lernenden zunehmend autonom handeln. Dies setzt andererseits bei Lehrpersonen den Mut voraus, den Lernenden ein großes Maß an Selbstbestimmung und Kompetenz zuzutrauen und auch zuzugestehen. Eine starre Strukturierung des Unterrichtes durch die Lehrperson und die Präsenz der Lehrkraft im Unterricht treten in den Hintergrund.

Forschender Unterricht ist aber nicht völlig strukturlos, er weist eine Phasenstruktur auf. Bell (2007, S. 75) schlägt ein Phasenmodell aus folgenden Elementen vor, betont aber dabei, dass es nicht als starres Muster verstanden werden soll:

- Orientieren
- Problem formulieren
- Vermuten
- Planen
- Informationen suchen
- Wissen ausdrücken
- Experimentieren
- Auswerten und Ergebnisse finden
- Präsentieren

- Diskutieren und Reflektieren

Wie schon oben erwähnt und von allen Autoren betont, ist das prozesshafte Lernen von großer Bedeutung. Aepkers (2002, S. 80) beispielsweise bringt dies zum Ausdruck, indem er meint, dass „forschendes Lernen [...] nicht unmittelbar zu Erkenntnissen, sondern längerfristig zu Kompetenzaufbau“ führt. Mit forschendem Lernen werden prozessbezogene Kompetenzen, die als naturwissenschaftliche Arbeitsweisen im Unterricht gezielt forciert werden sollen, gefördert. Die Bedeutung dieser prozessbezogenen Kompetenzen ist auch ersichtlich, wenn man die Einteilung von Duit, Gropengießer und Stäudel (2004) betrachtet:

- Beobachten und Messen
- Vergleichen und Ordnen
- Erkunden und Experimentieren
- Diskutieren und Interpretieren
- Vermuten und Prüfen
- Modellieren und Mathematisieren
- Recherchieren und Kommunizieren

Betrachtet man das Phasenmodell von Bell und oben dargestellte prozessorientierte Kompetenzen, sind starke Bezüge zum Kompetenzmodell der Bildungsstandards (siehe Anhang) in den naturwissenschaftlichen Fächern zu erkennen.

#### 4.1 Forschendes Lernen in der Naturwerkstatt

Brunner (2001) schlägt vor, beim forschenden Lernen von einer Kernidee auszugehen. Diese Kernidee stellt das Fundament dar und deckt eine Fülle von Inhalten ab. Von der Kernidee ausgehend, gibt es einen Auftrag, der von den SchülerInnen individuell bearbeitet wird. Als Ergebnis entsteht eine Vielfalt von unterschiedlichen Produkten.

Die Produkte, die im Laufe der Naturwerkstatt entstanden, waren wirklich sehr unterschiedlich. Ein besonderes Beispiel ist die „fahrende Colaflasche“. Ein Schüler baute innerhalb kürzester Zeit zusätzlich zum bereits begonnenen Auto, ein Fahrzeug aus einer vor dem Unterricht ausgetrunkenen Colaflasche. Er bohrte Metallstangen durch die Flasche, befestigte Räder auf diesen und fertig war sein Fahrzeug! Später befestigte er noch Holzspieße als Vorrichtung für einen Antrieb mit Luftballon bzw. Babyraketen (siehe Abb. 8). Ein anderer Schüler bastelte zuhause aus einem Küchenaufbewahrungsbehälter aus Plastik ein Fahrzeug, das er nach dem Prinzip des Radnabenmotors antreiben wollte (siehe Abb. 9). Um die fehlenden zwei Motoren bat er in der Naturwerkstatt. Nach dem Anschluss der Motoren an die Flachbatterien flitzte das Fahrzeug zur großen Freude aller los.

In der Naturwerkstatt war die Kernidee, ein solarbetriebenes Modellauto selbst zu entwickeln und



Abb. 8



Abb. 9



zu bauen. Damit kann bzw. könnte eine Menge an physikalischen Inhalten (Energieformen, Energieumwandlung, Energieentwertung, Energieerhaltung, Reibung, Kraft, Drehmoment, Kraftübertragung, Spannung, Stromstärke, elektrische Leistung, Fotovoltaik usw.) bearbeitet werden. In diesem Fall bildeten die Energie und die Fotovoltaik den Schwerpunkt. Wie in Kapitel 2 beschrieben, erfolgte die Entwicklung des Solarautos in mehreren Schritten. Dementsprechend erhielten die Schüler im Laufe des Unterrichts in der Naturwerkstatt auch mehrere Aufträge. Stellvertretend werden hier die beiden ersten Aufträge angeführt.

Auftrag 1:

*Baue aus den bereitgestellten Materialien ein Fahrzeug (Auto). Das Fahrzeug soll auf einer Versuchsstrecke einen möglichst großen Weg zurücklegen. Wir werden das Fahrzeug in Bewegung setzen, indem wir es von einer Rampe rollen lassen.*

*Wer baut das Mobil, das den größten Weg zurücklegt, bis es stehen bleibt?*

*Halte in Stichworten fest, wie du beim Entwickeln deines Fahrzeuges vorgehst und welche Überlegungen du anstellst, damit dein Auto das „Siegerprodukt“ wird.*

Auftrag 2:

*Die Boliden müssen an die Box. Die Mechaniker arbeiten nun nach dem ersten Training an der Feinabstimmung. Sie versuchen den Boliden zu verbessern, bevor er noch einmal auf die Strecke geht.*

*Notiere welche Veränderungen du vornimmst und gib an, warum du diese machst.*

Nachdem die Schüler das Modellauto laut Auftrag 1 aus den einfachen Materialien fertiggestellt hatten, überlegten wir zusammen, wie wir das Siegerauto ermitteln können. Nach reger Diskussion einigten sie sich auf das Procedere der Tests, fanden den Gang vor dem Physiksaal an der PHT als geeignete Teststrecke, bauten die Rampe und führten die Messungen durch. Auftrag 2 empfanden die Schüler nicht als solchen, denn schon während der Durchführung der Tests stellten sie Vermutungen an, warum das eine Auto weiter rollte als das eigene. Mit allen Schülern wurden nun in der Gruppe Überlegungen angestellt, von welchen Faktoren die Länge der Rollstrecke abhängen könnte. Die Schüler kramten ihr Vorwissen - aus dem Physikunterricht oder unabhängig davon entwickelte Vorstellungen - hervor und versuchten, eine Verknüpfung mit den Messergebnissen herzustellen. Einigkeit herrschte in der Einschätzung, dass Reibung eine entscheidende Rolle spielt. Aber wie kann diese verringert werden? Weitere Fragen mussten nicht vom Lehrer gestellt werden, sondern drängten sich jetzt von selbst auf. Haben die Masse und in der Folge das Gewicht einen Einfluss auf die Geschwindigkeit des Fahrzeuges? Sind der Achs- bzw. der Radabstand von Bedeutung? Spielt der Luftwiderstand eine Rolle? Ohne verlässliche Antworten zu bekommen, gingen die Schüler mit großem Eifer an die Umsetzung von Auftrag 2. Es standen Bücher und Laptops zur Verfügung, um recherchieren zu können und unter Umständen auf diese Weise Antworten auf Fragen zu finden. Allerdings war zu beobachten, dass die jungen Forscher diese Möglichkeit nicht nutzten. Ein Tandem befestigte Massestücke auf dem Fahrzeug, ermittelte die Rollstrecke mit und ohne zusätzliche Masse und fand durch Versuche Antwort auf die selbst gestellte Frage.

So wie von Aepkers formuliert, führten die Aktivitäten dieser Schüler nicht unmittelbar zu einem Erkenntnisgewinn, sie haben die Formel zur Berechnung der potentiellen bzw. kinetischen Energie nicht entwickelt. Sie haben aber Fragen gestellt, einen Versuch geplant

und durchgeführt, gemessen und verglichen, diskutiert und das Ergebnis interpretiert und schließlich eine Antwort auf ihre Frage formuliert.

Der im vorhergehenden Abschnitt aufgezeigte Zusammenhang zwischen forschendem Lernen und den Handlungskompetenzen, die im Kompetenzmodell der Bildungsstandards angeführt sind, ist in der beschriebenen Projektphase deutlich zu erkennen. Belegt wird dies durch eine Untersuchung von Lugitsch. In den geblockten drei Unterrichtseinheiten, in denen die Schüler oben dargestellte Aufträge ausführten, wurde gefilmt und das Bildmaterial Herrn Lugitsch für seine Diplomarbeit zur Verfügung gestellt. In dieser Diplomarbeit beschäftigte er sich mit der Frage, welche Kompetenzen in welchem Ausmaß von SchülerInnen der Unterstufe beim Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht erreicht werden. Im Folgenden werden Ausschnitte aus der Auswertung und Interpretation dargestellt.

### **„Zeitliche Analyse**

Beinahe die Hälfte der Zeit wurde zum „Bauen“ verwendet. 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 schon in einer vorhergehenden Stunde gemacht. Die einzige Kompetenz, die nicht gefordert war, war das „Verarbeiten der Messdaten“ (siehe Abb. 10).

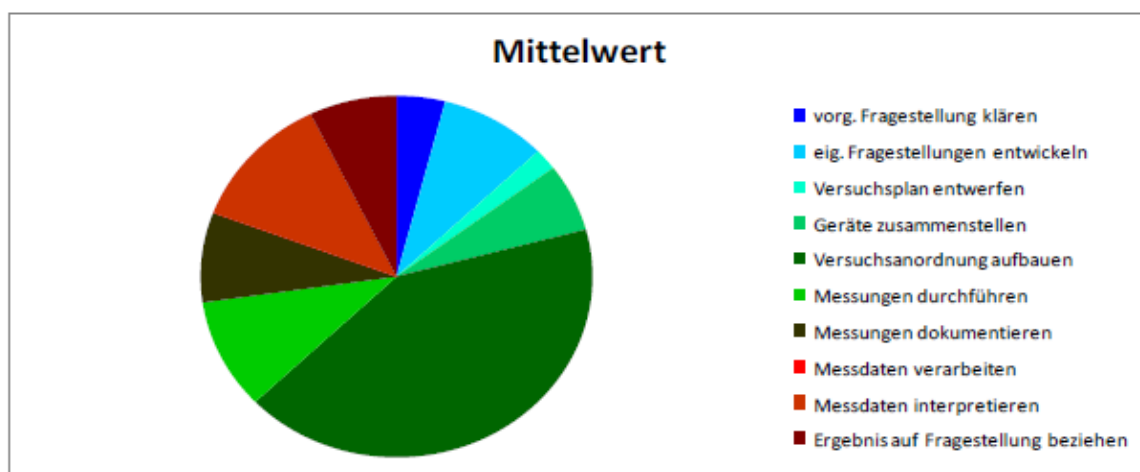


Abb. 10

### **Kompetenzen**

Insgesamt zeigten sich alle Schüler sehr kompetent. Am besten schnitten die Schüler bei den Bereichen „Dokumentieren“ und „vorgegebene Fragestellung klären“ ab. Sehr kompetent sind die beobachteten Personen auch beim „Aufstellen eigener Fragestellungen“ und beim „Beziehen der Ergebnisse auf die Messdaten“. In allen andern Bereichen zeigten die Untersuchungsteilnehmer ebenso hohe Kompetenz. Nur der Bereich „Messdaten verarbeiten“ kam zu kurz, da er nicht gefordert war (siehe Abb. 11)

