



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

S1 „Lehren und Lernen mit Neuen Medien“

MESSEWERTERFASSUNG UND MODELLBILDUNG IM MATHEMATIKUNTERRICHT

ID 1431

Projektbericht

Mag. Gottfried Gurtner (Koordinator)

Mag. Gottfried Dangl

Gymnasium der Kreuzschwestern Linz

Linz, Juli 2009

Inhaltsverzeichnis

Abstract	2
1. Allgemeine Daten.....	3
1.a Daten zum Projekt	3
1.b Kontaktdaten.....	3
2. Ausgangssituation.....	4
3. Ziele des Projekts	4
4. Module des Projekts	4
4.1 Springender Ball.....	5
4.2 Zeit-Weg und Zeit-Geschwindigkeits-Diagramme	6
4.3 Anwendungen der Integralrechnung in der Elektrizitätslehre	7
4.4 Temperaturänderungen.....	9
4.5 Kooperation mit Sacre Coeur Pressbaum	10
4.6 Evaluation	11
5. Projektverlauf	11
6. Schwierigkeiten.....	11
7. Aus fachdidaktischer Sicht	11
8. Gender-Aspekte	12
9. Evaluation und Reflexion	14
9.1 Evaluation der CBR-Messungen in 6W-Klasse	14
9.2 Evaluation der Messungen in 8G-Klasse	16
9.3 Reflexion	17
10. Outcome	17
11. Empfehlungen.....	17
12. Verbreitung	17
13. Literaturverzeichnis.....	18
14. Beilagen.....	18
14.1 Arbeitsblätter	18
14.2 Evaluation	18

Abstract

Elektronische Messwerterfassungssysteme bieten einen experimentellen Zugang zur mathematischen Beschreibung physikalischer Gesetze.

Die praktische Auseinandersetzung mit physikalischen Zusammenhängen durch eigenständiges Messen und Auswerten von Daten erhöht das Interesse für die behandelten Unterrichtsthemen und führt zu einem tieferen Verständnis der Schüler/innen.

Beim fächerübergreifenden Arbeiten trainieren die Schüler/innen auch „höhere“ Kompetenzen wie Modellbilden, Begründen und Argumentieren.

1. Allgemeine Daten

1.a Daten zum Projekt

Projekt-ID	ID 1431	
Projekttitel (= Titel im Antrag)	Messwerterfassung und Modellbildung im Mathematikunterricht	
ev. neuer Projekttitel (im Laufe des Jahres)		
Kurztitel	M&M (Messen und Modellieren)	
ev. Web-Adresse		
Projektkoordinator/-in und Schule	Mag. Gottfried Gurtner	Gymnasium der Kreuzschwestern Linz
Weitere beteiligte Lehrer/-innen und Schulen	Mag. Gottfried Dangl	Gymnasium der Kreuzschwestern Linz
Schultyp	Gymnasium	
Beteiligte Klassen (Schulstufen)	6W (10. Schulstufe) 8G (12. Schulstufe)	
Beteiligte Fächer	Mathematik, Physik	
Angesprochene Unterrichtsthemen	Geometrische Folgen Zeit-Weg-, Zeit-Geschwindigkeitsdiagramme Laden und Entladen eines Kondensators Induktionsspannung, Abkühlungsprozesse	
Weitere Schlagworte (z. B. methodischer oder fachdidaktischer Art) für die Suche im IMST-Wiki		

1.b Kontaktdaten

Beteiligte Schule(n) - jeweils - Name	Gymnasium der Kreuzschwestern Linz	
- Post-Adresse	4020 Linz, Stockhofstraße 10	
- Web-Adresse	www.ksl4.eduhi.at	
- Schulkennziffer	401106	
- Name des/der Direktors/-in	Mag. Beatrix Unger	
Kontaktperson - Name	Mag. Gottfried Gurtner	
- E-Mail-Adresse	g.gurtner@eduhi.at	
- Post-Adresse (Privat oder Schule)	4020 Linz, Stockhofstraße 10	
- ev. Telefonnummer		
- Schule / Stammanstalt, <i>falls sie von der beteiligten Schule abweicht oder nicht</i>		

2. Ausgangssituation

Der Einsatz von Messwerterfassung war bereits ein kleiner Teil des Vorgängerprojekts¹. Die Firmen TI und Vernier bieten ein reichhaltiges Sortiment an Datensammlern und mehr als 40 Sensoren für physikalische, chemische und biologische Messgrößen.

Eine Übersicht bieten folgende Websites:

http://education.ti.com/educationportal/sites/OESTERREICH/productCategory/at_data_collection.html

<http://www.vernier-in-der-schule.de/>

Diese Messdatenerfassungssysteme sollten im Zuge dieses Projekts in zwei verschiedenen Schulstufen bei weiteren physikalischen Themen eingesetzt werden. Dabei sollte das Hauptaugenmerk auf die Auswertung der Daten und die damit verbundenen Modellbildungsprozesse gelegt werden.

3. Ziele des Projekts

Durch die praktische Auseinandersetzung mit den physikalischen Aufgabenstellungen durch eigenständiges Messen und Auswerten von Daten soll sowohl ein verstärktes Interesse für die Unterrichtsthemen als auch ein tieferes Verständnis für mathematische Zusammenhänge und für naturwissenschaftliche Arbeitsweisen entstehen.

Die Schüler/innen sollen beim fächerübergreifenden Arbeiten mit den Messdatenerfassungssystemen zum Modellbilden, Begründen und Argumentieren angeregt werden. Diese „höheren“ Kompetenzen kommen im Mathematikunterricht im Vergleich zur Kompetenz des Operierens häufig zu kurz bzw. sind auch schwerer zu erwerben.

4. Module des Projekts

Modul	Thema	Inhalt	Outcome
1	Springender Ball	Geometrische Folge; Zusammenhang zwischen Flughöhe, Geschwindigkeit und Beschleunigung	Arbeitsblatt, Messergebnisse
2	s-t- und v-t-Diagramme	„Distance Match“ und „Velocity Match“ mit CBR und TI-84	
3	Anwendungen der Integralrechnung in der Elektrizitätslehre	Änderung der Spannung und der Stromstärke beim Laden und Entladen eines Kondensators; Elektromagnetische Induktion – Bestimmen der induzierten Spannung und des magnetischen Flusses	Arbeitsblätter, Messergebnisse
4	Temperaturänderungen	Temperaturverlauf bei Abkühlungsprozessen	Arbeitsblatt, Messergebnisse
5	Kooperation mit Sacre Coeur Pressbaum	Erfahrungsaustausch	

¹ Projektbericht siehe http://imst.uni-klu.ac.at/imst-wiki/index.php/Evaluation_des_Einsatzes_dynamischer_Geometriesoftware_und_elektronischer_Messwerterfassungssysteme_im_Mathematikunterricht

6	Evaluation	Überprüfung des Lernerfolgs und der Nachhaltigkeit	Evaluations- ergebnisse
---	------------	--	----------------------------

Tab. 1: Kurzbeschreibung der Projektmodule

4.1 Springender Ball

In der 6W-Klasse wurde im Kapitel „Folgen und Reihen“ ein Basketball aus ca. 1,8 m Höhe senkrecht fallen gelassen. Mittels des Ultraschallsensors CBR wurde die Bewegung des Balls aufgezeichnet.



