



Digitale Werkzeuge – Vom Unterrichtseinsatz über Internet-Challenges zum Abitur

Frank Liebner^{1,*}

¹ Geschwister-Scholl-Gymnasium Löbau, Pestalozzistraße 21, 02708 Löbau

*Email-Korrespondenzautor:in: Frank.Liebner@t-online.de

Abstract: An verschiedenen Unterrichtssituationen und ausgewählten Projekte wird die Nutzung digitaler Werkzeuge in Kombination mit unterschiedlichen Sensoren dargestellt. Beginnend mit einfachen Experimenten zur elektrischen Leitfähigkeit wässriger Lösungen im Anfangsunterricht wird aufgezeigt, wie die Lernenden befähigt werden können, digitale Werkzeuge im Unterricht und der Abiturprüfung Chemie zu nutzen. Neben den unterrichtsrelevanten Experimenten werden zwei Projekte, deren Experimente auch in ausgewählten Unterrichtssituationen genutzt werden können, vorgestellt. Es wird u. a. den Fragen nachgegangen, warum die Deo-Challenge (Internet-Challenge) so gefährlich ist und warum man komplexe Zusammenhänge z. B. in Bezug auf die Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid zur Erklärung von Klimaveränderungen betrachten muss. Inhalte des Beitrages basieren u. a. auf langjährigen, eigenen Unterrichtserfahrungen, auf Erfahrungen im Rahmen des internationalen Lehrerfortbildungsprojektes T³ (Teachers Teaching with Technology) und durchgeführter Fallstudien zum Einsatz digitaler Werkzeuge im Chemieunterricht.

Keywords: Digitale Werkzeuge im Chemieunterricht, Leitfähigkeitsmessungen, Abiturprüfung Sachsen, Internet-Challenges, Klimaveränderungen

1. Einleitung

Digitale Werkzeuge wie Smartphones, Tablets, Computer und Taschenrechner gehören inzwischen zu einem modernen mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. So liegt es auf der Hand, dass diese Geräte mit ihrer hohen Funktionalität auch zur Aufnahme, Darstellung und Auswertung von Messdaten mit verschiedenen Sensoren im Prozess der Erkenntnisgewinnung eingesetzt werden. Dabei sollte nicht nur das einzelne Projekt, sondern der sich wiederholende, systematische und kontinuierliche Einsatz digitaler Werkzeuge im Unterricht zur Normalität werden. In diesem Beitrag werden Möglichkeiten des Einsatzes digitaler Messwerterfassung vom Chemieanfangsunterricht bis zum Abitur aufgezeigt. Es handelt sich um einen Beitrag aus der Praxis, der durch Erfahrungen und Ergebnisse aus Fallstudien in den Klassenstufen 8, 10, 11 und 12 gestützt wird [1-3]. Diese zeigen beispielsweise,

- dass die Lernenden auch unterer Klassenstufen überwiegend keine Probleme mit dem Handling der digitalen Werkzeuge incl. der verwendeten Software haben.
- dass die Nutzung von Messwerterfassungssystemen im Erkenntnisprozess zu einem besseren Verständnis von chemischen Sachverhalten im Vergleich zu einer Kontrollgruppe führen kann.

Des Weiteren werden notwendige und bewährte Rahmenbedingungen für die Einbindung digitaler Werkzeuge in den Schulalltag dargestellt, die sich ebenfalls aus vielfältigen Praxiserfahrungen ableiten.

2. Aufnehmen, Darstellen und Auswerten von Messwerten – vom Anfangsunterricht bis zum Abitur

Mit der verbindlichen Einführung eines graphikfähigen Taschenrechners vor mehr als 20 Jahren wurden in den sächsischen Schulen neue Perspektiven nicht nur in Mathematik, sondern auch in den naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern eröffnet.

