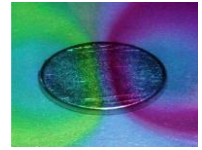




IMST – Innovationen machen Schulen Top

Themenprogramm: Kompetenzen im mathematischen
und naturwissenschaftlichen Unterricht



MPH4

MATHEMATIK UND PHYSIK

KOORDINIERT KOMPETENZORIENTIERT

UNTERRICHTEN

ID 726

Norbert Steinkellner

Christa Preis

Waltraud Knechtl

Gerhard Rath

BRG Kepler, Graz 2012

Inhaltsverzeichnis

1 AUSGANGSSITUATION	4
1.1 Vorhaben und der Zusammenhang mit Vorprojekten	4
1.2 Sozialer Rahmen: Blick auf die Klassen.....	4
2 ZIELE UND KOMPETENZORIENTIERUNG	5
2.1 Ziele auf Lehrendenebene.....	5
2.2 Ziele auf SchülerInnenebene:.....	5
3 KONZEPT UND PLANUNGSGRUNDLAGE	7
3.1 Überlegungen zum Projekteinstieg:	7
3.2 Konzeption der Evaluation.....	7
4 PROJEKTVERLAUF	9
4.1 Historische astronomische Instrumente	9
4.2 Konkrete Unterrichtscoordination zur Linsengleichung	12
4.2.1 Unterrichtsskizze: Sammellinsen – Bruchgleichungen in der 4a	12
4.2.2 Unterrichtsskizze: Sammellinsen – Bruchgleichungen in der 4c	23
5 REFLEXION UND EVALUATION	28
5.1 Evaluation der Ziele auf Lehrendenebene	28
5.2 Evaluation der Ziele auf der Ebene der Lernenden:.....	29
5.3 Genderfragen	30
6 RESÜMEE UND AUSBLICK.....	31
7 LITERATUR.....	32
8 URHEBERERKLÄRUNG	33
9 ANHANG	34

ABSTRACT

Das Ziel dieses Projektes war die Koordination der Unterrichtsfächer Mathematik und Physik in der vierten Klasse eines Realgymnasiums, mit besonderem Blick auf den Bereich Messen – Experimentieren. Fächerübergreifende Elemente kamen auf verschiedenen Ebenen zum Einsatz: Bei der Planung, dem Erstellen von Materialien und im Unterricht selbst.

Inhaltlich erfolgte die Koordination hauptsächlich im Rahmen zweier Teilprojekte: Historische astronomische Instrumente und die Linsengleichung. Insbesondere beim letzten Thema wurde gezielt versucht, Kompetenz im quantitativen Experimentieren aufzubauen. Diese Sequenz wurde auch im Klassenvergleich evaluiert.

Schulstufe: 8

Fächer: M, Ph

Kontaktperson: Norbert Steinkellner

Kontaktadresse: norbert.steinkellner@brgkepler.at;

Schlagworte: Forschendes Lernen, Experiment, Fächerübergreifend, Standards, Teamarbeit Lehrer/innen, Moodle

1 AUSGANGSSITUATION

1.1 Vorhaben und der Zusammenhang mit Vorprojekten

Dieses Projekt bildet den Abschluss eines ganzen, im Rahmen von IMST durchgeführten, Zyklus von Projekten zum Thema der Koordination von Mathematik und Physik in der Sekundarstufe.

In den Jahren 2004 - 2008 haben wir im Rahmen von IMST S2 Grundbildung entsprechende Koordinationsprojekte in der Oberstufe des Realgymnasiums durchgeführt (Knechtl/Rath 2008). Im Zuge dieser Projekte wurde immer klarer, dass die Koordination bereits in der Unterstufe beginnen sollte. So haben wir in den beiden vorangegangenen Jahren in jeweils zwei Klassen die entsprechenden Projekte MPh2 für die 6. Schulstufe und MPh3 für die 7. Schulstufe erfolgreich umsetzen können und führen heuer das finale Kooperationsprojekt in der 8. Schulstufe aus, mit dem nun der gesamte gymnasiale Physik- und Mathematikunterricht vollständig durch diese Beispielprojekte koordinativ erfasst ist.

Nicht erst seit der Neustrukturierung der Themenbereiche von IMST spielt der Begriff der Kompetenz eine zentrale Rolle bei allen Überlegungen für unser(e) Projekt(e). Diesen Begriff verstehen wir in jener Form, in der in den entsprechenden Bildungsstandards formuliert ist, also nicht im Sinn allgemeiner Schlüsselfähigkeiten, sondern als Fähigkeit 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 bei den Lernenden aufzubauen.

1.1 Sozialer Rahmen: Blick auf die Klassen

Dieses Projekt wurde von zwei verschiedenen Teams, jeweils bestehend aus einem Physiklehrer und einer Mathematiklehrerin, in zwei unterschiedlichen Klassen durchgeführt. In beiden Klassen wurden Koordinationsprojekte zwischen Mathematik und Physik seit der 2. Klasse durchgeführt. In Mathematik wurde darüber hinaus der Unterricht der beiden Klassen von der 5. Schulstufe an weitgehend koordiniert und auch gemeinsame Schularbeiten geschrieben.

- Die 4a ist eine leistungsbereite und leistungsstarke Klasse von 11 Mädchen und 17 Burschen, die an Naturwissenschaften und Mathematik interessiert ist; die Motivation, in diesen Gegenständen gut zu sein, ist hoch.
- Die 4c ist eine ebenfalls leistungsstarke reine Bubenklasse von 24 Schülern. Die Leistungsbereitschaft ist allerdings gewissen Schwankungen unterworfen und entwicklungsbedingt stimulationsabhängig.

2 ZIELE UND KOMPETENZORIENTIERUNG

2.1 Ziele auf der Ebene der Lehrenden

Die Projektziele sind vielfältig und betreffen verschiedene Ebenen, vom Kompetenzaufbau bei den Lernenden über die Vereinheitlichung der Begrifflichkeit in beiden Fächern bis hin zum Aufbau einer Moodle-Repräsentation des Projektthemas. Im speziellen haben wir auf **Lehrendenebene** folgende **allgemeine Ziele** formuliert:

- Korrelation und Koordination des Mathematik- und Physikunterrichtes in der 8. Schulstufe in der Jahresplanung, in den Inhalten sowie in der Fachsprache
- Besseres Verständnis und mehr Überblick über Planung und Inhalte des jeweils anderen Faches
- einheitlicheres Auftreten beider Fächer in der Terminologie, in der Anwendung mathematischer Werkzeuge und im Problemlösen
- Gegenseitiges Kennenlernen der Lehrpläne und Schulbücher, koordinierter Einsatz im Unterricht
- Steigerung von Kompetenz im Umgang mit Fragen und Aufgaben des jeweils anderen Faches
- Punktuelle Aufhebung der Fächertrennung bei geeigneten Themen

An **besonderen Zielen** strebten wir auf Lehrendenebene an:

- Erarbeitung und Erprobung allgemein anwendbarer Konzepte für kompetenzorientierte fächerübergreifende Unterrichtssequenzen
- Sammlung der Materialien für diese Sequenzen auf einer Moodle-plattform

Das Projekt sollte die organisationsbedingte Fächertrennung überwinden helfen und gegenseitige Potenziale nutzen.

2.2 Ziele auf der Ebene der Lernenden

Die **allgemeinen Ziele** auf der **Ebene der Schülerinnen und Schüler** blieben gegenüber den Vorgängerprojekten 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
- Praktische Erfahrungen mit quantitativem Experimentieren bzw. den verknüpften Elementen Experimentieren – Messen – Berechnen machen.

Bei den **besonderen Zielen** legten wir diesmal den Fokus auf die Kompetenz zum quantitativen und quantifizierbaren Experimentieren:

- Förderung der Kompetenz, von mathematischen Zusammenhängen zu quantifizierbaren Experimenten zu kommen und umgekehrt zu mathematisierten Zusammenhängen ein quantifizierbares Experiment planen, durchführen und protokollieren zu können
- Förderung der Messkompetenz

Im Zuge der IMST-Herbsttagung wurden noch folgende Feinziele definiert:

- Entwicklung der Kompetenz, zu einer Fragestellung ein quantitatives Experiment planen und durchführen zu können
- Entwicklung der Kompetenz, Messungen aus einem Experiment und mathematische Zusammenhänge miteinander in Beziehung zu setzen
- Entwicklung der Kompetenz, einen mathematischen Zusammenhang als messbares Experiment aufzubauen

Unser besonderer Fokus lag diesmal also ganz allgemein im Bereich des quantitativen Experimentierens, insbesondere hier auf dem Zirkel vom Experiment über die Messung hin zur rechnerischen Auswertung, die wiederum in ein prüfendes Folgeexperiment münden kann usw., also auf die verzahnte Nutzung von experimentellen und mathematischen Kompetenzen.

