



**Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung
(IMST-Fonds)**

S1 „Lehren und Lernen mit Neuen Medien“

MIT MESSWERTERFASSUNG UND ANALYSE DER MESSDATEN DIE EIGENTÄTIGKEIT DER SCHÜLERINNEN UND SCHÜLER FÖRDERN

ID 1458

Projektbericht

Josef Gottsbachner

Gymnasium Sacre Coeur Pressbaum

Pressbaum, Juli 2009

Inhaltsverzeichnis

Abstract	3
1. Allgemeine Daten	4
1.a Daten zum Projekt	4
1.b Kontaktdaten	4
2. Ausgangssituation	5
3. Ziele des Projekts	5
4. Module des Projekts	6
5. Projektverlauf	10
6. Schwierigkeiten	11
8. Gender-Aspekte	13
9. Evaluation und Reflexion	13
10. Outcome	19
11. Empfehlungen	19
12. Verbreitung	19
13. Literaturverzeichnis	19

Abstract

Durch den Einsatz von Messwerterfassungssystemen können alltägliche Bewegungsvorgänge erfasst, visualisiert und im Anschluss analysiert und interpretiert werden. So wird der Unterricht im Naturwissenschaftlichen Labor bereichert, da durch eigenständiges Messen und Auswerten von Daten ein experimenteller Zugang zur mathematischen Beschreibung physikalischer Zusammenhänge angeboten werden kann.

1. Allgemeine Daten

1.a Daten zum Projekt

Projekt-ID	1458	
Projekttitel (= Titel im Antrag)	Mit Messwerterfassung und Analyse die Eigentätigkeit der Schülerinnen und Schüler fördern	
ev. neuer Projekttitel (im Laufe des Jahres)	Mit Messwerterfassung und Analyse der Messdaten die Eigentätigkeit der Schülerinnen und Schüler fördern	
Projektkoordinator/-in und Schule	Mag. Josef Gottsbachner	Privates Gymnasium und Realgymnasium Sacre Coeur Pressbaum
Schultyp	Realgymnasium	
Beteiligte Klassen (Schulstufen)	Klasse 5.C; 9. Schulstufe	
Beteiligte Fächer	Physik	
Angesprochene Unterrichtsthemen	Mechanik, vor allem Kinematik	
Weitere Schlagworte	Sensor, Bewegungsvorgänge, Laborarbeit, selbständige Schülerarbeit	

1.b Kontaktdaten

Beteiligte Schule(n) - jeweils - Name	Privates Gymnasium und Realgymnasium Sacre Coeur Pressbaum
- Post-Adresse	Klostergasse 12; A-3021 Pressbaum
- Web-Adresse	www.sacre-coeur.org
- Schulkennziffer	324026
- Name des/der Direktors/-in	Mag. Richard Zöttl
Kontaktperson - Name	Mag. Josef Gottsbachner
- E-Mail-Adresse	iosephus@gmx.at
- Post-Adresse (Privat oder Schule)	Klostergasse 12; A-3021 Pressbaum

2. Ausgangssituation

Ab dem Schuljahr 2008/2009 finden im Realgymnasium des Sacre Coeur Pressbaum praktische Übungen in den naturwissenschaftlichen Fächern statt. Die an der Schule gewählte Bezeichnung dieses Unterrichtsgegenstands lautet *Naturwissenschaftliches Labor*. Das *Naturwissenschaftliche Labor* ist als drei Schulstufen übergreifendes Fach gedacht, wobei in der fünften Klasse (9. Schulstufe) Versuche zur Physik und in den weiteren beiden Jahren Versuche und Inhalte aus den Fächern Chemie und Biologie vorgesehen sind.

Den Anfang machten in diesem Schuljahr die Übungen aus Physik. Im Zuge dieser Übungen wurden Experimente aus dem Themengebiet der Mechanik von den Schülerinnen und Schülern durchgeführt, die Messergebnisse festgehalten und ausgewertet, graphisch dargestellt und interpretiert.

Im Zuge der vorbereitenden Arbeiten wurde klar, dass schnelle Vorgänge mit den üblichen Versuchsmaterialien kaum zu untersuchen sind. Um zeitaufgelöste Messungen durchzuführen, wurde der Einsatz von Ultraschallentfernungsmessgeräten in Erwägung gezogen.

3. Ziele des Projekts

Durch die Verwendung der Bewegungssensoren sollen die Schülerinnen und Schüler auch alltägliche rasche Bewegungsvorgänge analysieren und verstehen können. Durch den Einsatz der digitalen Medien sollen auch die eigenständige Modellbildung und die Eigentätigkeit der Schülerinnen und Schüler gestärkt forciert werden.

Diagramme sollen sinnvoll und effizient im Unterricht eingesetzt werden. Die Schülerinnen und Schüler sollen im Zuge dieses Projekts lernen, Diagramme zu zeichnen und zu verstehen.

Die Schülerinnen und Schülern sollen lernen, Hypothesen aufzustellen und diese Hypothesen auf ihre Tauglichkeit zur Erklärung der Beobachtungen bei den Experimenten zu überprüfen.

Dabei kommt dem Erkennen und Aufzeigen von Widersprüchen in Denkvorstellungen und Präkonzepten eine wichtige Aufgabe zu.

Es soll den Schülerinnen und Schüler klar vor Augen geführt werden, dass nicht jede Alltagsvorstellung richtig ist. Die Alltagsvorstellungen sollen mit Hilfe von Experimenten überprüft werden, und es soll aufgezeigt werden, wie die Alltagsvorstellungen abgeändert werden müssten, damit sich keine Widersprüche mehr ergeben.

4. Module des Projekts

Modul 1: Erfassung und Auswertung des Vorwissens der Schüler: *Prätest*

Das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler über Bewegungsvorgänge und deren Darstellung mit Hilfe von Diagrammen wird mit einem Fragebogen erhoben. Es werden sowohl die Vorkenntnisse von der beteiligten Klasse als auch von einer Vergleichsklasse erhoben. Der verwendete Fragebogen ist im Anhang verfügbar. Die Ergebnisse dieser Schülerbefragung wurden ausgewertet und zur späteren Verwendung in Evidenz gehalten.

Bei diesem Fragebogen wird die Bewegung eines sich auf einer horizontal liegenden Geraden bewegendes Fahrzeugs betrachtet. Die zu beantwortenden Fragen bestehen aus mehreren Diagrammen und Aussagen über die Bewegung des Fahrzeugs. Es sind die Diagramme den jeweils richtigen Aussagen zuzuordnen. Der Fragebogen besteht aus einem Fragenblock mit Weg-Zeit-Diagrammen und Geschwindigkeits-Zeit-Diagrammen und einem zweiten Fragenblock mit Beschleunigungs-Zeit-Diagrammen.

