MNU Themenreihe Bildungsstandards

Innovativer naturwissenschaftlicher Unterricht mit digitalen Werkzeugen

Experimente mit Messwerterfassung in den Fächern Biologie, Chemie, Physik

Hans-Ulrich Lampe, Frank Liebner,
Hildegard Urban-Woldron, Mirco Tewes (Autoren)

Herausgeber:
Deutscher Verein zur Förderung
des mathematischen
und naturwissenschaftlichen
Unterrichts e. V.

www.mnu.de

V
Vorwort des MNU

01
Theoretischer Hintergrund

02
Pädagogischer und fachdidaktischer Mehrwert

02.1
Die Messdaten stehen im Mittelpunkt

02.2
Forschendes und entdeckendes Lernen stehen im Mittelpunkt

03
Messwerterfassung im Unterricht erfolgreich einsetzen

03.1
Didaktisch-methodische Ansätze

03.2
Lehrer lehren mit Technologie

04
Schlussbemerkung

L
Literatur

Vorwort der Autoren

Neuen Technologien und digitalen Medien werden ganz allgemein eine zentrale Rolle bei der Wissenskonstruktion, Veränderung der Lernkultur und Qualitätsverbesserung von Unterricht und Schule zugesprochen. Sensoren in Verbindung mit entsprechender Software ermöglichen die einfache und rasche Erfassung von Messdaten aus realen Experimenten sowie deren automatische Darstellung als Tabelle oder als Graph zur weiteren Analyse und Interpretation. Im folgenden Artikel finden Sie Erfahrungen und Anregungen der Arbeitsgruppen Biologie, Chemie und Physik des Lehrerfortbildungsprojektes T³, wobei der pädagogische und fachdidaktische Mehrwert der computerunterstützten Messdatenerfassung anhand ausgewählter Beispiele für den Unterricht in diesen Fächern veranschaulicht wird. Abschließend wird auf das Fortbildungsangebot von T³ hingewiesen.

T³-Autorengruppe:
Hans-Ulrich Lampe, Frank Liebner,
Hildegard Urban-Woldron, Mirco Tewes

Vorwort des MNU

Zeitgemäßer naturwissenschaftlicher Unterricht zeichne sich unter anderem durch problemorientiertes Erschließen neuer Erkenntnisse aus, auch unter Nutzung moderner elektronischer Medien, ist der neuen Homepage des MNU zu entnehmen. Da sich naturwissenschaftliche Erkenntnisse vor allem auf genaues Beobachten und Messen von Phänomenen gründen, bedeutet dies, dass im Unterricht aller naturwissenschaftlichen Fächer solche Experimente einen festen Platz haben müssen, bei denen Messwerte erfasst und ausgewertet werden, insbesondere seitdem die Entwicklung von Hard- und Software einen unkomplizierten Einsatz ermöglicht hat. Diese Position vertritt der MNU seit vielen Jahren. Schon 2002 in den „Empfehlungen zum Computer-Einsatz im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht an allgemein bildenden Schulen“ (MNU 2002, Heft 5) hieß es „Zu einer modernen Experimentierkultur gehört der Einsatz von computergestützter Messwerterfassung.“ und „Gerade die Naturwissenschaften sollten die Einsatzmöglichkeiten des Computers in der Sek. I frühzeitig nutzen. Dadurch kann dem PC-Einsatz der Charakter des Besonderen genommen werden. So kann man exemplarisch den Computer zur Messwerterfassung und -auswertung verwenden.“

Im gleichen Jahr 2002 wurde der „Pionier“ der elektronischen Messwerterfassung im Chemie-Unterricht, Dr. Franz Kappenberg mit dem Friedrich-Wöhler-Preis des MNU geehrt. Über den seit Ende der 1970er Jahre auf diesem Feld aktiven Preisträger schreibt der Laudator (MNU 2002, Heft 5, S. 32) „Für das computergestützte Messen und Experimentieren hat Herr Dr. Kappenberg unterschiedlichste Messwandler und Low-cost-Geräte konzipiert“. Über seine Homepage www.Kappenberg.com sowie seine Vorträge und Workshops bei MNU-Kongressen (neueste Entwicklung: Beteiligung an Messung und Auswertung aller Schüler auf ihren eigenen Tablets, Smartphones usw. über Klassenzimmer-WLAN) unterstützt er Kolleginnen und Kollegen seit vielen Jahren beim Einsatz von Messwerterfassungssystemen im Unterricht. So schreibt der o. g. Laudator aus dem Jahr 2002 schließlich „Seine Anregungen und seine stetige Hilfe bei Problemen haben (…) dazu geführt, dass das computergestützte Messen und Experimentieren heute zum Standardrepertoire des chemischen Unterrichts gehört.“

Wie sieht die schulische Realität über ein Jahrzehnt später aus? Die Ausstattung mit elektronischen Medien in Computerräumen wurde forciert und finanziell unterstützt, aber wie die Autoren der Schrift „Unterricht mit Tablet-Computern lebendig gestalten“ (MNU Themenspezial MINT, 2014) schrieben, „Die Realität in den Klassenräumen hat uns irgendwann gebremst.“ Gerade die wichtige direkte Auseinandersetzung mit der Natur im Experiment habe sich noch nie mit der frontalen Tischordnung eines Computerraumes und seiner empfindlichen PC-Ausstattung vertragen. So kam es, dass das wichtige Element der Messwerterfassung allen Bemühungen zum Trotz nicht den Stellenwert im Unterricht hat, den es verdient. Möglicherweise hat dies auch damit zu tun, dass in den Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss von 2004 die Aufnahme und Auswertung von Messdaten nur in sehr allgemeinen Formulierungen („Untersuchungen mit geeigneten qualifizierenden oder quantifizierenden Verfahren“) zu entdecken ist.

Mit den heute zur Verfügung stehenden kleineren, unempfindlichen Geräten wie Tablets oder auch graphikfähigen Taschenrechnern steht dem weit verbreiteten Einsatz der Messwerterfassung und -auswertung aber eigentlich nichts mehr im Wege. Anwendungsmöglichkeiten für Tablets werden in der o. g. MNU-Schrift von 2014 auf S. 47 genannt. Ein Problem für viele Schulen kann die Anschaffung der benötigten externen Sonden (Messfühler), möglichst im Klassensatz darstellen. Mit dieser Schrift möchte der MNU in diesen Fällen als „Unterstützer für die Praxis vor Ort“ (a.a.O. S. 5) Argumentationshilfen bei den Schulträgern bereitstellen. Dabei geht es nicht um eine spezielle Technik oder gar eine Firma, sondern um die Sache. Eine Empfehlung für bestimmte Produkte wird daher nicht ausgesprochen.

Das an der Universität Duisburg-Essen beheimatete Lehrerfortbildungsprojekt T^3 „unterhält“ seit vielen Jahren drei Themengruppen: Biologie, Chemie und Physik. In diesen Arbeitsgruppen sind Kolleginnen und Kollegen der entsprechenden Fächer aus ganz Deutschland damit beschäftigt, einen Weg für den Einsatz von Messwerterfassung im Unterricht zu bahnen. Eine solche Gruppe kam vor einiger Zeit auf den MNU mit der Idee zu, allgemeine Kriterien für den Einsatz von Messwerterfassung aufzuschreiben und diese mit Beispielen aus den einzelnen Fächern zu untermauern und diese Anregung für die Kolleginnen und Kollegen beim MNU zu publizieren. T^3 ist für den MNU kein fremder Kooperationspartner, wie einige JuLe (Junglehrer) – Tagungen der letzten Jahre zeigen.

Wir danken daher der Lehrergruppe unter Leitung von Herrn Frank Liebner (Löbau) für diese Initiative. Mitautor Mirco Tewes erhielt 2015 für die von ihm „innovativ, kreativ und mit viel Ausdauer“ (so die Laudatio) entwickelten Lernumgebungen auf der Basis von Messwerterfassungssystemen den Archimedes Preis des MNU für Physik.

Wir unterstützen nachdrücklich das Vorhaben der Autoren, die Messwerterfassung und -auswertung im Unterricht aller naturwissenschaftlichen Fächer noch stärker zu etablieren und Sie, die Kolleginnen und Kollegen vor Ort, für die Nutzung der inzwischen technisch ausgereiften Geräte und Programme im naturwissenschaftlichen Unterricht zu begeistern.

