



IMST – Innovationen machen Schulen Top

Kompetent durch praktische Arbeiten – Labor, Werkstätte & Co

INNOVATIVES PHYSIK-LABOR

ID 1679

Dr. Susanne Neumann

BRG 14, Linzer Straße 146, 1140 Wien

Wien, im Mai 2016

INHALTSVERZEICHNIS

ABSTRACT	3
1 EINLEITUNG	4
1.1 Das Unterrichtsfach „Physik-Labor“ am BRG 14.....	4
1.2 „Innovativer Laborunterricht“ – CoP.....	4
1.3 Ausrichtung des Laborunterrichts am Physik-Kompetenzmodell.....	5
2 ZIELE	6
2.1. Ziele auf SchülerInnenebene.....	6
2.2. Ziele auf LehrerInnenebene.....	6
2.3. Verbreitung der Projekterfahrungen.....	6
3 DURCHFÜHRUNG	7
3.1 Literaturrecherche und Auswahl geeigneter Labor-Aktivitäten.....	7
3.2 Input zum Thema „Wie analysiert man Daten?“.....	7
3.3 Experiment 1: Bouncing Balls.....	9
3.4 Experiment 2: Ideales Gas.....	9
3.5 Experiment 3: Flaschenmusik.....	11
4 EVALUATIONSMETHODEN	13
5 ERGEBNISSE	16
5.1 Ziele auf SchülerInnenebene.....	16
5.2 Ziele auf LehrerInnenebene.....	17
6 DISKUSSION/INTERPRETATION/AUSBLICK	19
7 LITERATUR	20
8 ANHANG	21

ABSTRACT

Laborunterricht in den naturwissenschaftlichen Fächern ist in vielen Schulen schon Alltag geworden. Aber was sollen und können unsere Schüler/innen eigentlich konkret im Laborunterricht lernen? Selbst unter Kolleg/innen derselben Schule scheint ein Konsens schwierig. Ein Blick auf das Kompetenzmodell der Naturwissenschaften gibt eine Orientierung vor: ein Aspekt der Handlungsdimension E ist die Fähigkeit „Daten und Ergebnisse von Untersuchungen analysieren“ zu können. Dieser konkreten Handlungskompetenz ist dieses IMST-Projekt gewidmet.

In sieben in diesem Schuljahr geführten Laborgruppen wurde zunächst untersucht, welche Fähigkeiten die Schüler/innen in diesem Bereich zu Beginn des Schuljahres schon hatten (Pre-Test). Nach mehreren Interventionen, die auch Einzelarbeitsphasen umfassten, wurde das Können der Schüler/innen durch einen abschließenden Test beurteilt und mit den Ergebnissen des Pre-Tests verglichen.

Schulstufe: 10. + 11. Schulstufe

Fächer: Physik, Laborunterricht

Kontaktperson: Dr. Susanne Neumann

Kontaktadresse: susanne.neumann@univie.ac.at

Zahl der beteiligten Klassen: 4 Klassen (7 Laborgruppen)

Zahl der beteiligten SchülerInnen: 65

Urheberrechtserklärung

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit (=jede digitale Information, z.B. Texte, Bilder, Audio- und Video Dateien, PDFs etc.) selbstständig angefertigt und die mit ihr unmittelbar verbundenen Tätigkeiten selbst erbracht habe. Alle aus gedruckten, ungedruckten oder dem Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen und Konzepte sind zitiert und durch Fußnoten bzw. durch andere genaue Quellenangaben gekennzeichnet. Ich bin mir bewusst, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben wird. Diese Erklärung gilt auch für die Kurzfassung dieses Berichts, sowie eventuell vorhandene Anhänge.

1 EINLEITUNG

An vielen allgemeinbildenden und berufsbildenden Schulen wurde der naturwissenschaftliche Unterricht in den letzten Jahrzehnten mit einem neuen Schwerpunkt abgebildet: ein naturwissenschaftliches Labor. Unabhängig davon, wie dieser Gegenstand schulautonom verwirklicht wurde – in manchen Schulen ist er maturabel, in manchen wird er fächerübergreifend angeboten, in wieder anderen wird er schon ab der 7. Schulstufe eingesetzt -, ist dem Laborunterricht in den Naturwissenschaften gemeinsam, dass das schülerzentrierte, praktische Arbeiten im Vordergrund steht. Da es aber für diesen Gegenstand nur schulautonome Lehrpläne gibt, stellt sich hier die Frage, ob Lehrkräfte überhaupt dahingehend übereinstimmen, welche Kompetenzen die Schüler/innen in diesem Laborunterricht erwerben und festigen sollen.

1.1 Das Unterrichtsfach „Physik-Labor“ am BRG 14

An unserer Schule, dem Bundesrealgymnasium 14, Linzer Straße 146, wird das Fach „Labor“ als ein vom Pflichtfach getrennter Gegenstand unterrichtet. Die Schüler/innen erhalten demnach eine eigene Beurteilung für dieses Fach, die unabhängig vom Pflichtfach ist. Der Gegenstand „Physik-Labor“ wird in der Oberstufe des Realgymnasiums, jeweils eine Wochenstunde (als Doppelstunde geblockt alle 14 Tage), in der 10. und 11. Schulstufe unterrichtet und ist somit nicht maturabel. Da die gesamte Oberstufe unserer Schule mittlerweile als Laptop-Klassen geführt wird, steht den Schüler/innen auch im Laborunterricht ihr Laptop als technisches Hilfsmittel für die Durchführung, Dokumentation und Analyse von Experimenten zur Verfügung.

Die inhaltliche Ausrichtung des Fachs „Physik-Labor“ hängt, wie in den meisten Fällen, von der unterrichtenden Lehrkraft ab. In den allgemeinen Lernzielen in diesem Fach stimmen wir als Physikteam überein: Die Schüler/innen sollen z.B. befähigt werden physikalische Messmethoden zu erlernen, das naturwissenschaftliche Arbeiten als spannende Tätigkeit erleben und sie sollen üben, den Ablauf von Experimenten zu dokumentieren. Es fiel uns aber schwer, konkrete Lernziele bzw. Kompetenzen zu formulieren, die wir als Minimalkompetenzen für alle Schüler/innen, die unseren Laborunterricht zwei Jahre lang besuchten, festlegen konnten. Verstärkt wurde diese Schwierigkeit dadurch, dass keine Lehrkraft aus dem Team bisher irgendeine Art von schriftlicher Leistungsfeststellung im Laborunterricht eingesetzt hatte, die zu dieser Konkretisierung der Lernziele gezwungen hätte.