3 KONZEPT UND PLANUNGSGRUNDLAGE

3.1 Überlegungen zum Projekteinstieg

Zur Ermittlung der geeigneten inhaltlichen Dimension der Koordination wurden zuerst die Lehrpläne der 8. Schulstufe für Mathematik und Physik verglichen und eine tabellarische Zusammenstellung möglicher Koordinationsbereiche erstellt:

Mathematik	Physik
Pythagoräischer Lehrsatz	Addition von Geschwindigkeiten oder Kräften Historische astronomische Instrumente
Bruchterme	Optik (Linsengleichung), Elektrizitätslehre (z.B. Transformator)
Statistik	Radioaktivität
Kreis	Kreisbewegungen, Planetenbewegungen

Bereits im September, also kurz nach Schulbeginn (und noch vor der IMST-Herbsttagung), startete die erste koordinierte Sequenz: im Mathematikunterricht wurde der pythagoräische Lehrsatz vorgezogen, und parallel dazu wurden in Gruppenarbeiten im Physikunterricht der 4a (die 4c folgte etwas später) aus Papiervorlagen und teilweise aus Holz verschiedene historische astronomische Instrumente gebaut, in denen Dreiecksbeziehungen die wesentliche Messgrundlage ausmachten (und somit der Bezug zur Mathematik gegeben sein sollte). Organisatorischer Hintergrund war hier die Teilnahme des BRG Kepler an der langen Nacht der Museen am 1. 10. 2011. Diese Koordination wird im Folgenden noch genauer beschrieben. Die weitere Planung von MPh4 war zu diesem Zeitpunkt noch relativ offen, lediglich die möglichen Bereiche (s.o.) waren abgesteckt.

3.2 Konzeption der Evaluation

Wie können wir die Erreichung (bzw. den Grad der Erreichung) der angestrebten Feinziele messen? In den Vorgängerprojekten hat sich die Analyse der praktischen und schriftlichen Arbeit der Lernenden im Unterricht als am zweckmäßigsten und ertragreichsten herausgestellt. Dazu sollen Kriterien festgelegt werden, wie sie hier für das erste Feinziel definiert wurden:

Wichtig war uns weniger das Ergebnis der Messung als die **Kompetenz der Messungsdurchführung** mit den **Teilkompetenzen**:

- Einen Messaufbau planen können,
- Für das Messexperiment nötige Materialien wählen können,
- Erkennen, wann man welches Messgerät benötigt,
- Messgeräte verwenden und richtig ablesen können,

- Messungen korrekt und übersichtlich protokollieren können,
- Messungen richtig interpretieren können,
- Messfehler bzw. fehlerhaften Messaufbau erkennen können,
- Grenzen der Messgenauigkeit erkennen,
- Einen Messaufbau skizzieren können.

4 PROJEKTVERLAUF

4.1 Historische astronomische Instrumente

Im Physiklehrplan der Bereich Astronomie, in Mathematik der pythagoräische Lehrsatz, die Beteiligung der Schule an der langen Nacht der Museen vor der Tür: Dieser Rahmen führte zur ersten konkreten Umsetzungsidee für das Projekt:

Von: Gerhard Rath <gerhard.rath@brgkepler.at> 🌈

An: Norbert Steinkellner <norbert.steinkellner@brgkepler.at> 🌈, Christa Preis <christa.preis@brgkepler.at> 🌈, Waltraud Knechtl <waltraud.knechtl@brgkepler.at> 🌈

Datum: 18/09/2011 10:21:05

Hallo,

als erste mögliche Kooperation haben wir mit den Historischen Astronomischen Geräten begonnen. Die 4.a recherchiert und baut in Gruppen Sonnenuhren, Sternkarten, Quadranten, Sextant... - auch für die Lange Nacht der Museen. Dort sollen einerseits die Modelle gebaut und/oder erklärt werden, dazu auch historische Abbildungen davon in Plakatgröße.

Eine Startdatei habe ich auf den dropbox Ordner gegeben. 7 Gruppen haben sich gebildet, den Jakobsstab wollte niemand... (leider)

Wie weit die Mathematik da einsteigt, weiß ich noch nicht ... Möglich wäre jedenfalls einiges, insbesondere bzgl. Dreiecks- und Kreisrechnungen (Pythagoräischer Lehrsatz). Die Geräte könnten wir ja auch zum Messen auf der Erde verwenden (Höhen von Gebäuden z.B.)

Da wir (fast) alles aus Papier bauen, können wir diese Geschichte auch am IMST Netzwerktag präsentieren (Schwerpunkt Papier).



Die Lernenden der 4a (und später auch der 4c) bauten und erarbeiteten die Funktionsweise von *Quadrant*, *Sextant*, *Sternkarte*, *Sonnenuhren*, *Sternenuhr*, *Jakobsstab* und *Dreistab*, in der 4a wurde sogar eine *Armillarsphäre* als Papiermodell gebaut. Dazu wurden Gebrauchsanleitungen für die Geräte von der 4c erstellt (siehe Anhang).

Lange Nacht der Museen

Die 4.a-Klasse teilte sich im Unterricht in Gruppen ein, die sich theoretisch und praktisch mit dem Bau bzw. der Funktion einer Gerätegruppe befasste: Sonnenuhren, Sternkarten, Sternenuhren, Quadrant/Sextant, Armillarssphäre. Das BRG Kepler nimmt mit Schulsternwarte und Keplermuseum an der jährlichen Langen Nacht der Museen des ORF teil (Anfang Oktober). Die gesamte 4.a-Klasse nahm an dieser Aktion teil und gestaltete einen Raum mit Stationen für den Bau der obigen Geräte. Dieser Raum war insbesondere für Kinder gedacht, welche die Lange Nacht besuchen und Gelegenheit erhalten, selbst etwas zu basteln und schließlich mitzunehmen.

Die Lange Nacht (bis 1 Uhr früh) wurde im BRG Kepler von ca. 1000 Personen besucht. Insgesamt wurden im Raum der 4.a ca. 200 Modelle gebaut.



Dieses Teilprojekt wurde im Grunde sehr erfolgreich durchgeführt: Das Bauen der Instrumente, das Erstellen der Beschreibungen und Anleitungen und die Präsentationen der Instrumente für die Museumsbesucher stärkte sicherlich auch den Kompetenzerwerb in einigen angezielten Bereichen, und die Lernenden konnten Sach- und Präsentationskompetenz beweisen. Allein was fehlte, war die eigentlich angestrebte fächerübergreifende Dimension zur Mathematik hin.

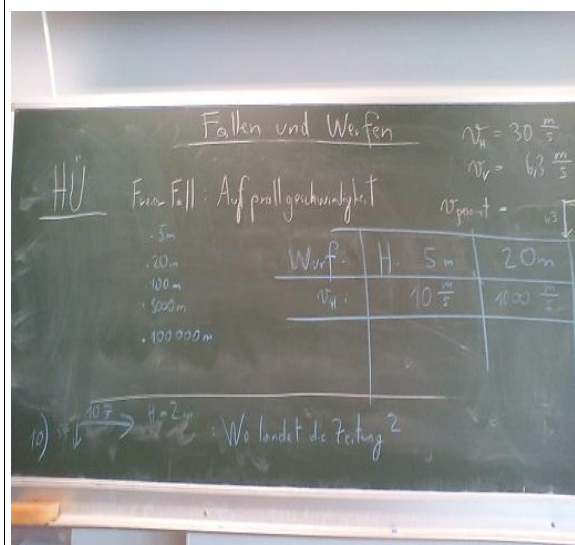
Es zeigte sich bei genauerer Betrachtung, dass bei all diesen historischen Messinstrumenten der pythagoräische Lehrsatz nicht ausreichte, um zu Messergebnissen zu kommen, sondern es werden ausnahmslos Winkelfunktionen gebraucht. Kurz überlegten wir, diese im Mathematikunterricht auf einfache Weise (Verhältnisse von Seitenlängen) noch einzubauen, verwarfen diese Idee dann aber wieder. Die angestrebte Verbindung der Fächer via Pythagoräischem Lehrsatz war also in diesem Fall nicht zu erbringen.

Allerdings bot das lehrplangemäÙe Thema *Freier Fall* im Physikunterricht der 4. Klasse noch einen verfolgbaren Ansatzpunkt zur Verbindung mit dem pythagoräischen Lehrsatz:

Endlich habe ich einen Ansatzpunkt für den pythagoräischen Lehrsatz in der Physik der 4. Klasse entdeckt: Beim Bereich Kreisbewegungen (S. 86f.) wurden grafisch vektorielle Geschwindigkeits- und Kräfteadditionen verwendet, und hier steckt eben im Grunde der pyth. Lehrsatz dahinter. Wir könnten damit Zentralkörperbewegungen und Kräfte/Beschleunigungen bei der Kreisbewegung damit auch schon wirklich rechnen, da die Mathematik dazu ja gerade erarbeitet wurde!

Vektoraddition ist zwar theoretisch erst 5.-Klasse-Stoff ... aber denkt ihr, das geht an dem Punkt schon? Würde sich echt anbieten!

Dieser Ansatz wurde in der 4c dann auch durchgeführt, über das in der Mail Genannte hinaus wurde der pythagoräische Lehrsatz im Physikunterricht von den Lernenden dazu verwendet, Geschwindigkeiten bei einer Wurfbewegung zu addieren und die tatsächliche Aufprallgeschwindigkeit eines Körpers (beim freien Wurf) zu berechnen. Dies erfolgte hier als thematischer Anschluss an den Mathematikunterricht (praktischer Nutzen des pythagoräischen Lehrsatzes in der Physik) und nicht als fächerübergreifende Sequenz. Die Addition von (rechtwinklig aufeinander stehenden) Vektoren, ja eigentlich erst Stoff der Oberstufe, wurde von den Schülern im Denkrahmen des pythagoräischen Lehrsatzes offenbar gut verstanden, mit einer (durchaus komplexen) gegebenen Hausübung kam die Klasse durchgängig gut zurecht.



4.2 Konkrete Unterrichtscoordination zur Linsengleichung

Nach den Erfahrungen aus der ersten Koordination sowie der Weiterentwicklung der Konzeption bei der Herbsttagung erstellten wir eine klarer strukturierte Sequenz, in der von vornherein die angestrebte Kompetenzentwicklung bei den Lernenden klar definiert war (bzw. auch die Methode der Feststellung, ob die Kompetenz den vorhanden war bzw. erworben wurde). Diese fächerübergreifende Einheit wurde zuerst in der 4a und etwas später (unter Einbeziehung der gewonnenen Erfahrungen) in der 4c in etwas abgeänderter Form durchgeführt.