Nittel, Tuttlingen, München, März 2015

Raimund Leibold, Matthias Kremer, Gerwald Heckmann
Fachreferenten Biologie, Chemie, Physik
im MNU-Bundesvorstand

01

Theoretischer Hintergrund

Forschungsergebnisse zur computerunterstützten Messwerterfassung legen nahe, drei verschiedene Perspektiven der damit realisierbaren neuen Möglichkeiten des Technologieeinsatzes zu betrachten. Zuerst muss das spezifische pädagogische und fachdidaktische Potenzial des jeweiligen Mediums identifiziert werden. Weiter muss die Technologie für die Schülerinnen und Schüler von der Lehrkraft entsprechend in die Unterrichtsarbeit integriert werden, indem diese Lernumgebungen gestaltet, die den Schülerinnen und Schülern dann eine möglichst selbstständige Arbeit mit herausfordernden und interessanten Lernaufgaben ermöglicht. Schließlich stellt der Technologieeinsatz im Unterricht eine Herausforderung für die Lehrerbildung dar, indem Lehrpersonen Gelegenheit bekommen, ihre Kompetenzen zum lernwirksamen Einsatz neuer Technologien und digitaler Medien in einem innovativen naturwissenschaftlichen Unterricht weiterzuentwickeln.

Obwohl Ergebnisse empirischer Studien schon länger darauf hinweisen, dass computerunterstützte Messwerterfassungssysteme effiziente Werkzeuge für konzeptuelles Verständnis zum Beispiel im Bereich Mechanik sein können [1,2], hat der Einsatz der Technologie in der Schulpraxis noch lange nicht überall Einzug gefunden. Technologieeinsatz kann maßgeblich dazu beitragen, dass sich die Lernaktivitäten von der reinen Erfassung und Darstellung von Messdaten in Richtung intensiver Auseinandersetzung und Interpretation zum Verstehen naturwissenschaftlicher Konzepte verschieben [3] und ebenso auch lernschwächere Schülerinnen und Schüler kognitiv aktiviert werden [4]. Durch die simultane Darstellung der Daten in graphischer Form erleben die Schülerinnen und Schüler die direkte Verbindung zwischen realem Vorgang und seiner graphischen Repräsentation [5] (Beichner, 1990).

Oft sind es die aus dem Alltag bekannten Phänomene, die die Schülerinnen und Schüler für die Naturwissenschaften begeistern. Experimente mit überraschenden oder außergewöhnlichen Ergebnissen motivieren ebenso wie Experimente, bei denen digitale Werkzeuge zum Einsatz kommen. Die Nutzung von z. B. graphikfähigen Taschenrechnern, Taschencomputern oder Computern im Mathematikunterricht ist in vielen Bundesländern Alltag geworden. Viele der benutzten Werkzeuge bieten Möglichkeiten in Verbindung mit Sensoren (mehr als 60 versch. Sensoren, mehrere Sensoren gleichzeitig anschließbar) zur Messwerterfassung, sodass Schülerinnen und Schüler ihren Taschenrechner, ihr Tablet oder ihr Notebook zur Erfassung, Darstellung und Auswertung von Messdaten nutzen können. Damit eröffnen sich auch neue Möglichkeiten, mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht zu gestalten.
Das nachfolgende Material basiert auf langjährigen Erfahrungen, welche in den Arbeitsgruppen Biologie, Chemie und Physik des Lehrerfortbildungsprojektes T^3, das an der Universität Duisburg-Essen beheimatet ist, gesammelt wurden. Im Rahmen dieses Projektes beschäftigen sich Lehrerinnen und Lehrer seit über 10 Jahren mit Möglichkeiten der Messwerterfassung, mit der Entwicklung von Unterrichtsmaterialien und der Fortbildung von Lehrerinnen und Lehrern. Die Autorinnen und Autoren möchten Sie an Ihren Erfahrungen teilhaben lassen, Ihnen Ideen und Vorschläge zum Einsatz neuer Technologien und digitaler Medien geben und Sie natürlich für deren Nutzung im naturwissenschaftlichen Unterricht begeistern.

02

Pädagogischer und fachdidaktischer Mehrwert

02.1 Die Messdaten stehen im Mittelpunkt

Beim Einsatz digitaler Messwerterfassung tritt das Messen selbst in den Hintergrund. Ein Mehrwert für den naturwissenschaftlichen Unterricht entsteht vor allem durch neue Möglichkeiten, Daten zu erfassen und diese auszuwerten.

Digitales Messen – nicht nur für Experten

Durch die rasante Weiterentwicklung der Technologie und der Software hat sich die computergestützte Messwerterfassung zu einem Werkzeug entwickelt, für dessen Nutzung man kein Experte mehr sein muss.
Die meisten derzeit für Schulen verfügbaren Systeme zeichnen sich durch eine einfache und intuitive Bedienbarkeit aus. So werden Sensoren automatisch erkannt und Standardparameter für die Messung und Darstellung der Daten gesetzt. Das heißt, dass es häufig genügt, den Sensor über ein Interface an einen Computer oder Handheld anzuschließen und den START-Button zu betätigen.

Messdaten in verschiedenen Darstellungsformen

Nach jeder Messung (bei einigen Systemen sogar während des Messvorgangs) stehen die gemessenen Daten als Tabelle, Graph und Liste zur weiteren Bearbeitung und Auswertung zur Verfügung (vgl. Abb. 1 bis 3 im Beispiel A).

Einfachere und schnellere Messungen

Für Schülerexperimente mit herkömmlichen Versuchsanordnungen benötigt man im Unterricht Zeit, die oft nicht im ausreichenden Maße zur Verfügung steht. Hier kann der Technologieeinsatz Entlastung bringen, da die Messungen selbst einfach und schnell zu realisieren sind.

Beispiele:

Experiment	Kommentar
A 2. Newton'sches Axiom	Der herkömmliche Aufbau ohne Sensoreinsatz ist sehr aufwändig: Fahrbahn, Reibungsausgleich, …
B Bestimmung der Verdunstungswärme verschiedener Alkane	Das Aufnehmen von mehreren Versuchsreihen über einen Zeitraum von mehreren Minuten ist äußerst zeitaufwändig.
C Bestimmung des Atemvolumens	Das Aufnehmen von Messkurven erfordert in der Regel eine teure Apparatur. Üblich ist oft nur die Bestimmung statistischer Werte.

Tabelle 1: Einfachere und schnellere Messungen

Unkomplizierte Langzeitmessungen

Sollen Prozesse über einen längeren Zeitraum hinweg beobachtet und Messdaten gewonnen werden, ist dies mithilfe digitaler Messwerterfassungssysteme leicht möglich. Klassische Beispiele sind die Aufnahme von Umweltparametern wie Luftdruck, Luftfeuchtigkeit oder der Kohlenstoffdioxidgehalt. Es stehen preiswerte Sensoren zur Erfassung vieler verschiedener Umweltgrößen zur Verfügung.

Neue Möglichkeiten für Schulexperimente

Durch den Einsatz von Sensoren eröffnen sich grundsätzlich neue Möglichkeiten für Schulexperimente, da die Messung bisher nicht zugänglicher naturwissenschaftlicher Größen möglich wird (vgl. Tab. 2).

Experiment A: Zweites Newton'sches Axiom

Das Grundgesetz der Mechanik beschreibt die Wirkung einer Kraft auf die Bewegung eines Körpers. Bei der experimentellen Erarbeitung oder Bestätigung des Gesetzes wird häufig ein Vorgehen gewählt, bei dem man relativ zeitaufwändig in mehreren Teilversuchen die Kraft und die Masse konstant hält und die Beschleunigung indirekt ermittelt. Mithilfe eines Kraft- und eines Beschleunigungssensors ist eine direkte Messung von beschleunigender Kraft und erzielter Beschleunigung während eines dynamischen Vorgangs möglich.

Abb. 1: Messdaten als Tabelle

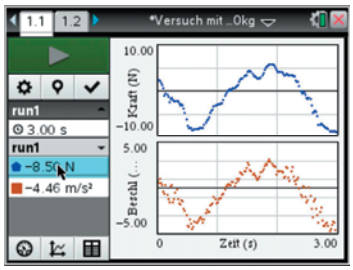


Abb. 2: Messdaten als Graphen

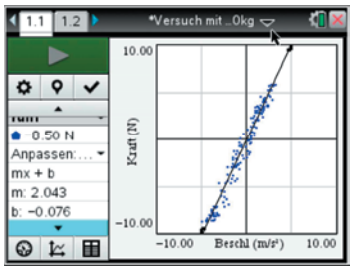


Abb. 3: Kraft in Abhängigkeit von a

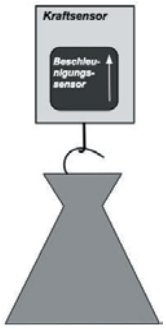


Abb. 4: Versuchsaufbau

Durchführung

Ein Massestück wird mehrfach angehoben, dabei kurzzeitig beschleunigt und wieder abgesenkt. Die beschleunigende Kraft und die Beschleunigung werden gleichzeitig gemessen. Das Experiment wird mit verschiedenen Massestücken durchgeführt.