Der Anschluss von z. B. Temperatur-, Leitfähigkeits- oder pH-Sensoren an die Schülergeräte, ermöglicht eine neue Herangehensweise an die Vermittlung verschiedener Lerninhalte. Die schrittweise und systematische Einführung von digitalen Messwerterfassungssystemen im Chemieunterricht wurde u. a. durch folgende Initiativen ermöglicht und begleitet:

- Unterstützung des Prozesses durch das Sächsische Ministerium für Kultus durch z. B. der Verankerung verbindlicher Inhalte im Lehrplan Chemie für Gymnasien,
- langfristige Organisation und Durchführung von Lehrerfortbildungen mit verschiedenen Partnern wie z. B. dem Lehrerfortbildungsprojekt T³ und dem Chemielehrerfortbildungszentrum Leipzig/Jena,
- Durchführung von Fallstudien zum Einsatz im Unterricht.

Für die einzelnen Klassenstufen wurden Schwerpunkte formuliert, sodass die Lernenden vom Anfangsunterricht bis zum Übergang in die Sekundarstufe II entsprechende Kompetenzen sowohl im Handling der Geräte als auch im Umgang mit aufgenommenen Messwerten erwerben (siehe Abbildung 1). Die somit hergestellte Verbindlichkeit ermöglichte einen erstmaligen Einsatz digitaler Messwerterfassungssysteme im experimentellen Aufgabenteil der Abiturprüfung 2014/15 und in den Folgejahren.

Die Lernenden waren ohne Probleme in der Lage, Aufgabenstellung wie z. B. Leitfähigkeits- oder pH-Werttitrationen zu bewältigen. Die nachfolgenden Beispiele verdeutlichen die in Abbildung 1 dargestellte Progression.



Digitale Werkzeuge im „Dienste“ der Kompetenzentwicklung

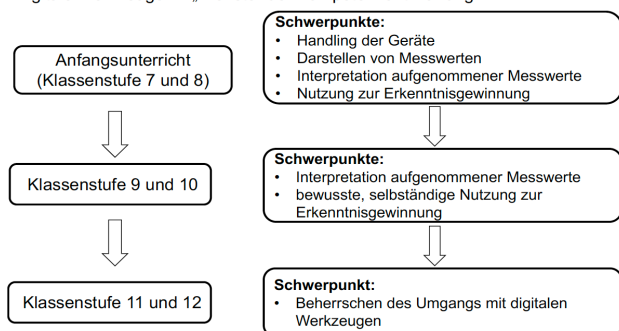


Abb.1: Nutzung digitaler Werkzeuge

2.1 Beispiel 1 (Klassenstufe 8; Lernbereich „Kochsalz und andere Salze“)

In diesem Lernbereich wird u. a. die elektrische Leitfähigkeit wässriger Lösungen in Abhängigkeit von der enthaltenen Ionenanzahl untersucht. Die Ionenäquivalenzleitfähigkeit einzelner Ionen wird nicht thematisiert, sodass experimentell gefundene Zusammenhänge Rückschlüsse auf den quantitativen Bau verschiedener Ionensubstanzen zulassen.

Experiment A

Gib zu 70 ml dest. Wasser tropfenweise Natriumchlorid-Lösung der Stoffmengenkonzentration $c = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Miss nach jeder Zugabe die elektrische Leitfähigkeit der Lösung.

Experiment B

Wiederhole Experiment A mit Calciumchlorid-Lösung der gleichen Stoffmengenkonzentration.

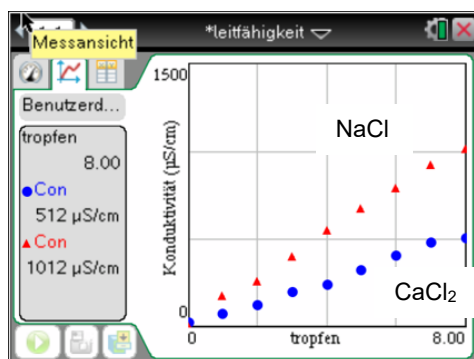


Abb.2: Elektrische Leitfähigkeit von Salzlösungen in Abhängigkeit von der Tropfenanzahl

Schlussfolgerungen:

Die elektrische Leitfähigkeit steigt bei gleicher Tropfenanzahl in der Calciumchlorid-Lösung stärker.