1.2 „Innovativer Laborunterricht“ – CoP

Dass es uns am BRG 14 nicht anders geht als Lehrkräften an anderen Schulen, wurde uns durch die Teilnahme an der Arbeitsgruppe „Innovativer Laborunterricht“ (nach der auch unser IMST-Projekt benannt ist) bewusst. Organisiert und finanziert durch das NaWi-Netzwerk Wien (2014 und 2015) bzw. die PH Wien (2016) und mitorganisiert von der ARGE Physik Wien (2015 und 2016), trafen sich dieses Jahr zum dritten Mal in Folge Physiklehrkräfte aus Wien und dem angrenzenden Niederösterreich, um sich über ihren Laborunterricht auszutauschen. Die Treffen fanden immer im März/April statt, die Teilnehmerzahl nahm kontinuierlich von 7 im ersten bis 17 im dritten Jahr zu. Bei diesem Arbeitstreffen wurden nicht nur Literaturtipps und Unterrichtsideen ausgetauscht, sondern stets auch darüber diskutiert, welche Fähigkeiten und Fertigkeiten im Laborunterricht konkret vermittelt bzw. geübt werden sollten. Die Ergebnisse jeden Treffens wurden dabei dokumentiert und an alle teilnehmenden Lehrkräfte (auch die der letzten Jahre) versandt. Es handelt sich hier also um ein gutes Beispiel für eine Community of Practice (CoP), wie sie von Wenger (1998) beschrieben wurde und in vielen professionellen Bereichen eingesetzt wird.

1.3 Ausrichtung des Laborunterrichts am Physik-Kompetenzmodell

Das Kompetenzmodell, das für die naturwissenschaftlichen Bildungsstandards (BIFIE, 2011) entwickelt und im Rahmen der neuen Reifeprüfung für die AHS-Oberstufe adaptiert wurde (BMBF, 2012), bot schlussendlich die beste Grundlage zur Diskussion und Festlegung von konkreten Kompetenzen.

Aus den im Kompetenzmodell festgesetzten Handlungskompetenzen W, E und S erscheint insbesondere der E-Bereich für einen Einsatz im Laborunterricht relevant. Im Kompetenzmodell der AHS-Oberstufe wird die Handlungskompetenz wie folgt, beschrieben:

Erkenntnisse gewinnen: Fragen, Untersuchen, Interpretieren

Ich kann einzeln oder im Team ...

- E 1 zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Beobachtungen machen und/oder Messungen durchführen und diese beschreiben.*
- E 2 zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Fragen stellen und Vermutungen aufstellen.*
- E 3 zu Fragestellungen eine passende Untersuchung oder ein Experiment planen, durchführen und protokollieren.*
- E 4 Daten und Ergebnisse von Untersuchungen analysieren (ordnen, vergleichen, Abhängigkeiten feststellen), interpretieren und durch Modelle abbilden.*

Für unser IMST-Projekt entschieden wir uns, den Schwerpunkt auf den ersten Teil der Handlungsdimension E4 zu legen:

Daten von Untersuchungen analysieren (ordnen, vergleichen, Abhängigkeiten feststellen)

Der Hauptgrund für die Wahl gerade dieser Handlungs-(Teil)dimension lag vor allem in der Tatsache, dass die Dimension E4 relativ leicht operationalisierbar schien. Wir konnten uns schon zu Beginn des Projekts klar vorstellen, wie wir testen könnten, ob Schüler/innen diese Fähigkeit schon besitzen bzw. im Laufe des Laborunterrichts verbessern konnten. Dies war für die von uns gewählte Art der Evaluierung (s. Kapitel 4) von Bedeutung.

2 ZIELE

Die Ziele unseres IMST-Projekts „Innovativer Laborunterricht“ haben sich im Laufe der Vorbereitung, einige davon allerdings erst in den ersten Wochen der Projektdurchführung herauskristallisiert. Wir fassen sie hier, gegliedert in Schüler- und Lehrersicht, zusammen:

2.1. Ziele auf SchülerInnenebene

Die Schüler/innen sollen im Laufe des diesjährigen Physik-Laborunterrichts:

- Im Rahmen unterschiedlicher Aufgabenstellungen ihre Fähigkeiten und Fertigkeiten im Kompetenzbereich „Daten analysieren“ trainieren

und dadurch

- Ihre Fähigkeiten und Fertigkeiten im Kompetenzbereich „Daten analysieren“ messbar verbessern

2.2. Ziele auf LehrerInnenebene

Die Lehrkräfte, die den Physik-Laborunterricht in diesem Schuljahr leiten, sollen:

- typische Aufgabenstellungen, die bisher im Labor zum Einsatz kamen, dahingehend überprüfen, ob sich diese zum Üben der gewählten Handlungsdimension eignen.
- Ein Bewusstsein darüber erlangen, welche Fähigkeiten die Schüler/innen im Bereich „Daten analysieren“ aus dem Pflichtunterricht (Physik, Mathematik, andere Naturwissenschaften) mitbringen.

2.3. Verbreitung der Projekterfahrungen

Zur Dissemination der Projekterfahrungen waren die folgenden Aktivitäten geplant. Schon ausgeführte Disseminationsaktivitäten sind mit (✓) gekennzeichnet.

- Bericht über das IMST-Projekt auf der Schulhomepage (✓)
- Vorstellung des Projekts beim IMST-Tag 2016 in Wien (✓)
- Diskussion der vorläufigen Ergebnisse und Erfahrungen in der „Innovativer Laborunterricht“-Community of Practice (s. Kapitel 1.2) am 17. März 2016 (✓)
- Laufende Diskussion der Projekterfahrungen im Physik-Team des BRG 14 (✓)
- Weiterführung der Projektidee für eine erneute Antragsstellung durch ein anderes Team-Mitglied des BRG 14 mit geringerer Projekterfahrung (geplant für April/Mai)
- Publikation der Ergebnisse in einer Ausgabe der Physiklehrer-Zeitschrift PlusLucis (Verfassen des Artikels für Juli 2016 geplant, Publikation für 2017 geplant)

3 DURCHFÜHRUNG

Die Projektdurchführung gliederte sich in die in Abbildung 1 dargestellten Abschnitte:

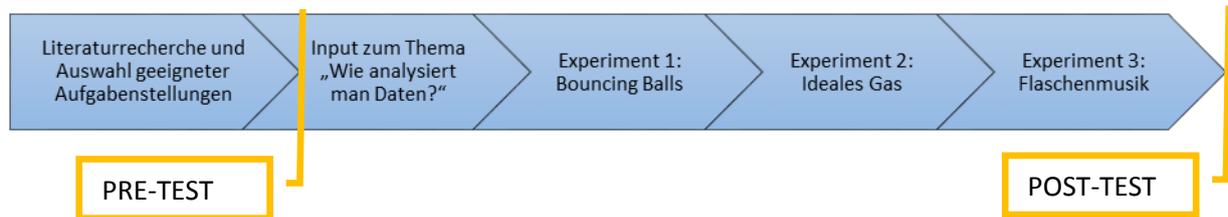


Abbildung 1: Ablauf des Projekts

In diesem Kapitel werden die fünf im Diagramm genannten Projektaktivitäten beschrieben. Für die Darstellung der Durchführung und Auswertung von Pre- und Post-Test wird auf Kapitel 4 (Evaluation) verwiesen.