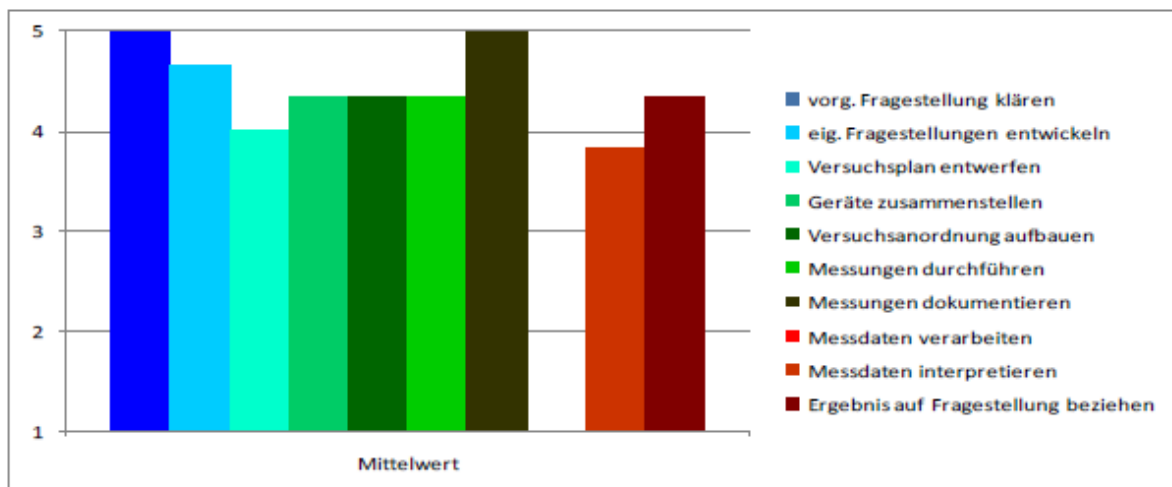


Abb. 11

***SchülerInnen stellen sich zusätzliche, eigene Fragen, wenn das nicht extra gefordert ist.***

Es trat immer wieder eine Diskussion zwischen den Partnern 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 Paar überlegte sogar, welche Art von Energie dahinterstecken könnte.

***Die Kompetenz des Dokumentierens ist am stärksten ausgeprägt.***

Alle Versuchspersonen gaben sich große Mühe beim Schreiben des Protokolls und beim Planen der Autos. Die Protokolle wurden alle sehr ordentlich geführt.

**Aus der Gesamtauswertung aller Projekte**

Bei den zwei Projekten, bei denen die vorgegebene Fragestellung sehr offen war, also beim Brückenbau in [...] und beim Autobau in Tirol, machten sich die SchülerInnen von sich aus viele Gedanken darüber, wie sie ihre Projekte noch verbessern könnten. Gleichzeitig waren daher auch relativ viele naturwissenschaftliche Fragen festzustellen. Ein weiterer, anregender Motivationsfaktor bei diesen beiden Projekten war der Wettbewerb.“ (Lugitsch 2011, S. 87ff)

Aus meiner Sicht ist der entscheidenden Punkt, dass sich die Lernenden eigene Frage stellen. Wenn es ihre Fragen sind, ist die Motivation Antworten zu erhalten sehr hoch. Gelingt es, eine Lernumgebung zu schaffen, in der sie das durch Planen und Durchführen von Experimenten, durch Messen und Auswerten der Messdaten, durch Diskutieren und Reflektieren sowie durch selbstständiges Recherchieren tun, erfolgt eine Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenzen und damit verbunden die Entwicklung physikalischer Vorstellungen geradezu automatisch. Das Stellen eigener Fragen scheint in engem Zusammenhang mit einer anfänglich offenen Fragestellung zu stehen. Den Unterricht so zu gestalten, dass SchülerInnen eigene Fragestellungen kreieren, ist nach meiner Einschätzung eine sehr hohe Kunst, insbesondere gilt das für den regulären Physikunterricht.

Ich selbst habe mich in der Naturwerkstatt als lernender Forscher im forschenden Lernen erlebt und hatte Gelegenheit, meine Lehrkompetenz in dieser Hinsicht weiterzuentwickeln.

## **4.2 Forschendes Lernen im Physikunterricht**

Die Schüler waren während des gesamten Unterrichts in der Naturwerkstatt mit großem Engagement bei der Sache, hatten Freude und Spaß am Entwickeln, Experimentieren, Messen und meist sogar beim Recherchieren und Dokumentieren. Sie haben, so scheint es laut Untersuchungsergebnissen, ihre Kompetenzen im Sinne der Bildungsstandards und ihre Vorstellungen zu physikalischen Sachverhalten weiterentwickelt. Es ist anzunehmen, dass das Konzept des forschenden Lernens erfolgreich ist. Die Schlussfolgerung, dieses Unterrichtskonzept auf den regulären Physikunterricht zu übertragen, ist zwingend.

Allerdings ist zu bedenken, dass die Schüler freiwillig teilnahmen und daher davon auszugehen ist, dass sie von vornherein motiviert waren. Zudem lagen günstige Rahmenbedingungen vor: eine kleine Lerngruppe, flexible Zeiteinteilung, Möglichkeit jeweils drei Unterrichtseinheiten zu blocken.

Diese Bedingungen sind für den Physikunterricht durch das bestehende Stundenplankorsett nicht gegeben. In einer Klasse mit über 20 SchülerInnen ist eine ähnlich offene Aufgabenstellung, wie wir sie in der Naturwerkstatt erprobten, sehr schwer vorstellbar. Problematisch wäre die Materialbereitstellung und –lagerung für eine derartige Schülerzahl. Eine Eins-zu-eins-Umsetzung des Projektes scheint mir (noch?) nicht zielführend.

Lohnend wäre ein Versuch in einem kleineren Format: eine „kleinere“ Kernidee mit einer Aufgabenstellung mit geringerem Offenheitsgrad, also sozusagen ein Transfer in kleinen Schritten. Entscheidend dabei ist, eine Aufgaben- bzw. Problemstellung zu finden, die die SchülerInnen animiert, selbst Fragen zu stellen.

## 5 ERHEBUNGEN

### 5.1 Forschungsfragen und Hypothesen

Angesichts der großen Relevanz, die dem Energiebegriff im Alltag und in der Physik zukommt, ist es interessant, welche Vorstellungen zum Begriff Energie bei den SchülerInnen vorliegen. Der Unterricht in der unverbindlichen Übung erfolgte vorwiegend nach dem Konzept des forschenden Lernens. Bei der projektartigen Durchführung des Unterrichtes stand das Thema Energie, für die Schüler vordergründig zwar nicht unmittelbar erkennbar, im Mittelpunkt. Mit dieser Art von Unterricht war das Ziel oder besser die Hoffnung verbunden, dass die Teilnehmer ihre Vorstellungen zum Energiebegriff weiterentwickeln und in Richtung physikalischer Sichtweise verändern. Die unverbindliche Übung Naturwerkstatt soll an der Praxishautschule mittel- bis längerfristig etabliert werden. Mit dem ersten Versuch sollten Erfahrungen gesammelt werden, wie die Schüler den Unterricht annehmen. Daraus ergeben sich für diese Arbeit folgende Forschungsfragen und damit verbundene Erwartungen.

1. Welche Vorstellungen haben die SchülerInnen vor Beginn der unverbindlichen Übung Naturwerkstatt zum Begriff Energie?
2. Wie verändern sich die Schülervorstellungen durch forschendes Lernen?
3. Welche Einstellung haben die Teilnehmer zum Unterricht in der Naturwerkstatt?

Annahmen zu den gestellten Fragen:

zu Frage 1: Die Vorstellungen der Teilnehmer an der Naturwerkstatt zum Energiebegriff und jene der SchülerInnen der restlichen Stammklasse unterscheiden sich vor dem Unterricht in der Naturwerkstatt nicht oder nur wenig.

zu Frage 2: Im Gegensatz zur Vergleichsgruppe sind in den Vorstellungen der Schüler der Naturwerkstatt Fortschritte in Richtung physikalischer Sichtweise erkennbar und sie entwickeln ein differenzierteres Energiekonzept.

zu Frage 3: Den Schülern der Naturwerkstatt gefällt der Unterricht und sie zeigen eine positive Grundhaltung.

### 5.2 Erhebungsmethoden

#### 5.2.1 Concept Map

Concept Maps sind Begriffslandkarten, die aus Schlüsselbegriffen eines Themenbereichs bestehen. Die Begriffe sind durch Linien verbunden, auf denen der Zusammenhang zwischen den Begriffen vermerkt werden kann. Concept Mapping ist der Prozess, während dem die Begriffslandkarten oder –netze entstehen. (vgl. Behrendt & Reiska, 2001) Concept Maps eignen sich sehr gut, um „abstrakte und komplexe Zusammenhänge grafisch darzustellen. Visualisierung ist also das Grundprinzip“. (Nückles et al., 2004, S. 2)

Die Schlüsselbegriffe werden als Knoten im Netz dargestellt, die durch Linien oder Pfeile miteinander verbunden werden. Die Beziehung zwischen den Knoten wird durch

Anmerkungen auf den Linien bzw. auf den Pfeilen und durch die Pfeilrichtung beschrieben und als Relation bezeichnet. Auf diese Weise wird ersichtlich, inwieweit SchülerInnen in der Lage sind, komplexe Sachverhalte eines Themenbereichs und deren Zusammenhänge differenziert darzustellen. Mit Begriffsnetzen können Wissen und Verständnis der Schülerinnen zu komplexen naturwissenschaftlichen Sachverhalten überprüft werden.

Im Unterricht gibt es mehrere Möglichkeiten, Concept Mapping zielführend einzusetzen:

- Am Beginn eines neuen Themas, um das Vorwissen oder die Alltagsvorstellungen der Lernenden zu erfahren.
- Zur Diagnose des Begriffsverständnisses während und nach Unterrichtseinheiten, um Hinweise über den Wissensstand und noch vorhandene Lücken der Lernenden zu erhalten.
- Anregung zum Nachdenken der Lernenden über ihr eigenes Wissen.
- Als Motivation über das eigene Wissen zu sprechen. Insbesondere in Gruppen kann dabei eine Diskussion über richtige oder falsche Verknüpfungen angestellt werden.
- Begriffsnetze kann man auf allen Schulstufen einsetzen.
- Concept Maps können zur Leistungsfeststellung herangezogen werden. (vgl. Behrendt & Reiska, 2001, S. 10)

Begriffsnetze können auf verschiedene Weise erstellt werden. Es können Begriffe vorgegeben werden und nur diese für die Begriffslandkarte verwendet werden. In diesem Fall besteht die Möglichkeit, die Begriffe auf Begriffskarten vorzubereiten. Es kann nur ein zentraler Begriff in die Mitte gestellt werden. Die Lernenden werden dann dazu aufgefordert, diesen durch passende Begriffe zu ergänzen bzw. mit diesem zu verknüpfen. Concept Maps können mit der ganzen Klasse, in Gruppen oder in Einzelarbeit erstellt werden. Die Begriffsnetze können mit der ganzen Klasse gemeinsam an der Tafel, auf einem Plakat mit Begriffskarten in der Gruppe oder mit Papier und Bleistift in Einzelarbeit erstellt werden.

