



IMST – Innovationen machen Schulen Top

Kompetenzen im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht

**MPH3 – MATHEMATIK UND PHYSIK
KOORDINIERT UND KOMPETENZORIENTIERT
UNTERRICHTEN**

ID 273

**Norbert Steinkellner, Christa Preis, Waltraud Knechtl, Gerhard Rath
BRG Keplerstraße 1, 8020 Graz**

Graz, 2011

INHALTSVERZEICHNIS

ABSTRACT	3
1 AUSGANGSSITUATION	4
2 ZIELE, THEMENSTELLUNG, KONZEPT.....	5
2.1 Ziele und Kompetenzorientierung	5
2.2 Inhaltliche Bereiche der Koordination	7
2.3 Evaluation	8
3 DURCHFÜHRUNG	9
3.1 Koordinierte Jahresplanung	9
3.2. Größenordnungen - Zehnerpotenzen	11
3.3. Stationenbetrieb zum Thema Fahrrad	14
4 EVALUATION	16
4.1 Konzeption	16
4.2 Allgemeine Einstellungen und Ziele	16
4.3 Evaluation des Projektes Größenordnungen	18
4.4 Evaluation des Projekts Fahrrad	24
5 ZUSAMMENFASSUNG UND RESÜMEE	32
6 LITERATUR UND QUELLEN	33
7 ANHANG	34

ABSTRACT

Das Ziel dieses Projektes war die Koordination der Unterrichtsfächer Mathematik und Physik in der dritten Klasse eines Realgymnasiums, mit besonderer Beachtung der Handlungskompetenzen beider Fächer. Fächerübergreifende Elemente kamen auf verschiedenen Ebenen zum Einsatz:

- *Bei der Planung: Gemeinsame Jahresplanung und koordinierte Unterrichtsinhalte*
- *Beim Erstellen von Materialien: Gemeinsame Aufgabenstellungen in fächerverbundenen Unterrichtssequenzen*
- *Beim Unterricht selbst: koordinierte und gemeinsame Sequenzen*
- *Bei der Leistungsbeurteilung: Fächerübergreifende Aufgabenstellungen*

Inhaltlich erfolgte die Koordination hauptsächlich im Rahmen zweier Projekte:

- *Einer Ausstellung zum Thema Größenordnungen im Universum*
- *Einem Stationenbetrieb zum Thema Fahrrad*

Ein Zuwachs in zentralen fachübergreifenden Kompetenzen wie der Auswertung von Messdaten oder dem Umgang mit Zehnerpotenzen konnte anhand der Ergebnisse gezeigt werden.

Eine kleine Gender-Untersuchung im Rahmen des Stationenbetriebs ergab keine nachweisbaren geschlechtsspezifischen Unterschiede.

Schulstufe:	7
Fächer:	Mathematik, Physik
Kontaktperson:	Mag. Norbert Steinkellner (norbert.steinkellner@brgkepler.at)
Kontaktadresse:	BRG Keplerstraße 1, 8020 Graz
Webseiten	http://rath.brgkepler.at/imst/

1 AUSGANGSSITUATION

In den Jahren 2004 - 2008 haben wir eine Serie von IMST-Projekten in der Oberstufe des Realgymnasiums durchgeführt, wobei es um die Koordination von Mathematik und Physik ging. Die Vorteile und der Mehrwert der Zusammenarbeit wurden nicht zuletzt in der Evaluation deutlich, genauso aber die Zunahme der fachlichen Komplexität in beiden Fächern, welche die Koordination in den höheren Schulstufen erschwert hat (*Knecht/Rath 2008*).

Im Zuge dieser Projekte wurde immer klarer, dass die Koordination bereits in der Unterstufe beginnen sollte. Nach der erfolgreichen Projektdurchführung eines entsprechenden Folgeprojektes im Schuljahr 2009/10 in der 6. Schulstufe wurde im vorliegenden Projekt nun ein Koordinationsmodell für die 7. Schulstufe erarbeitet, wobei der Fokus verstärkt auf Kompetenzen gelegt wurde. Diesen Begriff verstehen wir in jener Form, wie er in den entsprechenden Bildungsstandards formuliert ist, also nicht als allgemeine Schlüsselfähigkeiten, sondern als Disposition zur handelnden Anwendung von Wissen in konkreten Situationen. Daher war unser Zugang immer auch ein thematischer: An den wesentlichen Konzepten beider Fächer versuchten wir, Handlungskompetenzen aufzubauen.

Das Projekt wurde in zwei 3. Klassen durchgeführt. Das waren auch jene, die bereits am Vorgängerprojekt MPh2 teilgenommen hatten. Auch die Lehrkräfte waren die gleichen, allerdings wechselte die Projektleitung. Waltraud Knechtl und Gerhard Rath sind nun in der Organisation des Themenprogramms involviert und wechselten daher in die Rolle der Mitarbeiter, die Leitung übernahm Norbert Steinkellner.

2 ZIELE, THEMENSTELLUNG, KONZEPT

2.1 Ziele und Kompetenzorientierung

Das Projekt sollte die organisationsbedingte Fächertrennung überwinden helfen und gegenseitige Potenziale nutzen. Die allgemeinen Ziele auf der Ebene der Schülerinnen und Schüler blieben gegenüber dem Vorgängerprojekt im Wesentlichen gleich:

- Erfahren von Sinn und Anwendungen mathematischer Methoden und Techniken in der Physik
- Entwickeln von Verständnis für Zusammenhänge, Ähnlichkeiten und Unterschiede der Zugänge beider Fächer.
- Überwindung der Schubladisierung der Fächer und Verknüpfung des Wissens aus Mathematik und Physik.

Wie schon bei den Vorgängerprojekten innerhalb der MPh-Reihe (obwohl noch im Rahmen von S1 – Grundbildung) spielte der Aufbau von Kompetenzen in Bezug auf die Kompetenzmodelle für Mathematik und Physik eine zentrale Rolle in der Planung und vor allem der Ausführung (z. B. der Art der Aufgabenstellungen). Ein Grundanliegen war dabei die Verknüpfung sowie die Integration der Handlungskompetenzen aus Mathematik und Physik (vgl. Bildungsstandards für die 8. Schulstufe). In fächerübergreifenden oder unterrichtsparallelisierenden Unterrichtssequenzen, Arbeitsaufträgen und Aufgabestellungen sollte auf Kompetenzentwicklung hingearbeitet werden. Verstärktes Augenmerk wurde außerdem auch darauf gelegt, die oftmals unterrepräsentierten Ebenen H2/H3 bzw. N2/N3 zu integrieren.

Ziele auf der Ebene der Lehrkräfte:

- Kennen(lernen) der Lehrpläne und Jahresplanungen des “Schwesterfaches“
- Aufbau modellhafter Module für die Koordination von Mathematik und Physik
- Sammlung der Materialien auf einer Moodleplattform
- Multiplikationswirkung durch teilweise Einbindung von Studierenden

Als zentrale Perspektive zur Auswahl und Entwicklung der Sequenzen koordinierter und gemeinsamer Unterrichtsgestaltung diente die Verknüpfung von Handlungsdimensionen der betroffenen Kompetenzmodelle. Es zeigte sich, dass sich die in Mathematik und in Physik angestrebten Kompetenzen teilweise natürlich ergänzen:

Mathematik	Physik
<p>H1 Darstellen und Modellbilden</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ einen gegebenen mathematischen Sachverhalt in eine andere Darstellungsform (tabellarisch, grafisch, symbolisch/Rechnersyntax) übertragen; zwischen Darstellungen oder Darstellungsformen wechseln ○ problemrelevante mathematische Zusammenhänge identifizieren und mathematisch darstellen <p>H2 Rechnen und Operieren</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ mit und in Tabellen oder Grafiken operieren <p>H3 Interpretieren</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Werte aus Tabellen oder grafischen Darstellungen ablesen, sie im jeweiligen Kontext deuten ○ tabellarisch, grafisch oder symbolisch gegebene Zusammenhänge beschreiben und im jeweiligen Kontext deuten. <p>(bm:ukk 2004)</p>	<p>H1 Beobachten, Erfassen, Beschreiben</p> <p>H 1.2 Ich kann einfache Messungen durchführen.</p> <p>H 1.3 Ich kann Vorgänge und Erscheinungsformen in Natur und Umwelt in verschiedenen Formen (Grafik, Tabelle, Bild, Diagramm) darstellen und erläutern.</p> <p>H2 Untersuchen, Bearbeiten, Interpretieren</p> <p>H 2.3 Ich kann zu Fragestellungen eine passende Untersuchung oder ein Experiment planen, durchführen und protokollieren.</p> <p>H 2.4 Ich kann Daten und Ergebnisse von Untersuchungen analysieren (ordnen, vergleichen, Abhängigkeiten feststellen), interpretieren, erklären und kommunizieren.</p> <p>(Bifie 2007)</p>

Von Seiten der Physik halten wir die Ergänzung durch mathematische Kompetenzen für wesentlich und hilfreich, sie scheinen uns im gegenwärtigen Entwurf der Bildungsstandards NAWI 8 unterrepräsentiert zu sein.

2.2 Inhaltliche Bereiche der Koordination

Zur Ermittlung der geeigneten inhaltlichen Dimension der Koordination wurden zuerst die Lehrpläne der 7. Schulstufe für Mathematik und Physik (siehe Anhang) verglichen und eine tabellarische Zusammenstellung möglicher Koordinationsbereiche erstellt.

Mathematik	Physik
Negative Zahlen	Wärme und Temperatur
Erweitertes Koordinatensystem im R	Grafische Darstellungen
Terme und Formeln	Praktischer Umgang mit physikalischen Formeln
Große Zahlen	Größenordnungen im Universum
Proportionalität	Messen, Darstellen und Berechnen proportionaler Größen
Prozentrechnung	Anwendung
Statistik	Mittelwertberechnungen, Messreihen, Spannweite, relative Messfehler
Ähnliche Dreiecke	Nutzung geometrischer Verhältnisse für Messungen (z.B. Höhen)
Pythagoräischer Lehrsatz	Messanwendungen

Als besonders zielführend wurde von uns eine fächerübergreifende Koordination in den Bereichen große Zahlen / Größenordnungen sowie im Bereich der Proportionalität betrachtet. Ein durchgängiges Thema waren Formeln und die praktische Anwendung derselben. Ferner entstand die Idee, dem letztjährigen Projekt Verkehr heuer ein Projekt zum Thema Fahrrad folgen zu lassen, da diese Thematik nicht nur viele sinnvolle Lerninhalte umfasst (M: Proportionen, Prozentrechnung, Statistik; Ph: Messen von Bewegungen, Kräften, Arbeit und Leistung), sondern auch viel Raum bietet, Handlungskompetenzen auf mehreren Ebenen einfließen zu lassen. Hierbei sollten, wie das auch im Vorgängerprojekt teilweise geschehen ist, wieder Studierende des schulpraktischen Seminars aktiv eingebunden werden.

