



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

**Kosteneffiziente computergestützte
Messwerterfassung im Physikunterricht**

Verfasst von

Erwin Premstaller

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2014-2015

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 190406412

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Lehramtsstudium UF Mathematik UF Physik

Betreut von:

Mag. Dr. habil rer. nat. Hildegard Urban-Woldron

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die Arbeit selbständig angefertigt, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt und alle aus ungedruckten Quellen, gedruckter Literatur oder aus dem Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen und Konzepte gemäß den Richtlinien wissenschaftlicher Arbeiten zitiert, durch Fußnoten gekennzeichnet bzw. mit genauer Quellenangabe kenntlich gemacht habe.

Datum:

Erwin Premstaller

Zusammenfassung

In der folgenden Arbeit geht es um die Erstellung von möglichst kostengünstigen Geräten zur Messwerterfassung im Physikunterricht. Es soll eine Bauanleitung für ein Messsystem zur Abstands- und Temperaturmessung mit einem Einplatinencomputer beschrieben werden. Um die Geräte im Schulunterricht zu testen, wurden zehn Prototypen gefertigt, sowie Unterrichtsmaterialien zu verschiedenen Experimenten erstellt. Die Einsatzfähigkeit der Geräte im Schulunterricht wurde durch eine Fallstudie in einem Gymnasium in Wien untersucht. Die Messwerterfassungssysteme wurden in drei Unterstufenklassen und einer Oberstufenklasse in insgesamt sieben Unterrichtseinheiten eingesetzt. Es nahmen 70 Schülerinnen und Schüler an der Untersuchung teil. Die Unterrichtsstunden wurden anhand von einem Schülerfragebogen, Videoanalyse, der Analyse von Schülerprotokollen und einem Lehrerinterview untersucht. Die Fallstudie bestätigt die Funktionalität und die Einsatzfähigkeit der Geräte im Physikunterricht.

Abstract

The following work is about creating low-cost devices for data acquisition in physics class. The thesis explains how to build a tool for measuring distance and temperature with a single-board computer. To test the devices in the classroom, ten prototypes and teaching materials for various experiments have been built. The usability of the devices in the classroom was examined by a case study in a high school in Vienna. 70 students out of four different grades participated in the study. The lessons were examined with reference to a student questionnaire, video analysis, analysis of student records and a teacher interview. The case study confirmed the functionality and usability of the devices for physics class.

Inhaltsverzeichnis

1	Computergestützte Messwerterfassungssysteme im Physikunterricht	6
1.1	Elektronische Hilfsmittel im Unterricht	6
1.2	Entwicklung von Messwerterfassungssystemen	7
1.3	Gründe für den Einsatz eines computergestützten Messwerterfassungssystems	9
1.3.1	Technischer Wandel der Gesellschaft	9
1.3.2	Motivation und Interesse der Schülerinnen und Schüler	10
1.3.3	Anspruch von außen	10
1.3.4	Vereinfachung vs. Komplexitätssteigerung	11
1.4	Einsatz elektronischer Messwerterfassungssysteme	12
2	Messen mit dem Raspberry Pi	14
2.1	Warum überhaupt ein eigenes Messgerät?	14
2.1.1	Umfrage an den Wiener Schulen	14
2.1.2	Welche Geräte gibt es am Markt?	15
2.1.3	Fazit	17
2.2	Was ist der Raspberry Pi?	17
2.3	Was kann das Messwerterfassungssystem?	18
2.4	Hardware	20
2.5	Software	21
2.5.1	Bedienung der Messprogramme	21
2.5.2	Temperatursensor	22
2.5.3	Ultraschallsensor	24
3	Ziele und Forschungsfragen	25
4	Fallstudie in einem Wiener Gymnasium	26
4.1	Beschreibung der Fallstudie	26
4.2	Forschungsdesign	28
4.3	Auswertung und Darstellung der erhobenen Daten	35
4.3.1	Fragen zum Umgang mit der Technologie	35
4.3.2	Offene Fragen	42
4.3.3	Videoanalyse	44
4.3.4	Auswertung der Protokolle	48

Inhaltsverzeichnis

4.3.5	Lehrerinterview	50
4.3.6	Anregungen für Verbesserungen	52
4.4	Analyse und Interpretation der Daten	53
5	Zusammenfassung und Ausblick	56
6	Anhänge	57
6.1	Betriebsanleitung	57
6.2	Arbeitsblätter Temperatur 3.Klasse	61
6.3	Arbeitsblatt Bewegung 4.Klasse	64
6.4	Arbeitsblatt Bewegung 6.Klasse	68
6.5	Arbeitsblatt Temperatur 6.Klasse	75
6.6	Fragebogen	78

1 Computergestützte Messwerterfassungssysteme im Physikunterricht

1.1 Elektronische Hilfsmittel im Unterricht

Die Einsatzmöglichkeiten für Computer im Physikunterricht sind sehr vielfältig. Sie zu kategorisieren gestaltet sich als schwierig, da sich die Geräte mit der rasanten technischen Entwicklung stetig mitändern. Girwidz¹ erkennt im vorhandenen Angebot einige verschiedene Kategorien an Hilfsmitteln: Er unterscheidet Übungsprogramme, Selbstlernseinheiten und tutorielle Programme, Simulationen, Cognitive Tools, Animationen und Geräte zur Messwerterfassung, Prozesssteuerung und Regelung. Bei Übungsprogrammen wird eine Aufgabe gestellt, die vom Schüler/von der Schülerin gelöst und im Anschluss vom Programm ausgewertet wird. Bei tutoriellen Programmen wird Information angeboten, die von den Schülerinnen und Schülern anhand von Fragen extrahiert werden soll. Das Programm wertet die Antworten aus und reagiert dann, abhängig von Wissens- und Leistungsstand der Lernenden, mit neuen Fragen oder wiederholt die bereits abgefragten Inhalte.

Simulationen arbeiten auf der Basis von formal-logischen Modellen der betrachteten Fachinhalte. Sie sollen gewisse Aspekte der Realität nachbilden. Der Anwender/die Anwenderin kann verschiedene Parameter im Modell abändern und so Schlüsse auf die in der Realität gültigen Fachinhalte ziehen. Cognitive Tools sind Programme, die Routinearbeiten in verschiedenen Situationen an den Computer auslagern. Beispiele für Cognitive Tools sind Computeralgebrasysteme, Funktionsplotter, Textverarbeitungs- (Cognitive im Sinne der Rechtschreibprüfung) und Tabellenkalkulationsprogramme oder auch Modellbildungssysteme.

Animationen sind graphische Darstellungen bestimmter Prozesse. Sie können vom Anwender gesteuert werden und so den Fokus auf Relevantes lenken. Sie eignen sich vor allem zur Präsentation bestimmter Zusammenhänge. Geräte zur automatischen Messwerterfassung bieten sich dann an, wenn viele Messwerte in kurzer Zeit oder über einen langen

¹Girwidz 2001, S. 424-426.

Zeitraum hinweg erfasst werden sollen. Die Darstellung und Auswertung der gemessenen Daten können durch den Computer ebenfalls erleichtert werden. Computergestützte Messwerterfassungssysteme, um die es in dieser Arbeit gehen soll, sind ebenfalls zu den Geräten zur automatischen Messwerterfassung zu zählen.

Was sind computergestützte Messwerterfassungssysteme?

Bernshausen definiert derartige Systeme folgendermaßen:

Ein computergestütztes Messwerterfassungssystem ist eine Messeinrichtung, die Messergebnisse auf digitalen Datenträgern speichert und deren Weiterverarbeitung durch einen Computer ermöglicht.²

Insgesamt soll also mit derartigen Systemen das Messen, die Visualisierung und die Archivierung der Messdaten erleichtert werden. Der Anspruch der Speicherung in freien Formaten zur möglichst universellen Weiterverarbeitung liegt nahe.

Messen hat für die Wissenschaft eine große Bedeutung, wie Weichert und Wülker in ihrem Werk zur Messdatenerfassung betonen:

Das genaue messende Verfolgen von Vorgängen in Natur und Technik war und ist für die Entwicklung der Wissenschaft von entscheidender Bedeutung. Technik und Handel sind ohne quantitatives Erfassen ihrer Operationsgrößen nicht denkbar. [...] Im Zeitalter des Computers wird man sich in jedem Fall dabei möglichst viel an Routinearbeit abnehmen lassen, und nicht wie seiner Zeit Tycho de Brahe die Werte Buchweise von Hand aufzeichnen.³

Diese Bedeutung in Wissenschaft und Alltag impliziert auch eine Relevanz solcher Geräte für den Schulunterricht.

1.2 Entwicklung von Messwerterfassungssystemen

In den 1970er Jahren wurden im deutschsprachigen Raum an den neu entstehenden computergestützten Unterricht hohe Erwartungen gestellt. Es wurden größere Rechnersysteme verwendet, da noch keine Kleinrechner entwickelt waren. Ende der 1970er gab es erste Vergleichsstudien, die die Brauchbarkeit des Computers im Unterricht nicht im erhofften Maße bestätigen konnten. Mit den in den 80er Jahren entstehenden Kleincomputern und Computernetzen wurde der Computereinsatz wieder zum Thema. Komplexe pädagogische Situationen, die vorher durch den technologischen Stand noch nicht lösbar waren, erschienen nun machbar. Neben neuen Unterrichtsmaterialien entstanden auch neue Lerntheori-

²Bernshausen 2008, S. 9.

³Weichert und Wülker 2000, S. 1-2.

en.⁴

Mit den neuen technologischen Möglichkeiten konnten nun auch Messgeräte in größerer Stückzahl zur Verfügung gestellt werden. Eine der ersten großen Studien⁵ zum Einsatz von Kleincomputern im Unterricht wurde 1989 an mehreren amerikanischen Highschools und Colleges durchgeführt (Über 1500 Probanden). Die dazu nötigen Gerätschaften wurden vom Technical Education Research Center an der Tufts Universität entwickelt. Mit den entwickelten Sensoren konnte man bereits Temperatur, Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung und Schalldruck messen. Die Sensoren wurden über eine Schnittstelle an die bereits 1977 veröffentlichten Apple II Geräte von Macintosh angeschlossen. Thornton und Sokoloff testeten dabei die Wirksamkeit des Einsatzes der Geräte im Vergleich zum gängigen Unterricht. Die Fähigkeit Graphen zu lesen und zu interpretieren sollte durch die Verwendung der Geräte verbessert werden. Diese Wirkung wurde in der Vergleichsstudie nachgewiesen. Weitere Studien bestätigten die Wirksamkeit des Einsatzes von elektronischen Messgeräten zum Verständnis von Graphen in abgeschwächter Form und mit anderen Geräten.^{6,7}

Ab Mitte der 1990er Jahre entstanden mobile Messwerterfassungsgeräte. Mehrere Lehrmittelfirmen stellten nun Hard- und Software für den Einsatz im Bildungsalltag her. Mit dem Aufkommen des Internets wurde auch der Anspruch, die Geräte in Kombination mit dem Internet einzusetzen, gestellt. Slykhuis führte dazu mit 150 Highschool-Studierenden eine Untersuchung durch. In der Untersuchung wurden Lernende, die Messwerterfassungssysteme in einer onlinebasierten Unterrichtseinheit zur Mechanik selbstständig einsetzen, mit jenen, die die Messwerterfassungssysteme mit ihrem Lehrer im Regelunterricht einsetzten, verglichen. Die Untersuchung ergab, dass beide Gruppen einen Lernzuwachs durch den Einsatz der Messgeräte erzielen konnten. Jene Lernende, die ohne Lehrerunterstützung im Web arbeiteten, erzielten keine signifikant schlechteren Ergebnisse als die vom Lehrer unterstützte Gruppe. Darin sieht Slykhuis ein großes Potenzial für das Web-basierte Lernen mit den Geräten.⁸

⁴Mandl, Gruber und Renkl 1991, S. 1-5.

⁵Thornton und Sokoloff 1989, S. 858-867.

⁶Redish, Saul und Steinberg 2000.

⁷Urban-Woldron 2010.

⁸Slykhuis und Park 2006.

1.3 Gründe für den Einsatz eines computergestützten Messwerterfassungssystems

1.3.1 Technischer Wandel der Gesellschaft

Seit den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts gibt es Bestrebungen, Computer und Mikrocontroller in den Unterricht einzubinden. Vielfach ging es dabei um den Umgang mit den Geräten selbst. Programmierung der Geräte und Benutzung derselbigen war sehr eng verknüpft. Seit der Einführung der Personal Computer in den 80er Jahren wurde diese Verbindung weitestgehend aufgelöst.

Der Technologieeinsatz ist heute alltäglich geworden. In einer selbstverständlich wirkenden Art und Weise verwenden Schüler und Schülerinnen tragbare Computer als Hilfsmittel in allen möglichen Lebenssituationen. Nachschlagewerke stehen jederzeit überall zur Verfügung. Onlinezeitungen und große Literaturdatenbanken verdrängen die Printmedien. Telefon, Kamera, Terminplaner, Notizblock, Navigationsgerät, Radiogerät, Nachschlagewerke, Spielekonsole, Taschenlampe, Reiseführer, ja sogar Wasserwaagen und unzählige weitere Anwendungen werden durch kleine tragbare Computer ersetzt. Die Technologierbranche ist die sich am schnellsten und radikalsten wandelnde Sparte in unserer heutigen Zeit. Beispielsweise kann die Datenmenge, die vor 40 Jahren mehrere Räume füllte und mit einem sehr großen finanziellen Aufwand verbunden war, heute auf einer fingernagelgroßen Speicherkarte für einige Euro gesichert werden.

Für heutige Schüler und Schülerinnen ist der Umgang mit Informationstechnologie etwas Natürliches geworden. Computer und das Internet gehören zum Alltag der meisten Jugendlichen. So ergibt eine deutsche Studie zum Umgang mit digitalen Medien von Jugendlichen zwischen 12 und 19 Jahren, dass Handy, Internet und Fernsehen die wichtigsten Bestandteile der Freizeitbeschäftigung von Jugendlichen sind.⁹ Hier gibt es Potenziale, die im Unterricht noch kaum genutzt werden.

Haefner spricht in seinem Artikel zum multimedialen Lernen bereits von einem Homo Informaticus, der in einer digitalen und einer physischen Welt gleichzeitig lebt. Er betont, dass sich das Bildungssystem intensiv an der Organisation der technisch bestimmten informationellen Welt beteiligen muss, um gegenüber den Angeboten der Informationstechnologie attraktiv zu bleiben. Ein Unterrichten von Fertigkeiten, die bereits besser durch die informationstechnische Industrie realisiert sind, mache in der heutigen Zeit keinen Sinn mehr. Als Beispiele führt er hier das Unterrichten von orthographisch richtigem Schreiben, Umformen von Gleichungen und das Vermitteln von Elementarsprachkenntnissen bei gleichzeitigem Vorhanden sein von Diktiergeräten, Computer Algebra Systemen und

⁹Rathgeb 2013.

Übersetzungssoftware an.¹⁰

Das Bildungssystem muss auf den technischen Wandel reagieren und sich entsprechend attraktiv darstellen. Die Zukunft von Bildung und Ausbildung wird nicht vom Bildungswesen selbst, sondern ausschließlich im Diskurs mit einer sich zunehmend informationstechnisch und multimedial ausrüstenden Gesellschaft bestimmt werden¹¹

1.3.2 Motivation und Interesse der Schülerinnen und Schüler

Aus einer deutschen Studie aus dem Jahr 2009, in der die Interessen von Schülerinnen und Schülern aus verschiedenen Schultypen aus der achten bis zehnten Schulstufe untersucht wurden, geht hervor, dass die Behandlung von Sensoren im Physikunterricht für Schüler und Schülerinnen sehr interessant ist. Experimente und Messungen führen demnach zu einer hohen kognitiven Aktivität bei den Schülern und Schülerinnen.¹²

Eine Untersuchung an einem Wiener Gymnasium aus dem Jahr 2001 weist ebenfalls darauf hin, dass die Schüler und Schülerinnen dem Einsatz von elektronischen Hilfsmitteln im Unterricht positiv gegenüber stehen. Aus Schülersicht seien weniger Formalismus und mehr Eigenarbeit durch Schülerversuche mit elektronischen Hilfsmitteln erwünscht.¹³

1.3.3 Anspruch von außen

Nicht nur Schülerinnen und Schüler wünschen sich mehr Computereinsatz im Unterricht, sondern auch der Gesetzgeber. Besonders die digitale Verarbeitung von Information wird im Lehrplan hervorgehoben. Dabei stellen elektronische Messwerterfassungssysteme eine Verbindung zwischen Realdaten aus dem Experiment und deren Modell als digitales Objekt dar. Die Schülerinnen und Schüler können selbst einen multimedialen Modellierungsprozess durchführen und die sich durch Digitalisierung ergebenden Vor- und Nachteile miterleben. Im Lehrplan für österreichische allgemeinbildende höhere Schulen findet man eine konkrete Aufforderung zum Einsatz technologischer Hilfsmittel im Unterricht:

Innovative Technologien der Information und Kommunikation sowie die Massenmedien dringen immer stärker in alle Lebensbereiche vor. Besonders Multimedia und Telekommunikation sind zu Bestimmungsfaktoren für die sich fortentwickelnde Informationsgesellschaft geworden. Im Rahmen des Unterrichts ist diesen Entwicklungen Rechnung zu tragen und das didaktische Potenzial der Informationstechnologien bei gleichzeitiger kritischer rationaler Auseinan-

¹⁰Haefner 2003.

¹¹Ebd., S. 462.

¹²Ziegelbauer 2009.

¹³Lackenbucher 2001.

dersetzung mit deren Wirkungsmechanismen in Wirtschaft und Gesellschaft nutzbar zu machen. Den Schülerinnen und Schülern sind relevante Erfahrungsräume zu eröffnen und geeignete Methoden für eine gezielte Auswahl aus computergestützten Informations- und Wissensquellen zur Verfügung zu stellen.¹⁴

Das selbstständige Arbeiten, das durch den Einsatz elektronischer Messcomputer gefördert werden kann, wird im Lehrplan genauso thematisiert, wie das Erlernen des Umgangs mit neuen technologischen Hilfsmitteln. Für einen modernen zukunftsorientierten Unterricht erscheint es notwendig, sich verschiedenen Technologien zu öffnen und diese in den Unterricht einzubinden.

Besonders in der Oberstufe sind produktorientierte Arbeitsformen mit schriftlicher oder dokumentierender Komponente, wie z.B. Portfolio-Präsentationen oder (Projekt)Arbeiten unter Verwendung des Computers für die Entwicklung von Selbstkompetenz und Selbsteinschätzung geeignet. Besonderes Augenmerk ist dabei auf Präsentationskompetenz und die Einbeziehung moderner Technologien zu legen.¹⁵

1.3.4 Vereinfachung vs. Komplexitätssteigerung

Durch Auslagerung verschiedener elementarer Tätigkeiten, wie das händische Erstellen von Tabellen und Graphen, an elektronische Geräte entsteht neues Zeitpotential. Dieses Potential kann zur Interpretation der gewonnenen Daten genutzt werden. Die Schülerinnen und Schüler können sich bei den Experimenten mit den relevanten Fragen auseinandersetzen. Die Rechenarbeit kann ausgelagert werden. Diese Rechenarbeit, die das Gerät übernimmt, kann unter Umständen auch über die mathematischen Fähigkeiten der Lernenden hinausgehen. Es ist jedoch trotzdem möglich, Probleme mathematisch zu modellieren.

Girwitz und Ziegelbauer weisen im PIKO Brief zu modernen Medien ebenfalls auf ihre Potenziale hin.¹⁶ Durch die elektronischen Messgeräte können größere Genauigkeiten erreicht werden. Vorgänge, die durch die menschliche Reaktionszeit nur beschränkt erfassbar sind, werden greifbar. Durch diese Technologien können alltägliche Phänomene mit technischem Hintergrund untersucht werden. Durch die in den Alltag einziehende Technik entstehen auch für die Physik interessante Spielräume. Alltagsgegenstände können in den Physikunterricht eingebunden und die dahinter liegenden Phänomene erschlossen werden.

¹⁴Lehrplan AHS Österreich allgemeiner Teil 2004, S.2.

¹⁵Ebd., S.8.

¹⁶Girwitz und Ziegelbauer 2010, S. 2-4.

1.4 Einsatz elektronischer Messwerterfassungssysteme

Das Wichtigste beim Einsatz jeder Art von Medien im Unterricht ist sicherlich das Bewusstsein, dass sie nicht um ihrer selbst willen eingesetzt werden dürfen. Medien sind Hilfsmittel, die den Unterricht unterstützen und erleichtern sollen. Der Einsatz von Lehrbehelfen muss ein begründetes Ziel verfolgen. Mit elektronischen Messwerterfassungssystemen könnte ein für den Physikunterricht sehr wichtiges Ziel, Graphen lesen und interpretieren zu lernen, verfolgt werden. Es kommt sehr stark darauf an, wie ein Medium in den Unterricht eingebunden wird. Vertreter der Mediendidaktik gehen davon aus, dass die Einbettung von Medien in eine Lernumgebung mit konkreten Handlungsanweisungen eher zum Ziel führt.¹⁷

Wichtig beim Einsatz von elektronischen Messwerterfassungssystemen erscheint es, wie bei anderen Experimenten auch, Schülerinnen und Schüler aktiv zum Handeln anzuleiten. Schüler und Schülerinnen, die selber mit dem zu Lernenden interagieren, lernen effizienter. Schüler, Schülerinnen und Studierende in amerikanischen High Schools und Colleges, die eigene Experimente durchführten, erzielten in einer Studie mit über 6500 Probanden signifikant bessere Ergebnisse¹⁸. Die Studie wurde in Kursen zur Einführung in die Mechanik durchgeführt, wobei vor und nach den Kursen getestet wurde. Die durch Experimente in den Unterricht eingebundenen Lernenden konnten dabei einen messbar größeren Lernzuwachs aufweisen.

Durch das Messen an Realexperimenten können die Schülerinnen und Schüler Bewegung selbst erfahren. Sie erhalten sofort eine Reaktion des Messgerätes, so kann das im Graphen Dargestellte direkt mit der Realität in Verbindung gebracht werden. Die direkte Antwort des Gerätes hilft den Schülerinnen und Schülern die abstrakten Graphen auf die konkrete Situation zu beziehen.

Durch die automatische Abbildung des Graphen kann Fehlvorstellungen individuell und zielgerichtet entgegen gewirkt werden. Dadurch soll ein besseres Verständnis für verschiedene Bewegungen entwickelt werden. Diese direkte Rückmeldung des Gerätes fördert ebenfalls die Zusammenarbeit zwischen den Lernenden. Unerwartete Ergebnisse führen zu Diskussionen und genauerer Auseinandersetzung mit dem Inhalt.

