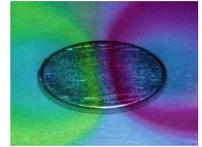




## **IMST – Innovationen machen Schulen Top**

Themenprogramm: Kompetenzen im mathematischen  
und naturwissenschaftlichen Unterricht



# **DER WISSENSCHAFTLICHE PROZESS IM PHYSIK-LABOR**

ID 2004

**Mag. Wolfgang Plank**

**BRG 14, Wien**

Wien, August 2017

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>2</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>4</b>
<b>VORWORT</b> .....	<b>5</b>
<b>1     AUSGANGSSITUATION</b> .....	<b>6</b>
<b>2     ZIELE</b> .....	<b>7</b>
2.1   Ziele auf LehrerInnen-Ebene .....	7
2.2   Ziele auf SchülerInnen-Ebene .....	7
2.3   Ziele in Hinblick auf Diversität und Gender.....	7
<b>3     PLANUNG</b> .....	<b>8</b>
3.1   Projektablauf und Maßnahmen.....	8
3.2   Bezüge zur fachdidaktischen Literatur .....	8
3.3   Kompetenzorientierte Unterrichtsplanung.....	8
3.4   Geplante kompetenzorientierte Aufgaben .....	10
<b>4     DURCHFÜHRUNG</b> .....	<b>15</b>
4.1   Die Umsetzung.....	15
4.2   Einsatz der Lern- und Leistungsaufgaben .....	15
4.3   Verbreitung und Vernetzung .....	20
<b>5     PROJEKTPRODUKTE UND ERKENNTNISSE</b> .....	<b>21</b>
5.1   Evaluationskonzept .....	21
5.2   Auswertung .....	21
5.3   Interpretation.....	24
<b>6     RESÜMEE UND AUSBLICK</b> .....	<b>25</b>
<b>7     LITERATUR</b> .....	<b>26</b>
<b>8     ANHANG</b> .....	<b>27</b>
<b>ERKLÄRUNG</b> .....	<b>28</b>

## Impressum

<i>Schulstufe:</i>	10 und 11 Schulstufe
<i>Fächer:</i>	Physik-Labor
<i>Kontaktperson:</i>	Wolfgang Plank
<i>Kontaktadresse:</i>	BRG14, Linzer Straße 146, 1140 Wien
<i>MitarbeiterInnen</i>	Wolfgang Plank

## ABSTRACT

*Die Physik als evidenzbasierte Wissenschaft hat sich historisch im Zusammenspiel von Theorie und Experiment weiterentwickelt. Im Schulunterricht wird dieser Entwicklungsprozess kaum abgebildet. Ziel dieses IMST-Projekts war es, die Fähigkeiten der Schüler/innen in für den wissenschaftlichen Prozess zentralen Kompetenzen zu überprüfen und weiterzuentwickeln. Im Abgleich mit dem Kompetenzmodell für Naturwissenschaften fiel die Wahl auf Kompetenzen in den Bereichen „Daten und Ergebnisse von Untersuchungen analysieren und interpretieren“, und „ Daten, Fakten und Ergebnisse aus verschiedenen Quellen aus naturwissenschaftlicher Sicht bewerten und Schlüsse daraus ziehen.“*

*Als Themengebiete wurden Energieumwandlungen und erneuerbare Energie gewählt. Die Schüler/innen führten einfache Experimente zu Energieumwandlungen durch, analysierten und interpretierten die Daten. Im zweiten Teil wurden Artikel und Videos zum Thema erneuerbare Energien analysiert und wissenschaftlich bewertet. Die Einschätzung der Schüler/innen zur rein technischen Lösbarkeit der Energieproblematik wurde vor und nach der Artikel-Studie abgefragt und analysiert.*

# VORWORT

Durch das Aufkommen neuer Kommunikationstechnologien (Internet, Smartphones) haben sich die Anforderungen an einen zeitgemäßen Schulunterricht verändert.

Der früher im Vordergrund stehende Wissenserwerb ist in einer Welt, in der nahezu das gesamte Fakten-Wissen jederzeit und überall auf Knopfdruck abrufbar ist, seiner zentralen Position beraubt und ist heute nur mehr ein Glied in einem erweiterten Kompetenzmodell.

In der Sprache des Kompetenzmodells ausgedrückt stehen den W-Kompetenzen heute die E- und S-Kompetenzen gleichberechtigt zur Seite.

Das Projekt ID2004, im schulautonomen Gegenstand „Physik-Labor“, setzt sich zum Ziel die wichtiger gewordenen E-Kompetenzen umfassender zu fördern. Eine entsprechende Schwerpunktsetzung fand sich auch schon im Vorgängerprojekt ID1679 „innovatives Physik-Labor“.

Wie schon im Projektantrag ausgeführt, haben die Schüler/innen im schulautonomen Gegenstand „Physik-Labor“ die Möglichkeit das Zusammenspiel von Theorie und Experiment anhand eigener Experimente zu erfahren.

Diese fachimmanenten Möglichkeiten mit den Möglichkeiten der modernen Technologien zu kombinieren war die ursprüngliche Motivation für das Projekt.

Dabei können sie sich die Fähigkeiten (Kompetenzen) aneignen, Forschungsfragen selbst zu formulieren und wissenschaftlich zu bearbeiten.

Es gab allerdings im Sommer und Herbst 2016 einige Entwicklungen, die eine erweiterte Ausrichtung motivierten.

Unter anderem den Wahlkampf in den USA, der auch die politische Diskussion in Europa und insbesondere Österreich stark beeinflusste, da es ja auch in Österreich einen Wahlkampf um das höchste Amt im Staat gab.

Im Bereich der Energiepolitik vertraten die US-PräsidentschaftskandidatInnen der beiden großen Parteien konträre Ansichten. Die Republikaner befürworteten einen Kurs in Richtung verstärkter Nutzung nicht erneuerbarer, fossiler Energieträger (Erdöl, Erdgas und Kohle), während die Demokraten verstärkt auf erneuerbare Energien setzen wollten.

Diese Diskussion mag auf den ersten Blick für Europa nebensächlich erscheinen, aber man darf nicht vergessen, dass die USA als führende Wirtschaftsmacht international eine Vorbildrolle einnehmen und auch auf die Festlegung der Klimaziele der Vereinten Nationen großen Einfluss nehmen.

Dabei geht es in erster Linie um den Einfluss steigender Kohlendioxid- ( $\text{CO}_2$ ) Emissionen auf das Klima und in weiterer Folge um eine Begrenzung derselben.

Finanziert von der Öl- und Kohlelobby hat sich in den letzten Jahren eine gut organisierte „climate denier“ Bewegung entwickelt, die das Vertrauen der Bevölkerung in die Klimaforschung unterminieren soll und das leider auch zunehmend erfolgreich tut.

Will man der Manipulation der Lobbyisten entgegenwirken, muss man den Menschen die Mittel in die Hand geben, zwischen Falschmeldungen und Fakten zu unterscheiden.

Wie man sieht haben die neuen Kommunikationstechnologien nicht nur den Zugriff auf Fakten erleichtert, sondern auch die Verbreitung von falschen oder aus dem Kontext gegriffenen Behauptungen in großem Stil ermöglicht.

Das führt uns zurück zum kompetenzorientierten Physikunterricht, in diesem Fall zu den Kompetenzbereichen **E4**: Daten und Ergebnisse von Untersuchungen analysieren (ordnen, vergleichen, Abhängigkeiten feststellen) und interpretieren und **S1**: Daten, Fakten und Ergebnisse aus verschiedenen Quellen aus naturwissenschaftlicher Sicht bewerten und Schlüsse daraus ziehen.

# 1 AUSGANGSSITUATION

Das Projekt wird am Schulstandort BRG14, Linzer Straße 146, Wien durchgeführt.

Es sind drei Klassen beteiligt, alles Realgymnasiums-klassen. Zwei Klassen sind reine Realgymnasiums-klassen, die dritte ist geteilt und nur der Realteil nimmt am Projekt teil.

Durchgeführt wird das Projekt im schulautonomen Fach „Physik-Labor“. Dieses ist am Standort Pflichtgegenstand für Realgymnasiast/innen im zehnten und elften Schuljahr. Es gibt zwei Laborstunden pro Woche.

