

3.4 Chemie

3.4.1 Potenziale von Mehrmesswerterfassungssystemen im Chemieunterricht

Walkowiak, Malte; Schneeweiß, Niklas; Nehring, Andreas; Schanze, Sascha - Leibniz Universität Hannover, Institut für Didaktik der Naturwissenschaften (IDN)

3.4.2 Versuchsbeschreibungen zu:

Temperaturbestimmung bei einer Teelichtflamme, Verdunstungskälte bei Feuchttüchern, Einführung unterschiedlicher Ionenladungszahlen über die elektrische Leitfähigkeit von Salz-Lösungen, Reaktionsgeschwindigkeitsmessung mit Drucksensoren

Waltraud Habelitz-Tkocz, Christian Herdt

3.4.3 Einsatz digitaler Werkzeuge im Chemieunterricht / Einführung in den Ionenbegriff unter Nutzung digitaler Werkzeuge

Frank Liebner, Geschwister-Scholl-Gymnasium Löbau

3.4.1 Potenziale von Mehrmesswerterfassungssystemen im Chemieunterricht

**Walkowiak, Malte; Schneeweiß, Niklas; Nehring, Andreas; Schanze, Sascha - Leibniz
Universität Hannover, Institut für Didaktik der Naturwissenschaften (IDN)**

Potenziale von Mehrmesswerterfassungssystemen im Chemieunterricht

Walkowiak, Malte; Schneeweiß, Niklas; Nehring, Andreas; Schanze, Sascha

Leibniz Universität Hannover, Institut für Didaktik der Naturwissenschaften (IDN)

Im Zuge der Diskussion um die gesellschaftlichen Veränderungen, angestoßen durch die Digitalisierung, werden auch die Konsequenzen für die Gestaltung von naturwissenschaftlichem Unterricht im Allgemeinen und für das Fach *Chemie* im Speziellen diskutiert. Eine Idee zum Umgang mit diesen Veränderungen besteht im Einsatz von digitalen Werkzeugen, zum Beispiel für die Messwerterfassung (z.B. Schrader & Schanze, 2015). Während die Messwerterfassung per se bereits lange von Bedeutung auch für den Chemieunterricht ist, stellt die digital gestützte Messwerterfassung, insbesondere auf Basis von Mikrocontrollern, eine neuere Entwicklung im deutschen und internationalen Kontext dar (Duvina & Homeyer, 2015; Grinias, Whitfield, Guetschow, & Kennedy, 2016; Kubínová & Šlégr, 2015; Rap & Blonder, 2016; Walkowiak & Nehring, 2016a, 2016b). Insbesondere der Selbstbau von Messwerterfassungssystemen bietet für den naturwissenschaftlichen Unterricht vielversprechende Einsatzmöglichkeiten. Der vorliegende Beitrag diskutiert Potenziale auf fachdidaktischer Ebene und zeigt anhand des Einsatzes zur isochoren Erwärmung von Luft exemplarisch auf, welche Vorteile und Herausforderungen sich durch den Einsatz von zwei verschiedenen Mehrmesswerterfassungssystemen (Arduino- und LabQuest-basiert) ergeben. Dabei werden die Unterschiede zwischen den Systemen aufgezeigt und die sich daraus ergebenden Konsequenzen für den Unterricht diskutiert.

Worin bestehen Potenziale digitaler Messwerterfassungssysteme?

Potenzial 1: Umgang mit Daten Grundsätzlich kommt durch den Einsatz von digitalen Messwerterfassungssystemen dem Arbeiten mit Daten und der Datenaufbereitung eine besondere Rolle zu, die eine fachspezifische Förderung der *Kompetenzen in der digitalen Welt* bedeuten (Sekretariat der Kultusministerkonferenz (Hrsg.), 2016). So sind einerseits Diskussionen über die Datenform (z.B.: Buchstabenketten, Zahlen mit und ohne Dezimalstelle), aber auch die Datenanordnung (Wide- oder Longformat) denkbar. Schließlich sind Entscheidungen über adäquate Repräsentationsformen der Daten zu treffen. Hierdurch erhält der Chemieunterricht einen fachübergreifenden Anwendungsbezug, weil das Kommunizieren der Ergebnisse im Wesentlichen auch die Aufbereitung von Daten erfordert, um Muster zu erkennen und darüber Fragestellungen zu beantworten. Letztlich wird so ein Diskutieren über Daten und deren Qualität möglich. So können das Experiment, die Repräsentationsform oder die Sensoren als eine Fehlerquelle ausgemacht werden.

Potenzial 2: Einsatz in der Erkenntnisgewinnung. Stehen Experimente im Mittelpunkt eines Erkenntnisprozesses, so kann von den Lernenden gefordert werden, geeignete Sensoren auszuwählen, um die relevanten chemischen oder physikalischen Größen zu erfassen. Oftmals ist es hierbei von Nöten mehrere Parameter gleichzeitig aufzunehmen. Der Einsatz von digitaler Messwerterfassung führt nicht automatisch zu einem adäquaten *Verständnis über die Wissenschaft Chemie* und die *Tätigkeiten in der Wissenschaft Chemie* (in Anlehnung an Hodson, 2014). Vielmehr sind hierzu Fähigkeiten notwendig, wie Fragen zu identifizieren und zu stellen, aber auch die Planung und das Design von Experimenten zu bedenken, um schließlich Daten zu sammeln. Letztlich werden dann die Fragen mit Hilfe von datenbasierten Erklärungen beantwortet (Capps & Crawford, 2013) oder aber auch Muster in Daten identifiziert (Hodson, 2014).

Potenzial 3: Programmieren als Kulturtechnik. Mit Bezug zur Digitalisierung wird oftmals davon gesprochen, dass Programmieren, wie Lesen, Schreiben und Rechnen, eine neue Kulturtechnik darstellt (Brühl, 2015). Weitergehend wird zumindest konzeptionelles Wissen zu Programmroutinen, wie Algorithmen gefordert (Reichert, Nievergelt, & Hartmann, 2014). Während vermutlich das Programmieren an sich kein relevantes Ziel für den Chemieunterricht selbst darstellt, bildet die Fähigkeit des Programmierens den Anschlusspunkt für den Selbstbau von Messwerterfassungssystemen. So liefern verschiedenste Sensoren oftmals Spannungsänderungen, die über eine Schaltung und in der Folge über den Programmcode mathematisch interpretiert werden müssen. Damit stellt der Einsatz von (selbstgebauten) Messgeräten eine authentische Schnittmenge zwischen der Chemie, der Mathematik und der Informatik her.

Potenzial 4: Möglichkeiten der Differenzierung. Bisher nur implizit angeklungen, besteht durch den Einsatz von digitaler Messwerttechnik im Chemieunterricht ein besonderes Potenzial der Differenzierung und zum Umgang mit Diversität. So besteht die Möglichkeit *Messwertsystem* als Blackbox zu betrachten, indem fertige Systeme verwendet werden. Es kann jedoch auch ein (partieller) Einblick in die Blackbox vorgenommen werden. Bei selbstgebauten Messwerterfassungssystemen kann auch der Schaltungsbau oder die Programmierung als Aufgabe gestellt werden. Und auch hier kann zwischen Stecksystemen oder gelöteten Systemen variiert werden oder der Programmcode teilweise oder gar nicht vorgeben werden. Somit ist eine Differenzierung über die Lernmaterialien ohne größeren Aufwand möglich. Über die Programmierung, egal ob frei oder in Codeblöcken, kann beispielsweise mit Hilfe die Arduino IDE in die Technik von Algorithmen eingeführt werden.

Potenziale am Beispiel: Betrachtung der isochoren Erwärmung von Luft mit verschiedenen Systemen

Am Beispiel der isochoren Erwärmung von Luft wird gezeigt, welche Konsequenzen sich durch den Einsatz von (selbstgebauten) Messwerterfassungssystemen für den Unterrichtseinsatz ergeben. Namentlich werden das LabQuest2-System (Appendix A) mit einem Arduino-basierten Selbstbau (Appendix B) verglichen (Tab. 1). Aus den Vergleichskategorien ergeben sich gerätespezifische Potenziale, die im konkreten Verwendungsfall abgewägt werden müssen.

Tabelle 1: Vergleich der Messwerterfassungssysteme Chemduino und LabQuest2

Vergleichskategorie	Messwerterfassungssystem	
	Arduino-basiert	LabQuest2
Preis pro Aufbau	ca. 40 €	ca. 780 €
Programmieren	Ja ¹	Nein
Plug & Play	Nein	Ja
Live Ansicht der Daten	Nein ²	Ja
Rohdaten Export	Ja	Ja
Datenzugriff	1 Gerät	7-30 ³ Geräte
Userzugriff	OpenSource	ClosedSource
Sensoren für Temperatur und Druck	2 in 1	2 einzelne

Anmerkungen: ¹Freie Programmierung oder in Codeblöcken
²Mit PLXDAQ auf Windows möglich
³Bis zu 7 Geräte bei direktem Zugriff; bis zu 30 Geräte bei Einbindung in ein bestehendes Netzwerk.

Die isochore Erwärmung setzt voraus, dass ein definiertes Volumen in einem geschlossenen System erwärmt und hierzu in Abhängigkeit der Druck im Gefäß gemessen wird (siehe Abb. 1).