Durch die automatische Darstellung der Daten wird den Schülerinnen und Schülern das graphische Darstellen der Messwerte erspart. Dadurch entsteht Spielraum zur Interpretation der Daten. Die Geräte ermöglichen einen Lernprozess vom Spezifischen zum Abstrakten, was vielen Schülerinnen und Schülern leichter fällt. Dieses Potenzial derartiger Messgeräte erkannten Thornton und Sokoloff bereits 1989.¹⁹

Bei der Temperaturmessung geht es vor allem um die kontinuierliche Änderung. Die

¹⁷Urban-Woldron 2011, S. 5.

¹⁸Hake 1998.

¹⁹Thornton und Sokoloff 1989.

Schülerinnen und Schüler sollten durch die Messung mit dem Gerät erkennen, dass Temperaturänderung ein dynamischer, nicht zwangsläufig linearer Prozess ist, auf den verschiedene Größen einen Einfluss haben. Durch die Experimente mit dem Gerät sollen die Schülerinnen und Schüler lernen, Graphen zu lesen und zu interpretieren.

Eine schwedische Studie zum Einsatz von elektronischen Messwerterfassungssystemen erkannte, dass es sehr wichtig sei, die Schülerinnen und Schüler Vorhersagen zum Ausgang der Experimente machen zu lassen, um Fehlvorstellungen besser entgegen zu wirken.²⁰ Für die Studie wurden über mehrere Jahre Gruppen mit Aufforderung zu Vorhersagen zum Ausgang von Experimenten mit jenen ohne solche Aufforderungen beim Einsatz mit elektronischen Messwerterfassungssystemen verglichen.

Schülerinnen und Schüler sollten mit elektronischen Messwerterfassungssystemen in einer vorgegebenen Lernumgebung möglichst selbstständig arbeiten. Dabei ist es wichtig, dass sie ihr Vorwissen reflektieren und dieses mit den neu gewonnen Erkenntnissen vergleichen, um möglichst großen Lernerfolg zu erzielen. Für die vorliegende Abhandlung wurde versucht, diese Erkenntnisse in den Arbeitsanleitungen für die Schülerexperimente umzusetzen (Siehe Abschnitt 4.1).

²⁰Jonte 2000.

2 Messen mit dem Raspberry Pi

2.1 Warum überhaupt ein eigenes Messgerät?

Da es aus aktueller Sicht der Mediendidaktik nicht darauf ankommt, welche Geräte im Unterricht eingesetzt werden, sondern viel mehr in welchem Kontext die elektronischen Hilfsmittel den Schülerinnen und Schülern zur Verfügung gestellt werden¹, sollten im Rahmen dieser Arbeit Unterrichtsmaterialien für die an den Schulen verfügbaren Messgeräte entstehen. Hier soll dargestellt werden, warum sich das als sinnlos erwies und wie es zur Entscheidung, ein eigenes Messgerät zu bauen, kam. Es soll ein kurzer Überblick über die Messgeräte, die in den Wiener Gymnasien zur Verfügung stehen, gegeben werden.

2.1.1 Umfrage an den Wiener Schulen

Um Auskunft über die in den Schulen verwendeten Messgeräte zu erhalten, wurden circa 120 Direktoren an allgemein bildenden höheren Schulen in Wien angeschrieben. Da das Interesse der Direktoren, sich an einer derartigen Umfrage zu beteiligen, nicht sehr groß war, wurden über die Sekretariate Kustoden und Kustodinnen direkt kontaktiert. Es war nicht möglich, alle Schulen zu erfassen, jedoch kann durch die 30 befragten Schulen bereits ein Bild der „Messgerätslandschaft“ gezeichnet werden. In Tabelle 2.1 sind die Ergebnisse der Umfrage an den Schulen dargestellt. In einigen Schulen sind verschiedene Gerätetypen vorhanden.

¹Urban-Woldron 2011, S. 4-7.

Messgerätstyp	Häufigkeit
Schule hat keine computergestützten Messgeräte	18
ULAB Datalogger mit mehreren Sensoren	4
Altes DiLab System, das nicht eingesetzt wird	5
Schüler und Schülerinnen haben Texas Instruments Voyage; Schule hat Sensoren in fünffacher Ausführung	1
Zwei Handhelds TI Nspire mit Sensoren	1
Messsystem von Connatex mit mehreren Sensoren	1
EuroLab mit mehreren Sensoren, das an PC angeschlossen wird	1
Go!Motion Sensor, der an PC angeschlossen wird	1
Privathandy und Digitalkameras werden eingesetzt	1

Tabelle 2.1: Übersicht über die in den Gymnasien in Wien verfügbaren Geräte

Man kann anhand der Tabelle erkennen, dass im Großteil der Schulen keine elektronischen Messwerterfassungssysteme zum Einsatz kommen. Bei den vorhandenen Geräten ist kein System auszumachen, das besonders häufig eingesetzt wird.

2.1.2 Welche Geräte gibt es am Markt?

Es gibt einige Lehrmittelfirmen, die Messsysteme für Schülerinnen und Schüler anbieten. Hier sollen kurz einige weit verbreitete Messsysteme angeführt und eine Preisübersicht über einige Produkte gegeben werden. Bei den Angeboten wurde nach Messsystemen, mit denen man Abstand und Temperatur aufzeichnen und diese Daten am Computer auswerten kann, gefragt. Einen genaueren Überblick über verschiedene Messsysteme und Analyse Kriterien zur Auswahl eines Messsystems findet man bei Bernshausen² und Czuprat³ oder am Landesbildungsserver von Baden Württemberg⁴.

TI Nspire CX

Texas Instruments bietet graphische Taschenrechner an, an die auch Sensoren angeschlossen werden können. Die Taschenrechner sind auch als CAS und Funktionsplotter nutzbar. Die Sensoren müssen zum Rechner dazu gekauft werden. Um mehrere Sensoren gleichzeitig anzuschließen, ist ein sogenanntes LabCradle nötig. Der aktuelle Abstandssensor heißt CBR2 und kostet netto 160,20 €, der Temperatursensor Easytemp kostet 45,99 € netto. Die Preise entstammen einem Angebot der Firma Austrotec. Zusätzlich wird ein

²Bernshausen 2008.

³Czuprat 2009.

⁴Systeme zur Messwerterfassung.

TI Taschenrechner benötigt. Eine mögliche Option wäre der TI Nspire CX, der für circa 120€ zu haben ist⁵.

NTL MOLAB

Das NTL MOLAB ist ein graphisches Messdatenerfassungsgerät auf Windowsbasis, das über einen Touchscreen bedient wird. Es können vier Sensoren gleichzeitig angeschlossen werden. Im Standardpaket sind Licht-, Spannungs- und Temperatursensor enthalten. Das Gerät kann mit einem beigelegten Akku betrieben werden. Die Messsoftware Coach6 ist vorinstalliert. Damit man das MOLAB auch am Computer steuern und Daten auslesen kann, wird eine Lizenz für Coach6 benötigt. Um eine Abstandsmessung durchzuführen muss ein Ultraschallsensor gekauft werden.

Kosten MOLAB: 575,97€

Kosten Lizenz Coach6: 807,98€

Kosten Ultraschallsensor: 146,01€

Die Preise exklusive Mehrwertsteuer entstammen einem Angebot der NLV-Buchsbaum GmbH.

NTL EuroLAB

Das NTL EuroLAB ist ein USB Interface für PC, an das Sensoren angeschlossen werden können. Es wird ohne Sensoren geliefert und ebenfalls über Coach6 gesteuert.

Kosten EuroLAB: 183,53€

Kosten Lizenz Coach6: 807,98€

Kosten Euro-Motion Sensor: 146,01€

Kosten Temperaturfühler: 89,40€

Die Preise exklusive Mehrwertsteuer entstammen einem Angebot der NLV-Buchsbaum GmbH.

Pasport Xplorer GLX - Datenlogger + Capstone Software

Der Pasport Xplorer GLX ist ein Datalogger mit der Möglichkeit 70 verschiedene Sensoren anzuschließen.

Im Standardpaket sind zwei integrierte Temperatursensoren, ein integrierter Spannungssensor, ein eingebauter Schallsensor zum Messen von Schallpegeln, ein integrierter Lautsprecher und ein 2-Kanal-Frequenzgenerator enthalten.

Kosten für ein Basissystem:

Kosten pro Datalogger: 414,19€

Software: Einzellizenz: 113,49€ Standortlizenz: 661,54€ Um Abstand zu messen muss ein

⁵ *Eduware Onlineshop.*

Ultraschallsensor für 107,67€ dazu gekauft werden.

Die Preise wurden aus dem Onlineshop von Connatex entnommen.⁶

2.1.3 Fazit

In keiner der Schulen, die geantwortet haben, gibt es Messgeräte in einem Ausmaß, das für Schülerexperimente ausreicht. Viele Schulen setzen überhaupt keine elektronischen Messwerterfassungssysteme im Physikunterricht ein. Bis auf ein veraltetes, nicht einsetzfähiges DiLab gibt es kein Messsystem, das in den Schulen viel häufiger als andere anzutreffen ist.

Es gibt einige recht interessante kommerzielle Produkte, die für den Einsatz bei Demonstrationsexperimenten auch erschwinglich und ohne großen Aufwand einsetzbar wären. Allerdings sind die Kosten für die Anschaffung der Geräte in Klassenstärke bei allen Systemen sehr hoch. Obwohl die Wahl des Messsystems nicht entscheidend ist, ist ein Messsystem zum Erfassen von Daten zwingend notwendig. Für diese Arbeit wurde daher ein eigenes Messsystem gebaut. Das Gerät sollte ohne einen zusätzlichen Computer auskommen.

Das Ziel war es, möglichst einfach und kostengünstig ein Messgerät zum Erfassen von Abstand und Temperatur zu entwickeln und diese Größen im zeitlichen Verlauf aufzuzeichnen. Die aufgenommenen Daten sollten an einem Rechner weiterverarbeitet werden können. Neben dem Arduino - eine ähnliche Idee wird von Peter Sand unter dem Namen Manylabs in den USA bereits verwirklicht⁷ - und einigen weiteren Mikrocontrollern bot sich der Raspberry Pi an.

2.2 Was ist der Raspberry Pi?

Raspberry Pi ist ein Einplatinencomputer, der von der Raspberry Pi Foundation entwickelt wurde, um Studierenden und Technologie Interessierten einen günstigen Zugang zu Experimentierhardware zu ermöglichen. Der erste Raspberry Pi wurde 2012 veröffentlicht. Dabei handelt es sich um das Modell A. Mittlerweile wurden zwei weitere Modelle veröffentlicht. Das Modell B und das Modell B+. Für die vorliegende Arbeit wurde das Modell B verwendet und deshalb soll hier nur dieses Modell beschrieben werden. Das Gerät ist mit einem 700mHz Prozessor und 512 MB RAM Arbeitsspeicher ausgestattet. Als Speichermedium dient eine SD Karte. Des weiteren hat das Gerät einen HDMI Ausgang, einen Video Ausgang, zwei USB Schnittstellen, einen Ethernet Anschluss und eine programmierbare GPIO Schnittstelle.

⁶Connatex Onlineshop.

⁷Manylabs.

Der Raspberry Pi wird oft als kleiner Datenserver für den privaten Gebrauch oder als Multimediasystem verwendet. Es gibt eine Vielzahl von weiteren Anwendungen, die bereits als fertige Systeme für den Raspberry Pi als Download verfügbar sind. Betrieben wird der Micro-Computer hauptsächlich mit Linux-basierten Betriebssystemen. Für dieses Projekt wurde das eigens für den Raspberry Pi entwickelte, auf Debian basierende Raspbian verwendet. Als graphische Oberfläche wird lxde eingesetzt.

Es gibt eine Vielzahl von Anleitungen zu verschiedenen Projekten, sowohl im Netz als auch kompakt zusammengefasst in Buchform. Ein Werk, das viele verschiedene Anleitungen auch mit einem Downloadsupport anbietet, ist das Raspberry Pi Cookbook, das auch in deutscher Sprache verfügbar ist.⁸ In einer Vielzahl von Online Foren gibt es eine große Community, die verschiedene Projekte entwickelt und Hilfestellungen anbietet. Eine große Übersicht über verschiedene Foren findet man unter <http://www.raspberrypi.org/forums/>. Das größte deutschsprachige Onlineforum, das sehr viele verschiedene Projekte beherbergt und schnelle Hilfestellung anbietet ist <http://www.forum-raspberrypi.de/>.

2.3 Was kann das Messwerterfassungssystem?

Das Ziel des Projektes war es, möglichst günstig eine Temperaturmessung und eine Abstandsmessung, bei der es möglich ist, den zeitlichen Verlauf aufzuzeichnen, zu realisieren. Die Daten sollten am Computer weiter verarbeitet werden können. Die Steuerungseinheit des Messsystems wird durch den Raspberry Pi gebildet. An ihn wurden Bildschirm, Maus und die verschiedenen Sensoren angeschlossen. Für die Abstandsmessung wurde ein Ultraschallsensor verwendet. Als Temperatursensoren sollten digitale Sensoren, die direkt vom Raspberry Pi ausgelesen werden können, dienen. Das Gerät kann mit dem Ultraschallsensor Abstände bis zu eineinhalb Meter zuverlässig messen. Die gemessenen Daten werden sowohl in tabellarischer Form (.dat Datei) als auch als Graph (.jpeg) (siehe Abb. 2.1) angezeigt. Die Daten können per USB-Stick exportiert und beispielsweise mit einem Tabellenkalkulationsprogramm weiter verarbeitet werden. Ebenfalls wurden für die Abstandsmessung einige Vorlagegraphen erstellt, welche nach Wahl einer Vorlage mit den gemessenen Daten in eine gemeinsame Graphik gezeichnet werden können. In Abb. 2.1 ist der Graph einer Abstandsmessung zu sehen. Die grüne Linie gibt die nachzustellende Bewegung vor. Die rote Linie verbindet die einzelnen gemessenen Abstandswerte. Auf der ersten Achse ist die Zeit in Sekunden und auf der zweiten Achse der Abstand vom Sensor in Zentimetern aufgetragen.

⁸Monk 2014.

2 Messen mit dem Raspberry Pi

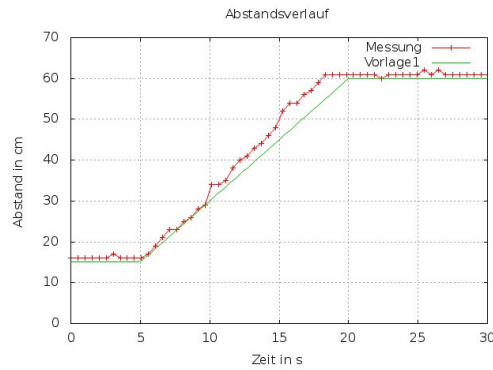


Abbildung 2.1: Beispiel für eine Abstandsmessung mit Vorlage

Temperatur kann in einem Messbereich von -55 bis 125 Grad Celsius gemessen werden. Die Messdaten sind wie bei der Abstandsmessung als Tabelle und als Graphik verfügbar. Der anzuschließende Sensor besteht aus zwei Temperaturfühlern. Es ist möglich, einen oder beide Fühler auszulesen. Werden beide Sensoren gleichzeitig verwendet, so werden die Temperaturwerte beider Sensoren in eine einzige Tabellendatei und eine Graphik geschrieben. In Abb. 2.2 ist eine Temperaturmessung mit zwei Sensoren zu sehen. Auf der ersten Achse ist wiederum die Zeit in Sekunden aufgetragen. Auf der zweiten Achse ist hier nun die Temperatur in Grad Celsius aufgetragen. Die blaue Kurve zeigt den Abkühlvorgang von heißem Wasser in Luft bei Raumtemperatur und die rote Kurve zeigt die Temperaturänderung von heißem Wasser in einem Wasserbad aus kaltem Leitungswasser. Am anfänglichen Temperaturanstieg bei beiden Messungen ist die langsame Reaktionszeit der Temperatursensoren ersichtlich.

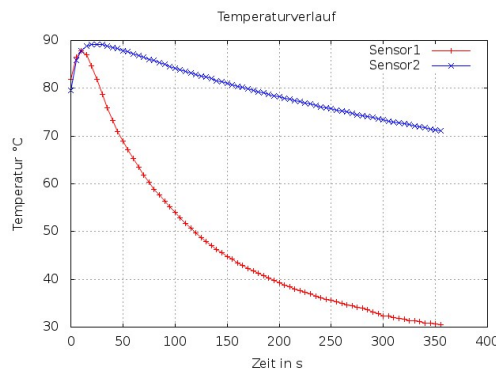


Abbildung 2.2: Beispiel für eine Temperaturmessung mit zwei Sensoren

Die Daten werden im Programm zum Messzeitpunkt angezeigt. Eine Übersicht und den gesamten zeitlichen Verlauf erhält man nach Beendigung der Messung.

2.4 Hardware

Da es eines der primären Ziele war, die Kosten für die Messgeräte möglichst niedrig zu halten, war die Auswahl der Hardwarekomponenten nicht einfach. Um Kosten zu sparen wurde auf eine Tastatur verzichtet. Der Einsatz eines Touchscreens wurde in Erwägung gezogen, aber aus Kostengründen zugunsten der Mausvariante verworfen. Die Steuerung der Messprogramme erfolgt ausschließlich über die Maus. Mit einer Bildschirmtastatur können per Mausklick Dateinamen geändert werden. Abbildung 2.3 zeigt ein Bild des Messgerätes. In Tabelle 2.2 kann die Bezeichnung der Komponenten des Messgeräts und deren Kosten nachgelesen werden.

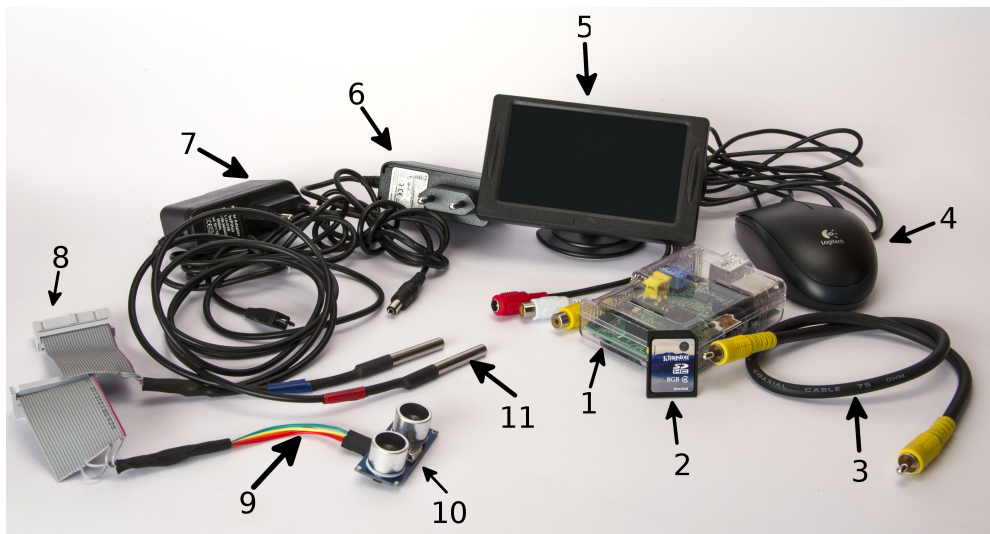


Abbildung 2.3: Messgerät mit allen Komponenten

Komponente	Kosten	Index in Abb. 2.3
Raspberry Pi Modell B	25€	1
Gehäuse mit GPIO Ausschnitt	5€	1
TFT 4,3 Zoll Bildschirm	15€	5
2x Temperatursensor DS18B20	6€	11
Ultraschallsensor HC-SR04	4€	10
2x GPIO-Verbindungskabel	4€	8
USB-Maus	6€	4
Video-Kabel	3€	3
8GB SD Speicherkarte	9€	2
Micro USB 5V Netzteil	7€	7
12V Bildschirmnetzteil	4€	6
Verbindungskabel mit GPIO Steckaufsetzern	2€	9
Widerstände, Lötkolben, Lötzinn und Isolationsmaterial	keine Angabe	

Tabelle 2.2: Kostenübersicht über die für das Messgerät nötigen Komponenten

2.5 Software

2.5.1 Bedienung der Messprogramme

Für das Auslesen der Sensoren wurden in Python vier verschiedene Messprogramme mit graphischer Oberfläche geschrieben. Die Programme werden durch Doppelklicken der entsprechenden Symbole am Desktop (siehe Abb. 2.4) gestartet.



Abbildung 2.4: Screenshot des Desktops

Mit einem Balkenregler können Messintervall und die Anzahl der Messungen eingestellt werden (siehe dazu Abb. 2.5). Daraus wird die sich ergebende Messdauer in einem Feld angezeigt. Falls eine Tastatur angeschlossen wird, können auch über diese das Messintervall und die Anzahl der Messungen eingegeben werden. In jedem der Programme gibt es einen „Messen-Knopf“, mit dem die Messung gestartet wird und einen „Beenden-Knopf“, mit dem das Programm geschlossen werden kann. Eine Messung endet mit dem Ablauf der Messzeit. Nach Ablauf der Messdauer wird man in einem neuen Fenster über das Ende der Messung informiert. Nach Bestätigung wird das Programm geschlossen und der Ordner mit den gemessenen Daten wird geöffnet. Es gibt ein Tool zum Temperaturmessen mit einem Sensor und ein Messprogramm, bei dem beide Temperaturen gleichzeitig ausgelesen werden können. Bei der Verwendung beider Sensoren werden die Daten in ein gemeinsames Datenfile und in eine gemeinsame Graphik zum direkten Vergleich geschrieben.



Abbildung 2.5: Temperaturmessung mit zwei Sensoren

Die beiden Programme zur Abstandsmessung unterscheiden sich nur durch die

Möglichkeit, einen Vorlagegraph auszuwählen. Im Programm Abstandsmessung mit Vorlage kann man aus sechs Vorlagen wählen (siehe dazu Abb. 2.6). Bei der graphischen Darstellung ist hier ein, den Vorlagen entsprechender Bereich eingestellt und es kann vorkommen, dass Messwerte außerhalb des Bereichs nicht dargestellt werden.



Abbildung 2.6: Abstandsmessung mit Vorlagenwahl

Im Programm Abstandsmessung gibt es keine Möglichkeit, eine Vorlage einzustellen. Dafür wird der Graph hier automatisch auf den Messbereich, in dem die gemessenen Messwerte liegen, skaliert.

2.5.2 Temperatursensor

Beim verwendeten Temperatursensor handelt es sich um den DS18B20. Der Sensor wurde bereits in einem isolierten Gehäuse gekauft (siehe dazu Abb.2.7).