Abb. 1: Messung mit CBR und TI-84

Die Schüler/innen erhielten eine englischsprachige Versuchsvorschrift mit integriertem Arbeitsteil² (MathScienceMotion_MS_Act08_BouncingBall.pdf - siehe Anhang) zum Ausfüllen. Ergänzend wurde ein eigenes Arbeitsblatt mit den aufgezeichneten Grafen und physikalischen Fragestellungen entworfen (siehe Anhang).

Die Messungen wurden zuerst mit Hilfe des Grafikrechners TI-84 (Modus „Ball Bounce“) und später mittels der Software LoggerPro am Klassen-PC durchgeführt.

Mit Hilfe des TI-84 wurden folgende Grafen aufgezeichnet.

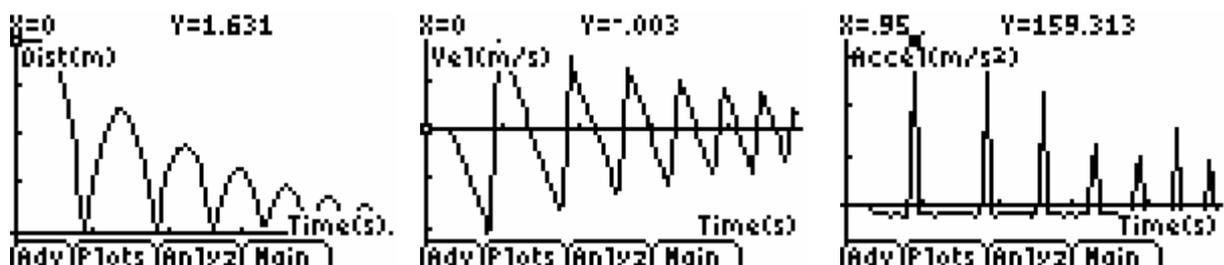


Abb. 2: s-t-Diagramm

v-t-Diagramm

a-t-Diagramm

Einerseits sollten die Schüler/innen untersuchen, ob die Sprunghöhen des Balls annähernd eine geometrische Folge bilden, andererseits wurde auch der

² Quelle: http://education.ti.com/educationportal/activityexchange/activity_detail.do?cid=us&activityid=3879

Zusammenhang zwischen Flughöhe des Balls und seiner Geschwindigkeit betrachtet. Dabei erwies sich die Verwendung der Software „LoggerPro“ viel vorteilhafter, da zur Projektion der Messergebnisse kein OH-Display nötig ist, die grafische Darstellung viel besser und auch die Auswertung um ein Vielfaches einfacher ist.

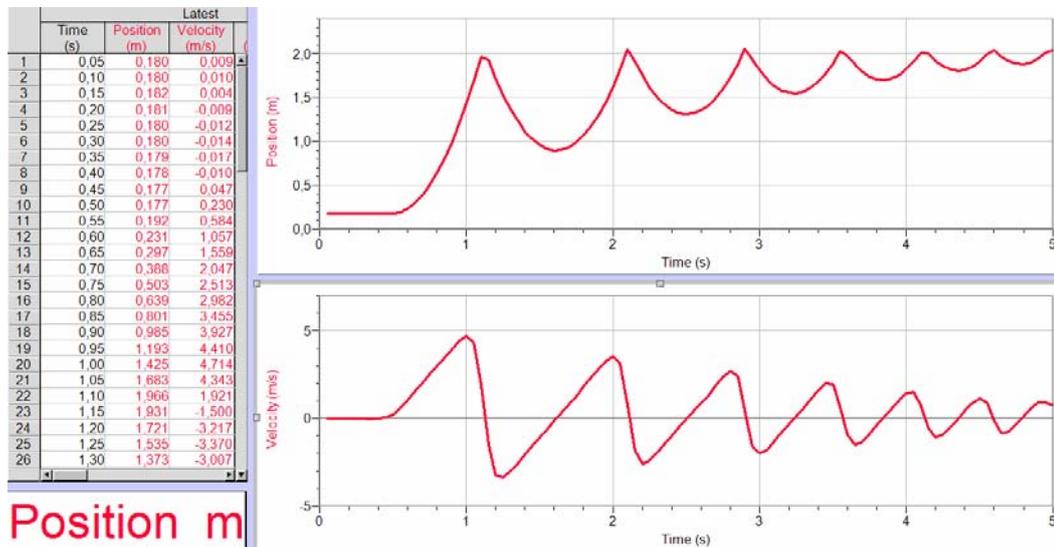


Abb. 3: s-t-Diagramm und v-t-Diagramm mit Software LoggerPro

Da in der 8G-Klasse das Experiment bereits im Vorgängerprojekt durchgeführt wurde, um die Gesetze für Weg und Geschwindigkeit beim Freien Fall zu ermitteln, wurden zur Wiederholung nur die Arbeitsaufträge auf dem Arbeitsblatt behandelt.

4.2 Zeit-Weg und Zeit-Geschwindigkeits-Diagramme

Der Grafikrechner TI-84 verfügt über die Software „Easydata“ und kann direkt mit dem CBR verbunden werden. Mit der Setup-Einstellung „Distance Match“ können s-t-Diagramme abgerufen werden. Die Aufgabe besteht darin, diese Grafen „nachzugehen“, d.h. der CBR wird gegen eine glatte Fläche (z.B. Wand) gerichtet und man geht mit passender Geschwindigkeit auf die Wand zu bzw. von dieser weg.



Abb. 4: Besprechung eines Grafen bei „Distance Match“

Das aufgezeichnete s-t-Diagramm soll sich mit dem vorgegebenen Grafen decken. War man nicht erfolgreich, kann man durch Drücken von „Retry“ denselben Grafen nochmals versuchen. Durch Drücken von „New“ erscheint ein neuer Graf.