3.1 Literaturrecherche und Auswahl geeigneter Labor-Aktivitäten

Die ersten Aktivitäten im Rahmen der Projektdurchführung begannen bereits in den Sommerferien 2015. Erstes Projektziel auf Lehrerebene war es, die bisher schon vorhandenen Unterrichtsideen und Experimente auf ihre Eignung für das Projekt zu überprüfen und nach neuen Ideen zu suchen. Zu diesem Zweck wurden die schriftlich gesammelten Ideen für Laboraktivitäten, die im Laufe der beiden ersten CoP-Treffen (s. Kapitel 1.2) gesammelt worden waren, zu Rate gezogen. Darin inkludiert war auch schon ein Best-Of der Laborideen des BRG 14-Teams. Bei der Durchsicht der schon vorhandenen Labor-Experimente stellte sich jedoch leider heraus, dass die meisten nur bedingt für einen Kompetenzerwerb im Bereich „Datenanalyse“ geeignet waren. Bei nur einem Bruchteil der bisher (vom BRG14-Team oder anderen Mitgliedern der CoP) eingesetzten Labor-Aufgabenstellungen handelte es sich tatsächlich um Experimente, bei denen eine echte (schülerzentrierte) Datenanalyse vonnöten ist.

Die Suche nach geeigneten Unterrichtsmaterialien erwies sich ebenso als schwierig. Zwar gibt es eine Fülle an Büchern und Websites, aus denen man Ideen für Freihandexperimente, Demonstrationsexperimente, Schülerversuche und Ähnliches schöpfen kann. Literatur, die aber echtes Experimentieren (z.B. Hypothesen aufstellen, Planen von Untersuchungen und eben auch Datenanalyse) in der Schule thematisiert, ist bei weitem nicht so verbreitet. Eine Suche im amerikanischen Raum, in dem der Laborunterricht eine längere Tradition hat, brachte dann doch einiges an Literatur zu Tage, die bei der Auswahl von geeigneten Aufgabenstellungen half.

Das mit Abstand hilfreichste Buch für unsere Zwecke, das wir allen Kolleg/innen empfehlen würden (und das nicht nur für Laborunterricht und schon gar nicht nur für Berufsanfänger/innen, wie der Titel vermuten lässt) ist Mader & Winn (2012). Es umfasst nicht nur interessante schülerzentrierte Experimentierideen, sondern beeindruckt auch durch Unterrichtsvorschläge, in denen Schüler/innen explizit unterschiedliche Aspekte des Experimentierens erlernen (Scientific Observation, Estimation, Graphical Analysis, Significant Figures, ...).

3.2 Input zum Thema „Wie analysiert man Daten?“

Um sicherzustellen, dass alle Schüler/innen, unabhängig von deren Mathematikunterricht oder bisherigen Physikunterricht, einen Input zum Thema „Datenanalyse“ erhalten haben, wurde in eine der ersten Physik-Laborstunden ein Informationsblatt zu diesem Thema bearbeitet. Jede(r) Schüler/in

arbeitete daraufhin selbständig an zwei konkreten Aufgabenstellungen, um auch den Umgang mit einem Datenverarbeitungsprogramm (z.B. Excel) zu üben. Diejenigen Schüler/innen, die in dieser Input-Stunde abwesend waren, wurde in der darauffolgenden Laborstunde einzeln die Herangehensweise erklärt und auch diese lösten die zwei Aufgabenstellungen selbständig. Da die Laborgruppen immer nur 7 bis maximal 11 Schüler/innen umfassen, war es der Lehrkraft möglich, direktes und individuelles Feedback zu geben und bei allen Fragen, die auftraten, gleich zu helfen.

Das Informationsblatt, das zu diesem Thema ausgeteilt wurde, findet sich im Anhang. Es umfasste:

- das Ordnen und Darstellen von Daten mit Hilfe einer Wertetabelle
- das Darstellen von Daten mit Hilfe eines Punktdiagramms (für Fortgeschrittene wurde auch das Einfügen einer Trendlinie erläutert)
- eine grundlegende mathematische Analyse (Überprüfung der Daten auf positiven bzw. negativen Zusammenhang und auf deren Spezialfälle direkte bzw. indirekte Proportionalität)

Nicht inkludiert (und bisher im Laborunterricht sträflich vernachlässigt) war das Thema „Genauigkeit der Messergebnisse“ und „Darstellung der (Un-)sicherheiten“. Diesem Thema sollte wohl ein eigenes IMST-Projekt gewidmet werden.

Eine konkrete Aufgabe, die nach dem Input gelöst werden musste, sah z.B. folgendermaßen aus:

Aufgabe 1: Ein Körper wird aus 100 Meter Höhe fallengelassen. Der Fall wird auf Video aufgezeichnet und analysiert. Dabei ergibt sich, dass der Körper nach $\frac{1}{2}$ Sekunde eine Geschwindigkeit von 5.5 m/s hat, nach einer Sekunde eine Geschwindigkeit von 9.7 m/s, nach 1.5 Sekunden eine Geschwindigkeit von 15.3 m/s und nach zwei Sekunden eine Geschwindigkeit von 20.5 m/s. Stelle die Daten in einer Wertetabelle und in einem Graphen dar. Welchen mathematischen Zusammenhang vermutest du? Begründe.

Während der Input- und Arbeitsphase ergaben sich insbesondere folgende Schwierigkeiten für die Schüler/innen:

- **Umgang mit Excel:** Obwohl alle Laborgruppen seit einigen Jahren als Laptopklassen geführt werden, war es für viele der Schüler/innen das erste Mal, dass sie Daten mit Hilfe von Excel selbständig auswerteten. Insofern ist es natürlich nur verständlich, dass viele Probleme damit in Zusammenhang standen (z.B. Verwenden eines Dezimalpunkts statt eines Kommas, Auswahl eines Liniengraphs statt eines Punktdiagramms, mangelnde Kenntnis über das Einfügen von Achsenbeschriftungen, ...).
- **Mathematische Analyse:** Auch daran zeigte sich, dass die Schüler/innen wohl wirklich zum ersten Mal eigenständig Daten analysierten. Selbst das relativ einfache Überprüfen, ob eine Je-größer-Desto-größer-Beziehung (positiver Zusammenhang) zwischen den beiden Größen vorlag, konnte nicht von allen Schüler/innen gelöst werden. Auch nach dem Input konnten die meisten Schüler/innen nicht begründen, warum z.B. ein direkt proportionaler Zusammenhang vorlag. Erst mit Hilfe von Einzelgesprächen konnte sichergestellt werden, dass jede(r) einzelne Schüler/in zumindest Basisfertigkeiten dieser experimentellen Kompetenz erworben hat.

Um das Analysieren von Daten zu üben, wurden im Laufe der nächsten Wochen immer wieder Aufgaben gestellt, bei denen die Datenanalyse eine wesentliche Rolle spielte.