Abbildung 2.7: Temperatursensor mit GPIO Anschluss

Der Temperatursensor wird über die GPIO Schnittstelle des Raspberry Pis angeschlossen. Der Sensor wird über den 1er Pin der GPIO Schnittstelle, an dem 3,3 Volt anliegen, mit Strom versorgt. Der Sensor hat drei Anschlüsse: Betriebsspannung, Masse und ein Signalkabel. Das Signalkabel wurde an Pin 4 der GPIO Schnittstelle des Pis angeschlossen. Zwischen der Datenleitung und dem Stromversorgungspin wurde ein 4,7 k Ω Widerstand verlötet. Der Sensor liefert direkt schon ein digitales Signal, das über die 1-Wire-Schnittstelle mit dem Raspberry Pi ausgelesen werden kann. Der Massenanschluss des Sensors muss mit Masse am Pi verbunden werden. Dies ist beispielsweise bei Pin 6 möglich.

An den isolierten Sensoren war die Pinbelegung nicht einsehbar. An den beiden verwendeten Typen von Sensoren war die Belegung rot=Betriebsspannung, schwarz=Masse, gelb=Datenleitung und rot=Betriebsspannung, schwarz=Masse und weiß=Datenleitung. Diese Information wird angeführt, da die Sensoren ohne Betriebsanleitung und somit ohne Pinbelegung geliefert wurden.

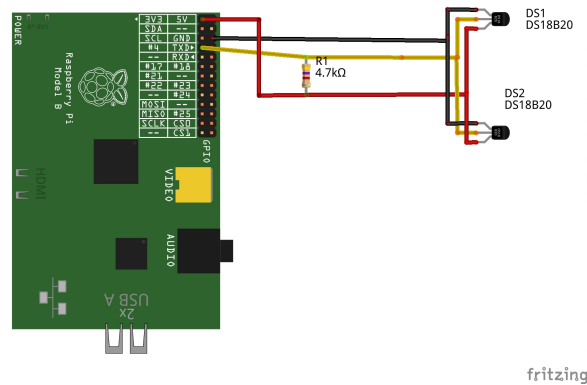


Abbildung 2.8: Anschlussschema der Temperatursensoren

Es ist auch möglich, mehrere Sensoren parallel anzuschließen und diese dann getrennt auszulesen. Für den hier verwendeten Sensor wurden zwei Temperaturfühler parallel geschlossen (siehe dazu Abb. 2.8). Es wäre mit einigen Anpassungen an der Software möglich, weitere Sensoren anzuschließen, um so noch mehr gleichzeitig zu messen. Die Verbindung zwischen Sensor und Raspberry wurde über einen GPIO-Stecker realisiert. Dazu wurden die entsprechenden Kabel des Anschlusses mit dem Sensor und den Widerständen, wie in Abb. 2.8 dargestellt, verbunden. Da der Temperatursensor einige Zeit zum Reagieren braucht, ist eine feinere Regulierung als Sekundenintervalle bei der Wahl des Messintervalls überflüssig. Der Hersteller der Sensoren gibt eine Genauigkeit von $\pm 0,5^\circ\text{C}$ zwischen -10°C und $+85^\circ\text{C}$ an.⁹

Die Daten werden ausgelesen und live in tabellarischer Form mit einem Leerzeichen als Trennzeichen in eine .dat Datei geschrieben. Am Ende ruft das Programm ein Gnuplot Skript auf, das die graphische Darstellung der Daten als Bilddatei erzeugt. Dabei wird die automatische Skalierung von Gnuplot verwendet. Im dazugehörigen Skript werden Achsenbeschriftung und Titel des Bildes konfiguriert.

Als Grundlage für das Auslesen und Anschließen der Sensoren wurde die Anleitung für eine Wetterstation von Marcus Hottenrott¹⁰ verwendet. Die Idee, die Daten mit Gnuplot auszugeben, stammt von Blaster¹¹.

⁹ Datasheet DS18B20.

¹⁰ Raspberry Pi – Temperaturmessung mit DS18B20 1-Wire Sensor.

¹¹ Blaster 2014.

2.5.3 Ultraschallsensor

Für den Ultraschallsensor wurde der HC-SR04 Sensor verwendet (siehe Abb. 2.10). Auch hier ist eine kleine Vorschaltung notwendig (siehe Abb. 2.9). Der Sensor wurde wie der Temperatursensor an der GPIO Schnittstelle angeschlossen. Der Sensor besitzt vier Pins. Zwei davon dienen der Spannungsversorgung, einer ist ein Eingang (TRIGGER) und der andere ein Ausgang (ECHO). Um den Sensor mit Strom zu versorgen wird der VCC Anschluss einfach mit einem 5 Volt Pin (zum Beispiel Pin 2) des Pis verbunden und der GRD Sensor mit Masse (zum Beispiel Pin 6). Der ECHO Pin bleibt so lange auf 0 Volt bis eine Abstandsmessung erfolgt ist. Dann wird er auf 5 Volt gesetzt. Da 5 Volt eine zu hohe Belastung für den Eingang des Pi's wären, musste ein Spannungsteiler eingesetzt werden.

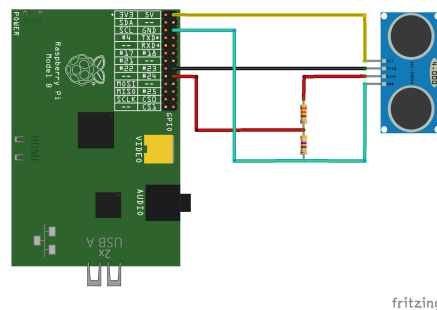


Abbildung 2.9: Schaltplan für den Anschluss des Ultraschallsensors

Misst man die Zeit zwischen Senden und Empfangen des Signals, kann die Entfernung des Objektes über die Schallgeschwindigkeit berechnet werden. Das Programm zum Auslesen des Ultraschallsensors wurde nach einer Vorlage von Matt Hawkins¹² erstellt.

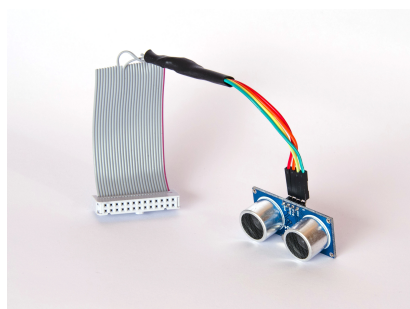


Abbildung 2.10: Fertiger Ultraschallsensor mit GPIO Anschluss

¹² *Ultrasonic Distance Measurement Using Python – Part 1.*

3 Ziele und Forschungsfragen

Ziel der Arbeit war es, möglichst kostengünstig ein computergestütztes Messwerterfassungssystem für den Unterricht zu entwickeln und dieses im Unterricht zu erproben. Das Gerät sollte es ermöglichen, in einfacher Form den zeitlichen Verlauf der Größen Temperatur und Abstand aufzuzeichnen. In der Fallstudie soll der Frage, ob die Geräte für den Einsatz im Physikunterricht geeignet sind, nachgegangen werden. Dafür sollen verschiedene, für die Praxis wichtige Aspekte beleuchtet werden, die durch die folgenden Fragen charakterisiert werden:

1. Funktionieren die Geräte aus technischer Sicht?
2. Wollen Schülerinnen und Schüler mit derartigen elektronischen Hilfsmitteln arbeiten?
3. Können Schülerinnen und Schüler das Gerät bedienen? Sind die Schülerinnen und Schüler in der Lage, die Geräte sinnvoll zu benutzen?
4. Für welche Altersstufe eignen sich die Geräte? Ist es bereits in der Unterstufe möglich, mit den Schülerinnen und Schülern Experimente mit den Geräten durchzuführen?
5. Gibt es geschlechterspezifische Unterschiede im Umgang mit den Geräten?
6. Ergibt sich durch den Einsatz der Geräte ein Mehrwert für den Unterricht?
7. Ist der Einsatz der Geräte im Unterricht praktikabel? Schafft ein/e LehrerIn allein die Betreuung einer ganzen Klasse?
8. Wie viel Zeit wird für das Aufbauen der Geräte verwendet?
9. Entsteht durch die Verwendung der Geräte neuer Zeitspielraum, der zur Interpretation genutzt werden kann?
10. Wie kann der Einsatz der Geräte verbessert werden?

4 Fallstudie in einem Wiener Gymnasium

4.1 Beschreibung der Fallstudie

Sicherlich wäre ein Vergleich mit dem Regelunterricht oder anderen kommerziellen Messwerterfassungssystemen interessant, um die Lerneffektivität der Messgeräte zu testen. Eine groß angelegte Vergleichsstudie macht dazu erst Sinn, sobald die Funktionsfähigkeit der Geräte getestet ist. In dieser Untersuchung soll es in erster Linie um eine Einschätzung zur grundsätzlichen Brauchbarkeit der Geräte gehen. Die Geräte sind in dieser Studie mit den Lernmaterialien verbunden; ein Test der Geräte bedeutet gleichzeitig einen Test des Lernsettings, in das die Geräte eingebunden sind.

Um die in Kapitel 3 formulierten Forschungsfragen zu beantworten, wurden einige Messgeräte gebaut und in vier Klassen eines Wiener Gymnasiums getestet. Es wurden zehn Raspberry Pis mit jeweils einem Temperatur- und einem Abstandssensor zusammengebaut, verlötet und mit der Software ausgestattet. Diese Geräte sollten von Schülerinnen und Schülern anhand verschiedener Experimente getestet werden. Die Geräte wurden in einer dritten, in zwei vierten und in einer sechsten Klasse in einem Gymnasium in Wien ausprobiert. Für die Untersuchung musste ein Gesuch beim Wiener Stadtschulrat erfolgen. Für die Erprobung der Geräte wurden verschiedene Unterrichtsmaterialien entwickelt. Die Unterrichtsmaterialien waren auf Selbsttätigkeit der Schülerinnen und Schüler ausgelegt. Der Lehrer bekam dadurch eine betreuende Funktion, um so einzelne Gruppen individuell zu unterstützen und bei organisatorischen und technischen Fragen zu helfen. Die Schülerinnen und Schüler experimentierten in Kleingruppen mit zwei bis drei Mitgliedern. Es wurden teilweise alle zehn Geräte eingesetzt.

Nach den Unterrichtsstunden wurde ein Fragebogen (siehe S. 78) mit acht skalierten und drei offenen Fragen von den Schülerinnen und Schülern ausgefüllt. Die Schülerinnen und Schüler mussten im Anschluss an die Experimente Protokolle schreiben, welche ebenfalls ausgewertet wurden. Einige der Unterrichtsstunden wurden gefilmt, um sie im Anschluss mit Fokus auf die Zeitverteilung auszuwerten. Mit dem Lehrer, in dessen Unterrichtsstunden mit den Geräten gearbeitet wurde, wurde im Anschluss an die Experimente ein Interview geführt.

Anhand des Fragebogens soll festgestellt werden, ob die Schülerinnen und Schüler gerne mit den Messgeräten arbeiten, ob sie die Arbeitsaufträge verstanden haben und ob sie die Geräte bedienen konnten. Dafür wurden Kriterien definiert, die von den Schülerinnen und Schülern jeweils auf einer Skala von 1-10 bewertet wurden. Es handelte sich dabei um folgende Kategorien:

- Spaß an der Arbeit mit dem Messgerät
- Lernerfolgseinschätzung aus Schüler- und Schülerinnensicht
- Vergleich mit anderen Unterrichtsstunden aus Schüler- und Schülerinnensicht
- Klarheit des Arbeitsauftrages
- Funktion des Geräts
- Interesse am häufigeren Arbeiten mit einem elektronischen Messgerät
- Sinnhaftigkeit des Einsatzes des Gerätes

Neben den Skalen sollten im Schülerfragebogen drei offene Fragen beantwortet werden. Darin wurde es den Schülerinnen und Schülern ermöglicht, Kritik zu üben und eine Zusammenfassung des Erlernten anzufügen. Diese Antworten wurden in Cluster gegliedert und sollen so in übersichtlicher Form den Eindruck der Schülerinnen und Schüler wiedergeben. Sie sollen auch als Anregungen für Verbesserungen am Gerät und den Arbeitsaufträgen dienen. Im Fragebogen wurde ebenfalls das Geschlecht erhoben, um zu überprüfen, ob es geschlechtsspezifische Unterschiede im Umgang mit den Geräten gibt.

Anhand der Protokolle sollte festgestellt werden, ob es den Schülerinnen und Schülern gelingt, Messdaten mit den Geräten aufzunehmen und inwieweit sie diese interpretieren und sinnvoll auswerten können. Dafür wurden die Protokolle einzeln anhand folgender Kriterien untersucht.

- Aufgabenstellung wurde verstanden
- Es gelingt den Schülerinnen und Schülern, elektronisch Daten zu erfassen
- Schülerinnen und Schüler stellen Vermutungen auf und dokumentieren diese
- Schülerinnen und Schüler machen fachlich richtige Beobachtungen
- Schülerinnen und Schüler geben fachlich richtige Erklärungen ab
- Schülerinnen und Schüler reflektieren ihren Lernprozess vor dem Hintergrund ihrer eigenen Vermutungen

Die untersuchten Kriterien wurden als erfüllt oder nicht erfüllt gewertet. Um Aussagen über die Vorbereitungszeit und den Arbeitsaufwand, der mit den Messgeräten verbunden ist, zu eruieren, wurde ein Interview mit dem Lehrer, in dessen Unterrichtsstunde die Experimente durchgeführt wurden, geführt. Dadurch soll eine erste Einschätzung aus

Lehrersicht geboten werden.

4.2 Forschungsdesign

Hier soll dargestellt werden, wie die einzelnen Forschungsfragen untersucht wurden.

1. Funktionieren die Geräte aus technischer Sicht?

Um herauszufinden, ob die Geräte funktionieren wurde im Schülerfragebogen eine Frage zur Einschätzung der Funktionsfähigkeit aus Schülersicht gestellt. Die Schülerinnen und Schüler sollten die Funktionsfähigkeit auf einer Skala von 1-10 zwischen „gar nichts hat funktioniert“ und „alles hat problemlos funktioniert“ beurteilen. Die Schülerprotokolle wurden darauf analysiert, ob die Schüler es schafften, Daten mit dem Messgerät aufzunehmen und diese in ihre Protokolle zu integrieren.

2. Wollen Schülerinnen und Schüler mit derartigen elektronischen Hilfsmitteln arbeiten?

Diese Frage sollte anhand des Fragebogens beantwortet werden. Die Schülerinnen und Schüler sollten auf einer Skala von 1-10 bewerten, wie viel Spaß sie in der Unterrichtsstunde hatten, wie spannend sie die Unterrichtsstunde fanden und ob sie gerne öfter mit elektronischen Messgeräten arbeiten möchten.

3. Können Schülerinnen und Schüler das Gerät bedienen? Sind die Schülerinnen und Schüler in der Lage, die Geräte sinnvoll zu benutzen?

Damit von einem sinnvollen Umgang mit den Geräten gesprochen werden kann, müssen die Schülerinnen und Schüler den mit den Geräten verbundenen Arbeitsauftrag verstehen. Im Fragebogen wurde die Klarheit und die Vollständigkeit der Erfüllung des Arbeitsauftrages auf einer Skala von 1-10 von den Schülerinnen und Schülern beurteilt. Die Schülerprotokolle wurden darauf untersucht, ob die Schülerinnen und Schüler den Arbeitsauftrag verstanden hatten und ob es gelang Tabellen und Diagramme, die elektronisch erfasst worden waren, in die Protokolle zu integrieren.

4. Für welche Altersstufe eignen sich die Geräte? Ist es bereits in der Unterstufe möglich, mit den Schülerinnen und Schülern Experimente mit den Geräten durchzuführen?

Die Geräte wurden in 3 Unterstufenklassen und einer Oberstufenklasse getestet. Die ausgewerteten Daten wurden im Bezug auf die obigen Fragen miteinander verglichen.

5. Gibt es geschlechterspezifische Unterschiede im Umgang mit den Geräten?

Im Schülerfragebogen wurde das Geschlecht erhoben, um so auf Unterschiede zwi-

schen Schülerinnen und Schülern im Umgang mit dem Gerät schließen zu können.

6. Ergibt sich durch den Einsatz der Geräte ein Mehrwert für den Unterricht?

Dazu wurden im Schülerfragebogen eine Einschätzung des Lernerfolgs aus Schülersicht und die Sinnhaftigkeit des Einsatzes des Geräts im Experiment erfragt und wiederum auf einer Skala von 1-10 von den Schülerinnen und Schülern beurteilt. Der unterrichtende Lehrer wurde ebenfalls um eine Einschätzung der Sinnhaftigkeit des Einsatzes der Geräte gebeten.

7. Ist der Einsatz der Geräte im Unterricht praktikabel? Schafft ein/e LehrerIn allein die Betreuung einer ganzen Klasse?

Nach den Unterrichtsstunden mit den Messgeräten wurde der Lehrer um einen Vergleich des Vorbereitungsaufwandes zwischen den Stunden mit elektronischer Messwerterfassung und anderen Unterrichtsstunden gebeten. Die Betreuung einer ganzen Klasse sollte im Experiment möglichst gut getestet und im Anschluss vom Lehrer analysiert werden.

8. Wie viel Zeit wird für das Aufbauen der Geräte verwendet?

Um die benötigte Zeit für das Aufbauen der Geräte zu messen, wurden Unterrichtsstunden in drei verschiedenen Klassen gefilmt und im Anschluss mit Fokus darauf, wie viel Zeit für welchen Unterrichtsabschnitt benötigt wurde analysiert.

9. Entsteht durch die Verwendung der Geräte neuer Zeitspielraum, der zur Interpretation genutzt werden kann?

Um dieser Frage nachzugehen, wurde bei der Analyse des zeitlichen Ablaufs der Unterrichtsstunden geschaut, wie viel Zeit für die Auswertung und Interpretation der Daten zur Verfügung stand. Die Schülerprotokolle wurden darauf untersucht, ob es den Schülerinnen und Schülern gelingt, richtige Beobachtungen, Erklärungen und Reflexionen des eigenen Lernprozesses anzustellen und diese zu dokumentieren.

10. Wie kann der Einsatz der Geräte verbessert werden?

Um diese Frage zu beantworten, wurden den Schülerinnen und Schülern im Fragebogen drei offene Fragen gestellt. Sie sollten anführen, was ihnen positiv beziehungsweise negativ in den Unterrichtsstunden aufgefallen ist. Außerdem sollten Sie angeben, was sie im Umgang mit den Geräten gelernt haben. Der Lehrer wurde ebenfalls zu Verbesserungsvorschlägen befragt.

Beschreibung des Lernsettings

Klasse 3a

In der dritten Klasse sollte ein Experiment zum qualitativen Verständnis von Temperaturänderung durchgeführt werden. Die Schülerinnen und Schüler sollten mit dem Temperatursensor einen Abkühlvorgang von Wasser aufzeichnen. Dabei sollten sie Wärmeübertragung in verschiedenen Formen kennen lernen und die qualitativen Unterschiede erkennen. Durch die Aufzeichnung des zeitlichen Verlaufs sollte die dynamische Änderung der Zustände betont werden und so das Verständnis für den Vorgang als Energieübertragung gefördert werden.

Lehrplantechnisch ist das Experiment dem Punkt „Unser Leben im Wärmebad“ der dritten Klasse zuzuordnen.

[Schülerinnen und Schüler sollen] modellartig verschiedene Formen des Wärmetransportes und wichtige Folgerungen erklären können; Wärmeleitung, Wärmeströmung, Wärmestrahlung, die Bedeutung der Wärmeenergie für Lebewesen in ihrer Umwelt erkennen;¹

Die Messung beanspruchte eine Schulstunde zu 50 Minuten. Insgesamt gab es sechs verschiedene Experimente (siehe S.61). Es sollte der Abkühlvorgang von heißem Wasser in verschiedenen Gefäßen und bei verschiedener Umgebung untersucht werden. Bei den Experimenten war das Abkühlen von Wasser zu vergleichen in:

1. zwei verschieden großen Metallbechern in Luft
2. zwei verschieden großen Metallbechern in kaltem Wasser
3. einem Styroporbecher und einem Metallbecher in Luft
4. einem Styroporbecher und Metallbecher in kaltem Wasser
5. einem Metallbecher in Luft und einem gleich großen Metallbecher in kaltem Wasser
6. einem Styroporbecher und einem gleich großen Styroporbecher in kaltem Wasser

Da die Schule nicht so viele ähnliche Gefäße hatte, wurden Metall Dosen von Lebensmittelverpackungen und Styroporbecher verwendet.

Jede Kleingruppe musste eine sechsminütige Messung durchführen und daraus Schlüsse zu ihrem Experiment ziehen. Diese Ergebnisse sollten am Ende der Stunde und in der Folgestunde von den Schülerinnen und Schülern der Klasse vorgestellt werden. Während die Schülerinnen und Schüler ihre Experimente auswerteten, sollte der Lehrer auf einem USB-Stick die Messdaten für die anschließenden Präsentationen der Schülerinnen und Schüler einsammeln.

¹Lehrplan Physik Unterstufe AHS Österreich 2004a, S. 3.

Aus zeitlichen Gründen musste die Präsentation und Auswertung der Messdaten auf die Folgestunde verschoben werden. Alle Schülerinnen und Schüler schafften es in der Stunde zwar die Daten aufzunehmen, aber für eine sinnvolle Auseinandersetzung mit den Ergebnissen reichte in den meisten Gruppen die Zeit nicht aus.

Die Fragebögen für die Schülerinnen und Schüler wurden in der dritten Klasse erst kurz nach dem Läuten der Schulglocke ausgeteilt. Die Schülerinnen und Schüler wollten schnell in ihre Klasse zurück und haben dadurch möglicherweise auf einige Antworten bei den offenen Fragen verzichtet.

Klasse 4b

In den vierten Klassen wurde mit dem Abstandssensor gearbeitet. Im Lehrplan können die Experimente dem Punkt „Gekrümmte Wege auf der Erde und im Weltall“ zugeordnet werden. Dort heißt es:

Ausgehend von Alltagserfahrungen sollen die Schülerinnen und Schüler ein immer tiefergehendes Verständnis der Auswirkungen von Kräften auf das Bewegungsverhalten von Körpern gewinnen².