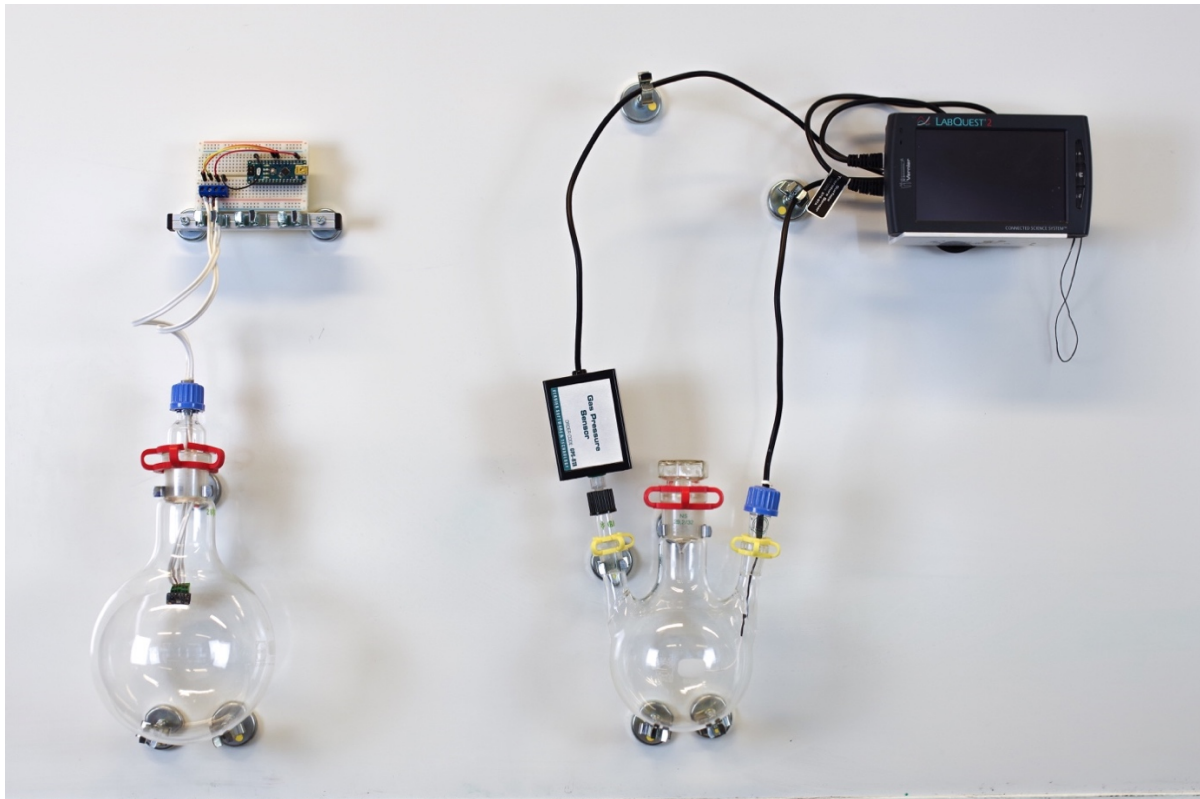


Abbildung 1: Aufbau

Das Gleichzeitige Messen von Druck und Temperatur ist mit beiden Messwertfassungssystemen möglich. Das Arduino-basierte Messwertsystem zeigt sich dabei als agiler. Der verwendete Temperatursensor von LabQuest2-System hat eine Latenz von ca. 50 Sekunden während der Sensor des Arduinos alle fünf Millisekunden eine Messung durchführen kann.

Ein weiterer Unterschied besteht in der Visualisierung der Daten. So kann über das Display des LabQuest2 ein Livefeed der Daten im zeitlichen Verlauf gezeigt werden. Jedoch ist es in der derzeitigen Software-Unterstützung nicht möglich den Druck und die Temperatur gegeneinander zu plotten. Hierzu ist ein Datenexport zu einer Tabellenkalkulationssoftware über das csv-Format notwendig. Ein Livefeed ist beim Arduino auch möglich, allerdings nur unter Windows und mit einer aktuellen Excel-Version (Walkowiak & Nehring, 2016b). In Excel kann auch direkt Druck gegen Temperatur geplottet werden. Wenn ein Livefeed nicht möglich oder gewollt ist, kann über die Freeware CoolTerm (2018) die serielle Kommunikation zwischen dem Arduino und dem Laptop (Linux, macOS, Windows) aufgezeichnet und ebenfalls als csv-Datei exportiert werden. Hier sind drahtlose Übertragungen nicht ohne weiteres möglich.

Die Datenaufarbeitung muss in beiden Fällen entweder die Abkühlung oder die Erwärmung fokussieren. Andernfalls ähnelt der Graph bei Auftragung von Druck gegen Temperatur einer Ellipse und erschwert eine Regression. Für beide Systeme gilt außerdem, dass sie, wenn sie einmal eingerichtet sind, nicht neu konfiguriert werden müssen. Jedoch ist die Arbeit an der Schaltung und am Programmiercode über die IDE nur mit dem Arduino-basierten Messwerterfassungssystem möglich.

Beide Systeme liefern äquivalente Ergebnisse (Abb. 2). Allerdings zeigt sich auch, dass keine Gerade vorliegt, obwohl dies *theoretisch* zu erwarten wäre. Für die Diskussion der Ergebnisse sind dann zwei Aspekte relevant. Zum einem nimmt der theoretische Hintergrund der isochoren Erwärmung an, dass ein ideales Gas vorliegt. Luft als Stoffgemisch erfüllt nicht die theoretischen Annahmen des idealen Gasgesetzes. Zum anderem weisen die eingesetzten Sensoren Idealmessbereiche auf (Tab. 2). Werden diese verlassen, tritt eine erhöhte, nicht unbedingt systematische Ungenauigkeit der Messung ein. So stieg das Bestimmtheitsmaß R^2 deutlich, wenn nur der Idealmessbereich des Druck- und Temperatursensors des Arduino-basierten Messwerterfassungssystems abgebildet wird (gekürzte Aufnahme: $R^2 = 0.938$; vollständige Aufnahme $R^2 = 0.875$). Informationen u.a. zu den Mess- und Fehlerbereichen finden sich jeweils in den Datenblättern der Sensoren.

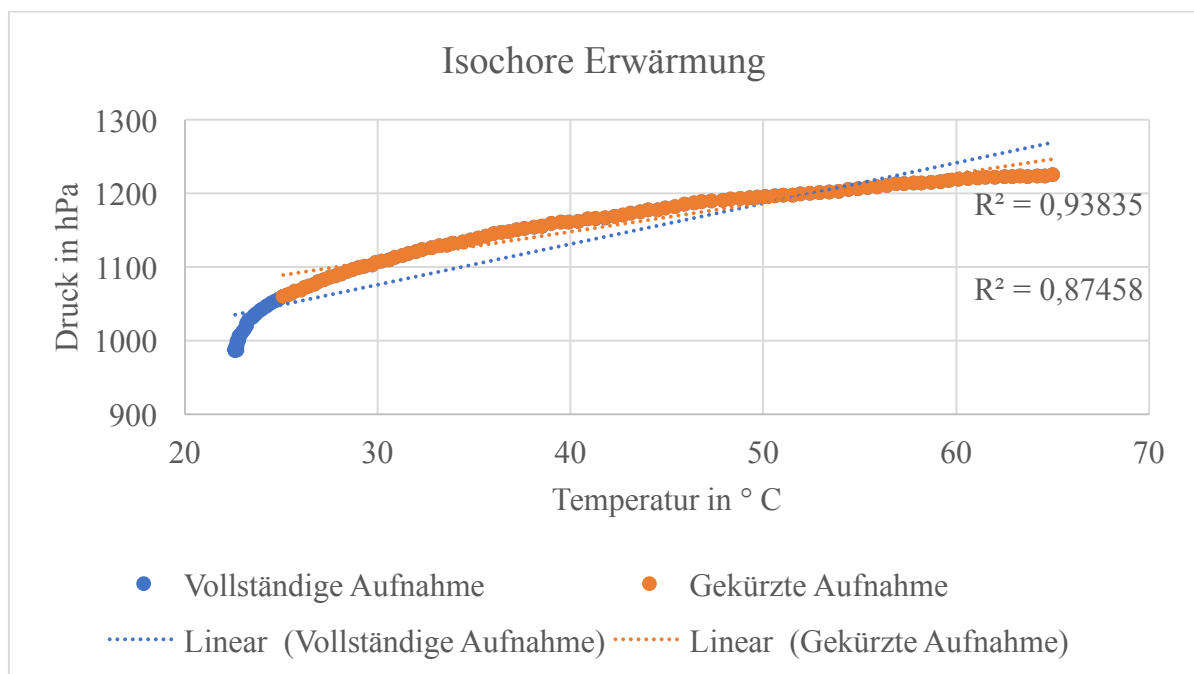


Abbildung 2 Isochore Erwärmung aufgenommen mit dem Arduino-basierten Messwerterfassungssystem: Vergleich einer vollständigen und gekürzten Aufnahme.