Auswertung

Die Graphen im $F(t)$- und $a(t)$-Diagramm zeigen ähnliche Verläufe. In das $F(a)$-Diagramm lässt sich eine Ausgleichsgerade einzeichnen, deren Gleichung entweder durch händisches Anpassen oder über eine Regression ermittelt werden kann. Es zeigt sich, dass ihre Steigung der Masse des beschleunigten Körpers entspricht.

Experiment B: Bestimmung der Verdunstungswärme verschiedener Alkane

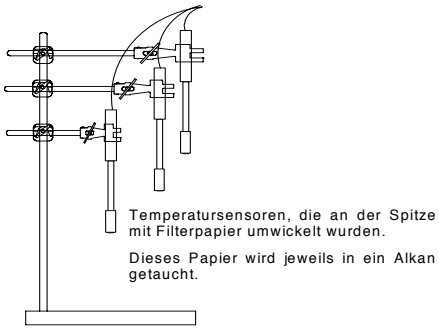


Abb. 1: Versuchsaufbau

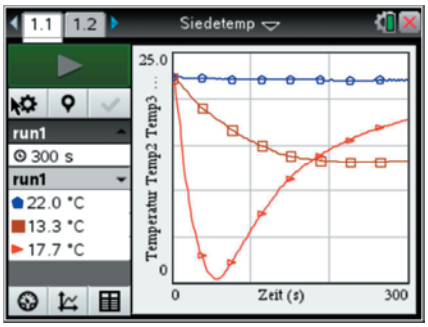


Abb. 2: Grafische Darstellung der Messwerte

Durchführung

Drei Temperatursensoren werden mit Filter- oder Küchenpapier umwickelt. Nachdem die Sensoren an ein Messgerät angeschlossen sind, werden diese in verschiedene flüssige Alkane (z. B. Pentan, Heptan und Nonan), die sich in einem Reagenzglas befinden, solange eingetaucht, bis sich das Papier vollgesogen hat. Sofort nach dem Herausnehmen und Fixieren der Sensoren an einem Stativ, wird eine Temperaturmessung über einen Zeitraum von 10 Minuten gestartet.

Auswertung

Die Verdunstung einer Flüssigkeit ist ein endothermer Prozess. Für die Zustandsänderung vom flüssigen in den gasförmigen Aggregatzustand wird Wärme (Energie) benötigt, die den Körpern oder Substanzen entzogen wird, weshalb es zur Abkühlung kommt. Sind die zwischenmolekularen Kräfte gering, so wird wenig Energie zur Überwindung dieser benötigt. Die Verdunstung kann gut ablaufen und somit kommt es zur starken Abkühlung. Sind die zwischenmolekularen Kräfte groß, findet die Verdunstung nur eingeschränkt statt und die zu messende Abkühlung ist geringer.

Beispiele:

Experiment	Naturwissenschaftliche Größe	Sensor
D Induktionsgesetz	Magnetische Flussdichte	Hallsonde
E Fadenpendel	Position und Geschwindigkeit eines Pendelkörpers in Abh. von der Zeit	Ultraschall-abstands-sensor
F Titration	pH-Wert	pH-Meter
G Stoffwechsel-aktivität	CO_2-Produktion als Indiz für die Stoffwechselaktivität	CO_2-Sensor
H Elektrische Leitfähigkeit von Salzlösungen	Elektrische Leitfähigkeit	Leit-fähigkeits-sensor
I Interferenz von Laserlicht	Lichtintensität	Lichtsensor
J Schlechte Luft im Klassenzimmer	CO_2-Gehalt	CO_2-Sensor
K Veränderung der Siedetemperatur von Salzwasser	Siedetemperatur	Temperatur-sensor

Tabelle 2: Neue Möglichkeiten für Experimente

Messungen mit vielen Wiederholungen

Messungen mehrfach durchzuführen kann aus den unterschiedlichsten Gründen notwendig oder wünschenswert sein. Mittelwertbildung und Fehlerkorrektur (auch Fehlerrechnung) bzw. der Nachweis des Zusammenhangs zwischen Größen sind Beispiele hierfür. Aufgrund der Einfachheit und der Schnelligkeit von Messungen mit Sensoren sind mehrfache Wiederholungen ohne großen Zeitaufwand realisierbar. Darüber hinaus können Schülerinnen und Schüler dazu angeregt werden, eigenen Fragestellungen durch Abändern einzelner Versuchsparameter nachzugehen.

Hohe Genauigkeit und Abtastrate

Die meist kostengünstig verfügbaren Sensoren, welche für die Verwendung im Schulunterricht konzipiert sind, weisen in der Regel eine hohe Genauigkeit auf. So lässt sich z. B. die elektrische Spannung in einem Messbereich von –10 V bis +10 V bei einer üblichen Bitrate von 12 Bit mit einer Genauigkeit von etwa 5 mV angeben.
Im Versuch D zum Induktionsgesetz können so Induktionsspannungen registriert werden, die mit der schulüblichen Ausstattung (Spule, Magnet) erzeugt werden. Temperaturmessungen (z. B. bei Bestimmungen der Reaktionsenergie) verlangen ebenso hohe Messgenauigkeiten, die mit herkömmlichen Flüssigkeitsthermometern nicht zu erreichen sind.

Bei der Messung zeitabhängiger Größen ist die hohe, sensorspezifische Abtastrate von großer Bedeutung. Viele Vorgänge (vgl. Tab. 3) laufen innerhalb eines sehr kurzen Zeitintervalls ab. Aufgrund hoher Abtastraten (bis 10^5 Messungen pro Sekunde) lassen sich auch für diese Vorgänge ausreichend viele Messpunkte erfassen.

Experiment C: Bestimmung des Atemvolumens

Bei jedem Atemzug tauscht der Mensch in Ruhe und unter Belastung ein gewisses Luftvolumen aus. Mit einem Spirometer kann man das Atemzugvolumen und die Vitalkapazität messen und den Atemvorgang in Abhängigkeit von der Zeit darstellen. Dies ist aussagekräftiger und genauer als die üblichen statischen Messungen mit ungenauen Apparaturen.

Abb. 1: Versuchsaufbau mit Spirometer

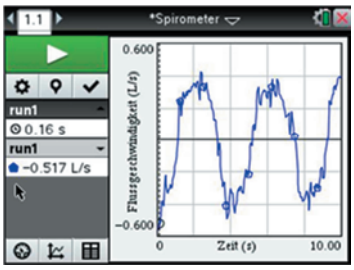


Abb. 2: Messung der Durchflussrate beim ruhigen Ein- und Ausatmen über einen Zeitraum von 10 Sekunden

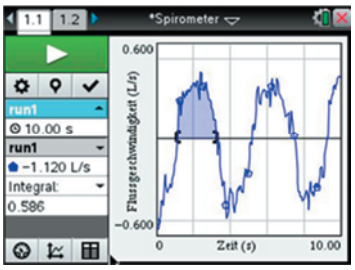


Abb. 3: Bestimmung des Flächeninhalts unter der Kurve

Durchführung

Es lassen sich vielfältige Versuche durchführen. (1) Durch das Spirometer in Ruhe normal ein- und ausatmen, dann von einem Atemzug das Volumen bestimmt (s. Abb. 2). Dieser Versuch kann in gleicher Weise nach einer Belastung wiederholt werden. (2) Durch das Spirometer wird zunächst normal ein- und ausgeatmet, dann maximal eingeatmet und schließlich maximal ausgeatmet.

Auswertung

Das Spirometer misst die Durchflussrate an Atemluft. Jeder Datenpunkt gibt den Durchfluss an Atemluft in einem Zeitabschnitt von 0,04 s wieder (mittlere Durchflussgeschwindigkeit). Ausatemzüge sind oberhalb der Zeitachse, Einatemzüge unterhalb abgetragen. Die Achsendurchgänge zeigen den Übergang von Ein- zu Ausatemzügen. Mit dem Analysetool „Integral“ bestimmt die Applikation die Fläche unter der Kurve. In Abb. 3 lässt sich ein Ausatemvolumen von ca. 0,6 l ermitteln.