Mein besonderer Dank gilt an dieser Stelle der Kollegin Dr. Hildegard Urban-Woldron, die den Fragebogen zur Verfügung stellte und auch einen Teil der Auswertung übernahm.

Modul 2: Anschaffung der benötigten Materialien

Als Vorarbeit waren sämtliche zur Durchführung der Versuche im *Naturwissenschaftlichen Labor* benötigten Versuchsmaterialien zu ermitteln und zu besorgen. Die benötigten Materialien und die benötigte Ausrüstung wurde ausgewählt und eingekauft.

Für dieses Projekt wurden die Ultraschallentfernungsmessgeräte *CBR2* von *Vernier* angeschafft. Diese Geräte können zusammen mit den grafikfähigen Taschenrechnern *TI-84 Plus* von *Texas Instruments*, die die Schülerinnen und Schüler auch im Mathematikunterricht verwenden, eingesetzt werden. Man erhält dadurch ein Messwerterfassungssystem für zeitaufgelöste Entfernungsmessungen. Neben der Entfernung ist daher durch Differenzieren der Entfernungsmesswerte auch die Geschwindigkeit und die Beschleunigung zugänglich.

In Abbildung 1 ist das Ultraschallentfernungsmessgerät *CBR2* von *Vernier* in zwei verschiedenen Ansichten abgebildet. *CBR* steht dabei für *calculator based ranger*. Das *CBR2* wird mit Hilfe eines im Lieferumfang enthaltenen Verbindungskabels an den grafikfähigen Taschenrechner *TI-84 Plus* angeschlossen, der die Aufzeichnung, Speicherung und Darstellung der Messwerte übernimmt.

Abbildung 2 zeigt den ebenfalls für das Projekt angeschafften Taschenrechner *TI-84 Plus silver edition*, der zusätzlich zur Ausstattung der Schülergeräte noch über eine Schnittstelle zur Ansteuerung eines Overheaddisplays verfügt. Es war so im Zuge der Durchführung einiger Versuche im Rahmen des Projekts die Projektion der gemessenen Daten möglich.

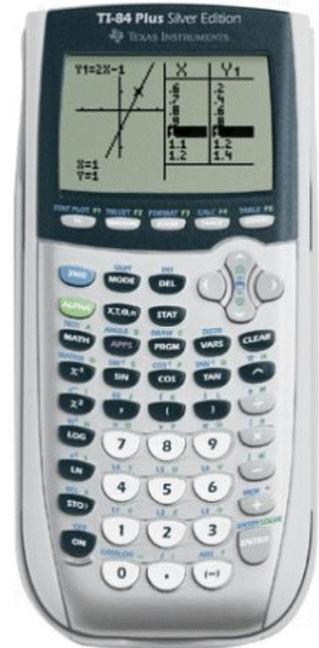


Abbildung 1: Ultraschallentfernungsmessgerät CBR2 von Vernier (Bildquelle: linkes Bild [1], rechtes Bild [2])

Abbildung 2: Taschenrechner TI-84 Plus silver edition von Texas Instruments (Bildquelle: [3])

Modul 3: Experimentserie 1: Weg-Zeit-Diagramme und Geschwindigkeits-Zeit-Diagramme

Die im Lieferumfang des Taschenrechner enthaltene Software *EasyData* von Vernier bietet die Möglichkeit, zufällige Weg-Zeit-Diagramme anzuzeigen. Mit dem Ultraschallentfernungsmessgerät und dem Taschenrechner in der Hand muss nun versucht werden, sich so zu bewegen, dass die nun gemessenen Entfernungen möglichst gut mit den vom Gerät vorgegebenen Daten übereinstimmen.

Durch das Messwerterfassungssystem erhalten die Schülerinnen und Schüler sofort Rückmeldung, ob das vorgegebene Diagramm mit den aktuell gemessenen Daten übereinstimmt.

In einer ersten Phase wird ein Weg-Zeit-Diagramm vorgegeben, das mit einiger Übung noch recht einfach reproduziert werden kann. In der zweiten Phase der Experimentserie wird ein Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm vorgelegt, das deckungsgleich durch aktuelle Messwerte zu reproduzieren bereits mit sehr großen Herausforderungen verbunden ist.

Hinweis: Die Software-Applikation *EasyData* kann aufgerufen werden durch Drücken der Taste *APPS* und anschließend Auswählen von *EasyData* aus der Liste der verfügbaren Applikationen.

Beispiele für vom Taschenrechner vorgelegte Diagramme sind in den Abbildungen 3 und 4 zu sehen. Aus Gründen der Abbildungsqualität sind dies jedoch keine originalen Diagramme, wie sie auf dem Display des Taschenrechners mit geringer Auflösung angezeigt werden, sondern Diagramme, die mit einem Datenauswerteprogramm eigens für diesen Bericht erstellt wurden.

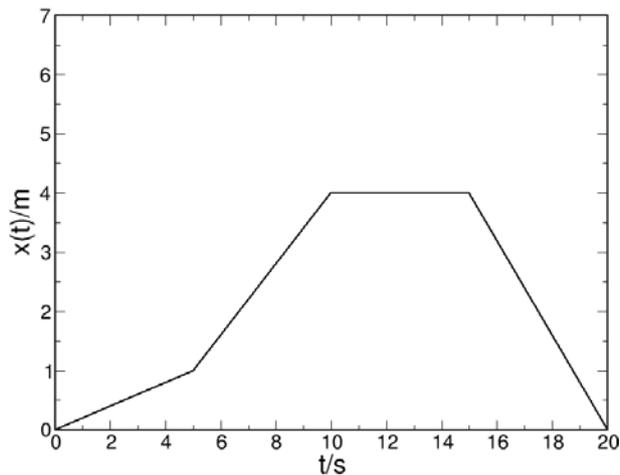


Abbildung 3: Beispiel für ein von der Applikation EasyData vorgegebenes Weg-Zeit-Diagramm.

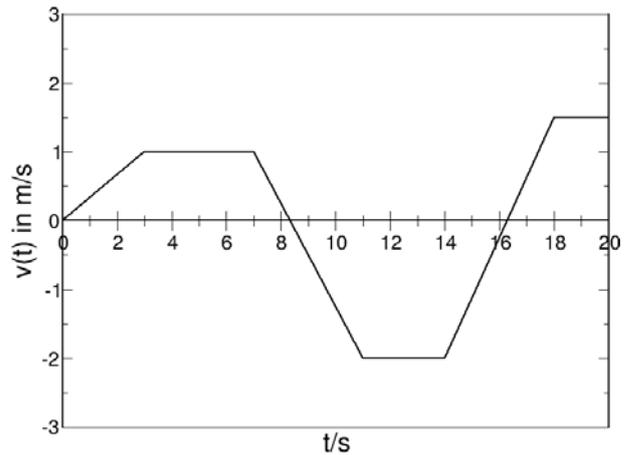


Abbildung 4: Beispiel für ein von der Applikation EasyData vorgegebenes Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm.