4.2.1 Unterrichtsskizze: Sammellinsen – Bruchgleichungen in der 4a

Mit dieser Stundenfolge versuchten wir, gezielt Prozesse des Forschens nachzubilden und damit entsprechende Kompetenzen aufzubauen. Ausgangspunkt waren Alltagsbeobachtungen, die nach dem Konzept des forschenden Lernens (Reichel, Schittelkopf 2011) untersucht wurden. Dies führte immer stärker zu Modellen des Lichts und entsprechenden Modell-Experimenten. Zentral in der Sequenz steht eine Koordination mit Mathematik, wobei es um die Fähigkeit zur Umsetzung eines Rechenbeispiels in eine praktische Messung geht. Letztlich wird versucht, die Modellwelt wieder auf die anfänglichen Beobachtungen anzuwenden.

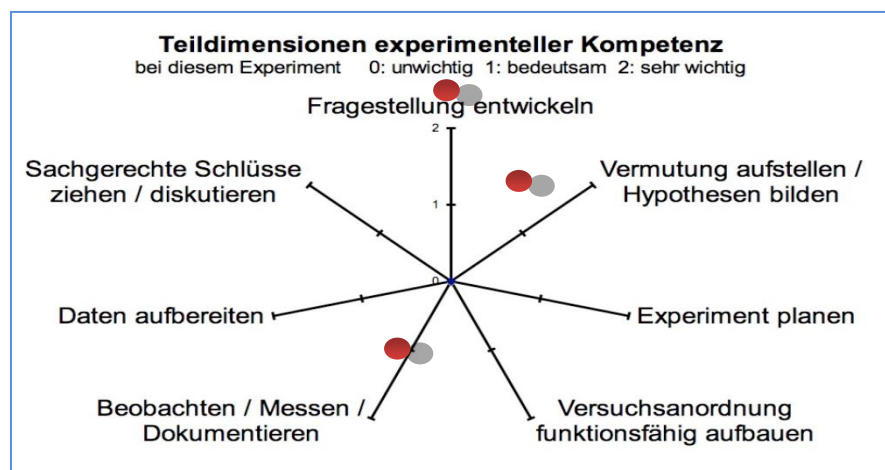
Zur detaillierten Beschreibung der Kompetenzen des Experimentierens bezogen wir uns hauptsächlich auf ein Kompetenzmodell des IDN der Uni Bremen, siehe Anhang (Modell experimenteller Kompetenz).

1. Beobachtungen am Wasserglas

- Wasserglas wird vorgezeigt. Frage: Wie sehen die Finger aus, wenn man von oben schräg durch das Glas schaut?
- Anstellen von Vermutungen
- Gläser werden ausgeteilt. Beobachtungsbogen. Schülerinnen und Schüler halten Beobachtungen fest und sollen eigene Fragen für weitere Untersuchungen stellen.



Einschätzung im Kompetenzmodell



Ergebnisse

Beobachtungen:

Die Finger sind nicht sichtbar.

Wenn das Glas auf einem Blatt steht, erkennt man das Blatt, die Finger aber nicht.

Wenn man ganz schräg schaut, sieht man die Finger.

Die Finger werden vergrößert, wenn man von der Seite schaut

Wenn man von oben auf den Finger sieht, verschwindet er

Wenn man fest andrückt, sieht man Fingerabdrücke.

Schräg von oben sieht man Gegenstände, die unter dem Glas sind. Es wird gespiegelt.

Von unten betrachtet ist der gleiche Effekt wie von oben.

Die Seiten des Glases wirken schräg betrachtet ähnlich wie ein Spiegel.

Forschungsfragen (für eigene Experimente)

Was passiert, wenn man mit einem Laserpointer seitlich ins Glas leuchtet?

Verändern sich die Finger auch, wenn man sie unter den Boden hält (wie?)?

Wenn man den Finger ins Wasser taucht, entsteht von der Seite das gleiche Bild?

Wie schauen Finger aus, wenn man durch 2 Gläser hintereinander schaut?

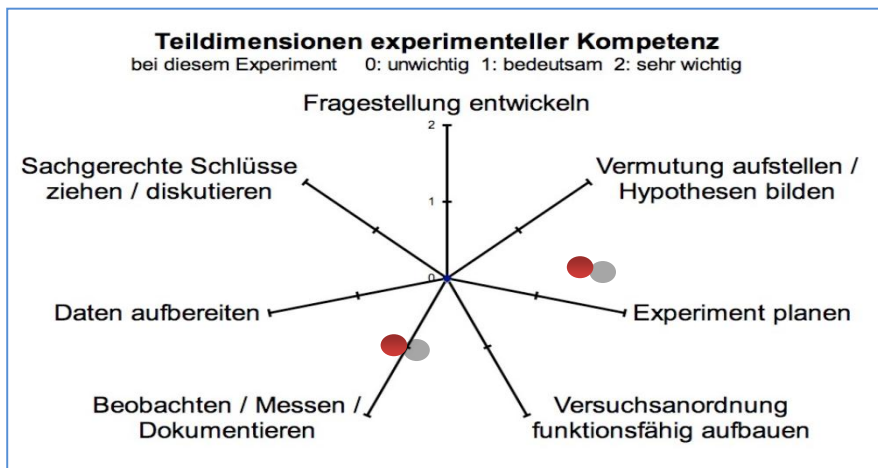
Wie sieht es aus, wenn man ein kleineres Glas in ein größeres Wasserglas gibt?

Interpretation

Die Antworten dokumentieren eine Vielfalt von Beobachtungen. Diese wurde unterstützt durch den Beobachtungsbogen (nach Schittelkopf/Reichel, siehe Anhang), der durch die vielen vorgegebenen Leerfelder anregte, diese mit Beobachtungen zu füllen. Es entstand auch eine Reihe von Fragen für weiterführende Experimente. Die aufgetretenen Erklärungsversuche wurden an dieser Stelle nicht weiter verfolgt.

2. Eigene Experimente

Die gestellten Forschungsfragen wurden in Gruppen untersucht.



Einschätzung im Kompetenzmodell:

Beispielhafte Ergebnisse

Gruppe 1: Finger im Glas

Der Finger vergrößert sich leicht. Ist er weiter rechts, versetzt nach rechts. Ist er weiter links, versetzt nach links. Hinter Glas: Er wird stark vergrößert, verzerrt sich leicht. Vertikal: wird dicker. Horizontal: wird länger.

Gruppe 2: Laserpointer

Der Laser ist innerhalb des Glases nicht zu sehen, außer auf den schwachen Spiegelungen des Glases. Er wird auf weite Entfernungen verzerrt und ist als Strich an der Wand zu erkennen. Je größer die Entfernung zur Wand, desto länger wird der Strich. Wenn man den Laser nach rechts dreht, bewegt sich der Strich an der Wand nach links.

Zusammenfassung (Input, Plenum)

Wir müssen versuchen, Ordnung in die Vielfalt der Beobachtungen zu bringen. Im Prinzip treten folgende Phänomene auf:

- Spiegelungen
- Linsen-Effekte: Vergrößern, Verkleinern, Umdrehen
- Brechung: Versetzen

3. Untersuchen von Sammellinsen

Motivation: Wir untersuchen die Linseneffekte an Glaslinsen. Die Phänomene an Wassergläsern sind sehr komplex, die Formen der Gläser alle verschieden. Linsen sind alle gleich. Typisch für den Forschungsprozess ist die Vereinfachung, die Reduktion auf gut untersuchbare Objekte. Ziel ist ein weiteres Ordnen der Phänomene.

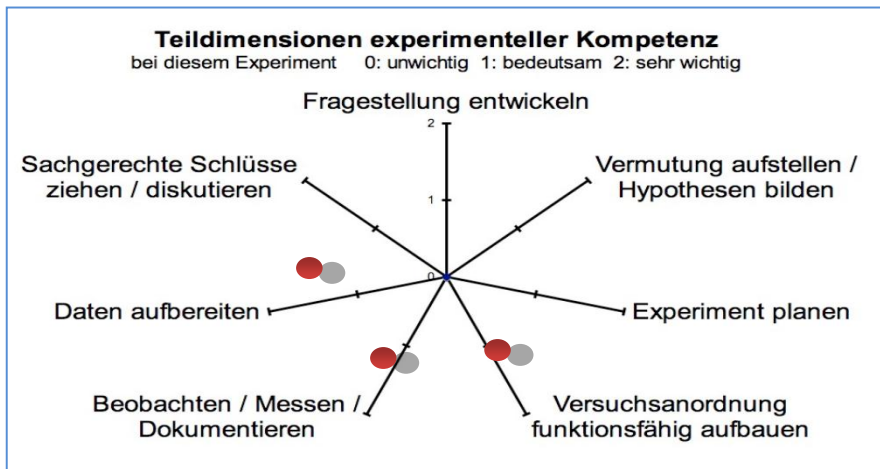
Einführung des reellen Bildes (Demonstration): Linsen können Bilder erzeugen, nicht beim Durchschauen, sondern von selbst. Man braucht ein helles Objekt („Gegenstand“), die Linse und einen Schirm. Auch dieser Prozess kommt in der Natur oft vor, z.B. in unseren Augen oder in Kameras

Aufgabe: Untersuchen von Sammellinsen (Schülerversuch in Gruppen)

Wann macht eine Linse welche Bilder?

Material: Teelichter, Sammellinsen (+50mm, +100mm, +300mm), Maßband, Schirm (Blatt Papier).