Die Klassen sind in zwei Gruppen geteilt, da ein Laborunterricht mit einer ganzen Klasse nicht durchführbar wäre. Die eine Hälfte hat Physik-Labor, die andere Biologie-Labor (zehnte Schulstufe) oder Chemie-Labor (elfte Schulstufe). Der Unterricht findet am Nachmittag statt. Es handelt sich bei allen drei Klassen um Laptop-Klassen, jede Schüler/in sollte einen Laptop dabei haben. In der Praxis fehlen immer wieder einige Laptops (beschädigt oder vergessen). Das spielt aber keine große Rolle, da die Schüler/innen in Teams von 2-3 Personen arbeiten; zudem kann etwaige Internetrecherche auch am Smartphone durchgeführt werden.

Das Projekt schließt an an das Vorgängerprojekt ID1679 „innovatives Physik-Labor“ an.

Die Ausgangssituation stellt sich so dar, dass im Unterricht zumeist „klassische“ Experimente mit Materialien und Unterlagen aus Schülerversuchskästen bearbeitet werden. Schwingungsversuche, einfache Schaltkreise und ähnliches.

Ziel ist es, wie schon im Vorwort angesprochen, mehr eigenständiges Denken der Schüler/innen und mehr Aktualität, mit Aufgabestellungen mit Relevanz zum Zeitgeschehen, einzubringen.

Schulstufe	Klasse	Anzahl Mädchen	Anzahl Buben	Gesamtanzahl SchülerInnen
10	6 C	7	3	10
10	6 D	11	14	25
11	7 C	7	17	24

## 2 ZIELE

### 2.1 Ziele auf LehrerInnen-Ebene

Moderne Technologien werden verstärkt in den Unterricht und die Aufgabenstellungen eingebunden. Unterricht und Aufgabenstellungen beziehen sich stärker auf das aktuelle Zeitgeschehen.

Der Unterricht ist kompetenzorientierter, die Aufgabenstellungen werden konsequenter auf die jeweilig zu trainierende Kompetenz ausgerichtet.

### 2.2 Ziele auf SchülerInnen-Ebene

#### 2.2.1 Überfachliche Kompetenzen

Die Schüler/innen entwickeln eine positive Einstellung gegenüber den Naturwissenschaften. Ihr kritisches Denken wird gefördert. Sie lernen in Teams zu arbeiten, sich die Arbeitsaufträge selbständig in einzelne Arbeitsschritte zu teilen und aufzuteilen. Sie kommunizieren untereinander und erläutern sich gegenseitig die jeweils erarbeiteten Teilergebnisse. Sie üben Internetrecherche und den Umgang mit modernen Datenverarbeitungsprogrammen.

#### 2.2.2 Fachliche Kompetenzen

Die Schüler/innen lernen naturwissenschaftliche Methoden eigenständig anzuwenden und Methoden anwendungsorientiert zu kombinieren. Sie lernen ihre eigenen Fähigkeiten und Interessen besser einzuschätzen. Sie arbeiten mit zeitgemäßen Technologien, Datenerfassung und Analyse erfolgt computergestützt.

Es wird das Kompetenzmodell Naturwissenschaften der 8. Schulstufen verwendet, zusammen mit dem darauf aufsetzenden Kompetenzmodell Oberstufen Semestrierung (zu Beginn des Projekts noch ein Entwurf, inzwischen offiziell). Das Projekt konzentriert sich auf die Teilkompetenzen

**E4:** Daten und Ergebnisse von Untersuchungen analysieren (ordnen, vergleichen, Abhängigkeiten feststellen) und interpretieren.

und

**S1:** Daten, Fakten und Ergebnisse aus verschiedenen Quellen aus naturwissenschaftlicher Sicht bewerten und Schlüsse daraus ziehen.

### 2.3 Ziele in Hinblick auf Diversität und Gender

Zurückhaltende, eher schüchterne Schülerinnen werden bestärkt sich gleichberechtigt ins Team einzubringen. Es wird auf eine egalitäre Atmosphäre geachtet. Es wird in gemischten und reinen Mädchengruppen gearbeitet. Schüler/innen mit Migrationshintergrund und sprachliche Defizite bekommen als Teampartner Mitschüler/innen, die die gleiche Muttersprache sprechen; oder falls ihnen das lieber ist, wird zumindest eine Absprache getroffen, dass sich eine Mitschüler/in gleicher Muttersprache jederzeit zur Beantwortung von Fragen bereit erklärt.

Zwar handelt es sich bei allen Klassen um Laptop-Klassen, aber es kann passieren, dass Schüler/innen aus Familien mit begrenzten finanziellen Mitteln, wenn ihr Laptop kaputt ist, einige Zeit über keinen Ersatz verfügen. In diesem Fall teilen die Teampartner/innen mit ihnen ihr Gerät.

## 3 PLANUNG

### 3.1 Projektablauf und Maßnahmen

Die Ausgangssituation: Schon vor Jahren wurde von einem ehemaligen Kollegen eine Versuchsreihe für den Gegenstand „Physik-Labor“ ausgearbeitet. Diese Versuche basierten vor allem auf den Schülerversuchskästen und den dazu gelieferten Anleitungen.

Die Versuche wurden an spätere Kollegen weitergereicht und werden in Teilen in modifizierter Form noch immer eingesetzt. Aufgrund ihrer langen Geschichte datieren diese Aufgabenstellungen vor der Zeit eines kompetenzorientierten Unterrichts moderner Prägung. Aufbau und Durchführung sind im Detail vorgegeben, eine Tatsache die manchen Schüler/innen nicht ungelegen kommt, da sie einfach nur Vorgaben „abarbeiten“ müssen.

Die Vermittlung komplexerer Kompetenzen ist hier nur bedingt möglich. Es fehlt auch an Aktualität, praktisch jeden dieser Versuche hätte man schon vor 100 Jahren durchführen können. Daher sind auch moderne Technologien nicht berücksichtigt.

Die Maßnahmen zur Verbesserung der Ausgangssituation werden in den Abschnitten 3.3 und 3.4 beschrieben und erläutert.

### 3.2 Bezüge zur fachdidaktischen Literatur

Die der Projektplanung zugrunde liegenden Überlegungen stützen sich zuerst auf die schon in Punkt 2.2 angesprochenen Kompetenzmodelle. Des Weiteren auf Ausführungen zur Physikdidaktik in *Physikdidaktik kompakt* (Wiesner 2011) und den Arbeiten des Bildungsforschers Reinders Duit, insbesondere zur Physikdidaktik.

Reinders Duit hat sich intensiv mit Schülervorstellungen zur Energie beschäftigt. Im Artikel *Learning and Teaching Energy* von Reinders Duit und Peter Haeussler, diskutieren die Autoren die „energy quadriga“: energy transformation, energy transport, energy conservation und energy degradation. Als zentrale Aspekte des Energiekonzepts werden „*transformation and conservation*“ identifiziert, also Energieumwandlungen und Energieerhaltung. Dort knüpft auch dieses Projekt an. Die Schüler/innen emulieren den wissenschaftlichen Prozess anhand von energiebezogenen Aufgabenstellungen und der Analyse einer Gruppe von Artikeln zum Thema erneuerbare Energie.

### 3.3 Kompetenzorientierte Unterrichtsplanung

Das Ziel des Projektes ist eine Verknüpfung von Schüler/innen-Experimenten mit Diskussionen in den Medien (TV, Zeitungen, Magazine) zum Thema erneuerbare Energien.

Die Schüler/innen sollen in der Lage sein, „Daten, Fakten und Ergebnisse aus verschiedenen Quellen aus naturwissenschaftlicher Sicht zu bewerten und Schlüsse daraus ziehen“, wie es in der Beschreibung zur S1-Kompetenz so prägnant zusammengefasst wird.

Dazu wird es nötig sein „Daten und Ergebnisse von Untersuchungen zu analysieren, zu ordnen und vergleichen, Abhängigkeiten festzustellen und Daten zu interpretieren“, kurz gesagt, die E4-Kompetenz. Das Projekt ist in mehrere Abschnitte geteilt. In allen Projektphasen wird in kleinen Gruppen gearbeitet.