In der Klasse 4b war der Zeitpunkt für die Messungen sehr günstig, da die Schülerinnen und Schüler in der vorhergehenden Stunde ein sehr ähnliches Experiment ohne digitale Messwerterfassung gemacht hatten. Die Schülerinnen und Schüler hatten in der vorhergehenden Stunde gleichförmige Bewegungen mit Hilfe von Stoppuhr und Kreidestrichen aufgezeichnet. In der Stunde mit elektronischer Messwerterfassung sollten die Schülerinnen und Schüler mit dem Ultraschallsensor eine gleichförmige und eine beschleunigte Bewegung messen. Die Schülerinnen und Schüler sollten nur eine überschaubare Menge Daten digital aufnehmen, notieren und in der Folgestunde auswerten. Für dieses Experiment wurden keine Unterrichtsmaterialien erstellt. Die Schülerinnen und Schüler knüpften dabei an das Experiment der vorherigen Stunde an und verwendeten die selben Unterlagen. Die Arbeitsmaterialien waren nicht angepasst worden und konnten trotzdem direkt verwendet werden. Die Messung eignete sich sehr gut als Ergänzung, da einige Schülerinnen und Schüler in der vorhergehenden Stunde den Auftrag, eine gleichförmige Bewegung zu messen, noch nicht abgeschlossen hatten. Als sich bewegendes Objekt wurde ein Wagen auf einer Schiene verwendet (siehe Abb. 4.1).

²Lehrplan Physik Unterstufe AHS Österreich 2004a.



Abbildung 4.1: Messgerät mit Anleitung, Wagen und Schiene

Es war denjenigen Schülerinnen und Schülern, die die alte Messung noch nicht abgeschlossen hatten, durch das schnelle Aufnehmen der Daten möglich, beide Arbeitsaufträge zu erfüllen. Die Messung wurde mit dem Programm Abstandsmessung durchgeführt. Die Schülerinnen und Schüler übernahmen die Messwerte aus der Tabelle des Datenfiles. Die Bewegungsgraphen wurden händisch in der Folgestunde erstellt.

Der Mehrwert der computergestützten Aufnahme der Messwerte war in dem angeführten Kontext das schnellere Aufnehmen der Daten. Die Schülerinnen und Schüler schafften es in einer Unterrichtsstunde beide Experimente durchzuführen, was ohne den Messcomputer nicht möglich gewesen wäre. Die Möglichkeit mit einem kleinen Messintervall zu arbeiten oder den Graph vom Programm zeichnen zu lassen wurde nicht verwendet.

Klasse 4d

In der zweiten vierten Klasse wurde eine Doppelstunde für die Bewegungsmessung verwendet. Die Schülerinnen und Schüler erhielten ein Arbeitsblatt (siehe S.64), auf dem verschiedene Zeit-Weg-Diagramme (siehe Abb.4.2) vorgegeben waren. Die in den Graphen dargestellten Bewegungen sollten analysiert und in einem Experiment nachgestellt werden.

Die Schülerinnen und Schüler sollten in der ersten Stunde drei verschiedene gleichförmige Bewegungen nachstellen und den Abstand des Wagens zum Schienenende mit dem Raspberry Pi messen. Die vorgegebenen Bewegungen unterschieden sich in Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit. Bevor mit den Messungen begonnen wurde, sollten die Graphen anhand einiger Fragen genau analysiert werden, um die Bewegung richtig nachstellen zu können. In der Schule waren bereits Schienen mit einer Abstandsskala bis 1m und Wagen (siehe Abb. 4.1), die auf den Schienen fahren konnten, vorhanden. Diese Utensilien wurden genutzt, um die in den Graphen vorgegebenen Bewegungen nachzustellen. Die gemessenen Daten wurden so mit der Vorlage gemeinsam in eine Graphik gezeichnet, um die Bewegung mit der Vorgabe zu vergleichen. Die gemessenen Daten sollten im Anschluss auf einem USB-Stick gespeichert werden.

4 Fallstudie in einem Wiener Gymnasium

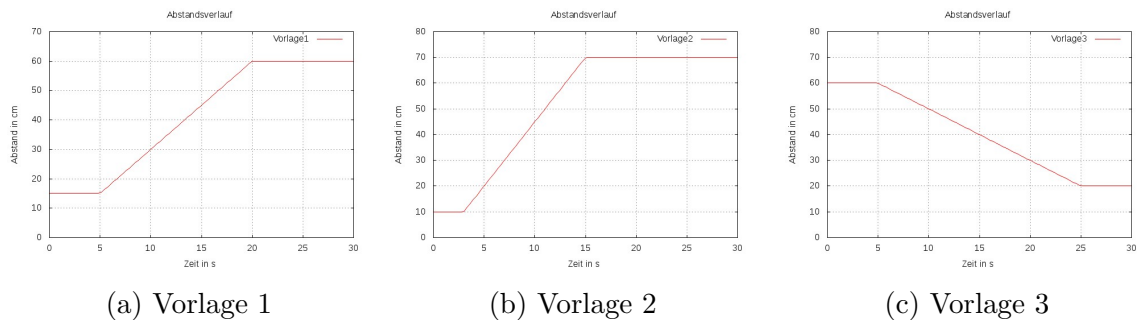


Abbildung 4.2: Vorlagegraphen 4.Klasse

Dadurch, dass die Vorlage direkt mit den gemessenen Daten in die Graphik gezeichnet wurde, konnten die Schülerinnen und Schüler ihre Bewegungen direkt mit der Vorlage vergleichen und ihre Fehler erkennen und korrigieren. Durch die Möglichkeit ein kleines Messintervall einzustellen, wird der dynamische Charakter des Experiments gut abgebildet. Die Bewegung kann so, im Unterschied zu einer händischen Messung, als kontinuierlich wahrgenommen werden. Die Schülerinnen und Schüler können die Bewegung selbst im Realexperiment durchführen und eine Verbindung zwischen Graph und Bewegung herstellen.

In der zweiten Stunde sollten die Schülerinnen und Schüler im Computerraum ein Protokoll zu den Versuchen schreiben. Dazu bekamen sie eine kurze elektronische Vorlage, in der die Struktur des Protokolls vorgegeben war. Die auf den USB-Stick gespeicherten Daten sollten in die Protokolle integriert werden. Die Protokolle wurden als Gruppe verfasst und am Ende der Stunde in einem gemeinsamen Klassenlaufwerk gespeichert.

Klasse 6c

In der sechsten Klasse wurden zwei Experimente (siehe S.68 und S.75) durchgeführt. Es wurde jeweils ein Experiment mit dem Temperatursensor und eines mit dem Abstandssensor durchgeführt. Für die Bewegungsmessung mit dem Abstandssensor wurden zwei aufeinander folgende Unterrichtseinheiten und für die Temperaturmessung eine weitere Unterrichtsstunde verwendet.

Im Lehrplan der fünften und sechsten Klasse findet man zur Bewegungsmessung folgenden Abschnitt:

mit Hilfe der Bewegungslehre (Relativität von Ruhe und Bewegung, Bewegungsänderung: Energieumsatz und Kräfte, geradlinige und kreisförmige Bewegung, [...]) [sollen die Schüler und Schülerinnen] Verständnis für Vorgänge, beispielsweise im Verkehrsgeschehen [...] entwickeln³

Die Temperaturmessung ist dem Lehrplanpunkt

³Lehrplan Physik Unterstufe AHS Österreich 2004b.

[Schülerinnen und Schüler sollen] im Rahmen der Wärmelehre Zustände und Zustandsänderungen der Materie mit Hilfe des Teilchenkonzepts erklären können, den nachhaltigen Umgang mit Energie beherrschen und bei angestrebter größerer Erklärungstiefe die Bedeutung der thermodynamischen Hauptsätze verstehen⁴

zuzuordnen.

Die Bewegungsmessung in der vierten und sechsten Klasse war sehr ähnlich. Der einzige Unterschied bestand in den verschiedenen Bewegungsvorlagen. In der sechsten Klasse wurden Bewegungen mit mehreren Phasen und auch eine beschleunigte Bewegung zum Nachahmen vorgegeben (siehe Abb. 4.3). Die Schülerinnen und Schüler sollten die Fragen zu den Bewegungen beantworten, diese wiederum mit dem Wagen auf der Schiene nachahmen und ihre Messungen auf USB-Stick speichern. Im Unterschied zu den Viertklässlern mussten die Sechstklässler die Protokolle eigenständig als Hausübung schreiben.

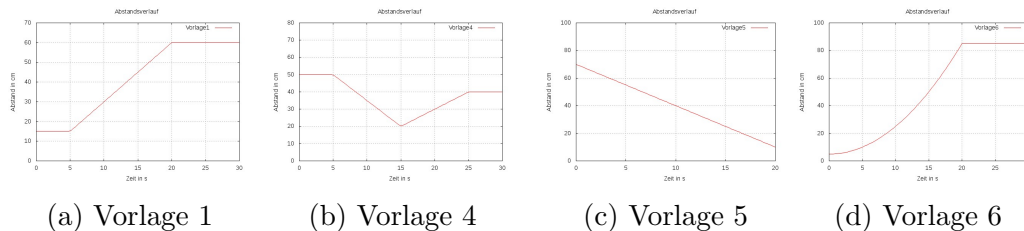


Abbildung 4.3: Vorlagegraphen 6.Klasse

Jede Gruppe musste sowohl ein Temperatur- als auch ein Bewegungsprotokoll abgeben. So konnte die Arbeit aufgeteilt werden und der Arbeitsaufwand für eine einzelne Schülerin/ einen einzelnen Schüler hielt sich in Grenzen.

Die Temperaturmessung erfolgte anhand eines problemorientierten Arbeitsblattes. Die Schülerinnen und Schüler bekamen ein alltägliches Problem, zu dem sie eine Lösung finden sollten. Es sollte ein physikalischer Modellbildungsprozess nachgestellt werden. Die Schülerinnen und Schüler sollten zuerst anhand ihres Vorwissens Überlegungen anstellen und diese Thesen dann anhand eines Experiments stützen oder verwerfen. Das Ziel der Schülerinnen und Schüler sollte es sein, ihr Ergebnis so gut wie möglich zu argumentieren und zu begründen. Es sollte festgestellt werden, wie eine heiße Flüssigkeit bei Raumtemperatur möglichst schnell abgekühlt werden kann. Die Optionen zum Kühlen der Flüssigkeit waren das sofortige oder das zeitverzögerte Hinzufügen von einer definierten Menge kaltem Wasser. Die Schülerinnen und Schüler erhielten keine genauen Vorgaben wie sie das Experiment gestalten sollten. Die Schülerinnen und Schüler setzten den Temperatursensor mit beiden Fühlern ein, um so Vergleiche zwischen zwei Messungen anzustellen. Durch das Aufzeichnen mit den elektronischen Messgeräten kann in der 6. Klasse auf den ex-

⁴Lehrplan Physik Unterstufe AHS Österreich 2004b.

ponentiellen Charakter des Abkühlvorgangs verwiesen werden. Ein fächerübergreifendes Auswerten mit dem Mathematikunterricht würde sich anbieten.

4.3 Auswertung und Darstellung der erhobenen Daten

4.3.1 Fragen zum Umgang mit der Technologie

In allen Klassen wurde am Ende der Stunde ein Fragebogen ausgeteilt. Die Schülerinnen und Schüler sollten dabei acht Fragen auf einer Skala von 1-10 bewerten. Die Antworten auf diese Fragen sollen im folgenden Abschnitt in Form von Boxplots wiedergegeben werden. Der Übersichtlichkeit halber wurden die Fragen in der Beschriftung der Diagramme durch Abkürzungen ersetzt. In der Tabelle 4.1 sind die zu den Fragen gehörenden Abkürzungen angeführt.

Frage	Abkürzung
Hattest du Spaß an der Arbeit mit dem Raspberry Pi?	Spaß
Wie viel hast du in der heutigen Unterrichtsstunde gelernt?	Lernerfolg
Fandest du die heutige Unterrichtsstunde im Vergleich zum normalen Unterricht spannend?	spannend
War dir der Arbeitsauftrag klar?	Arbeitsauftrag klar
Hast du den Arbeitsauftrag vollständig erledigt?	Arbeitsauftrag vollständig
Wie gut hat das Messgerät in deinen Augen funktioniert?	Funktion Gerät
Würdest du gerne öfter mit einem elektronischen Messgerät arbeiten?	elektronische Hilfsmittel
Hätte man das Experiment auch ohne elektronische Hilfsmittel durchführen können?	Hilfsmittel notwendig

Tabelle 4.1: Übersicht zu den verwendeten Abkürzungen

Bei der in den Diagrammen dargestellten Kategorie Lernerfolg handelt es sich also lediglich um eine Einschätzung aus Schülersicht.

Klasse 3a

In der Klasse 3A nahmen 21 Schülerinnen und Schüler an der Untersuchung teil. Einige Schülerinnen und Schüler konnten nicht teilnehmen, da Sie die Genehmigung der Eltern für die Filmaufzeichnung nicht abgegeben hatten.

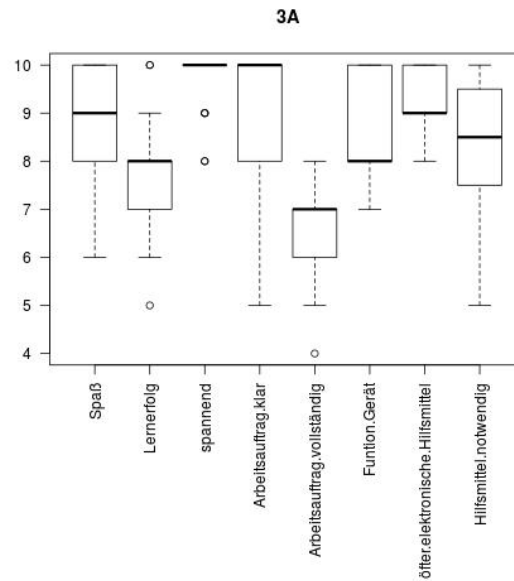


Abbildung 4.4: Ergebnisse aus Schüler- und Schülerinnensicht der Klasse 3a

In der dritten Klasse fällt auf, dass alle Schülerinnen und Schüler bis auf zwei Ausnahmen die maximale Bewertung bei der Frage, ob sie die Unterrichtsstunde spannend fanden, gegeben haben. Mit einem Durchschnitt von 9 von 10 möglichen Punkten auf der Bewertungsskala zur Frage, ob sie im Unterricht Spaß hatten und ob sie öfter elektronische Hilfsmittel verwenden möchten, kann darauf geschlossen werden, dass die Schülerinnen und Schüler gerne mit den Messgeräten arbeiten. Nur wenige Schülerinnen und Schüler schätzen den Arbeitsauftrag als vollständig erfüllt ein. Daraus kann man schließen, dass die Arbeitszeit für den Auftrag zu kurz bemessen war. Die mittleren 50 Prozent der Schülerinnen und Schüler stufen die Funktionstüchtigkeit des Gerätes zwischen 8 und 10 von 10 möglichen Punkten ein.

4B

In der Klasse 4B nahmen 16 Schülerinnen und Schüler an der Untersuchung teil.

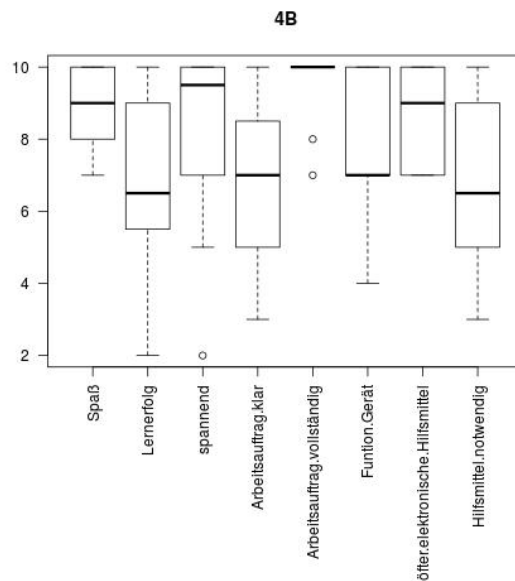


Abbildung 4.5: Ergebnisse aus Schüler- und Schülerinnensicht der Klasse 4B

Da die Schülerinnen und Schüler das gleiche Experiment bereits ohne elektronische Hilfsmittel gemacht hatten, ist hier besonders die Frage zur Notwendigkeit des Computereinsatzes interessant. Es gab einige Schülerinnen und Schüler, die die Messung mit dem Gerät für überflüssig hielten. Allerdings gaben 75 Prozent der Schülerinnen und Schüler mehr als 5 Punkte, was darauf schließen lässt, dass sie den Einsatz des Messgeräts, trotz der Möglichkeit die Daten händisch zu messen, für sinnvoll halten. Auch in der 4b scheinen die Schülerinnen und Schüler gerne mit den Geräten gearbeitet zu haben. Im Mittel wurden beim Spaß und dem Einsatz der elektronischen Hilfsmittel wieder 9 Punkte vergeben. In dieser Klasse schafften alle, bis auf wenige Ausnahmen, die Erfüllung des Arbeitsauftrages.

4D

In der Klasse 4D nahmen nur die 14 Schülerinnen und Schüler der Klasse teil, die das Realgymnasium besuchen. Die restlichen Schülerinnen und Schüler der Klasse hatten in der Stunde Französischunterricht.

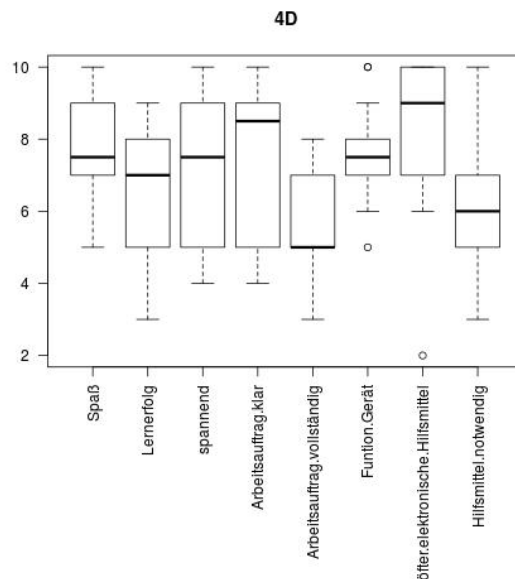


Abbildung 4.6: Ergebnisse aus Schüler- und Schülerinnensicht der Klasse 4d

Die Bewertungen der Schülerinnen und Schüler in der Klasse 4d sind im Vergleich mit den ersten beiden Klassen etwas tiefer ausgefallen. Die Erfüllung des Arbeitsauftrags wurde im Mittel nur mit 5 Punkten bewertet. Die Funktion des Gerätes wurde von fast allen Schülerinnen und Schülern zwischen 6 und 9 Punkten eingeschätzt. Die Notwendigkeit des Gerätes wurde mit gemittelten 6 Punkten recht niedrig eingestuft. Mit arithmetischen Mitteln von 7.5, 7.5 und 9 bei Spaß am Arbeiten mit dem Gerät, spannende Gestaltung der Unterrichtsstunde und dem Wunsch nach häufigerem Einsatz des Gerätes, kann auch hier eine positive Einstellung zu den Geräten herausgelesen werden.

6C

In der Klasse 6C nahmen bei der Bewegungsmessung 20 Schülerinnen und Schüler am Experiment teil, bei der Temperaturmessung waren es 18 Schülerinnen und Schüler.

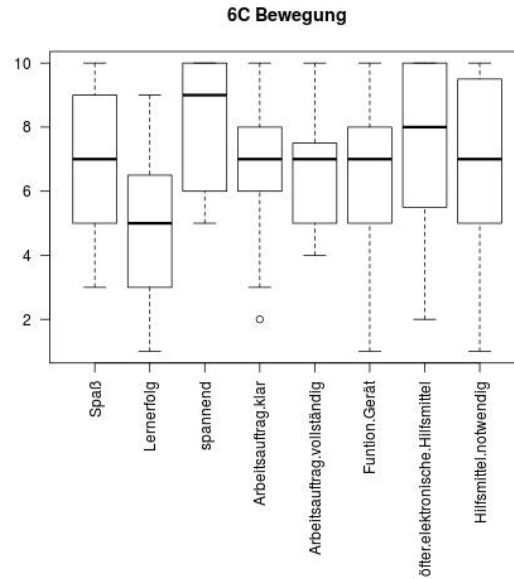


Abbildung 4.7: Ergebnisse aus Schüler- und Schülerinnensicht der Klasse 6C bei den Bewegungsexperimenten

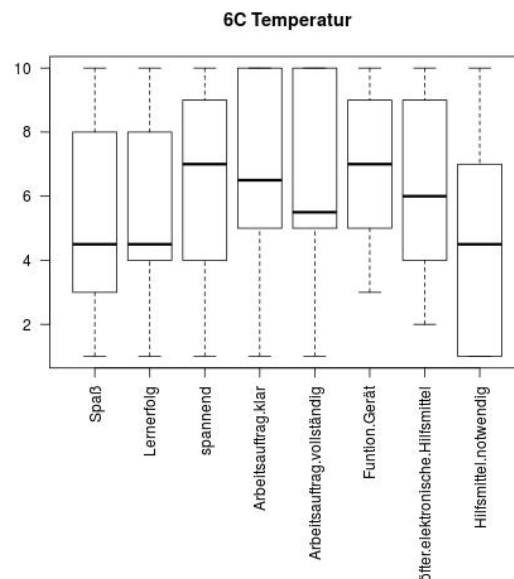


Abbildung 4.8: Ergebnisse aus Schüler- und Schülerinnensicht bei den Temperaturexperimenten

Es fällt auf, dass die Spannweite in den Boxplots größer ist als in den anderen Klassen. Besonders die Ergebnisse zur Temperaturmessung variieren innerhalb der Klasse sehr stark. Die Bewegungsmessung wurde mit durchschnittlichen 7 Punkten bei Spaß und 9 Punkten bei Spannung positiv bewertet. Der Unterschied bei der Bewertung zum Spaß am Experiment ist zwischen der Temperatur- und der Bewegungsmessung recht groß. Bei der Temperaturmessung ergeben sich durchschnittlich nur noch 5 Punkte. Die Funktionsweise

des Geräts wird bei beiden Experimenten ungefähr gleich bewertet. Die mittleren 50 Prozent bewerten das Gerät mit 6-8 Punkten.

Gesamtüberblick

Bei den gesamten Daten gehen die Ergebnisse der Klasse 6C zwei mal ein. Die Schülerinnen und Schüler haben zwei Experimente durchgeführt und auch zwei mal einen Fragebogen ausgefüllt. 17 Schülerinnen und Schüler haben kein Geschlecht angegeben, dies könnte teilweise auch unabsichtlich passiert sein, da die Frage zum Geschlecht dem Fragebogen vorangestellt und nicht nummeriert war.