Die elektrische Leitfähigkeit wässriger Lösungen ist u. a. von der Ionenanzahl abhängig.

Hinweis: Aufgrund der geringen Unterschiede in der Ionenäquivalenzleitfähigkeit von Calcium- und Natrium-Ionen werden diese Unterschiede in Klassenstufe 8 nicht explizit thematisiert.

2.2 Beispiel 2 (Klassenstufe 10; Lernbereich „Den Stoffen analytisch auf der Spur“)

In diesem Lernbereich schreibt der sächsische Lehrplan für Chemie (Gymnasien) u. a. verbindlich vor: „...experimentelles Durchführen einer Titration einwertiger Säure- und Basen-Lösungen mit Indikatoren und unter Nutzung digitaler Werkzeuge.“

Von der Durchführung einer Titration unter Nutzung eines pH-Sensors ist hier abzuraten, da die Lernenden aufgrund fehlender

mathematischer Vorkenntnisse (Logarithmen) die aufgenommen Graphen nicht interpretieren können.

Mit dem nachfolgend beschriebenen Experiment können die Schülerinnen und Schüler selbständig die Abhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit von der Ionenart untersuchen und sich somit notwendiges Grundwissen für eine Leitfähigkeitstimation aneignen.

Die Durchführung einer Thermometrischen Titration ist ebenfalls möglich, da die Neutralisation als exotherme Reaktion in der Klassenstufe 10 bereits bekannt ist.

Experiment A

Geben Sie zu 70 ml dest. Wasser tropfenweise Salzsäure der Stoffmengenkonzentration $c = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Messen Sie nach jeder Zugabe die elektrische Leitfähigkeit der Lösung.

Experiment B

Wiederholen Sie Experiment A mit Natriumchlorid-Lösung der gleichen Stoffmengenkonzentration.

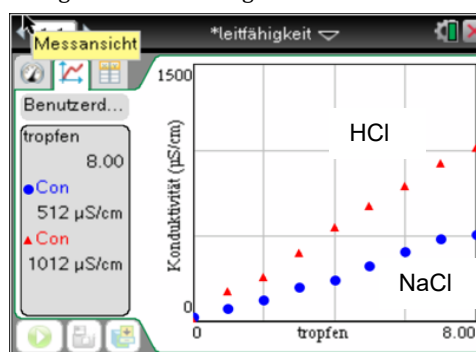


Abb.3: Elektrische Leitfähigkeit von Natriumchloridlösung und Salzsäure in Abhängigkeit von der Tropfenanzahl

Schlussfolgerungen:

Die elektrische Leitfähigkeit steigt bei gleicher Tropfenanzahl im Experiment A stärker. Die elektrische Leitfähigkeit wässriger Lösungen ist u. a. von der Art der Ionen abhängig.

Konduktometrische Titration

Titration von Salzsäure mit Natriumhydroxidlösung unter Verwendung eines Leitfähigkeitssensors:

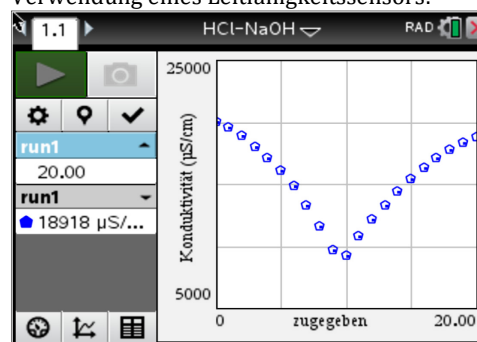


Abb.4: Elektrische Leitfähigkeit in Abhängigkeit von der Zugabe von Natronlauge in mL

Thermometrische Titration

Titration von Natriumhydroxid-Lösung mit Salzsäure unter Verwendung eines Temperatursensors:

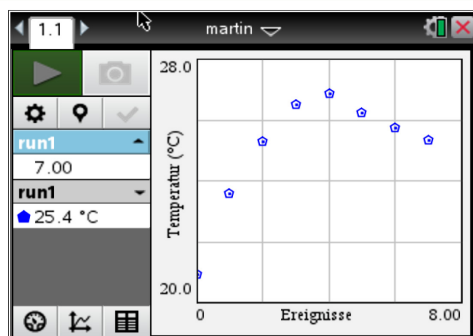


Abb.5: Temperatur in Abhängigkeit von der Zugabe von Salzsäure in mL

Der Chemieunterricht in der Sekundarstufe I bietet viele weitere Möglichkeiten, digitale Werkzeuge zum Aufnehmen, Darstellen und Auswerten von Messwerten einzusetzen. Es sollte immer darauf geachtet werden, dass dieser Einsatz nur dann gewinnbringend ist, wenn die Lernenden die durchgeführten Experimente auswerten können und somit ein Mehrwert im Erkenntnisprozess sichtbar wird.

2.3. Beispiel 3 (Abiturprüfung Chemie Sachsen, 2018/19, Auszug aus der Wahlaufgabe C1)

Experiment A

Aufgabe 1.1

Legen Sie genau 50 mL Bariumchloridlösung (Maßlösung) der Stoffmengenkonzentration $c = 0,01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ in einem Becherglas vor.

Titrieren Sie diese mit Magnesiumsulfatlösung (Analyselösung) in Schritten von jeweils 1 mL. Erstellen Sie eine Titrationskurve. Kennzeichnen Sie in der gezeichneten oder ausgedruckten Titrationskurve den Äquivalenzpunkt.

Aufgabe 1.2

Erklären Sie den Verlauf des Graphen unter Einbeziehung einer Reaktionsgleichung und folgender Werte.

	Mg^{2+}	Ba^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-
Ionenäquivalenzleitfähigkeit bei unendlicher Verdünnung λ in $\text{S} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$	106	127	160	76

Aufgabe 1.3

Berechnen Sie die Masse Magnesiumsulfat in einem Liter der untersuchten Lösung.

Graphische Darstellung der Messwerte:

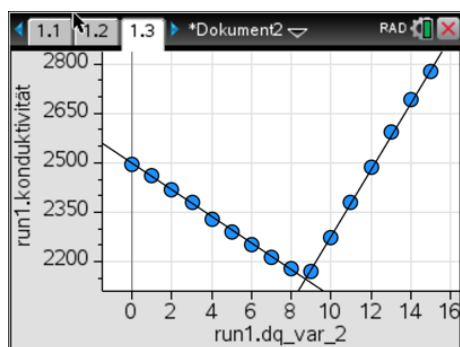


Abb.6: Elektrische Leitfähigkeit in Abhängigkeit der Zugabe von Magnesiumsulfatlösung in mL

Anmerkungen:

Für die erfolgreiche Durchführung des Prüfungsexperimentes benötigen die Lernenden u. a. Kenntnisse über

- Fällungsreaktionen und das Löslichkeitsprodukt,
- die elektrische Leitfähigkeit wässriger Lösungen,
- das Verfahren der Titration,
- das Handling der digitalen Messwerterfassungssysteme und das Prinzip der Konduktometrie.

3. Digitale Messwerterfassung in Projekten

Neben dem Einsatz digitaler Werkzeuge in ausgewählten Unterrichtssituationen, bietet sich deren Nutzung auch in unterrichtsbegleitenden Projekten an.

Durch die Kombination verschiedener Experimente ist es möglich, dass die Lernenden selbstständig arbeiten, größere Zusammenhänge erfassen und mit den Ergebnissen aktuelle Fragestellungen wie z. B. Einflüsse auf den Klimawandel tiefgründiger verstehen und erklären können.

Im Folgenden werden zwei Projekte vorgestellt.

3.1. Ein neuer Wahnsinn aus dem Internet!? Internet-Challenges aus naturwissenschaftlicher Perspektive untersucht [4]

In diesem Projekt können die Lernenden Internet-Challenges wie z. B. die Deo-, Fire- oder Smoking-Alcohol-Challenge anhand einfacher Modellexperimente unter Nutzung digitaler Werkzeuge nachvollziehen.