Tabelle 2 Sensorbeschreibungen laut Datenblatt

Messwerverfassungssystem				
	Arduino-basiert		LabQuest2	
	Temperatur [in °C]	Druck [in hPa]	Temperatur [in °C]	Druck [in hPa]
Min	0	300	-25	0
Max	65	1100	120	2100
Messfehler	±1.0	±1.0	±0.5	± 40
Auflösung	0.1	0.01	0.08-0.25	Ohne Angabe

Diskussion und Schlussfolgerung

Dieser Beitrag fokussiert auf Potenziale von digitalen Messwerterfassungssystemen und zeigt bei einer vergleichenden Vorstellung zweier Messwerterfassungssysteme fachliche und technische Herausforderungen für einen fachspezifischen Einsatz auf. Insbesondere, wenn Chemielehrkräfte geringere physikalische, mathematische oder informatische Grundkenntnisse (z.B. aus ihrem zweiten Unterrichtsfach) haben ist es fraglich, ob trotz der hervorstechenden Vorteile, ein Selbstbau digitaler Messwertsystem im Unterricht zu erwarten ist. Hier muss der Aufwand gegenüber dem fachdidaktischen Nutzen betrachtet werden. Weiter ist bei der Beschreibung digitaler Kompetenzen die Diskussion darüber noch offen, welche Aspekte der digitalen Messwerterfassung überhaupt konzeptionell dem Chemieunterricht zugeordnet werden können und sollen. Auf keinen Fall ist es ausreichend digitale, Messwerterfassung einfach um ihrer Selbstwillen einzuführen. In diesem Sinne war es das Ziel dieses Beitrags Möglichkeiten aufzuzeigen und Diskussionslinien anzustoßen.

Mit Blick auf Möglichkeiten, die sich durch die Einführung digitaler Messwerterfassung ergeben, bieten sich eine ganze Reihe von Betrachtungsweisen, um den Chemieunterricht in sinnvoller Weise auf die Anforderungen durch die Digitalisierung zu erweitern bzw. konzeptionell zu ändern. Hierdurch ergibt im Besonderen die Möglichkeit den Chemieunterricht näher an die Wissenschaft *Chemie* zu rücken und damit vielen bereits vorhandenen theoretischen und konzeptionellen Vorgaben nachzukommen. Letztlich hängt von Einsatzzweck der digitalen Messwerterfassungssysteme ab, welche Art von Potenzialen erschlossen werden. In diesem Sinne wurde versucht ein simples Gegeneinanderausspielen von low-cost gegen high-cost Diskussion zu vermeiden.

Indem Schülerinnen und Schüler Daten über das Verhalten von isochoren Systemen „live“ aufnehmen und visualisieren können, zeigen beide Systeme das Potential, Unterricht im Themenfeld Energetik bzw. Thermodynamik zu bereichern. Neben der Verknüpfung von Chemie- und Informatikunterricht bietet sich darüber die Möglichkeit, vergleichsweise schnell und leicht zugänglich auf das Verhalten von Systemen z. B. Druckänderung zu fokussieren. Erweiterungen auf isobare Systeme und Aspekte der Volumenarbeit im Kontext der Änderung der inneren Energie sind ohne weiteres möglich, so dass das System, einmal im Unterricht eingeführt, auf verschiedene Fachinhalte angewendet werden kann.

Literaturverzeichnis

- Brühl, V. (2015). Herausforderungen und Chancen für den Produktionsstandort Deutschland. In *Wirtschaft des 21. Jahrhunderts* (S. 201–212). Springer.
- Capps, D. K., & Crawford, B. a. (2013). Inquiry-Based Instruction and Teaching About Nature of Science: Are They Happening? *Journal of Science Teacher Education*, *24*, 497–526. <http://doi.org/10.1007/s10972-012-9314-z>
- Duvinage, B., & Homeyer, M. S. (2015). Ein weiterentwickeltes Schülerphotometer für den Chemieunterricht. *Praxis der Naturwissenschaften Chemie in der Schule*, *64*(8), 14–18.
- Grinias, J. P., Whitfield, J. T., Guetschow, E. D., & Kennedy, R. T. (2016). An inexpensive, open-source USB Arduino data acquisition device for chemical instrumentation. *Journal of Chemical Education*, *93*(7), 1316–1319. <http://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00262>
- Hodson, D. (2014). Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, *36*(15), 2534–2553. <http://doi.org/10.1080/09500693.2014.899722>
- Kubínová, Š., & Šlégr, J. (2015). ChemDuino: Adapting Arduino for Low-Cost Chemical Measurements in Lecture and Laboratory. *Journal of Chemical Education*, *92*(10), 1751–1753. <http://doi.org/10.1021/ed5008102>
- Meier, R. (2018). CoolTerm. Abgerufen von <http://freeware.the-meiers.org>
- Rap, S., & Blonder, R. (2016). Let ' s Face (book) It : Analyzing Interactions in Social Network Groups for Chemistry Learning. *Journal of Science Education and Technology*, *25*(1), 62–76. <http://doi.org/10.1007/s10956-015-9577-1>
- Reichert, R., Nievergelt, J., & Hartmann, W. (2014). *Programmieren mit Kara: Ein spielerischer Zugang zur Informatik*. Springer Berlin Heidelberg.
- Schrader, F., & Schanze, S. (2015). Messwerte erfassen. Erfassung und Verarbeitung von Messwerten mit neuen Medien. *NiU-Chemie*, *26*(145), 34–38.
- Sekretariat der Kultusministerkonferenz (Hrsg.). (2016). Bildung in der digitalen Welt.
- Walkowiak, M., & Nehring, A. (2016a). Ein pH-Meter für den Chemieunterricht selbst anfertigen und programmieren. *Praxis der Naturwissenschaften Chemie in der Schule*, *65*(2), 39–42.
- Walkowiak, M., & Nehring, A. (2016b). Using ChemDuino, Excel, and PowerPoint as Tools for Real-Time Measurement Representation in Class. *Journal of Chemical Education*, *93*(4). <http://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00923>

Appendix A: Materialien für das Arduino-basierte Messwerterfassungssystem

A.1. Material Liste

	Anzahl	Hersteller	Preis
Mikrocontrollerplattform	1	Arduino Nano	ca. 25 €
BMP 180	1	Sparkfun oder Adafruit	ca. 10 €
Jumperkabel	---	Beliebig	ca. 2 € für 30 Stück
Steckbrett	1	Beliebig	ca. 4 €
Anschlussklemme RM 1.54	2	Beliebig	ca. 0.20 € pro Stück

A.2. Schaltskizze

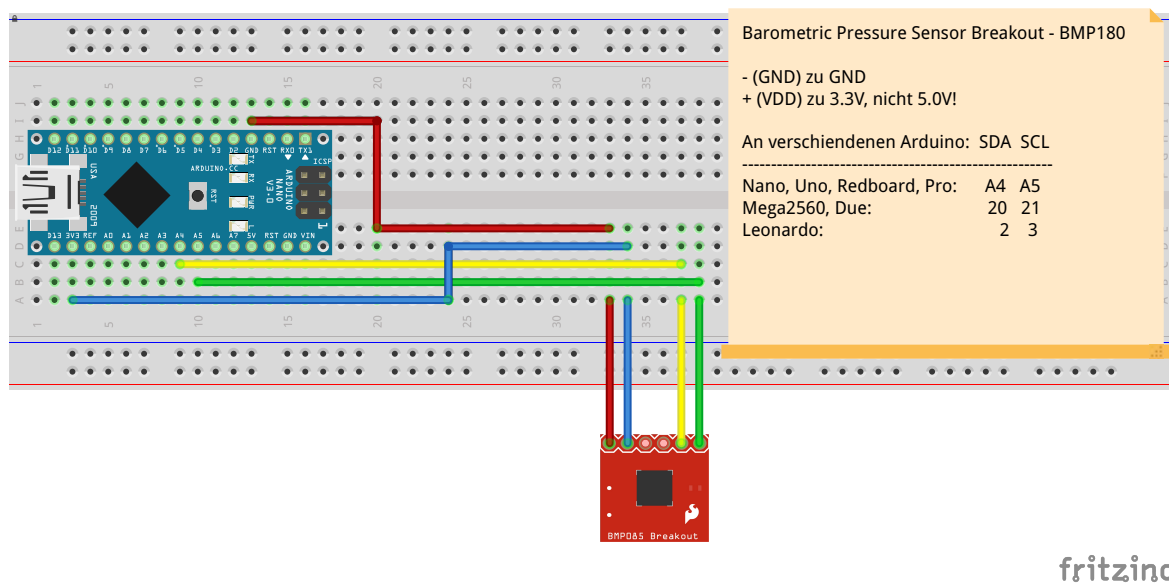


Abbildung 3 Schaltplan zwischen den Arduino und dem BMP 180

A.3. Programmcode:

Hinweise: Die Bibliotheken müssen einmalig in der Arduino IDE installiert werden.

```
/* Bibliotheken*/

#include <Adafruit_BMP085.h>
#include <Wire.h>

/*****
  This is an example for the BMP085 Barometric Pressure & Temp Sensor
  Designed specifically to work with the Adafruit BMP085 Breakout
  ----> https://www.adafruit.com/products/391
  These displays use I2C to communicate, 2 pins are required to
  interface
  Adafruit invests time and resources providing this open source code,
  please support Adafruit and open-source hardware by purchasing
  products from Adafruit!
  Written by Limor Fried/Ladyada for Adafruit Industries.
  BSD license, all text above must be included in any redistribution
  *****/

// Connect VCC of the BMP180 sensor to 3.3V (NOT 5.0V!)
// Connect GND to Ground
// Connect SCL to i2c clock - on '168/328 Arduino Uno/Duemilanove/etc thats Analog 5
// Connect SDA to i2c data - on '168/328 Arduino Uno/Duemilanove/etc thats Analog 4
// EOC is not used, it signifies an end of conversion
// XCLR is a reset pin, also not used here

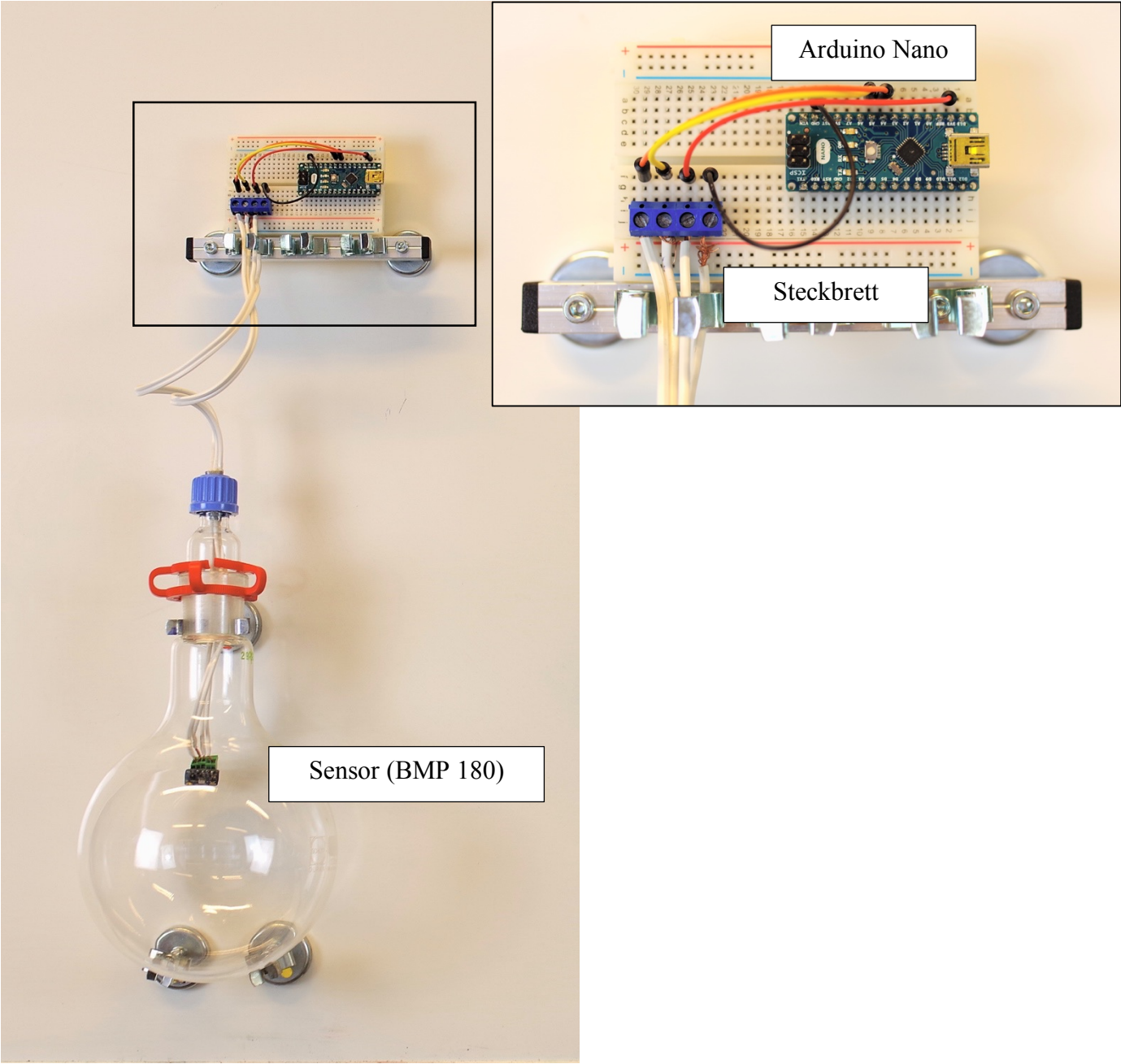
Adafruit_BMP085 bmp;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  if (!bmp.begin()) {
    Serial.println("Could not find a valid BMP180 sensor, check wiring!");
    while (1) {}
  }
}

void loop() {
  Serial.print(bmp.readTemperature());
  Serial.print(",");
  Serial.print(bmp.readPressure()/100);

  Serial.println();
  delay(1000); /* Hier kann der Messintervall in Millisekunden eingestellt werden*/
}
```

A.4. Aufbau der isochoren Erwärmung mit dem Arduino-basierten Messwertersfassungssystem

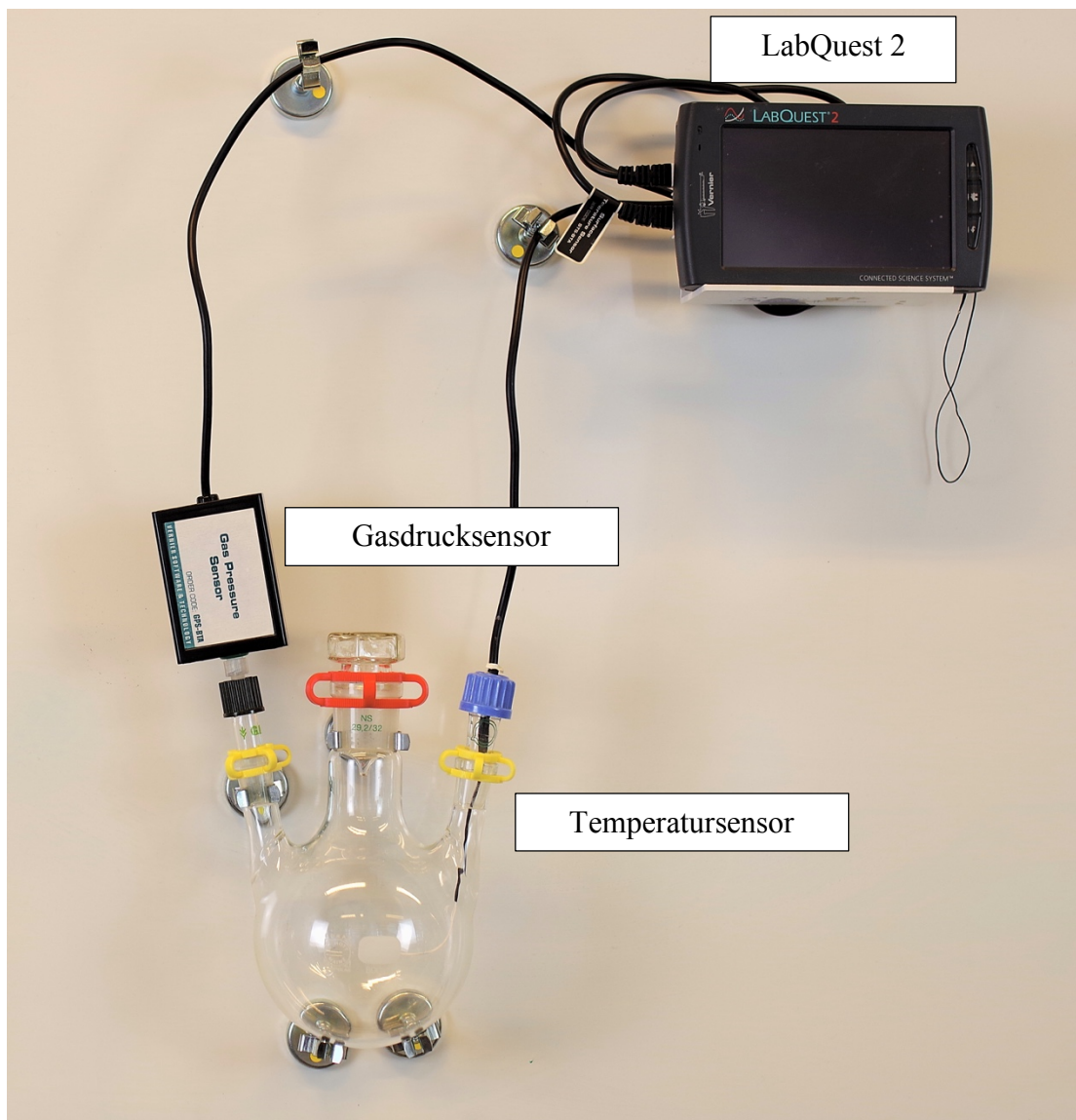


Appendix B: Materialliste und Aufbau für das LabQuest-basierte Messwerterfassungssystem

B.1. Materialliste

	Anzahl	Hersteller	Preis
LabQuest 2	1	Vernier	ca. 590 €
Surface Temperature Sensor	1	Vernier	ca. 40 €
Gas Pressure Sensor	1	Vernier	ca. 150 €

B.2. Aufbau der isochoren Erwärmung mit dem LabQuest-basierten Messwerterfassungssystem



3.4.2 Versuchsbeschreibungen

Waltraud Habelitz-Tkotz, Christian Herdt

Versuchsbeschreibungen zu:

Temperaturbestimmung bei einer Teelichtflamme,




Verdunstungskälte bei Feuchttüchern,

Einführung unterschiedlicher Ionenladungszahlen über die elektrische Leitfähigkeit
von Salz-Lösungen,

Reaktionsgeschwindigkeitsmessung mit Drucksensoren

Temperaturbestimmung einer Teelichtflamme – Wer viel misst, misst Mist!