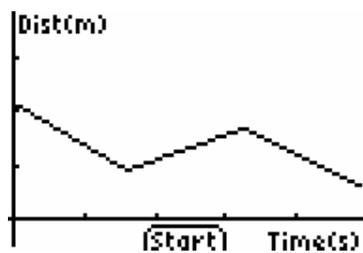
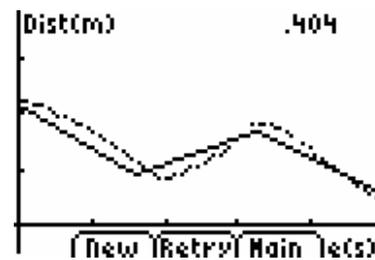


Abb. 5: vorgegebenes s-t-Diagramm



„Vorlage“ und aufgezeichneter Graf

Analog können v-t-Diagramme „nachgegangen“ werden. Dies ist allerdings viel schwieriger, da man erst mit einiger Erfahrung die richtige Geschwindigkeit trifft. Die Schüler/innen hatten dabei auch viel größere Probleme.

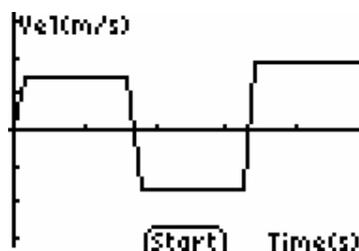


Abb. 6: vorgegebenes v-t-Diagramm

4.3 Anwendungen der Integralrechnung in der Elektrizitätslehre

Mittels der Software „LoggerPro“ wurde die Entladekurve (Abnahme der Spannung) eines Kondensators aufgezeichnet und die elektromagnetische Induktion in einer Spule untersucht.

Die Messungen wurden in einer Mathematikstunde im Physiksaal in Form von Team-Teaching von Kollegen Dangl und mir durchgeführt und die Schülerinnen bei der Auswertung (anhand von zwei Arbeitsblättern – siehe Anhang) von uns „angeleitet“.

Eine Durchführung als Schülerexperiment war zu schwierig und aufwändig, da beim Umgang mit den Sensoren und der Software zu viele Fehlermöglichkeiten bestehen und außerdem zu wenige physikalische Bauteile (Widerstände, Kondensatoren) vorhanden waren.

Mittels Regression wurde die Funktionsgleichung der Entladekurve ermittelt und das Ergebnis mit der im Physikunterricht gelernten Gesetzmäßigkeit verglichen.

Wie Abbildung 7 und Abbildung 8 zeigen, waren die Messergebnisse zufrieden stellend. Die exponentielle Abnahme der Kondensatorspannung konnte sehr gut verifiziert werden.

Latest		
	Time (s)	Potential (V)
1	0,0	7,746
2	0,1	7,715
3	0,2	7,639
4	0,3	7,564
5	0,4	7,488
6	0,5	7,422
7	0,6	7,351
8	0,7	7,281
9	0,8	7,215
10	0,9	7,144
11	1,0	7,078
12	1,1	7,013
13	1,2	6,947
14	1,3	6,881
15	1,4	6,815
16	1,5	6,750
17	1,6	6,689
18	1,7	6,628
19	1,8	6,568
20	1,9	6,502
21	2,0	6,441
22	2,1	6,381
23	2,2	6,325
24	2,3	6,264
25	2,4	6,209
26	2,5	6,148

Potential V

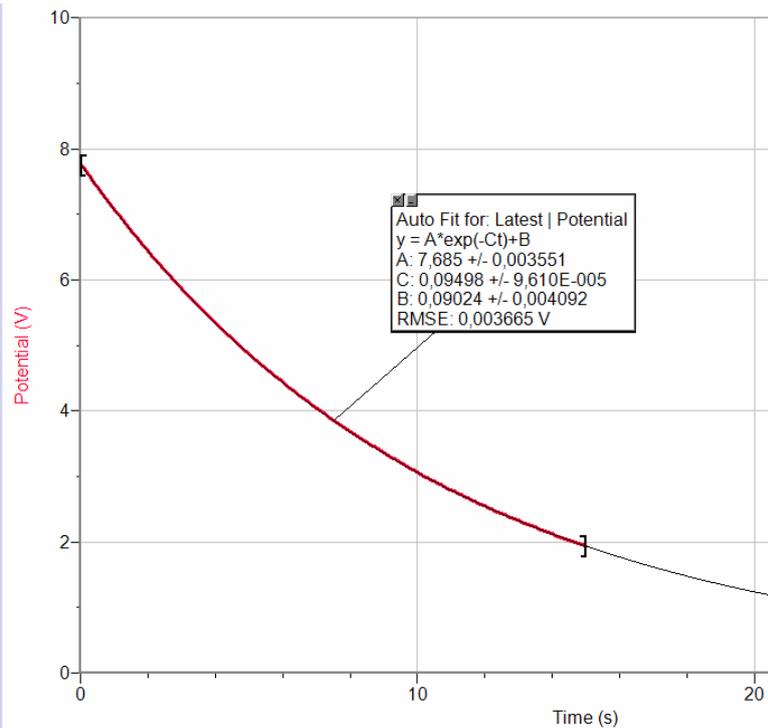


Abb. 7: Abnahme der Spannung beim Entladen des Kondensators

Im Anschluss wurde unter Verwendung von LoggerPro die induzierte Spannung gemessen, wenn ein Stabmagnet periodisch in eine Spule hinein und wieder heraus bewegt wird.

Anhand der Messergebnisse sollten die Schüler/innen die Flächen unter den „Spannungstößen“ als magnetischen Fluss deuten und somit das Induktionsgesetz überprüfen.

Das entsprechende Arbeitsblatt befindet sich im Anhang.

Latest		
	Time (s)	Potential (V)
1	0,00	-0,020
2	0,05	-0,096
3	0,10	-0,237
4	0,15	-0,394
5	0,20	-0,520
6	0,25	-0,621
7	0,30	-0,526
8	0,35	-0,283
9	0,40	-0,116
10	0,45	-0,050
11	0,50	-0,010
12	0,55	0,021
13	0,60	0,046
14	0,65	0,112
15	0,70	0,258
16	0,75	0,521
17	0,80	0,703
18	0,85	0,663
19	0,90	0,491
20	0,95	0,208
21	1,00	-0,005
22	1,05	-0,040
23	1,10	-0,081
24	1,15	-0,217
25	1,20	-0,384
26	1,25	-0,561