Modul 4: Experimentserie 2: Die gleichmäßig beschleunigten Bewegung

Hier werden zwei Experimenten zur gleichmäßig beschleunigten Bewegung durchgeführt und vorhandene Präkonzepte auf Schülerseite erfasst.

Die vorhandenen Präkonzepte wurden einerseits durch die direkte Befragung der Schülerinnen und Schüler, andererseits auch durch die den Protokollen zu entnehmenden Deutungen und Interpretationen der Messergebnisse erhoben.

Die bei den Schülerinnen und Schülern vorgefundenen Präkonzepte und die physikalischen Konzepte werden individuell mit den Kleingruppen und mit der gesamten Laborgruppe diskutiert und gegenübergestellt.

In diesem Modul wurden zwei Versuche durchgeführt:

1. Gleichmäßig beschleunigte Bewegung eines Wagens auf einer horizontalen Fahrbahn – Überprüfung des zweiten Newton'schen Gesetzes.

Aufgabenstellung:

Es wird das Weg-Zeit-Diagramm eines gleichmäßig beschleunigten Wagens mit Hilfe des Ultraschallmessgeräts *CBR2* aufgenommen. Der Versuch wird mit mehreren verschiedenen beschleunigenden Massenstücken wiederholt. Ebenso soll in einem weiteren Versuch die Masse des Wagens erhöht werden. Die Ergebnisse werden anschließend verglichen und interpretiert.

Versuchsaufbau:

Der Versuch wird gemäß Abbildung 5 aufgebaut.

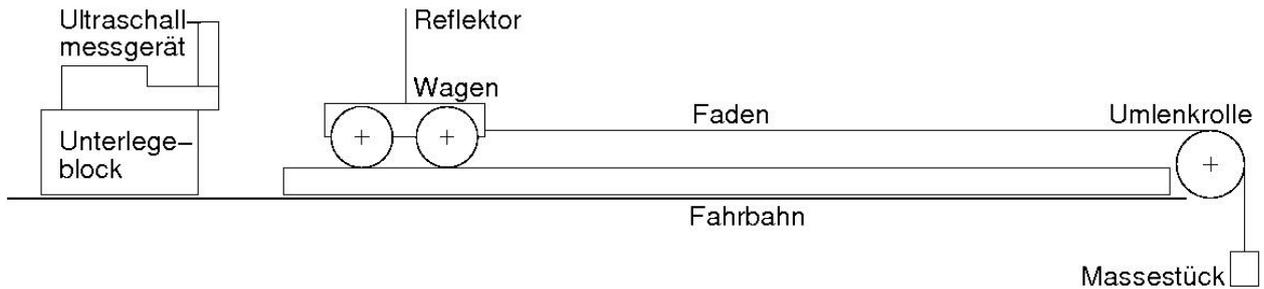


Abbildung 5: Versuchsaufbau zum Versuch zur gleichmäßig beschleunigten Bewegung eines Wagens auf einer horizontalen Ebene. Als Reflektor für die vom Ultraschallmessgerät ausgesendeten Schallwellen dient ein Blatt Kopierkarton, das auf dem Wagen mit Klebeband befestigt wird.

2. Beschleunigung eines Wagens auf einer schiefen Ebene – Vergleich zweier unterschiedlich schwerer Wagen.

Aufgabenstellung:

Es wird das Weg-Zeit-Diagramm eines gleichmäßig beschleunigten Wagens mit Hilfe des Ultraschallmessgeräts *CBR2* aufgenommen. Der Versuch wird mit einem zusätzlichen Massenstücke auf dem Wagen wiederholt, die Masse des Wagens wird als vergrößert. Die Ergebnisse werden anschließend verglichen und interpretiert.

Versuchsaufbau:

Der Versuch wird gemäß Abbildung 6 aufgebaut.

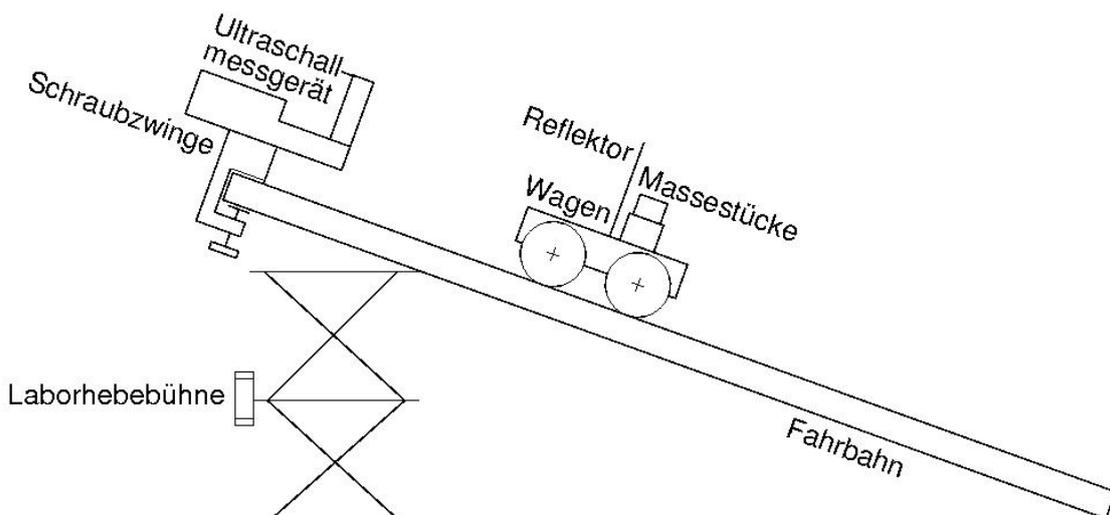


Abbildung 6: Versuchsaufbau zum Versuch zur Beschleunigung eines Wagens auf einer schräggestellten Fahrbahn. Um ein Wegrutschen der Fahrbahn zu vermeiden, kann man zwei Stativplatten auf den Tisch vor die Fahrbahn legen.

Modul 5: Erfassung und Auswertung des Wissens der Schüler nach Durchführung des Projekts: *Posttest*

Das Wissen der Schülerinnen und Schüler über Bewegungsvorgänge wird längere Zeit nach der Durchführung der Module 3 und 4 wiederum mit einem Fragebogen erhoben.

Es handelt sich hierbei um exakt den selben Fragebogen, der bereits im Modul 1 Verwendung gefunden hat.

Wie schon im Modul 1 wird auch hier dieselbe Befragung mit einer Vergleichsklasse durchgeführt.