Computereinsatz und Messwerfassung

Klasse	5	8	9	10	11	12	 	
NTG	X	x					Chemikalien <ul style="list-style-type: none"> Teelicht 	
SG, ...			x					Geräte <ul style="list-style-type: none"> Vernier LabQuest2 Verschiedene Temperatursensoren (Typ K), die für Temperaturen bis 1000 °C geeignet sind, z.B. spezielle Hochtemperatur-Labor-Tauchfühler aus Edelstahl, Drahtfühler NiCr-Ni, Thermoelementdrahtfühler von Vernier 1-3 Thermoelemente / Thermocouple (Vernier TCA-BTA) Feuerzeug
Schülerübung geeignet <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein								
								

Sicherheitshinweise: Kleidungsstücke / Haare von Teelichtflamme fernhalten; Hitzefeste Unterlage verwenden

- V**
 - Die Temperatursensoren werden mit dem Typ K-Anschluss des Thermocouple verbunden. Dabei ist darauf zu achten, dass die breitere Elektrode mit dem Minuspol (breiterer Schlitz) des Thermocouple verbunden wird.
 - Die drei Thermocouple mit verschiedenen Thermofühlern werden mit dem LabQuest 2 verbunden und das Gerät gestartet.
 - Das Teelicht wird entzündet und die Thermofühler werden gleichzeitig (falls mehrere Thermocouple vorhanden sind und 3 Schüler pro Experiment) oder hintereinander (falls nur ein Thermocouple vorhanden ist oder nur 1 Schüler) in die Teelichtflamme gehalten.
 - Bei der Messung sollte darauf geachtet werden, dass die Spitze des jeweiligen Thermofühlers in der gleichen Höhe in die Flamme gehalten wird und die Flamme sich möglichst wenig bewegt (evtl. Windschutz aufstellen und ruhig verhalten)
- B**

Je nach verwendetem Temperatursensor-Typ werden in der gleichen Teelichtflamme Temperaturen von ca. 450 – ca. 1000°C gemessen. Die Temperaturen beim Drahtfühler liegen höher, als beim Tauchfühler.
- E**

Für genaue Temperaturmessungen muss der Thermofühler kalibriert werden. Je nach Durchmesser der Spitze des Messfühlers heizt sich dieser unterschiedlich schnell und stark auf. Dies führt zu unterschiedlichen Messwerten. => Beim computergestützten Messen sollte man nicht blind auf die angezeigten Messwerte vertrauen, sondern sich vorher über die Funktion des Sensors informieren und sich über mögliche Fehlerquellen bei der Messung Gedanken machen

Tipps und Tricks	Achtung, die normalen Temperatur-Tauchsensoren von Vernier können für das Experiment nicht verwendet werden. Ihr Temperaturbereich ist zu niedrig: Temperatursensor TMP-BTA -40°C bis 135°C; Temperatursensor, Weitbereich WRT-BTA -20°C - 330°C; Günstige und für das Experiment gut geeignete Temperatursensoren mit Typ K-Anschluss werden z.B. von der Firma GHM-Messtechnik Greisinger www.greisinger.de produziert und vertrieben.
Entsorgung	---

Literatur

Kappenberg, Franz; G00 Temperatur(en) einer Kerzenflamme; Wer misst, misst Mist!
Video-Download unter <https://www.youtube.com/watch?v=rUhQBc0YOLE>
[25.03.2018]

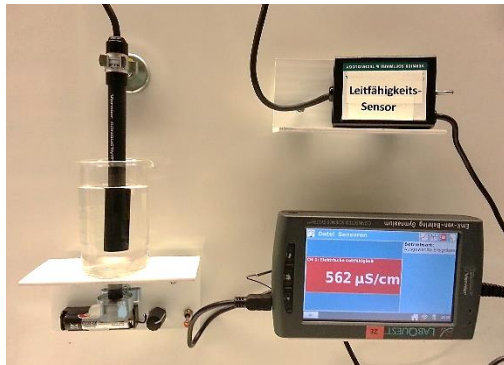
Einführung unterschiedlicher Ionenladungszahlen über die elektrische Leitfähigkeit von Salz-Lösungen

Computereinsatz und Messwerterfassung
Metalle und Salze

Klasse	5	8	9	10	11	12
NTG		X				
SG, ...			X			



Schülerübung geeignet ja nein



Chemikalien

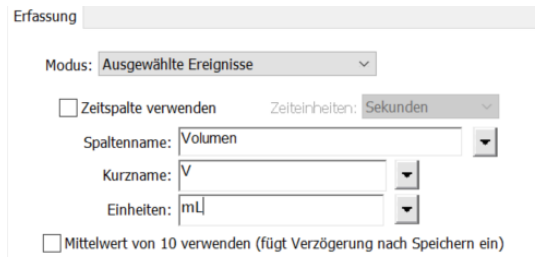
- Natriumchlorid-Lösung $c(\text{NaCl}) = 0,01 \text{ mol/L}$
- Magnesiumchlorid-Lösung $c(\text{MgCl}_2) = 0,01 \text{ mol/L}$
- Calciumchlorid-Lösung $c(\text{CaCl}_2) = 0,01 \text{ mol/L}$
- Evtl. Aluminiumchlorid-Lösung $c(\text{AlCl}_3) = 0,01 \text{ mol/L}$
- Deionisiertes Wasser
- Evtl. Zucker-Lösung $c(\text{Saccharose}) = 0,01 \text{ mol/L}$
- Evtl. Spiritus-Lösung $c(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = 0,01 \text{ mol/L}$

Geräte

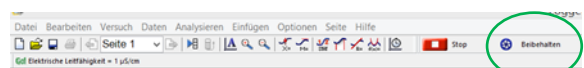
- Katheterspritze 100 mL oder Messzylinder 100 mL
- Leitfähigkeitssensor (z. B. von Vernier CON-BTA, Kappenberg)
- Messinterface z.B. Lab quest 2, Go link, TI Inspire CAS, All-ChemMisst, ...)
- 5 Bechergläser (100 mL)
- 4 Tuberkulinspritzen 1 mL (alternativ: Kolbenhubpipette, Tropfpipetten)
- Magnetrührer mit Arbeitsbühne (Brand Nr. 1009) und Rührmagnet, alternativ Glasstab
- Rührmagnetretter
- Magnetische Weißwandtafel/Experimentierplatte (Brand Nr. 1002) mit Haltestativ (Brand Nr. 1001)
- Magnethalter mit Federstahlklemme $\varnothing 13\text{-}16 \text{ mm}$ (Brand Nr. 1004)
- Evtl. 2 Magnetische Arbeitsbühnen (Brand Nr. 1007)
- Evtl. Laptop mit zugehöriger Messsoftware (z. B. Logger pro, Logger light, Analytik 11, ...)

V

- Der Messbereich des Leitfähigkeits-Sensors wird am Kipphebel auf 0 bis 2000 $\mu\text{S/cm}$ eingestellt.
- Der Sensor mit dem LabQuest 2 verbunden. Evtl. wird dieses zusätzlich über das USB-Kabel mit einem Laptop verbunden und sowohl das LabQuest 2, als auch evtl. das Messwerterfassungsprogramm auf dem Rechner gestartet.
- Die Messwerterfassung wird vorbereitet: „Versuch“ – „Datenerfassung“ – „Ausgewählte Ereignisse“
- 70 mL deionisiertes Wasser werden mittels Katheterspritze in ein Becherglas eingefüllt, ein Rührmagnet dazugegeben, das Becherglas mittig auf den Magnetrührer gestellt und der Rührvorgang gestartet.
- Der vorher gründlich mit deionisiertem Wasser gespülte Leitfähigkeitssensor wird mit Hilfe der Magnetklammer mittig in das Becherglas mit deionisiertem Wasser gehängt, dabei muss der Sensor weit genug (Schlitz vollständig unter Wasser) eintauchen, darf aber nicht den Rührmagneten berühren.
- Wenn die Leitfähigkeit sich auf einen konstanten Wert eingependelt hat – idealerweise nahe 0, wird die Messung durch Drücken des grünen Startpfeiles gestartet.

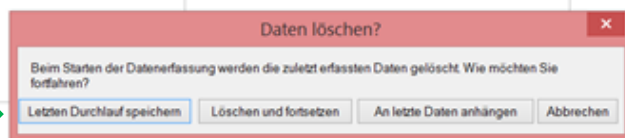


- Nun wird in einer Tuberkulin-Spritze genau 1 mL Test-Lösung aufgezogen und zum Becherglasinhalt hinzugefügt.
- Nachdem sich ein konstanter Wert eingestellt hat, wird dieser über die „Beibehalten“ – Taste – direkt neben der Stop-Taste gespeichert.
- Nun werden 4-9 mal weiter je 1 mL der Testlösung hinzugefügt und jeweils die Leitfähigkeit über die „Beibehalten“-Taste aufgenommen.