Potential V

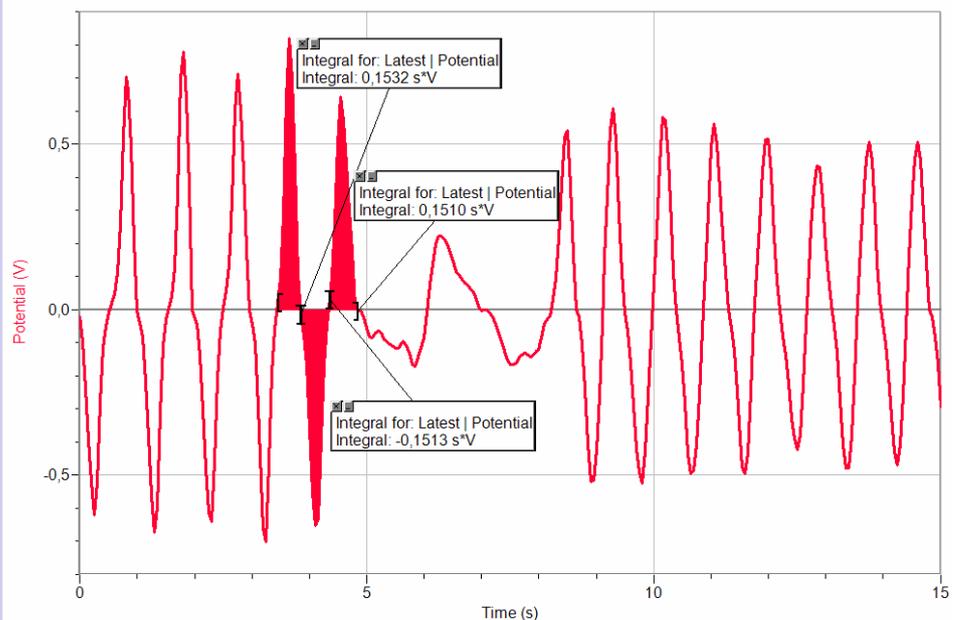


Abb. 8: Induktionsspannung und magnetischer Fluss

4.4 Temperaturänderungen

Anfang Jänner sollte die 8G-Klasse unter Verwendung von 4 Notebooks und Temperatursensoren anhand von Messungen das Newton'sche Abkühlungsgesetz herleiten. Im Gegensatz zu den Abschnitten 4.2 und 4.3 war die Theorie dazu noch nicht bekannt. Im Mathematikunterricht war aber der analoge Fall von beschränkten Wachstumsvorgängen behandelt worden.

Der Temperatursensor wurde kurz in heißes Wasser getaucht und danach die Temperaturabnahme aufgezeichnet. Die Schüler/innen mussten ein Arbeitsblatt (siehe Anhang) ausfüllen und dabei den richtigen Regressionstyp auswählen, um die Funktionsgleichung zu ermitteln.

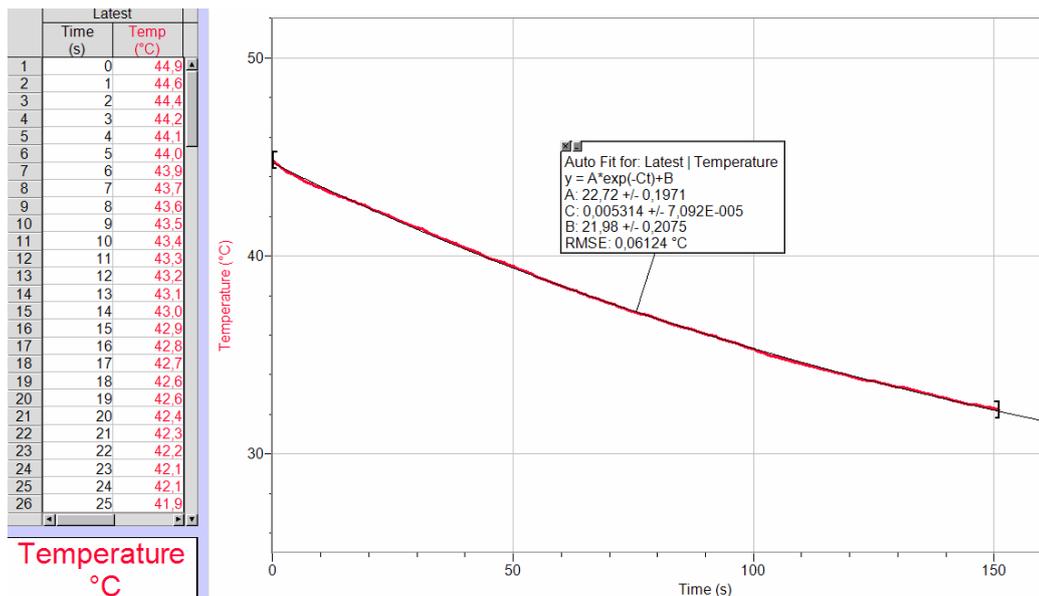


Abb. 9: Abkühlkurve

Dann wurde als Demonstrationsexperiment das „Kaffeeproblem“ gelöst: Soll man die kalte Milch gleich oder später zum heißen Kaffee geben, damit er möglichst bald die Trinktemperatur erreicht?

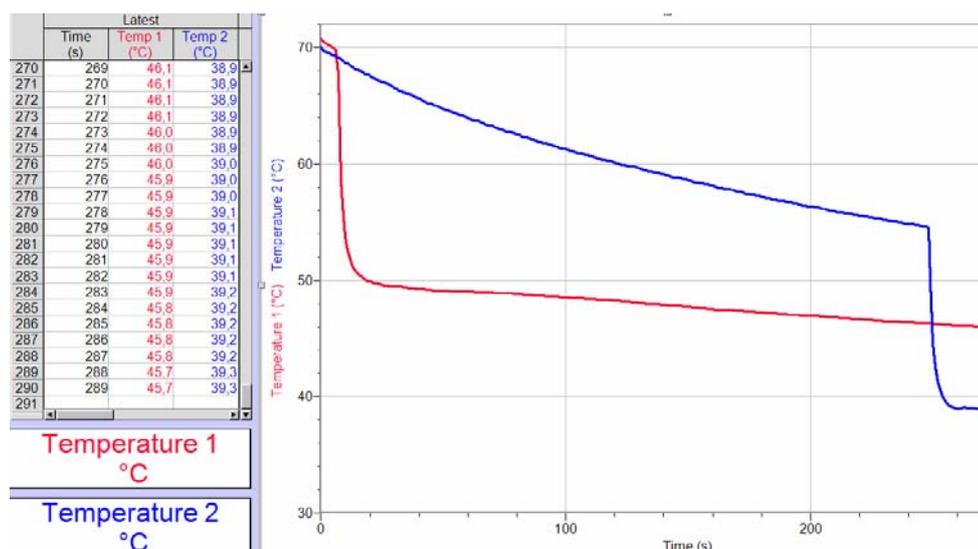


Abb. 10: Abkühlkurven zum „Kaffeeproblem“

Die 6W-Klasse führte diese Messungen zur Wiederholung von exponentiellen Abnahmen Mitte März durch.

4.5 Kooperation mit Sacre Coeur Pressbaum

Während der oberösterreichischen Semesterferien besucht ich Kollegen Josef Gottsbachner am Gymnasium Sacre Coeur in Pressbaum, da er in seinem IMST-Projekt ebenfalls physikalische Experimente mit dem CBR durchführt.

Wir tauschten die bisherigen Erfahrungen aus, verglichen die Messergebnisse und erprobten ein paar Messungen.