	Kompetenz laut Kompetenzmodell: E4	Kompetenz laut Kompetenzmodell: S1
1. Gewählter <b>fachlicher Inhalt</b> und <b>Kontext</b> , um den genannten Kompetenzbereich (die genannten Bereiche) zu fördern;	Datenanalyse und Interpretation in verschiedenen Einheitensystemen. Arbeiten mit Internetressourcen.	Literatur-Quellen aus naturwissenschaftlicher Sicht bewerten und Schlüsse ziehen.
2. Geplante <b>Handlungen</b> von Seiten der Schülerinnen und Schüler:	Umrechnungen von SI-Einheiten und Anglo-amerikanischen Einheiten.	Lesen und analysieren von Artikeln (bzw. Auszügen von Artikeln) zu den Themen Energie und Mobilität und Schlussfolgerungen bezüglich der Realisierbarkeit der Behauptungen in den Artikeln ziehen.
3. Mögliche <b>Herausforderungen</b> beim Lernen (Lernschwierigkeiten):	Große Zahlen haben verschiedene Bezeichnungen: Billion (dt.) ≠ Billion (engl.).  Formelinterpretation.	Sprachprobleme bei englischsprachlichen Quellen. Im angloamerikanischen Raum können sich Einheiten gleichen Namens unterscheiden, eine englische Gallone ist größer als eine amerikanische. Man muss nicht nur auf die Sprache, sondern auch auf das Land der Publikation achten.
4. <b>Vorhandenes Wissen und Können</b> (auch Alltagserfahrungen) bzw. mögliche (Fehl-) <b>Vorstellungen</b> , von denen wir ausgehen bzw. mit denen eventuell zu rechnen ist:	Energieerhaltung, Energieumwandlungen. Fehlvorstellungen: „Strom“ wird verbraucht.	Kritisches Lesen, Exzerpieren.
5. Welche Aspekte bezüglich <b>Diversität</b> wollen wir konkret berücksichtigen? Welche Form der Individualisierung wollen wir umsetzen?	Nicht-hierarchische Teams, Kollegialität, Teammitglieder setzen ihre Stärken individuell ein und erklären sich gegenseitig komplizierte Rechenschritte etc.	Individuelles Feedback bei Sprachproblemen.
6. Gründe für unsere Wahl der Unterrichts- und <b>Lernschritte</b> und für das geplante Vorgehen unter Berücksichtigung des Diversitätsaspekts:	Erfahrungswerte aus vergangenen Jahren. Starke Schüler/innen erledigen die Aufgabenstellungen schneller und können dann die Zeit nutzen schwächeren Schüler/innen Feedback zu geben, dabei lernen beide.	Das zunehmende Aufkommen von „fake news“. Daher die Entscheidung für in Massenmedien erschienenen oder diskutierten Artikel.

<p>7. Mit welchen <b>Aufgabenstellungen</b> wollen wir feststellen, ob meine SchülerInnen die erwarteten Kompetenzen erworben haben? Welche Lösungsvorschläge sind zu erwarten?</p>	<p>Rechenaufgaben zu Energie, Energieumwandlung und Wirkungsgrad.</p>	<p>Die Überprüfung des Kompetenzerwerbs erfolgt dadurch, dass die Schüler/innen Protokolle anfertigen, in denen sie ihre Schlussfolgerungen zusammenfassen und in der Klasse präsentieren, mit Feedback der anderen Schüler/innen und der Lehrperson.</p>
---	---	---

### 3.4 Geplante kompetenzorientierte Aufgaben

#### 3.4.1 Beschreibung einer Lernaufgabe

Die Aufgabe besteht darin, sich wieder mit Lerninhalten aus dem Physikunterricht der 9. Klasse vertraut zu machen und Daten aus Internetquellen zu analysieren und zu interpretieren.

Bei den Lerninhalten handelt es sich um verschiedene Einheitensysteme (SI und angloamerikanisches Maßsystem) und Präfixen wie sie in der wissenschaftlichen Benennung von besonders großen oder kleinen Größen üblich sind (Kompetenz E4).

Diese Fähigkeiten sind im weiteren Projektverlauf unverzichtbar, da wichtige Energieträger in Publikationen zum Thema in angloamerikanischen Einheiten angegeben werden. Ein typisches Beispiel ist Erdöl, mit Fördermengen in Barrel (Fass).

Mit dem Input dieser Einheit sollen die Schüler/innen auf einen homogenen Wissensstand gebracht werden, unabhängig vom bisherigen Unterricht. Die Einheit beinhaltet auch Übungen zur Verwendung von Internetressourcen (Umrechnungs-Webseiten, Videos, Artikel, Recherche) und bezieht sich des Weiteren in der Aufgabenstellung auf ein tagesaktuelles Thema.

Der sich auf die Lernaufgabe beziehende Teil des Arbeitsblatts wurde sieht folgendermaßen aus:

-----

#### 1. Darstellung sehr großer und sehr kleiner Zahlen.

SYMBOL	NAME	WERT	ZAHL - WORT
E	Exa	$10^{18}$	Trillion = Quintillion (engl.)
P	Peta	$10^{15}$	Billiarde = Quadrillion (engl.)
T	Tera	$10^{12}$	Billion = Trillion (engl.)
G	Giga	$10^9$	Milliarde = Billion (engl.)
M	Mega	$10^6 = 1\,000\,000$	Million
k	Kilo	$10^3 = 1000$	Tausend
h	Hekto	$10^2 = 100$	Hundert
da	Deka	$10^1 = 10$	Zehn
---		$10^0 = 1$	Eins

<b>d</b>	<b>Dezi</b>	<b><math>10^{-1} = 0,1</math></b>	<b>Zehntel</b>
<b>c</b>	<b>Centi</b>	<b><math>10^{-2} = 0,01</math></b>	<b>Hundertstel</b>
<b>m</b>	<b>Milli</b>	<b><math>10^{-3} = 0,001</math></b>	<b>Tausendstel</b>
<b>μ</b>	<b>Mikro</b>	<b><math>10^{-6} = 0,000\ 001</math></b>	<b>Millionstel</b>
<b>n</b>	<b>Nano</b>	<b><math>10^{-9}</math></b>	<b>Milliardstel</b>
<b>p</b>	<b>Pico</b>	<b><math>10^{-12}</math></b>	<b>Billionstel</b>

### Übungsbeispiele

- $4,2 \times 10^{17} \text{ J} =$
- $4,02 \times 10^{-8} \text{ J} =$
- $5 \times 10^{-2} \text{ kg} =$

## 2. Einheitenumrechnungen

Tabellen aus: [http://de.aveva.com/mini-home/liblocal/docs/Info-Bereich/Umrechnung\\_dt\\_22-04-2013.pdf](http://de.aveva.com/mini-home/liblocal/docs/Info-Bereich/Umrechnung_dt_22-04-2013.pdf)

Beachte: Weder eine *short ton* (2000 Pounds) noch eine *ton* (2240 Pounds) entspricht einer Tonne!

Beachte: Gerade bei Kohle, Erdöl und Gas sind Btu und SKE oft anzutreffen – man findet zum Beispiel Angaben zu Erdöl in *SKE – Äquivalent* – d.h. diese Menge Öl enthält die gleiche Menge Energie wie die angegebene Menge Steinkohle!

## 3. Internetquellen zur Umrechnung

<http://www.umrechnung.org>

und

<http://www.metric-conversions.org>

-----

Zuerst wurden die Tabellen und Kommentare dazu von der Lehrperson besprochen, dann die Übungsbeispiele im Teil 1 von den Schüler/innen individuell bearbeitet (ca. 1-2 Min. Zeit), dann wurden die Beispiele von der Lehrperson mit Erläuterungen an der Tafel gelöst.

Die Schüler/innen bekamen etwa 5 Min. Zeit sich mit den Internetquellen zur Umrechnung in Teil 3 vertraut zu machen – die Lehrkraft stand für Feedback zur Verfügung.

### 3.4.2 Beschreibung einer Leistungsaufgabe

Im Anschluss an die in 3.4.1 beschriebene Aufgabenstellungen hatten die Schüler/innen folgende Aufgaben zu lösen:

-----

#### 4. Beispiel: Artikel und Video zum Oroville Damm

Beantworte mit Hilfe der angegebenen Quellen die sechs Fragen.

Link Artikel: <http://www.vox.com/science-and-health/2017/2/13/14598042/oroville-dam-flood-evacuation>

Link Video: <https://www.youtube.com/watch?v=GfJwrghQO7U>

Und: <https://www.youtube.com/watch?v=2aD53JIDzo>

#### Fragen

1. Wie hoch ist der Damm, in Fuß und Metern?  
A:
2. Ist das einer der höheren Dämme in den USA?  
A:
3. Wie viel Wasser passt maximal ins Reservoir; in Gallonen, Barrel (Fass), Litern und Kubikmetern?

Gallonen	Barrel	Liter	Kubikmeter

4. Wie viele Menschen mussten evakuiert werden?  
A:

5. Als der Abfluss (Spillway) trotz Beschädigung wieder geöffnet wurde, wie viel Wasser wurde abgelassen, in cubic feet per second, Liter pro Sekunde und Kubikmeter pro Sekunde?