2.3 Evaluation

Die Evaluation setzte auf zwei Ebenen an.

Nachdem die allgemeinen Ziele des Projekts weitreichend und nachhaltig angelegt sind (siehe 2.1), dienten uns die Einstellungen der Schülerinnen und Schüler als Indikatoren für den Grad der Erreichung dieser Ziele. Diese Einstellungen versuchten wir mit einem Fragebogen zu erheben, der an einer entsprechenden Untersuchung ein Jahr zuvor orientiert war. Leider wurde diese erst ganz zu Schulschluss und unvollständig durchgeführt, sodass die Ergebnisse nicht sonderlich aussagekräftig sind.

Davon zu unterscheiden ist die Ebene der Kompetenzen in konkreten Situationen. Als Indikatoren für deren Entwicklung griffen wir auf Arbeitsergebnisse der Klassen zurück, welche zum Teil auch in die Leistungsbeurteilung integriert wurden. Begleitend wurde auch die Selbsteinschätzung über die Kompetenzerreichung mit einem Fragebogen erhoben. Dieser Teil wurde mit den beiden größeren koordinierten Aktionen im Detail in beiden Klassen durchgeführt.

3 DURCHFÜHRUNG

Im Rahmen des Lehrplanvergleichs zu Beginn des Schuljahres erstellten wir eine koordinierte Jahresplanung. Diese enthält zwei intensive Phasen der Zusammenarbeit, jeweils gegen Ende des Winter- bzw. Sommersemesters.

3.1 Koordinierte Jahresplanung

Im Laufe des Schuljahres wurden, wie zu erwarten, situationsbedingte Adaptierungen dieser ersten Planung nötig, in Physik etwa durch den aktuellen Anlass der Katastrophe in Fukushima.

Im Folgenden ist als „Planung“ bereits der tatsächlich stattgefundene Unterricht abgebildet.

Verwendete Schulbücher:

Kraker M., Plattner G., Preis C.: Expedition Mathematik 3

Prisma Physik 3

1. Semester		
	Mathematik	Physik
September Oktober	Rationale Zahlen <ul style="list-style-type: none"> • Rationale Zahlen in verschiedenen Formen deuten können • Ordnung der rationalen Zahlen • Verwenden der rationalen Zahlen für Darstellungen in Koordinatensystemen • Rechnen mit rationalen Zahlen • Terme und Rechengesetze 	Wärme und Temperatur Messen, Forschen, Experimentieren <ul style="list-style-type: none"> • Temperaturen messen • Kelvin Skala • Arten der Wärmeübertragung • Wärmekapazität • Wärmeenergie, Joule, Kcal
November Dezember	Prismen und Pyramiden <ul style="list-style-type: none"> • Eigenschaften und zeichnerische Darstellung Algebra <ul style="list-style-type: none"> • Darstellen von Sachverhalten mithilfe von Termen und Formeln • Einfache Termumformungen • Arbeiten mit Potenzen • Lösen von Gleichungen mithilfe von Äquivalenzumformungen – Umformen von Formeln 	Wetter und Klima <i>Modelle auf Alltagsvorgänge anwenden</i> <ul style="list-style-type: none"> • Aggregatzustände • Phasenübergänge • Verdampfungswärme • Schmelzwärme von Schnee • Wetterkarte, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit

<p>Jänner Februar</p>	<p>Algebra</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwenden von Gleichungen • Terme und Gleichungen mit Klammern – Auflösen und Setzen von Klammern in algebraischen Summen, Auflösen von Klammern in einem Produkt, Binomische Formeln <p>Darstellung großer Zahlen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verwendung der Potenzschreibweise bei der Darstellung großer Zahlen • Projekt: Plakate 	<p><i>Interpretieren und Bewerten</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Klimawandel – Grundbegriffe • Treibhauseffekt, Erderwärmung • Maßnahmen gegen den Klimawandel <p>Größenordnungen</p> <p><i>Recherchieren und Präsentieren</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Große Distanzen im Sonnensystem • Projekt: Plakate
---------------------------	---	--

2. Semester		
Mathematik		Physik
<p>Februar März April</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fertigstellung der Ausstellung <p>Arbeit mit den Plakaten</p> <p>Statistik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Untersuchen und Darstellen von Datenmengen <p>Satz von Pythagoras</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verwendung des Lehrsatzes von Pythagoras bei • Berechnungen in ebenen Figuren <p>Maßbestimmungen in der Ebene</p> <ul style="list-style-type: none"> • Flächeninhalt besonderer Vierecke • Flächeninhalt von Dreiecken 	<ul style="list-style-type: none"> • Fertigstellung der Ausstellung • Arbeit mit den Plakaten <p>Kernenergie und Radioaktivität</p> <p>Recherchieren, Bewerten, Diskutieren</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aktueller Anlass: Fukushima • Kraftwerke, Grundfunktion • Messung und Auswirkungen von Radioaktivität <p>Elektrizität</p> <p><i>Experimentieren, Modellieren</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Bau einfacher Gleichstromkreise mit Lämpchen • Modelle des Stromkreises • Messung: Volt, Ampere

<p>Mai Juni</p>	<p>Maßbestimmungen im Raum</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oberfläche, Rauminhalt und Masse von Gegenständen, die die Form eines Prismas oder einer Pyramide haben <p>Mathematik im Alltag</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lebenspraktische Aufgaben • Geldwesen <p>Ähnlichkeit</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verhältnisse und Proportionen • Ähnliche Figuren • Strahlensätze • Vergrößern und Verkleinern von Figuren • <p>Projekt Fahrrad</p>	<p>Messen, Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Parallel- und Serienschaltung • Leistung und Energie im Stromkreis • Elektrischer Widerstand • Kennlinien und Ohm'sches Gesetz • Elektrizität im Haushalt • Gefahren und Sicherheitseinrichtungen <p>Projekt Fahrrad</p>
---------------------	---	---

3.2. Größenordnungen - Zehnerpotenzen

Gegen Ende des Wintersemesters koordinierten wir nicht nur die beiden Fächer, sondern auch beide Klassen. Ziel war die Gestaltung einer Ausstellung: ***In Zehnerpotenzen vom Elementarteilchen bis zum Kosmos.***

Die Fähigkeit im Umgang mit sehr großen und sehr kleinen Zahlen erachten wir als eine grundlegende Kompetenz im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer. Nicht nur die aktuelle Forschung spielt sich in den äußersten Bereichen der Größenskalen ab, repräsentiert und popularisiert in den Medien. Vorsilben der Größenordnungen scheinen darüber hinaus attraktiv für die Werbung zu sein, *Mega-Center* werden von *Giga-Stores* übertroffen, *Nano* lugt allenthalben hervor.

Zumindest die Worte sind also im Alltag gegenwärtig. Aus didaktischer Hinsicht stellt sich die fächerübergreifende Herausforderung: Den technischen Umgang mit den zugehörigen Zahlen-Konzepten (Gleitkommadarstellung) zu erlernen und konkrete Vorstellungen mit diesen Zahlen zu verbinden, sie auf Wirklichkeitsbereiche sinnvoll anwenden zu können. Die Lehrpläne der Mathematik greifen diese Problematik früh auf und beginnen bereits in der 3. Klasse damit, diese Zahlendarstellung als Schreibweise und erste Operationen damit einzuführen. In den Bildungsstandards für Mathematik lässt sich diese Kompetenz dem Darstellen und auch Operieren zuordnen, etwa:

„Darstellen meint die Übertragung gegebener mathematischer Sachverhalte in eine (andere) mathematische Repräsentation bzw. Repräsentationsform.“ (Lit: BiST M8)

In der Physik wird die Arbeit mit Größenordnungen laut Lehrplan erst in der Oberstufe eingeführt. Eine Koordination mit Mathematik bietet sich hier dringend an: Vorgängerprojekte zeigten, welche Schwierigkeiten Schülerinnen und Schüler noch in der 6. Klasse beim Operieren mit und Anwenden von Zehnerpotenzen hatten (Knechtl/Rath 2006). Aus den Bildungsstandards NAW18 passt die Handlungskompetenz H1 „... Erfassen, Beschreiben“ gut zum mathematischen Darstellen:

„Umfasst die Kompetenz, Vorgänge und Erscheinungsformen der Natur aus der Sicht der naturwissenschaftlichen Fächer ... zu beschreiben und mitzuteilen.“

Für den Anfangsunterricht zu diesem Thema konzentrierten wir uns daher auf Kompetenzen der *Darstellung, Beschreibung* und *Mitteilung*.

Der typische Umgang der Schulbuch-Mathematik mit Themen wie diesem wurde ebenfalls bereits in Vorgängerprojekten kritisiert (Knechtl/Rath 2005). Zu einem Verfahren wird eine große Zahl von Beispielen und Aufgaben aus möglichst vielen Bereichen gegeben, um die Technik im Umgang damit zu üben und zu vertiefen. Durch diese Beliebigkeit der Kontexte bleibt allerdings jede Authentizität auf der Strecke. Schülerinnen und Schüler erkennen frühzeitig, dass es nur um Rechentechnik und richtige Resultate geht – egal, ob mit Kartoffeln, Euros oder Planeten gerechnet wird. Daher beschränkten wir uns in der konkreten Umsetzung des Themas auf Größenordnungen der Länge. Mit diesen lässt sich ein „einfaches“ Ordnungsraster über sämtliche Objekte unseres Universums aus naturwissenschaftlicher Sicht aufspannen, vom Elementarteilchen bis zum Galaxienhaufen.