Modul 6: Reflexion und Evaluation des Unterrichts von den Schülerinnen und Schülern und vom Lehrer

Die Wirkung auf die beteiligten Personen wurden einerseits durch Befragung der Schülerinnen und Schüler und andererseits durch persönliche Reflexion des Lehrers in diesem Modul erhoben und Empfehlungen abgeleitet. Die Ergebnisse sind dem Kapitel *Evaluation* zu entnehmen.

5. Projektverlauf

In nachfolgender Tabelle 1 ist die zeitliche Abfolge der Module aufgeführt. Die Angaben sind situationsbedingt etwas unpräzise, da die Klasse 5C im *Naturwissenschaftlichen Labor* in zwei Teilgruppen mit alternierend stattfindendem Unterricht aufgespalten wurde und daher die Durchführung der Versuche über einen längeren Zeitraum verteilt erfolgte.

	<i>Durchgeführte Module</i>	<i>Involvierte Personen bzw. Personenkreise</i>
Sept./Okt. 2009	Modul 1: Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler	Gesamte teilnehmende Klasse und eine Vergleichsklasse
Okt./Nov. 2009	Modul 2: Anschaffung der benötigten Materialien	Projektkoordinator
1. Semester und Beginn 2. Semester	Modul 3: Weg-Zeit-Diagramme und Geschwindigkeits-Zeit-Diagramme	Kleingruppen im Laborunterricht
Mitte bis Ende des 1. Semesters	Modul 4: Experimente zur gleichmäßig beschleunigten Bewegung	Kleingruppen im Laborunterricht
Ende 2. Semester	Modul 5: Kenntnisstand der Schülerinnen und Schüler	Gesamte teilnehmende Klasse und Vergleichsklasse.
Ende 2. Semester	Modul 6: Reflexion und Evaluation des Unterrichts	Gesamte teilnehmende Klasse und Lehrer.

Tabelle 1: Auflistung der zeitlichen Abfolge der Module des Projekts.

6. Schwierigkeiten

Als besondere Schwierigkeit erwies sich die nicht ausreichende Stückzahl der vorhandenen Entfernungsmessgeräte. Als einstweiliger Lösungsweg wurde eine gleichzeitige aber gruppenweise abwechselnde Durchführung von zwei Versuchen gewählt. Trotzdem blieb die Situation unbefriedigend.

Die Klasse 5C und die Vergleichsklasse 6A, die die Fragebögen beim Modul 1 (Prätest) und beim Modul 5 (Posttest) ausgefüllt haben, sind aus den unterschiedlichen Schulzweigen Realgymnasium und Gymnasium in den unterschiedlichen Schulstufen 5. Klasse (9. Schulstufe) und 6. Klasse (10. Schulstufe). Sie werden von unterschiedlichen Lehrern unterrichtet. Trotz gleicher Unterrichtsthemen und Lernzeile kann der Vergleich der Ergebnisse von Prätest und Posttest daher nicht die erwartete Aussagekraft liefern.

Weiters wurde von einigen Schülern der Klasse 5C, die nach diesem Schuljahr 2008/2009 die Schule verlassen oder die 9. Schulstufe nächstes Schuljahr wiederholen werden, der Posttest manipuliert. So war etwa auf dem Fragebogen des Schülers mit dem Erkennungszeichen KRO als Antwort FCBAYERN zu lesen. Von den besagten Schülern wurde weiters versucht, die in ihrer Nähe sitzenden Schülerinnen und Schüler zu ebensolchen Manipulationen anzuleiten. Da in etwa abzuschätzen ist, wer die Manipulationen durchführte, wird in der Betrachtung der Ergebnisse versucht, darauf Bezug zu nehmen.

Die ursprünglich vorgesehene Erfassung der Motivationslage der Schülerinnen und Schüler konnte nicht durchgeführt werden, da die Daten des Internet-basierte Tests vom Testsystem nicht gespeichert wurden und verloren gingen. Es dürfte sich unserer Einschätzung nach aber nicht um ein technisches Versagen handeln als vielmehr wiederum um bewusst herbeigeführte Sabotage einzelner Schüler.

Ein weiteres massives Problem bestand darin, dass einige Experimente bei einigen Schülerinnen und Schülern nur sehr ungenaue Messergebnisse lieferten. Ob dies durch schlampiges Experimentieren durch die Schülerinnen und Schüler bedingt war, oder durch ungeschickte Wahl der Steuerparameter für das Ultraschallentfernungsmessgerät oder durch Ungenauigkeiten des Messgeräts zustande kamen, konnte nicht geklärt werden.

7. Aus fachdidaktischer Sicht

Durch die Neueinführung des Unterrichtsgegenstands *Naturwissenschaftliches Labor* an der gegenständlichen Schule wurde die Durchführung von Schülerexperimenten als neue Unterrichtsform in das Unterrichtsgeschehen eingeführt. Im bisherigen Physikunterricht, der neben dem *Naturwissenschaftlichen Labor* weiterhin stattfindet, jedoch im Umfang stark eingeschränkt wurde, wäre eine derartige häufige Einbindung von Schülerexperimenten aufgrund der räumlichen Gegebenheiten nicht möglich gewesen.

Der Unterricht im Naturwissenschaftlichen Labor besteht fast zur Gänze aus von den Schülern selbst durchgeführten Experimenten. Nach einer kurzen einführenden Erklärung der durchzuführenden Versuche wurden die Versuche von den Schülern in Kleingruppen in selbständiger Arbeit durchgeführt.

Die im Rahmen des Projekts vom Lehrer erworbenen Fähigkeiten und Kenntnisse wurden auch in einer anderen Klasse (2. Klasse, 6. Schulstufe) zum Thema gleichförmige und beschleunigte Bewegung im Unterrichtsgeschehen angewendet. Einzelne Schülerinnen und Schüler haben im Rahmen dieser Unterrichtssequenz Weg-Zeit-Diagramme aufgenommen. Diese Diagramme wurden während der Messung über das vom Taschenrechnerhersteller angebotene Overhead-Display auf dem Overhead-Projektor angezeigt. Erfreulicherweise wurden von den mit großer Begeisterung teilnehmenden Schülerinnen und Schülern dieser 2. Klasse die entsprechenden Weg-Zeit-Diagramme sehr schnell verstanden.

Durch die Verwendung des elektronischen Messwerterfassungssystems, die sowohl für die Schülerinnen und Schüler als auch für den Lehrer neu und ungewohnt waren, wurde bei den zahlreich auftretenden Problemen in der Bedienung des Grafiktaschenrechners intensive Teamarbeit zwischen den Schülerinnen und Schülern notwendig. Auch beim erneuten Einsatz des Messwerterfassungssystems wurden die auftretenden Probleme in der kleingruppenübergreifenden Zusammenarbeit der Schülerinnen und Schüler gelöst.

8. Gender-Aspekte

Gender-Aspekte waren kein besonderer Fokus des vorliegenden Projekts.