3.3 Experiment 1: Bouncing Balls

Die Idee zu dem Experiment wurde Mader & Winn (2012) entnommen und ein wenig adaptiert. Die Aufgabenstellung bestand darin, einen Ball fallen zu lassen und zu untersuchen, wie die Höhe, die er beim Zurückprallen erreicht, von der Anfangshöhe abhängt. Die Schüler/innen arbeiteten selbstständig, sammelten Daten und analysierten diese. Abbildung 2 zeigt ein typisches Diagramm, das sich bei dieser Untersuchung ergab:

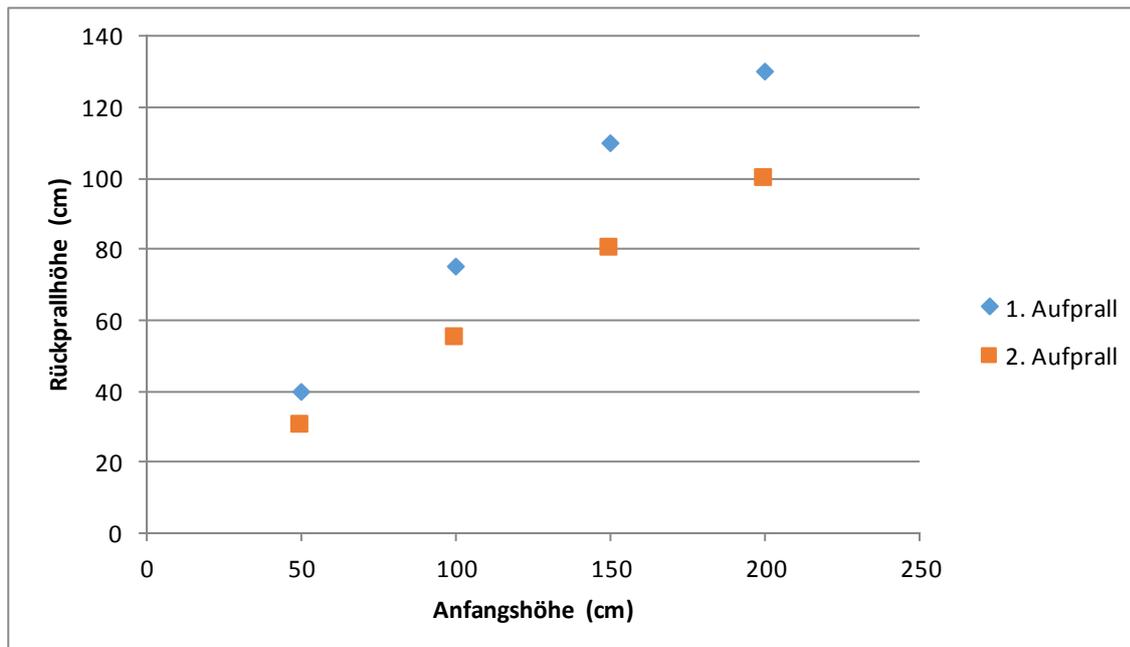


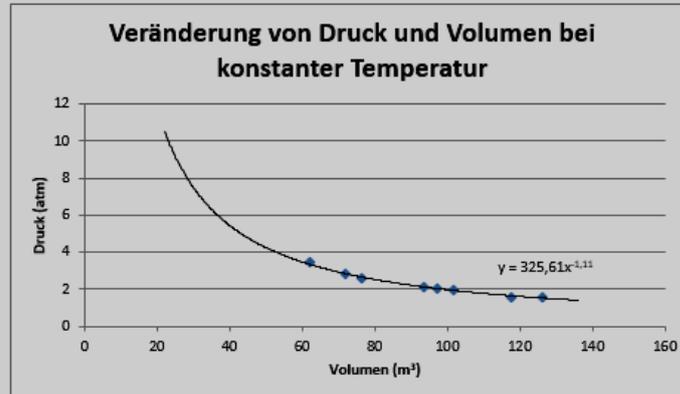
Abbildung 2: Diagramm zu Experiment 1

3.4 Experiment 2: Ideales Gas

Für diese Untersuchung benötigten die Schüler/innen eine interaktive Simulation („Applet“), in der mit einem idealen Gas gearbeitet werden kann (University of Colorado, 2016). Unter anderem erlaubt das Applet, die Temperatur, den Druck sowie das Volumen zu verändern und diese Parameter zu messen. So konnten die Schüler/innen untersuchen, wie sich Volumen und Druck eines (idealen) Gases bei konstanter Temperatur bzw. Temperatur und Druck bei konstantem Volumen verhalten. Auch in diesem Zusammenhang dokumentierten die Schüler/innen ihre Messergebnisse mit Hilfe einer Wertetabelle, stellten die Ergebnisse in einem Diagramm dar und versuchten einen mathematischen Zusammenhang herauszufinden. Abbildung 3 und Abbildung 4 zeigen Ausschnitte des (nicht korrigierten) Protokolls einer Schülergruppe zu dieser Aufgabe.

2. Verhalten Volumen und Druck eines (idealen) Gases sich bei konstanter Temperatur

Volumen	Druck (atm)	Temperatur (K)
62,1	3,4	300
72	2,8	300
76,5	2,6	300
93,6	2,1	300
97,2	2,05	300
101,7	1,95	300
117,9	1,6	300
126	1,55	300



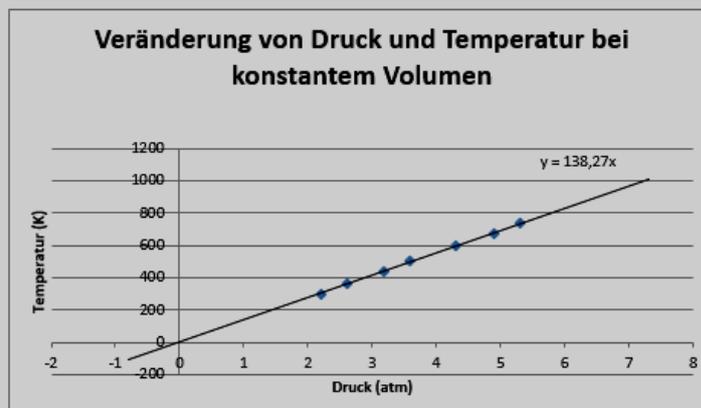
Damit die Temperatur gleich bleibt, muss der Druck bei steigendem Volumen sinken.

Unsere Messwerte entsprechen annähernd der gewünschten Formel $y = 325,61 \cdot \frac{1}{x}$

Abbildung 3: Ausschnitt eines Schülerprotokolls zu Experiment 2, Teil 1

3. Verhalten Temperatur und Druck eines (idealen) Gases bei konstantem Volumen

Volumen (=9*10,4*1)	Druck (atm)	Temperatur (K)
93,6	2,2	300
93,6	2,6	360
93,6	3,2	434
93,6	3,6	506
93,6	4,3	597
93,6	4,9	672
93,6	5,3	737



Bei konstantem Volumen und steigender Druck vergrößert sich die Temperatur direkt proportional zum Druck.

Abbildung 4: Ausschnitt eines Schülerprotokolls zu Experiment 2, Teil 2

3.5 Experiment 3: Flaschenmusik

Bei diesem Experiment sollten die Schüler/innen untersuchen, inwiefern die Tonhöhe, die durch Anblasen einer Glasflasche erzeugt wird, vom Volumen der Flüssigkeit abhängt, mit der die Flasche gefüllt ist. Die Frequenz wurde dabei mit Hilfe einer Handy-App gemessen (z.B. gStrings für Android). Abbildung 5 und 6 zeigen wiederum Ausschnitte aus Schülerprotokollen.