Einschätzung im Kompetenzmodell:



Beispielhafte Ergebnisse (Zusammengefasst)

Gruppe 1: Linsen können verdrehte, gespiegelte, vergrößerte bzw. verkleinerte Bilder erzeugen. Wir haben nur verdrehte und vergrößerte Bilder gesehen.

Gruppe 2: Erkenntnis: Die Flamme wird immer umgedreht. Wenn Flamme-Linse > Linse-Blatt, dann Verkleinern. Wenn Linse-Blatt > Flamme-Linse, dann vergrößern.

4. Erste mathematische Modellierung

Angestrebte Kompetenzen: Sprachliche Aussagen bzw. experimentelle Ergebnisse in mathematische Form bringen. Im Kompetenzmodell NAWI8: W 3 Vorgänge und Phänomene in Natur, Umwelt und Technik in verschiedenen Formen (Grafik, Tabelle, Bild, Diagramm ...) darstellen, erklären und adressatengerecht kommunizieren.

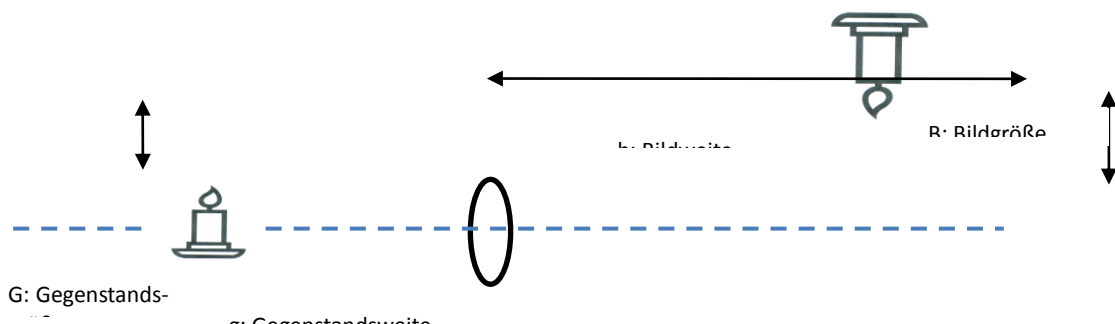
Input, Plenum (Tafel)

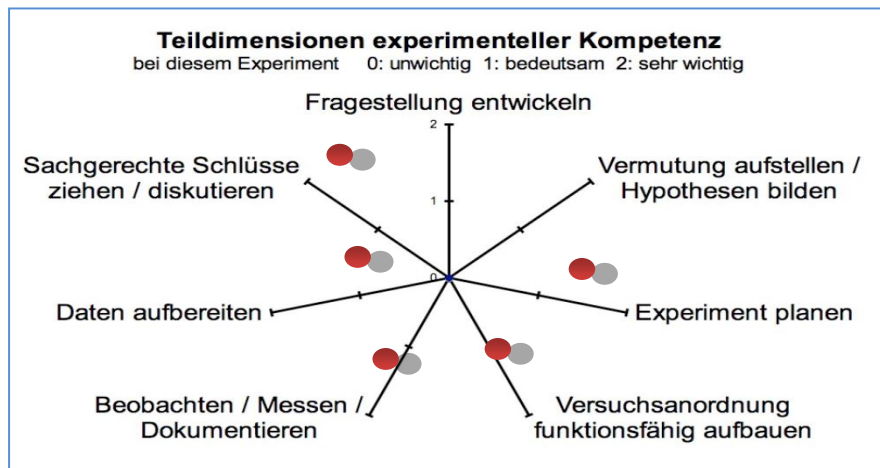
Ausgegangen wurde vom obigen Ergebnis der Gruppe 2, in modifizierter Form, vorgezeigt mit Linse und Taschenlampe.

Wenn Abstand Flamme-Linse größer als Linse-Blatt -> verkleinern

Wenn Abstand Flamme-Linse kleiner Linse-Blatt -> vergrößern.

Wir formalisieren die Situation.





Aufgabe1: Versucht dieses Ergebnis in eine mathematische Sprache zu bringen!

Ergebnis: (Schüler): $g < b \rightarrow B > G$, und umgekehrt.

Damit haben wir die komplexe Situation, die Vielfalt von Beobachtungen an Linsen in einen kompakten, kurzen Ausdruck gebracht. Der allerdings in formaler (mathematischer) Sprache abstrakter ist.

Aufgetretene Fragen und Vermutungen

Ist das eine Funktion?

Ist $g:b = G:B$?

Ist $Bg = G \cdot b$ oder $g'b = G \cdot B$?

5. Zusammenhang Abstand - Bildgröße messen

Nun untersuchen wir die aufgetretene Frage: Wie verhält sich g und b zu G und B ? Besteht tatsächlich ein einfacher Zusammenhang, z.B. wie vermutet: $b:g = B:G$?

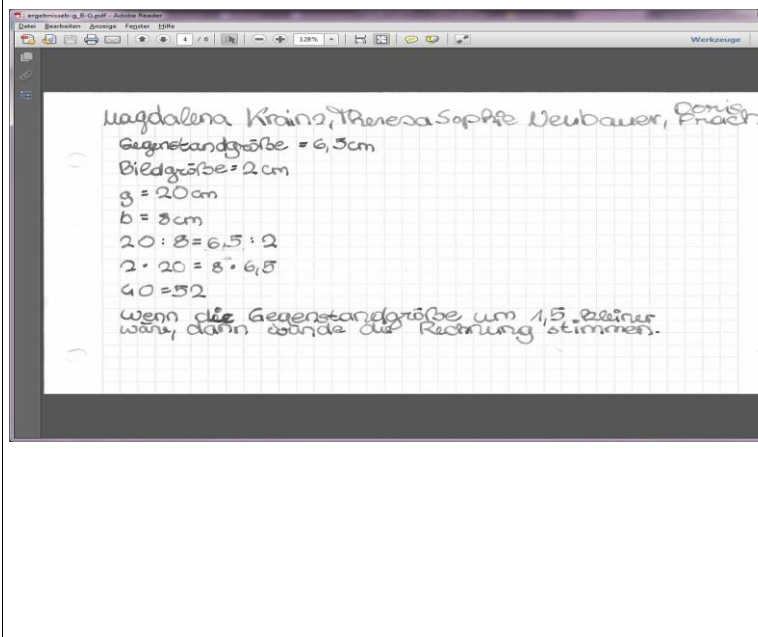
Aufgabe

Plant ein Experiment mit einfachen Mitteln, mit dem diese Frage geklärt werden kann! Dokumentiert die Vorgangsweise. Bestätigt sich die Annahme?

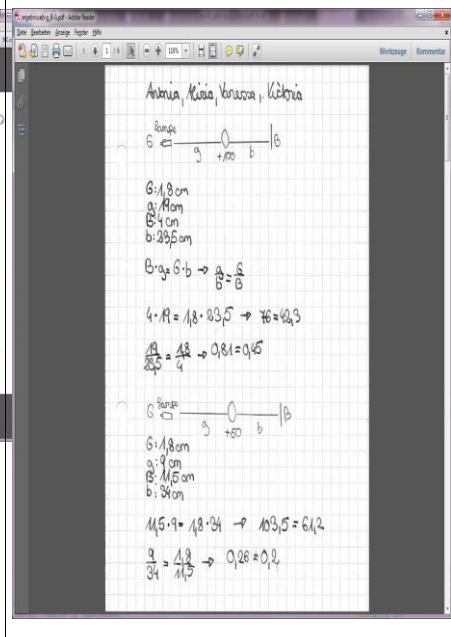
Beispielhafte Ergebnisse

Die reproduzierbare Gegenstandsgröße wurde von den meisten Gruppen mit 2 Lämpchen realisiert.

Gruppe 1:



Gruppe 2:



Interpretation

Gruppe 1 dokumentiert nur eine Messung. Sie erkennt, dass geringe Abweichungen reichen würden, damit die Gleichung bestätigt ist.

Gruppe 2 dokumentiert genauer, mit Skizze. Sie arbeitete mit 2 LEDs (Schlüsselanhänger), zusammengeklebt. Nachdem die erste Messung schlecht zur Theorie passt, wird eine zweite Messung gemacht, die eher passt. Allerdings erfolgt keine verbale Bewertung der Ergebnisse.

Die Messung ist mit dem Material der Schülerversuchssammlung nicht sonderlich genau durchführbar. Problem sind die relativ dicken Linsen in Kunststoff-Fassungen. Sie bilden schlecht ab (Bildweite schwierig zu messen), die Mitte der Linse ist von außen zum Teil nur auf +/- 1cm genau erkennbar. Die Linsen sind auch schwierig in den richtigen Winkel (90° zum Strahlengang) zu bringen.

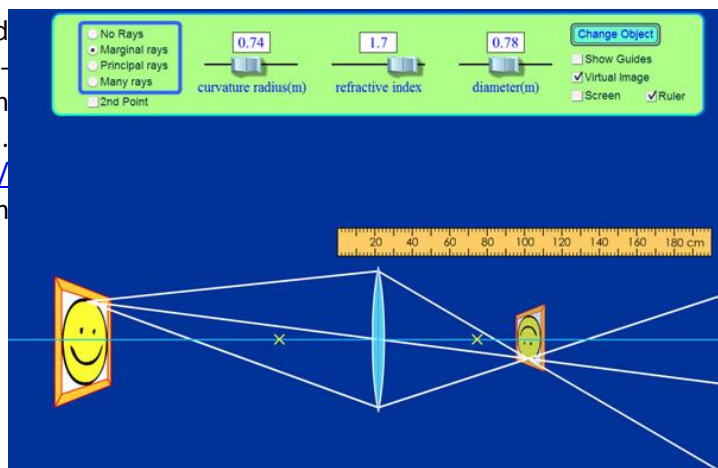
6. Linsen modellieren am PC

Modellhafte Grundideen der Bildentstehung an Sammellinsen sollten spielerisch mit einer Computersimulation erarbeitet werden.