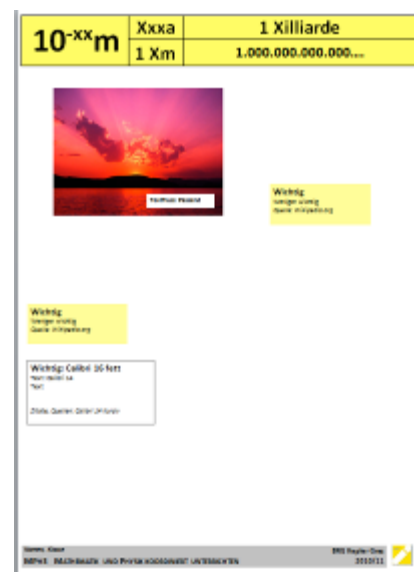
Die Einführung und Begründung der Zahlenschreibweise erfolgte konventionell im Mathematikunterricht. Ein vertiefendes Thema des verwendeten Lehrbuches (Kraker u.a. Expedition Mathematik 3, S. 208f: „Große Zahlen im Sonnensystem“) konnte in Physik praxisnah bearbeitet werden. Denn das BRG Kepler besitzt ein doppelmaßstäbliches Sonnensystem-Modell im Stiegenhaus (Konkrete Daten siehe Anhang). Mit diesem hatten die Schülerinnen und Schüler einige Aufgaben zu lösen, zum Beispiel:

1. *Recherchiert Entfernungen, Größen und Massen von Planeten in unserem Sonnensystem, im Modell im Stiegenhaus des BRG Kepler. Legt dazu geeignete Tabellen an und schreibt die Zahlen in Gleitkommadarstellung.*
2. *Bearbeitet Aufgabe 828 im Mathematik-Lehrbuch (S. 208). Vergleicht die Zahlen mit jener der Ausstellung.*

Zusatzaufgaben

- *Gebt die Durchmesser der Planeten in Vielfachen des Durchmessers der Erde an!*
- *Welche Maßstäbe werden im Stiegenhaus verwendet?*
- *Wie weit müssten unsere Modellkugeln von der "Sonne" entfernt sein, wenn der Maßstab für die Durchmesser auch für die Entfernungen genommen würde?*
- *Denkt euch eigene Fragen aus, die man mit unserem Modell-Sonnensystem lösen könnte!*

In dem Projekt gingen wir aber weit über den schon kaum vorstellbaren Größenbereich unseres Sonnensystems hinaus. Mit dem bekannten Kurzfilm „Powers of ten“ bzw. „Zehn Hoch“ (Quelle: YouTube) vermittelten wir einen ersten sinnlich fassbaren Eindruck über das Konzept der Größenordnungen. In den Klassen 3.a und 3.c wurden daraufhin Kleingruppen gebildet, die sich jeweils mit einer der Größenordnungen intensiver befassten, denen Vorsilben im Einheitensystem zugeordnet sind. Sie hatten zuerst die Aufgabe, typische Objekte zu recherchieren, die sich im Bereich ihrer Größenordnung (über jeweils 3 Zehnerpotenzen) finden lassen. Jede Gruppe erstellte dann ein Plakat mit kurzen Beschreibungen und konkreten Größen der entsprechenden Objekte sowie mathematischer und physikalischer Bezeichnungen (Längen in Meter) und Schreibweisen der Zahlen. Trotz der guten Vorbereitung und der Bereitstellung einer digitalen Vorlage (siehe nebenstehende Abbildung) benötigten die Gruppen etwa fünf Unterrichtsstunden für die Erstellung der Plakatvorlagen. Aus den daraus gedruckten Postern wurde eine imponierende Ausstellung, ein Weg von 10^{-15} (femto, Billiardstel) bis 10^{27} – dieser Zahl ist im



Digitale Vorlage für die Plakate

SI-System keine Vorsilbe mehr zugeordnet.

Beispiele fertiger Plakate sowie Bilder der Ausstellung finden sich im Anhang. Sämtliche Materialien und Vorlagen sowie die Ergebnisse beider Klassen sind in elektronischer Form auf der verwendeten moodle Plattform verfügbar (siehe Quellenverzeichnis)

Die Plakate waren aber nicht nur zum Ansehen da. Mit ihnen verfügen wir über eine reale Strecke am Gang, der räumlich eine Skala von Größenordnungen zugeordnet ist. Jeder Schritt von einem Plakat zum nächsten bedeutet also einen Sprung auf das Tausendfache oder ein Tausendstel der Länge! Damit können Operationen in diesem Zahlenraum auch körperlich ausgeführt werden.

Die Ausstellung eignet sich auch für Suchspiele und Schnitzeljagden, oder zum Einordnen von nicht dargestellten Objekten. Nicht zuletzt ließen wir die Klassen selbst überlegen, welche Fragen man zu den Plakaten stellen könnte - hier ging es insbesondere um Vergleiche von Größenordnungen.

3.3. Stationenbetrieb zum Thema Fahrrad

Auf dieses Thema waren wir aus 2 Gründen gekommen. Zum ersten hatten wir es eigentlich schon im letzten Jahr geplant. In den üblichen Wirren des Schulendes war aber eine geordnete Bearbeitung nicht mehr zustande gekommen. Zum Zweiten findet sich im verwendeten Mathematik Lehrbuch ein Anwendungs-„THEMA“: Fahrrad, Kettenblatt und Ritzel – angehängt an den Bereich der Ähnlichkeiten (Kraker, Plattner, Preis, S. 171f.).

Durch den Einsatz einer Gruppe von Studierenden im Rahmen des Schulpraktischen Seminars erhielt das Thema eine weitere Dimension. So konnte letztlich ein Halbtag mit 6 betreuten Stationen zum Thema Fahrrad organisiert werden.

Das Fahrrad stellt einen Kontext dar, mit dem Schülerinnen und Schüler im Alltag absolut vertraut sind. Es bietet von Seiten der Mathematik auf dem Niveau der 3. Klasse zwar nicht allzu viele Anknüpfungspunkte (Ähnlichkeiten, Verhältnisse), mehr jedoch aus der Sicht der Physik. Daher geriet der Stationenbetrieb auch etwas physiklastig.

Im Seminar hatten sich die Studierenden zuvor mit Standards, Kompetenzen und Aufgabekultur befasst. Sie erhielten den Auftrag, authentische und kompetenzorientierte Aufgaben zu erstellen, die jeweils in einer halben Stunde in praktischer Arbeit zu bewältigen waren. Im Folgenden die Übersicht über die einzelnen Stationen mit den didaktischen Kommentaren, die entsprechenden Arbeitsblätter finden sich im Anhang.

1. Fahrradhelm und Sicherheit

Das Ziel dieser Station soll sein, dass die Schüler verstehen lernen, wie ein Fahrradhelm funktioniert. Außerdem sollen sie den Unterschied zwischen schlechten und guten Helmen kennen lernen. Sie sollen auch herausfinden dass ein Helm nichts nützt, wenn man ihn schlecht aufsetzt oder die Geschwindigkeit/Höhe zu groß ist.

Sie haben die Aufgabe, das Modell eines Helms aus Haushaltsmaterialien zu bauen und dessen Wirksamkeit mit einem fallenden Ei zu testen.

Stationen	Aufgaben		Probleme
Fahradhelm & Sicherheit	Fragen zum Helm Baue einen Sturzhelm	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Aufbau & Einstellung	Fragen zum Aufbau Messaufgabe & Berechnung Bonusaufgabe	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Fahrrad & Reibung	Reibungsminderung Abhängigkeit vom Reifendruck Luftwiderstand	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Bewegung & Geschwindigkeit	Fragen zur Geschwindigkeit Geschwindigkeitsmessung Weg-Zeit-Diagramm Bonusaufgabe	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
P-A-U-S-E			
Kraftübertragung & Getriebe	Radiusbestimmung Wegmessung Berechnung der Weglänge Bonustrage (Kraftmessung)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Leistung & Energie	Berechnen der Leistung Messungen und Mittelwert Berechnung der Energie Bonustrage	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	

2. Aufbau und Einstellungen

Hier ging es darum, die wesentlichen Teile eines Fahrrads zu benennen und deren Funktion zu verstehen. Vorher soll die Frage erörtert werden, welche Art und Größe von Fahrrädern für die Einzelnen am Geeignetsten ist.

3. Fahrrad und Reibung

Nach der Erörterung von Arten der Reibung am Fahrrad wird ein Bezug zum Reifendruck hergestellt. Eine Serie von Messungen der Zugkraft (=Reibung) eines Fahrrads in Bezug auf den Reifendruck wird durchgeführt und in ein Diagramm ausgewertet. Die Ergebnisse werden mit einem theoretischen Verhältnis verglichen.

4. Bewegung und Geschwindigkeit

Die Schüler sollen versuchen, die Geschwindigkeit beim Radfahren anhand von Zeit- und Wegmessungen ermitteln. Dazu müssen sie selbst Werte messen, also Beobachtungen machen und festhalten. Sie bilden also anschauliche Realität auf abstrakte Werte ab. Es werden damit Bewegungsdiagramme erstellt und Durchschnittsgeschwindigkeiten ermittelt.

5. Kraftübertragung und Getriebe

Für verschiedene Übersetzungen wird die Kraftübertragung gemessen und mit gerechneten Werten verglichen. Damit geht es um die Kompetenz H1 (Mathematik): „in einem gegebenen Sachverhalt die relevanten mathematischen Beziehungen zu erkennen“ sowie um H2 und H3 der Bildungsstandards NAWI8.

Die ausführliche didaktische Analyse des zuständigen Studenten Gabriel Ranz ist im Anhang abgedruckt.

6. Leistung und Energie

Messen und Berechnen der typischen Leistung beim langsamen Radfahren.

Der Stationenbetrieb wurde in beiden 3. Klassen an je einem Vormittag durchgeführt. Er startete jeweils in der Klasse mit einer Einführung, worauf die Arbeit im Hof folgte. Das Ende fand wieder im Klassenraum statt, wo die Schülerinnen und Schüler ihre Arbeitsblätter vergleichen und fertig ausfüllen konnten.

Die 3.a-Klasse wurde von den Studierenden auch bewertet. Kriterien waren die Aktivität und Einstellung der Arbeit in der Gruppe (25%) sowie die Ausführung der Ergebnisse in den Arbeitsblättern (75%).

Auch hier finden sich alle relevanten Materialien auf der moodle Lernplattform (siehe Quellenverzeichnis).

4 EVALUATION

4.1 Konzeption

Wie bereits in 1.6 kurz dargestellt, legten wir die Evaluation auf zwei Ebenen an. Zum einen erfolgte die Untersuchung der Zielerreichung der Lernenden weitgehend innerhalb des Unterrichts, sie wurde teilweise in die Leistungsbeurteilung der einzelnen Fächer integriert. Primär wurden dabei die durch die Schülerinnen und Schüler erstellten Materialien (Versuchsprotokolle, Plakate, von ihnen erstellte Frageblätter) zur Kompetenzanalyse herangezogen. Für die zweite Ebene der allgemeinen Projektziele und Einstellungen verwendeten wir einen Fragebogen, den wir mit einem entsprechenden des Vorjahres verglichen.

4.2 Allgemeine Einstellungen und Ziele

Aus den allgemeinen Zielen unseres Projekts (siehe 1.2) ergaben sich folgende Fragestellungen:

- Haben Schülerinnen und Schüler den Sinn und Anwendungen mathematischer Methoden und Techniken in der Physik erfahren?
- Konnten sie ein Verständnis für Zusammenhänge, Ähnlichkeiten und Unterschiede der Zugänge beider Fächer entwickeln?
- Wie weit konnten sie die Schubladisierung der Fächer überwinden und Verknüpfungen des Wissens erzielen?

Als Indikatoren verwendeten wir die Antworten der Schülerinnen und Schüler auf eher allgemein gehaltene, offene Fragen.