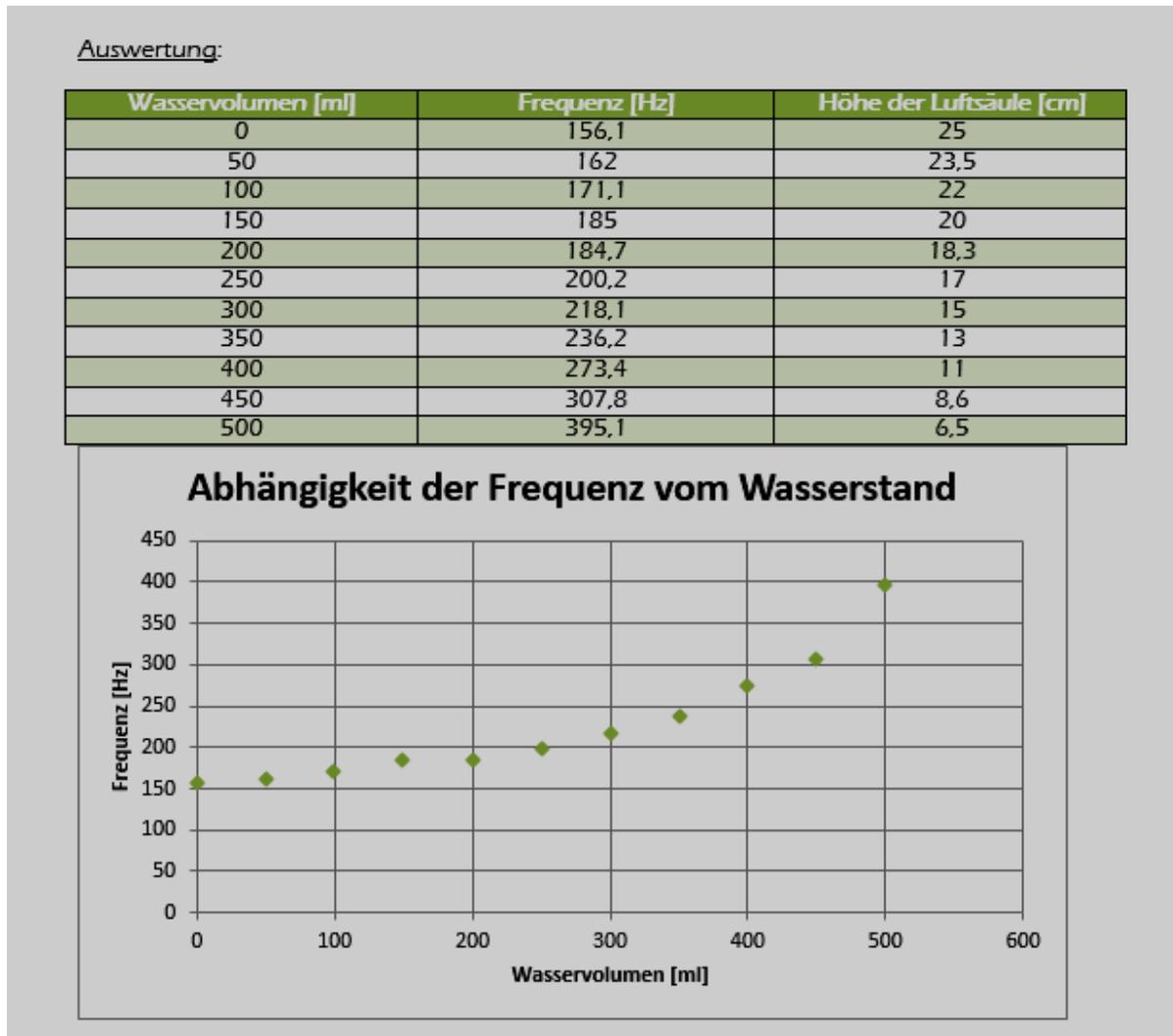
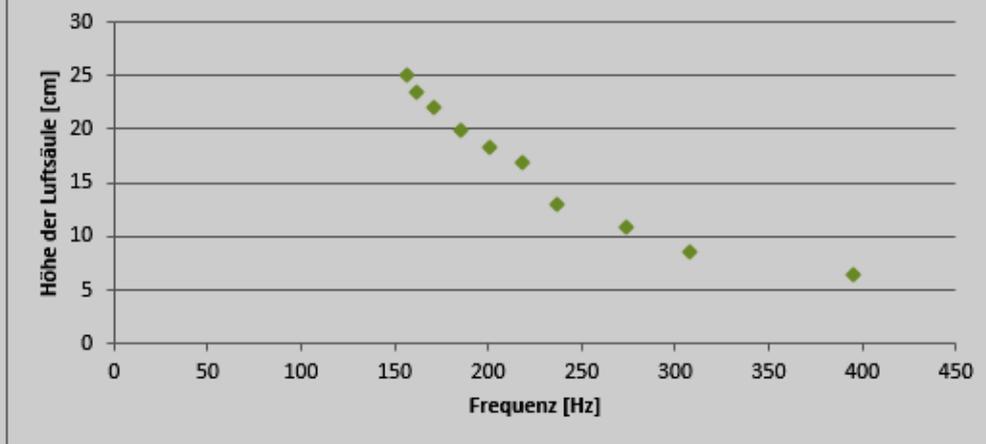


Abbildung 5: Auszug aus einem Schülerprotokoll zu Experiment 3 (Teil 1)

Die Abhängigkeit der Höhe der Luftsäule und der Frequenz



Ergebnis:

Abhängigkeit der Frequenz vom Wasserstand:

- Je mehr Wasser in die Flasche gefüllt wird, desto höher ist die Frequenz.
- Es handelt sich um einen positiven Zusammenhang und der Graph ist Monoton steigend.

Die Abhängigkeit der Höhe der Luftsäule und der Frequenz:

- Je kleiner die Luftsäule, desto höher die Frequenz.
- Es handelt sich um einen negativen Zusammenhang und der Graph ist Monoton fallend.

Abbildung 6: Auszug aus einem Schülerprotokoll zu Experiment 3 (Teil 2)

4 EVALUATIONSMETHODEN

Um Hinweise darüber zu erhalten, ob die evaluierbaren Ziele erreicht worden sind, wurde ein Pre-Post-Design gewählt. In eine der ersten Labor-Stunden wurde mit Hilfe eines kurzen, anonymen Tests überprüft, welche Fertigkeiten die Schüler/innen im Hinblick auf die Auswertung von Messergebnissen schon zu Beginn des Laborunterrichts hatten. Da alle Klassen ja seit 1 bzw. 2 Schuljahren bereits als Laptopklassen geführt wurden, konnte angenommen werden, dass die meisten Schüler/innen über grundlegende Fähigkeiten im Umgang mit Excel verfügten. Außerdem handelte es sich bei allen Klassen um Schüler/innen des Realgymnasiums, also lag der Schluss nahe, dass diese aus dem Mathematikunterricht bereits Kompetenzen aus dem Bereich der Darstellung von Daten und Erkennen von mathematischen Zusammenhängen hätten.

Die konkrete Aufgabe des Pre-Tests lautete wie folgt¹:

In einem Experiment untersuchst du, wie die Frequenz eines Tones von der Länge der Panflöten-Pfeifen abhängt. Du erhältst folgende Werte:

Eine Pfeifenlänge von 19,5 cm ergibt eine Frequenz von 432 Hz. Eine Frequenz von 651 Hz ergibt sich bei einer Pfeifenlänge von 13,1 cm. Eine Pfeifenlänge von 24,1 cm ergibt eine Frequenz von 348 Hz. 883 Hz ergeben sich bei einer Länge von 9,4 cm.