9. Evaluation und Reflexion

Der mit diesem Projekt beabsichtigte Lerneffekt beim Zeichnen und Lesen der Diagramme wurde im Wesentlichen erreicht, auch wenn dieser Effekt bei den verschiedenen Schülern in unterschiedlich starker Ausprägung vorliegt.

Die Auswertungen der Prä- und Posttests ist leider durch die beim Kapitel *Schwierigkeiten* bereits erwähnten Manipulationen beim Ausfüllen des Posttest durch Schüler, die mit Ende dieses Schuljahres die Schule verlassen, nur erschwert möglich. Dennoch zeigt sich beim Vergleich der Ergebnisse des Prätests und des Posttests, dass einige Schüler deutlich dazugelernt haben.

In der Abbildung 7 sind die Ergebnisse des Prä- und Posttests der Klasse 5C gegenübergestellt. Um die Veränderungen der Anzahl richtiger Antworten besser sehen zu können, wurde in Abbildung 8 der Lernzuwachs jeder Schülerin und jedes Schülers dargestellt. Als Indikator für den Lernzuwachs soll die Veränderung der Gesamtanzahl der richtigen Antworten auf die Fragen dienen. Die Schülerinnen und Schüler haben auf den Fragebogen ein Erkennungszeichen geschrieben, das alleinig dazu dient, die Prä- und Posttests den einzelnen Schülern bei der Auswertung und beim Vergleich der Ergebnisse gegenüberzustellen. In den Diagrammen sind diese Erkennungszeichen angegeben. Sie sind dort Kennzeichen des Schülers genannt.

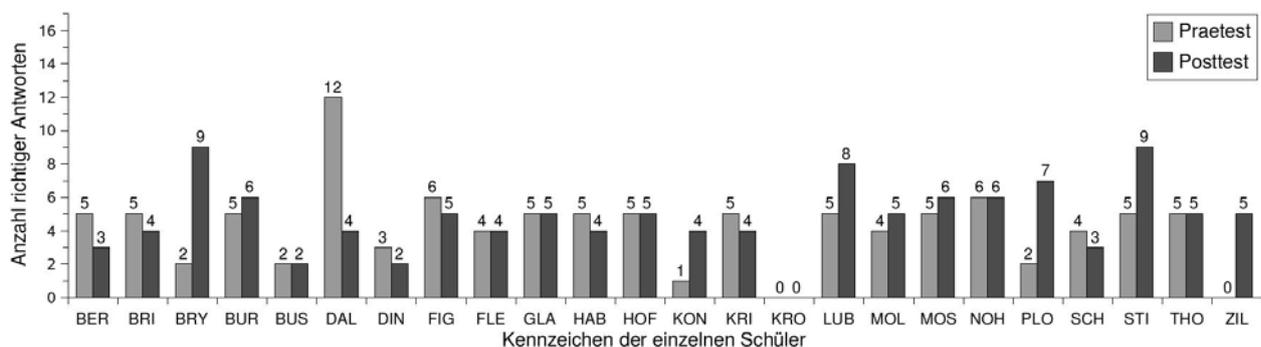


Abbildung 7: Gegenüberstellung der Ergebnisse des Prä- und des Posttest der Klasse 5C. Die Anzahl der richtigen Antworten, die jede Schülerin und jeder Schüler auf dem Fragebogen angekreuzt hat, ist angegeben. Der Fragebogen besteht aus insgesamt 17 Fragen.

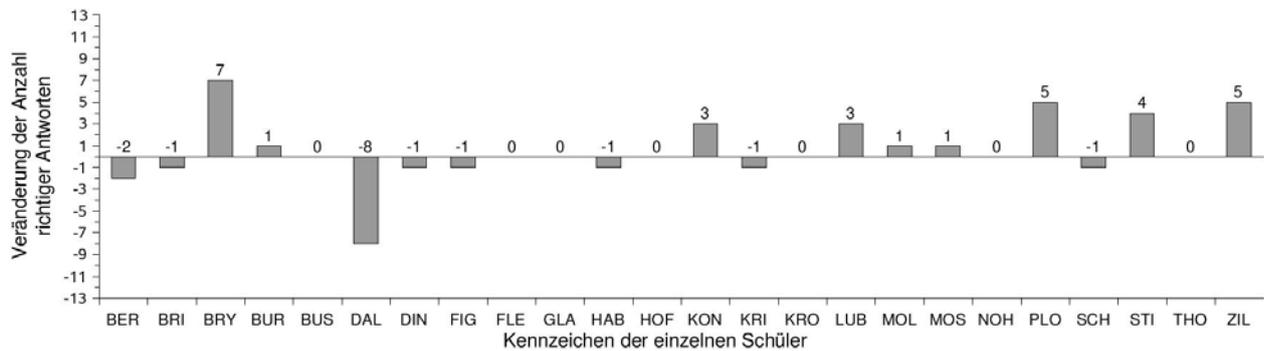


Abbildung 8: Veränderung der Anzahl der richtigen Antworten, die die Schülerinnen und Schüler der Klasse 5C beim Prä- und beim Posttest gegeben haben. Insgesamt waren 17 Fragen zu beantworten.

Wenn man die Abbildungen 7 und 8 betrachtet, fällt auf, dass es doch einige Schülerinnen und Schüler gibt, deren Verständnis für die Aussagen eines Diagramms deutlich gestiegen ist.

Von Ausreißern DAL und KRO abgesehen, die durch absichtliches Ankreuzen falscher Antworten den Test sabotiert haben und auch einige der bei der Durchführung des Posttests in ihrer unmittelbaren Umgebung sitzenden Schülerinnen und Schüler zur Abgabe falscher Antworten ermutigt haben, sind bei einigen Schülern um wenige Punkte schlechtere Antworten augenscheinlich. Das könnte durch die absichtlichen Störmanöver oben bereits erwähnter Schüler bedingt sein. Generell ist zu dieser Klasse noch zu sagen, dass viele Schülerinnen und Schüler allgemein sehr lernunwillig sind.

In Abbildung 9 sind die Ergebnisse des Prä- und Posttests der Klasse 6A gegenübergestellt. In Abbildung 10 ist wiederum der Lernzuwachs als Veränderung der Anzahl der einzelnen Antworten aufgetragen. Auch in dieser Klasse haben die Schülerinnen und Schüler auf den Fragebogen ein Erkennungszeichen geschrieben, das alleinig dazu dient, die Prä- und Posttests den einzelnen Schülern bei der Auswertung und beim Vergleich der Ergebnisse gegenüberzustellen. In den Diagrammen sind diese Erkennungszeichen angegeben. Sie sind dort Kennzeichen des Schülers genannt.