- Danach wird die Messreihe über den Stop-Button beendet und mit dem Befehl „Letzten Durchlauf speichern“ eine neue Messreihe gestartet.

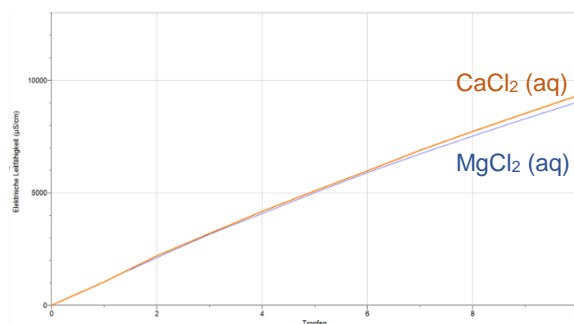
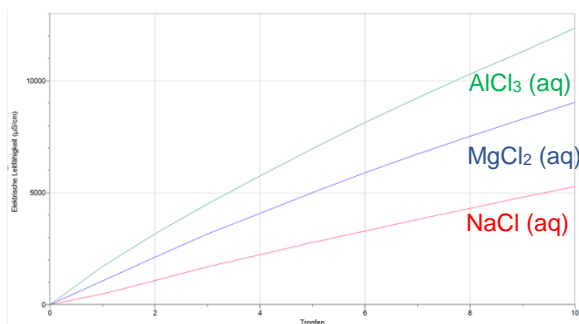
Neue Messreihe starten



- Der Leitfähigkeitsmesser wird gründlich mit deionisiertem Wasser gespült und die Lösung im Becherglas entsorgt, nachdem der Rührmagnet entnommen wurde.
- In einem neuen/gespülten 100 mL Becherglas werden erneut 70 mL deionisiertes Wasser vorgelegt und der ebenfalls gründlich gespülte Rührmagnet hinzugefügt.
- Die Messung wird analog zur vorherigen durchgeführt.
- Nach der letzten Messreihe wird die gesamte Messung gespeichert.

B

Bei der Zugabe von Salz-Lösungen steigt die Leitfähigkeit proportional zum zugegebenen Volumen der Lösung an. Zucker- und Spiritus-Lösung bewirken keine Veränderung der Leitfähigkeit. Der Anstieg der Leitfähigkeit ist bei Natriumchlorid-Lösung kleiner als bei Magnesiumchlorid- oder Calciumchlorid-Lösung.



E

Zucker- und Spiritus-Lösung enthalten keine beweglichen Ladungsträger / Ionen. Deshalb leiten Sie den elektrischen Strom nicht. Salz-Lösungen enthalten Kationen und Anionen als bewegliche Ladungsträger.

Gleich konzentrierte Salz-Lösungen unterscheiden sich in ihrer Leitfähigkeit, weil sie unterschiedlich viele Ionen mit unterschiedlicher Ionenladungszahl enthalten. Je höher die Ionenladungszahl und je größer die Anzahl der Ionen in einer Salz-Lösung ist, desto höher ist die Leitfähigkeit. Für Salzlösungen mit Ionen gleicher Ionenladungszahl gilt wegen der unterschiedlichen Größe der Hydrathülle (die kleinsten Ionen haben die größte Hydrathülle!), je kleiner das Ion, desto niedriger die Leitfähigkeit.

<p>Tipps und Tricks</p>	<p>Beim Lösen von Aluminiumchlorid entstehen zusätzlich durch die Hydrolyse des Hexaaquaaluminat-Komplexes auch Oxonium-Ionen, die die Leitfähigkeit beeinflussen. Dies kann im Anfangsunterricht vernachlässigt werden. Es können auch zum Vergleich weitere Lösungen von nicht-protolysierenden molekularen Verbindungen z. B. Wasserstoffperoxid verwendet werden. Zum Einstieg in die Thematik „Elektrische Leitfähigkeit verschiedener Flüssigkeiten“ können sog. blinkende Eiswürfel oder blinkende Schnapsbecher, die im Internet bestellt werden können, genutzt werden. Füllt man diese Schnapsbecher z. B. mit Salatöl, deionisiertem Wasser, Wasser, Zuckerwasser oder Kochsalz-Lösung unterscheidet sich je nach Leitfähigkeit der Flüssigkeiten die Intensität mit der die Becher (alternativ die „Eiswürfel“) blinken.</p> <p>Magnetische Weißwandtafeln, magnetische Federstahlklemmen, Low cost Magnetrührer etc. bestellbar bei Bernd-Heinrich-Brand, Bünde; http://www.bhbrand.de/mini-katalog/index.html</p>
<p>Entsorgung</p>	<p>Abfluss</p>
<p>Literatur</p>	<p>Danninger, Otmar E.; Die elektrische Leitfähigkeit von Salzlösungen, in Frank Lieber; „Einsatz von grafikfähigen Taschenrechnern und Taschencomputern beim Experimentieren im Chemieunterricht“; Fortbildungsskript, Herrenhut 2013;</p>



Verdunstungskälte von Feuchttüchern

Computereinsatz und Messwerterfassung
Wechselwirkungen

Klasse	5	8	9	10	11	12
NTG	X	X				
SG, ...			X			



Schülerübung geeignet ja nein



Chemikalien

- Feuchttücher mit verschiedenen Inhaltsstoffen, z.B. Desinfektionstücher, Nagellackentferner, Brillenputztücher; alternativ mit verschiedenen Lösemitteln z.B. Wasser, Ethanol, Propan-1-ol, Propan-2-ol, Propanon, Ethylethanoat getränkte Zellstofftücher

Geräte

- Vernier LabQuest2
- 3 gleiche Temperatursensoren (Tauchfühler, z.B. Vernier Temperatursensor, Weitbereich WRT-BTA)
- Magnetische Weißwandtafel mit Haltestativ
- 3 Magnethaftgreifer mit Federstahlklammern (\varnothing 13 - 16 mm)

Sicherheitshinweise: Zündquellen fernhalten

- V**
- Die Temperatursensoren werden mit den Federstahlklammern in gleicher Höhe an der Weißwandtafel befestigt und mit dem LabQuest 2 verbunden.
 - Das LabQuest2 wird gestartet und die Messung vorbereitet (zeitabhängig, 1 Messwert/Sekunde, Messdauer 300 s).
 - Die angezeigte Temperatur der drei Thermofühler wird verglichen. Es sollten keine allzu großen Temperaturdifferenzen auftreten, sonst müssen die Sensoren evtl. im Vorfeld kalibriert werden.
 - Die Feuchttücher werden ausgepackt und aufgefaltet.
 - Die Messung wird gestartet und die Feuchttücher möglichst zügig nach dem Auspacken und gleichzeitig (3 Schüler!) über jeweils einen der Temperaturfühler gehängt.
 - Die Temperaturänderung wird ca. 3-5 Minuten lang verfolgt.

B Je nach verwendetem Feuchttuch können Abkühlkurven, die unterschiedlich stark absinken beobachtet werden. Nach einiger Zeit (ca. 10 Minuten) sind die Feuchttücher trocken.

E Je leichter eine Flüssigkeit verdunstet, desto stärker ist die Abkühlung und desto mehr Teilchen können in einer bestimmten Zeiteinheit aus der Flüssigkeit „entweichen“. Die Verdunstungsgeschwindigkeit ist umso höher, je niedriger die Anziehungskräfte zwischen den Teilchen sind. Beim Verdunsten der Flüssigkeiten in den Feuchttüchern müssen die Anziehungskräfte zwischen den Molekülen überwunden werden. Dazu wird von den Lösemittel-Molekülen kinetische Energie aus den Teilchen der Umgebung „abgezogen“, wodurch die Umgebung abkühlt und die Temperatur sinkt.

Tipps und Tricks	Magnetische Weißwandtafeln und zugehörige Magnethaftgreifer mit Federstahlklammern etc. lassen sich über http://www.bhbrand.de/mini-katalog/index.html beziehen.
Entsorgung	---
Literatur	Danninger, Otmar E.; Cool; in T ³ -Naturwissenschaften; Naturwissenschaftlichen Phänomenen auf der Spur; Herausgeber Frank Liebner

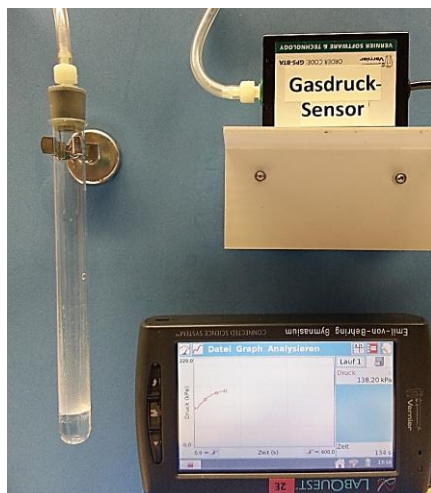
Reaktionsgeschwindigkeitsmessung mit Drucksensor

Computereinsatz u. Messwerterfassung Reaktionsgeschwindigkeit

Klasse	5	8	9	10	11	12
NTG			X			X
SG, ...						