Stelle diese Daten in einer Wertetabelle und in einem Graphen dar. Welchen mathematischen Zusammenhang vermutest du? Begründe.

Die Schüler/innen wurden gebeten die Aufgabe so gut wie möglich zu lösen und das Ergebnis nach ca. 10-15 Minuten auf die Lernplattform hochzuladen. Den Schüler/innen wurde außerdem der Hintergrund des Tests erklärt und sie wurden einerseits um Ehrlichkeit andererseits um Ernsthaftigkeit beim Lösen der Aufgabe gebeten.

Auch der Post-Test, der nach der Input- und Experimentierphase gestellt wurde, bestand aus einer konkreten Aufgabe, die die Schüler/innen innerhalb von 10-15 Minuten lösen sollten. Im Gegensatz zum Pre-Test, der anonym erfolgte, wurde der Post-Test als summative Leistungsfeststellung eingesetzt und erfolgte daher auch nicht anonym. Dass durch diese unterschiedlichen Durchführungsbedingungen das Testdesign nur beschränkte Aussagekraft hat, wurde in Kauf genommen (s. Kapitel 5).

Die konkrete Aufgabe des Post-Tests lautete wie folgt:

Eine Gruppe von Schüler/innen macht im Physik-Labor ein Experiment: Sie messen, wie weit sich eine Feder ausdehnt, wenn man verschiedene Massenstücke dranhängt. Folgende Messergebnisse haben sie dokumentiert: Bei einer Belastung mit 300g dehnt sich die Feder um 4,5 cm. Bei einer Belastung mit 200 g kommt es zu einer Ausdehnung um 3,1 cm. 5 cm dehnt sich die Feder aus, wenn sie mit 350 g belastet wird. Bei einer Belastung mit nur 100g beträgt die Ausdehnung nur 1,6 cm.

- Stelle die Daten in einer übersichtlichen Wertetabelle dar.

- Stelle die Daten in einem übersichtlichen Diagramm dar.

- Welchen mathematischen Zusammenhang vermutest du zwischen der Belastung und der Ausdehnung? Begründe ausführlich.

¹ Um zumindest ansatzweise sicherzustellen, dass die Schüler/innen wirklich vor eine neue Aufgabe gestellt werden, wurden drei unterschiedliche Kontexte für die Aufgaben des Pre- (und auch des Post-)Tests gewählt. Es konnte ja nicht ausgeschlossen werden, dass die Angaben an Parallelgruppen weitergegeben wurden. Die drei Kontexte waren zwar verschieden, die Aufgabe aber prinzipiell vergleichbar.

Bei beiden Tests wurden Punkte nach den folgenden Kriterien vergeben (pro Spiegelstrich-Kriterium ein Punkt):

1.) **Wertabelle:**

- Sind die Daten übersichtlich in einer Tabelle angeordnet? Dabei war es nicht nötig, die Werte der Größe nach zu ordnen.
- Sind alle verwendeten physikalischen Größen ersichtlich und korrekt angegeben?
- Sind alle verwendeten Einheiten ersichtlich und korrekt angegeben? Dabei war es nicht nötig, die Werte in Basis-SI-Einheiten umzuwandeln.

Eine mit voller Punkteanzahl bewertete Wertetabelle sah z.B. folgendermaßen aus:

Pfeifenlänge (cm)	Frequenz (Hz)
19,5	432
13,1	651
24,1	348
9,4	883

2.) **Diagramm:**

- Sind die Wertepaare richtig in einem Diagramm dargestellt?
- Sind alle verwendeten physikalischen Größen ersichtlich und korrekt angegeben?
- Sind alle verwendeten Einheiten ersichtlich und korrekt angegeben?

Ein mit voller Punkteanzahl bewertetes Diagramm sah z.B. wie in Abb. 7 aus.

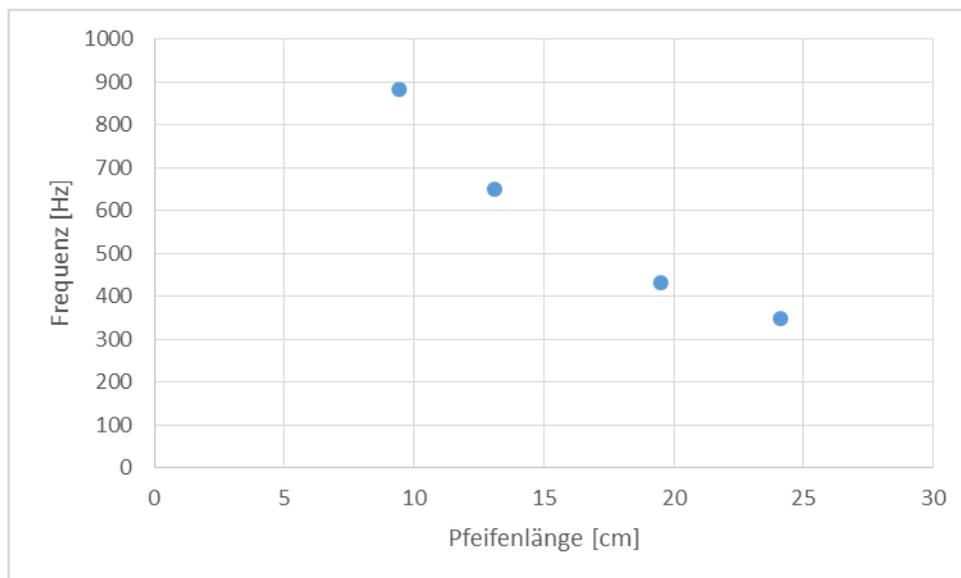


Abbildung 7: Erwartungshorizont Diagramm

3.) **Mathematische Analyse:**

- Wurde ein korrekter mathematischer Zusammenhang (z.B. positiver Zusammenhang, indirekter Zusammenhang, ...) benannt?

- Wurde dieser mathematische Zusammenhang richtig begründet?

Eine mit voller Punkteanzahl bewertete mathematische Analyse sah z.B. folgendermaßen aus:

„Zwischen der Frequenz und der Pfeifenlänge besteht ein negativer Zusammenhang, denn es gilt: Bei größerer Pfeifenlänge sinkt die Frequenz.“

„Frequenz und Pfeifenlänge sind annähernd indirekt proportional zueinander, da bei doppelter Pfeifenlänge die Frequenz sich annähernd halbiert.“

„Pfeifenlänge und Frequenz verhalten sich annähernd indirekt proportional zueinander, da die durch die Datenpunkte gelegte Trendlinie in guter Näherung einer $1/x$ -Hyperbel entspricht.“

5 ERGEBNISSE

5.1 Ziele auf SchülerInnenebene

Wie gut waren die Fähigkeiten der Schüler/innen bei der Analyse von Daten zu Beginn des Laborunterrichts? Diese Frage versuchte der Pre-Test zu beantworten.