Aufgabe:

Mit dem Modell der Lichtstrahlen und der Lichtbrechung (Prisma S. 60/61) können wir das Verhalten von Sammellinsen theoretisch simulieren.

(<http://phet.colorado.edu/en/simulation/geometric-optics>) Recherchiert zusätzlich notwendige Begriffe (Quellen angeben!)



- Was bedeuten die beiden gelben Kreuze links und rechts von der Linse?
- Was geschieht, wenn ihr den Krümmungsradius (curvature radius) ändert?
- Was geschieht bei Änderung des Brechungsindex (refractive index)? Was bedeutet diese Größe?
- Was ändert sich mit dem Linsendurchmesser (diameter)?
- Was ist ein virtuelles Bild (Virtual image), wie erzeugt man es?
- Welche Arten von Strahlen (rays) kann man zur Konstruktion nutzen?
- Bestätigt durch Messungen das experimentell gefundene Verhältnis zwischen Bildabstand und -größe!

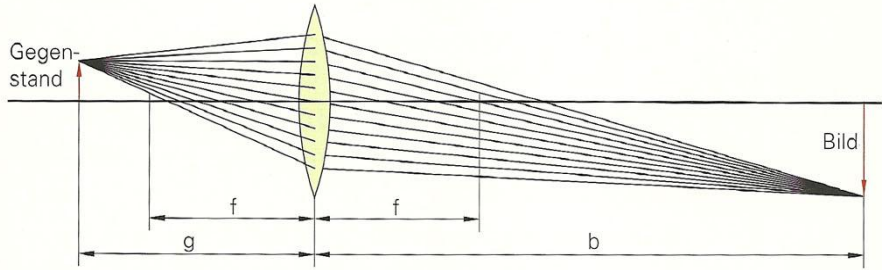
Koordinierte Stunden zur Linsengleichung

Die folgenden Stunden stellen den zentralen Teil der Sequenz dar. Auf der Modell-Ebene wird im Mathematikunterricht gerechnet, aus Physik wird das entsprechende Experiment durchgeführt.

7. Beispiel für Bruchgleichungen (Mathematik)

(Kraker/Preis S. 59, Aufgabe 210)

210 Im Physikunterricht hast du möglicherweise Sammellinsen und eine Beziehung für die Brennweite f , die Gegenstandsweite g und die Bildweite b kennen gelernt.



a) Wie weit ist das Bild von einer Linse mit $f = 12$ cm entfernt, wenn die Gegenstandsweite (1) 17 cm, (2) 20 cm, (3) 5 cm, (4) 12 cm beträgt?

b) Wie weit ist der Gegenstand von einer Linse mit $f = 12$ cm entfernt, wenn die Bildweite (1) 15 cm, (2) 22 cm, (3) 4 cm beträgt?

Vor dem Bearbeiten dieser Aufgabe wurden die Lernenden gebeten, auftretende Fragen schriftlich festzuhalten. Hier einige dieser Fragen:

Was bedeutet eigentlich die Brennweite f ?

Bei a) (4) $g=f$ kommt es zu keiner Lösung. Das Lösungsheft gibt die Antwort $b=\infty$. Was bedeutet das?

Bei a) (3) ergibt sich eine negative Bildweite. Was bedeutet das?

Kommentar

Dieses Beispiel stellt aus mathematischer und physikalischer Sicht eine Herausforderung dar, es bringt Neues in den Unterrichtsgang. Dies zeigen die aufgetretenen Fragen.

Im Unterrichtsgang wurden die Begriffe Brennpunkt und Brennweite zuvor nur in der Einheit am PC erwähnt, eine explizite Definition und Festigung war nicht erfolgt. Dies sehen wir als nachteilig, die beiden Begriffe sollten klar sein.

Damit sollte auch a (4) besser verständlich werden.

Das Auftreten von negativen Bildweiten halten wir dagegen für eine Anregung für weitere Fragen, die untersucht werden kann. Die virtuellen Bilder können durchaus erstmals in so einer Aufgabe auftauchen. Es besteht ja ein großer Erfahrungsbestand in entsprechenden Beobachtungen, der allerdings in der Folge mit dem Modell des virtuellen Bildes und seinem mathematischen Ausdruck (negative Bildweite) zusammengeführt werden muss.

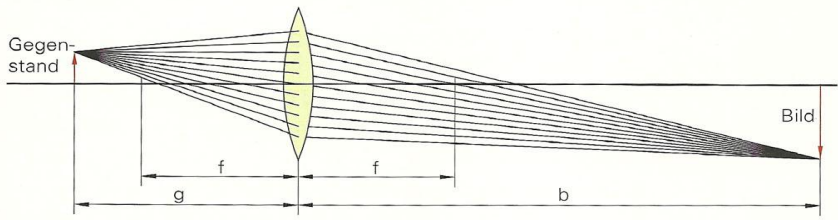
8. Umsetzung in ein Messexperiment (Physik)

Die Aufgabenstellung wurde bezugnehmend auf die Bearbeitung des Beispiels in der vorangegangenen Mathematikstunde ausgeteilt. Protokollvorlage:

Überprüfen der Linsengleichung

(M-Buch S. 59, Aufgabe 210)

210 Im Physikunterricht hast du möglicherweise Sammellinsen und eine Beziehung für die Brennweite f , die Gegenstandsweite g und die Bildweite b kennen gelernt.



a) Wie weit ist das Bild von einer Linse mit $f = 12$ cm entfernt, wenn die Gegenstandsweite (1) 17 cm, (2) 20 cm, (3) 5 cm, (4) 12 cm beträgt?

b) Wie weit ist der Gegenstand von einer Linse mit $f = 12$ cm entfernt, wenn die Bildweite (1) 15 cm, (2) 22 cm, (3) 4 cm beträgt?

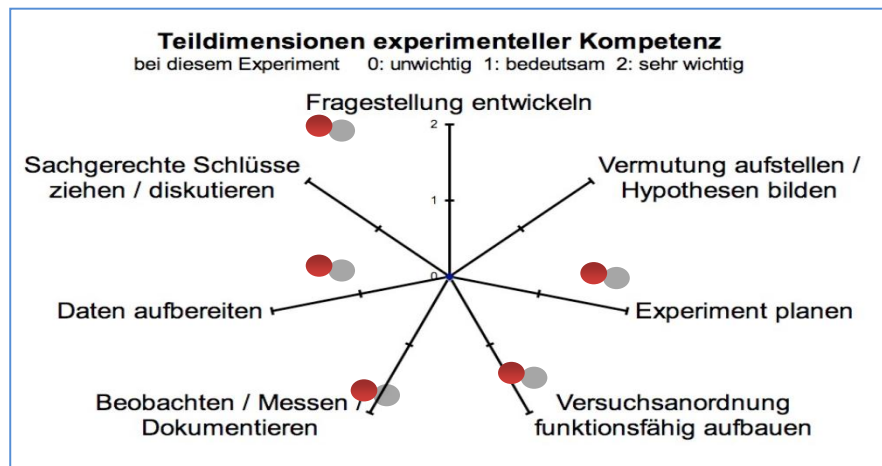
Überprüfe mit einem Messexperiment, welche Werte im praktischen Versuch für g bzw. b herauskommen!

Liste das verwendete Material auf und beschreibe deine Tätigkeiten beim Experiment!

Zeichne von einer der Messungen eine maßstabgetreue, beschriftete Skizze!

Wodurch könnten Unterschiede zwischen Rechnung und Messung entstehen?

Einschätzung nach dem Kompetenzmodell:



Die konkreten (und von unserer Seite kommentierten) Arbeiten der Lernenden befinden sich im Anhang und waren die zentrale Ausgangsbasis für die Evaluation dieser Unterrichtssequenz in der 4a.

Interpretation der Ergebnisse

Planung: Die Experimente wurden in allen Gruppen zielgerecht geplant. Die Materialwahl war passend, alle verwendeten als Lichtquellen Teelichter. Lediglich Gruppe 5 vermischte die Aufgabe mit dem vorangegangenen Experiment und bezog Bild- und Gegenstandsgrößen in die Messung mit ein.

Durchführung: Durchgängig wurden genau die Angaben des Mathematik-Beispiels für die Messung eingestellt, obwohl andere Linsen als dort vorhanden waren. Dies sehen wir als mangelndes Bewusstsein über die Bedeutung der Brennweite. Vier von sechs Gruppen konnten alle oder fast alle Messungen tatsächlich durchführen. Die Genauigkeit entspricht den Möglichkeiten.

Dokumentation: Hier zeigen sich größere Unterschiede. Zwei Gruppen beschreiben sehr genau, zeichnen maßstäbliche Skizzen, wie verlangt. Zwei Gruppen listen nur Messwerte auf und haben (fast) keine Beschreibung der Tätigkeiten. Die restlichen beiden Gruppen liegen dazwischen, sie arbeiten mit Handskizzen.

Aufbereitung der Daten, Vergleich mit der Rechnung: Eine solche ist nur bei 2 Gruppen erkennbar – gerade bei jenen, die weniger genau dokumentieren. Es scheint so zu sein, dass sich genaue Dokumentation und mathematische Auswertung ausschließen.

Verständlich wird dies durch die knappe zur Verfügung stehende Zeit. Da jeder Schüler und jede Schülerin ein Protokoll machen musste, ging einiges an Aufwand in diese Tätigkeit. Wir würden bei einer Wiederholung Gruppenprotokolle vorschlagen, um eine sinnvolle Arbeitsteilung zu unterstützen.