Behrendt (1997, S. 22) fasst die Vorteile des Concept Mappings wie folgt zusammen: „Begriffsnetze eignen sich gut, um zu prüfen, ob die Lernenden die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Begriffen eines Themengebiets verstanden haben. Die Lehrkraft erhält einen Überblick, ob das, was an Inhalten vermittelt werden sollte, die Lernenden erreicht hat.“

In dieser Studie sollten mit Concept Maps das Vorwissen und die Vorstellungen der SchülerInnen zum Energiebegriff in Erfahrung gebracht werden. Die Lernenden erstellten ihr Begriffsnetz in Einzelarbeit mit Papier und Schreibwerkzeug. Der zentrale Begriff „Energie“ mit der zugehörigen Verknüpfung „Energieformen“ wurde vorgegeben. Die SchülerInnen sollten weitere Begriffe anführen und diese miteinander verknüpfen. Abb. 12 zeigt beispielsweise ein einfaches Begriffsnetz eines Schüler oder einer Schülerin und in Abb. 13 ist eine differenzierte Concept Map zu sehen.

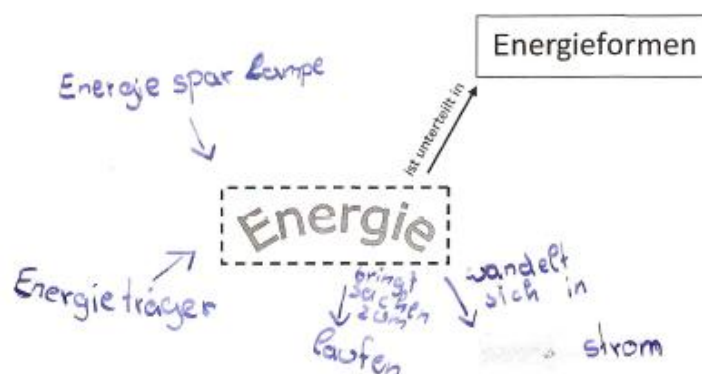


Abb. 12



Abb. 13

## 5.2.2 Leitfadeninterview

In der Sozialforschung sind Interviews weit verbreitet. Stangl beschreibt das Interview als „eine Gesprächssituation, die bewusst und gezielt von den Beteiligten hergestellt .... und bei der der Befragte als Träger abrufbarer Informationen verstanden wird“. (<http://www.stangltaller.at/ARBEITSBLAETTER/FORSCHUNGSMETHODEN/Interview.shtml>)

Es gibt eine große Vielfalt unterschiedlicher Typen qualitativer Interviews, die in der Literatur unter den unterschiedlichsten Bezeichnungen zu finden sind. Die Unterscheidung der verschiedenen Formen erfolgt hauptsächlich nach dem Grad der Offenheit und Strukturierung des Interviews. Demnach ist das problemzentrierte Interview eine offene, halbstrukturierte, qualitative Erhebungsmethode. (vgl. Mayring 2002)

Im Mittelpunkt des problemzentrierten Interviews stehen die Erfahrungen, Wahrnehmungen und Reflexionen des Interviewpartners zu einem ganz bestimmten Thema. Einerseits soll der Befragte zu einer freien Erzählung angeregt werden, andererseits bleibt das Gespräch aber zentriert auf die Themenstellung. Vor dem Interview erstellte Leitfragen haben die Funktion, Impulse für eine freie Erzählung (Narrationen) des Interviewpartners zu geben, und dienen gleichzeitig als Orientierungsrahmen. Entsprechendes Nachfragen ermöglicht es dem Interviewenden, an die Narrationen des Interviewpartners anzuknüpfen und auf das Thema zu beziehen. Mit Hilfe von Ad-hoc-Fragen kann der Interviewer auf Aspekte eingehen, die im Leitfaden nicht enthalten sind, für die Themenstellung aber von Bedeutung sind. Dadurch unterscheidet sich das problemzentrierte Interview vom narrativen Interview, in dem Erzähl- und Nachfrageteil getrennt sind. Bei narrativen Interviews folgt einer autonom gestalteten Haupterzählung, während der vom Interviewer nicht interveniert werden soll, ein eigener Nachfrageteil. (vgl. Hopf 2004)

Die durchgeführten Interviews im Rahmen der Erhebungen für diese Arbeit bezogen sich auf das Thema Energie und auf die grundlegende Haltung der Schüler zum Unterricht in der Naturwerkstatt. Der Leitfaden (siehe Anhang) wurde nach Durchsicht der Concept Maps erstellt. Die Interviewpartner sollten am Beginn des Interviews darlegen, wie sie den Begriff Energie jemanden, z.B. einer Mitschülerin / einem Mitschüler, erklären würden. Durch Fragen, die sich auf das jeweilige Begriffsnetz bezogen, sollte in Erfahrung gebracht werden, ob der befragte Schüler die angeführten Begriffe nur gespeichert hat oder ob er mit den Begriffen operieren kann, indem er sie auf selbst gewählte Beispiele aus dem Alltag anwenden kann. Mit den abschließenden Fragen wurde beabsichtigt, dass die Interviewpartner berichten, wie sie den Unterricht in der Naturwerkstatt erlebt haben.

### **5.3 Durchführung der Erhebungen**

#### ***Concept Mapping***

Im November 2010 führte ein Student der PHT, der die Daten für seine Bachelorarbeit verwendete, gemeinsam mit mir bei der ersten Veranstaltung der unverbindlichen Übung Naturwerkstatt die erste Erhebung mittels Concept Maps durch. Die Schüler arbeiten mit Mind Maps, die Methode des Concept Mapping war ihnen bisher unbekannt. Es wurde ihnen erklärt, was Concept Mapping bedeutet, wie Concept Maps angefertigt werden und wozu ihre Begriffslandkarten verwendet werden.

Um die Schüler mit der Methode vertraut zu machen, wurde gemeinsam ein Begriffsnetz zum Begriff Atom an der Tafel erstellt. Dabei fiel es ihnen leicht, passende Begriffe zu nennen; die Verknüpfungen herzustellen, bereitete aber Schwierigkeiten. Zusätzlich zur gemeinsamen Erstellung wurde den Schülern eine vorbereitete Begriffslandkarte zum Atombegriff gezeigt und mit ihnen besprochen. Nach einer Stunde, in der die Schüler mit der Planung der Fahrzeuge begannen, wurden die Schüler nun gebeten, selbstständig und in Einzelarbeit ein Concept Map zum Begriff Energie zu erstellen. Dazu erhielten sie ein Blatt, auf dem in der Mitte der Begriff Energie mit der beschrifteten Verknüpfung Energieformen vorgegeben war. Nach ca. 20 Minuten hatten alle Schüler ihr Begriffsnetz erstellt. Es wurde ihnen Anonymität bei der Verwendung ihrer Werke zugesichert. Um interessante Concept Maps für spätere Interviews einem Schüler zuordnen zu können, schrieben sie einen Code nach Vorgabe auf das Blatt.

Die SchülerInnen einer vierten Klasse, aus der fünf der sechs Teilnehmer der unverbindlichen Übung stammten, erstellten im Physikunterricht genau nach demselben Schema ein Begriffsnetz zum Energiebegriff. Damit sollte die Möglichkeit eines Vergleiches der Entwicklung eines Energiekonzeptes der sechs Schüler, die an der unverbindlichen Übung teilnahmen, mit SchülerInnen, die diese nicht besuchten, geschaffen werden.

Die dritte Untersuchung (eine zweite Erhebung führte der Student unmittelbar nach den Semesterferien durch) fand nach dem Abschluss der Naturwerkstatt Anfang Juni 2011 statt. Nach einer kurzen Wiederholung der wichtigsten Punkte, die bei der Erstellung von Concept Maps zu beachten sind, erstellten die SchülerInnen einer vierten Klasse ihr Begriffsnetz, das wiederum mit demselben Code versehen wurde. Die Schüler der Naturwerkstatt markierten ihr Blatt zusätzlich mit einem „N“.



### ***Leitfadeninterview***

Die Interviews wurden mit einem „Handy Recorder“ auf SD-Card-Basis nach Abschluss der unverbindlichen Übung Ende Juni durchgeführt. Die auf einen Computer überspielten Daten liegen als MP3-Dateien vor. Interviewt wurden vier der sechs Schüler, die an der unverbindlichen Übung teilnahmen. Die Interviews dauerten jeweils ca. 20 Minuten.

Nachdem die Schüler über den Ablauf des Interviews eingehend informiert und ihnen erklärt wurde, wozu ihre Aussagen verwendet werden, versuchten die Schüler nach der ersten Frage, den Begriff Energie zu erklären und dazu ein Beispiel aus dem Alltag anzugeben. Anschließend wurden dem Interviewpartner seine erstellten Concept Maps vorgelegt und darauf bezogen Fragen gestellt. Am Ende des Interviews wurden Schüler aufgefordert auszudrücken, wie gerne sie zum zusätzlichen Unterricht am Nachmittag kamen und warum sie gerne oder nicht gerne teilnahmen. In diesem Zusammenhang sollten sie auch noch angeben, was ihnen gut bzw. weniger gut gefallen hat.

## 6 ERGEBNISSE UND DISKUSSION

### 6.1 Concept Map

Nach der ersten Durchsicht der erstellten Begriffsnetze schien die Auswertung schwierig; eine große Zahl an verschiedenen Begriffen und Relationen zwischen diesen wurden sichtbar.

#### 6.1.1 Begriffe

Beim Versuch, die Begriffe in Gruppen einzuteilen, kam ich zum Schluss, die Kategorien, wie sie Crossley und Starauschek (2010, S 2) in ihrer Untersuchung verwendeten, zu übernehmen. Sie bildeten die Kategorien in Anlehnung an die Untersuchung von Duit (1986), um eine Vergleichbarkeit mit der Studie von Duit herzustellen (siehe auch Kap. 2.1). Allerdings wurde in beiden Studien, im Gegensatz zu dieser Untersuchung, mit Fragebögen gearbeitet. Diese Kategorisierung bietet die Möglichkeit auch die „Qualität“ (physikalische Termini bzw. Phänomene) der assoziierten Begriffe bei der Auswertung zu berücksichtigen und darzustellen. Unabhängig davon wurde die Vernetzung der Begriffe eigens betrachtet und ausgewertet.

Im ersten Schritt der Analyse der Concept Maps wurden die Häufigkeiten einzelner Begriffe, die die Schüler nannten, bestimmt. Im nächsten Schritt wurden die Schülerassoziationen zum Energiebegriff in Kategorien zusammengefasst. Dabei fiel auf, dass bei der ersten Erhebung 14 von 17 SchülerInnen, die nicht an der Naturwerkstatt teilnahmen, Strom in den Knoten schrieben, ähnlich verhielt es sich bei der dritten Erhebung mit 11 Nennungen. Auffällig war auch die häufige Nennung (8) von Energy-Drinks in der Vergleichsgruppe, während nur ein Schüler der Naturwerkstatt diesen Begriff anführte. Auch Begriffe im Zusammenhang mit Sport und Bewegung wurde von den SchülerInnen der restlichen Klasse vergleichsweise häufiger genannt.

Die häufige Nennung von Strom lässt darauf schließen, dass SchülerInnen diesen sehr eng mit dem Begriff Energie verknüpfen. Die große Zahl an Elektrogeräten und Maschinen, die in den Concept Maps aufscheinen, verstärkt diesen Eindruck. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen auch Duit sowie Crossley und Starauschek in ihren Untersuchungen. Das doch recht häufige Auftauchen der Energy-Drinks deutet darauf hin, dass die Werbung mit den eindrucksvollen Bildern von plötzlich wieder leistungsfähigen Sportlern bei den Schülern ankommt. Auf die Frage, was in den Getränken Energie liefert, meinten einige Schüler, dass eine besonders wirkungsvolle (geheimnisvolle) Substanz in den Getränken enthalten sei. Dies weist auf die Vorstellung hin, Energie sei eine Art Treibstoff. Der Grund für die vielfachen Verbindungen von Energie mit Strom und Energy-Drinks ist vermutlich in den Alltagserfahrungen der SchülerInnen zu finden.