52 der 65 am Projekt teilnehmenden Schüler/innen waren an den Terminen, an denen der Pre-Test stattfand, anwesend. Von den zu erreichenden 8 Punkten wurden im Durchschnitt 4,19 erreicht (bei einer Standardabweichung von 1,74). Die meisten Punkte erreichten die Schüler/innen bei der Gestaltung der Wertetabelle, gefolgt vom Erstellen des Diagrammes. Die mathematische Analyse gelang nur wenigen in ersten Ansätzen, kein(e) einzige(r) Schüler/in konnte in diesem Bereich die vollen 2 Punkte erlangen.

In den Abbildungen 8 bis 13 sieht man einige Beispiele, die veranschaulichen, welche Probleme das Erstellen von Diagrammen mit sich brachte.

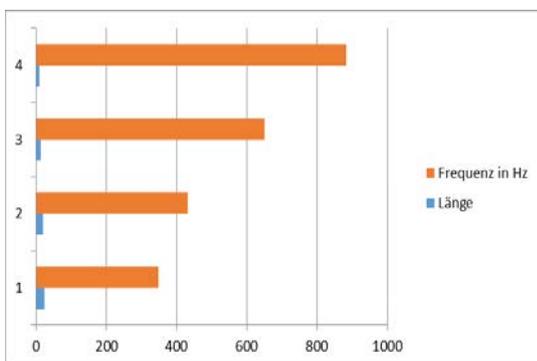


Abbildung 8

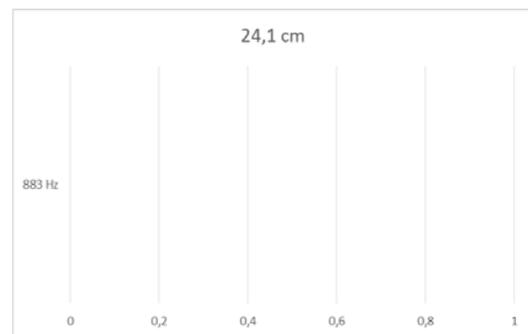


Abbildung 9

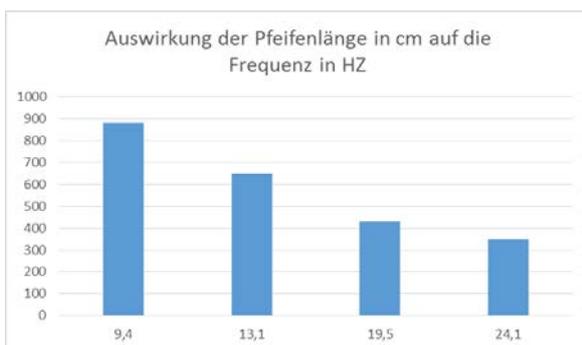


Abbildung 10

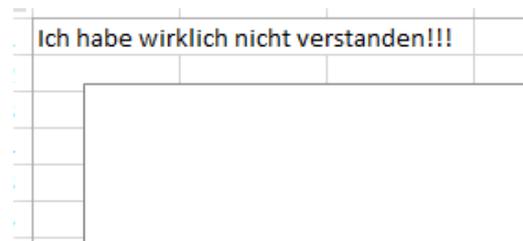


Abbildung 11

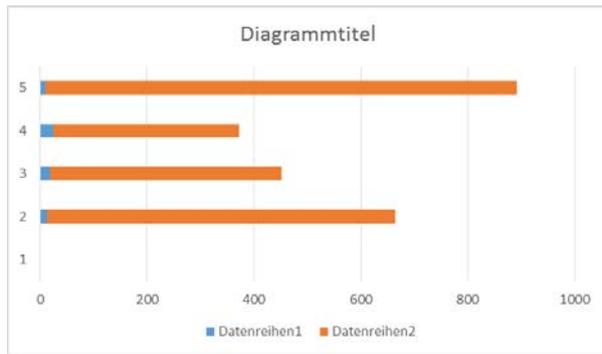


Abbildung 12

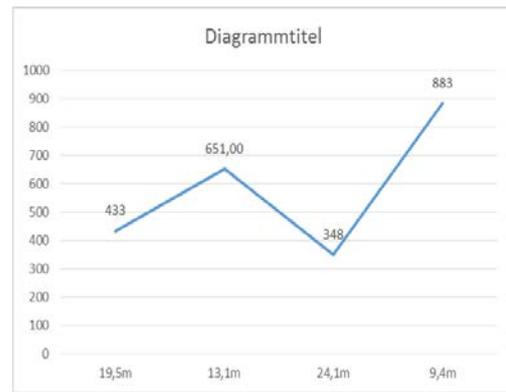


Abbildung 13

Der Post-Test fiel umso erfreulicher aus (wobei hier natürlich nicht auszuschließen war, dass die zusätzliche Motivation der Leistungsfeststellung einen gewissen Beitrag leistete und somit die Aussagekraft des Tests verzerrt).

62 der 65 am Projekt teilnehmenden Schüler/innen waren an den Terminen, an denen der Post-Test stattfand, anwesend. Von den zu erreichenden 8 Punkten wurden nun im Durchschnitt 6,65 erreicht (bei einer Standardabweichung von 1,40) – eine deutliche Steigerung (s. auch Abb. 14).

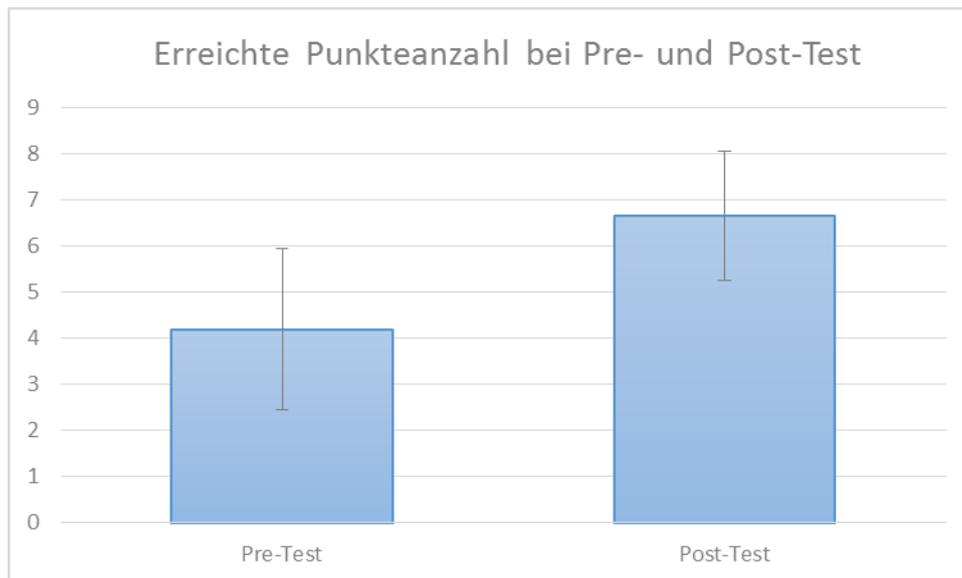


Abbildung 14: Ergebnisse des Pre- und Post-Tests im Vergleich

5.2 Ziele auf LehrerInnenebene

Das wesentlichste Ziel, das schon recht bald im Physik-Team erreicht wurde, war die Erkenntnis, dass es in keiner Weise selbstverständlich ist, dass die Schüler/innen schon erste Kenntnisse zum Thema Datenanalyse aus dem Unterricht mitbringen. Obwohl das Analysieren von Daten eine wichtige Kompetenz laut Kompetenzmodell darstellt, die im Physikunterricht (und zum Teil auch im Mathematikunterricht) gelernt und geübt werden soll, war davon im Pre-Test nichts zu sehen.