Ob der aufgetretene Gegensatz ein grundlegender ist, lässt sich aus dem Einzelversuch nicht schließen. Die Ergebnisse hängen ja zusätzlich von der Zusammensetzung der Gruppen ab. Für uns zeigt sich aber ein Entwicklungsauftrag: Die weniger ausgeprägten Kompetenzen sollten wechselseitig trainiert werden.

In einer weiteren Physikstunde wurden die zum Verständnis wesentlichen Begriffe und Konzepte erarbeitet.

- Brennweite, Brennpunkt; Dioptrie
- Was sind virtuelle Bilder?
- Strahlenkonstruktionen an Linsen.

Es wurde betont, dass wir uns damit vollständig in einer Modellwelt befinden. Wir arbeiten eigentlich mit mathematischen Verfahren, obwohl nicht gerechnet wird.

8. Mathematik

Berechnung der Werte mit den tatsächlichen Linsen (5, 10 cm).

g	b Gruppe 2	b Gruppe 3	b Gruppe 4	b (gerechnet)
17	9	9	7	7
20	7,5	8	3,5	6,7
12	10	10	3,6	8,6

9. Physik: Anwendung auf die Beobachtungen am Wasserglas

Zuletzt sollten die Modelle (also die Theorie) wieder auf die anfänglichen Beobachtungen bezogen werden. Es wurde nochmals der Weg skizziert, wie wir von alltäglichen Phänomenen über Vereinfachung und Abstraktion zur Modellwelt gekommen sind, in der sich mathematische Ergebnisse finden lassen. „Erklären“ und „Verstehen“ der Phänomene heißt aber, sie auf diese Theorien beziehen zu können.

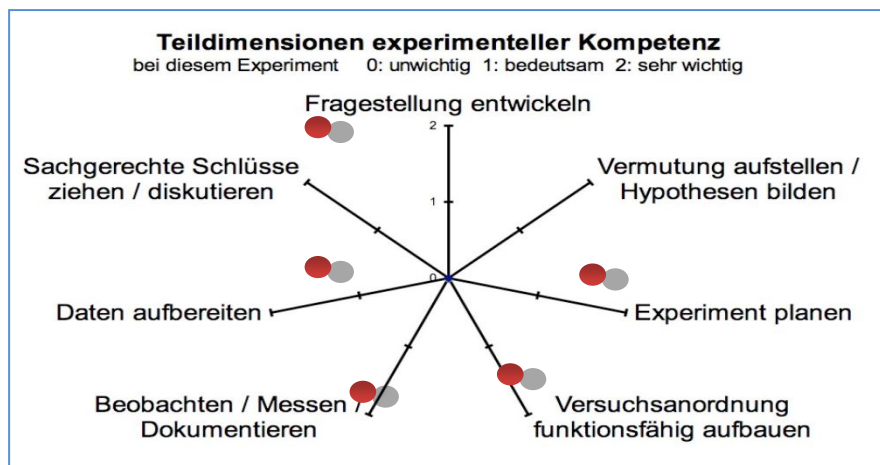
Für diesen Versuch wurden die Gruppen per Zufall eingeteilt, um eine Durchmischung der aufgetretenen Stärken und Schwächen zu ermöglichen.

Aufgabe: Klären der Beobachtungen am Wasserglas durch Modelle.

Zieht eure Beobachtungsprotokolle aus Stunde 1,2 heran, Wassergläser sind vorhanden. Konzentriert euch auf wenige Beobachtungen und versucht diese durch die gelernten Modelle zu erklären.

- Welche Linseneffekte können wir beobachten?
- Wo sind Ähnlichkeiten – Unterschiede zu den Linsen der Sammlung?
- Welche Werte können wir messen? (Brennweite?)

Kompetenzmodell:



Beispielhafte Ergebnisse

Sie zeigen eine intensive Auseinandersetzung mit der Aufgabe. Alle Gruppen versuchten eigenständig, modellhafte Konzepte wie Strahlenkonstruktionen oder auch mathematische Ausdrücke wie die Linsengleichung auf die Beobachtungen am Wasserglas anzuwenden.

Die weiteren Ergebnisse und Arbeiten der Lernenden finden sich im Anhang.

4.2.2 Unterrichtsskizze: Sammellinsen – Bruchgleichungen in der 4c

Vorbereitende Stunden

Die Arbeiten der Lernenden in der 4a haben gezeigt, dass gerade der Begriff der Brennweite (und die damit verbundenen Fälle infokal (zwischen Brennpunkt und Linse) und exfokal (außerhalb des Brennpunktes) sowie die Begriffe der Gegenstands- und der Bildweite nur unzureichend oder teils gar nicht richtig verstanden wurden. Darum wurde im vorbereitenden Unterricht in der 4c besonderes Augenmerk auf diese Punkte gelegt und die Vorbereitung etwas anders gestaltet. Die Lernenden sollten in eher offenen, spielerischen Versuchen die Brennweiten der Linsen selbst bestimmen und die für die folgende Sequenz benötigten Materialien beim Teleskopbau kennenlernen. Für diesen Einstieg wurden zum Teil Materialien und Unterlagen verwendet, die ursprünglich für den Unterricht in Physik NWL konzipiert wurden und auf <http://www4.edumoodle.at/physiklernen/mod/resource/index.php?id=6> abrufbar sind.

1. Erfahrungen sammeln mit Linsen:

In der ersten Stunde zum Thema wurden den Schülern die folgenden vier Aufgabenstellungen zum freien Experimentieren vorgelegt:

Was Linsen alles können: Lupe, Mikroskop und Fernrohr

Aufgabe 1: Holt aus dem Materialkasten verschiedene Linsen und Spiegel und stellt fest, ob man diese als Brennglas verwenden könnte! Ermittelt dabei auch, wie weit der Brennpunkt von der Linse bzw. dem Spiegel entfernt ist, und notiert euch alles, was euch sonst noch beim Experimentieren mit den Linsen/Spiegeln auffällt!

Aufgabe 2: Nehmt verschiedene Linsen. Welche kann man als Lupen verwenden? Überlegt euch Methoden, wie ihr die Vergrößerung dieser Lupen bestimmen könnt!

Aufgabe 3: Versucht, aus zwei Linsen ein Mikroskop nachzubauen. Welche Linsen müsst ihr dazu wie anordnen? Wie stark vergrößert euer Mikroskop?

Aufgabe 4: Aus Linsen kann man zwei Arten von Fernrohren bauen: eines aus zwei „+“-Linsen (=Keplerfernrohr), eines aus einer „+“ und einer „-“ Linse (Galileifernrohr). Baut beide auf Stativschienen auf und fertigt vom fertigen Fernrohr jeweils eine beschriftete Skizze mit Maßangaben an! Wie stark vergrößern eure Fernrohre?

Die Schüler gingen sehr enthusiastisch und experimentierfreudig an die Sache heran, vor allem von der Vorstellung motiviert, mit einer Linse tatsächlich z.B. Papier zum Brennen zu bringen. Bald war auch eruiert, dass nur mit + beschriebene Linsen als Brennglas zu brauchen waren. So nebenher machten die Schüler viele Beobachtungen, so z. B. dass sich „+“ und „-“ Linsen (also Sammellinsen und Zerstreuungslinsen, aber das war begrifflich noch nicht thematisiert) in ihrer Wirkung aufheben, wenn man sie aneinander schraubt, sofern sie den gleichen Zahlenwert besitzen. Sie waren allerdings vom qualitativen Experimentieren so fasziniert,



dass sie kaum dazu zu bringen waren, auch quantifizierend zu messen und die Entfernung des Brennpunktes von der Linse zu bestimmen. So wurde für die Bearbeitung dieser Aufgaben eine zweite Unterrichtsstunde nötig, in der vor allem versucht wurde, ein möglichst gutes Mikroskop, Keplerfernrohr und Galileifernrohr zustandezubringen – das alles noch auf spielerisch-frei experimenteller Ebene.

2. Beobachten und Messen

In den darauf folgenden Physikstunden sollte nun der Schritt zu quantitativem Beobachten gemacht werden. Wieder griff ich auf vorhandene Materialien aus dem NWL-Unterricht des BRG Kepler zurück und adaptierte die Einheiten „Von der Lupe zum Teleskop“ und „Was besagt die Linsengleichung?“ für die angezielten Lernzwecke (die entsprechenden Arbeitsblätter finden sich im Anhang).

3. Modellieren und Rechnen

Auf dieser Kompetenzbasis aufbauend sollten die Schüler der 4c nun in der Lage sein, mit quantifizierendem Experimentieren im Bereich der Optik umzugehen. Zeit, die Verknüpfung mit der Mathematik herzustellen. Wir waren gespannt, inwieweit auch diese Klasse den Transfer zwischen den beiden Fächern schaffte.

Ein Ausschnitt aus dem Mailverkehr für die Unterrichtssequenz

Liebe Christa, jetzt endlich wie versprochen unsere konkrete Planung:

Ich werde morgen, DO 3. Stunde, in der 4c wieder mit den Linsen arbeiten lassen, genauer: Abbildung durch Linsen. Dabei sollen die Schüler einen Zusammenhang zwischen Gegenstands- und Bildweite durch Experimentieren, Zeichnen und Auswerten der Messdaten selbst finden.