Schülerübung geeignet ja nein

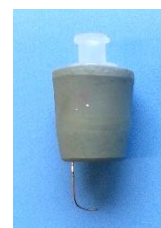


Chemikalien

- Magnesiumband, geschmirgelt, Stücke $l = 1\text{ cm}$
- Salzsäure $c(\text{HCl}) = 0,5\text{ mol/L}$, $0,75\text{ mol/L}$ und 1 mol/L

Geräte

- Reagenzglas $\varnothing 16\text{ mm}$
- Vernier LabQuest2 oder anderes Interface
- Gasdrucksensor von Vernier
- Lochstopfen aus Weichgummi DIN 18, mit Luer-Lock-Adapter 7mm (weiblich) und Haken aus Draht
- Magnettafel mit 1 Federstahlklemme $\varnothing 13\text{-}16\text{ mm}$ und Stellfläche oder Reagenzglasständer
- Kunststoffspritze, 2mL
- Schleifpapierstück



Sicherheitshinweise: Keine höheren Mg-Band-Mengen einsetzen! Überdruck!

V

Vorbereitung des Anschlussstopfens für den Drucksensor:

- Ein Luer-Lock-Adapter 7mm, weiblich wird in die Lochbohrung ($\varnothing 6\text{ mm}$) des **Weichgummistopfens** (DIN 18) geschoben.
- Ein Drahtstück (evtl. Metallrohr einer dünnen ($0,40\text{ mm}$) Kanüle) wird zu einem L-förmigen Haken gebogen.
- Der Haken wird von unten (mit der Kanülenspitze voran) in den Gummi des Weichgummistopfen geschoben.
- Der Luer-Lock-Adapter wird mit dem Anschlusschlauch des Drucksensors verbunden.

Versuchsdurchführung:

- Der Drucksensor wird am Messgerät angeschlossen.
- Das Messgerät wird auf zeitbasierte Messung (1 Messwert pro Sekunde), Messdauer 300 s eingestellt.
- Das Reagenzglas wird mittels Kunststoffspritze mit 2 mL Salzsäure gefüllt.
- Ein 1 cm langes, gut geschmirgeltes Mg-Bandstück wird mittig gefaltet und auf den Haken des Lochstopfens gehängt
- Der Lochstopfen wird vorsichtig – damit das Mg-Bandstück nicht herunterfällt – aber fest genug, mit drehender Bewegung auf das Reagenzglas aufgesetzt.
- Die Messung wird gestartet und nach 10s wird das Mg-Bandstück in die Salzsäure geschüttelt.
- Die Druckänderung wird ca. 300 s verfolgt.
- Die Messung wird mit Salzsäure einer anderen Konzentration wiederholt.

B

Wasserstoff-Entwicklung: Druckanstieg. Sobald das Magnesiumband verschwunden ist, bleibt der Druck konstant.


E

Magnesium reagiert mit der Salzsäure zu Wasserstoff und Magnesiumchlorid. Die Druckänderung ist direkt proportional zur Änderung der Stoffmenge an gebildetem Wasserstoff.

Tipps und Tricks	<p>Diese Reaktionsbestimmung ist deutlich zeitsparender als die Messung der Volumenzunahme. Das Messgerät bildet direkt die Kurve ab.</p> <p>Statt das Magnesiumband aufzuhängen, kann es auch direkt in das Reagenzglas gegeben, der Gasdruckstopfen aufgesetzt und sofort die Messung gestartet werden.</p> <p>Weichgummistopfen haften besser im Reagenzglas, als die von Vernier mitgelieferten Hartgummistopfen.</p> <p>Bezugsquelle für magnetische Weißwandtafeln und Luer-Lock-Adapter z.B. Microscale & More, Regensburg https://www.microscale-and-more.de oder B. Brand, Bünde, http://www.bhbrand.de/mini-katalog/index.html</p>
Entsorgung	Mit viel Wasser über den Ausguss entsorgen.
Literatur	Liebner, Frank; T ³ -Naturwissenschaften; Von der Reaktionskinetik bis zur Elektrochemie; T ³ -Deutschland (2017)


3.4.3 Einsatz digitaler Werkzeuge im Chemieunterricht / Einführung in den Ionenbegriff unter Nutzung digitaler Werkzeuge

Frank Liebner, Geschwister-Scholl-Gymnasium Löbau




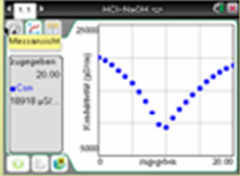
T² DEUTSCHLAND

UNIVERSITÄT LEIPZIG



Geschwister-Scholl-Gymnasium Löbau

ERFASSUNG, DARSTELLUNG UND INTERPRETATION VON MESSWERTEN IM CHEMIEUNTERRICHT – WIE HILFREICH IST DABEI DER GRAPHIKFÄHIGE TASCHEURECHNER?





TEXAS INSTRUMENTS

2009/10; 368 Schüler aus 16 Klassen an 7 Gymnasien in 4 Bundesländern


5

R. HEIMANN, F. LIEBNER, L. BESSER (2011). Graphikfähige Taschenrechner im Chemieunterricht – Erfassung, Darstellung und Interpretation von Messwerten, MNU 64 349-356.




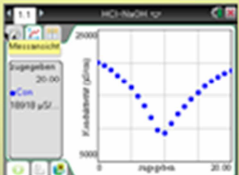
T² DEUTSCHLAND

UNIVERSITÄT LEIPZIG



Geschwister-Scholl-Gymnasium Löbau

ENTWICKLUNG UND ERPROBUNG EINES DIE SELBSTTÄTIGKEIT DER SCHÜLERINNEN UND SCHÜLER FÖRDERNDEN KONZEPTS ZUR EINFÜHRUNG IN DEN IONENBEGRIFF UNTER NUTZUNG DES GRAPHIKFÄHIGEN TASCHEURECHNERS

TEXAS INSTRUMENTS

2011/12; 285 Schüler aus 7 Gymnasien in 6 Bundesländern

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

Praktikum - Titrationen

Die nachfolgend geplante Unterrichtseinheit bezieht sich auf den Lernbereich 3 „Den Stoffen analytisch auf der Spur“ der Klassenstufe 10 im Sächsischen Lehrplan Chemie an Gymnasien.

Dort heißt es u. a.:

Kennen einer ausgewählten quantitativen Analyseverfahren

- *experimentelles Durchführen einer Titration einwertiger Säure- und Basenlösungen*
- *quantitative Auswertung der Titration*

Als Hinweise wurden fixiert:

- *Säure-Base-Titration, Leitfähigkeitstimation*
- *Einsatz GTR oder Computer zur Erfassung und Auswertung von Messwerten*

Einbettung der Unterrichtseinheit:

Ausgehend von den im Lehrplan formulierten Inhalten führen die Schülerinnen und Schüler unterschiedliche Säure-Base-Titrationen auch unter Verwendung von digitalen Werkzeugen durch. In vorangegangenen Lernbereichen haben die Lernenden bereits Kenntnisse über Neutralisationsreaktionen, Herstellen von Lösungen und stöchiometrische Berechnungen erworben. Diese kommen in der geplanten Unterrichtseinheit zur Anwendung und werden erweitert und gefestigt. Die Schülerinnen und Schüler haben bereits Kenntnisse im Umgang mit den verwendeten Messwerterfassungssystemen aus dem naturwissenschaftlichen Unterricht (Biologie, Chemie und Physik), d. h. sie kennen notwendige Einstellungen und können aufgenommene Messwerte graphisch darstellen und auswerten.

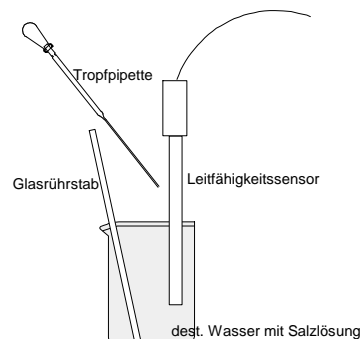
Ziele der Unterrichtseinheit:

Sachkompetenz	Die Lernenden können <ul style="list-style-type: none">– am Beispiel der Neutralisationsreaktion die Stoff- und Energieumwandlung bei chemischen Reaktionen erläutern.– mathematische Verfahren zum Bestimmen des Äquivalenzpunktes bei einer Säure-Base-Titration anwenden.
Erkenntnisgewinnungskompetenz	Die Lernenden <ul style="list-style-type: none">– kennen die Säure-Base-Titration als quantitatives Analyseverfahren und können verschiedene Varianten durchführen.– können die experimentellen Ergebnisse protokollieren und auswerten.– sind in der Lage, digitale Werkzeuge zum Aufnehmen, Darstellen und Auswerten von Messwerten ergebnisorientiert einzusetzen.– können aus erhobenen Daten Schlussfolgerungen ziehen.
Kommunikationskompetenz	Die Lernenden <ul style="list-style-type: none">– sind in der Lage, die aufgenommene Messwerte graphisch darzustellen und zu interpretieren.– können die experimentellen Ergebnisse unter Verwendung der Fachsprache ihren Mitschülern präsentieren.

Praktikum - Titrationen

Experiment 1 (Dieses Experiment ist von allen Arbeitsgruppen durchzuführen. Jeder Schüler erstellt ein Protokoll.)
Untersuchen Sie die Ionenäquivalentleitfähigkeit von Wasserstoff-Ionen im Vergleich zu anderen Ionen in einer wässrigen Lösung.