4.2.1 Fragebogen

Im Folgenden die gestellten Fragen und unsere entsprechenden Erwartungen.

Mathematik und Physik haben in diesem Schuljahr immer wieder zusammengearbeitet. Welche Themen waren das?

Die Antworten darauf sollten uns zeigen, in welchem Ausmaß die Koordination überhaupt wahrgenommen worden war. Konnten die Themen genannt werden?

Welche Inhalte aus Mathematik, die du heuer gelernt hast, kann man in der Physik brauchen?

Welche Inhalte aus Physik, die du heuer gelernt hast, kann man in Mathematik brauchen?

Diese Fragen beziehen sich auf die wechselseitige Sinnggebung und Anwendbarkeit.

Beschreibe ein Beispiel dafür, wo Mathematik und Physik ähnlich arbeiten, wo es Gemeinsamkeiten gibt!

Beschreibe ein Beispiel dafür, wo Mathematik und Physik ganz verschieden arbeiten, wo es Unterschiede gibt!

Diese Fragen sollen das Bewusstsein von Ähnlichkeiten und Unterschieden der jeweiligen Zugangsweise klären helfen.

Soll diese Zusammenarbeit im nächsten Schuljahr weitergeführt werden?

ja	eher ja	eher nein	nein
----	---------	-----------	------

Begründung:

Eine allgemeine Frage über die Zufriedenheit mit dem Projekt.

4.2.2 Ergebnisse und Interpretation

Die Relevanz der erhaltenen Ergebnisse muss im Rahmen des Projekts relativiert werden, da die Untersuchung nur in der 3.a und dort ganz zu Schulschluss durchgeführt wurde. Dies zudem im Schulhof, vor einem Wandertag, und mit dem Fehlen von 6 leistungsstarken Schülerinnen und Schülern, die mit Vorbereitungen für die RoboCup WM beschäftigt waren. Daher erhielten wir 21 Fragebögen retour.

Frage 1:

Mathematik und Physik haben in diesem Schuljahr immer wieder zusammengearbeitet. Welche Themen waren das?

Genannt wurden insgesamt 37 Themen, die Häufigsten: Potenzen (8), Große und kleine Zahlen (8), Zehnerpotenzen (6), Hochzahlen (4), Gleitkommadarstellung (4).

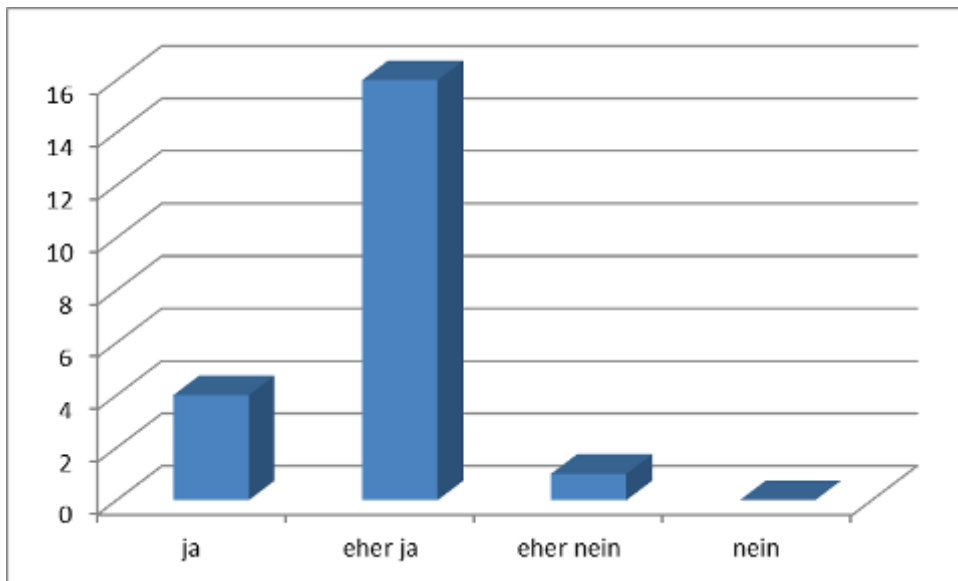
Es zeigt sich eine klare Dominanz des Größenordnungs-Zehnerpotenzen Projekts. Obwohl zeitlich weiter zurückliegend, wurde es praktisch ausschließlich für die Zusammenarbeit verantwortlich gemacht. Zum Vergleich wurde „Fahrrad“ 3 mal genannt, die im Vorjahr stark forcierten „Verhältnisse“ 1 mal.

Anhand konkreter Themen konnte die Koordination also praktisch nur dem wirklich stundenplanmäßig koordinierten Thema zugeordnet werden. Was ansonsten im Unterricht gelaufen war, war nicht mehr bewusst.

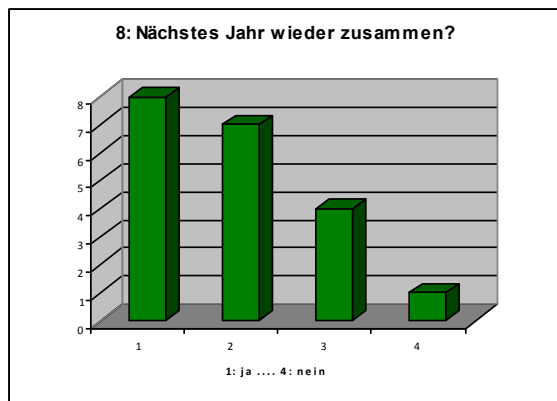
Ein ähnliches Bild zeigten die nächsten 3 Fragen, auch hier dominierte dieses Thema.

Ein Vergleich zum Vorjahr konnte mit der letzten Frage gezogen werden.

Soll diese Zusammenarbeit im nächsten Schuljahr weitergeführt werden?



Die Ergebnisse der 3.a. Im Vergleich das kleine Bild, die Ergebnisse auf die gleiche Frage im Vorjahr.



Der Durchschnittswert lag in diesem Jahr ähnlich (leicht höher), die Verteilung zeigte sich allerdings sehr verschieden. Die extremen Werte von Zustimmung und Ablehnung haben abgenommen zugunsten einer „eher ja“ Häufung (entspricht im Vorjahr 2).

Wir interpretieren dies als eine Art von Integration der Koordination in die Normalität des Unterrichts, fast alle wollen die Weiterführung. Jedoch ging anscheinend leider Einiges an Begeisterung verloren.

4.3 Evaluation des Projektes Größenordnungen

Es erfolgte eine intensive Beschäftigung mit Zehnerpotenzdarstellung und ihrer konkreten Bedeutung in der physikalischen Welt. Unsere Frage war: *Kann diese in einer siebten Schulstufe zu einer erheblichen Kompetenz im Umgang mit diesem Konzept (und in weiterer Folge: mit den Handlungskompetenzen des Kompetenzmodells) hinführen?* Dazu analysierten wir die erstellten Plakate und die dazu gestellten Vergleichsfragen sowie mittels Fragebogen die diesbezügliche Selbsteinschätzung der Schülerinnen und Schüler.

Die Qualität der erstellten Plakatvorlagen war extrem unterschiedlich. Die meisten waren mit guten Beispielen versehen und übersichtlich ausgearbeitet, andere aber auch sehr lieblos und mit Fehlern gespickt. Zwei Arbeiten mussten sogar komplett durch andere ersetzt werden, da sie so inhaltsleer und fehlerhaft waren, dass sie für die Ausstellung untragbar gewesen wären. Der Grund hierfür lag wohl weniger an physikalisch-mathematischen Fertigkeiten, sondern vielmehr an unkritischem und unreflektiertem Umgang mit dem Medium Internet: oft wurde unesehen übernommen, was die Google-Bildersuche hergab, ohne die Richtigkeit oder Sinnhaftigkeit der Beispiele zu hinterfragen. Auch grundsätzliche Verständnisschwierigkeiten zum Begriff einer Größenordnung wurden sichtbar. Des weiteren tratn verschiedene Arbeitsauffassungen zutage: Manche nutzten jede Gelegenheit, um den PC anderweitig zu benutzen, und konnten selbst nach der sehr großzügig bemessenen Arbeitszeit von sechs Unterrichtsstunden kaum eine geleistete Arbeit nachweisen.

Ein Negativbeispiel einer Gruppenarbeit. Die Beispiele für Raum- und Zeitgrößen im Bereich 10^6 sind unverändert von einem einführenden Arbeitsblatt übernommen, das Asteroidenpaar Ida und Daktyl passt überhaupt nicht in den Größenordnungsbe- reich, und die Größe eines Sonnenflecks (ohne Bild) wird mit genau Erdgröße angegeben – ein klares Missverständnis der Leh- reraussage, dass die Größe von Sonnenflecken im Größenordnungsbereich der Erde liegt.

10^6	Mega	1 Million
	1 Mm	1.000.000

Größe:	Raum:	Zeit:
10^6	Durchmesser Erde: $12,7 \cdot 10^7$ m Durchmesser Mond: $3,5 \cdot 10^7$ m	1 Jahr = $3,16 \cdot 10^7$ s Ein Jahr dauert also 31,6 Ms (Megasekunden)



Der Durchmesser der Erde beträgt $12,7 \cdot 10^7$ m



Durchmesser des Mondes beträgt ungefähr $3,5 \cdot 10^7$ m



Asteroid (243) Ida mit Mond Daktyl

Der Durchmesser von einem Sonnenfleck beträgt ungefähr $12,7 \cdot 10^6$ m



Beispiel einer weitgehend gelungenen Ausarbeitung. Er werden schöne Bezüge hergestellt zwischen der Entfernung zum nächsten Stern (40 Pm), astronomischen Objekten in dieser Größenordnung (Pferdekopfnebel, planetarische Nebel, Überriesensterne) und dem Lichtjahr (= ca. 10 Pm). Mit der Galaxie wurde danebengegriffen – auch nach der Bildunterschrift durchmisst sie knapp eine Million Petameter. Diese Verwechslung von Größenordnung und Verwendung einer bestimmten Einheit unabhängig vom großenbestimmenden Zahlenwert, trat bei beiden Klassen öfters Sie deutet auf ein grundsätzliches Verständnisproblem. Dass hier das falsche Kürzel in die Kopfleiste gesetzt wurde (pm statt richtig Pm und damit 10^{-15} statt 10^{15}), war dagegen leicht zu klären.

10^{15} m	Peta	1 Billiarde
	1 pm	1.000.000.000.000.000m

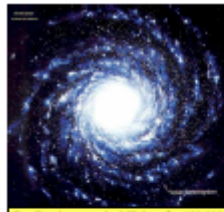
1 Petameter sind 1.000.000.000.000.000m (1 Billiarde Meter) also 10^{15} m.