Die Bestimmung der Häufigkeiten der Schülerassoziationen war unproblematisch, ebenso die Zuordnung zu den einzelnen Kategorien. Die Begriffe wurden den folgenden sechs Kategorien zugeordnet:

- a) Physikalische Termini: Hier wurden Begriffe aus dem naturwissenschaftlichen Unterricht zusammengefasst, wie z.B. Formeln, Einheiten, physikalische Größen, auch z.B. Energieformen

- b) Phänomene: z.B. Licht, Wärme
- c) Dinge: Maschinen, Elektrogeräte, wie Fernseher und Föhn, aber auch Wasser, Wind und Planeten
- d) Mensch / Natur: Assoziationen zu Nahrung und Sport, wie z.B. Energy-Drinks, Obst und Traubenzucker und Sportarten
- e) Vorgänge: In dieser Kategorie sind Assoziationen zu Bewegungen, wie z.B. Sport, Laufen, Schwimmen usw. enthalten
- f) Sonstiges: als Restkategorie

**Vergleich der Begriffsnennungen der restlichen Klasse mit der Naturwerkstatt**

Durchschnittlich führten die SchülerInnen der restlichen Klasse 7,6 Begriffe in ihrem Begriffsnetz bei der Erhebung im November an, bei jener im Juni waren es 8,6 Begriffe. Die Schüler der Naturwerkstatt stellten mit durchschnittlich 10,7 bzw. 11,3 um etwa drei Begriffe mehr dar. Dies ist auch aus Abb. 14 und Abb. 15 ersichtlich, in vier der sechs Kategorien nennen sie eindeutig mehr Begriffe. In beiden Gruppen war nur eine geringfügige Steigerung (ein Begriff) der Begriffsnennungen in der abschließenden Erhebung zu verzeichnen. Die Anzahl der Begriffe in den Maps lag in der restlichen Klasse zwischen vier und zwölf, in der Naturwerkstatt zwischen acht und siebzehn. Dieser Unterschied ist mit der Interessenslage der Schüler zu erklären. Da angenommen werden kann, dass sich vorwiegend an den Inhalten der unverbindlichen Übung interessierte Schüler meldeten, waren im Vergleich ihre Vorstellungen aufgrund ihrer Erfahrungen schon vor Beginn des Projektes stärker ausgeprägt.

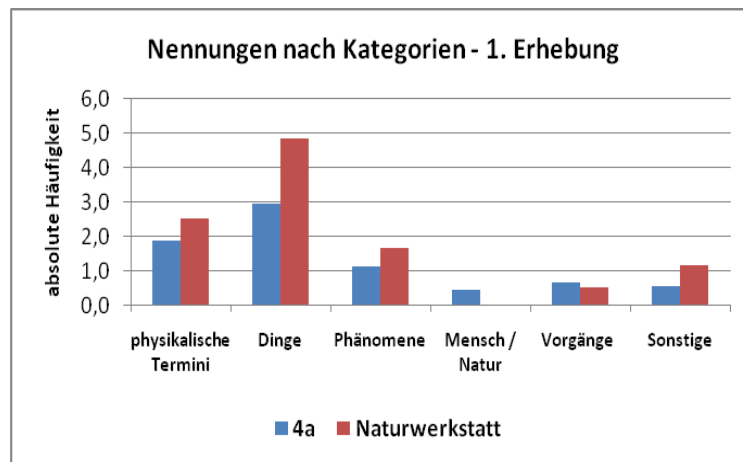


Abb. 14

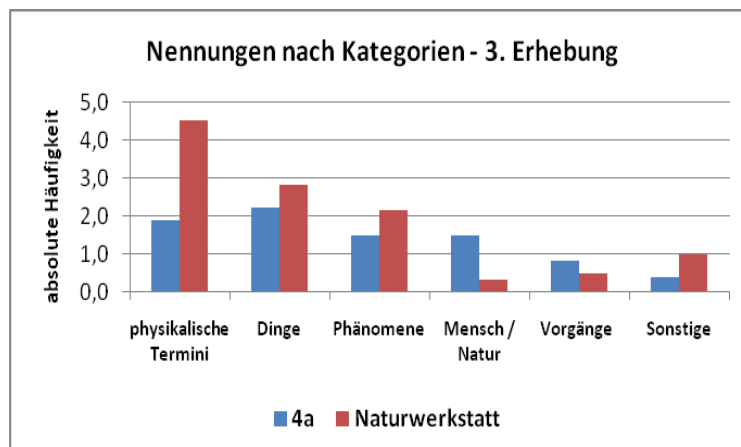


Abb. 15

Besonders auffällig ist der Anstieg der durchschnittlichen Begriffsnennungen durch die Schüler der Naturwerkstatt in der Kategorie „physikalische Termini“, der sich in der dritten Untersuchung im Juni ergab (siehe Abb.15). Diese Entwicklung wird im nächsten Absatz dargestellt und näher betrachtet.

### **Vergleich der assoziierten Begriffe zwischen der ersten und dritten Erhebung**

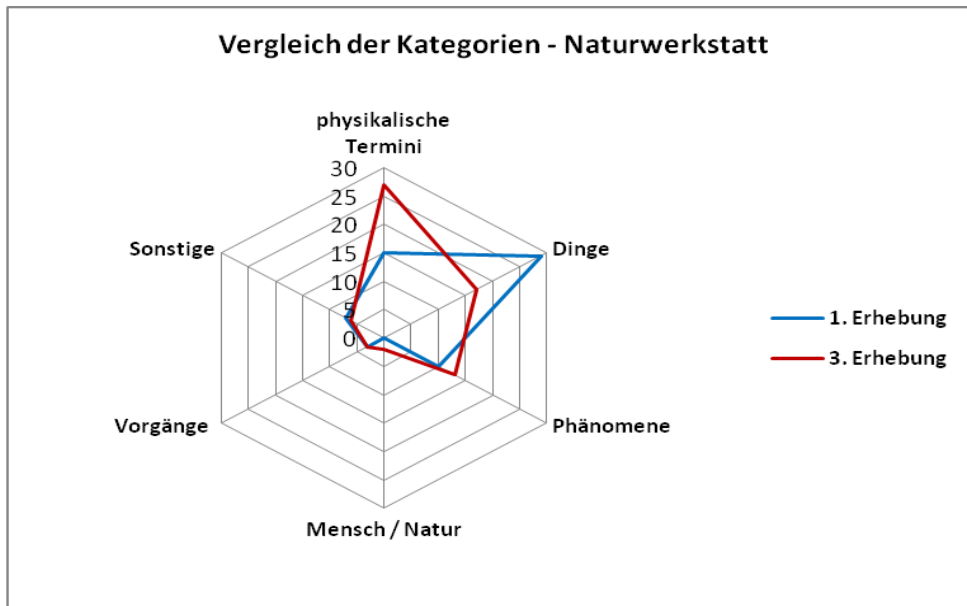


Abb. 16

Bei den assoziierten Begriffen zur Energie zeigt sich in den Concept Maps der Naturwerkstattteilnehmer eine starke Verschiebung der Nennung von der Kategorie „Dinge“ hin zur Kategorie „physikalische Termini“ (siehe Abb.16). 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 werden, sondern nur umgewandelt werden“. Ein leichter Anstieg von 10 auf 13 Begriffsnennungen ist auch in der Kategorie „Phänomene“ zu erkennen.

Betrachtet man nur die Begriffe und hier im Besonderen die Kategorie „physikalische Termini“, so könnte man den deutlichen Anstieg in dieser Kategorie wie folgt deuten: 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, festigen die Kinder die physikalische Ausdrucksweise und wechseln allmählich von der Alltagssprache in die Fachsprache. 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.

Bei Betrachtung von Abb. 17 wird ersichtlich, dass auch in der Vergleichsgruppe die Anzahl der Begriffsnennungen in der Kategorie „Dinge“ abnahm (von 53 auf 40), vergleichsweise aber eine sehr geringe absolute Zunahme (von 34 auf 39) in der Kategorie „physikalische

Termini“ zur Folge hatte. Eine wesentlich größere Steigerung war mit 8 auf 27 Begriffsnennungen in der Kategorie „Mensch / Natur“ zu verzeichnen.

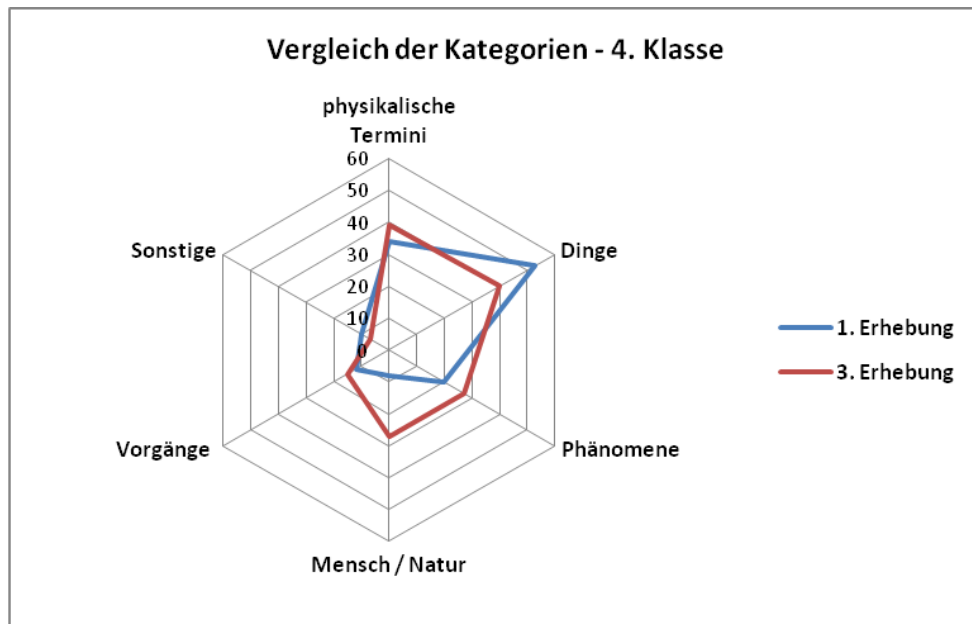


Abb. 17

### Vergleich mit den Studien Duit und Crossley & Starauschek

In beiden angeführten Studien wurden die Assoziationen und Vorstellungen der SchülerInnen mit einem Fragebogen erhoben. Sowohl die Untersuchung von Duit als auch jene von Crossley & Starauschek zeigt, dass der Prozentsatz der Kategorie „physikalische Termini“ mit zunehmender Schulstufe ansteigt. In der Untersuchung von Duit in Kiel im Jahr 1986 stieg der Wert von der sechsten bis zur zehnten Schulstufe von 27% auf 47% an. Die Ergebnisse der Studie von Crossley & Starauschek, die sie 2008 in Baden-Württemberg durchführten, weisen bei einem hohen Anfangswert von 44,2% auf der sechsten Schulstufe eine Steigerung bis zur neunten Schulstufe auf 66,9% aus. Ein ähnliches Ergebnis bringt die vorliegende Untersuchung: Vor dem Unterricht in der Naturwerkstatt konnten 23% der assoziierten Begriffe der Kategorie „physikalische Termini“ zugeordnet werden, innerhalb von sieben Monaten stieg der Wert auf 40% an (siehe Abb. 17).