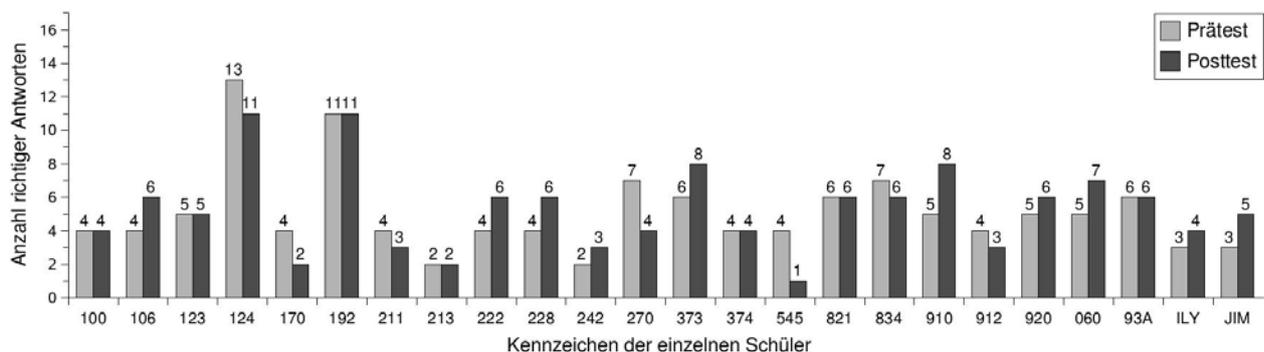


Abbildung 9: Gegenüberstellung der Ergebnisse des Prä- und des Posttest der Klasse 6A. Die Anzahl der richtigen Antworten, die jede Schülerin und jeder Schüler auf dem Fragebogen angekreuzt hat, ist angegeben. Der Fragebogen besteht aus insgesamt 17 Fragen.

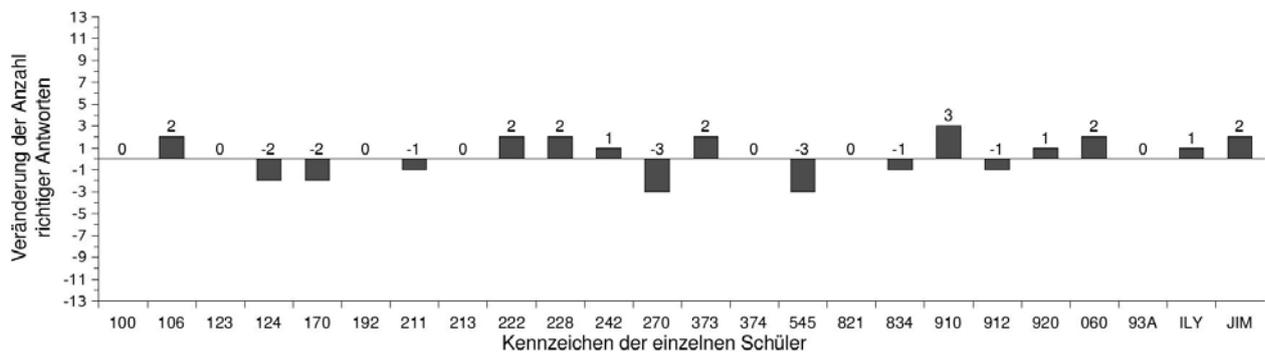


Abbildung 10: Veränderung der Anzahl der richtigen Antworten, die die Schülerinnen und Schüler der Klasse 6A beim Prä- und beim Posttest gegeben haben. Insgesamt waren 17 Fragen zu beantworten.

Hier ergibt sich ein ähnliches Bild, wie bereits bei der Klasse 5C. Es können jedoch keine möglichen Gründe angegeben werden, warum manche Schülerinnen und Schüler beim Posttest schlechter abgeschnitten haben als beim Prätest, da diese Klasse nicht vom Verfasser dieses Berichts unterrichtet wurde.

Es fällt aber auf, dass es in der Klasse 5C einige Schülerinnen und Schüler gibt, bei denen ein deutlicher ausgeprägter Zuwachs an richtig beantworteten Fragen zu erkennen ist.

Um einen Überblick über die richtigen Antworten auf die einzelnen Fragen zu erhalten, ist in den Abbildungen 11 und 12 die Gesamtanzahl an richtigen Antworten für die einzelnen Fragen beim Prätest und beim Posttest aufgeführt. Sowohl in der Klasse 5C als auch in der Klasse 6A haben 24 Schülerinnen und Schüler sowohl am Prätest als auch am Posttest teilgenommen.

Um die eine gewisse Vergleichbarkeit der Veränderungen der Anzahl richtiger Fragen in der Klasse 5C und der Klasse 6A zu erreichen, zeigt Abbildung 14 den Lernzuwachs bei den einzelnen Fragen im Vergleich der Klasse 5C mit der als Vergleichsklasse herangezogenen Klasse 6A. Es soll aber noch einmal deutlich darauf hingewiesen werden, dass die Ergebnisse der beiden Klassen nur äußerst bedingt vergleichbar sind. Nähere Informationen dazu enthält das Kapitel *Schwierigkeiten*.

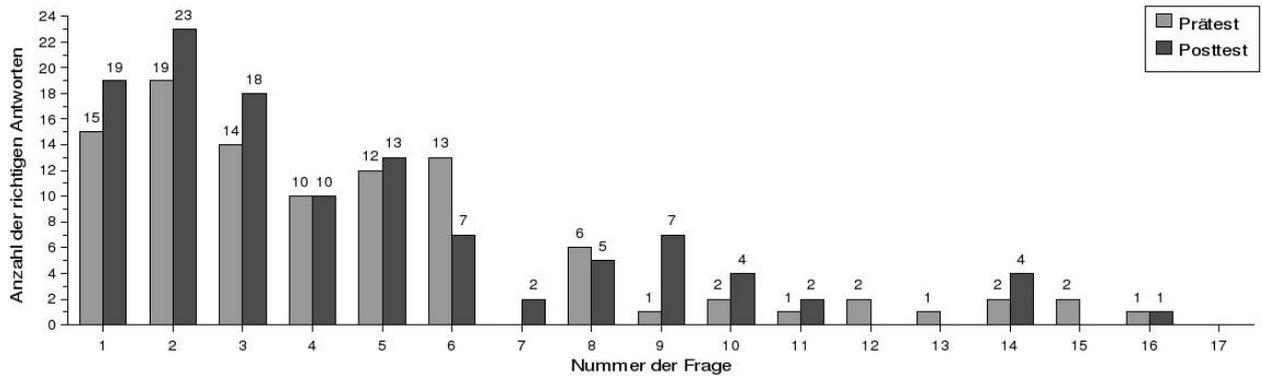


Abbildung 11: Vergleich der Anzahl der richtigen Antworten, die die Schülerinnen und Schüler der Klasse 5C auf die 17 Fragen des Fragebogens gegeben haben. Es wurden die Daten von jenen 24 Schülerinnen und Schülern herangezogen, die sowohl am Prätest als auch am Posttest teilgenommen haben.