Die Entfernung zum nächsten Stern Proxima Centauri beträgt 4,22 Lichtjahre oder knapp 40 Petameter. (Quelle: Planeten.ch)



In einem Jahr legt das Licht bei einer Geschwindigkeit von 299 792 458 m/s eine Strecke von 9,46 Petametern zurück. (Quelle: Planeten.ch)



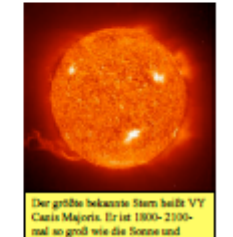
Der Durchmesser der Milchstraße (300 000 Lichtjahre) beträgt 946 000 Petameter. (Quelle: Wikipedia.org)



Die größte Ausdehnung des Pferdekopfnebels beträgt 3 Lichtjahre also 28,38 Petameter. (Quelle: Wikipedia.org)



Der Helixnebel ist mit ca. 6149 Petametern (650 Lichtjahren) Entfernung der nächste Nebel.



Der größte bekannte Stern heißt VY Canis Majoris. Er ist 1800-2100-mal so groß wie die Sonne und

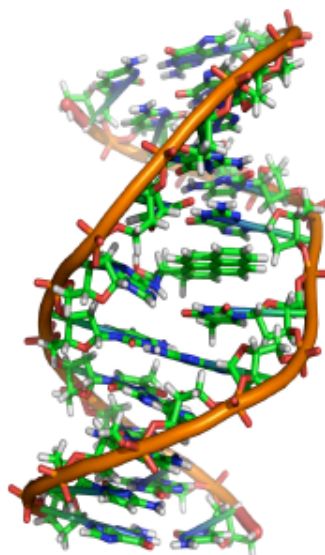
in PDF mit Acrobat.com klicken

10^{-6} m	mikro	1 millionstel
	1 μm	0,000.001



Rote Blutkörperchen
 10^{-5} m

Die roten Blutkörperchen (Erythrozyten) sind die häufigsten Zellen im Blut von Wirbeltieren. Sie erscheinen unter dem Mikroskop als blasse, runde Scheiben, die in der Mitte leicht eingedellt sind. Sie dienen unter anderem dem Transport von Sauerstoff von der Lunge oder den Kiemen zu den diversen Körpergeweben.



Genom

Als Genom oder auch Erbgut eines Lebewesens wird die Gesamtheit der vererbaren Informationen einer Zelle bezeichnet. Das Genom enthält die Informationen, die zur Entwicklung und zur Ausprägung der spezifischen Eigenschaften des Lebewesens notwendig sind.

Menschliche DNA
1 μ m

Wie es schien, waren die Kinder trotz aller Vorbereitung und Koordination in beiden Fächern in mehrfacher Hinsicht überfordert. Neben der erwähnten Verwechslung von Einheitenverwendung und Größenordnungsbereich bereitete vor allem die Dreidimensionalität realer physikalischer Objekte offenbar Schwierigkeiten. Im obigen Ausschnitt des Plakates einer aus leistungstarken Schülerinnen und Schülern gebildeten Gruppe fehlt etwa die Angabe, was denn nun an einem DNA-Strang eine Größe von einem Mikrometer hat (es ist der Radius), ähnlich auch bei den Blutplättchen. Andererseits wurde durchaus ein gewisser Verständnisraum geschaffen, was man sich denn z. B. unter 10^{-9}m oder unter 10^9m so vorzustellen hat.

Letzteres sollte durch den aktiven Vergleich von Objekten verschiedener Größenordnung in Form von Erstellung von Fragen ja gefestigt werden. Die Fragen selbst verraten aber wiederum einiges über die Zugangsweise der Kinder zum behandelten Thema. Hier einige ausgesuchte Beispiele aus verschiedenen Gruppen:

Wie viele Ameisen passen der Reihe nach in die Golden Gate Bridge? (547.400)

Wie oft passt der Durchmesser eines Stecknadelkopfes in die Luftlinie Graz bis Paris? (A: ca: 1.000.000.000 mal)

Wie viele Ameisen braucht man um die Länge eines Haarwachstums in einem Monat darzustellen? (A: 2 Ameisen)

Wie viele Tage muss ein Haar wachsen um den Durchmesser der 1€ Münze zu erreichen?

Wie viele Plabutschtunnel passen der Reihe nach in den Monddurchmesser? (347.5)

Wie viele Plabutschtunnel passen der Reihe nach in die Golden Gate Bridge? (ca. 273.7)

Wie viele Monde passen in das Erdvolumen? (ca. 50mal)

Wie oft passt der Mond in die Erde? (A: ca. 4 mal)

Wie oft passt die Menschliche DNA in die Länge der Golden Gate Bridge?

Hier bestätigten sich die aus den Plakatarbeiten abgeleiteten Orientierungskompetenzen ebenso wie die Verständnisschwierigkeiten. In den Fragen sind etliche schöne Vergleiche und Bezüge enthalten, wie etwa die Milliarde Stecknadelköpfe zwischen Graz und Paris oder die zwei Ameisenlängen, die unser Haar im Monat wächst. Gleichzeitig fiel nicht auf, dass die Golden Gate Bridge im Vergleich plötzlich zwei Drittel des Monddurchmessers umfasst (beide entsprechenden Fragen stammten von der gleichen Gruppe)! Längen, Breiten und Volumen gaben viel Raum für Unklarheiten und Unstimmigkeiten. Größenangaben aus den Plakaten wie etwa die undefinierte „Größe“ der DNA von $1\ \mu\text{m}$ wurden unesehen übernommen. Hier zeigen sich die Grenzen der möglichen Arbeits- und Verstehensweisen in dieser Schulstufe, sowie die Perspektiven für sinnvolle Weiterarbeit in diesem Bereich.

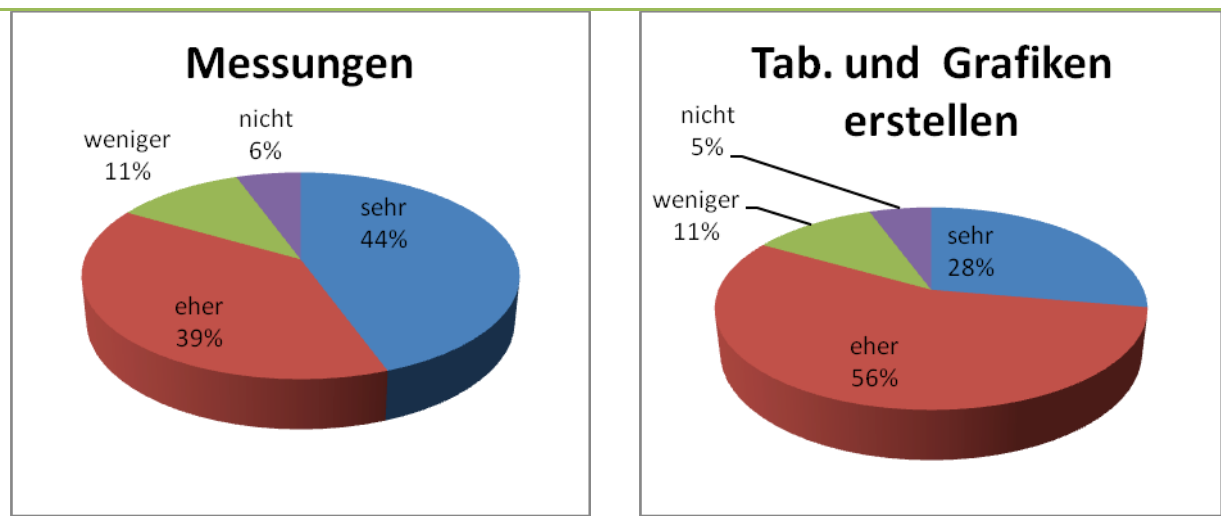
Die dritte Säule der Evaluation dieser Sequenz war der dazu erstellte Fragebogen, der die allgemeine Stimmung, den Lernwert, den Inhaltzugang und detailliert die aus Schülersicht enthaltenen Handlungskompetenzen zum Thema hat.

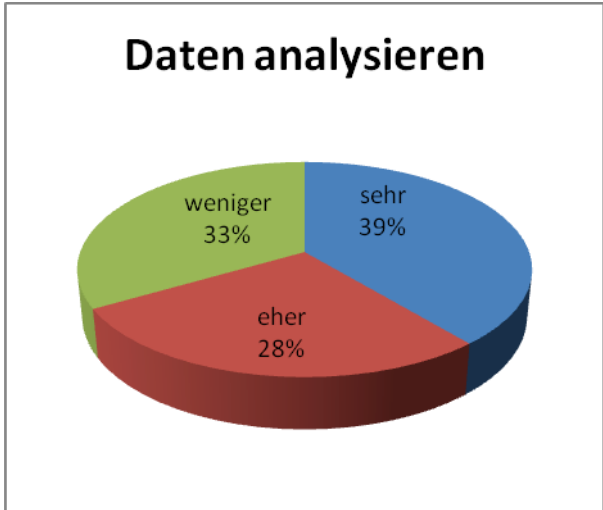
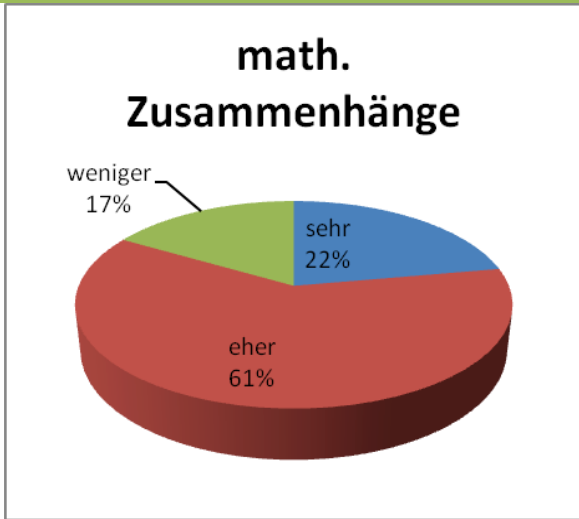
MPh3 – Fragebogen zum Ausstellungsprojekt

<i>Wie hat dir die Erstellung der Plakatausstellung zu den Größenordnungen gefallen?</i>	
<i>Was war neu für dich? Was hast du dadurch gelernt?</i>	
<i>In welchen der folgenden Bereiche konntest du dabei dein Können und Wissen zeigen? (sehr/eher/weniger/nicht):</i>	
<i>Messungen durchführen</i>	
<i>Sachverhalte in Tabellen, Grafiken oder Diagrammen darstellen</i>	
<i>Mathematische Zusammenhänge erkennen und darstellen</i>	
<i>Mit den Tabellen und Grafiken weiterarbeiten</i>	
<i>Ein Experiment oder eine Messung planen, durchführen und protokollieren</i>	
<i>Werte aus Grafiken oder Tabellen ablesen und deuten können</i>	
<i>Daten und Ergebnisse analysieren, ordnen, vergleichen, interpretieren, erklären können</i>	
<i>Wie viel Mathematik, wie viel Physik und wie viel Anderes war in diesem Projekt „versteckt“?</i>	
<i>Das möchte ich sonst noch anmerken:</i>	

Das Projekt wurde von der 3c fast ausnahmslos sehr positiv aufgenommen: die erste Frage beantworteten neun Schüler mit „sehr gut“, sechs mit „gut“, einer mit „sehr lustig und interessant“ und einer mit „lustig“, die negativste Rückmeldung war ein „geht so“. Was wurde gelernt? „Das Hochzahlen so groß sind“, „Wie groß das Universum ist“, und beachtliche drei mal „dass Physik und Mathematik Spaß machen“. Die Frage nach den „versteckten“ Inhalten des Projektes wurde von den Schülern völlig unterschiedlich beantwortet: etwa gleich viele sahen darin mehr Physik als Mathematik als umgekehrt – die Fächergrenzen wurden offenbar in dieser Sequenz auch aus Schülersicht völlig aufgehoben. Dazu wurde die unumgängliche Präsenz eines dritten Fachbereiches erwähnt, der Informatik.