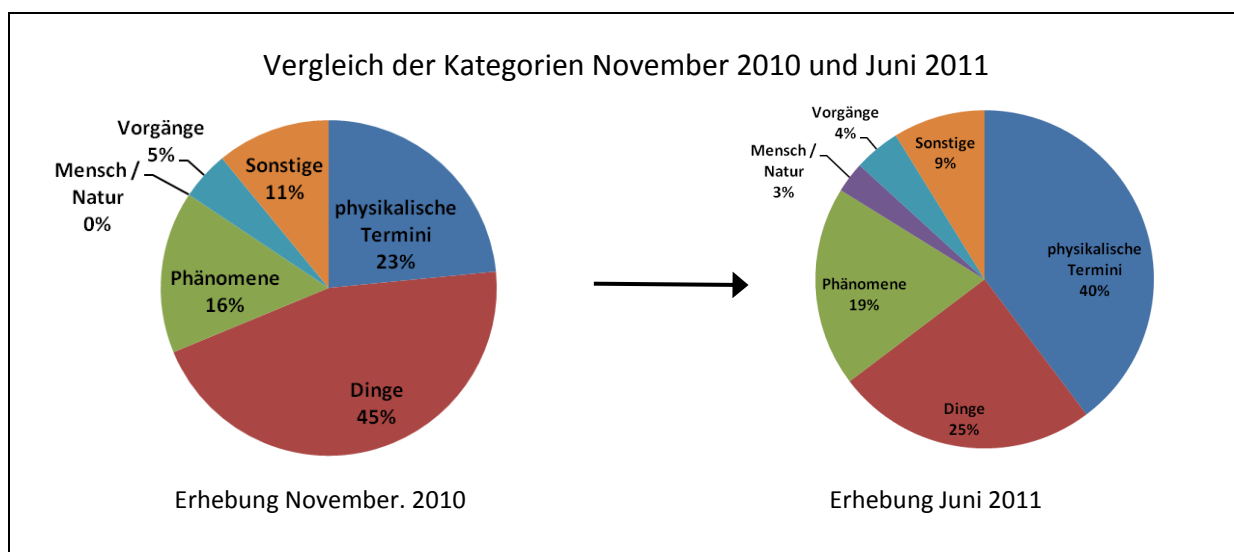


Abb. 17

In der Vergleichsgruppe blieb dieser Wert hingegen mit 25% konstant. Die Zunahme bei den Naturwerkstattschülern in diesem vergleichsweise kurzen Zeitraum kann man wohl auf die selbstständige und aktive Auseinandersetzung aus verschiedenen Blickwinkeln mit dem Thema Energie im Rahmen des Projektes zurückführen.

### 6.1.2 Relationen

Manche Concept Maps wurden mit Knoten und Relationen vollständig erstellt, bei einigen waren auf den Verbindungslinien nur teilweise Anmerkungen angeführt und in einzelnen fehlte die Beschriftung der Verknüpfungen vollständig. Dies war bei den Netzen der Stammklasse und bei den Schülern der Naturwerkstatt in einem ähnlichen Verhältnis festzustellen. Dabei waren in den Begriffsnetzen der einzelnen SchülerInnen von der ersten zur abschließenden Erhebung kaum Veränderungen auszumachen.

Die Beschreibung der Beziehung zwischen den Begriffen erfolgte überwiegend mit Verben. In den Begriffsnetzen der Erhebung zum Abschluss verwendeten die 18 SchülerInnen der Stammklasse am häufigsten die Verben „es gibt“ (18x), „braucht“ (9x) und „entsteht“ (7x), die Teilnehmer der Naturwerkstatt führten „ist“ (6x) und „es gibt“ (5x) am öftesten an. „Brauchen“ und „Verbrauchen“ im Sinne von Energie verbrauchen verwendeten die Schüler der Vergleichsgruppe elfmal, bei den Naturwerkstattschülern trat dieser Zusammenhang nie auf. Mit „umwandeln“ im Sinne von Energieumwandlung beschrieben diese Schüler viermal Beziehungen zwischen Begriffen, in den Concept Maps der StammklassenschülerInnen war diese Relation nicht vertreten. Sieht man von den Begriffsnetzen der beiden sehr interessierten und leistungsstarken Schüler der Naturwerkstatt ab, kann man bei einem Vergleich der Concept Maps der beiden Gruppen hinsichtlich der Anzahl der verwendeten Verben keine hervorstechenden Unterschiede erkennen.

Betrachtet man die Begriffsnetze der Schüler der unverbindlichen Übung genau, so sind in den Landkarten, abseits der Anzahl der Begriffe und der verwendeten Verben, Unterschiede zwischen der ersten und der abschließenden Erhebung erkennbar. Als Beispiel werden auf der nächsten Seite zwei Begriffsnetze eines Schülers dargestellt, oben jenes der ersten Erhebung (Abb. 18), unten das Netz, welches im Juni erstellt wurde (Abb. 19). Dieser Schüler führte im ersten Netz an, dass Energie für Heizungen und Strom gebraucht wird und dass Energie im Kraftwerk produziert wird. In seinem zweiten Concept Map zeigt er die Vorstellung, dass Energie in Kraftwerken umgewandelt wird. In Abbildung 18 sind Begriffe zu sehen, die der Kategorie „Dinge“ (Heizung, Unfälle, „Umwelt“) zugeordnet wurden, im zweiten Concept Map sind diese Begriffe nicht mehr vertreten. Hier taucht der Energieerhaltungssatz auf (Ellipse in der Abbildung). In den Knoten sind zwar keine Begriffe genannt, die angeführten Verben und Verbindungen zum „Energieerhaltungssatz“ lassen aber darauf schließen, dass dieser Schüler den Satz nicht nur wiedergeben, sondern ihn auch anwenden kann.

Ähnliche Unterschiede zeigen auch die Begriffsnetze der anderen Schüler der Naturwerkstatt. Vorsichtig gedeutet, verbinden die Schüler mit dem Begriff Energie weniger Dinge wie Heizung, Elektrogeräte und dergleichen, sondern nehmen vermehrt die physikalische Sichtweise der Energieumwandlung und –entwertung ein.

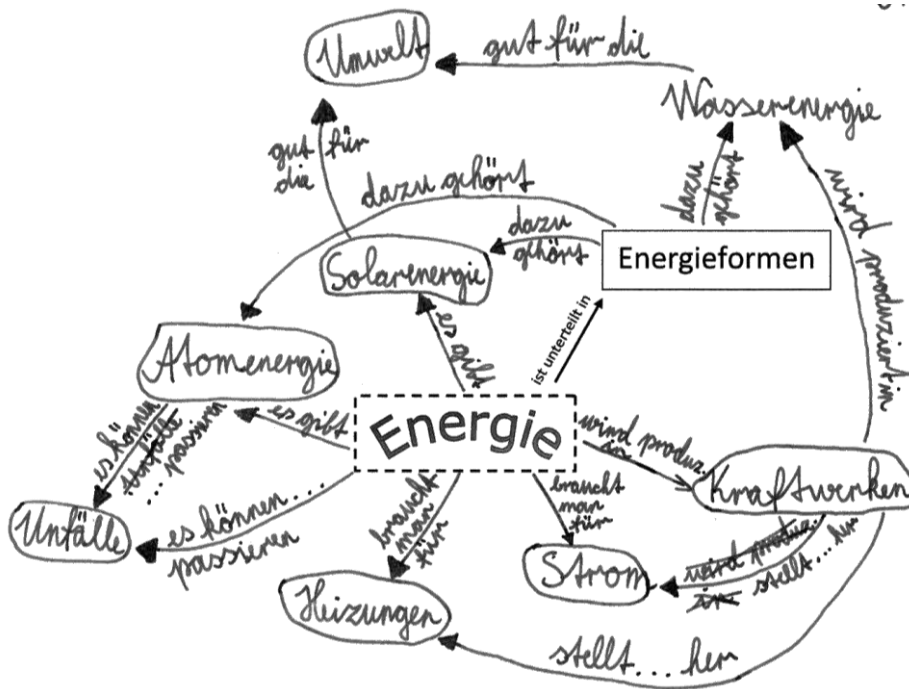


Abb. 18

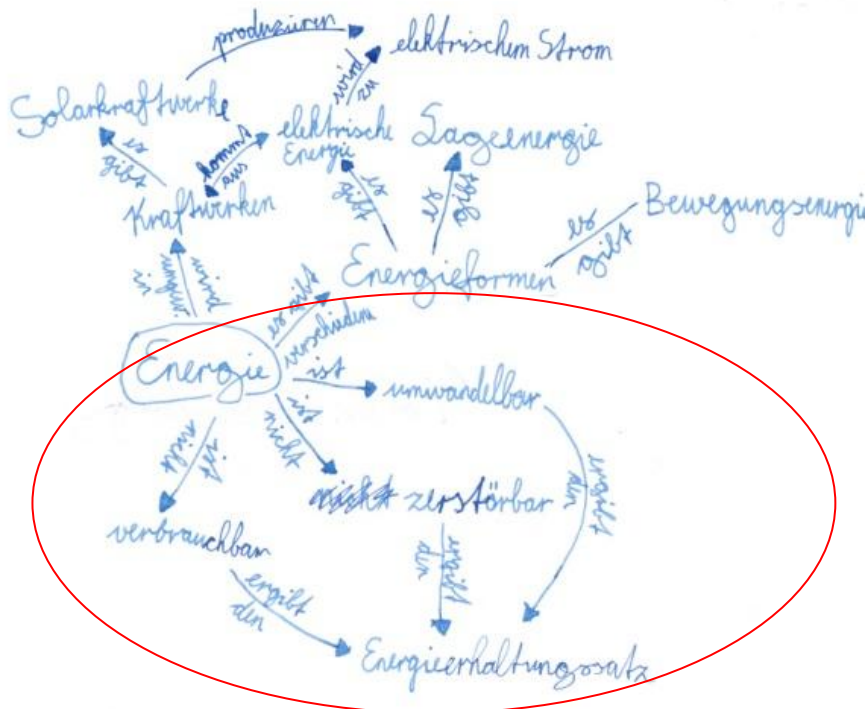


Abb. 19

## 6.2 Leitfadeninterview

### Erklärung des Begriffs „Energie“

Auf die Frage, wie sie den Begriff „Energie“ z.B. einem Mitschüler erklären würden, zählten alle vier befragten Schüler mehr oder weniger passende, verschiedene Energieformen auf. Ein Schüler sprach unter anderem von künstlicher und natürlicher Energie. Zwei Befragte

sagten, dass Energie eine Kraft sei, die in einem Körper steckt bzw. diesen beeinflusst. Zweimal wurde im Rahmen der Erklärung der Energieerhaltungssatz angeführt, ein Schüler erklärte, ohne diesen zu nennen, dass Energie nicht erzeugt oder vernichtet, sondern nur umgewandelt werden kann. Ein Interviewpartner führte im Rahmen seiner Erklärungen an: „Energie ist der Zustand eines physikalischen Systems.“ Auf die Frage, was man sich unter einem physikalischen System vorstellen kann, antwortete er: „In diesem Fall ist das das Auto. Das ist der Körper, der Energie hat“. Auf Nachfrage gab er an, den Begriff aus dem Physikbuch zu kennen. Ein anderer Schüler begann seine Erklärung treffend mit folgender Aussage: „Energie ist ein sehr, sehr großer Begriff.“

### ***Beispiele aus dem Alltag und bei der Entwicklung der Fahrzeuge***

Die Schüler wurden aufgefordert, ein Beispiel aus dem Alltag zu nennen, bei dem der Begriff Energie eine Rolle spielt. Im Folgenden werden zwei Beispiele, welche die Schüler anführten, dargestellt.