Kubikfuß pro Sekunde	Liter pro Sekunde	Kubikmeter pro Sekunde

6. Mit dem überlaufenden Wasser könnte man auch elektrische Energie erzeugen. Berechne aus der Menge des ablaufenden Wassers (siehe Frage 5.) wie viel Watt an elektrischer Leistung man aus Wasserstrom und Fallhöhe bekommen könnte. Recherchiere dazu den Wirkungsgrad von Wasserkraftwerken und berücksichtige das in deiner Berechnung.
- 

### 3.4.3 Experiment 1: Bouncing Balls

Im Anschluss an die im oberen Abschnitt beschriebenen Recherche- und Rechenaufgaben folgten Aufgabenstellungen, in denen die experimentellen Kompetenzen im Vordergrund standen. Bereits im Vorgängerprojekt ID 1679 wurde in einem von Mader und Winn (2012) adaptierten Experiment Fallhöhe und Sprunghöhe von Bällen untersucht. Die Aufgabenstellung bestand darin, einen Ball fallen zu lassen und zu untersuchen, wie die Höhe, die er beim Zurückprallen erreicht, von der Anfangshöhe abhängt.

Wie im ursprünglichen Experiment geht es darum einen Ball fallen zu lassen und Sprunghöhe und Anfangshöhe zu vergleichen, jetzt allerdings war zusätzlich ein Weg-Zeit-Diagramm aufzuzeichnen und, da der Schwerpunkt des Projekts im Bereich Energie- und Energieumwandlungen lag, der Wirkungsgrad der Energieumwandlung beim Sprung zu berechnen.

### 3.4.4 Experiment 2: Energieverluste bei Pendelschwingungen

Als Vergleich wird ein weiterer mit Verlusten behafteter Bewegungsprozess analysiert, die Schwingung eines Federpendels. Ein Federpendel wird in Schwingungen versetzt und der Energieverlust pro Schwingung wird bestimmt. Dazu werden mehrere Schwingungen gemessen und auf den Energieverlust pro Schwingung zurückgerechnet. Wie im ersten Experiment wird auch hier ein Weg-Zeit-Diagramm der Bewegung aufgezeichnet.

### 3.4.5 Literaturstudie zu erneuerbaren Energien und Elektromobilität

In dieser Aufgabenstellung ging es um die Förderung der **S1-Kompetenz**: Daten, Fakten und Ergebnisse aus verschiedenen Quellen aus naturwissenschaftlicher Sicht bewerten und Schlüsse daraus ziehen.

Die Schüler/innen hatten die Aufgabe eine Liste von Artikeln bzw. Videos zu studieren, aus naturwissenschaftlicher Sicht zu bewerten und ihre eigenen Schlüsse bezüglich der Verlässlichkeit der in diesen Quellen getroffenen Aussagen zu ziehen.

## 4 DURCHFÜHRUNG

### 4.1 Die Umsetzung

Das Projekt zog sich durch das ganze zweite Halbjahr des Schuljahres 2016/17. Es begann etwas verspätet, da es aufgrund von schulinternen Veranstaltungen immer wieder zu Unterrichtsausfällen kam.

Das Projekt war in der ersten Planungsphase darauf ausgelegt, wichtige Elemente der naturwissenschaftlichen Arbeitsweise in einfachen Aufgabenstellungen im Fach Physik-Labor nachzubilden. Dabei lag der Schwerpunkt, angelehnt am Vorgängerprojekt, im Bereich Datenerfassung und Analyse. Dazu war geplant, die Schüler/innen die Datensätze in (einfachen) Experimenten selbst generieren zu lassen. Wie schon im Vorwort angesprochen gab es im Sommer & Herbst Ereignisse, die eine zusätzliche Ausrichtung in Richtung S1 Kompetenz motivierten. Dadurch verlängerte sich der Projektverlauf erheblich.

Zu Projektbeginn wurden die in Abschnitt 3.4.1 und 3.4.2 beschriebenen Aufgaben behandelt. Darauf folgten die in den Abschnitten 3.4.3 und 3.4.4 angesprochenen experimentellen Aufgabenstellungen. Die auf Förderung der S1 – Kompetenz ausgerichtete Literaturstudie bildete den Abschluss des Projekts.

### 4.2 Einsatz der Lern- und Leistungsaufgaben

Die erste Einheit konnte von den Schüler/innen erfolgreich absolviert werden. Aufgabenstellung und Zeitrahmen passten.

Es gab wie zu erwarten Unterschiede in den Fähigkeiten und Kenntnissen der Schüler/innen. In der 7c gibt es einen Schüler der letztes Jahr an der Wiener Vorausscheidung zur Physik-Olympiade teilgenommen hat. Er meinte zu den in Abschnitt 3.4.2 beschriebenen Aufgaben: „Ah, das ist ja wie bei der Physik-Olympiade!“ und hatte keine Probleme, die Aufgaben weit unter der veranschlagten Zeit zu lösen.

Ansonsten hatten Schüler/innen anfänglich Probleme mit der Exponentialdarstellung am Taschenrechner (wie viel ist  $4,163e+09$ ?).

Es gab auf den Umrechnungsseiten im Internet mehrere Arten von Barrel (dry, liquid, oil, ...), die Schüler/innen diskutierten, welches zu wählen ist (*blue barrel, bbl*).

Bei Frage 6 (wie viel elektrische Energie könnte man mit dem über den Überlauf ablaufenden Wasser produzieren) gab es Diskussionen, welche Fallhöhe man annehmen soll, und welchen Generator-Wirkungsgrad. Die Schüler/innen zeigten dabei große Diskussionsbereitschaft und gute Teamfähigkeiten. Sie teilten sich selbst untereinander Recherche-Aufgaben zu und diskutierten die Validität der bei ihrer Internet-Recherche gefundenen Werte.

#### Erstes Experiment

In der nächsten Einheit wurde mit schuleigenen Tablets (*Kindle Fire*) eine Messserie durchgeführt, die den Schüler/innen erlaubte, anhand eigener Experimente den Zusammenhang von Energieumwandlung und Energieverlust zu studieren.

Dabei wurden zwei einfache Prozesse analysiert. Zum einen ein hüpfender Gummiball, der mit jedem Sprung Energie verliert, zum anderen ein schwingendes Federpendel, ebenso ein System mit Energieumwandlung (kinetisch – potentiell) und Energieverlust, aber doch bedeutend weniger Energieverlust pro Umwandlungszyklus als der springende Gummiball.

Diese Versuchsserie baute auf Erfahrungen des Vorgängerprojektes ID 1679 der Kollegin Dr. Susanne Neumann auf, die – mit anderen Klassen – vergleichbare Messreihen durchführen und analysieren ließ.

Die Fragestellung lautete:

**Aufgabe1:** *Ein Gummiball wird fallen gelassen und die Sprunghöhe nach dem Abprall wird gemessen. Aus der Sprunghöhe ist der Energieverlust und damit der „Wirkungsgrad“ zu berechnen.*

*Die Datenanalyse wird mit der auf den Tablets installierten Software VidAnalysis und Excel (am Laptop) durchgeführt.*

Physikalisch betrachtet verliert der Ball bei jedem Abprall am Boden durch Reibung und Deformationsverluste Energie. Die Luftreibung kann vernachlässigt werden, da die auftretenden Geschwindigkeiten sehr gering sind. Dem Umwandlungsprozess kinetische Energie → Deformationsenergie → kinetische Energie kann man daher einen Gesamtwirkungsgrad der Energieumwandlung zuordnen.

Zuerst wurde die Funktion des Programms VidAnalysis demonstriert und jede Gruppe bekam ein Tablet um erste Probemessungen durchzuführen. War die Bedienung von Tablet und Programm hinreichend geübt, konnte mit der eigentlichen Messung begonnen werden.

Für die Messung konnten sich die Schüler/innen aus verschiedenen Gummibällen einen aussuchen.

Auch die Fallhöhe war frei wählbar, als Richtwert wurde ca. 1 m empfohlen.

Das Programm VidAnalysis ist Freeware und die Aufzeichnung und Analyse eines Bewegungsvorgangs funktioniert auf folgende Weise:

1. Ein Video des Bewegungsvorgangs wird aufgenommen.
2. Ein Längenabstand wird definiert.
3. Die Bewegung des Körpers wird aufgezeichnet indem das Programm in kurzen Zeitabständen durch das Video springt – von Standbild zu Standbild – und die bedienende Person durch Tippen auf den Touchscreen des Tablets der Software gewissermaßen die Position des sich bewegenden Objekts mitteilt. Diese zunächst etwas rudimentär anmutende Datenerfassungsmethode funktioniert in der Praxis erstaunlich gut.
4. Die Daten werden über Bluetooth an die Laptops überspielt und dort in Excel ausgewertet.