Besonders gut gelungen ist dabei die Lade- und Entladekurve des Kondensators, wie Abbildung 12 zeigt.

Ich erhielt von Kollegen Gottsbachner auch Anregungen für weitere Messungen, die allerdings nicht mehr im Rahmen dieses Projekts durchgeführt wurden.

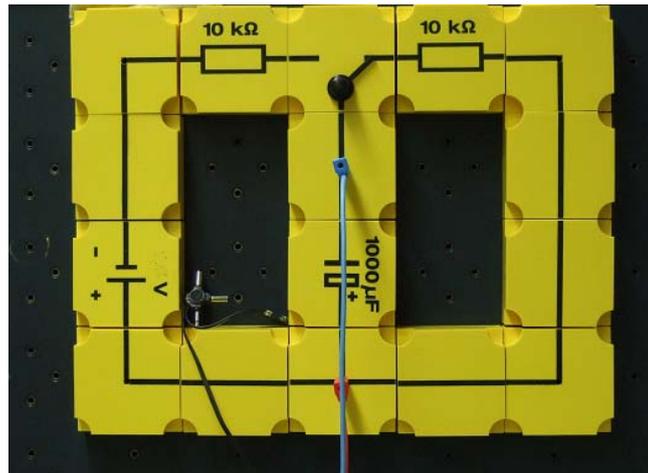


Abb. 11: Schaltung zum Laden und Entladen des Kondensators

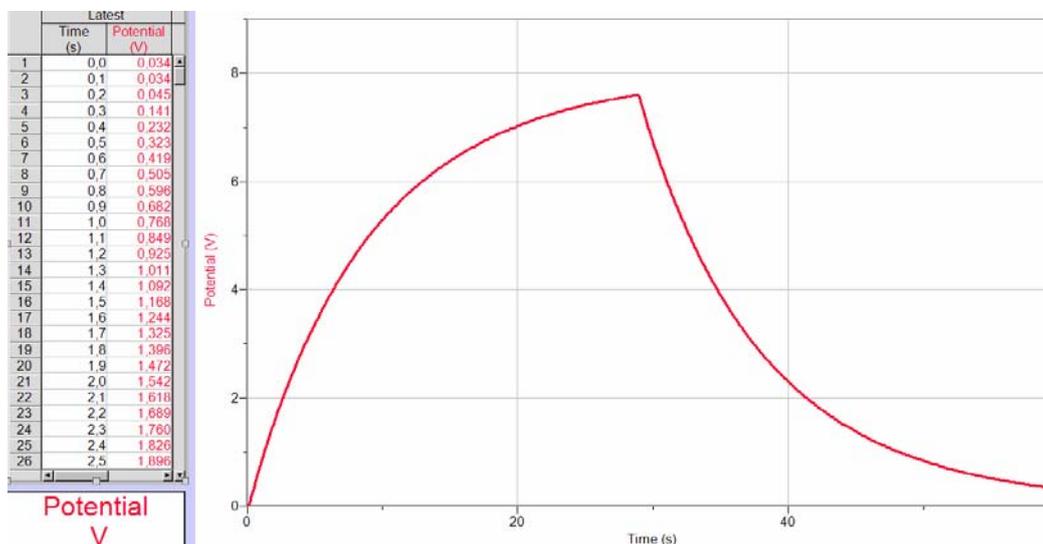


Abb. 12: Lade- und Entladekurve des Kondensators

4.6 Evaluation

Bevor die Schüler/innen der 6W die CBR-Messungen „Match the graph“ machten, füllten sie einen Pre-Test (siehe Anhang) aus. Ziel war, anhand von 6 Beispielen, die von der externen Beraterin, Frau Dr. Hildegard Urban-Woldron, ausgewählt wurden, die Vorkenntnisse der Schüler/innen zu erheben. Es ging dabei um das Zeichnen und das Interpretieren von s-t- und v-t-Diagrammen. Die Parallelklasse 6G wurde als Vergleichsklasse herangezogen und machte daher denselben Test.

Am Tag nach den CBR-Messungen beantworteten die Schüler/innen der 6W einen Multiple Choice Test³ mit 21 Fragen zu s-t-, v-t- und a-t-Diagrammen, die Vergleichsklasse machte denselben Test.

Ende Mai füllten die Projektklasse und die Vergleichsklasse denselben Test („Follow-up“) erneut aus, um Nachhaltigkeitseffekte überprüfen zu können.

Die Schüler/innen versahen ihre Tests nach einem vorgegebenen Schlüssel mit einem individuellen Code, sodass ein Vergleich von Pre-Test, Kinematik-Test und Follow-Up-Test möglich war.

Abschließend füllten Anfang Juni beide Klassen online noch einen von Kollegin Urban-Woldron entworfenen Motivations-Fragebogen aus.

5. Projektverlauf

Modul	10/08	11/08	12/08	01/09	02/09	03/09	04/09	05/09	06/09
1	X	X							
2						X			
3		X							
4				X		X			
5					X				
6						X		X	X

Tab. 2: Überblick über die zeitliche Gliederung der Module

6. Schwierigkeiten

Es traten bei der Durchführung des Projekts keine größeren Schwierigkeiten auf.

Die Messungen zu Modul 3 und 4 lieferten in der Vorbereitungsphase nicht auf Anhieb die erwarteten Ergebnisse. Dieses Phänomen tritt aber nicht nur beim Einsatz von Messwerterfassungssystemen, sondern auch bei anderen physikalischen Experimenten auf.

7. Aus fachdidaktischer Sicht

Messwerterfassungssysteme bieten eine Möglichkeit, dass Schüler/innen im naturwissenschaftlichen Unterricht selbst entdeckend und handlungsorientiert lernen. Ihr Einsatz ermöglicht eine bessere Schulung der Kompetenzen Modellbilden und Argumentieren und erleichtert (bei einer ausreichenden Anzahl an Geräten und

³ Quelle: Beichner, R.J. (1994). Testing students interpretation of kinematics graphs. American Journal of Physics. 62 (8), August 1994

Sensoren) eine Individualisierung des Unterrichts. Auch differenzierte Fragestellungen wären möglich, dies wurde aber in diesem Projekt nicht erprobt.

Mittels einer schulinternen Lehrer/innenfortbildung wurden die Einsatzmöglichkeiten der Messwerterfassungssysteme anhand der in diesem Bericht beschriebenen Beispiele den Mathematik- und Physikkollegen/innen vorgestellt.

Drei von fünf Physikkollegen/innen haben den CBR bereits im Unterricht eingesetzt und überwiegend positive Rückmeldungen dazu gegeben.

8. Gender-Aspekte

Am Beginn des Projekts wurde keine Untersuchung von Gender-Aspekten ins Auge gefasst.