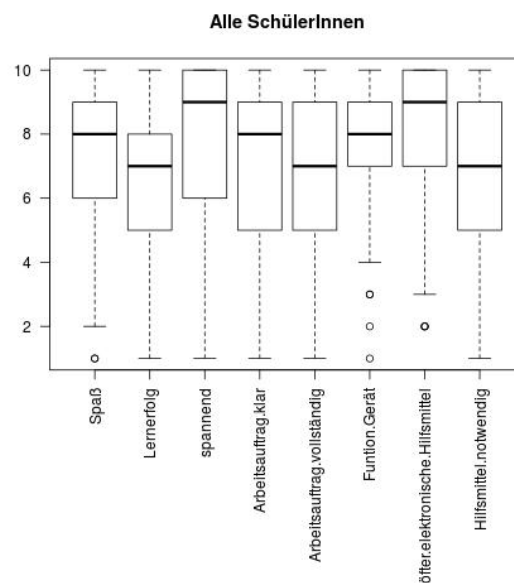


Abbildung 4.9: Überblick über die 89 ausgewerteten Fragebögen

Betrachtet man die Daten aller Schülerinnen und Schüler, so sieht man, dass die Durchschnittswertungen alle über 7 von 10 Punkten liegen. Die Schülerinnen und Schüler finden das Arbeiten mit den Geräten besonders spannend und würden gerne öfter mit elektronischen Hilfsmitteln arbeiten, was durch die arithmetischen Mittel von 9 in den beiden Fragen gesehen werden kann. Die mittleren 50 Prozent der Schülerinnen und Schüler schätzen ihren Lernerfolg zwischen 5 und 8 von 10 Punkten ein. Es gibt sowohl Schülerinnen und Schüler, die sehr gerne mit den Messgeräten arbeiten, als auch Schülerinnen und Schüler die überhaupt nicht gerne mit den Messgeräten arbeiten.

Geschlechtervergleich

38 Schülerinnen und Schüler haben beim Geschlecht weiblich und 34 männlich angekreuzt

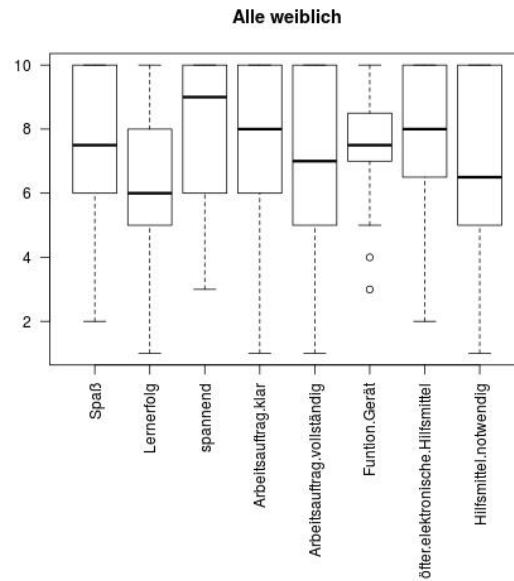


Abbildung 4.10: Überblick über die Ergebnisse der Schülerinnen

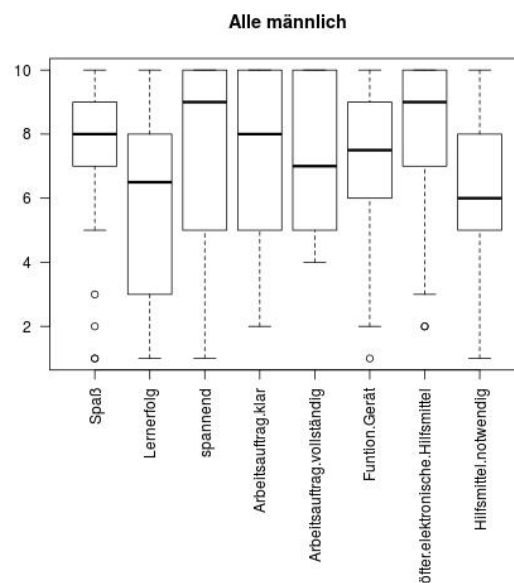


Abbildung 4.11: Überblick über die Ergebnisse der Schüler

Vergleicht man die Ergebnisse von Schülerinnen mit denen von den Schülern, so können nur sehr kleine Unterschiede ausgemacht werden. Die Schüler bewerteten den Spaß am Arbeiten mit den Geräten und die Bereitschaft mit elektronischen Hilfsmitteln zu arbeiten geringfügig höher. Da der Umfang der Untersuchung mit jeweils ungefähr 30 Fragebögen recht klein ist, können diese Unterschiede nicht als signifikant angesehen werden.

4.3.2 Offene Fragen

Die von den Schülerinnen und Schülern gegebenen Antworten wurden in Kategorien zusammengefasst. In der Tabelle findet man eine für die Kategorie typische Antwort und die Häufigkeit, mit der die Antwort gegeben wurde.

Was war besonders schlecht an der Unterrichtsstunde?

Kategorien:	Repräsentative Antwort:	Häufigkeit:
Nichts	Nichts	25
Keine Antwort		17
Zu wenig Zeit	Zu wenig Zeit	9
Zu kleiner Monitor	Der Bildschirm war leider sehr klein!	6
Tastatur fehlt	Es gibt keine Tastatur	5
Gerät ist zu langsam	Das Gerät hat einen langsamen Prozessor. Zu lange Wartezeiten.	4
Komplizierte Bedienung	Man musste sich erst an die bisschen umständliche Steuerung gewöhnen.	4
Technische Mängel	Dass das Gerät manchmal abgestürzt ist.	4
Mitschüler	Nicht alle konnten mitmachen. Diese Person war schlecht.	4
Lob	Ich fand alles ganz gut erklärt und es hat mir sehr viel Spaß gemacht.	3
Verbrannte Finger	Ich hab mich am heißen Wasser verbrannt.	3
Nicht genauer definierte Beschwerden	Es war am Anfang sicherlich schwer.	5

Tabelle 4.2: Übersicht zu den Schülerantworten Frage 1

Es fällt auf, dass mit 25 Schülerinnen und Schülern doch recht viele nichts an der Unterrichtsstunde auszusetzen hatten. Der größte Kritikpunkt bleibt, wie schon in den Ergebnissen aus dem ersten Frageteil auszumachen war, der Zeitmangel. Die Schülerinnen und Schüler hätten sich für ihre Experimente mehr Zeit gewünscht. Viele Schülerinnen und Schüler scheinen an das Messgerät Ansprüche wie an einen üblichen PC zu stellen und hätten sich einen größeren Bildschirm und eine Tastatur gewünscht. Es ist auch ersichtlich, dass es einige technische Probleme gab.

Was war besonders gut an der Unterrichtsstunde?

Kategorie	repräsentative Antwort:	Häufigkeit
Keine Antwort		20
Arbeiten mit modernen Hilfsmitteln	Das Arbeiten mit modernen Messgeräten	12
Alles	Alles	10
Selbstständiges Arbeiten	Selbstständiges Arbeiten	9
Abwechslung zum normalen Unterricht	Es hat sich sehr vom normalen Unterricht unterschieden	7
Spaß	Es hat sehr viel Spaß gemacht.	5
Lob für einzelne Schülerinnen und Schüler	Ich, Schülernamen	5
Gruppenarbeit	Wir durften in Gruppen arbeiten, das finde ich sehr gut.	4
Lernerfolg	Wir haben ein gutes Ergebnis bekommen	4
Lob für die Geräte	Dass die Geräte sehr gut waren	4
Experimentiergerät	Man konnte mit dem gelben Fahrzeug herumfahren	3
Hilfestellung	Falls man sich nicht ausgekannt hat, wurde sofort erklärt, wie eine Aufgabe geht.	2
Praxisnähe	praktisches Anwenden von theoretischen Sachen	1
Auslagerung an das Gerät	Dass wir es nicht selber berechnen mussten, sondern das Gerät hat es für uns getan.	1
Arbeitsklima	Die Unterrichtsstunde war sehr leise	1
Nichts	Nichts	1

Tabelle 4.3: Übersicht zu den Schülerantworten Frage 2

Die Schülerinnen und Schüler haben die Messgeräte als modern empfunden. Das selbstständige Arbeiten in Kleingruppen scheint ebenfalls sehr beliebt zu sein. Die Abwechslung zum Regelunterricht und das Experimentieren wurde von den Schülerinnen und Schülern als Bereicherung empfunden.

Fasse kurz zusammen was du heute gelernt hast!

Kategorie:	Repräsentative Antwort:	Häufigkeit:
Keine Antwort		29
Umgang mit dem Gerät	Wie man mit dem Mini-Computer umgeht/anschließt	16
Messung einer Größe mit Gerät	Wie man elektronisch Temperatur misst	8
Erkenntnisse zur Temperaturmessung	Heißes Wasser in einem Metallbecher kühlt schneller ab als in einem Styroporbecher. Den Tee kann man am schnellsten trinken wenn man nach 3 Minuten kaltes Wasser hinzugibt	5
Erkenntnisse zur Bewegungsmessung	Der Unterschied zwischen gleich- und ungleichförmiger Bewegung, wie sehr die Geschwindigkeit von Strecke und Zeit abhängt	5
Hantieren im Experiment	Dass man sich bei dem Bewegen des Fahrzeugs auf sein Bauchgefühl verlassen muss. „Wasser macht Aua wenn Hitze“	5
Nichts	Da gibt es eigentlich nichts, was ich gelernt habe, ich wusste schon vieles.	4
Lesen von Graphen	Aus dieser Stunde habe ich gelernt, Diagramme viel genauer zu interpretieren und nachzustellen	4
Bedeutung elektronischer Hilfsmittel	Dass technische Hilfsmittel sehr hilfreich sein können	4
Schwierigkeiten mit Bedienung	Geräte ohne Tastatur sind schwer zu bedienen	4
Geschwindigkeit berechnen	Ich habe gelernt wie man die Formel „ $s=vt$ “ im normalen Leben anwenden kann.	2
Selbsteinschätzung	Dass ich der Beste bin	1
Sonstiges	Dass viele mit der Schwerkraft nicht klarkommen	1

Tabelle 4.4: Übersicht zu den Schülerantworten Frage 3

Viele Schülerinnen und Schüler sahen das Anschließen und Verwenden der Messgeräte als einen Lerninhalt an. Das elektronische Messen selbst wird als Gelerntes beschrieben. Einige Schülerinnen und Schüler beschreiben physikalische Erkenntnisse, im Zusammenhang mit dem Lesen von Graphen, die sie in der Stunde gewonnen haben.

4.3.3 Videoanalyse

Aufgenommen wurden eine Stunde in der 6c, eine in der 4d und die Stunde in der 3. Klasse. In jedem der Arbeitsblätter, mit denen die Schüler gearbeitet haben, gab es einen

einführenden Teil, der von den Schülern gelesen und bearbeitet werden sollte. Dieser Abschnitt wird in den Zeitverteilungen mit „theoretische Vorfragen“ bezeichnet. Unter „Organisatorisches“ wird das Eintreffen der Schüler im Physiksaal und die Erklärung des Projektes zusammengefasst. Unter „Messgerät anschließen“ ist das Zusammenfügen der Einzelbestandteile des Messgeräts gemeint. Die Vorbereitung des Versuchs (bei den Temperaturexperimenten die Vorbereitung des heißen Wassers und bei den Bewegungsmessungen der Aufbau der Schiene) wird als „Versuch aufbauen“ geführt. Die Arbeitszeit, in der die Messungen durchgeführt wurden, wird mit „Aufnahme der Daten“ bezeichnet. In der dritten Klasse gibt es noch den Punkt „Berechnung und Auswertung“. Damit ist die Zeit nach Beendigung der Messung gemeint, in der die Schülerinnen und Schüler die Fragen zu den Messungen beantwortet haben. Hier nun ein Überblick über die aus den Videos entnommene Zeitaufteilung in den Unterrichtsstunden:

Zeitverteilung 3a

Abschnitt	Minuten
Organisatorisches	4
Theoretische Vorfragen	8
Angeleiteter technischer Aufbau	6
Lesen und Interpretieren der Aufgabenstellung	10
Aufnahme der Daten	15
Berechnung und Auswertung	8
Aufräumen und Fragebogen	4

Tabelle 4.5: Zeitverteilung Klasse 3a



Abbildung 4.12: Überblick über die Zeitaufteilung der Unterrichtseinheit in der 3a

Bis alle Schülerinnen und Schüler im Physiksaal waren, waren bereits 4 Minuten der Unterrichtszeit vergangen. Für die Vorfragen wurde eine genaue Zeitvorgabe gemacht, an die sich die Schülerinnen und Schüler auch hielten. Durch das Vorzeigen des Aufbaus an der Tafel gelang es allen Gruppen innerhalb von 6 Minuten die Geräte bis zur Einsatzfähigkeit aufzubauen. In der dritten Klasse dauerte es mit 10 Minuten Lesezeit recht lange, bis die Schülerinnen und Schüler verstanden hatten, was sie machen mussten. Nach 28 Minuten wurde mit den Messungen begonnen. Mit der Aufnahme der Daten waren die meisten Schülerinnen und Schüler bereits vor Stundenende fertig. Mit dem Aufräumen der Messgeräte wurde über das Stundenende hinaus gearbeitet.

Zeitverteilung 4d

Abschnitt	Minuten
Organisatorisches	5
Theoretische Vorfragen	5
Messgerät anschließen	8
Versuch aufbauen	5
Aufnahme der Daten	24
Speichern und Aufräumen	5

Tabelle 4.6: Zeitverteilung Klasse 4d

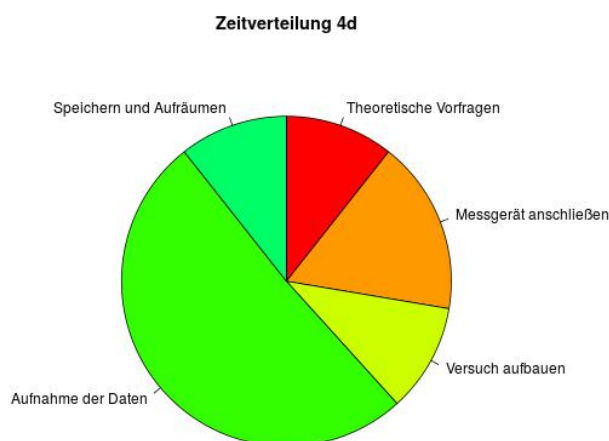


Abbildung 4.13: Überblick über die Zeitaufteilung der Unterrichtseinheit in der 4d

In der 4. Klasse waren die meisten Schülerinnen und Schüler nach 23 Minuten mit den Vorbereitungen fertig und fingen an zu messen. Dadurch, dass es keine Vorgaben gab, wie

genau eine Messung mit den Vorlagen übereinstimmen sollte, perfektionierten viele Gruppen ihre Messung zur ersten Vorlage so lange, bis die gesamte Unterrichtszeit verbraucht war. Der für die Messung verfügbare Zeitanteil war in der Stunde hoch. Das Anschließen des Messgeräts und das Aufbauen des Versuches dauerte 12 Minuten.

Zeitverteilung 6c

Abschnitt	Zeit
Organisatorisches	7
Theoretische Vorfragen	4
Messgerät anschließen	6
Versuch aufbauen	12
Aufnahme der Daten	21
Aufräumen	2

Tabelle 4.7: Zeitverteilung Klasse 6c



Abbildung 4.14: Überblick über die Zeitaufteilung der Unterrichtseinheit in der 6c

Bis mit der Messung begonnen werden konnte vergingen in der sechsten Klasse 29 Minuten. Die Schülerinnen und Schüler brauchten im Vergleich zur 3. Klasse länger für den Aufbau, weil sie die Anleitung selber lesen mussten.

Vergleich der Zeitverteilung

Betrachtet man die verschiedenen Zeitverteilungen, so fällt auf, dass die Aufnahme der Messdaten bei den Bewegungsexperimenten um einiges länger gedauert hat. Die Schüler

wollten ihre Messergebnisse optimieren. Bei den im Einzelnen länger dauernden Temperaturmessungen wurde nur eine Messung durchgeführt. Es ist auch zu sehen, dass das Aufbauen des Messgerätes in angeleiteter Form weniger Zeit beansprucht.

4.3.4 Auswertung der Protokolle

Protokolle wurden nur in den Klassen 3a, 4d und 6c geschrieben. In der 4b Klasse gehörte das durchgeführte Experiment zu einer Versuchsreihe und wurde nicht mit ausgewertet.

Die Protokolle in der vierten und sechsten Klasse waren offene Protokolle. Für die vierte Klasse wurde eine digitale Vorlage vorgegeben, die die Schülerinnen und Schüler ausfüllen sollten. Die sechste Klasse sollte sich an die üblichen Protokollstandards der Schule halten. In der dritten Klasse bestand das Protokoll aus dem Komplettieren des Arbeitsblattes, wofür die Schülerinnen und Schüler zusätzlich zu ihrer Experimentierstunde eine weitere Unterrichtsstunde Zeit hatten. Insgesamt wurden aus den drei angeführten Klassen 41 Protokolle abgegeben. Für die Auswertung wurden Kategorien gebildet, nach denen die Protokolle ausgewertet wurden. Aufgrund der Verschiedenheit der Protokolle sind die Ergebnisse für die einzelnen Klassen angeführt. Hier soll kurz geklärt werden, wie die Kategorien in den einzelnen Klassen bewertet wurden.

Schülerinnen und Schüler haben Aufgabenstellung verstanden: Als verstanden wurden Aufgaben dann gewertet, wenn die Schüler und Schülerinnen die Experimente in der beschriebenen Art und Weise durchgeführt haben.

Es gelingt den Schülerinnen und Schülern elektronisch Daten zu erfassen: Diese Kategorie wurde in der vierten und sechsten Klasse als erfüllt gewertet, wenn es den Schülern und Schülerinnen gelungen ist, ein mit den Messgeräten aufgezeichnetes Messdiagramm in ihr Protokoll zu integrieren. Bei den dritten Klassen wurde das Kriterium als erfüllt gewertet, wenn die Schüler und Schülerinnen die vorgegebene Tabelle mit Messdaten befüllt hatten.

Schülerinnen und Schüler stellen Vermutungen auf und dokumentieren diese: Um diese Kategorie zu erfüllen, mussten die im theoretischen Teil gestellten Fragen richtig beantwortet werden. Bei den Bewegungsexperimenten war dies die Analyse der Graphen, wo beispielsweise beantwortet werden musste, in welchem Abstand der Wagen vom Sensor starten sollte oder nach welcher Zeit er laut Diagramm losfahren muss. Für die dritten Klassen war es die Verschriftlichung einer Vermutung zum Ausgang des Experiments.

Schülerinnen und Schüler machen fachlich richtige Beobachtungen: Als fachlich richtige Beobachtungen wurden einfache beobachtbare Erkenntnisse gewertet. Ein Beispiel dafür aus der dritten Klasse wäre: Das richtige Ablesen der Temperaturdifferenzen oder „Das Wasser kühlt im Becher, der im Wasserbad steht schneller ab.“ Bei den

Bewegungsaufgaben wurden Beschreibungen der Bewegungen wie „Man lässt den Wagen von dem Punkt 15cm starten und nach 5 Sekunden fahren lassen, mit 3cm/s. Der Wagen ist 15 Sekunden in Bewegung, nach 15 Sekunden Fahrzeit stoppt der Wagen bei 60 cm“ als richtige Beobachtungen gewertet.

Schülerinnen und Schüler geben fachlich richtige Erklärungen ab: Diese Kategorie wurde als erfüllt gewertet, wenn die Schüler und Schülerinnen nicht beobachtbare, fachlich richtige Verbindungen herstellten. Ein Beispiel dafür aus der dritten Klasse wäre: „Das Wasser im Styroporbecher kühlt langsamer, da der Styroporbecher besser isoliert.“ Beim Nachgehen der Bewegungsgraphen wurde die Beschreibung und Begründung der Abweichungen des nachgestellten Graphen von der Vorlage als eine richtige Erklärung gewertet.

Schülerinnen und Schüler reflektieren ihren Lernprozess vor dem Hintergrund ihrer eigenen Vermutungen: Als reflektiert wurde der Lernprozess angesehen, wenn die Schülerinnen und Schüler ihre eigenen Vermutungen mit ihren Erkenntnissen verglichen haben. Die Darstellung neu gewonnener Erkenntnisse und Vergleiche, wie beispielsweise „Das genaue Nachstellen einer beschleunigten Bewegung ist viel schwieriger als das einer gleichförmigen Bewegung“ wurde als reflektierter Lernprozess gewertet.

Kategorie	3a	4d	6c
Anzahl abgegebener Protokolle	21	6	14
Schülerinnen und Schüler haben Aufgabenstellung verstanden	21	6	13
Es gelingt den Schülerinnen und Schülern, elektronisch Daten zu erfassen	21	5	13
Schülerinnen und Schüler stellen Vermutungen auf und dokumentieren diese	11	3	11
Schülerinnen und Schüler machen fachlich richtige Beobachtungen	13	4	12
Schülerinnen und Schüler geben fachlich richtige Erklärungen ab	10	0	8
Schülerinnen und Schüler reflektieren ihren Lernprozess vor dem Hintergrund ihrer eigenen Vermutungen	7	0	3

Tabelle 4.8: Auswertung der Schülerprotokolle

Bei den Protokollen fällt auf, dass es nahezu allen Schülerinnen und Schülern gelingt, Daten aufzunehmen, aber nur wenige Schülerinnen und Schüler auch Erkenntnisse aus den Daten gewinnen können. Die Auseinandersetzung mit den Ergebnissen ist in den Unterrichtsstunden zu kurz gekommen, was auch anhand der Zeitaufteilung in den Unterrichtsstunden eingesehen werden kann.

4.3.5 Lehrerinterview

Hier ein kurzes Interview vom 20.01.2015 mit dem Lehrer, in dessen Unterrichtsstunden die Geräte getestet wurden.

1. **Haben Sie vor den Unterrichtsstunden mit dem Raspberry Pi bereits elektronische Hilfsmittel im Unterricht eingesetzt? Haben Sie in Ihrer Ausbildung elektronische Messwerterfassungssysteme kennen gelernt? Welche Geräte haben sie verwendet? Was steht Ihnen in Ihrer Schule zur Verfügung?**

Ich habe vorher keine elektronischen Hilfsmittel im Unterricht eingesetzt, hatte aber vor, die Arduino-Plattformen (OpenSource) für den Unterricht zu testen. In meiner Ausbildung habe ich das U-Lab kennengelernt, das hat mich aber nicht wirklich beeindruckt. In unserer Schule stehen keine Geräte zur Verfügung.

2. **Hatten Sie den Eindruck, dass das Arbeiten mit den Geräten für die Schülerinnen und Schüler insgesamt sinnvoll war? Was ist Ihnen negativ aufgefallen? Was ist Ihnen positiv aufgefallen?**

Ja!

Negativ:

- Die technische Einarbeitungszeit ist im Verhältnis zum eigentlichen Experimentieren relativ lange, wenn die Schülerinnen und Schüler den Umgang mit derartigen Systemen nicht gewohnt sind.
- Selbstgesteuerte Unterrichtsmethoden nehmen i.d.R. mehr Zeit in Anspruch.