Beispiele:

Experiment	Sensor
D Induktionsgesetz	Spannungssensor
Schallgeschwindigkeit	Mikrofonsensor
Reaktionsgeschwindigkeit	Drucksensor
Membranpotenzial	Spannungssensor

Tabelle 3: Hohe Abtastrate

Überwindung mathematischer Schwierigkeiten

Abgesehen davon, dass bei der computerunterstützten Messdatenerfassung Tabellen und Grafiken simultan zum realen Vorgang geliefert werden, ermöglichen vorhandene Regressionsfunktionen und Modelle eine schnelle qualitative und auch quantitative Überprüfung eines vermuteten Zusammenhangs zwischen verschiedenen Größen. So können auch Schülerinnen und Schülern trotz eventuell vorhandener mathematischer Defizite Auswertungen vornehmen, da z. B. Steigungen und funktionale Zusammenhänge nicht per Hand ermittelt werden müssen. Außerdem ist durch die praktische Tätigkeit mit den mathematischen Begriffen eine positive Rückwirkung auf das mathematische Verständnis möglich. Dazu kommt ein Zeitspareffekt: Schülerinnen und Schüler sind nicht längere Zeit damit beschäftigt, per Hand Daten aus Messtabellen in Grafiken umzusetzen, sondern können sich ausführlicher der Interpretation der Daten und weiterführenden Fragestellungen widmen. Damit kann die vorhandene Lernzeit noch effizienter genutzt werden. Auf Lernschwierigkeiten, die im naturwissenschaftlichen Unterricht bei der Bearbeitung von experimentellen Aufgaben aufgrund mathematischer Mängel diagnostiziert werden, muss an geeigneter Stelle die notwendige Förderung erfolgen, aber die unmittelbaren negativen Folgen auf den naturwissenschaftlichen Unterricht werden durch den Einsatz computergestützter Messdatenerfassung verringert, da durch die Technologie den Schülerinnen und Schülern bereits aufbereitete Repräsentationen der Messdaten und ihrer Zusammenhänge zur Verfügung stehen.

Beispiele

Experiment	Kommentar
D Induktionsgesetz	Berechnung von Änderungsraten
F Titration	Durch die zur Verfügung stehende Tabellenkalkulation können Änderungsraten leicht berechnet und graphisch dargestellt werden.

Tabelle 4: Überwindung mathematischer Schwierigkeiten

Experiment D: Induktionsgesetz

Im Gegensatz zum herkömmlichen Standardversuch können die Lernenden durch eigenes Experimentieren den proportionalen Zusammenhang zwischen der Induktionsspannung und der zeitlichen Änderungsrate der Flussdichte selbst herausfinden. Zur Messung der Größen kommen ein Spannungssensor und eine Hallsonde zum Einsatz.

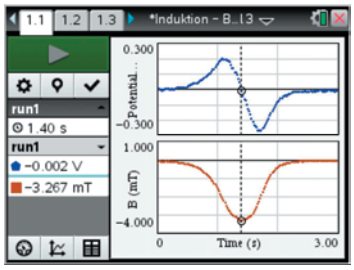


Abb. 1: Flussdichte und Induktionsspannung

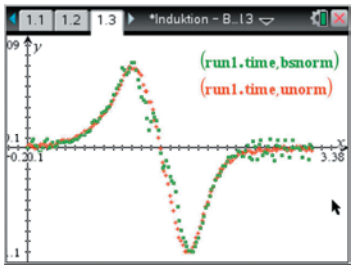


Abb. 2: Zeitliche Änderung der Flussdichte und Induktionsspannung (normiert)

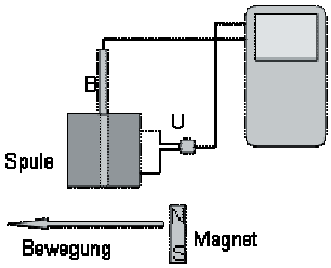


Abb. 3: Versuchsaufbau von oben

Durchführung

Die Hallsonde ist zunächst so in einer Spule zu positionieren, dass die magnetische Flussdichte in der Mitte der Spule gemessen werden kann. Der Spannungssensor wird an die Spule angeschlossen.
Im Versuch wird der Magnet vor der Spule bewegt und dabei die magnetische Flussdichte und die erzeugte Induktionsspannung gemessen. Die Bewegungen müssen so ausgeführt werden, dass eine gut messbare Induktionsspannung entsteht.

Auswertung

Ergebnisse dieser Untersuchungen können sein:

- Solange der Magnet nicht bewegt wird, wird keine Spannung induziert.
- Je schneller der Magnet bewegt wird, desto größer ist die Induktionsspannung.
- Wenn sich das Magnetfeld abschwächt, entsteht ein positiver Spannungsimpuls. Beim Ansteigen ist der Impuls negativ. (Das ist durch den entsprechenden Anschluss des Spannungssensors so eingerichtet worden.)
- Je größer die Änderungsrate des Magnetfeldes ist, desto größer ist auch die Induktionsspannung. Die Induktionsspannung $U_{ind}(t)$ wird maximal oder minimal, wenn $B'(t)$ minimal oder maximal wird.
- Die Induktionsspannung $U_{ind}(t)$ hat den Wert 0 V, wenn $B'(t) = 0$ ist.
- $B'(t)$ ist proportional zu $U_{ind}(t)$.

Experiment E: Fadenpendel

Für Schwingungsexperimente ist ein Ultraschallabstandssensor sehr gut geeignet, denn es lässt sich so der zeitliche Verlauf der periodischen Bewegung des Pendels gleichlaufend zur Beobachtung digital registrieren. Nach der Messung stehen zeitabhängige Daten zu Abstand, Geschwindigkeit und Beschleunigung zur Verfügung. Das generierte Ort-Zeit-Diagramm kann dann als Schwingungsgleichung interpretiert und diskutiert werden. Es können alle denkbaren Einflussparameter (Pendellänge, Pendelmasse, Dämpfung, Amplitude) auf die Schwingungsdauer und die Bewegungsform untersucht werden. Sonst nur pauschal zu beschreibende Dämpfungsvorgänge lassen sich mathematisch modellieren. Damit kann ein wichtiges anschauliches Verständnis als Grundlage für die Behandlung der Schwingungen erreicht werden.

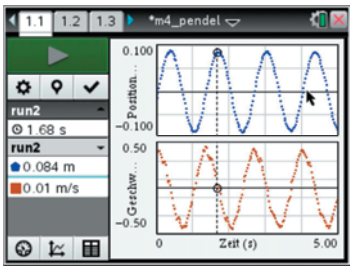


Abb. 1: s(t)- und v(t)-Diagramm

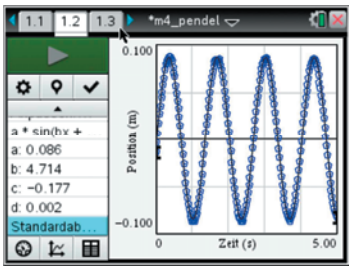


Abb. 2: Regression

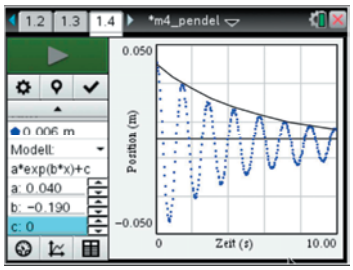


Abb. 3: Gedämpfte Schwingung

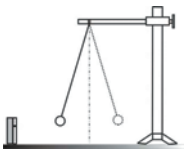


Abb. 4: Versuchsaufbau

Durchführung

Der Ultraschallabstandssensor wird auf den Pendelkörper ausgerichtet. Dann wird der Pendelkörper um einige Grade ausgelenkt und losgelassen und die Messung gestartet. Die Untersuchung kann mit verschiedenen Längen und Massen durchgeführt werden. Durch Variieren des Pendelkörpers lassen sich verschiedene Dämpfungsszenarien nachbilden.

Auswertung

Die im *s*(*t*)- und *v*(*t*)-Diagramm (vgl. Abb. 1) dargestellten Daten zeigen einen sinusförmigen Verlauf und lassen sich durch entsprechende Regressionsfunktionen modellieren. Darüber hinaus lassen sich weitere Untersuchungen anstellen, wie z. B.:

- punktweises Abtasten der Graphen/Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und Ort des Pendelkörpers
- Ermitteln der Schwingungsdauer
- Phasendiagramm
- Dämpfung

Experiment F: pH-Wert-Titration

In vielen Bereichen der analytischen Chemie spielen Säure-Base-Titrationen mit einem pH-Wert-Sensor eine bedeutende Rolle. So kann beispielsweise der Säuregehalt von verschiedenen Lebensmitteln oder Abwässern bestimmt werden.