Ich würde dich bitten, in der unmittelbar darauf folgenden Stunde, die du ja hast, ihnen die richtige Lösung zu präsentieren (Expedition Mathematik, S. 59, Aufgabe 210). Die Aufgaben 210 a) und b) sollten sowohl rechnerisch wie auch graphisch (Zeichnung der Strahlengänge!) gelöst werden. Da wir aber nur Sammellinsen mit 10 cm besitzen, bitte mit $f = 10$ cm statt $f = 12$ cm rechnen und bei 4a) mit 10 cm statt 12 rechnen lassen! Außerdem sollen sie Fragen und Probleme protokollieren, die während dieser Arbeit auftreten.

Bitte beobachte dabei, inwieweit die Schüler dabei das soeben in Physik gelernte jetzt in Mathematik umsetzen können. Die Arbeit sollte auf Arbeitsblätter gemacht und dir am Ende der Stunde abgegeben werden.

Ich würde dich außerdem bitten, mir am Montag, 12.3., in der 3. Stunde den Raum 305 zu geben, damit ich im nächsten Schritt die bei dir gezeichneten und gerechneten Beispiele experimentell durchführen lassen kann. Sie sollen dir in deinen darauffolgenden Mathematikstunden am MO von den Ergebnissen berichten.

Bitte rückmelden, ob da so für dich in Ordnung geht!

Ig
Norbert

----- Ursprüngliche Nachricht -----
Von: Norbert Steinkellner <norbert.steinkellner@brgkepler.at>
Datum: Mon, 16 Jan 2012 07:21:41 +0100
Betreff: MPh4- Einheit im Jänner "Zeichnen, Rechnen und quantitatives Messen"
An: Christa Preis <christa.preis@brgkepler.at>, Christa Preis <christa.preis@brgkepler.at>, Gerhard Rath <gerhard.rath@brgkepler.at>, Waltraud Knechtl <waltraud.knechtl@brgkepler.at>

Liebe MPh4ler,

folgend nochmal per Mail das Konzept für die Optik/Bruchgleichungen-Koordination. Gebraucht wird Vorarbeit in beiden Fächern und möglichst aufeinanderfolgende Stunden, zuerst M, dann Ph.

Vorarbeit M: Bruchgleichungen

Vorarbeit Ph: Optik-Versuchsinstrumente (Schiene, Linsen, ...) müssen bekannt sein.

1) In M sollte die Abbildungsregel gerechnet sowie graphisch gelöst werden (Buch Aufgabe 210 usw.) Wir brauchen außerdem passende Aufgaben für die in unserer Ph-Sammlung vorhandenen Sammellinsen (10 und 30 cm Brennweite, g und b unter einem Meter - es sollte ja noch messbar sein).

2) In Ph wird in der darauffolgenden Stunde (Raum 305!) den Kindern die Aufgabe gestellt, mit Hilfe der aus dem Unterricht schon bekannten Materialien (nur Kästen aufsperrn, nicht fertig herrichten oder ansagen!) das Berechnete zu überprüfen: "Überprüfe mit einem Messexperiment, welche Werte im praktischen Versuch für g bzw. b herauskommt! Liste das verwendete Material auf und beschreibe deine Tätigkeiten beim Experiment! Zeichne von einer der Messungen eine maßstabsgetreue, beschriftete Skizze! Wodurch könnten Unterschiede zwischen Rechnung und Messung entstehen?"

Wir sollten die Kinder dabei gezielt beobachten:

- wie klar ist die Materialwahl
- wer arbeitet selbständig, wer "läuft mit"?
- kann die gerechnete und gezeichnete Theorie gut in die Messpraxis übertragen werden?

Soweit der Plan; in der Unterrichtspraxis konnte dieser aber nur bedingt eingehalten werden, da die Schüler schier unüberwindliche Schwierigkeiten mit der Struktur der Linsengleichung und der Umformung dieser Bruchgleichung hatten: Obwohl die Schüler im Mathematikunterricht auch schon die

Arbeit mit (objektiv gesehen) schwierigeren Gleichungen als dieser gemeistert hatten, machte die inverse Form dieser Bruchgleichung den Lernenden immense Schwierigkeiten, und das Finden eines gemeinsamen Nenners und das Ausdrücken einer einzelnen Variablen benötigte unplanmäßig die gesamte Mathematikstunde, so dass für das Zeichnen und Rechnen der Aufgabe 210 nicht mehr ausreichend Zeit blieb und dieser Teil in eine spätere Mathematikstunde verlegt werden musste. Das grafische Lösen der Linsengleichung verlegten wir überhaupt in den Physikunterricht, um den zeitlichen Ablauf der Sequenz nicht durcheinanderzubringen.

4. Vom Rechnen zum Messen

Die nächste planmäßige Unterrichtseinheit in Physik sollte den Schritt zurück vom Rechnen (und Zeichnen) hin zur experimentellen Überprüfung ermöglichen:

MPh4 – Mathematik und Physik koordiniert unterrichten

1. Du hast letzte Woche nach Physik in Mathematik mit Linsenabbildungen gerechnet und Gegenstandsentfernungen g und Bildentfernungen b berechnet. Welche Probleme und Fragen sind dabei aufgetreten?
2. Deine Aufgabe ist es heute, die in Mathematik gemachten Rechnungen im praktischen Experiment zu überprüfen. Mache die folgenden Notizen auf ein eigenes Blatt:
 - a) Schreibe zuerst die Rechnungen an, die du überprüfen willst
 - b) hole dir von den Versuchskästen alle Materialien, die du für den Versuch brauchst
 - c) Mache vom geplanten Versuch eine beschriftete, maßstabsgetreue Skizze

und erkläre, was du tust!

- d) Überprüfe nun die in M errechneten Werte für g bzw. für b im Experiment! Ergeben sich Unterschiede? Wenn ja: Beschreibe sie und überlege (und notiere) mögliche Gründe für die Unterschiede!

3. Zusatzaufgabe für die Könner: Fertige eine Strahlenzeichnung der Abbildung

- a) für eine deiner Rechnungen
b) für den Fall $g = f$ an!

Für diese Sequenz wurden jeweils zwei Unterrichtsstunden in Mathematik und in Physik verwendet. Im Anhang befinden sich die analysierten und kommentierten Schülerarbeiten.

Interpretation der Ergebnisse der 4c:

Planung und Vorbereitung:

Alle Gruppen waren in der Lage, die nötigen Materialien für die Experimente korrekt auszusuchen und korrekt aufzubauen, und alle Gruppen konnten planmäßig Messungen durchführen. Es wurden auch immer die korrekten Größen variiert und gesucht, also Gegenstandsweite g und Bildweite b . Allerdings wurden die Gegenstandsweiten eher zufällig und nach Belieben gewählt, weitgehend ohne erkennbare Systematik; am ehesten ließ sich noch bei Gruppe 1 eine gewisse Struktur in der Auswahl erkennen (Beginn bei $g = 45\text{cm}$, dann 25cm und 15cm , damit auch hin zu größeren Bildgrößen)

Durchführung der Experimente:

Die Gruppen führten drei bis sechs Messungen durch, die es schließlich bis ins Protokoll schafften. Bei allen Gruppen erreicht der Großteil der Messungen die zu erwartende Genauigkeit. Klares, zielgerichtetes Arbeiten findet nur bedingt und oft erst nach mehrmaliger Aufforderung statt. Das Experimentieren verläuft noch weitgehend unstrukturiert, Messwerte werden nicht hinterfragt oder verglichen. (so haben zwei Gruppen versehentlich zweimal die gleiche Gegenstandsweite verwendet und zu dieser zwei verschiedene Bildweiten ermittelt, ohne dass es ihnen aufgefallen wäre).

Dokumentation: Am Ende der geplanten Einheiten war von keiner einzigen Gruppe eine ordentliche Abgabe vorhanden; diese mussten erst massiv nachgefordert werden und wurden teilweise erst in einer Hausübung in eine abgabefähige Form gebracht. Trotzdem boten nur zwei der fünf Gruppen eine gut lesbare und übersichtliche Tabelle ihrer Messwerte, bei den anderen wurden diese unterschiedlich und kaum lesbar (Gr. 3), mit unterschiedlichen Längeneinheiten für g und b (Gr. 2) oder gar nicht (Gr. 4) abgegeben. Skizzen des Versuchsaufbaus fehlten entweder oder waren weitgehend unbeschriftete, lieblose Handskizzen. Dagegen wurden die Strahlenkonstruktionen großteils gut und genau gemacht, und auch die Rechnungen wurden von den meisten Gruppen gut dokumentiert.

Aufbereitung der Daten, Vergleich mit der Rechnung: Aus den Erfahrungen mit der Parallelklasse heraus (zu hoher Zeitaufwand von Einzelprotokollierungen) wurde mit Gruppenprotokollen gearbeitet. Trotzdem fand in der Teilsequenz , in der zuerst experimentiert und dann gerechnet wurde, wohl v.a. aus Zeitmangel kaum ein Vergleich von Mess- und Rechenergebnissen statt. Gruppe 3 kennzeichnete alle Messergebnisse ohne Angabe der Rechenergebnisse als „gerechnet: falsch“, obwohl zumindest einer der Messwerte sogar sehr gut war (nur 6% neben dem errechneten Wert). Die Gruppe 1 bildete zumindest die absoluten Differenzen zwischen Messwert und errechnetem Wert (was allerdings wenig aussagekräftig ist). Weitaus besser wurde dieser Punkt dann in der umgekehrten Sequenz erfüllt, wo zuerst errechnete Ergebnisse dann in den Experimenten überprüft wurden; allerdings wurden in der Regel einfach die errechneten Werte im Aufbau eingestellt und dann mit „passt“ bzw. „ergibt das Gleiche“ eingeschätzt (obwohl die realen Brennweiten der Linsen nicht ganz mit den Angaben übereinstimmten, die die Schüler verwendet haben). Kritisches Experimentieren scheint also NACH einer rechnerischen Auswertung nicht stattzufinden.