„Straßenbahn fahren. Damit sich die Straßenbahn bewegt braucht sie elektrische Energie. Das wird durch Motoren, durch die elektromagnetische Induktion umgewandelt in Bewegungsenergie und natürlich auch in Wärmeenergie.“

„Auto, das verbrennt fossilen Treibstoff, Diesel und Benzin und tut dann die Wärme umwandeln in Bewegungsenergie. Und dann bewegt es sich vorwärts. Beim Fernseher kommt elektrische Energie vor. Da wird elektrische Energie, die vom Stromnetz kommt, in Licht umgewandelt.“ Die Frage, woher dabei die elektrische Energie kommt, beantwortete der Schüler so: „Vom Stromnetz her und das kommt vom Kraftwerk her. Da gibt es verschiedene Kraftwerke – zählt einige auf – zum Beispiel das Windkraftwerk. Der Wind, der immer da ist, kommt auf ein Windrad. Das Rad dreht sich, geht auf einen Generator, der erzeugt Strom durch Magnete und dies wird in einem Transformator umgewandelt, dass es mehr Volt hat, aber die Stromstärke wird dadurch weniger. So bleibt es im Grunde genommen gleich und kann durch Strommasten weitergeleitet werden.“

Die Schüler sollten angeben, in welchem Zusammenhang sie bei der Entwicklung ihrer Autos auf „Energie“ gestoßen sind. Alle vier Befragten nannten die verschiedenen Antriebsmöglichkeiten, zählten die dabei auftretenden Energieformen und –umwandlungen auf und ordneten diese mehr oder weniger passend zu, wie folgendes Beispiel zeigt. „Auf jeden Fall haben sie uns erklärt, dass wenn das Auto steht, hat es auch Energie, die standhafte Energie. Wenn es runterfährt, geht es in eine andere Energieform über, z.B. in die Rollenergie, wegen der Räder, weil es hatte ja keinen Motor. Und dann wird die Rollenergie immer kleiner und dann wandelt es sich irgendwann wieder um in die Standenergie.“ Der Schüler erinnert sich genau an den Versuch. Es scheint ihm auch klar zu sein, dass Energie umgewandelt wird und er bemüht sich in seiner Antwort die Fachsprache zu verwenden. Allerdings sind sein Wissen und seine Vorstellungen noch sehr vage und die Vernetzung gelingt noch nicht.

### ***Energieerhaltungssatz***

Zwei Schüler nannten in ihrem Begriffsnetz der abschließenden Erhebung den Energieerhaltungssatz. Beide wurden befragt, ob und wo dieser im Zusammenhang mit dem Bau des Autos von Bedeutung war. Mit ihren Antworten zeigten beide Schüler, dass sie den Energieerhaltungssatz nicht nur formulieren können, sondern auch in der Lage sind, das Prinzip der Energieerhaltung auf ein realistisches Beispiel anzuwenden. Folgendes Beispiel verdeutlicht dies: „Also wir haben eine Rampe gemacht. Wie wir es raufgestellt haben, haben wir schon



mechanische Bewegungsenergie aufgewendet. Jetzt hat es Lageenergie gewonnen und wo wir es runter rollen haben lassen, hat es die Lageenergie immer mehr in Bewegungsenergie umgewandelt und natürlich auch in Reibungsenergie und damit auch in Wärmeenergie. [...] Die Energie wird nicht weniger, sie wird nur umgewandelt und am Ende haben wir mehr Wärmeenergie und fast keine Bewegungsenergie und weniger Lageenergie.“ Die Frage, wo denn nun die Wärmeenergie sei, konnte der Schüler nicht beantworten, fordert aber unmittelbar eine Antwort ein.

Alle Schüler verwendeten in ihren Erklärungen vermehrt physikalische Ausdrücke. Meistens waren diese korrekt und häufig auch richtig eingesetzt, um Vorgänge zu beschreiben. Zumindest ansatzweise zeigten alle Interviewten durch ihre Ausführungen Verständnis für das Prinzip der Energieerhaltung. Einzelne Schüler bewiesen ein bereits tiefgehendes Verständnis dieses Prinzips, in dem sie den Energieerhaltungssatz auf ein konkretes Beispiel weitgehend richtig anwenden konnten. Aus einigen Aussagen kann man schließen, dass sie zunehmend in der Lage sind, ihr Vorwissen aus dem Unterricht und neu erworbenes Wissen zu vernetzen. Dies zeigt sich auch in der Erklärungskette eines nicht besonders leistungsstarken Schülers auf die Frage, woher die elektrische Energie kommt (siehe oben). Dabei beschreibt er, wenn auch nicht ganz richtig, die Umwandlung der kinetischen Energie des Windes in elektrische Energie mit Hilfe von Rotorblättern und Generator, und den Transport der elektrischen Energie unter grundsätzlich richtiger Einbeziehung der Funktion des Transformators.

### ***Haltung zum Unterricht in der Naturwerkstatt***

Alle befragten Schüler gaben an, den Unterricht sehr gerne besucht zu haben, weil es Spaß gemacht hat. Auf die Nachfrage, was Spaß gemacht hat, 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 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 sagten 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.

## 7 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die Vorstellungen der Schüler zum Energiebegriff sind offensichtlich sehr unterschiedlich. Einerseits liegen Begriffslandkarten mit nur drei Knoten und fehlenden Relationen vor, andererseits erstellten Schüler Begriffsnetze mit 17 Begriffen, die durch beschriftete Pfeile richtig in Beziehung gesetzt wurden. Aus den vorliegenden Concept Maps kann man schließen, dass sich in dieser Schülergruppe Lernende befinden, die mit Energie keinerlei physikalische Inhalte verbinden, aber auch solche, die schon ein recht differenzierte Energiekonzept entwickelt haben. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Lernenden den Begriff Energie sehr eng mit elektrischem Strom und Elektrogeräten verbinden. Auffällig ist die häufige Nennung von Energy-Drinks in der Stammklasse, was bei diesen Schülern auf die Sichtweise hindeutet, Energie sei ein Treibstoff.

Die Teilnehmer der Naturwerkstatt führten in ihren Begriffslandkarten im Durchschnitt deutlich mehr Begriffe an als die Schüler der restlichen Stammklasse. Eine besondere Auffälligkeit zeigt sich beim Vergleich der Concept Maps, die vor Beginn des Unterrichts in der Naturwerkstatt erstellt wurden, mit jenen, welche die Schüler in der abschließenden Erhebung anfertigten. Während es bei den Naturwerkstattschülern durch vermehrte Nennungen physikalischer Fachbegriffe eine starke Verschiebung von der Kategorie „Dinge“ zur Kategorie „physikalische Termini“ gibt, können in der Vergleichsgruppe kaum Veränderungen festgestellt werden. Auch in den Interviews fiel auf, dass die Schüler der unverbindlichen Übung im Gespräch häufig Fachausdrücke verwendeten und diese meist richtig einsetzten, um Sachverhalte zu erklären bzw. zu beschreiben.

Dem Autor wurde während des Unterrichts und der Arbeit an dieser Studie der enge Zusammenhang von forschendem Lernen und der Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenzen und daraus folgend eine Veränderung der Schülervorstellungen bewusst. Um eine Perspektive verlassen zu können, in diesem Fall die Vorstellung zum Energiebegriff, ist emotionale und kognitive Bereitschaft notwendig. Diese Bereitschaft wird durch Fragen gefördert, deren Antworten man suchen und finden will. Durch die Problemstellung ist es in der Naturwerkstatt gelungen, dass die Lernenden eigene Fragestellungen entwickelten (siehe S. 18). Das Konzept sah vor, dass die Teilnehmer selbst nach Antworten suchen. Damit waren die Schüler offen für neue Informationen. Wenn nun in gemeinsamen Reflexionen und Gesprächen die Lernenden die Möglichkeit haben, ihre Antworten zu diskutieren und auf Richtigkeit zu überprüfen, ist eine gute Basis geschaffen, um neues Wissen in bestehende Denkstrukturen zu integrieren oder, um bereits vorhandene, nicht korrekte Vorstellungen umzudeuten und nachhaltig zu verankern.

Die vorliegende Untersuchung, eine Studie aus dem Jahr 1986 (Duit) und eine andere aus dem Jahr 2008 (Crossley & Starauschek) liefern ähnliche Ergebnisse, insbesondere in Bezug auf die Verschiebung hin zur Kategorie „physikalische Termini“. In den beiden anderen Untersuchungen lagen zwischen den Befragungen zwei bzw. drei Jahre, im Rahmen dieser Studie ergaben sich die Veränderung innerhalb von sieben Monaten. Dass eine ausgeprägte Veränderung der Vorstellungen in dieser doch recht kurzen Zeitspanne möglich ist, führe ich einerseits auf das Unterrichtskonzept und hier insbesondere auf die Schaffung der emotionalen und kognitiven Bereitschaft zurück, andererseits auf die günstigen Rahmenbedingungen, die in der unverbindlichen Übung gegeben waren.

Mit dieser Studie wurde folgenden Fragen nachgegangen:

1. Welche Vorstellungen haben die SchülerInnen am Beginn des Unterrichtes in der Naturwerkstatt zum Begriff Energie?
2. Wie verändern sich die Schülervorstellungen durch forschendes Lernen?
3. Welche Einstellung haben die Teilnehmer zum Unterricht in der Naturwerkstatt?

Zu Frage 1 wurde die Annahme getroffen, dass sich vor dem Beginn des Unterrichts in der Naturwerkstatt die Vorstellungen der Schüler der Naturwerkstatt und jene der restlichen Stammklasse nicht oder nur wenig unterscheiden. Die Ergebnisse zeigen, dass die Verteilung der Begriffe auf die einzelnen Kategorien bei beiden Gruppen übereinstimmt. Ein Unterschied ist lediglich in der Anzahl der Begriffsnennungen zu erkennen. Die Schüler der Naturwerkstatt führen durchschnittlich um 40% mehr Begriffe an. Auch die dargestellten Relationen in den Concept Maps machen keine auffälligen Unterschiede sichtbar.

Im Zusammenhang mit Frage 2 erwartete der Autor, dass in den Vorstellungen der Schüler der Naturwerkstatt, im Gegensatz zur Vergleichsgruppe, Fortschritte in Richtung physikalischer Sichtweise erkennbar werden und sie ein differenzierteres Energiekonzept entwickeln. Aufgrund der Ergebnisse, kann man davon ausgehen, dass sich die Vorstellungen dieser Schüler zum Energiebegriff verändert haben. Sie führen vermehrt physikalische Fachausdrücke an, verwenden diese teilweise passend im Rahmen von Gesprächen und zumindest ein Teil der Schüler kann Konzepte, wie beispielsweise jenes der Energiehaltung, auf praxisbezogene Beispiele anwenden.