Auch die Erkenntnis, dass unsere bisher im Laborunterricht eingesetzten Experimente diese Kompetenz zum Großteil gar nicht fördern, kam relativ früh. Umso wichtiger war es für uns als Team, dazu geeignete Untersuchungen zu finden und im Rahmen des IMST-Projekts zu testen.

6 DISKUSSION/INTERPRETATION/AUSBLICK

Allein schon die Auswertungen des Pre-Tests zeigten uns deutlich, in welche Richtung nicht nur im Laborunterricht, sondern insbesondere auch im regulären Physikunterricht gearbeitet werden muss. Wenn wir gewisse Kompetenzen für wichtig erachten (wie dies ja auch im Lehrplan und im Kompetenzmodell vorgesehen ist), ist es unabdingbar, diese auch eingehend und von Anfang an mit den Schüler/innen zu üben. Insbesondere ist sicherzustellen, dass jede(r) einzelne Schüler/in in dieser Kompetenz ein Mindestlevel erreicht. Dies ist im Laborunterricht nicht immer leicht zu beobachten, da schriftliche Leistungsfeststellungen, die in Einzelarbeit bearbeitet müssen, relativ selten sind. Das Projekt gab aber den Anstoß dazu, solche Arten der Leistungsfeststellung bei Kompetenzen, die gut überprüfbar sind, öfter anzudenken. Wie sehr man die Kompetenz Daten zu analysieren auf höhere Schwierigkeitsgraden (Angaben von Fehlern, Erweiterung der mathematischen Analyse auf quadratische und Exponentialfunktionen, ...) noch ausweitet, kann dann individuell für jede(n) Schüler/in entschieden werden.

Eine der schönsten Erfolge des Projekts war es direkt zu beobachten, wie sehr sich die Fertigkeiten der Schüler/innen von einer Laboreinheit auf die nächste durch das wiederholte Anwenden der gelernten Fähigkeiten verbessert haben. Dies war einerseits direkt im Unterricht zu beobachten als auch bei der Durchsicht der abgegebenen Protokolle.

Das Projekt hat uns als Physikteam mit Nachdruck gezeigt, dass wir uns noch viel klarer werden müssen, welche Lernziele wir im Laborunterricht (und noch mehr im Physikunterricht allgemein) verfolgen und wie diese überprüfbar sind. Weiterführende Projektideen haben sich im Laufe der Arbeit ergeben, insbesondere das Nachdenken über andere Kompetenzbereiche (z.B. Formulieren von naturwissenschaftlichen Fragestellungen, Planen von Untersuchungen, ...) könnten sich dafür anbieten. An einem Projektantrag für 2016/17 wird bereits gearbeitet.

7 LITERATUR

- BIFIE. (2011). *Kompetenzmodell Naturwissenschaften, 8. Schulstufe*. Von https://www.bifie.at/system/files/dl/bist_nawi_kompetenzmodell-8_2011-10-21.pdf abgerufen
- BMBF. (2012). *Die kompetenzorientierte Reifeprüfung - Physik: Richtlinien und Beispiele für Themenpool und Prüfungsaufgaben*. Von https://www.bmbf.gv.at/schulen/unterricht/ba/reifepruefung_ahs_lfph.pdf?4k21fs abgerufen
- Mader, J., & Winn, M. (2012). *Teaching Physics for the First Time*. American Association for Physics Teachers.
- University of Colorado. (17.. April 2016). *PHET - Interactive Simulations: Gaseigenschaften*. Von <https://phet.colorado.edu/de/simulation/gas-properties> abgerufen
- Wenger, E. (1998). *Communities of practice: learning, meaning, and identity*. Cambridge University Press.

8 ANHANG

Mathematische Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen

Im Zuge eines Experiments sammelt man Daten – wie kann man diese analysieren?

1.) Eine **Wertetabelle** schafft Überblick.

- Spaltenüberschriften nennen die physikalische Größe und deren Einheit
- Die abhängige Größe steht dabei in der rechten Spalte.

Länge [cm]	Frequenz [Hz]
24,1	348
19,5	432
13,1	651
9,4	883

2.) Ein Diagramm stellt die Wertepaare graphisch dar.

- In den meisten Fällen wählt man ein Punktdiagramm.
- Die Überschrift soll aussagekräftig sein.
- Die Achsen müssen beschriftet sein (physikalische Größe + Einheit).

3.) Oft kann ein mathematischer Zusammenhang zwischen den beiden physikalischen Größen vermutet werden.

	Positiver Zusammenhang	Negativer Zusammenhang
Wertetabelle	Je größer A, desto größer B. Je kleiner A, desto kleiner B.	Je größer A, desto kleiner B. Je kleiner A, desto größer B.
Graph	Monoton steigend	Monoton fallend



Spezialfall



	Direkt proportionaler Zusammenhang	Indirekt proportionaler Zusammenhang
Wertetabelle	Wird A verdoppelt/verdreifacht/halbiert, so wird B auch verdoppelt/verdreifacht/halbiert. Der Quotient B/A ist stets konstant.	Wird A verdoppelt (etc.), so wird B halbiert. Das Produkt $A \cdot B$ ist stets konstant.
Graph	Ursprungsgerade (homogene, lineare Funktion, $A = k \cdot B$)	Hyperbel (Potenzfunktion, $A = k/B$)

Andere Spezialfälle: Quadratischer Zusammenhang ($A=k \cdot B^2$), Wurzelzusammenhang ($A=k \cdot \sqrt{B}$), exponentieller Zusammenhang ($A=k \cdot e^{\lambda \cdot B}$), ...

Aufgabe 1: Ein Körper wird aus 100 Meter Höhe fallengelassen. Der Fall wird auf Video aufgezeichnet und analysiert. Dabei ergibt sich, dass der Körper nach $\frac{1}{2}$ Sekunde eine Geschwindigkeit von 5.5 m/s hat, nach einer Sekunde eine Geschwindigkeit von 9.7 m/s, nach 1.5 Sekunden eine Geschwindigkeit von 15.3 m/s und nach zwei Sekunden eine Geschwindigkeit von 20.5 m/s. Stelle die Daten in einer Wertetabelle und in einem Graphen dar. Welchen mathematischen Zusammenhang vermutest du? Begründe.

Aufgabe 2: Während des Sportunterrichts wird untersucht, wie sich die Länge der Ringe auf die Schnelligkeit des Schaukelvorgangs auswirkt. Bei einer Seillänge von 9 Metern benötigt das Kind 6 Sekunden für einen Schwingungsvorgang. Verkürzt man das Seil auf 7 Meter benötigt das Kind nur noch 5.3 Sekunden. Bei 6 Metern Länge dauert der Schwingungsvorgang 4.9 Sekunden und bei 4 Metern nur noch 4 Sekunden. Stelle die Daten in einer Wertetabelle und in einem Graphen dar. Welchen mathematischen Zusammenhang vermutest du? Begründe.