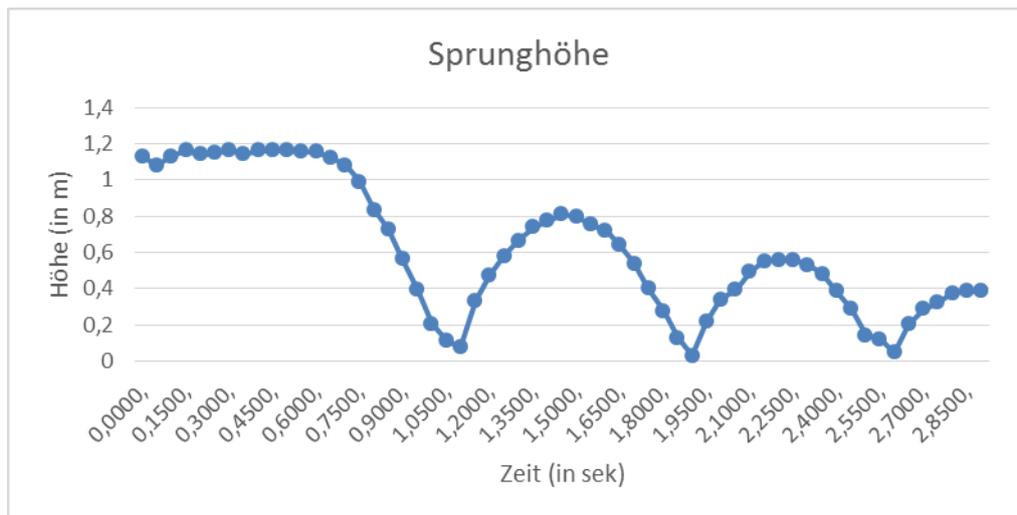


Abbildung 1: Weg-Zeit-Diagramm eines Schülerversuchs zu Experiment 1.

Die obige Abbildung zeigt ein aus einer solchen Auswertung hervorgegangenes Weg-Zeit-Diagramm. Der bei jedem Sprung auftretende Energieverlust ist an der kleiner werdenden Sprunghöhe klar zu erkennen. Da in der Formel für die potentielle Energie die Höhe vorkommt kann aus der Höhe die Energie und damit der Energieverlust berechnet werden.

Wie man am Weg-Zeit-Diagramm ablesen kann, gehen pro Aufprall etwa 30% der Energie verloren.

### Zweites Experiment

Die in diesen ersten Versuchen geübten Kompetenzen in Datenauswertung und Interpretation waren dann in einer zweiten, ähnlichen Versuchsreihe nochmals anzuwenden, mit dem Ziel den Lerneffekt dadurch zu vertiefen.

Pendelschwingungen sind sehr effizient in der Energieumwandlung und gerade daher gut geeignet die Unabwendbarkeit von Energieverlusten bei Energieumwandlungen zu demonstrieren. Beobachtet man nur eine kleine Anzahl von Schwingungen, ist die Verringerung der Auslenkung mit freiem Auge nicht zu erkennen. Erst bei einer genaueren Untersuchung zeigen sich die Energieverluste.

Die Schüler/innen hatten im ersten Halbjahr Experimente mit Federpendeln durchgeführt und dabei die Abhängigkeit der Schwingungsdauer von schwingender Masse und Federkonstante untersucht, waren also schon mit der Theorie und dem Aufbau des Experiments vertraut.

Die Aufzeichnung eines Weg-Zeit-Diagramms und die Berechnung des Energieverlustes im Schwingungsverlauf waren allerdings neu.

Die Aufgabenstellung lautete folgendermaßen.

**Aufgabe2:** Ein Federpendel wird in Schwingungen versetzt und der Energieverlust pro Schwingung ist zu bestimmen.

Schüler/innen erhielten einen Input zur Vorgehensweise bei der Berechnung des Energieverlustes.

Auf die Details soll hier nicht eingegangen werden, nur so viel: Da die rücktreibende Kraft linear mit der Auslenkung zunimmt ist die Schwingungsenergie proportional zum Quadrat der Amplitude. Da der Unterschied in der Amplitude zwischen zwei direkt aufeinander folgenden Schwingungen sehr klein ist und damit ein (zu) großer Messfehler bei der Auswertung auftreten würde, ist es ratsam eine größere Anzahl von Schwingungen aufzuzeichnen. Man kann zum Beispiel die Amplitude der ersten

und der dreißigsten Schwingung vergleichen. Will man den Energieverlust pro Schwingung berechnen, ist die neunundzwanzigste Wurzel zu ziehen und – wegen der quadratischen Abhängigkeit von der Amplitude – nochmals die Quadratwurzel.

Die folgenden Abbildungen zeigen von Schüler/innen aufgezeichnete Weg-Zeit-Diagramme einer Pendelschwingung.

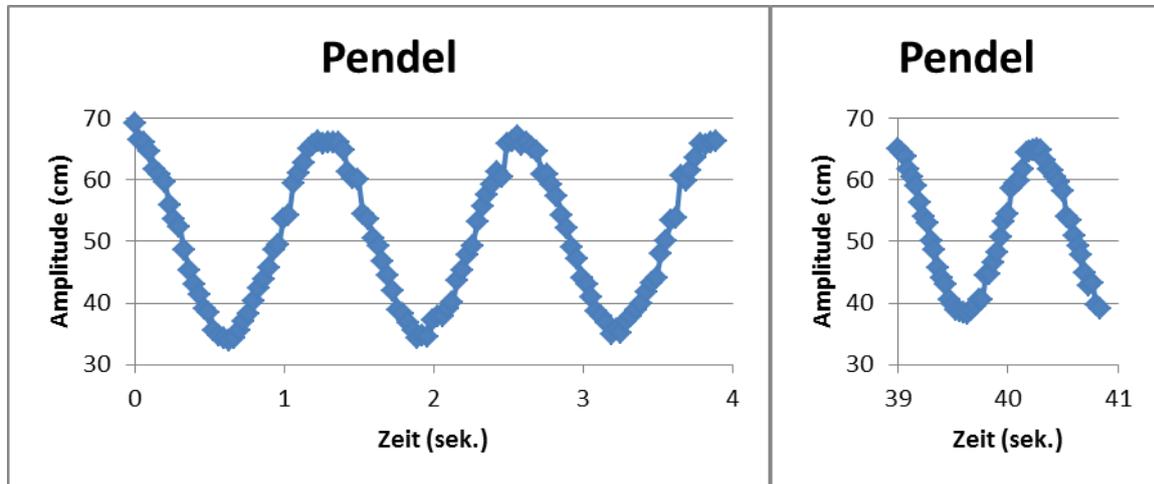


Abbildung 2: Weg-Zeit-Diagramm eines Schülerversuchs zu Experiment 2. Links die ersten drei Schwingungen, rechts die dreißigste Schwingung.

Die Energieverluste waren, abhängig vom Zustand der Feder, im Bereich von 1% pro Schwingung.

Die größten Schwierigkeiten in der Durchführung ergaben sich nicht aus den physikalischen Problemstellungen sondern aus Problemen mit Hard- und Software. Wie schon angesprochen erfolgte die Datenerfassung mit Tablets (*Kindle Fire*). Günstig in der Anschaffung, aber werbefinanziert. Werbeunterbrechungen und das Einspielen automatischer Updates störten wiederholt den Arbeitsfluss. Es kam auch vor, dass die Tablets am Vormittag von anderen Lehrkräften verwendet wurden und zu Beginn unseres Unterrichts die Akkus leer waren. Die Datenübertragung auf die Laptops nahm mehr Zeit in Anspruch als geplant, da die Übertragung per Bluetooth nur am Lehrer-Laptop und bei ein oder zwei Schüler-Laptops funktionierte. Die Ursache für das Nicht-funktionieren konnte nicht gefunden werden. Datenübertragung per USB-Kabel funktionierte nicht.

Besonders frustrierend war, dass alle Experimente in der Projekt-Vorbereitungsphase getestet wurden und in diesen Probedurchläufen alles perfekt funktionierte!