Positiv:

- Die Schülerinnen und Schüler verlieren die Angst vor der Technik.
- Die Schülerinnen und Schüler sehen, dass man mit Computern mehr als nur spielen kann.
- Die Schülerinnen und Schüler können mehr als nur messen im Sinne von Werte ablesen (sondern ausprobieren, Messparameter variieren, ...).
- Die Schülerinnen und Schüler erkennen funktionale Zusammenhänge.
- Die Schülerinnen und Schüler haben Spaß beim selbständigen Arbeiten.
- Die Schülerinnen und Schüler können eigene Gedankengänge entwickeln und sofort testen.

3. **Wie haben die Messgeräte in Ihren Augen funktioniert? Gab es viele Ausfälle bei den Geräten? Sind die Messgenauigkeiten der Geräte brauch-**

bar? Ist das Anschließen der Geräte den Schülerinnen und Schülern zumutbar? Wie war die Bedienung der Messprogramme? Glauben Sie, dass die Geräte auch langzeittauglich sind?

Die Geräte haben grundsätzlich gut funktioniert. Soweit ich mich erinnere gab es einen Ausfall. Die Brauchbarkeit der Geräte für den Unterricht hängt natürlich wesentlich von der Zuverlässigkeit bzw. Ausfallsicherheit ab. Im Unterricht ist i.d.R. (zu) wenig Zeit für technisches Troubleshooting. Es müssten immer Ersatzgeräte vorgehalten werden. Das Anschließen ist den Schülerinnen und Schülern zumutbar, insbesondere da bei mehrmaligem Einsatz das Anschließen ja nicht jedesmal neu erlernt werden muss und bei ein wenig Übung recht zügig gehen sollte. Die Bedienung war in Ordnung, lediglich für das Abspeichern ist das Arbeiten ohne Tastatur ein wenig mühsam. Bezüglich Langzeittauglichkeit fehlen mir Erfahrungswerte – ich weiß es nicht.

4. **Was war der Hauptbestandteil des Unterrichts mit den Messgeräten? Würden Sie sagen, dass die Schülerinnen und Schüler neue physikalische Erkenntnisse gemacht haben? Waren die Schülerinnen und Schüler ausschließlich mit der Bedienung der Messgeräte beschäftigt?**

Der Umgang mit den Geräten hat zwar viel Zeit gekostet, diese würde aber mit jedem weiteren Einsatz geringer werden. Es ist auf jeden Fall genug Zeit für physikalische Erkenntnisse geblieben.

5. **Wie war das Unterrichtsklima im Vergleich mit anderen Stunden ohne Computereinsatz?**

Neues macht immer neugierig. Die Schülerinnen und Schüler waren schon alleine deshalb motiviert. Das Unterrichtsklima war insgesamt sehr positiv und ist mit anderen Unterrichtssequenzen, in welchen die Schülerinnen und Schüler (ohne Computereinsatz) selbständig arbeiten, vergleichbar oder geringfügig besser.

6. **Würden Sie gerne öfter derartige Messgeräte in Ihrem Unterricht verwenden? Warum ja? Warum nicht? Wie würden Sie sie einsetzen?**

Ja! Ich finde, dass der Einsatz technischer Hilfsmittel in einer AHS viel zu kurz kommt. Das Fach Physik bietet sich zwangsläufig dafür an. Außerdem bin ich davon überzeugt, dass bei derartigen Messaufgaben zusätzliche physikalische Erkenntnisse gewonnen oder vertieft werden können. Auch die Herausforderungen realer Experimente können dadurch besser eingesehen und verstanden werden. Ich würde sie unter bestimmten Voraussetzungen sehr gerne einsetzen. Wichtig ist z.B., dass durch den Einsatz elektronischer Hilfsmittel die Vor- und Nachbereitungszeit des Unterrichts nicht deutlich verlängert werden. Mit anderen Worten: Der Einsatz muss im Rahmen des Schulalltags logistisch praktikabel sein.

7. **Halten Sie es für möglich eine ganze Klasse, die mit den Geräten arbe-**

tet, alleine zu betreuen?

Wenn die Klasse die Geräte das erste Mal benutzt, ist das sicher schwierig. Die Schülerinnen und Schüler lernen hier aber schnell und wenn sie einmal mit dem Gerät vertraut sind, ist das bei wiederholtem Einsatz im Unterricht in den Folgestunden sicher möglich.

8. War der betriebene Vorbereitungsaufwand für die Experimente im Rahmen der üblichen Vorbereitungszeit?

Der Vorbereitungsaufwand war geringfügig über dem üblichen Aufwand. Das ließe sich aber u.U. optimieren, wenn man einen dauerhaften Einsatz plant.

9. Welchen Eindruck hatten Sie von den Arbeitsblättern? Was davon hat funktioniert? Was hat nicht funktioniert? Was würden Sie ändern? Wie war das Zeitmanagement?

Die Arbeitsblätter waren sehr brauchbar. Insgesamt haben die Schülerinnen und Schüler aber für alles viel länger gebraucht als geplant war. Für einen optimalen Einsatz wären sicher Doppelstunden sinnvoll.

10. Ihr Gesamtfazit zum Projekt?

Ich halte das Projekt insgesamt für sehr wichtig und bin davon überzeugt, dass derartige elektronische Hilfsmittel im Physik-Unterricht sinnvoll eingesetzt werden können.

Der Lehrer glaubt insgesamt an die Sinnhaftigkeit des Einsatzes der getesteten Geräte im Unterricht. Der Arbeitsaufwand mit den Geräten sei geringfügig höher, würde sich aber bezahlt machen. Er hält die Geräte für funktionstüchtig und ihren Einsatz, trotz der hohen Einarbeitungszeit, für praktikabel.

4.3.6 Anregungen für Verbesserungen

In der dritten Klasse wurde das Anschließen der Geräte an der Tafel Schritt für Schritt vorgezeigt. Die Schülerinnen und Schüler mussten keine Anleitung lesen und das Starten der Geräte ging somit schneller. Dies könnte auch in den höheren Klassen sinnvoll sein. In der dritten Klasse wurde für die nicht zur Messung gehörenden theoretischen Fragen eine genaue Zeitvorgabe gegeben. Auch dies wäre im Nachhinein betrachtet in den anderen Klassen sinnvoll gewesen.

Die Schülerinnen und Schüler beschäftigten sich bei der Bewegungsmessung sehr lange mit einzelnen Vorlagen, um ihre Messungen zu verbessern. Man sollte darauf hinweisen, dass es wichtiger ist mehrere verschiedene Bewegungen aufzuzeichnen, anstatt eine Aufzeichnung zu perfektionieren.

4.4 Analyse und Interpretation der Daten

1. Funktionieren die Geräte aus technischer Sicht?

Die Funktionsweise des Messgeräts wurde als gut eingestuft. Die mittleren 50 Prozent der Schülerinnen und Schüler vergaben für die Funktionsweise zwischen 7 und 9 von 10 möglichen Punkten. Obwohl einige Schülerinnen und Schüler dem Einsatz von elektronischen Hilfsmitteln skeptisch gegenüber zu stehen scheinen, befürwortet der Großteil den Einsatz und würde gerne öfter mit ihnen arbeiten. In den 41 ausgewerteten Protokollen gelang es 39 TeilnehmerInnen Daten mit dem Messgerät aufzunehmen und in ihre Auswertung zu integrieren. Dies spricht dafür, dass die technische Handhabung den Schülerinnen und Schülern keine großen Schwierigkeiten bereitet haben dürfte.

2. Wollen Schülerinnen und Schüler mit derartigen elektronischen Hilfsmitteln arbeiten?

Anhand der Fragebögen lässt sich erkennen, dass die Schülerinnen und Schüler sehr gerne mit den elektronischen Messwerterfassungsgeräten gearbeitet haben. In den Unterstufenklassen fällt auf, dass es kaum Schülerinnen und Schüler gibt, die die Unterrichtsstunde nicht als spannend eingestuft hätten. Bei Durchschnittswerten von 8 auf die Frage ob die Schülerinnen und Schüler Spaß hatten, bei 9 auf die Frage, ob sie die Unterrichtsstunde spannender als den Regelunterricht fanden und 9 auf die Frage ob sie öfter elektronische Hilfsmittel benutzen möchten, kann man von eindeutigen Ergebnissen sprechen.

3. Können Schülerinnen und Schüler das Gerät bedienen? Sind die Schülerinnen und Schüler in der Lage, Daten aufzunehmen und in eigene Ausarbeitungen zu integrieren?

Der Großteil der Schülerinnen und Schüler hat den Arbeitsauftrag verstanden, wobei die meisten mit angeleiteten Arbeitsblättern, ihre Arbeitsaufträge nur als teilweise erfüllt einstufen. Die vierte Klasse, welche in der Experimentierstunde ausschließlich eine beschleunigte und eine gleichförmige Bewegung messen sollte, betrachtete ihren Arbeitsauftrag als vollständig erfüllt. Aus den Schülerprotokollen geht hervor, dass die Schüler wussten, was gemessen werden sollte. Es gelang ihnen auch Messungen durchzuführen und die Daten in die Protokolle einzubinden.

4. Für welche Altersstufe eignen sich die Geräte? Ist es bereits in der Unterstufe möglich mit den Schülerinnen und Schülern Experimente mit den Geräten durchzuführen?

Die technische Handhabung scheint den Schülerinnen und Schülern auch in der Unterstufe keine größeren Probleme zu bereiten. Aus den Protokollen der 3.Klasse kann

gesehen werden, dass das Ablesen und Übertragen der gemessenen Daten vom Messgerät auf Papier keine Hürde für die Schülerinnen und Schüler darstellte. Vergleicht man die Ergebnisse der 6. Klasse mit jenen der Unterstufenklassen, so scheinen die jüngeren Schülerinnen und Schüler sogar lieber mit den Messwerterfassungssystemen zu arbeiten.

5. Gibt es geschlechterspezifische Unterschiede im Umgang mit den Geräten?

Die Daten aus dem Fragebogen lassen nicht darauf schließen, dass es Unterschiede zwischen den Geschlechtern im Umgang mit den Geräten gäbe. Die geschlechterspezifische Auswertung der Boxplots ist nahezu identisch.

6. Ergibt sich durch den Einsatz der Geräte ein Mehrwert für den Unterricht?

Der Lernerfolg wird von den Schülerinnen und Schülern verschieden eingestuft. Im Mittel ergeben sich bei den Schülerinnen- und Schüler-Aussagen immerhin noch 7 von 10 möglichen Punkten, jedoch gibt es viele Probanden, die ihren Lernerfolg als niedrig einstufen. Sehr interessant sind die Aussagen der Schülerinnen und Schüler zu ihrem Lernzuwachs im offenen Frageteil. In der Zusammenfassung des in der Stunde Gelernten geben 16 Schülerinnen und Schüler den Umgang mit dem Messgerät an. Acht Schülerinnen und Schüler beschreiben das Messen selbst als Lernerfolg. 14 Schülerinnen und Schüler beschreiben physikalische Erkenntnisse und das Lesen von Graphen als ihren Lernerfolg. Der Lehrer führt als Vorteile des Einsatzes der Messgeräte das Erlernen des Umgangs mit technischen Hilfsmitteln, das selbstständige Arbeiten und das schnelle Feedback zum Entwickeln eigener Gedankengänge als Vorteile an.

7. Ist der Einsatz der Geräte im Unterricht praktikabel? Schafft ein/e LehrerIn allein die Betreuung einer ganzen Klasse?

Der Lehrer, in dessen Unterrichtsstunden die Experimente durchgeführt wurden, schätzt die Vorbereitungszeit zum Einsatz der Geräte im Rahmen des Schulalltags ein. Er glaubt, dass die Schülerinnen und Schüler nach einer Einarbeitungsphase auch weniger Zeit zum Aufbau der Geräte benötigen würden und schätzt die Geräte als für den Schulalltag brauchbar ein.

8. Wie viel Zeit wird für das Aufbauen der Geräte verwendet?

Das Anschließen der Geräte dauerte in den gefilmten Unterrichtsstunden 6-8 Minuten. Mit den Vorfragen und dem Lesen der Anleitungen konnte in allen Klassen ungefähr nach 25 Minuten mit dem Messen begonnen werden.

9. Entsteht durch die Verwendung der Geräte neuer Zeitspielraum, der zur Interpretation genutzt werden kann?

Betrachtet man die aus der Videoanalyse hervorgehende Zeitaufteilung des Unter-

richts, sind die Aussagen der Schülerinnen und Schüler, in denen sie sich über zu wenig Zeit beklagen, durchaus nachvollziehbar. Durch die Vorüberlegungen, das Lesen der Aufgabenstellung und den Aufbau der Experimente konnte in allen Klassen, in denen die Unterrichtszeit ausgewertet wurde, erst nach circa der Hälfte der Unterrichtseinheit mit der Aufnahme der Messdaten begonnen werden. Für die Interpretation und Auswertung der Messdaten blieb im Unterricht kaum noch Zeit. Es ist verständlich, dass bei vielen Schülerinnen und Schülern der Eindruck bleibt, das Messen an sich sei der zu vermittelnde Fachinhalt, da sie sich im Unterricht hauptsächlich damit beschäftigten. Eine Möglichkeit dem entgegen zu wirken wäre sicherlich, den Schülerinnen und Schülern mehr Zeit zu geben. Man könnte die Experimente in einer Doppelstunde durchführen oder in der vorhergehenden Unterrichtseinheit eine halbe Stunde Vorüberlegungen mit den Schülerinnen und Schülern anstellen. In der getesteten Form waren die Aufgabenstellungen für die Schülerinnen und Schüler zu umfangreich, um die Daten in der gleichen Lerneinheit zu analysieren. Die erhoffte Zeiteinsparung beim Messen, um mehr Zeit für Interpretation und Auswertung zur Verfügung zu haben, ist nicht eingetreten. Es wurden allerdings keine vergleichbaren Experimente mit Maßband, Stoppuhr und Thermometer durchgeführt. Daher ist es schwierig von einer Einsparung zu sprechen, wenn nicht klar ist, wie lange die Schülerinnen und Schüler für eine ähnliche Messung ohne elektronische Hilfsmittel brauchen würden. Durch die Auswertung der Protokolle kann ebenfalls auf ein Defizit bei der Interpretation der aufgenommenen Daten geschlossen werden. In den 41 ausgewerteten Protokollen gelang es 39 TeilnehmerInnen Daten mit dem Messgerät aufzunehmen und in ihre Auswertung zu integrieren. In 29 Ausarbeitungen werden richtige Beobachtungen gemacht, wobei es aber nur wenigen gelingt, aus den gemessenen Daten physikalische Erkenntnisse zu gewinnen. Um bessere Ergebnisse zu erhalten, könnte man hier konkreter anleiten oder die Protokolle im Unterricht mit den Schülerinnen und Schülern schreiben, um so individuell im Analyseprozess zu unterstützen.

10. Wie kann der Einsatz der Geräte verbessert werden?

Bei den offenen Fragen beklagten sich die Schülerinnen und Schüler über zu wenig Zeit. Der kleine Bildschirm und das Fehlen einer Tastatur störte auch einige Probanden. Die Bedienung wurde von vier Schülerinnen und Schülern als zu kompliziert eingestuft. Positiv erwähnten die TeilnehmerInnen vor allem das Arbeiten mit modernen Messgeräten, die selbstständige Arbeit und die Abwechslung zum Regelunterricht. Im offenen Teil des Fragebogens überwiegt das Lob gegenüber der Kritik. Der Lehrer schlägt zur Verbesserung des Einsatzes der Messwerterfassungssysteme ihren Einsatz in Doppelstunden vor.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Messgeräte im Unterricht gut funktioniert haben. Über die Lernwirksamkeit kann anhand der durchgeführten Studie keine wertende Aussage gemacht werden. Dazu wäre es für die Zukunft sicherlich interessant, eine Vergleichsstudie mit anderen Messgeräten beziehungsweise mit dem Regelunterricht durchzuführen. Für den Unterricht waren die Experimente aus Schüler- und Lehrersicht eine Bereicherung. Für weitere Einsätze sollten die Aufgabenstellungen dem Arbeitstempo der Schülerinnen und Schüler und der zur Verfügung stehenden Zeit angepasst werden. Es wäre sicherlich auch spannend zu beobachten, ob sich die Geräte bei einem Einsatz über einen längeren Zeitraum in einer Schule bewähren können.

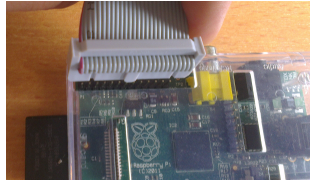
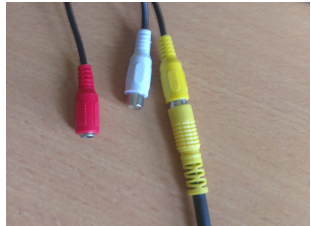
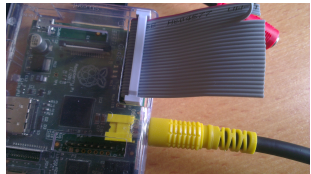
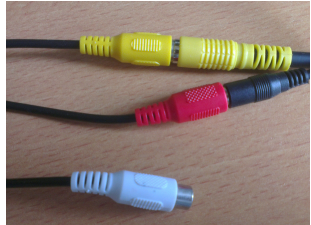
Technisch gibt es noch einen großen Erweiterungsspielraum für das Messgerät. Denkbar wäre es weitere Sensoren, wie beispielsweise eine Spannungsmessung zur Kennlinienaufzeichnung oder einen Kraftsensor zu realisieren. Es wäre auch möglich die Geräte über Ethernet oder WLAN in ein Schulnetz einzubinden, um die Daten nach Messende direkt auf die Schülerlaufwerke oder Online-Speicher zu übertragen. Falls man die Raspberry Pis mit größeren Bildschirmen betreiben würde, wären auch Online-Arbeitsanleitungen, die direkt am Messgerät gelesen und dann ausgeführt werden könnten, denkbar. Softwaretechnisch könnte man für die Bewegungsmessung Geschwindigkeit und Beschleunigung in die Graphik eintragen oder eine Echtzeitdarstellung realisieren. Eine graphische Darstellung der Daten ohne die Verwendung von Gnuplot wäre sicherlich auch möglich. Die Bedienoberfläche der Programme könnte vereinfacht werden und man könnte die verschiedenen Messprogramme zu einem einzelnen Programm zusammenfassen, welches abhängig davon, welcher Sensor angeschlossen wird, reagiert.

Am 2. Februar 2015 wurde ein neues Modell des Raspberry Pis vorgestellt. Bei gleich bleibendem Preis liefert der Raspberry Pi 2 die sechsfache Leistung und den doppelten Arbeitsspeicher. Dies könnte für den Bau von derartigen Messgeräten eine große Bedeutung haben. Man könnte die Rechner auch für das Protokollieren oder die Auswertung der Daten mit einem Tabellenkalkulationsprogramm verwenden. Auch ein Einsatz für Geometrieprogramme oder CAS könnte dadurch ermöglicht werden.

6 Anhänge

6.1 Betriebsanleitung

Anschlussanleitung

1. Stecke das graue breite Kabel des Sensors an den vielen kleinen Pins des Raspberry Pis(Messgerät in durchsichtigem Plastikgehäuse) an. Hinweis: Das rote Kabel am Stecker muss sich ganz außen auf der gleichen Seite wie die SD Karte befinden!	
2. Verbinde nun das gelbe Videokabel mit dem gelben Kabel vom Bildschirm.	
3. Das andere Ende wird an die gelbe Videoschnittstelle des Pis (befindet sich neben dem Sensoranschluss) angeschlossen.	
4. Nun wird der Bildschirm mit Strom versorgt. Dazu wird das Ladegerät mit dem runden Stecker mit dem roten Kabel des Bildschirmes verbunden und in die Steckdose ins Stromnetz eingesteckt. Der weiße Anschluss vom Bildschirm bleibt frei.	
5. Stecke die Maus per USB an den Raspberry.	
6. Als letztes muss noch der MicroUSB- Stecker an den Raspberry gesteckt werden. Sobald das Ladekabel in der Steckdose eingesteckt wird startet das Messgerät. Durch klicken auf das entsprechende Programm am Desktop kann jetzt eine Messung gestartet werden.	

Bedienung der Messprogramme

Abstandsmessung mit Vorlage

1. Schließe den Abstandssensor an den Raspberry Pi an.
2. Starte das Programm durch Doppelklick auf das Symbol „Abstandsmessung mit Vorlage“ am Desktop
3. Stelle das gewünschte Messintervall durch verschieben des Balkens neben dem Feld ein. Durch einmaliges Klicken mit der Maus rechts oder links vom Regler wird das Intervall um 1 geändert
4. Stelle die gewünschte Anzahl von Messungen durch verschieben des Balkens neben dem Feld ein. Durch einmaliges Klicken mit der Maus rechts oder links vom Regler wird das Intervall um 1 geändert
5. (optional) Häkchen im Feld Messung live anzeigen entfernen um Messung für kleine Messintervalle nicht im Programm zu aktualisieren.
6. Eine Vorlage auswählen
7. Starte die Messung durch Klicken auf den „messen“ Knopf
8. Messung durchführen und Beendigung der Messung bestätigen
9. Messdaten unter dem der Vorlage entsprechenden Namen betrachten und auswerten. Hier wird nun auch der Graph der Vorlage mit dargestellt. Für Vorlage 3 findet man den Graph in „abstand_mit_vorlage3.jpg“ und die Tabelle in „abstand_mit_vorlage3.dat“
10. Messdaten zum Speichern verschieben. Schließe Fenster durch Rechtsklick in der Taskleiste.

Temperaturmessung 2 Sensoren

1. Schließe den Temperatursensor an den Raspberry Pi an.
2. Starte das Programm durch Doppelklick auf das Symbol „Temperatur 2 Sensoren“ am Desktop
3. Positioniere den roten und den blauen Sensor dort wo du messen möchtest
4. Stelle das gewünschte Messintervall durch verschieben des Balkens neben dem Feld ein. Durch einmaliges Klicken mit der Maus rechts oder links vom Regler wird das Intervall um 1 geändert
5. Stelle die gewünschte Anzahl von Messungen durch verschieben des Balkens neben dem Feld ein. Durch einmaliges Klicken mit der Maus rechts oder links vom Regler wird das Intervall um 1 geändert
6. Starte die Messung durch Klicken auf den „messen“ Knopf
7. Messung durchführen und Beendigung der Messung bestätigen
8. Messdaten im Graph „temperatur_doppelsensor.jpg“ oder der Tabelle „temperatur_doppelsensor.dat“ anschauen und auswerten
9. Messdaten zum Speichern verschieben. Schließe Fenster durch Rechtsklick in der Taskleiste.