Da die Schüler/innen beim Ausfüllen der Tests im Zuge der Evaluation auch ihr Geschlecht anzugeben hatten, war eine geschlechtsspezifische Auswertung der Ergebnisse möglich und ein Vergleich der Leistungen erschien interessant.

In der Projektklasse 6W sind 8 Schüler und 15 Schülerinnen, in der Vergleichsklasse 6G sind 3 Schüler und 21 Schülerinnen.

In der Projektklasse erzielten die Burschen sowohl beim Kinematik-Test als auch beim Follow-Up-Test im Durchschnitt deutlich mehr Punkte als die Mädchen.

Die Schwankungsbreite war bei den Burschen deutlich geringer als bei den Mädchen, sie erreichten alle zwischen 8 und 13 Punkten. Das beste Ergebnis erzielte allerdings ein Mädchen mit 15 Punkten.

Beim Follow-Up-Test schnitten die Burschen vergleichsweise noch besser ab.

Auffallend ist auch der viel geringere Punktedurchschnitt der Burschen in der 6G.

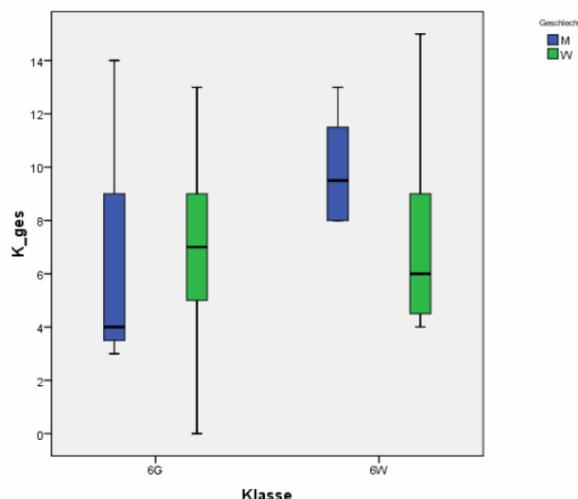


Abb. 13: Boxplot Gesamtpunkte abhängig von Klasse und Geschlecht

Bei Auswertung der Ergebnisse nach bestimmten Kompetenzen (Details im folgenden Kapitel) haben die Burschen bei allen Kompetenzen außer Ko_7 besser abgeschnitten. Besonders groß ist der Unterschied zu den Mädchen bei den Kompetenzen 1 und 3.

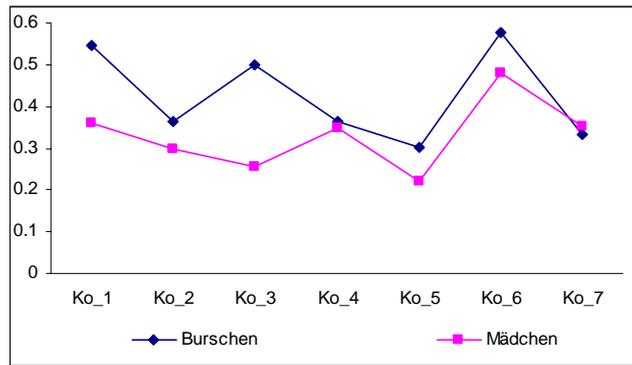


Abb. 14: Mittelwerte der richtigen Lösungen des Kinematik-Tests bezogen auf das Geschlecht

9. Evaluation und Reflexion

9.1 Evaluation der CBR-Messungen in 6W-Klasse

Die Projektklasse 6W ist eine „WIKU“ - Klasse mit wirtschaftskundlichem und sozial-praktischem Schwerpunkt, die Vergleichsklasse 6G ist eine Gymnasiumsklasse mit sprachlichem Schwerpunkt. Die Lehrpläne in den naturwissenschaftlichen Fächern sind ident.

Das Leistungsniveau der beiden Klassen ist vergleichbar, allerdings zeigen Schüler/innen der Gymnasiumsklassen aufgrund ihrer Schwerpunktsetzung meist ein etwas geringeres Interesse in den naturwissenschaftlichen Fächern.

Die beiden Klassen werden in Physik von unterschiedlichen Lehrpersonen unterrichtet, deren Methodik und Anforderungsniveau als vergleichbar eingestuft werden kann.

In beiden Klassen wurde die Thematik Weg-Geschwindigkeit-Beschleunigung am Beginn des Unterrichtsjahres und somit deutlich vor den Testungen behandelt. Der Lehrstoff wurde vor oder nach den Tests nicht mehr wiederholt.

Ich ersuchte Frau Dr. Hildegard Urban-Woldron⁴ aufgrund ihrer vielfältigen Erfahrungen mit Neuen Medien im Physikunterricht und darauf abgestimmten Evaluationsmethoden um eine fundierte Evaluation der CBR-Messungen.

In der 6W-Klasse wurde anhand des Kinematik-Tests TUG-K⁵ (Test of Understanding Graphs in Kinematics) von Robert J. Beichner untersucht, ob durch die Verwendung des CBR in Kombination mit dem Grafikrechner TI-84 das Verständnis für s-t- und v-t-Diagramme zunimmt. Der TUG-K wurde von Kollegin Urban-Woldron ins Deutsche übersetzt.

Als Vergleichsklasse diente die 6G-Klasse, die nicht mit dem CBR arbeitete.

3 bzw. 4 Tage vor Durchführung der Messungen machten beide Klassen einen Pre-Test mit 6 Aufgaben (siehe Anhang), um allfällige Unterschiede zwischen den Klassen bezüglich des Vorwissens herauszufinden.

Am Tag nach den Messungen wurde in der Projektklasse der TUG-K durchgeführt, in der Vergleichsklasse 3 Tage später.

Ende Mai wurde der TUG-K in beiden Klassen als „Follow-Up“-Test wiederholt, um die Nachhaltigkeit des Gelernten zu überprüfen. Auch zufällig richtig angekreuzte Lösungen sollten dadurch herausgefiltert werden.

Für die Testauswertung wurden 7 Kompetenzen formuliert. Tabelle 3 zeigt, welche Kompetenz durch welche Frage des TUG-K überprüft wurde.

Kompetenz	Beschreibung	Items aus Fragebogen
1	v aus s-t-Diagramm ermitteln	5, 13, 17
2	a aus v-t-Diagramm ermitteln	2, 6, 7
3	s aus v-t-Diagramm ermitteln	1, 4, 19, 20
4	Änderung der Geschwindigkeit aus Diagrammen ermitteln	10, 16
5	Graphen einander zuordnen	11, 14, 15
6	Einem Graphen eine passende Beschreibung zuordnen	3, 8, 21
7	Einer Beschreibung einen passenden Graphen zuordnen	9, 12, 18

⁴ Lehrerin für Mathematik und Physik am Gymnasium Sacre Coeur Pressbaum, Lehrbeauftragte für Fachwissenschaft und Fachdidaktik Physik an der KPH Wien/Krems und an der Uni Wien

⁵ siehe Anhang

Tab. 3: Übersicht über den Zusammenhang der Kompetenzen und der Testfragen des TUG-K
 Die sehr ausführlichen statistischen Auswertungen von Pre-Test, Kinematik-Test und Follow-Up-Test und die resultierenden Schlussfolgerungen befinden sich im Anhang.