Waren die Daten dann auf den Schüler-Laptops, führten die Unterschiede in der verwendeten Software zu weiteren Verzögerungen. Auf Betriebssystem-Ebene fanden sich alle Windows Betriebssysteme der letzten Jahre, Win 7, Win 8 und Win 10, sowie Apple-Laptops mit ihren eigenen Systemen. Dazu alle Office-Versionen der letzten Jahre, offene Software, Microsoft Office auf Apple oder Apples eigene Tabellenkalkulation. Eine Verwendung von schuleigenen Laptops wäre theoretisch möglich gewesen, die Schüler/innen hatten aber Protokolle zu erstellen und hätten dann zu Hause erst wieder mit den gleichen Problemen kämpfen müssen, ohne Hilfe einer Lehrkraft. In den rechenintensiven Abschnitten kam es durch gelegentlich nicht oder nur schlecht funktionierende WLAN-Verbindungen zu Verzögerungen. Ein weiteres Problem war die zu optimistische Selbsteinschätzung der Schüler/innen, was ihre Fähigkeiten in Bezug auf Datenauswertung am Computer betraf. Schon vor Projektbeginn wurden die kommenden Aufgabenstellungen skizziert und nachgefragt, ob entsprechende Kenntnisse im Fach Informatik vermittelt worden waren. Der allgemeint Tenor der Antworten ging in die Richtung „Das ist kein Problem, können wir!“ Sie konnten es, aber fast alle nur mit Hilfestellung. In Nachhinein war die Erwartungshaltung naiv. Die genannten Faktoren führten in Summe zu deutlichen Verzögerungen im Projektlauf. Aufgabenstellungen, für die eine Unterrichtseinheit geplant war, konnten häufig erst in der darauffolgenden fertig gestellt werden. Dieses Prob-

lem kennt jede Lehrkraft, ist aber im Fach Physik-Labor schwerwiegender als üblich, da schon bei regulärem Unterricht ein zweiwöchiges Fenster zwischen aufeinander folgenden Einheiten liegt. Kommen Ferien, Feiertage und schulinterne Veranstaltungen dazwischen, können leicht drei oder vier Wochen daraus werden. Nach so langen Zeitabständen war es schwer für die Schüler/innen an bereits absolvierte Arbeitsschritte anzuknüpfen und die Aufgabe abzuschließen. In der Gesamtbetrachtung waren die Schüler/innen bei der Durchführung der Experimente mit deutlich mehr Enthusiasmus bei der Sache als bei der von Softwareproblemen überschatteten Datenanalyse.

### Literaturstudie

Der letzte Abschnitt des Projekts widmete sich der Energiethematik aus einer anderen Richtung. Themenschwerpunkt waren erneuerbare Energien und Elektromobilität. Die Herangehensweise war auf Übung der im Kompetenzmodell der Physik-Oberstufe unter Punkt S1 angeführten Kompetenzen *Daten, Fakten und Ergebnisse aus verschiedenen Quellen aus naturwissenschaftlicher Sicht bewerten und Schlüsse daraus ziehen*.

Dieser Abschnitt war von zwei Fragestellungen motiviert:

Sind die Schüler/innen in der Lage, frei im Internet verfügbare Quellen zum Thema erneuerbare Energien und Elektromobilität aus naturwissenschaftlicher Sicht zu bewerten und zu einer naturwissenschaftlich realistischen Einschätzung der Validität der in den Quellen getroffenen Aussagen zu gelangen?

Sind die Schüler/innen in der Lage zur besseren Bewertung einer Quelle eigenständige Recherchen durchzuführen und ihre Bewertung entsprechend anzupassen?

Um die erste Frage zu beantworten wurde in der Projektentwicklung eine Literaturrecherche in Zeitschriften, Magazinen und im Internet durchgeführt, um geeignete Quellen zu finden. Die Quellen sollten möglichst aktuell sein. Außerdem sollten sie Themen von überregionaler Größenordnung ansprechen, da die zurzeit stärkste Triebkraft hin zu erneuerbaren Energien von der Bedrohung durch die globale Erwärmung ausgeht und nur Initiativen, die zumindest einen der großen Wirtschaftsräume betreffen (USA, China, EU), merklichen Einfluss auf die weltweite Energieproduktion haben.

Um die praktische Abwicklung zu vereinfachen und unter Berücksichtigung das es sich bei den Projektklassen durchgehend um Laptop-Klassen handelt, wurden schließlich 7 Quellen ausgewählt, die alle frei im Internet zugänglich sind. Eine Liste mit Links findet sich im Anhang.

Bei der ersten Quelle handelt es sich um einen von Präsident Barack Obama verfassten Artikel zur Zukunft erneuerbarer Energien, die zweite behandelt einen Bericht der internationalen Energieagentur (IEA) über den rasanten Ausbau erneuerbarer Energieträger. Der dritte Artikel behandelt Chinas enorme Investitionen in erneuerbare Energien im laufenden Fünfjahresplan und beim vierten handelt es sich um ein Interview mit dem Vorgesetzten eines deutschen Netzbetreibers, der sich äußerst positiv zu den Möglichkeiten äußert, erneuerbare Energieträger in das deutsche Stromnetz einzugliedern.

Kritischere Töne zur deutschen Energiewende werden in den beiden nächsten Quellen angeschlagen.

Der letzte Artikel bezieht sich schließlich auf Reformpläne der EU-Kommission bezüglich erneuerbarer Energien, Energieeffizienz und europäischem Strommarkt.

Die Artikel wurden in der angegebenen Reihenfolge bearbeitet. Nach dem Lesen eines Artikels wurden die Inhalte in Teams von 2 bis 3 Personen besprochen und analysiert. Dann wurde von jedem

Team eine kurze Zusammenfassung der Ergebnisse ihrer Analyse präsentiert, mit Feedback der Lehrkraft und der Klasse.

Als problematisch erwies sich gleich der erste der analysierten Artikel. Er wurde gewählt weil er unter der Autorschaft eines amtierenden amerikanischen Präsidenten verfasst wurde und damit den offiziellen Standpunkt zu Zukunft erneuerbarer Energien der (damaligen) amerikanischen Regierung darlegte. Der in englischer Sprache verfasste Text erwies sich als zu schwierig für den Großteil der Schüler/innen und konnte nur mit Hilfestellung der Lehrkraft aufgeschlüsselt werden. Trotzdem meinten einige Schüler/innen nach durcharbeiten aller Artikel, dass dieser erste Artikel der „beste“ gewesen wäre.

Die Analyse der restlichen Artikel verlief problemlos. Schwierig waren weniger die Artikel selbst als die Umstände. Wie schon zuvor erwähnt, sind die Klassen in zwei Gruppen geteilt, so dass eine Gruppe im günstigsten Fall alle zwei Wochen Unterricht hat. Wenn durch Ferien, Feiertage oder sonstiges eine Unterrichtseinheit entfällt, können bis zu vier Wochen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Einheiten liegen. Das erschwerte die Durchführung insofern, als die Idee, nicht nur einen sondern mehrere Artikel zu behandeln, darin lag, den Schüler/innen verschiedene Standpunkte zu präsentieren. Die Gesamtschau aller Artikel sollte letztlich das Meinungsbild der Schüler/innen formen. Daher sollten die Schüler/innen bei der Bewertung eines Artikels noch die Erkenntnisse aus den zuvor bearbeiteten Quellen im Kopf haben. Zwar wurden Notizen gemacht, aber bei Abständen von mehreren Wochen war es schwierig und zeitaufwendig, wieder an die letzte Unterrichtseinheit anzuknüpfen. Wie schon angesprochen fand der Unterricht am Nachmittag statt, teilweise bis 17 h, was sich auf die Konzentration und Leistungsbereitschaft der Schüler/innen nachteilig auswirkte.

Positiv anzumerken ist, dass die Schüler/innen trotz dieser Umstände in jeder Unterrichtsstunde Engagement und Eigeninitiative zeigten. Es gab lebhafte Diskussionen zum Obama-Artikel und die Neupositionierung der US-Energiepolitik unter Trump. Die Schüler/innen wussten, dass Trump die Kohleförderung ausbauen möchte und aus dem Klimavertrag aussteigen wollte. In den Diskussionen wurden insbesondere Kohle und Atomkraft negativ gesehen. Um nur ein Beispiel zur Eigeninitiative zu nennen: Als in einer der Gruppen im Verlauf der Diskussion das Thema weltweiter Ölverbrauch zur Sprache kam, wurde von einigen Schüler/innen sofort zum weltweiten Fahrzeugbestand recherchiert (es gibt – wenn man alle Klassen berücksichtigt – 1,2 Milliarden Kraftfahrzeuge!) Ihre hier schon gezeigten Recherche-Fähigkeiten konnten die Schüler/innen dann in einer Aufgabe, die zur Evaluation eben dieser Fähigkeiten bestimmt war, und im nächsten Kapitel beschrieben wird, unter Beweis stellen.

### 4.3 Verbreitung und Vernetzung

Zur Verbreitung der Projekterfahrungen waren die folgenden Aktivitäten geplant.