Durchführung

Nachdem ein Datenerfassungssystem mit angeschlossenem pH-Wert-Sensor vorbereitet ist, wird von der Analysenlösung (Salzsäure) der pH-Wert gemessen. Danach wird mit Natriumhydroxidlösung bekannter Stoffmengenkonzentration (Maßlösung) solange titriert, bis sich der pH-Wert nach einem steilen Anstieg kaum noch ändert. Nach jeder Zugabe von Maßlösung ist der pH-Wert zu messen.

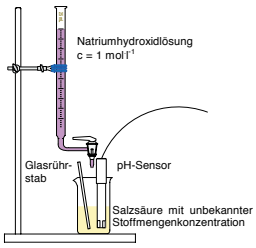


Abb. 1: Versuchsaufbau

Auswertung

Innerhalb der aufgenommenen Titrationskurve ist ein großer pH-Wertsprung (Wendepunkt der Kurve) zu erkennen. Dieser wird ermittelt, da er dem Äquivalenzpunkt der durchgeführten Analyse entspricht. Die Ermittlung kann durch Ablesen anhand der Kurve erfolgen. Hat man viele Daten zur Verfügung, kann der Wendepunkt mathematisch ermittelt werden. Dazu berechnet man die Änderungsraten aus der pH-Wertänderung und der Größe des Intervalls der zugegebenen Maßlösung. Das Extremum dieser Werte liegt beim Äquivalenzpunkt der Titration.

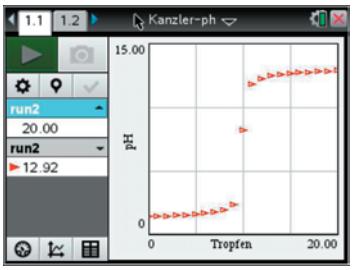


Abb. 2: Titrationskurve

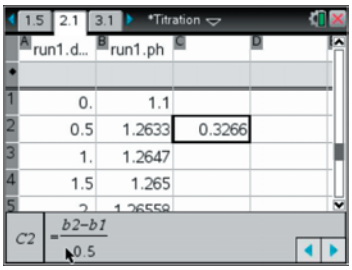


Abb. 3: Berechnung der Änderungsrate

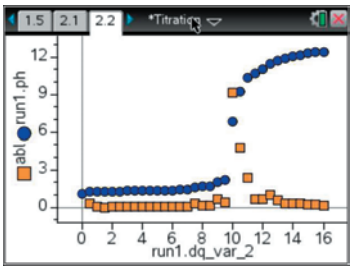


Abb. 4: Titrationskurve und Änderungsrate

Experiment G: Kohlenstoffdioxidproduktion als Indiz für die Stoffwechselaktivität

Mit Hefepilzen (Backhefe Saccharomyces cervisiae) kann nachgewiesen werden, welchen Einfluss die Temperatur auf die Stoffwechselaktivität hat. Da Hefepilze fakultative Anaerobier sind, können sie sowohl Atmung mit Hilfe ihrer Mitochondrien als auch Gärung im Cytoplasma betreiben. Durch die hohe Zuckerkonzentration, die in dem Versuch zum Einsatz kommt, wird trotz des oberflächlich vorhandenen Sauerstoffs vorwiegend Gärung betrieben. Die Hefe verbraucht so mehr Glucose, gewinnt aber weniger Energie als durch die Zellatmung. Hier wird die schnellere Produktion von Kohlenstoffdioxid für eine bessere Messbarkeit ausgenutzt und als Indiz für die Stoffwechselaktivität genommen.

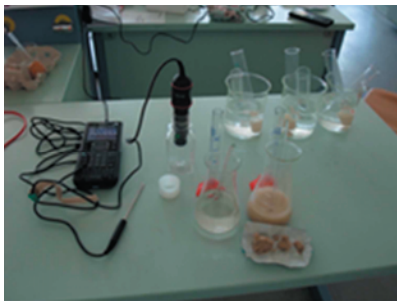


Abb. 1: Arbeitsplatz mit vorbereiteten Wasserbädern

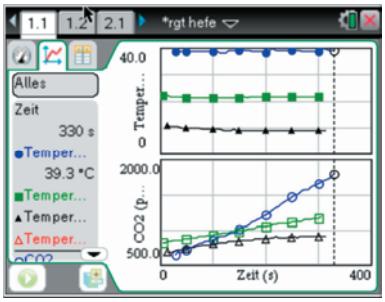


Abb. 2: Messkurven, oben die Temperaturmessung unten die der Kohlenstoffdioxidproduktion

Durchführung

Backhefe wird in einer Suspension mit einer Zuckerlösung gemischt und bei verschiedenen Temperaturen (Wasserbäder von 10°C, 20°C, 40°C) jeweils mit dem CO_2-Sensor die Kohlenstoffdioxidproduktion über einen Zeitraum von 5 Minuten gemessen.

Auswertung

Während bei 10°C (schwarz) die Kohlenstoffdioxidproduktion relativ gleichbleibend verläuft, steigt sie bei 20°C (grün) und 40°C (blau) an. Da die Kohlenstoffdioxidproduktion ein Indikator für die Stoffwechselaktivität und damit der Reaktionsgeschwindigkeit darstellt, lässt sich die Temperaturabhängigkeit dieser Reaktion zeigen. Außerdem lässt sich feststellen, dass mit einem Temperaturanstieg um 10 Kelvin sich die Reaktionsgeschwindigkeit etwa verdoppelt. Auf diese Weise kann die RGT-Regel verdeutlicht werden.

Experiment H: Elektrische Leitfähigkeit verdünnter Salzlösungen

Wässerige Salzlösungen (Elektrolyte) besitzen die Fähigkeit, den elektrischen Strom zu leiten. Diese Leitfähigkeit beruht auf der elektrolytischen Dissoziation der Salze im Lösungsmittel Wasser.

Im nachfolgend beschriebenen Experiment wird die Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit von verdünnten Lösungen in Abhängigkeit von der tropfenweisen Zugabe verschiedener Salzlösungen untersucht.

Durchführung

In ein Becherglas werden 70 ml destilliertes Wasser gegeben und dessen elektrische Leitfähigkeit mittels Leitfähigkeitssensor bestimmt.

Jetzt gibt man tropfenweise Natriumchloridlösung der Stoffmengenkonzentration $c = 1\ mol \cdot l^{-1}$ zu dem destillierten Wasser und misst nach jeder Zugabe die elektrische Leitfähigkeit der Lösung. Die Messung wird bis zur Zugabe von 8 Tropfen Natriumchloridlösung wiederholt.

Anschließend wiederholt man das ganze Experiment mit Calciumchloridlösung gleicher Stoffmengenkonzentration.

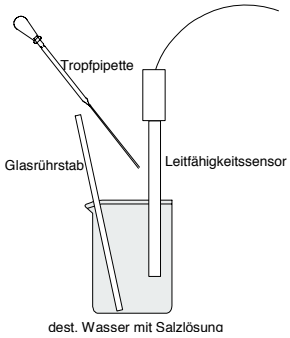


Abb. 1: Versuchsaufbau

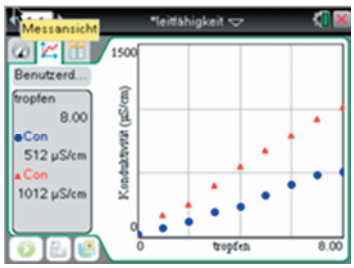


Abb. 2: Graphische Darstellung der Leitfähigkeit verdünnter NaCl- und $CaCl_2$- Lösung in Abhängigkeit von der Tropfenanzahl

Auswertung

Aus der Interpretation der graphischen Darstellung kann u. a. abgeleitet werden, dass die Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit bei diesem Experiment auf das Vorhandensein von unterschiedlichen und unterschiedlich vielen Teilchen zurückzuführen ist.

Da für Schülerinnen und Schüler im Anfangsunterricht auf die Thematisierung der spezifischen Leitfähigkeit der einzelnen Ionenarten verzichtet werden kann, können die Versuchsergebnisse auf die unterschiedliche Teilchenanzahl zurückgeführt werden. Dissoziationsgleichungen, die den Lösevorgang von festen Ionensubstanzen widerspiegeln, bestätigen das experimentelle Ergebnis.