Geben Sie in das Becherglas 70 ml dest. Wasser. Bereiten Sie den Rechner (Ereignisse mit Eintrag) und den Leitfähigkeitssensor (Messbereich: $0 - 2000 \mu\text{Scm}^{-1}$) zur Datenaufnahme vor. Messen Sie die elektr. Leitfähigkeit des dest. Wassers. Versetzen Sie anschließend das dest. Wasser mit jeweils einem Tropfen Salzsäure der Stoffmengenkonzentration $c(\text{HCl}) = 1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ und messen Sie die Leitfähigkeit der Lösung. Wiederholen Sie den Vorgang, bis 8 Tropfen zugegeben sind. Reinigen Sie danach den Sensor sorgfältig mit dest. Wasser und wiederholen Sie das ganze Experiment mit Natriumchloridlösung der Stoffmengenkonzentration $c(\text{NaCl}) = 1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$.



Informationen

Der reziproke Wert des Ohmschen Widerstands (R) einer Lösung wird auch als Leitwert (G) bezeichnet. Er hängt von der Art und Anzahl der in der Lösung enthaltenen Ionen sowie von der Temperatur des Lösungsmittels ab. Die Einheit ist Siemens. Die Einheit ist Siemens.

Aus der Wanderungsgeschwindigkeit der Ionen wird deren Ionenäquivalentleitfähigkeit (λ^+ ; λ^-) bestimmt. Die Gesamtleitfähigkeit (Λ) oder auch Äquivalentleitfähigkeit einer verdünnten Lösung setzt sich aus den Ionenäquivalentleitfähigkeiten der in ihr vorhandenen Ionen zusammen.

$$R = \frac{U}{I} \text{ in } \Omega$$

$$G = \frac{1}{R} \text{ in } \frac{1}{\Omega} = 1\text{S}$$

Ionenäquivalentleitfähigkeit bei unendlicher Verdünnung:

$$\frac{\text{cm}^2}{\Omega \cdot \text{mol}} = \frac{\text{S} \cdot \text{cm}^2}{\text{mol}}$$

Auswertung

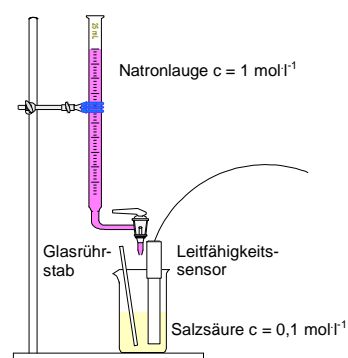
- 1 Entwickeln Sie die Dissoziationsgleichungen für Natriumchlorid und Salzsäure.
- 2 Stellen die die Messergebnisse graphisch dar (Skizze oder Bildschirmausdruck). Interpretieren Sie die graphische Darstellung.
- 3 Vergleichen Sie ausgehend von der graphischen Darstellung (Aufgabe 1) die Ionenäquivalentleitfähigkeit von Wasserstoff- und Natrium-Ionen. Erklären Sie ihre Schlussfolgerung.

Experiment 2.1 (Dieses Experiment ist nur von ausgewählten Arbeitsgruppen durchzuführen. Jeder Schüler der dieses Experiment durchführt, erstellt ein Protokoll und bereitet eine Kurzpräsentation vor.)

Führen Sie eine Leitfähigkeitstiteration von Salzsäure mit Natriumhydroxidlösung durch.

Bereiten Sie den Rechner (Ereignisse mit Eintrag) und den Leitfähigkeitssensor (Messbereich: $0 - 20000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) zur Datenaufnahme vor.

Legen Sie 100 ml der Salzsäure der Stoffmengenkonzentration $c = 0,1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ in einem Becherglas vor. Unter Rühren wird mit mindestens 15 ml Natriumhydroxidlösung der Stoffmengenkonzentration $c = 1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ titriert, wobei die Zugabe-Intervalle 1 ml betragen sollten. Nach jeder Zugabe von Natriumhydroxidlösung ist die Leitfähigkeit zu messen.



Auswertung

- 1 Stellen Sie die Messergebnisse graphisch dar (Skizze oder Bildschirmausdruck). Interpretieren Sie die graphische Darstellung unter Einbeziehung einer Reaktionsgleichung.
- 2 Trotz ständiger Erhöhung der Natrium-Ionenkonzentration durch Zugabe von Natriumhydroxidlösung sinkt die elektrische Leitfähigkeit der Analysenlösung. Erklären Sie diese Erscheinung unter Verwendung von Experiment 1.

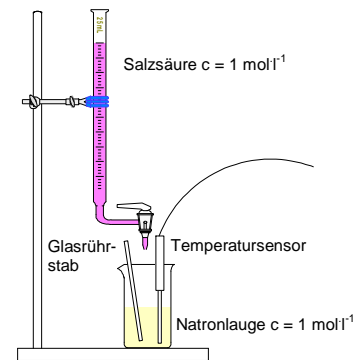
Experiment 2.2

(Dieses Experiment ist nur von ausgewählten Arbeitsgruppen durchzuführen. Jeder Schüler der dieses Experiment durchführt erstellt ein Protokoll und bereitet eine Kurzpräsentation vor.)

Führen Sie eine Thermometrische Titration von Natriumhydroxidlösung mit Salzsäure durch.

Bereiten Sie den Rechner (Ereignisse mit Eintrag) zur Datenaufnahme vor. Geben Sie 20 ml Natriumhydroxidlösung ($c = 1 \text{ mol l}^{-1}$) in ein Kalorimetergefäß. Bestimmen die Temperatur der Lösung.

Versetzen Sie vorsichtig und unter Rühren die Natriumhydroxidlösung 7-mal mit je 5 ml Salzsäure ($c = 1 \text{ mol l}^{-1}$). Messen Sie nach jeder Säurezugabe die Temperatur.



Auswertung

- 1 Stellen Sie die Messergebnisse graphisch dar (Skizze oder Bildschirmausdruck).
- 2 Interpretieren Sie die graphische Darstellung unter Einbeziehung einer Reaktionsgleichung.

Experiment 3

(Dieses Experiment ist von allen Schülerinnen und Schülern durchzuführen.)

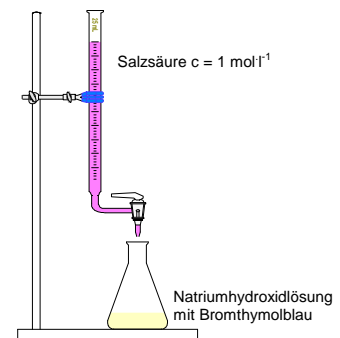
Bestimmen Sie die Stoffmengenkonzentration der vorgegebenen Natriumhydroxidlösung durch eine Titration.

Entnehmen Sie der vorgegebenen Natriumhydroxidlösung genau 10 ml und füllen Sie diese in einem Erlenmeyerkolben auf ca. 100 ml auf.

Geben Sie zu der Lösung 5 Tropfen Indikatorlösung (Bromthymolblau) zu.

Titrieren Sie mit der Salzsäure bis zum Farbumschlag des Indikators von blau nach gelb.

Wiederholen Sie die Titration.



Auswertung

- 1 Notieren Sie Ihre Messwerte.
- 2 Entwickeln Sie für die bei der Titration ablaufende Reaktion die Gleichung in Ionenschreibweise.
- 3 Berechnen Sie die Stoffmengenkonzentration der untersuchten Natriumhydroxidlösung.

Aufgaben (Diese Aufgaben sind von allen Schülerinnen und Schülern zu lösen.)

- 1 Erläutern Sie, was man unter einer Neutralisationsreaktion versteht. Kennzeichnen Sie an der entwickelten Ionengleichung, dass es sich dabei um eine exotherme Reaktion handelt.
- 2 In einem alten Vorratsschrank findet Pipette eine Flasche mit 2 Litern Natronlauge. Bevor er die Lösung entsorgen kann, muss diese neutralisiert werden. Er überlegt sich dazu nachfolgende Möglichkeiten:

Möglichkeit 1: Mithilfe von Schwefelsäure und flüssigem Unitest-Indikator will er die Natronlauge „unschädlich“ machen, um sie nachher im Ausguss zu entsorgen.

Möglichkeit 2: Pipette versetzt die Natronlauge mit 1 Liter Wasser und schüttet die erhaltene Lösung in den Ausguss.

***Möglichkeit 3:** Pipette bestimmt die Dichte der Natronlauge ($\rho(\text{NaOH}) = 1,1 \text{ g cm}^{-3}$), sucht sich aus einem Tabellenbuch den zugehörigen Massenanteil ($\omega_i(\text{NaOH}) = 9,2 \%$) und berechnet, dass er 2,53 mol Schwefelsäure zur Neutralisation benötigt.

- 2.1 Entwickeln Sie für die Reaktion von Schwefelsäure mit Natronlauge die Gleichung in Ionenschreibweise.
- 2.2 Diskutieren Sie die vorgeschlagenen Entsorgungsmöglichkeiten.
 - Geben Sie Pipette Hinweise zur Durchführung der Entsorgung nach Möglichkeit 1.
 - Diskutieren Sie die Entsorgung nach Möglichkeit 2.
 - *- Überprüfen Sie die Rechnung bei Möglichkeit 3.