5 REFLEXION UND EVALUATION

Wir nehmen nun wieder die Projektziele in den Blick: inwieweit wurden sie erfüllt?

5.1 Evaluation der Ziele auf Lehrendenebene

- Die Korrelation und Koordination des Mathematik- und Physikunterrichtes in der 8. Schulstufe in der Jahresplanung und in den Inhalten funktionierte wieder reibungslos, die geplanten Thematiken wurden parallelisiert bzw. auch gemeinsam an gemeinsamen Konzepten und fachübergreifenden Einheiten gearbeitet. Die Sensibilität in der Fachsprache gegenüber dem anderen Fach war bereits ein selbstverständlicher Aspekt. Auch die Planung und Inhalte des jeweils anderen Faches wurde uns wechselseitig gut vor Augen geführt und erleichtert sicherlich zukünftige Kooperationen.
- Auf ein einheitlicheres Auftreten beider Fächer in der Terminologie, in der Anwendung mathematischer Werkzeuge und im Problemlösen wurde im Allgemeinen und im Besonderen in der Sequenz mit der Linsengleichung durchgängig Wert gelegt.
- Wir haben die Lehrbücher des jeweils anderen Faches kennengelernt und in verschiedener Hinsicht auch durchbesprochen (z. B. betreffend der Abbildung zur Linsengleichung im Mathematikbuch), jedenfalls hier unseren Horizont erweitert.
- Ob von der Lehrendenseite aus eine Steigerung von Kompetenz im Umgang mit Fragen und Aufgaben des jeweils anderen Faches erzielt wurde, lässt sich seriös aus dem durchgeführten Projekt nicht feststellen; jedenfalls waren wir mit diesen Fragen und Aufgaben konfrontiert, so etwa bei dem Fall einer unendlichen Bildweite, und es kam zu Erkenntnisfortschritten auf unserer Seite.
- Wir haben punktuell die Fächertrennung bei den Themen pythagoräischer Lehrsatz / historische astronomische Instrumente sowie Bruchgleichungen / Linsengleichung aufgehoben und gemeinsame Einheiten und Aktionen durchgeführt.

Evaluation der besonderen Ziele auf Lehrendenebene:

- Die Erarbeitung und Erprobung allgemein anwendbarer Konzepte für kompetenzorientierte fächerübergreifende Unterrichtssequenzen war diesmal nur bei der Linsengleichung wirklich erfolgreich, das Thema der historischen astronomischen Instrumente stellte als ungeeignet für die Koordination mit dem Thema Satz des Pythagoras heraus; eine mögliche Koordination könnte hier aber über die Mechanik (Addition rechtwinklig aufeinander stehender Vektoren, z. B. beim freien Fall) bieten.
- Auf der Moodleplattform von Dr. Gerhard Rath haben wir viele unserer Unterlagen frei zugänglich gemacht: <http://www4.edumoodle.at/physiklernen/course/view.php?id=78>

Zusammenfassend können wir sagen, dass die gesteckten Ziele auf Lehrendenebene gut erfüllt wurden.

5.2 Evaluation der Ziele auf der Ebene der Lernenden

- Die Erfahrung von Sinn und Anwendungen mathematischer Methoden und Techniken (hier insbesondere dem Umgang mit Bruchgleichungen sowie der grafischen Darstellung von Strahlengängen) in der Physik war ein zentraler Bestandteil der koordinierten Einheiten.
- Inwieweit das Projekt beigetragen hat, ein Verständnis für Zusammenhänge, Ähnlichkeiten und Unterschiede der Zugänge beider Fächer zu entwickeln, lässt sich aus den evaluierbaren

Unterlagen nicht wirklich gut ermitteln. Die Unterschiede zwischen exakter mathematischer Rechnung mit exakten Basiswerten und Experiment mit ungenauen Basisdaten (Ungenauigkeit der Linsenbrennweiten, Messtoleranz, Beobachtungsfehlerspannweite) wurde von den Lernenden kaum reflektiert, jedenfalls nicht artikuliert.

- Eine Überwindung der Schubladisierung der Fächer und Verknüpfung des Wissens aus Mathematik und Physik können wir nach diesem Projekt durchaus voraussetzen; jedenfalls kamen Proteste wie „aber das ist doch Mathe/Physik“ praktisch nicht mehr vor.
- Die Lernenden haben praktische Erfahrungen mit quantitativem Experimentieren bzw. den verknüpften Elementen Experimentieren – Messen – Berechnen gemacht, wenn auch nicht mit dem erhofften Grad an Reflexion.

Evaluation der besonderen Ziele auf Lernendenebene:

- Die Kompetenz, von mathematischen Zusammenhängen zu quantifizierbaren Experimenten zu kommen und umgekehrt zu mathematisierten Zusammenhängen ein quantifizierbares Experiment planen, durchführen und protokollieren zu können, wurde im Rahmen dieses Projektes gefordert und gefördert; die Erreichung dieser Kompetenz wurde wegen Unevaluierbarkeit in diesem Rahmen nicht als Ziel formuliert.
- Durch vielerlei Messungen im Unterricht (Brennweiten, Bildweiten, Baulängen von Fernrohren, ...) und den damit aufgetretenen Fragen (“von wo weg muss ich messen?”) kann von einer Förderung der Messkompetenz sicher gesprochen werden.
- Die Kompetenz, zu einer Fragestellung ein quantitatives Experiment planen und durchführen zu können, wurde in verschiedenen Kontexten angestrebt, unter anderem unter Verwendung des hervorragenden Rasters von Reichel/Schittelkopf (siehe Anhang). Hier wurde immer in Gruppen gearbeitet, und die Gruppen waren durchwegs in der Lage, diese Experimente durchzuführen.
- Die Entwicklung der Kompetenz, Messungen aus einem Experiment und mathematische Zusammenhänge miteinander in Beziehung zu setzen, wurde weitgehend nicht erreicht (besser gesagt: sie ist aus den Arbeiten und der Arbeitsweise der Lernenden nicht erkennbar geworden). Hier dürfte diese Altersgruppe möglicherweise überfordert sein.
- Die Kompetenz, einen mathematischen Zusammenhang als messbares Experiment aufzubauen, war eine im Projektverlauf anzuwendende und hat weitgehend gut funktioniert.

Zusammenfassend können wir feststellen, dass viele der angestrebten Ziele im Projekt verwirklicht wurden. Für die Lernenden offenbar nicht erreichbar waren aber die Kompetenzen, die sich eher auf einer Metaebene bewegen wie etwa die Gegenüberstellung und Korrelation von Rechnung und Experiment.

5.3 Genderfragen

Verhalten sich Mädchen und Burschen verschieden in Bezug auf das Projekt, gibt es also einen Einfluss des Geschlechtes? Eine Klasse war eine reine Knabenklasse, in der anderen waren zumindest genug Mädchen, um in z. B: einer Sequenz zwei reine Mädchengruppen zu bilden (vgl. die Arbeiten von Gruppe 2 und 3 der 4a im Anhang). Die Arbeitsweisen und die Ergebnisse unterscheiden sich hier nicht grundsätzlich von denen der Burschen, weder im Zugang noch in der Protokollierung; individuelle Unterschiede treten weit stärker hervor als geschlechtliche Unterschiede.

6 RESÜMEE UND AUSBLICK

Mit dem Projekt MPh4 konnte eine siebenjährige Projektreihe zum erfolgreichen Abschluss gebracht werden. Gewiss liegt mit der MPh-Reihe kein völlig gebrauchsfertiges und lückenloses Koordinationskonzept vor, aber es enthält neben vielen Anregungen auch schon fertige Koordinationseinheiten und Grundlagen, auf denen man eine weitere Koordination dieser beiden „Schwesternfächer“ gut aufbauen kann. Mit dem Kommen der zentralen, kompetenzorientierten Matura sind außerdem die Rahmenbedingungen deutlich verändert, und die Koordination in der Oberstufe im Hinblick auf kompetenzorientierte mathematisch-physikalische Fragestellungen wird wohl eines der wichtigsten Themen sein, die wir in diesem Zusammenhang angehen werden müssen.

7 LITERATUR

Reichel Erich, Schittelkopf Eduard (2011): Förderung von Kompetenzen durch forschendes Lernen. IMST newsletter 36, IUS Universität Klagenfurt, S.4.

Kraker Michaela, Plattner Gerhard, Preis Christa (2010), Expedition Mathematik. Wien: E. Dorner GmbH.

Barmeier Marion u.a. (2006), Prisma Physik 4. Stuttgart: Ernst Klett Verlag GmbH

Internet:

Modell experimenteller Kompetenz: <http://www.idn.uni-bremen.de/komdif/modell.php>
[Zugriff: 27.5.2012]

Lernplattform: Kurs zur Sequenz. [27.5.2012]

<http://www4.edumoodle.at/physiklernen/course/view.php?id=78>

8 URHEBERERKLÄRUNG

"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."

9 ANHANG

Der Anhang befindet sich in einem eigenen Dokument. Inhalt:

Historische Astronomische Instrumente (Bauskizzen und Bilder)	1
Beobachtungsbogen	6
Kompetenzmodell für das Experimentieren	7
Versuchsanleitung: Von der Lupe zum Teleskop	8
Versuchsanleitung: Was besagt die Linsengleichung?	9
Beschreibungen der Schüler der 4c zu den historischen Instrumenten	10
Gescannte Protokolle: Beobachtungen am Wasserglas	12
Kommentierte Ergebnisse zur Messung Linsengleichung 4a	14
Kommentierte Ergebnisse zur Messung Linsengleichung 4c	20