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^- \qquad CaCl_2 \rightleftharpoons Ca^{2+} + 2\ Cl^-$$

02.2 Forschendes und entdeckendes Lernen stehen im Mittelpunkt

Erfolgreicher Wissens- und Kompetenzerwerb erfordert aktive Lernprozesse, die von den Schülerinnen und Schüler selbst gesteuert werden müssen. Eine notwendige Voraussetzung für selbstbestimmtes Lernen stellt die Motivation der Lernenden dar. Im Besonderen ermöglicht der Technologieeinsatz im Vergleich zum herkömmlichen Unterricht praxisnähere und erweiterte experimentelle Zugänge. Wenn Schülerinnen und Schüler so – ausgehend von interessanten Phänomenen und Kontexten – mit ihrem „eigenen Messgerät" ergebnisoffenen Fragestellungen nachgehen können, wird damit ihr selbstbestimmter Lernprozess maßgeblich unterstützt. Sie identifizieren sich in besonderer Weise mit ihren eigenen Messdaten und werden im Idealfall auch zu weiteren Fragestellungen angeregt, denen sie mit Hilfe der Technologie auch selbst nachgehen können.

Der Umgang mit selbst erhobenen Daten aus Experimenten und den spezifischen Darstellungen liefert weiterführende Diskussionsanlässe. So unterstützt der fachdidaktisch in geeignete Lernumgebungen eingebettete Technologieeinsatz auch differenziertes Arbeiten in verschiedenen Sozialformen. Darüber hinaus kann Schülerinnen und Schülern an ausgewählten Aufgaben der fächerverbindende Aspekt der Naturwissenschaften Biologie, Chemie und Physik nähergebracht werden. Vor allem aber stellt die einfache und schnelle Datenerfassung ein bisher kaum genutztes Potenzial für den Mathematikunterricht dar. Einerseits könnte der Mathematikunterricht mit Daten aus Experimenten angereichert werden. Andererseits könnten Schülerinnen und Schüler dazu ermuntert werden, ihr mathematisches Wissen und Können bei der weiterführenden Bearbeitung von Daten aus dem naturwissenschaftlichen Unterricht anzuwenden.

Experiment I: Interferenz

Untersuchungen und Aufzeichnungen von Interferenzbildern am Einzel- und Doppelspalt sowie am Gitter lassen sich mithilfe eines Ultraschallabstandssensors und eines Lichtsensors realisieren.

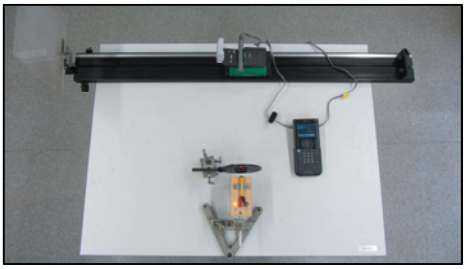


Abb. 1: Versuchsaufbau von oben

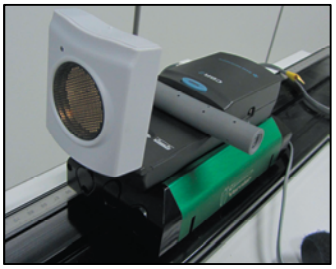


Abb. 2: Ultraschallabstands- und Lichtsensor auf einem Wagen

Durchführung

Ein Laserstrahl wird auf ein Gitter (Spalt oder Mehrfachspalt) gerichtet. Dann fixiert man auf einem Wagen einen Ultraschallabstandssensor und senkrecht dazu einen Lichtsensor (vgl. Abb. 2). Um Streulichteffekte weitgehend zu minimieren, wird über den Lichtsensor ein Rohr (Kunststoff, Pappe oder Papier) gestülpt. Dann wird der Wagen senkrecht zum Laserstrahl auf bzw. längs einer Schiene bewegt. Gemessen werden dabei die Lichtintensität und der Abstand des Wagens von einem Bezugspunkt.

Auswertung

Es lässt sich mit dieser Anordnung nicht nur die Wellenlänge des Lichtes bestimmen, sondern es kann auch die Intensitätsverteilung der Maxima (vgl. Abb. 4) gemessen werden.

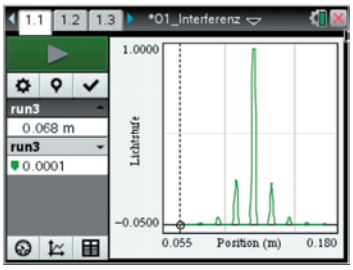


Abb. 3: Beispielmessung

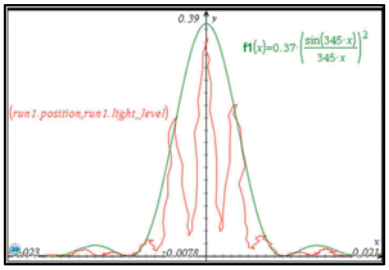


Abb. 4: Regressionsfunktion

03

Messwerterfassung im Unterricht erfolgreich einsetzen

03.1 Didaktisch-methodische Ansätze

Der Einsatz digitaler Medien zur Messwerterfassung im Unterricht gewinnt auch u. a. dadurch an Bedeutung, dass immer neuere Geräte entwickelt und damit bessere technische Voraussetzungen geschaffen werden.

Egal ob Smartphones, Tablet, Laptops oder Taschenrechner bei der Datenerfassung zum Einsatz kommen, müssen entsprechende Unterrichtssequenzen in denen diese genutzt werden sinnvoll geplant und in den Gesamtlehrgang involviert werden (Gestaltung der Lernumgebung).

Für die Umsetzung bewährter didaktischer Funktionen wie beispielsweise Motivation, Arbeit am neuen Stoff, Festigung, Systematisierung und Lernkontrolle können neue Ansätze durch den Einsatz von Experimenten mit Messwerterfassung entstehen [6].

Es sollte der Motivationsbonus, der ausschließlich durch Messwerterfassung vorhanden ist, durch z. B. fehlende Motivation wie dem Wecken von Interesse an dem Inhalt des Experimentes oder dem „Forschungsauftrag“ nicht verspielt werden.

Der Einsatz von Experimenten mit Messwerterfassung lässt vielfältige methodische Vorgehensweisen zu.

Schülerinnen und Schüler können in Allein-, in Partner- oder Gruppenarbeit Daten aufnehmen bzw. diese mit anderen Lernenden austauschen.

Dadurch, dass sehr einfache, schnelle Messungen mit der Erhebung von vielen Daten durchgeführt werden können, besteht die Möglichkeit einer differenzierten Frage- oder Problemstellung im Unterricht. Ebenso können die Schülerinnen und Schüler offene Fragestellungen bearbeiten, da das eventuelle Wiederholen eines Experimentes in der Regel keine größeren Probleme bereitet.

In nahezu allen naturwissenschaftlichen Unterrichtsverfahren wie beispielsweise dem problemlösenden, dem forschend-entwickelndem, dem experimentellen und induktiven Verfahren können Experimente mit Messwerterfassung zum Einsatz kommen.

03.2 Lehrer lehren mit Technologie

In dem an der Universität Duisburg/Essen beheimateten und deutschlandweit agierenden Projekt Teachers Teaching with Technology (kurz T^3) finden Lehrerinnen und Lehrer, die sich mit dem Einsatz von digitalen Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht beschäftigen eine Plattform zum Gedankenaustausch und zur Verbreitung ihrer Ideen.

Im Bereich der Naturwissenschaften arbeiten Lehrerinnen und Lehrer aus verschiedenen Bundesländern in Arbeitsgruppen deren Aufgaben u. a.

- die Entwicklung und Erprobung von Experimenten unter Nutzung von Messwerterfassungssystemen,
- die Veröffentlichung von Unterrichtsmaterialien zum Einsatz digitaler Medien,
- die Durchführung von Workshops und
- die Zusammenarbeit mit Universitäten in Forschungsprojekten

sind, zusammen.

In den vergangenen Jahren konnten vielfältige Erfahrungen zum Einsatz digitaler Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht durch Lehrerinnen und Lehrer gesammelt werden. Gern sind wir bereit diese in Form von Vorträgen oder Workshops weiterzugeben.

Experiment J: Schlechte Luft im Klassenzimmer

Durch Atmung geben die Schülerinnen und Schüler während des Unterrichts Kohlenstoffdioxid an die Luft im Klassenraum ab. So steigt der CO_2-Gehalt in der Raumluft kontinuierlich an. Dieser Anstieg kann als Beleg für die Atmung gemessen werden. Die gemessenen Werte zu Beginn und am Ende einer Unterrichtstunde lassen sich durch Berechnungen ausgehend von einer durchschnittlichen CO_2-Abgabe pro Person und Zeit theoretisch bestätigen.