Materialliste

Temperaturmessung

- Raspberry Pi + MicroUSB Netzteil
- USB-Maus
- Minibildschirm +12V Netzteil
- Temperatursensor
- Wasserkocher
- Waage
- Metallbecher
- Styroporbecher
- Großes Gefäß für Wasserbad

Abstandsmessung

- Raspberry Pi + MicroUSB Netzteil
- USB-Maus
- Minibildschirm +12V Netzteil
- Ultraschallsensor
- Schiene mit Abstandskalierung
- Reiter zum Befestigen des Sensors
- beweglicher Waagen

6.2 Arbeitsblätter Temperatur 3.Klasse

Temperaturmessung 1

In vielen Lebenssituationen ist es für uns Menschen wichtig einen gewissen Bereich auf konstanter Temperatur zu halten. Darum wollen wir heute Untersuchen auf was man dabei achten muss und welche Materialien sich dabei gut oder schlecht eignen. Die Eigenschaft Wärme an die Umgebung abzugeben bezeichnet man als thermische Leitfähigkeit.

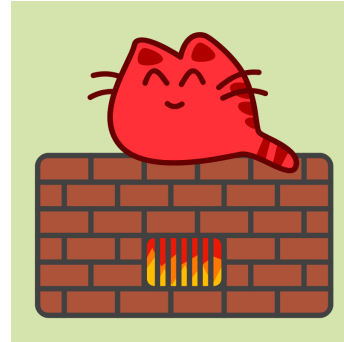


Abbildung 6.1: Happycat^a

^aHappycat.

Nenne einige Geräte mit denen wir Menschen einen Bereich auf konstanter Temperatur halten. Wie halten wir unser Essen kalt bzw. warm? Wie halten wir unsere Wohnung warm? Wie halten wir unseren Körper warm?

Wie schützen sich Tiere vor Kälte?

Nun werden wir genauer untersuchen auf was man beim Halten einer konstanten Temperatur achten muss. Bevor wir mit dem Experiment anfangen sollst du eine Vermutung zum Ausgang des Experimentes abgeben.

Kühlt die gleiche Menge Wasser schneller in einem großen oder in einem kleinen Becher? Schreibe deine Vermutung auf und erkläre wieso du das glaubst!

Mit einem elektronischen Messgerät können wir ohne viel Aufwand viele Messungen machen und so genauere Ergebnisse erzielen. Wir werden zum zeichnen einer Temperaturkurve viele Messdaten vom Gerät aufzeichnen lassen, aber nur einige davon für unsere Auswertung aufschreiben!



Achtung! Heißes Wasser kann zu Verbrennungen führen!

1. Baue das Messgerät wie in der Anleitung beschrieben auf!
2. Starte das Programm „Temperatur 2 Sensoren“!
3. Stelle ein Messintervall von 5 Sekunden und 72 Messungen ein
4. Befülle die kleine Dose und die große Dose mit jeweils 250g heißem Wasser! (Lass dir dabei vom Lehrer helfen).
5. Positioniere die Sensoren in den beiden Bechern und starte die Messung
6. Notiere die Temperaturen alle 30 Sekunden und befülle die Tabelle

vergangene Zeit	T kleiner Be- cher[°C]	Unterschied zur vorigen Messung kl. Becher [°C]	T großer Be- cher [°C]	Unterschied zur vorigen Messung gr. Becher [°C]
0 s		/		/
30 s				
1 min				
1 min 30 s				
2 min				
2 min 30 s				
3 min				
3 min 30 s				
4 min				
4 min 30 s				
5 min				
5 min 30 s				
6 min				

Beantworte nun mit Hilfe deiner Messergebnisse die folgenden Fragen!

1. In welchem der beiden Behälter kühlt die Flüssigkeit schneller ab?

2. Kühlt das Wasser am Anfang der Messung oder am Ende schneller ab? Ist das in beiden Bechern gleich?

3. Wie groß ist der Temperaturunterschied des Wassers zwischen den beiden Gefäßen am Ende der Messung?

4. Um wie viel °C ist das Wasser jeweils in den Bechern während der ganzen Messung abgekühlt?

5. Wodurch unterscheiden sich die beiden Becher? Hast du eine Erklärung dafür woher der Temperaturunterschied kommt?

6.3 Arbeitsblatt Bewegung 4.Klasse

Was lernst du heute?

- Du wirst die Bewegung eines Wagens mit Hilfe von Technologie „aufzeichnen“
- Du kannst dann Zeit-Weg Diagramme richtig lesen

Bewegungsmessung

In unserem Alltag bewegen wir uns ständig. Ob mit Bussen, Zügen, Autos, Motorrädern, Fahrrädern oder zu Fuß immer wollen wir von einem Ort zum anderen. Bewegen wir uns von einem Ort weg so wird der Abstand zu diesem Ort immer größer. Bewegen wir uns auf einen Ort zu, so wird der Abstand von uns zum Ort immer kleiner. Um zu Beschreiben wie schnell wir uns von einem Ort weg oder wie schnell wir uns auf einen Ort zu bewegen verwenden wir den Begriff der Geschwindigkeit. Geschwindigkeit gibt an, in welche Richtung man eine Strecke in einer bestimmten Zeit zurücklegt.

$$\text{Geschwindigkeit} = \frac{\text{zurückgelegter Weg}}{\text{dafür benötigte Zeit}} = v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Welche Einheiten für Geschwindigkeit kennst du? Wie kann man zwischen ihnen umrechnen?

Was ist deine Aufgabe?

Bewege den Wagen so, wie es in den Diagrammen auf deinem Arbeitsblatt angegeben ist und beschreibe die dargestellte Bewegung!

So gehst du vor!

1. Baue das Messgerät wie in der Anleitung beschrieben auf!

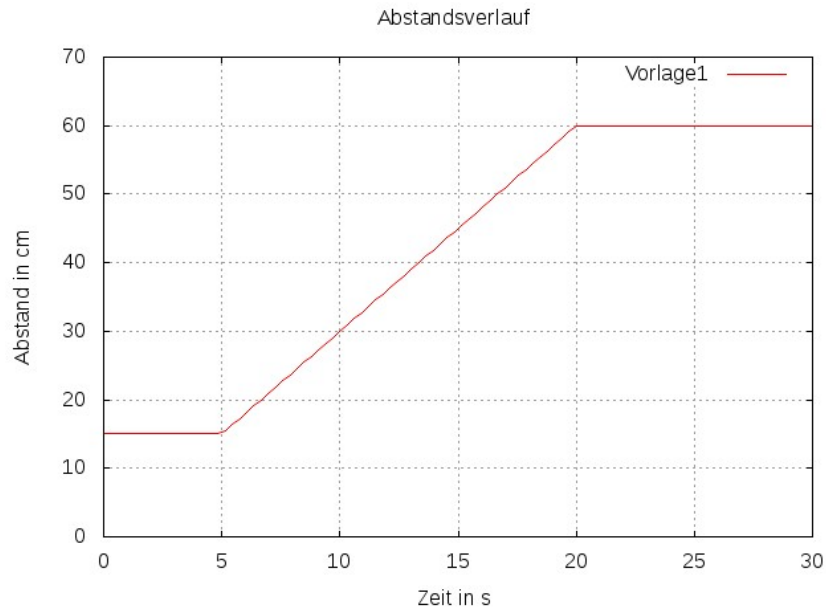


Abbildung 6.2: Abstandsgraph 1, 4. Klasse

2. Stelle den beweglichen Wagen auf die Schiene
3. Positioniere den Sensor so, dass er auf der Abstandsskala auf der Schiene bei 0 steht und zum Wagen schaut. Falls du es nicht schaffst den Sensor zu fixieren kann ein Gruppenmitglied den Sensor festhalten.
4. Starte das Programm „Abstandsmessung mit Vorlage“
5. Stelle ein Messintervall von einer Sekunde und 12 Messungen ein. Führe eine Testmessung durch und schaue dir das Ergebnis an!
6. Beantworte die Fragen zum Graphen bevor du eine weitere Messung durchführst!

1. Betrachte den folgenden Graphen und stelle die beschriebene Bewegung nach:

- a) In welchem Abstand vom Sensor muss der Wagen starten?
Antwort: _____
- b) Wie lange ist der Wagen in Bewegung?
Antwort: _____
- c) Muss der Wagen vom Sensor weg oder zum Sensor hin fahren?
Antwort: _____
- d) Welche Strecke legt der Wagen in 5 Sekunden in der Bewegungsphase zurück?
Antwort: _____
- e) Wie groß ist die Geschwindigkeit in der Bewegungsphase?
Antwort: _____
- f)
 - i. Starte das Programm „Abstandsmessung mit Vorlage“
 - ii. Stelle ein Messintervall von einer halben Sekunde und 60 Messungen ein.
 - iii. Wähle die entsprechende Vorlage und versuche die im Diagramm darge-

6 Anhänge

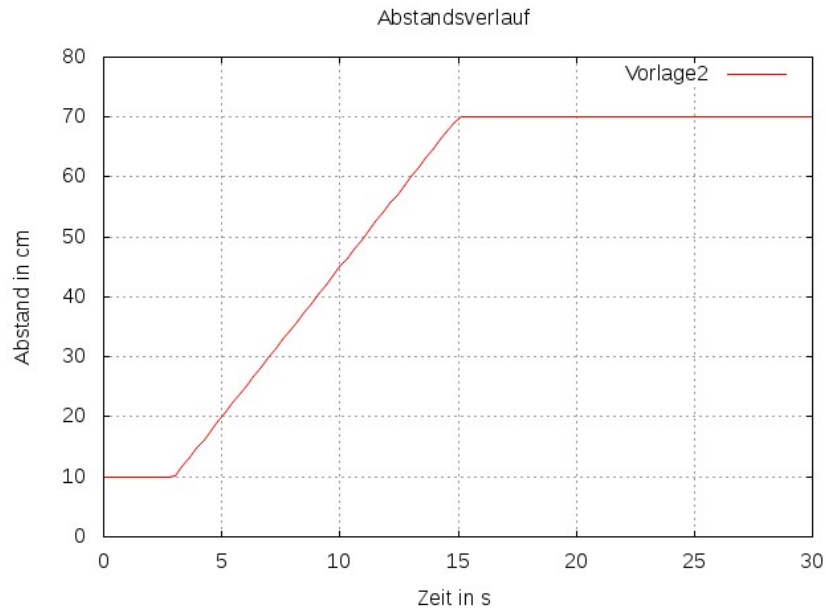


Abbildung 6.3: Abstandsgraph 2, 4. Klasse

stellte Bewegung nachzuahmen.

- iv. Wenn deine erste Messung nicht mit dem Graphen übereinstimmt, wiederhole die Messung so lange bis du mit dem Ergebnis zufrieden bist.
- v. Speichere die Ergebnisdateien auf einem USB-Stick sobald du mit deiner Messung zufrieden bist

Notizen:

2. Betrachte den folgenden Graphen und stelle die beschriebene Bewegung nach:

- a) In welchem Abstand vom Sensor muss der Wagen starten?
Antwort:_____
- b) Wie lange ist der Wagen in Bewegung?
Antwort:_____
- c) Muss der Wagen vom Sensor weg oder zum Sensor hin fahren?
Antwort:_____
- d) Welche Strecke legt der Wagen in 5 Sekunden in der Bewegungsphase zurück?
Antwort:_____
- e) Wie groß ist die Geschwindigkeit in der Bewegungsphase?
Antwort:_____

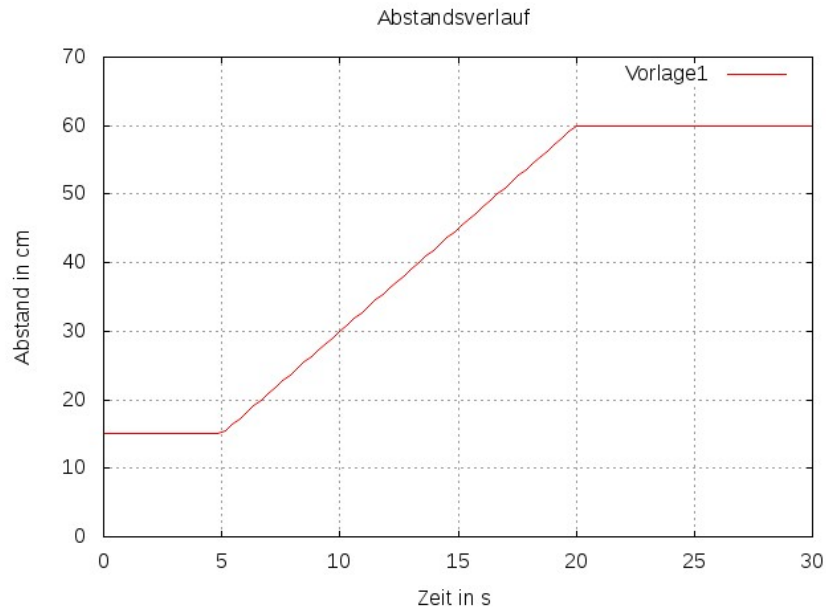


Abbildung 6.4: Abstandsgraph 3, 4. Klasse

- f)
- i. Starte das Programm „Abstandsmessung mit Vorlage“
 - ii. Stelle ein Messintervall von einer halben Sekunde und 60 Messungen ein.
 - iii. Wähle die entsprechende Vorlage und versuche die im Diagramm dargestellte Bewegung nachzuahmen.
 - iv. Wenn deine erste Messung nicht mit dem Graphen übereinstimmt, wiederhole die Messung so lange bis du mit dem Ergebnis zufrieden bist.
 - v. Speichere die Ergebnisdateien auf einem USB-Stick sobald du mit deiner Messung zufrieden bist

Notizen:

3. Betrachte den folgenden Graphen und stelle die beschriebene Bewegung nach:

- a) In welchem Abstand vom Sensor muss der Wagen starten?
Antwort:_____
- b) Wie lange ist der Wagen in Bewegung?
Antwort:_____
- c) Muss der Wagen vom Sensor weg oder zum Sensor hin fahren?
Antwort:_____

- d) Welche Strecke legt der Wagen in 5 Sekunden in der Bewegungsphase zurück?
Antwort:_____
- e) Wie groß ist die Geschwindigkeit in der Bewegungsphase?
Antwort:_____
- f) i. Starte das Programm „Abstandsmessung mit Vorlage“
ii. Stelle ein Messintervall von einer halben Sekunde und 60 Messungen ein.
iii. Wähle die entsprechende Vorlage und versuche die im Diagramm dargestellte Bewegung nachzuahmen.
iv. Wenn deine erste Messung nicht mit dem Graphen übereinstimmt, wiederhole die Messung so lange bis du mit dem Ergebnis zufrieden bist.
v. Speichere die Ergebnisdateien auf einem USB-Stick sobald du mit deiner Messung zufrieden bist

Notizen:

6.4 Arbeitsblatt Bewegung 6.Klasse

Was lernst du heute?

- Du wirst die Bewegung eines Wagens mit Hilfe von Technologie „aufzeichnen“
- Du kannst dann Zeit-Weg Diagramme richtig lesen

Bewegungsmessung

In unserem Alltag bewegen wir uns ständig. Ob mit Bussen, Zügen, Autos, Motorrädern, Fahrrädern oder zu Fuß immer wollen wir von einem Ort zum anderen. Um zu Beschreiben wie schnell wir uns von einem Ort weg oder wie schnell wir uns auf einen Ort zu bewegen verwenden wir den Begriff der Geschwindigkeit. Geschwindigkeit gibt an, in welche Richtung man eine Strecke in einer bestimmten Zeit zurücklegt. Geschwindigkeit ist eine vektorielle Größe da wir uns ja gleichzeitig in drei Raumrich-

tungen von einem Ort weg bewegen können.

$$\text{Geschwindigkeit} = \frac{\text{Ortsunterschied}}{\text{Zeitunterschied}} = \vec{v} = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}$$

Wir werden uns heute allerdings eine Bewegung anschauen, bei der wir uns nur in eine Richtung von einem Ort weg- bzw. auf ihn zu bewegen. Oder anders ausgedrückt wir setzen die 2. und 3. Komponente des Ortsvektor durch geschickte Wahl des Koordinatensystems null. Der Betrag des Ortsvektors wird somit gleich groß wie die erste Komponente. Damit können wir die Geschwindigkeit vollständig durch eine Zahl beschreiben.

Aufgabe

1. Skizziere ein Zeit-Weg-Diagramm für ein ruhendes Objekt
2. Skizziere ein Zeit-Weg-Diagramm für ein sich mit gleichbleibender Geschwindigkeit in positiver Wegerichtung bewegendes Objekt.

Was ist deine Aufgabe?

Bewege den Wagen so, wie es in den Diagrammen auf deinem Arbeitsblatt angegeben ist und beschreibe die dargestellte Bewegung!

Das Protokoll

Ihr müsst als Gruppe ein Protokoll schreiben. Das Protokoll, soll die folgende Struktur haben. Notiert wichtige Ergebnisse um diese im Anschluss ins Protokoll einzutragen!

1. Thema/Fragestellung
2. Verwendete Materialien
Hier müssen alle verwendeten Materialien aufgelistet werden.
3. Versuchsaufbau und -durchführung
Beschreibe den Aufbau deines Versuches und was genau du gemacht hast!
4. Beobachtung
Deine digitalen Messergebnisse und die Beschreibungen der Bewegungen werden hier eingefügt.
5. Auswertung
Was ist dir aufgefallen? Beschreibe hier die Unterschiede der Bewegungen und diskutiere eventuelle Abweichungen der Messung von den Vorlagen! Was hast du durch das Experiment gelernt?

So gehst du vor!

1. Baue das Messgerät wie in der Anleitung beschrieben auf!
2. Stelle den beweglichen Wagen auf die Schiene
3. Positioniere den Sensor so, dass er auf der Abstandsskala auf der Schiene bei 0 steht und zum Wagen schaut. Falls du es nicht schaffst den Sensor zu fixieren kann ein Gruppenmitglied den Sensor festhalten.
4. Starte das Programm „Abstandsmessung mit Vorlage“
5. Stelle ein Messintervall von einer Sekunde und 12 Messungen ein. Führe eine Testmessung durch und schaue dir das Ergebnis an!
6. Beantworte die Fragen zum Graphen bevor du eine weitere Messung durchführst!

Lies die Bedienungsanleitung bevor du zu messen beginnst!

Vorlage 1

1. Betrachte den folgenden Graphen und stelle die beschriebene Bewegung nach:
 - a) In welchem Abstand vom Sensor muss der Wagen starten?
Antwort: _____
 - b) Wie lange ist der Wagen in Bewegung?
Antwort: _____

6 Anhänge

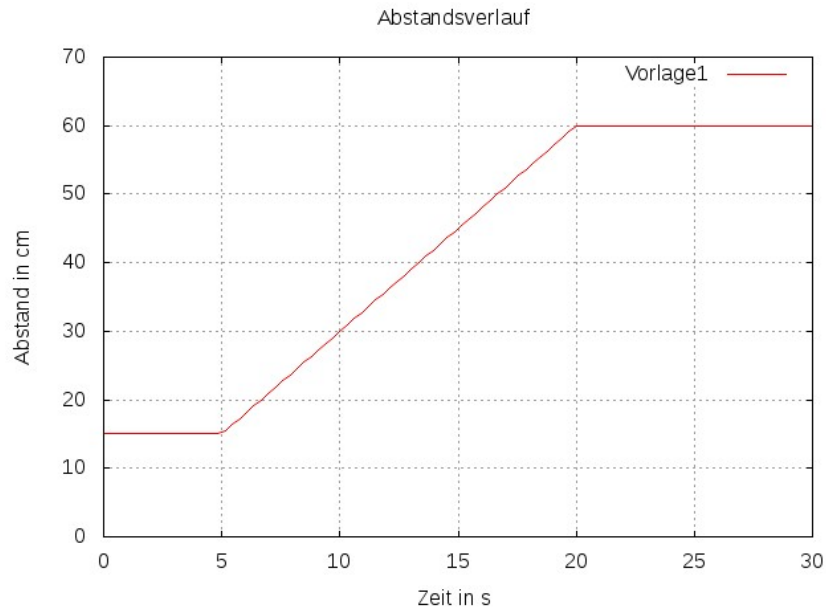


Abbildung 6.5: Abstandsgraph 1, 6. Klasse

- c) Muss der Wagen vom Sensor weg oder zum Sensor hin fahren?
Antwort:_____
- d) Welche Strecke legt der Wagen in 5 Sekunden in der(n) Bewegungsphase(n) zurück?
Antwort:_____
- e) Wie viele Bewegungsphase(n) kannst du erkennen?
Antwort:_____
- f) Wie groß ist die Geschwindigkeit in der(n) Bewegungsphase(n)?
Antwort:_____
- g) Um welche Art von Bewegung handelt es sich zwischen 10 und 15 vergangenen Messsekunden?
- | | |
|---------------------|--------------------------|
| unbewegt | ☐ |
| gleichförmig bewegt | ☐ |
| beschleunigt | ☐ |
- h) i. Starte das Programm „Abstandsmessung mit Vorlage“
 ii. Stelle ein Messintervall von einer halben Sekunde und 60 Messungen ein.
 iii. Wähle die entsprechende Vorlage und versuche die im Diagramm dargestellte Bewegung nachzuahmen.
 iv. Wenn deine erste Messung nicht mit dem Graphen übereinstimmt, wiederhole die Messung so lange bis du mit dem Ergebnis zufrieden bist.
 v. Speichere die Ergebnisdateien auf einem USB-Stick sobald du mit deiner Messung zufrieden bist

Notizen: _____

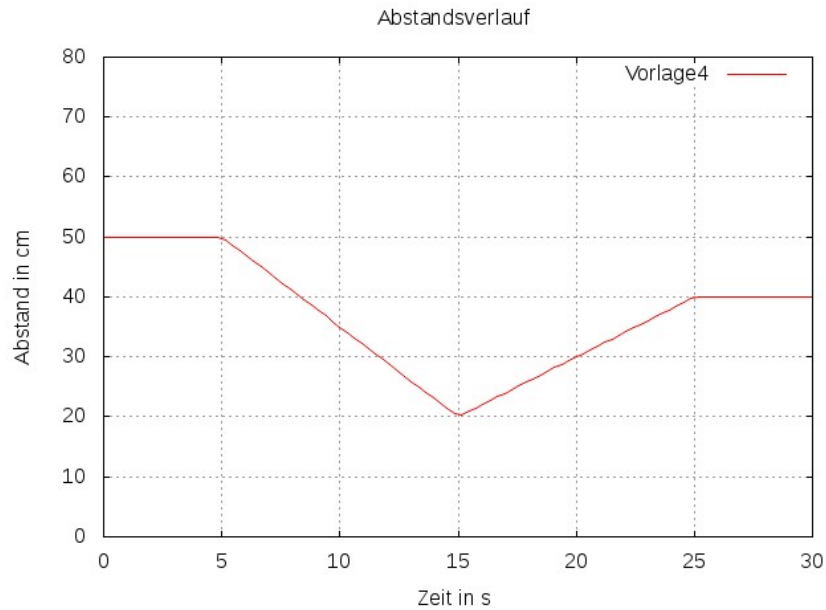


Abbildung 6.6: Abstandsgraph 2, 6. Klasse

Vorlage 4

2. Betrachte den folgenden Graphen und stelle die beschriebene Bewegung nach:

- a) In welchem Abstand vom Sensor muss der Wagen starten?