Die Annahme zu Frage 3 lautete: Den Schülern der Naturwerkstatt gefällt der Unterricht und sie zeigen eine positive Grundhaltung. Die Aussagen der Schüler im Rahmen des Interviews und die vorne beschriebenen Beobachtungen bestätigen diese Annahme. Erfreulich ist, dass es für sie interessant ist, durch selbstständiges Recherchieren etwas Neues (bezogen auf physikalische Inhalte) zu lernen.

Forschendes Lernen scheint für diese Schülergruppe eine erfolgreiche Methode zu sein, hinsichtlich einer Weiterentwicklung der naturwissenschaftlichen Kompetenzen, einer Veränderung der Vorstellungen in Richtung physikalischer Sichtweise und scheint eine gute Voraussetzung für einen Konzeptwechsel zu sein. Es liegt also auf der Hand, forschendes Lernen, ausgehend von einer Kernidee mit offener Fragestellung, im regulären Physikunterricht häufig einzusetzen. Die Problematik der Rahmenbedingungen bei einem Transfer des beschriebenen Unterrichtes in den normalen Physikunterricht wurde bereits dargestellt.

Eine kleinere Kernidee könnte aber umsetzbar sein. Dazu sei abschließend eine Idee kurz skizziert. Bereits im Physikanfangsunterricht werden einfache Fahrzeuge auf ähnliche Art und Weise gebaut, getestet und weiterentwickelt. Die SchülerInnen planen, basteln, messen, dokumentieren, werten Ergebnisse aus und schreiben einen Bericht. Sie messen die Rollstrecke, führen Zeitmessungen durch und bestimmen die Masse der Fahrzeuge. Dabei können die Basisgrößen Weg, Zeit und Masse mit den dazugehörigen Einheiten eingeführt werden. Die gleichförmige und ungleichförmige Bewegung kann, zumindest näherungsweise, demonstriert und der Begriff Geschwindigkeit eingeführt werden. Eine erste Annäherung an den Energiebegriff könnte gelegt werden. Dabei ist zu beachten, dass Impulse gesetzt werden, welche die SchülerInnen zu einer Fragehaltung auffordern und selbstständiges Recherchieren ermöglichen. In folgenden Schulstufen im Zusammenhang mit neuen Inhalten

(z.B. Elektrizität) kann auf das Fahrzeug zurückgegriffen und dieses weiterentwickelt werden. Ein Konzept für die konkrete Umsetzung müsste erstellt werden. Ich werde es jedenfalls versuchen.

## 8 LITERATUR

AEPKERS, Michael (2002). Forschendes Lernen – Einem Begriff auf der Spur. In: Manfred Bönsch & Astrid Kaiser (Hrsg.), *Entdeckendes, Forschendes und Genetisches Lernen*. Reihe „*Basiswissen Pädagogik - Unterrichtskonzepte und Techniken*“, Band 4 Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren

BEHRENDT, Helga, HÄUßLER, Peter & REGER, Harry (1997): *Concept Mapping. Schülerinnen und Schüler legen ihre eigenen Begriffsnetze. Naturwissenschaften im Unterricht Physik, 8 (38), S 18 - 23*

BEHRENDT, Helga & REISKA, Priit (2001). Abwechslung im Naturwissenschaftsunterricht mit Concept Mapping. *Plus Lucis, 2001 (1)*

BRUNNER, Esther (2001). Forschendes Lernen. [http://schule.salzburg.at/begabtenfoerderung/Block\\_2\\_Didaktik\\_der\\_Begabtenfoerderung/Forschendes\\_Lernen.pdf](http://schule.salzburg.at/begabtenfoerderung/Block_2_Didaktik_der_Begabtenfoerderung/Forschendes_Lernen.pdf)

BELL, Thorsten (2007). Entdeckendes und forschendes Lernen. In: Silke Mikelskis-Seifert & Thorid Rabe (Hrsg.), *Physik-Methodik. Handbuch für die Sekundarstufe I und II*. Berlin: Cornelson Verlag Scriptor

DUIT, Reinders (1986). *Der Energiebegriff im Physikunterricht*. Kiel: IPN

DUIT, Reinders (2002). Alltagsvorstellungen und Physiklernen. In: Ernst Kirchner & Werner Schneider, (Hrsg.), *Physikdidaktik in der Praxis* (S. 1-26). Berlin: Springer

DUIT, Reinders (2004). *Schülervorstellungen und Lernen von Physik*. Online unter [http://www.uni-kiel.de/piko/downloads/piko\\_Brief\\_01\\_Schuelervorstellungen.pdf](http://www.uni-kiel.de/piko/downloads/piko_Brief_01_Schuelervorstellungen.pdf) [23.05.11]

DUIT, Reinders, GROPENGEIßER, Harald, STÄUDEL, Lutz. (2004). *Naturwissenschaftliches Arbeiten. Unterricht und Material 5-10*. Seelze: Friedrich

CROSSLEY, Antony & STARAUSCHEK, Erich (2010). *Schülerassoziationen zur Energie*. <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/204/170> [11.06.11]

LABUDDE, Peter (2008). *Naturwissenschaften vernetzen, Horizonte erweitern. Fächerübergreifender Unterricht konkret*. Seelze-Velber: Kallmayer in Verbindung mit Klett

HÄUßLER, Peter, BÜNDNER, Wolfgang, DUIT, Reinders, GRÄBER, Wolfgang, MAYER, Jürgen (1998). *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung. Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. Kiel: IPN

HOPF, Christel (2004). Qualitative Interviews – ein Überblick. In: Uwe Flick, Ernst Kardorff & Ines Steinke (Hrsg.). *Qualitative Forschung – Ein Handbuch*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag

HÖTTCKE, Dietmar (2010). *Forschend-entdeckender Physikunterricht. Naturwissenschaften im Unterricht Physik, 21 (119), S 4-11*

LUGITSCH, Johannes (2011). *Kompetenzen im experimentellen naturwissenschaftlichen Unterricht*. Diplomarbeit. Karl-Franzens-Universität Graz

MAYRING, Philipp (2002). *Einführung in die qualitative Sozialforschung*. Weinheim-Basel: Beltz Verlag

NÜCKLES, Matthias, GURLITT, Johannes, PABST, Tobias & RENKL, Alexander (2004). *Mind Maps & Concept Maps – Visualisieren, Organisieren, Kommunizieren*. München: Deutscher Taschenbuch Verlag

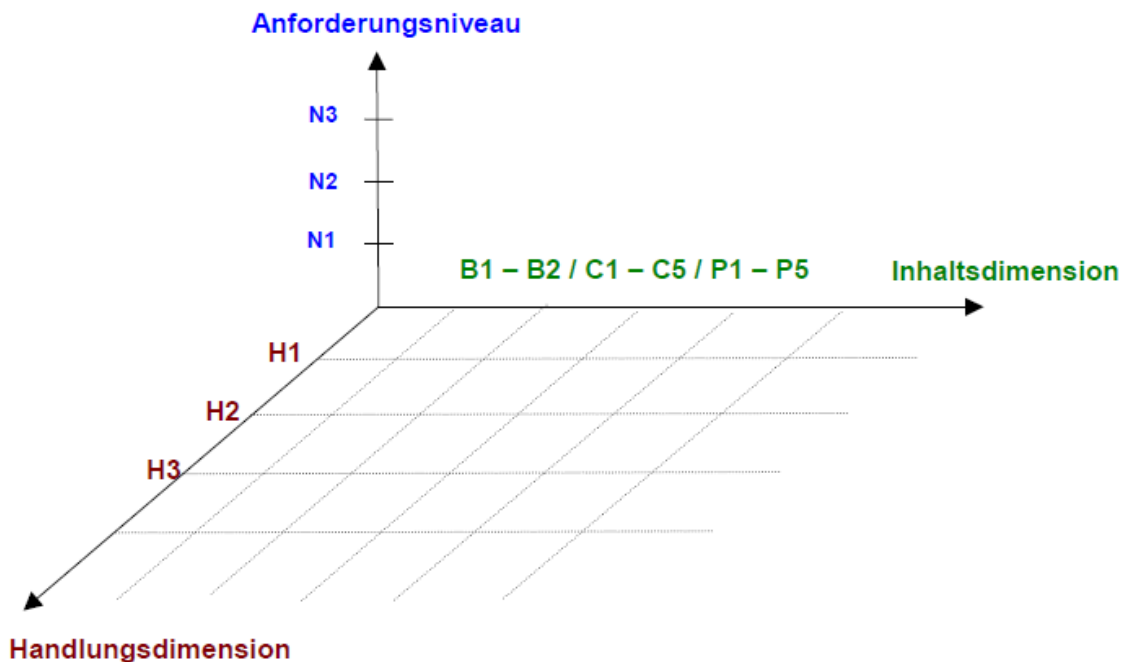
RIEMEIER, Tanja (2007). Moderater Konstruktivismus. In: Dirk Krüger & Helmut Vogt (Hrsg.). *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. (S. 69-79). Berlin: Springer

STANGL, Werner. *Das Interview*. Online unter <http://www.stangltaller.at/ARBEITSBLAETTER/FORSCHUNGSMETHODEN/Interview.shtml> [29.12.10]

# ANHANG

## Kompetenzmodell Naturwissenschaften 8. Schulstufe

Es handelt sich beim vorliegenden Kompetenzmodell um ein Zwischenergebnis, welches durch die jetzt bereits entstandenen und noch entstehenden Beispielaufgaben veranschaulicht werden muss.



### 1. Handlungsdimension (H)

#### 1.1. Handlungskompetenzen

##### **H1 Beobachten, Erfassen, Beschreiben**

Umfasst die Kompetenz, Vorgänge und Erscheinungsformen der Natur aus der Sicht der naturwissenschaftlichen Fächer zu beobachten, zu beschreiben und mitzuteilen. Dazu gehören das Ordnen, Darstellen und Protokollieren dieser Phänomene und die Durchführung einfacher Messungen, einzeln oder im Team.

##### **H2 Untersuchen, Bearbeiten, Interpretieren**

Umfasst die Kompetenz, Vorgänge und Erscheinungsformen in Natur und Umwelt mit fachspezifischen Methoden einzeln oder im Team zu untersuchen, zu interpretieren und daraus Erkenntnisse zu gewinnen, zu dokumentieren und zu präsentieren. Dazu gehören das Aufstellen von Vermutungen, das Formulieren von Fragen, das Beschaffen von Informationen und die Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten und Messungen.



### **H3 Bewerten, Entscheiden, Handeln**

Umfasst die Kompetenz Daten, Fakten und Ergebnisse einzeln oder im Team bezüglich ihrer Bedeutung und Konsequenzen zu bewerten. Dazu gehören das kritische Hinterfragen von naturwissenschaftlichen Aussagen und die Bereitschaft, das erworbene Wissen verantwortungsbewusst anzuwenden. Kenntnis der Auswirkungen des eigenen Tuns auf die Umwelt ist Teil dieser Kompetenz.

Die Einsicht in die Bedeutung von Technik und Naturwissenschaften für Alltag und Beruf erweitert die Entscheidungsfähigkeit bezüglich der Auswahl des weiteren Bildungsweges.

## **1.2. Die Handlungskompetenzen im Detail**

### **Bereich H 1: Beobachten, Erfassen, Beschreiben**

H 1.1 Ich kann Vorgänge und Erscheinungsformen in der Natur, Umwelt und Technik beobachten, beschreiben und benennen und den Teilbereichen der Naturwissenschaften zuordnen.

H 1.2 Ich kann einfache Messungen durchführen.

H 1.3 Ich kann Vorgänge und Erscheinungsformen in Natur und Umwelt in verschiedenen Formen (Grafik, Tabelle, Bild, Diagramm, ....) darstellen und erläutern.