Messungen unter verschiedenen Bedingungen können Abhängigkeiten aufzeigen, so z. B. von der Anzahl der Personen im Raum, von der Raumgröße oder von der Betätigungsart der Anwesenden. Die Bedeutung regelmäßigen Lüftens kann eindrucksvoll veranschaulicht werden.

Durchführung

Das Klassenzimmer wird zu Beginn der Unterrichtsstunde gelüftet. Der CO_2-Sensor wird so positioniert, dass er in geringer Höhe über dem Boden hängt. Nach dem Schließen der Fenster wird die Messung gestartet.

Zusatz: Kurz vor Ende des Messvorgangs werden die Fenster geöffnet.

Auswertung

Die CO_2-Konzentration beträgt in der Außenluft ca. 0,037 % (ca. 370 ppm). Die Messwerte beginnen mit einem gegenüber der Außenluft erhöhten Wert 0,16 % (1600 ppm), da durch die nur kippbaren Fenster ein vollständiger Luftaustausch nicht möglich ist. Die Werte nehmen kontinuierlich zu. Innerhalb von 20 Minuten steigt der Wert deutlich an auf ca. 0,23 % (ca. 2300 ppm). Durch das Lüften am Ende der Messung nimmt der CO_2-Gehalt durch die Fenster in Kippstellung nur langsam ab.

Experiment K: Veränderung der Siedetemperatur von Salzwasser

Frau Küchenmeister steht an ihrem Herd, um Wasser für das Kochen von Nudeln zu erhitzen. Als sie in das noch kalte Wasser zwei Löffel Salz gibt, behauptet ihr Küchenjunge, dass dadurch Energie verschwendet wird, denn man gibt das Salz erst dann in das Wasser, wenn es bereits siedet.

Eine heftige Auseinandersetzung entfacht, denn Frau Küchenmeister gibt schon immer das Salz in das kalte Wasser. Ein geeignetes Modellexperiment soll den Streit schlichten.

Durchführung

In ein Becherglas werden 100 ml Wasser gegeben und zwei Stoffportionen Kochsalz zu je 15 g bereitgestellt.

Nachdem ein Temperatursensor in das Wasser getaucht wurde, wird das Wasser gleichmäßig erhitzt.

Nach dem Erreichen der Siedetemperatur des Wassers werden 15 g Kochsalz in das Wasser gegeben.

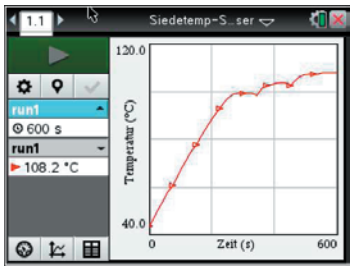
Nachdem das Stoffgemisch wiederum einige Zeit siedet, ist die zweite Stoffportion Kochsalz zuzugeben.

Auswertung

Wer von den Schülerinnen und Schülern ißt nicht gerne Nudel? Die Zubereitung hat sicherlich schon jeder beobachtet. Das sich aber chemische und physikalische Gesetzmäßigkeiten bei diesem Ritual beobachten lassen, daran hat wohl kaum einer gedacht.

Ein bekanntes Alltagsproblem wird zum „Forschungsprojekt". Die Schülerinnen und Schüler lernen aus diesem Experiment, dass die Siedetemperatur von Salzlösungen höher als die von Wasser ist.

Ausgehend von diesem Phänomen, können sich mit älteren Schülerinnen und Schülern Diskussionen über die Ursachen der Siedetemperaturerhöhung auf Teilchenebene geführt werden. Nach Abschluss des Experimentes sollte natürlich darauf hingewiesen werden, dass beim „normalen" Nudelkochen die Siedetemperaturerhöhung aufgrund der geringen Salzmenge nur sehr gering ist. Eine Energieersparnis wird also kaum zu verzeichnen sein.



04

Schlussbemerkung

Durch die Nutzung digitaler Medien im Mathematikunterricht besitzen die Schüler in der Regel auch eine technische Grundausstattung für den naturwissenschaftlichen Unterricht.

Kommen Taschencomputer, Tablet oder andere Geräte zum Einsatz, so werden immer wieder neue, interessante Fragen aufgeworfen, über deren Beantwortung intensiv diskutiert werden kann und muss.

Sollte beispielsweise ein Schüler wissen, wie bestimmte Sensoren funktionieren? In welchem Alter kann man Schüler erstmals mit Messwerterfassung konfrontieren? Können Messwerterfassungssysteme in zentralen Prüfungen eingesetzt werden?

Nach mehrjähriger Arbeit mit Messwerterfassungssystemen im Lehrerfortbildungsprojekt T^3 ist für uns eine wachsende Akzeptanz unter den Lehrerinnen und Lehrer zu verzeichnen.

Beobachtungen bei Lehrerfortbildungsveranstaltungen des MNU bestätigen diesen Eindruck.

Hinweis:
Dieser Beitrag wurde durch Mitglieder der Arbeitsgruppen Biologie, Chemie und Physik des Lehrerfortbildungsprojektes T^3-Deutschland erarbeitet.

Werden Sie Mitglied im MNU!

Der Deutsche Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts wurde 1891 gegründet und ist heute mit ca. 6.000 Mitgliedern einer der großen Fachlehrerverbände Deutschlands.

Er vertritt die Fachinteressen der Lehrerinnen und Lehrer für Mathematik, Biologie, Chemie, Physik und Informatik aller Schulformen in den Ländern und über die Landesgrenzen hinaus.

Er tritt für die Stärkung des Interesses junger Menschen an den Naturwissenschaften und der Technik als Berufsperspektive ein.

Besonderes Angebot für Studenten und Referendare:
Beitragsfreie Mitgliedschaft für ein Jahr.

Der Förderverein MNU bietet:

- den Bezug der renommierten Zeitschrift alle acht Wochen
- Zugang zu unserem Online-Archiv mit den Inhalten mehrerer Jahre zur Erleichterung der Unterrichtsvorbereitung und zur Erstellung von Arbeitsblättern
- praxisbezogene Lehrerfortbildung durch Landesverbandstagungen
- jährlich einen großen Fortbildungskongress mit bis zu 2000 Teilnehmern
- Lehrplantagungen zur Koordinierung der Lehrplanarbeit in den Bundesländern
- Fachleitertagungen über die Ländergrenzen hinweg

Weitere Informationen finden Sie unter: www.mnu.de

Literatur

[1] Hamne, P. & Bernhard, J. (2001). Educating pre-service teachers using hands-on and microcomputer based labs as tools for concept substitution. In R. Pinto & S. Surinach (Eds.) Physics Teacher Education Beyond 2000, 663–666. Paris: Elsevier.

[2] Thornton, R. & Sokoloff, D. (1990). Learning motion concepts using real-time microcomputer-based laboratory tools. *American Journal of Physics*, 58, 858–867.

[3] Newton, L. (1997). Graph talk: some observations and reflections on students' data-logging, *School Science Review*, 79 (287), 49–54

[4] Barton, R. (1997). How do computers affect graphical interpretation. *School Science Review*, 79 (287), 55–60.

[5] Beichner, R. J. (1990). The Effect of Simultaneous Motion Presentation and Graph Generation in a Kinematics Lab. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 8, 803–815.

[6] R. Heimann, F. Liebner & L. Besser (2014). Einführung in den Ionenbegriff – Wie kann der graphikfähige Taschenrechner dazu beitragen?, Chemie in der Schule 5/63, 37–42