Die Frage nach den Kompetenzbereichen wurde wie folgt beantwortet:





Insgesamt waren die Schüler also zu 79% davon überzeugt, ihre Kompetenz in den abgefragten Bereichen sehr oder eher gezeigt zu haben, und das sogar weitgehend in allen Handlungsbereichen.

4.4 Evaluation des Projekts Fahrrad

Die Evaluation dieser Aktion konnte nicht zuletzt aufgrund der Mitarbeit der Studierenden ausführlich und in zwei Bereichen erfolgen:

- a. Arbeitshaltung und Zusammenarbeit, insbesondere aus einer Gender-Perspektive
- b. Kompetenzaufbau und -erwerb

Arbeitshaltung und Zusammenarbeit

Untersuchung a. ging von der Frage aus, ob. bzw. wie sich gleich- oder gemischtgeschlechtliche Gruppen auf die Qualität der Zusammenarbeit auswirken. Hierbei konnte innerhalb der gemischten Klasse sowie zwischen den Klassen verglichen werden.

Indikatoren waren:

- Die subjektive Bewertung der Zusammenarbeit innerhalb der Gruppen durch deren Mitglieder
- Die Einschätzung der Zusammenarbeit durch die betreuenden Studierenden.

In der 3.a-Klasse wurden die Gruppen nach Geschlecht eingeteilt: 3 Gruppen bestanden nur aus Knaben, eine nur aus Mädchen, 2 waren gemischt. Die Rückmeldungen auf die Frage „*Deine Bewertung der Zusammenarbeit in der Gruppe*“ waren von Seiten der Schülerinnen und Schüler durchwegs positiv bis sehr positiv. Es waren keine Unterschiede zwischen den Gruppen auszumachen, welche über Unterschiede aufgrund der Personen hinausgingen.

Die Studierenden sahen die Sachlage differenzierter. In zwei Gruppen gab es Führungspersönlichkeiten, welche den Hauptteil der Arbeit übernahmen.

„Es gab eine dominante Schülerin, die gerechnet hat. Die anderen haben abgeschrieben.“

In zwei Gruppen gab es Außenseiter, die jedoch mit verschiedenen Strategien einbezogen oder mitgezogen wurden.

„XXX war extrem unmotiviert, er hat die Gruppe genervt. Die anderen füllten teilweise die Zettel für ihn aus, um weiterzukommen.“

Auch Geschlechterunterschiede wurden differenziert wahrgenommen, allerdings waren sich die Studierenden diesbezüglich selbst nicht einig. Eine Beobachtung ging in die Richtung, dass die reine Mädchengruppe zielorientierter als die anderen gearbeitet hat, sie wollten alle Fragen vollständig bearbeiten. Eine andere Beobachtung sprach aber von geringem Interesse bei dieser Gruppe:

„An technischen Daten uninteressiert, auch generell wenig.“

Bei den beiden gemischtgeschlechtlichen Gruppen wurde gute Zusammenarbeit in Art sportlicher Konkurrenz gesehen. Ein Student empfand aber einen

„...gewissen Abstand zwischen den Gruppenmitgliedern. Sie waren etwas schüchtern.“

Fazit:

Die Schülerinnen und Schüler selbst sahen wenige Unterschiede in der Zusammenarbeit der Gruppen, das Geschlecht wurde in den Feedbacks überhaupt nicht erwähnt. Die etwas differenziertere Sicht der Studierenden ist bezüglich der Genderfrage nicht einheitlich. Es scheinen persönliche Faktoren die größere Rolle zu spielen.

Im Klassenraum sitzen die Schülerinnen und Schüler der 3.a-Klasse nach Geschlechtern getrennt, die Mädchen bilden eine eigene Gruppe und mischen sich nicht mit den Knaben. Bei der Gruppenarbeit

im Schulhof mit erzwungenen Durchmischungen warf dies allerdings keine beobachtbaren Probleme auf, möglicherweise war die Einteilung sogar von Vorteil – das kann aber nur vermutet werden.

Projekttag der 3.c

Bei dem zwei Wochen danach stattfindenden Projekttag der reinen Bubenklasse 3.c waren durchaus Unterschiede im Vergleich zur geschlechtergemischten 3.a-Klasse auszumachen. Innerhalb der Klasse waren allerdings die Unterschiede in Ergebnissen sowie auch im Verhalten der nach dem Alphabet eingeteilten Gruppen minimal. Die Studierenden beschrieben die 3c als tendenziell interessierter und aktiver als die 3a.

Diesen Eindruck bestätigen die Rückmeldebögen der Schüler deutlich: Auf die offen gestellte Frage „*Wie hat dir der Fahrradprojekttag gefallen?*“ antworteten zwei mit „Sehr sehr gut“, sechs mit „Sehr gut“, sieben mit „Gut“, die anderen beschrieben den Tag als „lustig und interessant“, „interessant und ausführlich“ bzw. als „interessant, ausführlich und kinderfreundlich“. Die Antworten auf die Frage „*Was war neu für dich? Was hast du durch den Projekttag gelernt?*“ zeigten, dass sehr viele Schüler einen direkten persönlichen Nutzen erkennen konnten.

„Ich habe gelernt, dass es sehr hilfreich ist, über das Fahrrad zu lernen“

„Dass ich nicht mehr ohne genaue Angaben ein Rad kaufen werde :D“

„Es waren die vielen Einzelheiten, die ich nicht gewusst habe, es war sehr lehrreich“

„Neu war für mich, wie man die perfekte Größe des Rades für sich berechnen kann“

„Jetzt weiß ich, wie ein Helm funktioniert“.

Besonders erfreulich ist auch, dass beachtlich viele Antworten zu dieser Frage die Wertschätzung der Schüler gegenüber dem Projekttag zum Ausdruck brachten, z. B. „*Dass Physik interessant ist*“ oder „*Ich habe gelernt, dass es auch eine andere Art von Schule gibt*“.

Der fachliche Gehalt des Projekttages wurde dabei von den Schülern der 3c deutlich gesehen. Bezeichnend ist die folgende Schülerantwort auf die Frage, wieviel Physik und Mathematik in diesem Projekt „versteckt“ war:

„Vieles, aber es war so versteckt, dass es trotzdem lustig war!“

Trotz der vielen Berechnungen und zu erstellenden Graphen sahen die Schüler den inhaltlichen Schwerpunkt eher bei der Physik – durchaus ein Zeichen dafür, dass die Anwendung der Mathematik in der Physik weitgehend selbstverständlich geworden ist.

Sehr erfreulich waren auch die ausnahmslos positiven Antworten bei den freien Anmerkungen:

„Es war lustig“

„Es war super, die Sachen selbst ausprobieren zu dürfen und nicht nur alles in der Theorie zu machen“

„Es war einfach toll“

„Es war sehr interessant“

„Öfter machen!“.

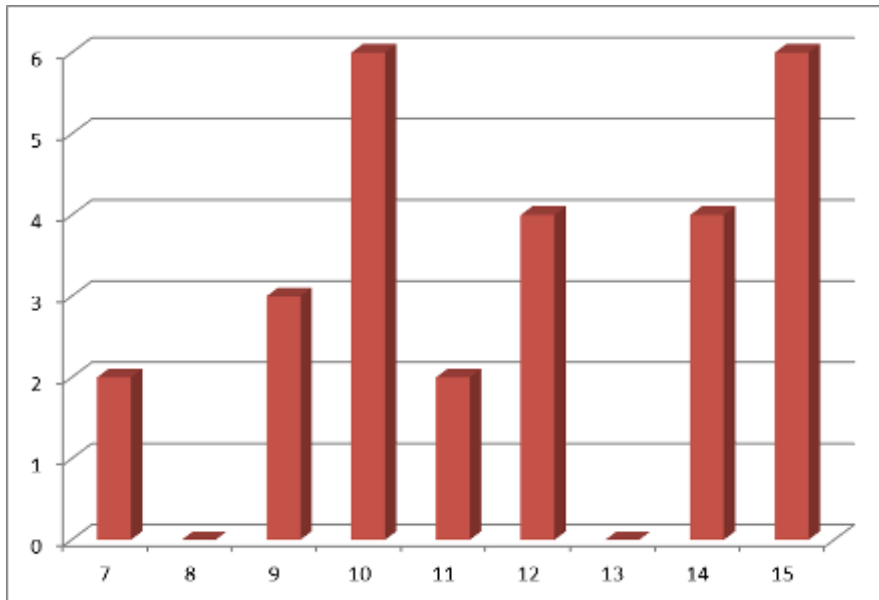
Kompetenzaufbau

Als sichtbares Resultat der Arbeit wurden von allen Schülerinnen und Schülern die Arbeitsblätter ausgefüllt, je eines pro Gruppe. Dieses Portfolio wurde in die Leistungsbewertung einbezogen, es lieferte uns aber auch Hinweise auf die gewonnenen Kompetenzen. In der 3c wurde zusätzlich durch einen Fragebogen der subjektive Kompetenzerwerb der Schüler erhoben.