Abbildung 15 zeigt, dass die Projektklasse 6W vor allem bei den Kompetenzen 1 (Geschwindigkeit aus einem Zeit-Weg-Diagramm ermitteln) und 5 (Graphen einander zuordnen) viel besser als die Vergleichsklasse abgeschnitten hat.

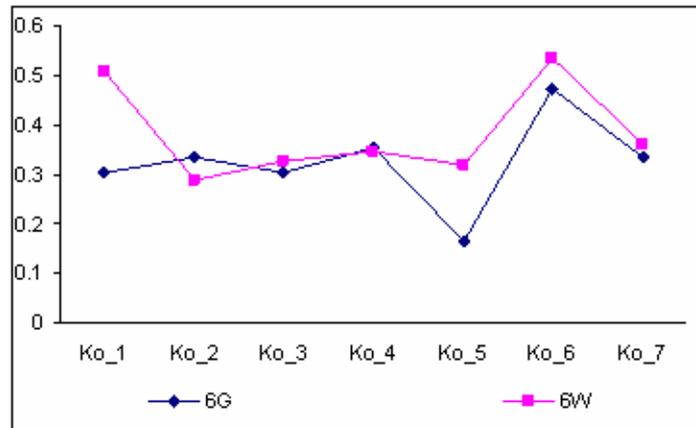


Abb. 15: Mittelwerte der richtigen Lösungen des TUG-K bezogen auf die Kompetenzen

Dies könnte auf die „Distance Match“-Experimente der 6W zurückzuführen sein, da man nur bei richtiger Interpretation der Geschwindigkeit den Grafen genau „trifft“.

Frau Dr. Urban-Woldron fasste die Evaluationsergebnisse wie folgt zusammen:

„Aus dem Vortest in beiden Klassen ergeben sich keine gravierenden Unterschiede, d.h. die beiden Klassen sind miteinander vergleichbar.“

Es stellt sich die Frage, was zwischen Kinematiktest und Follow-Up-Test in beiden Klassen wiederholt oder geübt wurde; das müsste man in die Interpretation einbeziehen, da bei einzelnen Schülern/innen Unterschiede zwischen Kinematiktest und Follow-Up-Test vorhanden sind.

Auch aus dem Lehrerfragebogen können keine direkten Rückschlüsse auf die Leistungen beim Kinematiktest und Follow-Up-Test abgeleitet werden.

Leider haben nur 8 Schüler/innen aus der 6G-Klasse den Motivations-Fragebogen ausgefüllt: damit ergibt sich die Schwierigkeit, dass wir diese Daten nicht gut zum Vergleich der beiden Klassen verwenden können, da nur ein Drittel der Schüler/innen dieser Klasse Einschätzungen abgegeben hat und wir nicht wissen, ob das die motivierten, unmotivierten oder durchschnittliche Schüler sind.

Auf jeden Fall lässt sich kein Zusammenhang zwischen den Leistungen der Schüler/innen und der Lernmotivation aus den Daten ableiten.

Auf jeden Fall können starke bis sehr starke Korrelationen zwischen dem computerspezifischen Selbstkonzept, der computerspezifischen Selbstwirksamkeitserwartung, der computerspezifischen Ergebniserwartung, der Interessanztheit der Lernumgebung, den Tätigkeitsanreizen, dem Kompetenzerleben sowie der Anstrengung und der Qualität der Lernmotivation aus den Daten gewonnen werden. Es besteht aber auch wenig Zusammenhang mit den kognitiven Lernaktivitäten, was auch ein Hinweis sein kann, dass Schüler/innen der vertiefenden Elaboration der Lerninhalte zu wenig Bedeutung zumessen und was sich auch in schwachen Leistungen beim Endtest widerspiegelt.

Das computerspezifische Selbstkonzept, die computerspezifische Selbstwirksamkeitserwartung und die computerspezifische Ergebniserwartung beeinflussen das fachspezifische Interesse, die intrinsische Motivation und die Faszination explorativ und selbstständig zu arbeiten positiv. Ebenso beschreiben die Schüler/innen dieser Gruppe, dass das Lernen leichter fällt, dass sie selbstständig Lösungen finden können und dass durch das Lernen mit neuen Medien auch trockener Stoff in Physik interessanter wird, da sie aufgrund der Rückmeldungen des Computers zu neuen Fragen angeregt werden und damit selbstständiges sowie forschendes und entdeckendes Lernen möglich wird.

Die Aufgaben 5, 13 und 17 betreffen Kompetenz 1 (Geschwindigkeit aus einem Zeit-Weg-Diagramm ermitteln). Diese Aufgaben werden insgesamt von der 6W-Klasse sowohl im Kinematik- wie auch im Follow-Up-Test besser gelöst.

Einem gegebenen Grafen die passende Beschreibung zuordnen wird ebenfalls insgesamt von den Schülern/innen der 6W-Klasse besser gelöst (vgl. Aufgaben 3, 8 und 21). Nur die Aufgabe 8 können nur halb so viele Schüler/innen in der 6W-Klasse im Vergleich zur 6G-Klasse richtig lösen.

Auch bei den Aufgaben 2, 6 und 7 (Beschleunigung aus Zeit-Geschwindigkeits-Diagramm bestimmen) haben die Schüler/innen der 6W-Klasse im Follow-Up-Test bessere Ergebnisse.

Bei den Aufgaben 1, 4, 19 und 20 (Weg aus Zeit-Geschwindigkeits-Diagramm bestimmen) haben die Schüler/innen der 6G-Klasse mehr richtige Lösungen. Eine Ausnahme bildet die Aufgabe 1, bei der die Schüler/innen der 6G-Klasse aber auch den Anteil richtiger Lösungen vom Kinematik- zum Follow-Up-Test um 75% steigern können.

Bei den Aufgaben 10 und 16 (Änderung der Geschwindigkeit aus Diagrammen ermitteln) haben letztlich im Follow-Up-Test die Schüler/innen der 6W-Klasse die besseren Ergebnisse. In beiden Fällen können sie die Anzahl richtiger Lösungen im Follow-Up-Test steigern, während die Schüler/innen der 6G-Klasse im Follow-Up-Test schlechter abschneiden oder gleich bleiben.