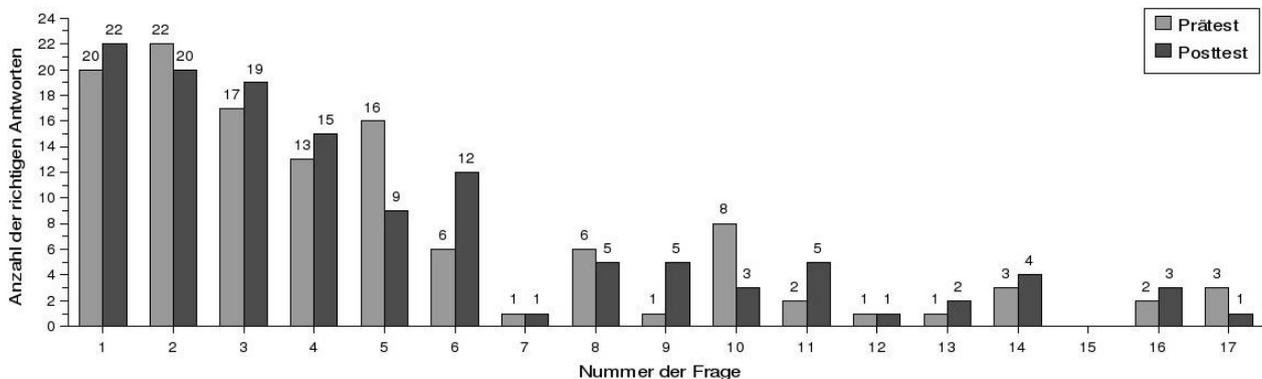


Abbildung 12: Vergleich der Anzahl der richtigen Antworten, die die Schülerinnen und Schüler der Klasse 6A auf die 17 Fragen des Fragebogens gegeben haben. Es haben 24 Schülerinnen und Schülern an den Test teilgenommen.

Aus Abbildung 13 geht deutlich hervor, dass die Zunahme und Abnahme der Anzahl der richtigen Fragen beim Prä- und beim Posttest in den beiden Klassen verschiedene Fragestellungen betreffen.

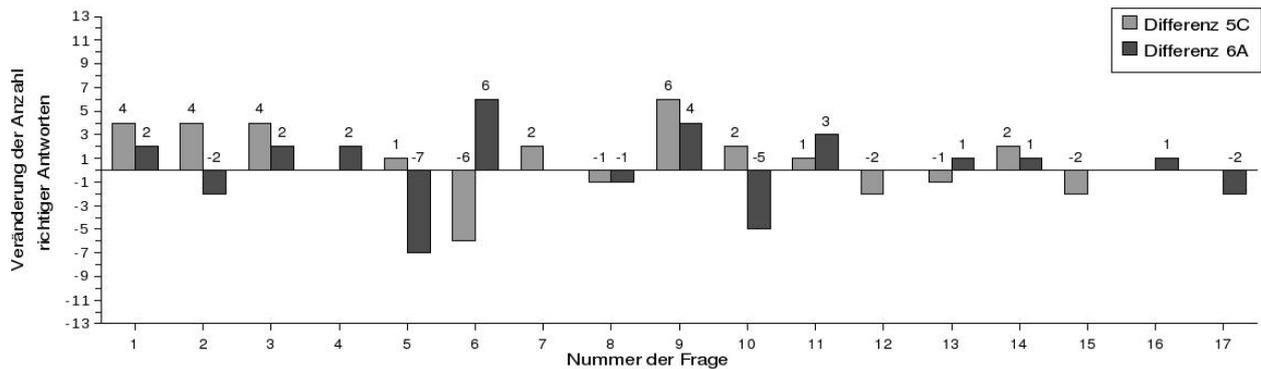


Abbildung 13: Gegenüberstellung der Veränderung der Anzahl an richtigen Antworten bezogen auf die 17 Fragen des Fragebogens.

Bei der Klasse 5C betreffen die Fragestellungen, bei denen eine Abnahme richtiger Antworten festgestellt werden kann, Diagramme, die einen parallel zur Zeitachse verlaufenden Graphen zeigen, bei denen also die dargestellte Größe konstant bleibt über die Zeit. Ebenfalls von einer konstanten Beschleunigung handelt die Frage 6, bei der ein besonders augenscheinlicher Abfall an richtigen Antworten zu beobachten ist, obwohl hier das dazu passende Diagramm eine gleichmäßig steigende Geschwindigkeit zeigt und keine zur Zeitachse parallele Kurve.

In der Klasse 6A sind weniger richtige Antworten vornehmlich bei Fragen festzustellen, wo eine sich ändernde Größe gezeigt wird oder die sich auf sich ändernde Größen beziehen. Aber auch hier sind Fragen betroffen, die konstante Geschwindigkeiten zum Inhalt haben. Besonders treten hier die Fragen 5 und 10 hervor. Sie handeln von Bewegungen mit gleichbleibender Geschwindigkeit. Es steht aber nur ein Diagramm zur Auswahl, das eine Beschleunigung vom 0 m/s^2 zeigt. Diesen Zusammenhang herzustellen, ist den Schülerinnen und Schülern der Klasse 6A deutlich schwerer gefallen als jenen der Klasse 5C.

Das Aufstellen und Überprüfen von Hypothesen, welches auch Ziel des Projekts war, war nur in Ausnahmefällen den Schülerinnen und Schülern nahezubringen. Bis auf ganz wenige Schülerinnen und Schüler, die die Messdaten der Experimente zur gleichmäßig beschleunigten Bewegung auf der schiefen Ebene in der vom Lehrer vorgeschlagenen Art und Weise analysiert haben, war bei den anderen Schülerinnen und Schülern eher eine auf das Zeichnen der Bewegungsdiagramme reduzierte Arbeitsweise zu beobachten.

Diese Schülerinnen und Schülern ließen sich nicht darauf ein, ihre Hypothesen niederzuschreiben (die im übrigen bei allen Schülerinnen und Schülern auf demselben Präkonzept fußen) und kritisch zu hinterfragen. Hier hat sich erst durch persönliche Gespräche, die seitens des Lehrers mit allen Kleinstgruppen individuell durchgeführt wurden ein kritischer Blick auf die Widersprüchlichkeiten aufgetan, die mit dem Präkonzept verbunden sind. So eine Kleingruppe bestand meist aus zwei Schülerinnen und Schüler.