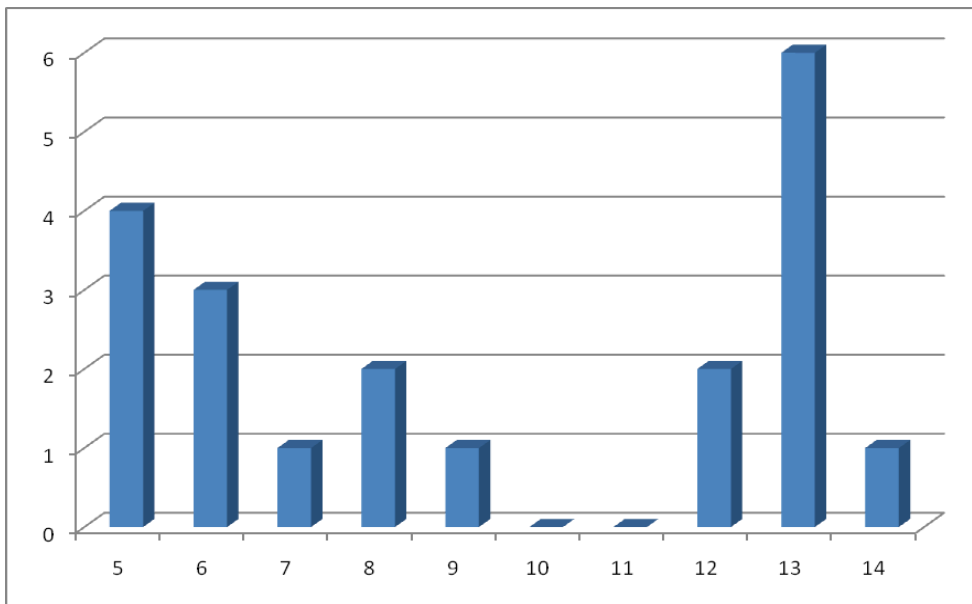
Betrachten wir zuerst die äußere Bewertung der einzelnen Personen bzw. Aufgaben. Jedes Arbeitsblatt wurde mit einem oder zwei Punkten beurteilt, je nach Qualität und Vollständigkeit. Als weitere mögliche Werte gab es natürlich Null (gar nichts), aber auch 3 Punkte, wenn die Zusatzaufgaben gemacht worden waren. Somit konnte jede Schülerin bzw. jeder Schüler als Norm 12 Punkte erreichen, maximal 18. Aufgrund der kleinen Stichprobe (und der damit stark hervortretenden Individualität) sowie der offenen Form der Aufgaben, die eine objektivierete Beurteilung erschwert, sind die folgenden Ergebnisse nicht signifikant und mit Vorbehalt zu betrachten. Die Auswertung kann allerdings zumindest Tendenzen aufzeigen.

Hier die jeweilige Anzahl (vertikal) gegen die erreichten Punkte (horizontal).

Ergebnisse der 3a:



Ergebnisse der 3c:



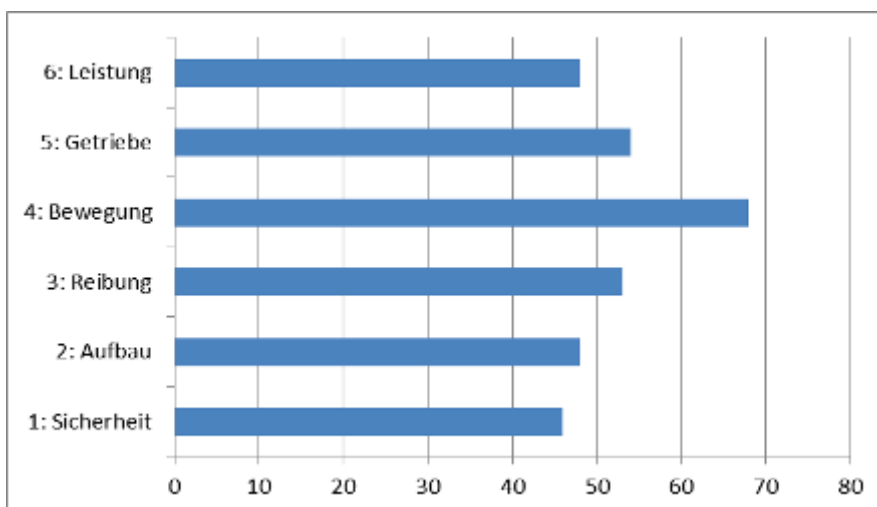
Wir erkennen bei der 3a zwei Häufungen: Eine zwischen 9 und 12 und die zweite bei 14-15 Punkten. 10 Schülerinnen und Schüler von 27, also immerhin 37 Prozent, hatten die Ziele überproportional erreicht. Dies zeigt auch der Mittelwert, der mit 11,7 nahe an dem Norm-Maximum von 12 Punkten lag.

Die Punkterreichungen in der 3c teilen sich dagegen viel deutlicher in zwei Gruppen: etwa die Hälfte weist recht schlechte Ergebnisse auf, die andere Hälfte liegt um das Normmaximum; die führt zu einem Mittelwert von nur 9,3 Punkten. Die Verteilung macht wieder die unterschiedliche Arbeitsmoral und Leistungsstärke der Gruppen deutlich.

Betrachtung der Aufgaben

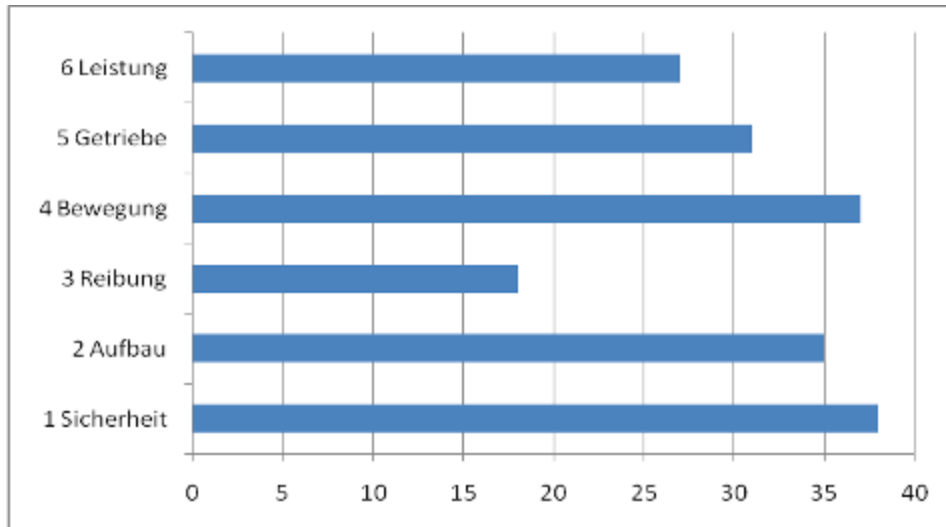
Wie wurden die Punkte auf die Aufgaben verteilt? Das Norm-Maximum liegt nun bei 54 Punkten (je 2 pro Person). Das folgende Balkendiagramm ordnet jeder Aufgabe die gesamten erreichten Punkte zu.

3a:



Die Bewegungsmessungen erreichten weitaus die meisten Punkte (68) und liegen auch weit über dem Norm-Maximum, wo sich die Aufgaben 4 und 5 befanden. Darunter lagen 1 (Sturzhelm) und 6 (Leistung und Energie).

3c: (20 Arbeiten, damit eine Normpunktezah von 40 pro Themenbereich)



Zuerst fällt auf, dass das von den Studierenden beobachtete größere Interesse und Engagement sich nicht positiv auf die Sorgfalt bei der Ausarbeitung der Arbeitsblätter ausgewirkt hat: viele der Abgaben waren grob schlampig, offensichtlich abgeschrieben, die Graphen sehr lieblos hingeschmiert. Somit blieben die relativen Punktezahlen deutlich unter dem Normmaximum und damit klar unter den Ergebnissen der 3a.

Auch hier erreichte aber die Aufgabe zur Bewegung den höchsten Punktezahlenbereich, nur knapp übertroffen vom Thema Sicherheit (Helm). Der technische Aufbau des Fahrrades war ebenfalls fast gleichauf und erreichte in der Relation zum Leistungsschnitt einen deutlich höheren relativen Punktestand als in der gemischten Klasse. Ganz im Gegensatz zur Parallelklasse erreichte die 3c im Aufgabenbereich „Reibung“, wo es um das Messen, Protokollieren eines Versuches, das tabellarische und grafische Darstellen sowie das Interpretieren dieser Darstellungen ging, bei weitem die schlechteste Punktezah, deutlich abgeschlagen hinter allen anderen Bereichen mit nicht einmal der halben Normpunktezah.

Interpretation

Ohne die Aufgaben im Detail analysiert zu haben, orten wir hier einen sichtbaren Erfolg der Koordination. Gerade Bewegungsaufgaben wurden schon mehrfach in beiden Fächern behandelt und waren auch Teil des Vorgängerprojekts. Ähnliches gilt für die Aufgabe Getriebe: Sie war aus einem Thema des Mathematiklehrbuches abgeleitet. Gerade jene Kompetenzen, auf die wir im Unterricht gemeinsam Schwerpunkte gelegt hatten, zeigten sich als in hohem Ausmaß vorhanden.

Die unterschiedliche Interessenslage zwischen Buben- und Mädchengruppen bezüglich technischer Details, die die Studierenden feststellten, findet auch in den relativen Punkterreichungen ihren Niederschlag. Dafür war die Bereitschaft der Bubenklasse, die Versuche auch ordentlich zu protokollieren und auszuarbeiten, viel geringer ausgeprägt als in der gemischten Klasse, was sich in der Qualität der abgegebenen Mappen deutlich niederschlug.