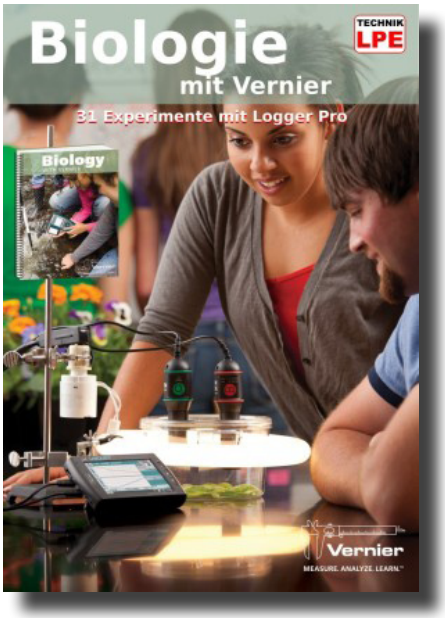
A	Zweites Newtonsches Axiom	vgl. Enders, J. & Tewes, M. (Hg.) (2013) Schülerexperimente im Physikunterricht mit digitaler Messwerterfassung, T³ Deutschland.
B	Bestimmung der Verdunstungswärme verschiedener Alkane	vgl. Leckelt, U. & Liebner, F. (Hg.) (2006) Experimenteller Chemieunterricht – Datenerfassung mit dem CBL2™, T³ Deutschland
C	Biologie	vgl. Lampe, H.-U. (Hg) (2013) Der Einsatz von Graphikrechnern und Taschencomputern im Biologieunterricht, T³ Deutschland
D	Induktionsgesetz	vgl. Enders, J. & Tewes, M. (Hg.) (2013) Schülerexperimente im Physikunterricht mit digitaler Messwerterfassung, T³ Deutschland.
E	Fadenpendel	vgl. Enders, J. & Tewes, M. (Hg.) (2013) Schülerexperimente im Physikunterricht mit digitaler Messwerterfassung, T³ Deutschland.
F	Titration	vgl. Liebner, F. (Hg.) (2014) Von der Säure-Base- bis zur Redox-Titration; T³ Deutschland
G	Kohlenstoffdioxidproduktion als Indiz für die Stoffwechselaktivität	Schmidt, B. (2012) Hefeknospen mögen es warm, TI-Nachrichten 1/2012
H	Elektrische Leitfähigkeit von Salzlösungen	vgl. Leckelt, U. & Liebner, F. (Hg.) (2006) Experimenteller Chemieunterricht – Datenerfassung mit dem CBL2™, T³ Deutschland
I	Interferenz von Laserlicht	vgl. Enders, J. & Tewes, M. (Hg.) (2013) Schülerexperimente im Physikunterricht mit digitaler Messwerterfassung, T³ Deutschland.
J	Schlechte Luft im Klassenzimmer	vgl. Lampe, H.-U. (Hg) (2013) Der Einsatz von Graphikrechnern und Taschencomputern im Biologieunterricht, T³ Deutschland
K	Wasser, Salz und Nudeln	vgl. Liebner, F. (Hg.) (2011) Naturwissenschafltichen Phänomenen auf der Spur, T³ Deutschland

Austro.Tec GmbH
Technische Medien für die Schule

Naturwissenschaften mit Vernier

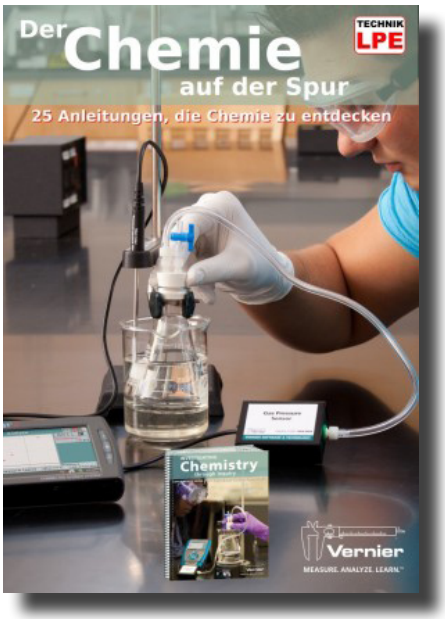
Vernier International

2016



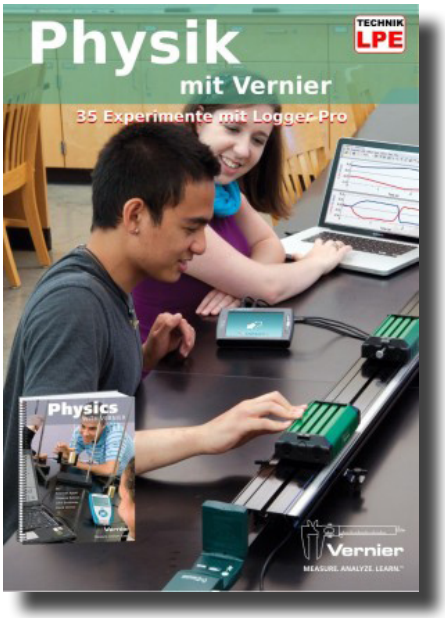
Biologie mit Vernier

Dieses Buch enthält alle Experimente aus dem Buch "Biology with Vernier" (BWV). Es ist für den Einstieg in die Biologie bestens geeignet.
Zu jedem der 31 Experimente gibt es eine klar strukturierte Arbeitsanweisung mit vorgefertigten Ergebnistabellen und Arbeitshilfen.
Behandelt werden Zellatmung, Fotosynthese, Membran-Diffusion, Osmose, Humanphysiologie und andere wichtige biologische Verfahren.



Der Chemie auf der Spur

Dieses Buch enthält alle Experimente aus dem Buch "Investigating Chemistry through Inquiry" (CHEM-I).
Zu jedem der 25 Experimente gibt es ein Papier mit Fragen und Arbeitsaufträgen, die das Thema abfrageorientiert erschließen.
Behandelt werden Thermochemie, Säuren und Basen, Stöchiometrie und vieles mehr.



Physik mit Vernier

Dieses Buch enthält alle Experimente aus dem Buch "Physics with Vernier" (PWV). Von der Grundstufe bis zur Sekundarstufe deckt diese Sammlung zahlreiche Lehrplaninhalte ab.
Zu jedem der 35 Experimente gibt es eine klar strukturierte Arbeitsanweisung mit vorgefertigten Ergebnistabellen und Arbeitshilfen.
Behandelt werden Mechanik, Akustik, Schall, Licht, Elektrizität und Magnetismus.

In den Materialien zum Thema Messwerterfassung werden TI-Rechner, insbesondere der TI-Nspire zusammen mit dem TI-Nspire LabCradle, als Datenlogger und zur Auswertung verwendet. Funktionsumfang und Bedienung der TI-Messwerterfassung entsprechen fast vollständig den Vernierfunktionalität, so dass alle Versuche problemlos auch mit anderen Vernierprodukten durchgeführt werden können.

Der Einsatz von Graphikrechnern und Taschencomputern im Biologieunterricht

von Hans-Ulrich Lampe (Hrsg.)

Zahlen in der Biologie
Zuckerproduktion der Zuckerrübe
Modifikatorische Variabilität bei Bohnensamen
Wachstum einer Bohnenpflanze
c2-Test
Bergmannsche Klimaregel
Modellversuch zur Allenschen Regel
Atmung von Mehlwürmern in Abhängigkeit von der Temperatur (RGT-Regel)
Stärkeabbau durch Amylase
Kohlenstoffdioxid im Klassenraum
Sauerstoffverbrauch der Ausatemluft
Luftaustausch beim Atmen (Spirometer)
Fotosynthese der Pflanzen am Beispiel der Kresse
Modellversuch zum Membranpotenzial

Naturwissenschaftlichen Phänomenen auf der Spur (Chemie)

von Frank Liebner (Hrsg.)

Kaffee oder Cappuccino
Isolierungen
Teetrinken mit Tina Trichter
Wärmepacks und Co
Kältemischungen - ein Kühlschrankersatz?
Oma kriegt ihr Fett weg
Wasser, Salz und Nudeln
Erreicht das Speiseöl die Zündtemperatur?
Cool
Wie schützen sich Lebewesen gegen Wärmeverlust?
Schlechte Luft im Klassenzimmer
Flammentemperatur
Wasser als elektrischer Leiter
Die Zitronenbatterie
Hochstapelei - die Volta-Batterie selbst gebaut
Mineralwasser oder auch “saurer Sprudel”
Intensität einer Lichtquelle - Abhängigkeit von der Entfernung
Welcher Wasserdruck wirkt auf einen Taucher?
Können Pflanzen schwitzen?
Tomaten atmen

Schülerexperimente im Physikunterricht mit digitaler Messwerterfassung

von Mirco Tewes, Jürgen Enders (Hrsg.)

Bewegungen aufzeichnen und analysieren - Schiefe Ebene und Fallversuche
Bungee-Jumping und Schwerelosigkeit
Das Grundgesetz der Mechanik (2. NEWTON ’sches Axiom)
Untersuchungen am Fadenpendel
Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in Luft
Lade- und Entladevorgänge am Kondensator
Das Magnetfeld einer Spule
Die Schüttellampe - eine Einführung in die elektromagnetische Induktion
Das Induktionsgesetz
Der elektrische Schwingkreis
Diodenkennlinien / Gleichrichterwirkung von Dioden
Der Maximum-Power-Point (MPP) einer Solarzelle

Austro.Tec GmbH
Technische Medien für die Schule

AustroTec GmbH
Studa 68
A-6708 Brand

Tel.: 0043 5559 25983
Fax: 0043 5559 25984

www.austro-tec.at
info@austro-tec.at