Das Präkonzept, von dem gerade berichtet wurde, betraf das Experiment aus Modul 4, bei dem ein Wagen eine schiefe Ebene hinuntergefahren ist. Mit dem Ultraschallentfernungsmessgerät wurde diese Bewegung aufgezeichnet. Das Experiment wurde mit einem schwereren Wagen wiederholt.

Die Schülerinnen und Schüler wurden vom Lehrer angehalten, sich vor der Durchführung des Experiments zuerst Gedanken über den Ausgang des Experiments

zu machen und die Deutung der später aufzunehmenden Messergebnisse vorwegzunehmen, also eine Hypothese über den Ausgang des Experiments aufzustellen.

Ausnahmslos alle Schülerinnen und Schüler, die diese Experimente durchführten, glaubten, dass sich der schwerere Wagen zuerst nur sehr langsam und zögerlich in Bewegung setzen würde und erst wenn der genügend „Schwung“ besäße, würde seine Geschwindigkeit rascher zunehmen als die des leichteren Wagens. Der schwerere Wagen würde also den leichteren Wagen einholen und überholen.

Bei sorgfältiger Durchführung des Experiments waren aber bei verschiedenen schweren Wagen sich praktisch vollständig überlappende Weg-Zeit-Diagramme zu sehen.

Eine einzige Schülerin hat den Vorgang des Aufstellens und Überprüfens der Hypothese dann tatsächlich so konsequent durchgezogen, dass sie sowohl die Hypothese, als auch die aus dem Weg-Zeit-Diagramm abgeleitete Deutung der tatsächlichen Bewegung der beiden Wagen fein säuberlich in das Versuchsprotokoll geschrieben hat. Etwas, was eigentlich von allen Schülerinnen und Schülern gefordert war.

Erst als vom Lehrer vorgezeigt wurde, dass ein leichterer Wagen und ein schwerer Wagen, die gleichzeitig eine schiefe Ebene hinunterrollten auch gleichzeitig unten ankamen, akzeptierten einige Schülerinnen und Schüler das aus dem Weg-Zeit-Diagramm abzuleitende Ergebnis des Versuchs.

Evaluation der Versuche zur elektronisch gestützten Messwertaufnahme im Rahmen des Projekts durch die Schülerinnen und Schüler:

Am Ende des Schuljahres wurden die Schülerinnen und Schüler mündlich über die Erfahrungen befragt, die ihnen bezüglich der elektronischen Messwertaufnahme und dem Nachgehen der Weg-Zeit-Diagramme und der Geschwindigkeits-Zeit-Diagramme in Erinnerung geblieben sind.

Die Antworten deckten eine große Spannweite ab und reichten von sehr positiven Erinnerungen beispielsweise über die Herausforderung, die vom Taschenrechner vorgegebenen Diagramme nachzugehen (Modul 3), über Aussagen, dass die Messungen mit den Ultraschallmessgeräten in den anderen Messungen, die an der schiefen Ebene durchgeführt wurden untergingen und nichts besonderes waren bis hin zu einer Aussage, dass sich ein Schüler sogar gar nicht mehr erinnern konnte, jemals ein Ultraschallmessgerät in der Hand gehabt zu haben.

Selbstreflexion des Lehrers über das Projekt:

Der Einsatz der Ultraschallentfernungsmessgeräte hat den Schülerinnen und Schülern sicherlich die Möglichkeit eröffnet, zu Bewegungsvorgängen Weg-Zeit-Diagramme anfertigen zu können und die sonst nur theoretisch zu besprechenden Bewegungsdiagramme etwas intensiver zu „erleben“, wenngleich auch der erhoffte deutliche und weit über der Vergleichsklasse liegende Zuwachs an Verständnis für die Bedeutung der Diagramme offenbar nicht in dem erwarteten Maß eingetreten ist.

Vor allen die im Rahmen des Moduls 3 durchgeführten Experimente waren doch eine Abwechslung zum übrigen Programm des *Naturwissenschaftlichen Labors*.

10. Outcome

Es liegen nun beim unterrichtenden Lehrer Erfahrungen im Umgang mit elektronischen Messverfahren im Schulunterricht vor. In den Modulen 3 und 4 wurden Experimente beschrieben, die als Anregung für andere Lehrer dienen können, die ebenfalls mehr Schülerexperimente in ihren Unterricht einbauen wollen. Die beschriebenen Experimente lassen sich sicherlich auch in den Physikunterricht einbinden, wenn kein eigener naturwissenschaftlicher Laborunterricht stattfindet.

11. Empfehlungen

Sollte an anderer Stelle angedacht werden, die hier beschriebenen Experimente durchzuführen, so sollte dem Aufstellen von Hypothesen und die Überprüfung dieser Hypothesen mehr Raum eingeräumt werden. Der Lehrer sollte darauf bestehen, dass von den Schülern aufzustellenden Hypothesen auch tatsächlich schriftlich festgehalten werden. Dann ist es sicherlich leichter, die Hypothesen auch einige Zeit später mit den Schülern zu diskutieren.

Weiters sollten die Versuche mit den elektronischen Messwerterfassungssystemen nicht in einer Reihe mit mehreren ähnlichen Versuchen gemacht werden, da sonst die neue Methode nicht als Möglichkeit zur Erweiterung der Handlungsmöglichkeiten erkannt wird, sondern nur als Abwandlung bereits bekannter Messmethoden wahrgenommen wird.

Sehr wichtig wäre es auch, eine ausreichende Anzahl an Messwerterfassungsgeräten zur Verfügung zu haben, damit alle Schülerinnen und Schüler diese Versuche zur gleichen Zeit machen können und somit mehr Klarheit über die durchzuführenden Versuche herrscht.

In diesem Zusammenhang sei auch auf das Verleihservice von *Texas Instruments* hingewiesen.

12. Verbreitung

Das Projekt wurde mit Hilfe von Plakate vorgestellt, wovon eines beim Eingang in die Schule und ein zweites im Gangbereich vor den naturwissenschaftlichen Unterrichtsräumen hängt. Weiters wurden einigen Klassen die im Rahmen der PR-Aktion angefertigten Flyer überreicht.

13. Literaturverzeichnis

- [1] N.N.: <http://www.enasco.com/product/TB17893M>, aufgerufen am 08. 07. 2009 um 12:50.
- [2] N.N.: http://www.onhop.ca/Product/10405871/CBR2/PWB/Calc_Based_Ranger_System_2, aufgerufen am 08. 07. 2009 um 12:55.
- [3] N.N.: <http://www.oaklandcc.edu/ASC/ASCAH/images/ti84.jpg>, aufgerufen am 08. 07. 2009 um 13:00.

Beilagen

1. Fragebogen zum Prätest und Posttest über die Bedeutung von Geschwindigkeits-Zeit- und Beschleunigungs-Zeit-Diagrammen:

./Mechanik-Test.pdf

2. Lösungen zum Fragebogen:

./Loesungen_Mechaniktest.pdf