Antwort: _____

- b) Wie lange ist der Wagen in Bewegung?

Antwort: _____

- c) Muss der Wagen vom Sensor weg oder zum Sensor hin fahren?

Antwort: _____

- d) Welche Strecke legt der Wagen in 5 Sekunden in der(n) Bewegungsphase(n) zurück?

Antwort: _____

- e) Wie viele Bewegungsphase(n) kannst du erkennen?

Antwort: _____

- f) Wie groß ist die Geschwindigkeit in der(n) Bewegungsphase(n)?

Antwort: _____

- g) Um welche Art von Bewegung handelt es sich zwischen 25 und 30 vergangenen Messekunden?

unbewegt	☐
gleichförmig bewegt	☐
beschleunigt	☐

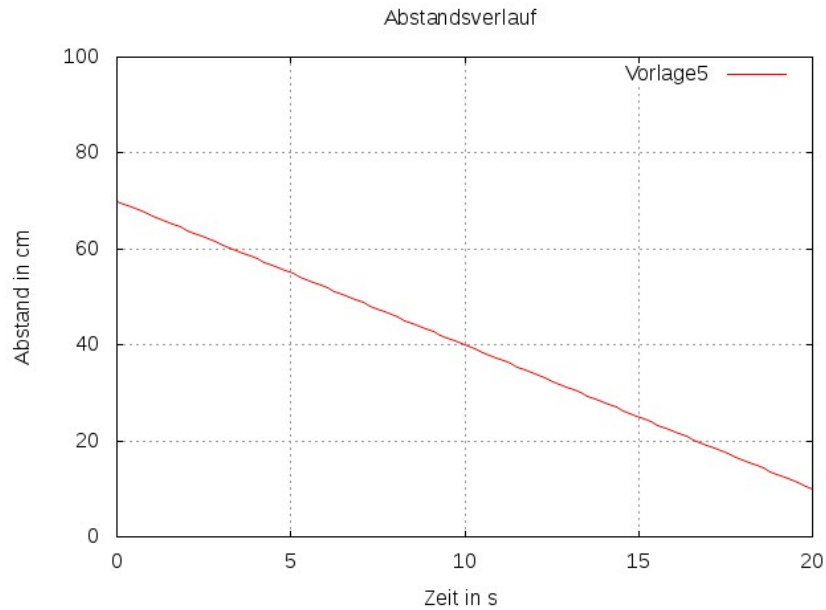


Abbildung 6.7: Abstandsgraph 3, 6. Klasse

- h)
- i. Starte das Programm „Abstandsmessung mit Vorlage“
 - ii. Stelle ein Messintervall von einer halben Sekunde und 60 Messungen ein.
 - iii. Wähle die entsprechende Vorlage und versuche die im Diagramm dargestellte Bewegung nachzuahmen.
 - iv. Wenn deine erste Messung nicht mit dem Graphen übereinstimmt, wiederhole die Messung so lange bis du mit dem Ergebnis zufrieden bist.
 - v. Speichere die Ergebnisdateien auf einem USB-Stick sobald du mit deiner Messung zufrieden bist

Notizen: _____

Vorlage 5

3. Betrachte den folgenden Graphen und stelle die beschriebene Bewegung nach:

- a) In welchem Abstand vom Sensor muss der Wagen starten?
 Antwort: _____
- b) Wie lange ist der Wagen in Bewegung?
 Antwort: _____
- c) Muss der Wagen vom Sensor weg oder zum Sensor hin fahren?
 Antwort: _____
- d) Welche Strecke legt der Wagen in 5 Sekunden in der(n) Bewegungsphase(n) zurück?
 Antwort: _____

- e) Wie viele Bewegungsphase(n) kannst du erkennen?

Antwort:_____

- f) Wie groß ist die Geschwindigkeit in der(n) Bewegungsphase(n)?

Antwort:_____

- g) Um welche Art von Bewegung handelt es sich zwischen 5 und 10 vergangenen Messsekunden?

unbewegt	☐
gleichförmig bewegt	☐
beschleunigt	☐

- h) i. Starte das Programm „Abstandsmessung mit Vorlage“

- ii. Stelle ein geeignetes Messintervall und eine geeignete Anzahl von Messungen ein.

- iii. Wähle die entsprechende Vorlage und versuche die im Diagramm dargestellte Bewegung nachzuahmen.

- iv. Wenn deine erste Messung nicht mit dem Graphen übereinstimmt, wiederhole die Messung so lange bis du mit dem Ergebnis zufrieden bist.

- v. Speichere die Ergebnisdateien auf einem USB-Stick sobald du mit deiner Messung zufrieden bist

Notizen: _____

Vorlage 6

4. Betrachte den folgenden Graphen und stelle die beschriebene Bewegung nach:

- a) In welchem Abstand vom Sensor muss der Wagen starten?

Antwort:_____

- b) Wie lange ist der Wagen in Bewegung?

Antwort:_____

- c) Muss der Wagen vom Sensor weg oder zum Sensor hin fahren?

Antwort:_____

- d) Welche Strecke legt der Wagen in 5 Sekunden in der(n) Bewegungsphase(n) zurück?

Antwort:_____

- e) Wie viele Bewegungsphase(n) kannst du erkennen?

Antwort:_____

- f) Wie groß ist die Geschwindigkeit in der(n) Bewegungsphase(n)? Ist sie immer gleich?

Antwort:_____

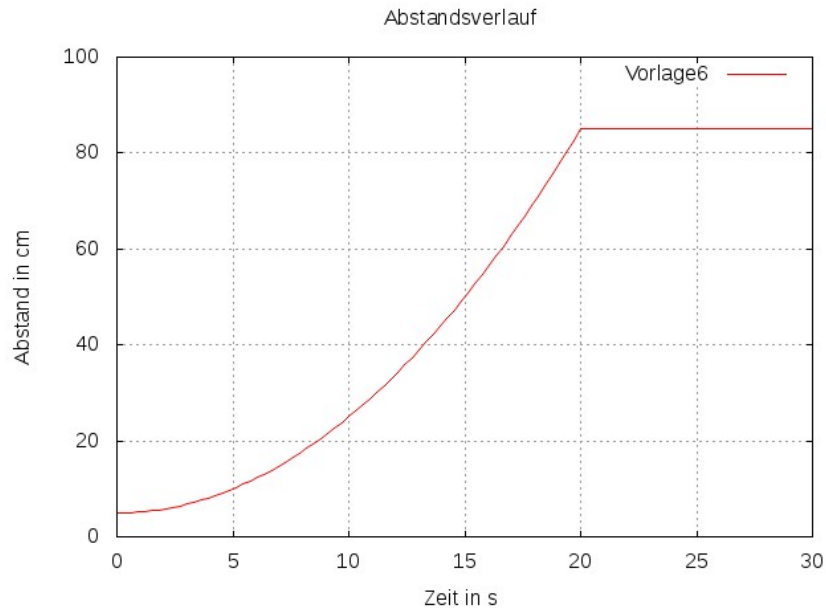


Abbildung 6.8: Abstandsgraph 4, 6. Klasse

- g) Um welche Art von Bewegung handelt es sich zwischen 10 und 15 vergangenen Messekunden?

unbewegt	☐
gleichförmig bewegt	☐
beschleunigt	☐

- h)
- i. Starte das Programm „Abstandsmessung mit Vorlage“
 - ii. Stelle ein Messintervall von einer halben Sekunde und 60 Messungen ein.
 - iii. Wähle die entsprechende Vorlage und versuche die im Diagramm dargestellte Bewegung nachzuahmen.
 - iv. Wenn deine erste Messung nicht mit dem Graphen übereinstimmt, wiederhole die Messung so lange bis du mit dem Ergebnis zufrieden bist.
 - v. Speichere die Ergebnisdateien auf einem USB-Stick sobald du mit deiner Messung zufrieden bist

Notizen: _____

6.5 Arbeitsblatt Temperatur 6.Klasse

Das Teeproblem

Bringt man Objekte mit unterschiedlicher Temperatur in Kontakt so findet eine Wärmeübertragung statt. Das heißere Objekt gibt Wärme an das kältere Objekt ab und erhöht dessen Temperatur dadurch und verringert seine eigene. Lässt man beispielsweise eine heiße Flüssigkeit in einem Raum mit 20°C stehen, so kühlt diese ab und die Luft im Raum erwärmt sich geringfügig. Wir wollen untersuchen wie der Abkühlvorgang einer Flüssigkeit vor sich geht.

Abbildung 6.9: Kaffeetasse^a

^a*Coffee cup icon.*

Heike ist ein schrecklich ungeduldiger Mensch. Sie trinkt sehr gerne Tee, den sie kochend heiß aufgießt. Um den Tee schneller auf Trinktemperatur zu bekommen gibt sie einen kleinen Schluck kaltes Wasser hinzu. Da sie den Tee nicht verwässern möchte, will sie möglichst wenig kaltes Wasser dazu tun.

1. Kühlt der Tee schneller wenn sie das kalte Wasser gleich oder nach 3 Minuten dazu gibt?
2. Nach welcher Zeit hat der Tee in beiden Varianten eine ideale Trinktemperatur von 60°C ?
3. Wann sollte sie 50ml Wasser zu ihren 200ml Tee dazuschütten um möglichst schnell eine ideale Trinktemperatur von 60°C zu erreichen?

Eure Aufgabe ist es nun diese Fragen so gut wie möglich zu beantworten. Als Hilfsmittel habt ihr nur heißes und kaltes Wasser, einige Behälter, eine Waage und ein Temperaturmessgerät zur Verfügung.

Bevor ihr mit dem Experiment beginnt, gebt eine Vermutung ab. Was glaubt ihr ist geschickter um den Tee schneller abzukühlen? Begründet!

Eure Aufgabe

Plant in der Gruppe nun ein Experiment das euch bei der Beantwortung der

Fragen helfen kann. Die Antwort auf die Frage muss in Form eines Versuchsprotokolls abgegeben werden. Ihr müsst eure Antwort begründen und durch eure Messdaten untermauern. Das zur Verfügung stehende Messgerät kann Temperatur mit zwei Temperaturfühlern gleichzeitig messen und speichern und in ein gemeinsames Diagramm zeichnen. Ihr könnt die gemessenen Daten per USB Stick vom Gerät mitnehmen und direkt ins Versuchsprotokoll einfügen.

6.6 Fragebogen

Fragebogen zum Einsatz des Raspberry Pi's im Physikunterricht

Geschlecht: ☐ männlich ☐ weiblich

1. Hattest du Spaß an der Arbeit mit dem Raspberry Pi?

überhaupt keinen Spaß										sehr viel Spaß
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

2. Wie viel hast du in der heutigen Unterrichtsstunde gelernt?

überhaupt nichts										sehr viel
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

3. Fandest du die heutige Unterrichtsstunde im Vergleich zum normalen Physikunterricht spannend?

viel langweili- ger										viel spannen- der
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

4. War dir der Arbeitsauftrag klar?

nein ich wus- ste nicht was ich tun sollte										wusste immer was ich ma- chen sollte
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

5. Hast du den Arbeitsauftrag vollständig erledigt?

nein überhaupt nichts ge- macht	habe									Habe alles vollständig
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

6. Wie gut hat das Gerät in deinen Augen funktioniert?

gar nichts hat funktioniert										alles hat pro- blemlos funk- tioniert
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

7. Würdest du gerne öfter mit einem elektronischen Messgerät arbeiten?

6 Anhänge

nein	das								ja	würde ich
bringt nichts									sehr gerne	
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

8. Hätte man das Experiment auch ohne elektronische Hilfsmittel durchführen können?

ja	hätte								nein	der Ein-
wahrschein-									satz war sinn-	
lich besser									voll	
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

9. Was war besonders schlecht an der Unterrichtsstunde?

10. Was war besonders gut an der Unterrichtsstunde?

11. Fasse kurz zusammen was du heute gelernt hast!

Literatur

- Bernshausen, Henrik (2008). »Vergleichende Analyse von Computerunterstützten Messwerterfassungssystemen für den Physikunterricht«. Diss. Universität Siegen. URL: <https://www.deutsche-digitale-bibliothek.de/binary/ZNUJAVUJFYFYPANBFEUDTK6F065YZSRTL/full/1.pdf>.
- Blaster (2014). *1Wire Temperaturmessung mit Datenerfassung und Visualisierung*. 30.01.2015. URL: <http://www.forum-raspberrypi.de/Thread-tutorial-1wire-temperaturmessung-mit-datenerfassung-und-visualisierung>.
- Coffee cup icon. 30.01.2015. openclipart.org. URL: <https://openclipart.org/people/CrazyTerabyte/1294538687.svg>.
- Connatex Onlineshop. 30.01.2015. Conatex-Didactic Lehrmittel GmbH. URL: www.conatex.com/shop/.
- Czuprat, Jennifer (2009). »Vergleich verschiedener Messwerterfassungssysteme am Beispiel der beschleunigten Bewegung«. Magisterarb. JULIUS-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT WÜRZBURG. URL: <http://www.thomas-wilhelm.net/arbeiten/vergleich.htm>.
- Datasheet DS18B20. 30.01.2015. Maxim Integrated. URL: <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>.
- Eduware Onlineshop. 30.01.2015. delta4 business solutions gmbh. URL: <http://eduware.at/category/3-texas-instruments-nspire.aspx>.
- Girwidz, Raimund (2001). »Physikdidaktik«. In: Ludwigsburg: Springer. Kap. Neue Medien und Multimedia, S. 423–450.
- Girwidz, Raimund und Sascha Ziegelbauer (2010). »Moderne Technologien: Neue Themen für den Unterricht (Piko Brief Nr 15)«. In: *Piko Brief*. URL: <http://www.ipn.uni-kiel.de/de/das-ipn/abteilungen/didaktik-der-physik/piko/pikobriefe032010.pdf>.
- Haefner, K. (2003). »Information und Lernen mit Multimedia und Internet«. In: Weinheim: Issing, Ludwig J., 1940- [Hrsg.] Kap. Multimedia im 21. Jahrhundert-Konsequenzen für das Bildungswesen, S. 481–486.
- Hake, R. (1998). »Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses.« In: *American Journal of Physics*.
- Happycat. 30.01.2015. openclipart.org. URL: <https://openclipart.org/people/qubodup/happycat.svg>.
- Hawkins, Matt. *Ultrasonic Distance Measurement Using Python – Part 1*. 30.01.2015. URL: <http://www.raspberrypi-spy.co.uk/2012/12/ultrasonic-distance-measurement-using-python-part-1/>.
- Hottenrott, Markus. *Raspberry Pi – Temperaturmessung mit DS18B20 1-Wire Sensor*. 30.01.2015. URL: <http://www.it-adviser.net/raspberry-pi-temperaturmessung-mit-ds18b20-1-wire-sensor/>.
- Jonte, Bernhard (2000). »Can a Combination of Hands-on Experiments and Computers Facilitate Better Learning in Mechanics?«. In: *CAL-laborate International*. URL: <http://>

- [//openjournals.library.usyd.edu.au/index.php/CAL/article/download/6129/6779](http://openjournals.library.usyd.edu.au/index.php/CAL/article/download/6129/6779).
- Lackenbucher, Martin (2001). »Mobile Messwerterfassung für den Physikunterricht«. Magisterarb. Universität Wien. URL: <http://pluslucis.univie.ac.at/Archiv/Diplomarbeiten/lackenbucher/mmph.pdf>.
- Lehrplan AHS Österreich allgemeiner Teil (2004). 30.01.2015. Bundesministerin für Bildung Wissenschaft und Kultur. URL: https://www.bmbf.gv.at/schulen/unterricht/lp/11668_11668.pdf.
- Lehrplan Physik Unterstufe AHS Österreich (2004a). 30.01.2015. Bundesministerin für Bildung, Wissenschaft und Kultur. URL: https://www.bmbf.gv.at/schulen/unterricht/lp/ahs16_791.pdf.
- Lehrplan Physik Unterstufe AHS Österreich (2004b). 30.01.2015. Bundesministerin für Bildung, Wissenschaft und Kultur. URL: https://www.bmbf.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp_neu_ahs_10_11862.pdf.
- Mandl, H., H. Gruber und A. Renkl (1991). *Lernen mit dem Computer. Empirisch-pädagogische Forschung in der BRD zwischen 1970 und 1990*. Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie.
- Monk, Simon (2014). *Raspberry Pi Kochbuch*. Sebastopol: O’ Reilly.
- Rathgeb, Sabine Feierabend Ulrike Karg Thomas (2013). *JIM-Studie*. URL: <http://www.mpfs.de/fileadmin/JIM-pdf13/JIMStudie2013.pdf>.
- Redish, Edward, Jeffery Saul und Richard Steinberg (2000). *On the effectiveness of active-engagement microcomputer-based laboratories*. Department of Physics University of Maryland.
- Sand, Peter. *Manylabs*. 30.01.2015. Manylabs. URL: <https://www.manylabs.org/>.
- Slykhuis, David und John Park (2006). »The Efficacy of Online MBL Activities«. In: *Journal of Interactive Online Learning Volume 5, Number 1*.
- Systeme zur Messwerterfassung. 30.01.2015. Landesinstitut für Schulentwicklung Baden Württemberg. URL: <http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/physik/mess/systeme/index.htm>.
- Thornton, J. und D. Sokoloff (1989). »Learning motion concepts using real-time microcomputer-based laboratory tools«. In: *American Journal of Physics* 58.
- Urban-Woldron, Hildegard (2010). »Computer Based Learning in Science. Application of New technologies in Science and Education.« In: Hrsg. von University of Cyprus. Zacharia Z.C., Constantinou, C.P. und Papevripidou, M. Kap. Using real time graphs to enhance understanding of kinematics graphs: motion detectors in the physics classroom, S. 131–140.
- (2011). »Computereinsatz im Physikunterricht«. Habilitationsschrift. Universität Wien.
- Weichert, Norbert und Michael Wülker (2000). *Messtechnik und Messdatenerfassung*. München: Helmut Geupel.
- Ziegelbauer, Sascha (2009). *Denkprozesse lernwirksam anregen: Sensortechnik im modernen Physikunterricht*. Ludwigsburg: Tectum Verlag.

Abbildungsverzeichnis

2.1	Beispiel für eine Abstandsmessung mit Vorlage	19
2.2	Beispiel für eine Temperaturmessung mit zwei Sensoren	19
2.3	Messgerät mit allen Komponenten	20
2.4	Screenshot des Desktops	21
2.5	Temperaturmessung mit zwei Sensoren	21
2.6	Abstandsmessung mit Vorlagenwahl	22
2.7	Temperatursensor mit GPIO Anschluss	22
2.8	Anschlussschema der Temperatursensoren	23
2.9	Schaltplan für den Anschluss des Ultraschallsensors	24
2.10	Fertiger Ultraschallsensor mit GPIO Anschluss	24
4.1	Messgerät mit Anleitung, Wagen und Schiene	32
4.2	Vorlagegraphen 4.Klasse	33
4.3	Vorlagegraphen 6.Klasse	34
4.4	Ergebnisse aus Schüler- und Schülerinnensicht der Klasse 3a	36
4.5	Ergebnisse aus Schüler- und Schülerinnensicht der Klasse 4B	37
4.6	Ergebnisse aus Schüler- und Schülerinnensicht der Klasse 4d	38
4.7	Ergebnisse aus Schüler- und Schülerinnensicht der Klasse 6C bei den Bewegungsexperimenten	39
4.8	Ergebnisse aus Schüler- und Schülerinnensicht bei den Temperturexperimenten	39
4.9	Überblick über die 89 ausgewerteten Fragebögen	40
4.10	Überblick über die Ergebnisse der Schülerinnen	41
4.11	Überblick über die Ergebnisse der Schüler	41
4.12	Überblick über die Zeitaufteilung der Unterrichtseinheit in der 3a	45
4.13	Überblick über die Zeitaufteilung der Unterrichtseinheit in der 4d	46
4.14	Überblick über die Zeitaufteilung der Unterrichtseinheit in der 6c	47
6.1	Happycat ¹	61
6.2	Abstandsgraph 1, 4. Klasse	65
6.3	Abstandsgraph 2, 4. Klasse	66
6.4	Abstandsgraph 3, 4. Klasse	67
6.5	Abstandsgraph 1, 6. Klasse	71
6.6	Abstandsgraph 2, 6. Klasse	72
6.7	Abstandsgraph 3, 6. Klasse	73
6.8	Abstandsgraph 4, 6. Klasse	75
6.9	Kaffeetasse ²	76

¹Happycat.

²Coffee cup icon.

Tabellenverzeichnis

2.1	Übersicht über die in den Gymnasien in Wien verfügbaren Geräte	15
2.2	Kostenübersicht über die für das Messgerät nötigen Komponenten	20
4.1	Übersicht zu den verwendeten Abkürzungen	35
4.2	Übersicht zu den Schülerantworten Frage 1	42
4.3	Übersicht zu den Schülerantworten Frage 2	43
4.4	Übersicht zu den Schülerantworten Frage 3	44
4.5	Zeitverteilung Klasse 3a	45
4.6	Zeitverteilung Klasse 4d	46
4.7	Zeitverteilung Klasse 6c	47
4.8	Auswertung der Schülerprotokolle	49

Danksagung

Abschließend möchte ich mich noch bei meiner Betreuerin Frau Mag. Dr. habil rer. nat. Hildegard Urban-Woldron für die konstruktive Kritik, die Anregungen, die gute Betreuung und die hilfreichen Gespräche bedanken. Weiters möchte ich Herrn Mag. Josef Emhofer für die Möglichkeit, die Messgeräte in seinem Unterricht auszuprobieren, für die gute Zusammenarbeit und die vielen Ideen, Ratschläge und Anregungen danken. Meinen Freunden sei an dieser Stelle für die Unterstützung bei den Vortests der Unterrichtsmaterialien und die daraus entstehenden Verbesserungsvorschläge gedankt. Ein besonderer Dank gilt meiner Partnerin und meiner Familie, die mich während der Erstellung der Diplomarbeit in vielerlei Hinsicht unterstützt haben.

ANGABEN ZUR PERSON

Premstaller Erwin a0905713@unet.univie.ac.at

SCHUL- UND BERUFSBILDUNG

1996–2001

Grundschule

Grundschule Durnholz, (Italy)

2001–2004

Mittelschule

Mittelschule Samtal, Samthein (Italy)

2004–2009

Italienische Matura

Gewerbeoberschule Max Valier, Bozen (Italy)

2009–Heute

Lehramtsstudium Unterrichtsfächer Mathematik und Physik

Universität Wien, Wien (Austria)