H 1.4 Ich kann die Auswirkungen von Vorgängen in Natur, Umwelt und Technik auf die Umwelt und Lebenswelt erfassen und beschreiben.

### **Bereich H 2: Fragen, Untersuchen, Interpretieren**

H 2.1 Ich kann mit unterschiedlichen Medien aus unterschiedlichen Quellen fachspezifische Informationen beschaffen.

H 2.2 Ich kann zu Vorgängen und Erscheinungen in Natur, Umwelt und Technik Fragen stellen und Vermutungen aufstellen.

H 2.3 Ich kann zu Fragestellungen eine passende Untersuchung oder ein Experiment planen, durchführen und protokollieren.

H 2.4 Ich kann Daten und Ergebnisse von Untersuchungen analysieren (ordnen, vergleichen, Abhängigkeiten feststellen), interpretieren, erklären und kommunizieren.

### **Bereich H 3: Bewerten, Entscheiden, Handeln**

H 3.1 Ich kann Daten, Fakten und Ergebnisse aus verschiedenen Quellen aus naturwissenschaftlicher Sicht bewerten und Schlüsse daraus ziehen.

H 3.2 Ich kann die Chancen und Risiken der Anwendungen von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen für mich persönlich und für die Gesellschaft erkennen und verantwortungsbewusst handeln.

H 3.3 Ich kenne die Bedeutung von Naturwissenschaft und Technik für verschiedene Berufsfelder und verwende diese Kenntnis bei der Wahl meines weiteren Bildungsweges.

H 3.4 Ich kann naturwissenschaftliche und nicht-naturwissenschaftliche Argumentationen und Fragestellungen unterscheiden.

## Interviewleitfaden

Die Interviewpartner begrüßen und den Ablauf des Interviews schildern. Den Schülern mitteilen, wozu das Interview verwendet wird. Anonymität zusagen.

**Wichtiger Hinweis:** Du hast Zeit zum Nachdenken. Du musst nicht sofort antworten.

**Für mich:** Warten können. Pausen aushalten!!!

1. Energie, was ist das für dich? Wie würdest du den Begriff Energie einer Mitschülerin / einem Mitschüler erklären?
2. Energie spielt in vielen Zusammenhängen eine Rolle. Kannst du dazu ein Beispiel aus dem Alltag angeben?
3. Bist du bei der Entwicklung deines Autos auf den Begriff Energie gestoßen? In welchem Zusammenhang?
4. Spezielle Fragen zum Concept Map des jeweiligen Schülers: Die Begriffsnetze werden vorgelegt  
NN1P / NIN6: Energie ist unsichtbar; sie fließt schnell  
Einteilung in natürlich, künstlich, chemisch – wie kommst du darauf?  
ON7A / OTL5: 2. Concept Map: Energie ist nicht zerstörbar, ist nichtverbrauchbar; ist umwandelbar → ergibt den Energieerhaltungssatz – Woher kennst du ihn? Kannst du mir das erklären; kannst du dazu ein Beispiel aus der Naturwerkstatt anführen?  
ABN5I / AON7: Energieherstellung, Energieüberfluss, Energiemangel, Energieverbrauch – Warum diese Begriffe im inneren Kreis? Wie erfolgt die Herstellung von Energie? Woraus wird sie gemacht? Wie stellst du dir das vor?

RN1A / PRNO: 1. Du hast die Definition und die Einheit von Energie angegeben. Woher weißt du das? Kannst du das auf ein Alltagsbeispiel anwenden?

2. Du hast den Energieerhaltungssatz angeführt. Woher kennst du den Satz? Kannst du ein Beispiel dazu aus der Naturwerkstatt angeben, im Zusammenhang mit dem Auto?

Du schreibst, Energie ist der Zustand eines physikalischen Systems. Woher stammt diese Aussage? Kannst du mir den Satz an Hand eines Beispiels erklären?

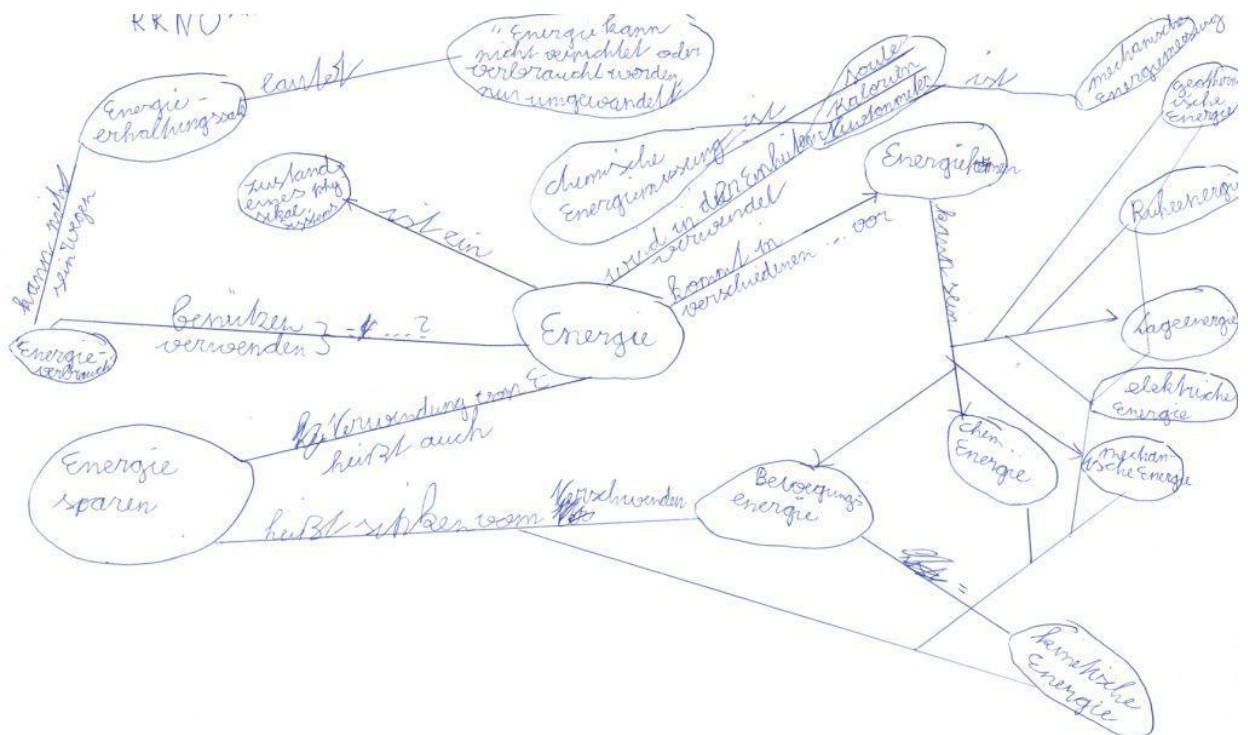
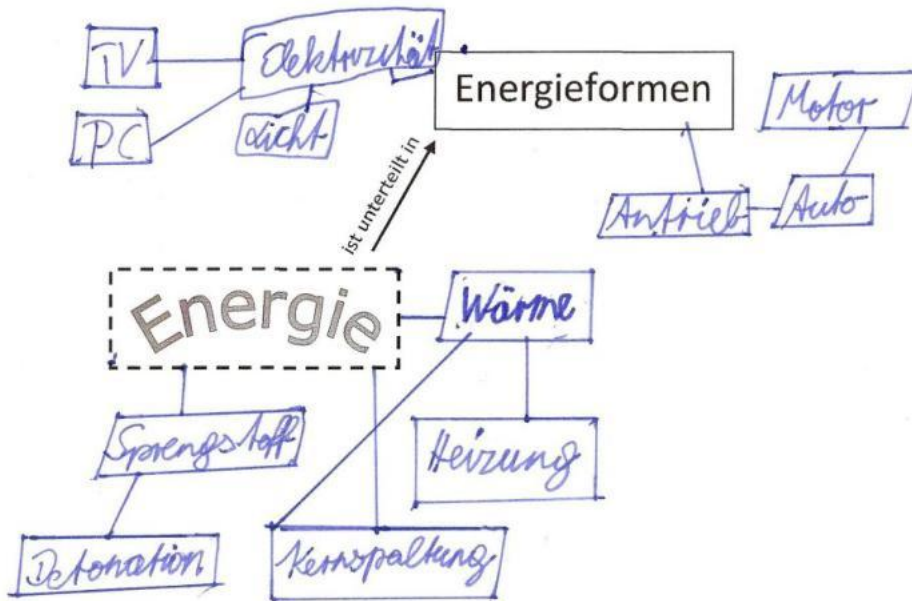
5. Wie gerne bist du zur Naturwerkstatt am Nachmittag gekommen und Warum?

6. Was hat dir gut gefallen, was weniger gut?

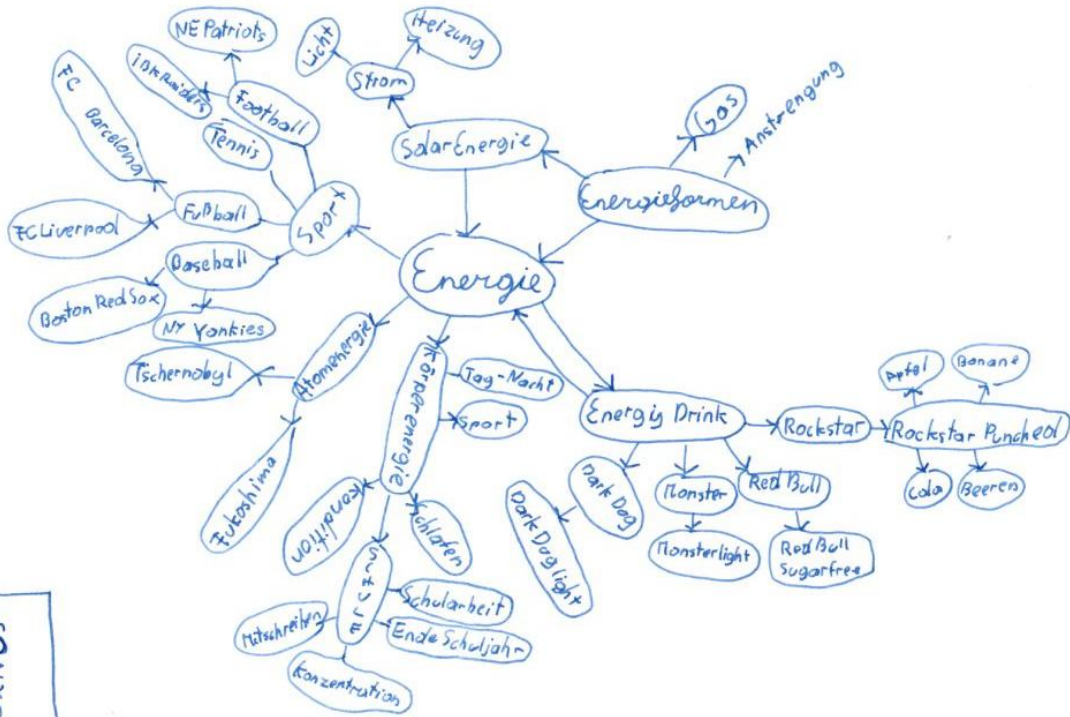
7. Würdest du dich wieder anmelden?

**Bedanken**

# Concept Maps - Beispiele



OXN03



AN91