Die Aufgaben 11, 14 und 15 werden von den Schülern/innen der 6W-Klasse im Follow-Up-Test ebenfalls besser gelöst; allerdings betragen die Unterschiede höchstens 10%.

Die Interpretation dieser Ergebnisse sollte noch vor dem Hintergrund des Unterrichts (d.h. der Aufgaben, die mit den Sensoren gemacht wurden) durchgeführt werden. Daraus lässt sich dann argumentieren, dass Unterschiede zwischen den beiden Klassen vor allem bei Kompetenz 1 auftreten. Dass aber auch die Verbesserungen im Follow-Up-Test in der 6W-Klasse etwas deutlicher ausfallen; das könnte ebenfalls auf die Visualisierungen zurückzuführen sein.“

9.2 Evaluation der Messungen in 8G-Klasse

In der 8G-Klasse wurde knapp vor der Reifeprüfung in Form eines Fragebogens (siehe Anhang) erhoben, ob der Einsatz der Messwerterfassung zu einer Erhöhung der Motivation im Mathematik- und Physikunterricht geführt hat. Der Termin war ungünstig gewählt und die Ergebnisse nicht sehr ergiebig, da die Fragebögen nur mehr unvollständig ausgefüllt wurden.

Nur 5 von 15 Schülerinnen gaben an, dass sie anwendungsorientierte Aufgabenstellungen mehr interessieren als „innermathematische“.

7 von 15 Schülerinnen meinen, dass sie sich durch anwendungsorientierte Aufgaben das Erlernete besser einprägen.

Immerhin 8 von 15 Schülerinnen finden physikalische Anwendungen interessant.

Nur 4 bzw. 6 Schülerinnen geben an, dass der Einsatz der Messwerterfassung zu einer höheren Motivation im Mathematik- bzw. Physikunterricht geführt hat.

9.3 Reflexion

Das Projektziel einer Interessenssteigerung konnte in der 6W-Klasse bei mehr Schülern/innen als in der 8G-Klasse erreicht werden. Dies hängt wohl einerseits mit der stärker sprachlichen und geisteswissenschaftlichen Orientierung der Schülerinnen der 8G zusammen, andererseits aber auch damit, dass die Schülerinnen ihren Focus auf die nahende Reifeprüfung und die dafür „relevanten“ Themen und Gegenstände legten. Auch der Gender-Aspekt, dass in der 6W 8 der 23 Schüler/innen Burschen sind, erklärt die leichtere Motivierbarkeit dieser Klasse für Technologieeinsatz und physikalische Aufgabenstellungen.

Das Projektziel, die Schüler/innen beim Messen und Auswerten zum Modellbilden, Begründen und Argumentieren anzuregen, kam vor allem in der 8G-Klasse zu kurz. Dies sollte besser im Physikunterricht beim Einstieg in die jeweilige Thematik erfolgen. Natürlich müsste bei dieser Vorgehensweise mehr Zeit eingeplant werden.

Nach den ersten Erfahrungen kann der Einsatz von Messwerterfassung im Unterricht in methodischer Hinsicht noch verbessert werden. Dies sollte eine weitere Attraktivitätssteigerung des Unterrichts und bessere Lernergebnisse zur Folge haben.

10. Outcome

Outcome des Projekts sind vor allem die Arbeitsblätter mit den Versuchsbeschreibungen, die noch etwas überarbeitet und dann an die Fachkollegen/innen an der Schule weitergegeben werden.

Die Evaluationsergebnisse sind zumindest teilweise ermutigend und zeigen, dass der Einsatz von Messwerterfassungssystemen nachhaltiges Lernen fördert.

11. Empfehlungen

Es ist sehr empfehlenswert, die kostenlose Ausleihmöglichkeit von TI zu nutzen, um den Umgang mit den Datensammlern und Sonden kennen zu lernen und die Geräte bei unterschiedlichen Themenbereichen zu erproben. Die Anmeldung erfolgt online unter http://education.ti.com/educationportal/sites/DEUTSCHLAND/nonProductSingle/lehrer_ausleihe_form.html

Wenn die Erfahrungen positiv sind und es die finanziellen Möglichkeiten der Schule erlauben, kann ich den Ankauf dieser Geräte wärmstens empfehlen.

Weiters möchte ich alle interessierten Kollegen/innen ermutigen, ein IMST-Projekt einzureichen und die Unterstützungsmöglichkeiten von IMST zu nutzen. Dies betrifft einerseits die sehr interessanten Fortbildungsangebote (mit unbezahlbaren Kontakt- und Austauschmöglichkeiten mit engagierten und innovativen Kollegen/innen aller Schultypen) und andererseits natürlich auch die finanzielle Unterstützung bei der Projektdurchführung.

12. Verbreitung

Die während dieses Projekts durchgeführten Messungen wurden im Rahmen einer schulinternen Lehrer/innenfortbildung am Schulzentrum der Kreuzschwestern allen Mathematik- und Physikkollegen/innen vorgestellt und von diesen erprobt.

Einige der überarbeiteten Arbeitsblätter werden ab Herbst 2009 in der Materialdatenbank von TI auf <http://www.t3deutschland.de/index.php?id=153> zugänglich sein.

Im Rahmen des Jahres der Naturwissenschaften in Oberösterreich fand von 6. – 8. Juli 2009 in Wels die Experimentale „EXE 09“⁶ mit 82 naturwissenschaftlichen Versuchsstationen statt. Eine Schülergruppe stellte dort anhand von 2 Beispielen (Abkühlung – Verdunstungskälte; Bewegung eines Wagens auf einer geneigten Bahn – Unabhängigkeit der Bewegung von der Masse des Wagens) den Einsatz von Messwerterfassungssystemen vor.

Einige Physikkollegen/innen zeigten großes Interesse an diesen Systemen.

13. Literaturverzeichnis

Breitschuh, Thomas; Impulse Physik 2 – Messen mit dem Taschenrechner; Ernst Klett Verlag; 1999

<http://www.t3deutschland.de/index.php?id=153>

Beichner, R.J. (1994). Testing students interpretation of kinematics graphs. American Journal of Physics. 62 (8), August 1994.

14. Beilagen

14.1 Arbeitsblätter

Englischsprachige Versuchsvorschrift [MathScienceMotion_MS_Act08_BouncingBall\[1\].pdf](#)

Arbeitsblatt [Sprungball_alt.doc](#)

Arbeitsblatt [Sprungball_neu.doc](#)

Arbeitsblatt [Kondensator.doc](#)

Arbeitsblatt [Induktion.doc](#)

Arbeitsblatt [Abkühlung.doc](#)

14.2 Evaluation

[Pre-Test.doc](#)

[Test_Kinematik.doc](#)

[Endauswertung.doc](#)

[Fragebogen_8G.doc](#)

⁶ siehe <http://www.nawi4you.at/index.php?hmen=2&men=3>