- Laufende Diskussion der Projektidee im Physik-Team der Schule.
- Bericht über das IMST-Projekt auf der Schulhomepage.
- Vortrag bei einem Treffen des Vereins *Plus Lucis*.

Die Diskussionen im Team waren außerordentlich hilfreich. Es wurden unter anderem mehrere Lösungsansätze zu den im Projekt aufgetretenen technischen Schwierigkeiten vorgeschlagen, die im nächsten Schuljahr ihren Praxistest erleben werden. Bericht und Vortrag sind noch in Vorbereitung.

## 5 PROJEKTPRODUKTE UND ERKENNTNISSE

### 5.1 Evaluationskonzept

Wie schon angesprochen war der Plan des Projekts, den Schüler/innen einen praktischen Einblick in die wissenschaftliche Vorgehensweise zu geben. Die Aufgaben wurden in Teams von 2-3 Personen bearbeitet und es war zu jeder Aufgabenstellung ein Protokoll anzufertigen. Der Kompetenzerwerb in den ersten Projektphasen – die Auffrischung im Kompetenzbereich Größenordnungen und Einheiten, sowie die Experimente mit springenden Bällen und Pendeln – konnte über die Protokolle überprüft werden. Die Berechnungen mit Größenordnungen und Einheiten bereiteten keine Probleme, auch die Experimente erwiesen sich – zumindest von der physikalischen Seite – als lösbar, waren aber von technischen Problemen überschattet, wie schon in Kapitel 4 beschrieben.

Der letzte Projektabschnitt war der Aufgabe gewidmet allgemein zugängliche Artikel, die über Entwicklungen im Bereich erneuerbarer Energien informieren, von den Schüler/innen aus wissenschaftlicher Sicht beurteilen zu lassen. Können Schüler/innen Fakten von Meinungen trennen und die Fakten wissenschaftlich beurteilen?

### 5.2 Auswertung

Die Überprüfung erfolgte auf zwei Arten, zum einen wurde ein Fragebogen ausgegeben, mit Fragen basierend auf einem Fragebogen der BLUKONE Lernumgebung (Blendet Learning Unterrichtskonzept zur Kompetenzentwicklung Nachhaltiges Energiemanagement) (Bartosch 2013).

Die Fragen wurden dankenswerterweise von einer Kollegin, die selbst am BLUKONE Projekt mitarbeitet, zur Verfügung gestellt. Eine vollständige Auswertung ist im Rahmen dieses Projekts nicht möglich. Die folgende Evaluation beschränkt sich daher auf *eine* Aussage, die von den Schüler/innen vor und nach der Literaturstudie zu bewerten war.

Die Aussage lautete: „*Wir müssen uns über das Einsparen von Energie nicht den Kopf zerbrechen – neue Technologien werden entwickelt werden, um die Energieprobleme zukünftiger Generationen zu lösen.*“

Aus organisatorischen Gründen konnten nur zwei der drei Klassen den Fragebogen ausfüllen. Die Ergebnisse sind in der folgenden Abbildung zusammengefasst.

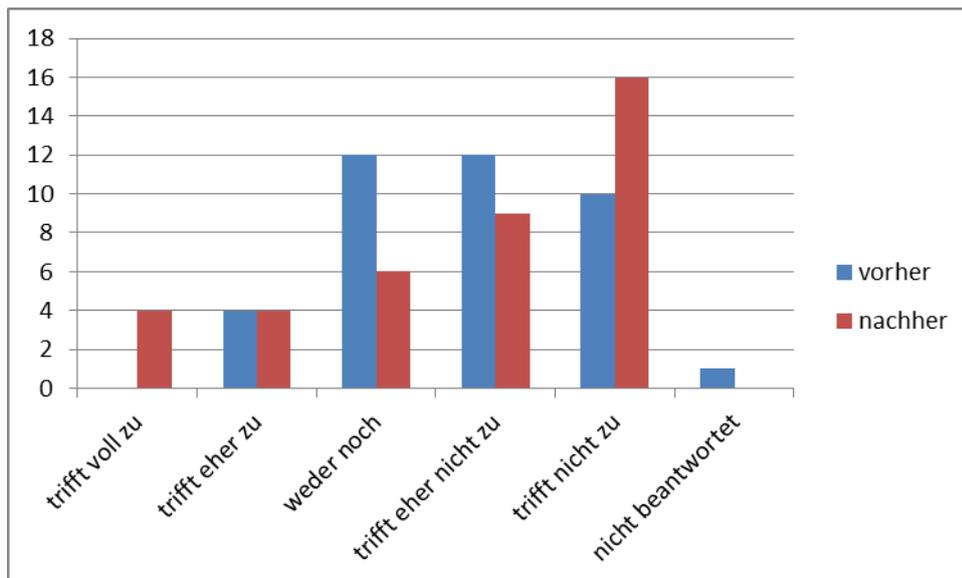


Abbildung 3: Werden neue Technologien unsere Energieprobleme lösen?

Wie man sieht, war vor dem Projekt die Mehrheit unentschlossen bis kritisch. *Niemand* stimmte der Aussage voll zu. Nach der Analyse der Artikel waren immerhin vier Schüler/innen von der Möglichkeit technologischer Lösungen überzeugt. Trotzdem nahmen insgesamt die Zweifel zu, da die klare Verneinung der Aussage mit Abstand am häufigsten gewählt wurde.

Als weitere Evaluationsmethode wurde den Schüler/innen ein (kurzes) Video präsentiert, dessen Aussagen auf ihren Wahrheitsgehalt zu überprüfen waren. Inhalt des Videos ist ein Interview (von 2016) mit Elon Musk, Selfmade-Milliardär und Mitbegründer des Elektroauto-Herstellers Tesla.

Er tätigt darin folgende Aussagen:

*„Certainly within 5 years we will have a mass market electric car available. We will see hundreds of thousands of electric cars going to market every year. You will see electric cars with a high level of frequency in 5 years. In 10 years hopefully something close to a majority of new cars made will be electric. It will still take another 10-12 years beyond that to shift the installed base of cars to electric.“*

Aufgabe der Schüler/innen war es, diese Aussagen wissenschaftlich zu bewerten. Um die Aussagen im Video auf ihre Realisierbarkeit zu prüfen waren Recherchen nötig. Die Aufgabe der Schüler/innen war es sich darauf zu einigen was zu recherchieren war und dann selbständig einzuteilen welche Teams zu welchen Themen recherchieren. In den Diskussionen wurde eine große Zahl von Themen vorgeschlagen (Preis, Größe des Kofferraums (weil der Akku viel Platz braucht), Ladezeiten, Lebensdauer der Batterien (Akkus), gibt es überhaupt genug Strom usw.). Dabei wurde auch angemerkt, dass Elektroautos nur dann Sinn ergeben, wenn sie mit Ökostrom getankt werden. Nach Feedback der Lehrkraft, sich aus Zeitgründen auf die wichtigsten naturwissenschaftlich zugänglichen Fragen zu konzentrieren (ob zum Beispiel die Konsumenten längere Tankstellenaufenthalte akzeptieren werden ist keine naturwissenschaftliche Fragestellung und auch nicht vorhersehbar) einigte man sich auf zwei zu recherchierende Fragen.

1. Gibt es genug Rohstoffe für Batterien (Akkus) um alle Autos umzustellen?
2. Gibt es genug Strom, insbesondere Ökostrom?

Die Recherchen zu ersten Frage brachten folgendes zutage:

- Man benötigt Lithium für die Akkus.
- Pro Jahr werden ca. 75 Mio. Autos produziert.
- Man braucht ca. 4 kg – 8 kg Lithium pro Auto.
- Lithium kostet ca. 9 € pro kg, der Preis ist nicht das Problem.
- Möchte man 50% der jährlichen Auto-Produktion auf Elektro umstellen würde man ca. 225 Millionen Kilogramm Lithium benötigen, das sind **225 000 Tonnen!**
- Jährliche Lithiumproduktion: **93 000 Tonnen!**
- Lithium hat viele andere Verwendungszwecke, Stand 2015 werden nur 35% für Elektroautos verwendet.
- Die Reserven an Lithium werden auf 14 – 40 Millionen Tonnen geschätzt.
- Für eine Milliarde Elektroautos bräuchte man 4 – 8 Millionen Tonnen Lithium.

Die Recherchen zu zweiten Frage gestalteten sich schwieriger, das einzige konkrete Ergebnis bezog sich auf Deutschland. In Deutschland würde eine 24%ige Erhöhung der Stromproduktion ausreichen um alle Autos auf Elektro umzustellen.