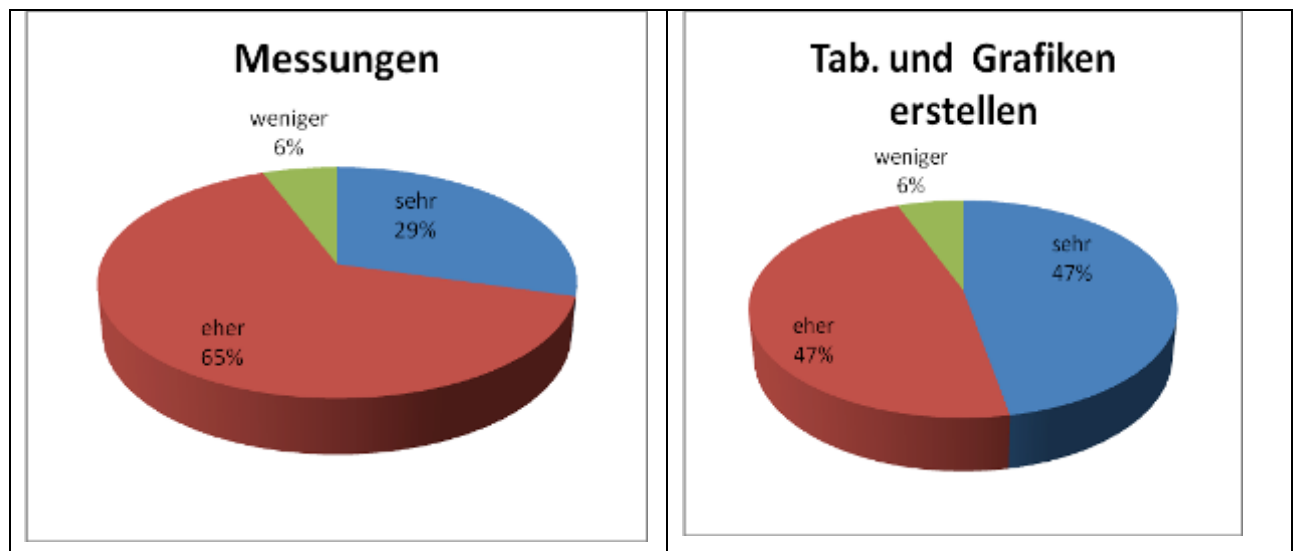
Selbsteinschätzung der Schüler im Kompetenzerwerb

In der 3c wurde zusätzlich zu den Auswertungen der Aufgaben in einem Fragebogen zum Projekttag erhoben, inwieweit die Schüler die im Kompetenzmodell enthaltenen Handlungsziele im Projekttag verwirklicht sahen bzw. auch ihre Fähigkeit, bestimmte Kompetenzen anzuwenden – völlig analog zum Fragebogen zum Größenordnungsprojekt:

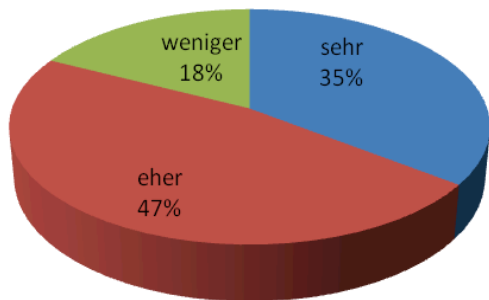
<i>In welchen der folgenden Bereiche konntest du am Fahrradprojekttag dein Können und Wissen zeigen? (sehr/eher/weniger/nicht):</i>
<i>Messungen durchführen</i>
<i>Sachverhalte in Tabellen, Grafiken oder Diagrammen darstellen</i>
<i>Mathematische Zusammenhänge erkennen und darstellen</i>
<i>Mit den Tabellen und Grafiken weiterarbeiten</i>
<i>Ein Experiment oder eine Messung planen, durchführen und protokollieren</i>
<i>Werte aus Grafiken oder Tabellen ablesen und deuten können</i>
<i>Daten und Ergebnisse analysieren, ordnen, vergleichen, interpretieren, erklären können</i>

Das sehr erfreuliche Ergebnis: die Schüler befanden, dass sie zu 81% ihr Wissen und Können „sehr“ oder „eher“ in den angeführten Kompetenzbereichen zeigen konnten; kein einziger Schüler gab in irgendeinem Bereich eine Nichterreichung an.

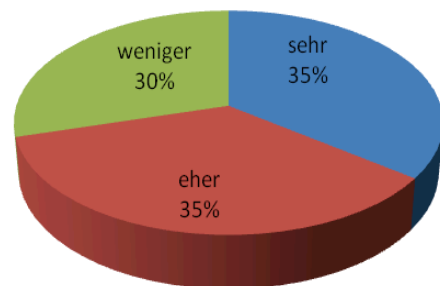
Die Ergebnisse im Detail



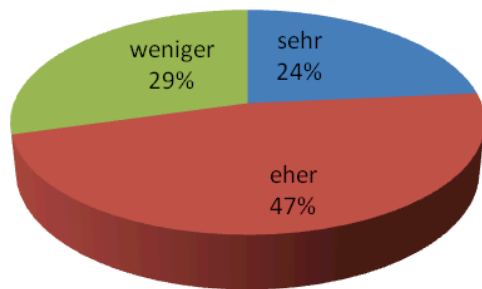
math. Zusammenhänge



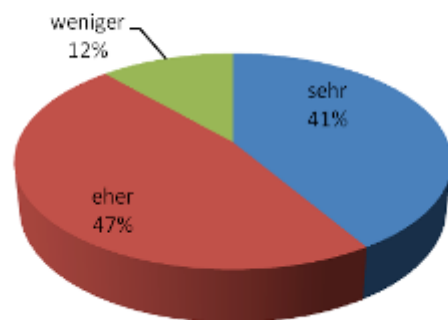
mit Tab. Und Gr. arbeiten



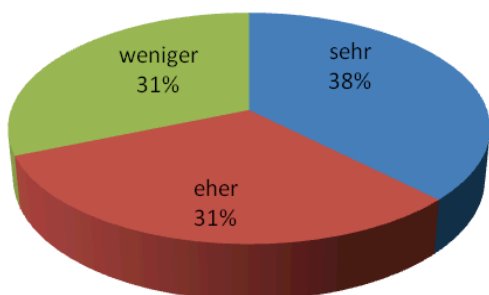
planen, durchführen, protokollieren



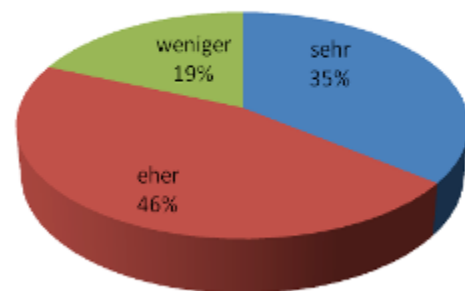
Werte ablesen und deuten



Daten analysieren



Kompetenzen gesamt



Gerade das auch schon im Vorgängerprojekt MPh2 gelegte Augenmerk auf Kompetenzen in der Durchführung von Messungen und der Arbeit mit Tabellen und Graphen scheint deutlich Früchte zu tragen. Hier fühlen sich die Schüler am sichersten.

Am meisten Probleme bereitete das Analysieren von Daten sowie die eigenständige Gesamtdurchführung des Dreischrittes Planen-Experimentieren-Protokollieren, was ja auch eine hohe Anforderung für einen Schüler der 3. Klasse darstellt. Doch selbst hier fühlten sich mehr als 2/3 der Schüler sehr oder eher kompetent.

5 ZUSAMMENFASSUNG UND RESÜMEE

Trotz der langen Serie der Projekte, welche Mathematik und Physik koordinieren, ist es noch zu keinen Abnützungs- oder Ermüdungserscheinungen gekommen. Im Gegenteil, hat sich doch in diesem Jahr das Team etwas verändert. Zwei Tendenzen sind gleich geblieben:

- Die stärker werdende Orientierung an Kompetenzen
- Die zunehmende Konzentration der Koordination auf wenige, intensive Projekte

Hier eine kurze Auflistung des gemeinsam Erreichten, was das äußerlich Sichtbare betrifft:

- Koordinierte Jahresplanung (die an je konkrete Schuljahresgegebenheiten angepasst werden muss)
- Arbeit an einer gemeinsamen „Sprache“ in Physik und Mathematik
- Themenparallelisierung für den Bereich Negative Zahlen / Wärme und Temperatur
- Begehbare Ausstellung zum Thema Zehnerpotenzen / Größenordnungen des Kosmos, die Raum zur kreativen Nutzung bietet
- Koordinierte projektartige Sequenz zum Thema Fahrrad

Ziele und Kompetenzerwerb

Unsere Ziele sind zweifach angelegt. Die allgemeine Ebene des Abbaus gegenseitiger Grenzen und Schranken stellt den langfristigen, übergeordneten Teil der Arbeit dar. Dazu gehört auch das Erforschen des Mehrwerts durch die Koordination von Seiten der Lehrpersonen. Die speziellere Ebene betrifft konkrete Inhalte und Kompetenzen, an denen sich die Koordination jeweils manifestiert.

Sichtbare Ergebnisse konnten wir in diesem Jahr hauptsächlich auf der zweiten Ebene nachweisen. Es gelang zu zeigen, dass ein Zuwachs an fächerübergreifenden Kompetenzen bei vielen Schülerinnen und Schülern deutlich wurde. Allerdings wurden auch die Defizite in zentralen Konzepten sichtbar, die zum Teil auf die Altersstufe zurückgeführt werden können.

Ausblick

Wir planen, die Serie der Projekte mit der 4. Klasse abzuschließen. Kann die Arbeit auf der speziellen Ebene der Kompetenzen und Inhalte im Wesentlichen weitergeführt werden, streben wir eine stärkere Orientierung und Ausschärfung der allgemeinen Zielebene an. Die in MPh3 formulierten übergreifenden Ziele erwiesen sich als zu unscharf, um sie einer Evaluation im Detail unterziehen zu können.

6 LITERATUR UND QUELLEN

Autorengemeinschaft: Prisma Physik 3. öbv, Wien 2008

Bildungsstandards für Mathematik am Ende der 8. Schulstufe. Version 3.0 Bm:bwk 2004

Bifie: Entwicklung von Standards Naturwissenschaften 8.Stand: 2007.

Dieses Konzept ist noch nicht offiziell veröffentlicht, wird aber für Projekte und Fortbildungen verwendet.

Bm:bwk: Lehrplan AHS Unterstufe:

http://www.bmukk.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp_ahs_unterstufe.xml

Knechtl W., Rath G.: MPh5. Mathematik - Physik in der 5. Klasse Realgymnasium koordiniert unterrichten. BRG Kepler, Graz 2005

Knechtl W., Rath G.: MPh6. Mathematik - Physik in der 6. Klasse Realgymnasium koordiniert unterrichten. BRG Kepler, Graz 2006

Knechtl W., Rath G.: MPh8. Mathematik - Physik in der 8. Klasse Realgymnasium koordiniert unterrichten. BRG Kepler, Graz 2008

Kraker M., Plattner G., Preis C.: Expedition Mathematik 3. Dorner-Verlag, Wien 2008.

Internetquellen:

Zehn Hoch: <http://www.youtube.com/watch?v=SnPUx5yUkQo> (Stand: 15.7.2011)

Lernplattform: Große und kleine Zahlen:

<http://www4.edumoodle.at/physiklernen/course/view.php?id=70>

(Gastzugang ist frei)

Lernplattform: Stationenbetrieb Fahrrad:

<http://www4.edumoodle.at/physiklernen/course/view.php?id=75>

(Gastzugang ist frei).

7 ANHANG

Die Materialien finden sich in der zugehörigen pdf-Datei. Überblick:

Vergleichsfragen der Schülerinnen und Schüler zu den Zehnerpotenzen-Postern	2
Beispiele aus der Plakatausstellung „Zehnerpotenzen im Universum“, Fotos	4
Sonnensystem im Stiegenhaus – Planetenwanderweg	6
Poster für den IMST Netzwerktag	7
Übersichtsplan und Arbeitsblätter zum Stationenbetrieb Fahrrad	8
Didaktische Analyse der Station „Kraftübertragung und Getriebe beim Fahrrad“ (<i>Gabriel Ranz</i>)	19

"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."