Am Ende der Recherche wurde von den Schüler/innen insbesondere der Satz *„in 10 years hopefully something close to a majority of new cars made will be electric“* als viel zu optimistisch beurteilt. Im Gegensatz dazu war Mehrheit der Schüler/innen der Meinung dass sich Elektroautos längerfristig durchsetzen werden. Die folgende Stellungnahme einer Schülerin gibt die allgemeine Sichtweise nach der Analyse sehr gut wieder:

*„Bevor wir über mögliche Probleme nachgedacht und recherchiert haben, habe ich geglaubt dass Musk Recht hat, jetzt nicht mehr. Elektroautos werden kommen, es wird aber 40 - 50 Jahre dauern und nicht 10 Jahre.“*

## Kompetenzziele auf SchülerInnenebene

Wurden die Kompetenzziele auf Schüler/innen-Ebene erreicht? Eine über die bisherige Auswertung hinausgehende Aufschlüsselung der Schüler/innen-Leistungen wäre problematisch, da die in Abschnitt 4.2 geschilderten Hard- und Softwareprobleme den größten Teil der experimentellen Arbeit überschatteten. Zweifellos lernten die Schüler/innen ihre eigenen Fähigkeiten im Bereich der Datenauswertung realistischer einzuschätzen. In der Eigenständigkeit der Methodenanwendung waren jedenfalls im Projektverlauf deutliche Fortschritte zu erkennen. Die Zusammenarbeit in den Teams und falls gefordert auch zwischen den Teams, verlief größtenteils hervorragend. Ebenso die Zusammenarbeit zwischen Schülerinnen und Schülern. Wenn es im Unterricht überhaupt geschlechtsspezifische Unterschiede gab, dann den dass die Mädchen konzentrierter an die Aufgabenstellungen herangingen als die doch etwas leichter abzulenkenden Buben.

### 5.3 Interpretation

Die in Abbildung 3 sichtbare Änderung der Antwortverteilung *Vorher - nachher* zeigt die Schwierigkeiten die auftreten, wenn man versucht einen komplexen Themenbereich wie erneuerbare Energien wissenschaftlich aufzubereiten. Man würde sich erwarten, dass wenn alle Teilnehmer der Studie die gleichen Informationen erhalten, auch die Meinungsänderungen in die gleiche Richtung gehen.

Zwar führte eine kritische Auseinandersetzung mit der Energieproblematik insgesamt zu einer pessimistischeren Einschätzung rein technologischer Lösungsansätze. Bei vier Schüler/innen bewegte sich der Meinungsumschwung aber zu einer positiveren Einschätzung. Das soll jetzt nicht als Fehlentscheidung interpretiert werden, in den Artikeln wurden schließlich positive und negative Aspekte des Einsatzes erneuerbarer Energien angesprochen. Es zeigt aber wie schwer es zum Beispiel in der Politik sein kann eine gemeinsame Linie zu finden, wenn die gleichen Fakten zu diametral entgegengesetzten Ansichten führen.

Die „debunking“-Aufgabe mit dem Elon Musk Interview konnte von den Schüler/innen erfolgreich gelöst werden. Besonders die erste Frage war gut gewählt. Allein die begrenzte Verfügbarkeit von Lithium garantiert, dass die Umstellung auf Elektroautos länger dauern wird als von Musk erhofft.

## 6 RESÜMEE UND AUSBLICK

In den Naturwissenschaften ist die Vernetzung der Kompetenzen, die Fähigkeit verschiedene Kompetenzen anwendungsorientiert zu kombinieren, die vielleicht wichtigste Kompetenz. Entwickelt man den Unterricht als eine Abfolge gekapselter, jeweils auf eine (Teil)-Kompetenz zugeschnittener Unterrichtseinheiten, riskiert man, dass unter den Schüler/innen gerade diese Fähigkeit zur Kompetenz-Verknüpfung unterentwickelt bleibt. Die Schüler/innen „sehen dann den Wald vor lauter Bäumen nicht“. Um dem entgegenzuwirken war das Projekt von Anfang an darauf ausgerichtet, eine größere Breite von kompetenzorientierten Unterrichtsmethoden zum Einsatz zu bringen als dies vielleicht bei anderen IMST-Projekten üblich ist. Durch eine breitere Wahl an Methoden und Kompetenzen kann man auch auf breiterer Ebene Kompetenzen gewinnen. Durch die Vielzahl der abgedeckten Kompetenzen müssen aber Einschnitte im Tiefgang des Kompetenztrainings gemacht werden. Dieses „Trade-off“ war einkalkuliert und akzeptiert. Ein Nachteil dieser Vorgehensweise ist auch der größere Zeitaufwand, was sich im Verlauf des Projekts, auch durch den Einfluss unkontrollierbarer äußerer Umstände, als zunehmend problematisch erwies.

Die wichtigste Lehre die man als Lehrkraft aus dem Projektverlauf ziehen muss, ist in Zukunft beim Einsatz von Computern und Datenverarbeitungsprogrammen nur mehr mit gleicher Ausstattung zu arbeiten. Jede Schülerin und jeder Schüler bekommt den gleichen Laptop und die gleiche Software.

Zu den Lehren die aus diesem Projekt gezogen wurden gehört auch, die Aufgabenstellungen an die Unterrichtszeit anzupassen. Am späten Nachmittag kann man nicht mehr dasselbe Konzentrationsniveau wie am Vormittag erwarten und sollte das in der Planung berücksichtigen.

Positiv anzumerken ist die Themenwahl. Es gab ein spürbares Eigeninteresse der Schülerinnen und Schüler am Thema erneuerbare Energie und allem was damit zusammenhängt. Auch die Resonanz der Schüler/innen zur Aktualität der Aufgabenstellungen war wie erhofft durchwegs positiv. Der Obama-Artikel und im Kontrast dazu die Kehrtwende der Trump-Regierung machten allen klar, wie schnell sich politische Meinungen ändern können und wie wichtig daher wissenschaftliche Grundkenntnisse bei der eigenen Meinungsbildung sind.

## 7 LITERATUR

Wiesner, Hartmut, Schecker, Horst & Hopf, Martin (Hrsg.)(2011). Physikdidaktik kompakt, Köln: Aulis.

Duit, Reinders & Häußler, Peter (1994). Learning and teaching energy. In Peter J. Fensham, Richard F. Gunstone, & Richard T. White, Eds., *The content of science* (pp. 185–200). London: The Falmer Press.

Mader, Jan, & Winn, Mary (2012). *Teaching Physics for the First Time*. American Association for Physics Teachers.

Bartosch, Ilse & Avalos Ortiz, Roswitha (2013). BLUKONE – a blended learning teaching concept for sustainable energy management competences. *New Perspective in Science Education Conference*.

## 8 ANHANG

### Links zu den in der Literaturstudie behandelten Artikeln.

Obama, Barack. The irreversible momentum of clean energy

<http://science.sciencemag.org/content/early/2017/01/06/science.aam6284.full>

Frankfurter Allgemeine Zeitung FAZ. Erneuerbare überholen Kohle

<http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/energiepolitik/iea-bericht-zahl-der-erneuerbaren-energietraeger-steigt-14497162.html>

Der Standard. China investiert 343 Milliarden in erneuerbare Energie

<http://derstandard.at/2000050291831/China-investiert-343-Milliarden-in-erneuerbare-Energie>

Tagesspiegel. „80 Prozent Erneuerbare sind kein Problem“

<http://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/energiewende-80-prozent-erneuerbare-sind-kein-problem/13688974.html>

Focus online. Die sieben verflixten Probleme bei der Energiewende

[http://www.focus.de/immobilien/energiesparen/tid-30226/strompreis-netze-widerstand-die-sieben-verflixten-probleme-bei-der-energiewende\\_aid\\_945081.html](http://www.focus.de/immobilien/energiesparen/tid-30226/strompreis-netze-widerstand-die-sieben-verflixten-probleme-bei-der-energiewende_aid_945081.html)

Die Welt. Die Energiewende droht zum ökonomischen Desaster zu werden

<https://www.welt.de/wirtschaft/article162600538/Die-Energiewende-droht-zum-oekonomischen-Desaster-zu-werden.html>

orf.at. „Licht und Schatten“ Ringen um Europas Energiezukunft

<http://orf.at/stories/2368578/2368577/>

### Link zum Elon Musk Interview.

Elon Musk auf Bloomberg-TV online. Auszug eines ABC Nightline Interviews.

<https://www.bloomberg.com/news/videos/b/700d9d1c-9302-48e9-8ded-91df6de30e1e>

## **ERKLÄRUNG**

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