Ziel ist es u. a. den Schülerinnen und Schülern, die Gefährlichkeit dieser „Selbstversuche“ bewusst zu machen und durch die Interpretation der aufgenommenen Daten, das Interesse an den naturwissenschaftlichen Hintergründen zu wecken.

Neben der Kompetenzentwicklung in den Naturwissenschaften trägt das vorgeschlagene Projekt auch zur Entwicklung der Medienkompetenz der Lernenden bei.

Die im Projekt vorgeschlagenen Experimente lassen sich auch zur Motivation in ausgewählten Unterrichtssituationen einsetzen.

Deo-Challenge

Besprühen Sie den Temperatursensor mit einem Deospray. Halten Sie die Öffnung der Sprühdose nah an den vorbereiteten Temperatursensor und sprühen Sie das Deo ca. 60 Sekunden lang auf den Sensor.

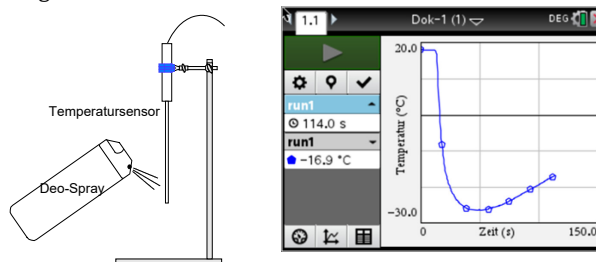


Abb.7: Versuchsaufbau (Deo-Challenge) Temperatur in Abhängigkeit von der Zeit

3.2. Klimaveränderungen verstehen, heißt, komplex denken und Zusammenhänge herstellen [5]

Klimaveränderungen, deren Auswirkungen und Ursachen werden immer häufiger diskutiert.

Die Komplexität dieser Vorgänge und die Rolle des Kohlenstoffdioxids in diesen Prozessen können die Lernenden anhand einfacher Experimente, die sich mit verschiedenen Ei-



enschaften von Kohlenstoffdioxid beschäftigen, selbst erkunden. Durch die Nutzung von z. B. Leitfähigkeits- pH- und eines Kohlenstoffdioxidsensors kann z. B. die Löslichkeit des Gases in Wasser unter verschiedenen Bedingungen untersucht werden. Die Zusammenstellung aller Versuchsergebnisse verdeutlicht u. a. die Vielschichtigkeit der Einflussfaktoren auf die Klimaveränderungen.

Die in diesem Material vorgestellten Experimente können auch als Einzelexperimente im Unterricht eingesetzt werden.

Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid in Leitungs- und Salzwasser

Stellen Sie unter Verwendung einer Brausetablette und Leitungswasser Kohlenstoffdioxid in einem Tropftrichter her. Leiten Sie dieses in 500 mL Wasser, welches sich in einer Biokammer befindet. Messen Sie den Kohlenstoffdioxidgehalt oberhalb des Wassers in der Biokammer (siehe Skizze).

Wiederholen Sie das Experiment mit der gleichen Menge Wasser, in dem 50 g Kochsalz gelöst wurden.

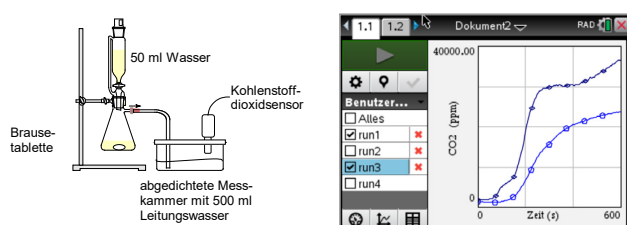


Abb.8: Versuchsaufbau

Kohlenstoffdioxidanteil in
Abhängigkeit von der Zeit

Die aufgenommenen Graphen zeigen, dass der Kohlenstoffdioxidanteil bei der Benutzung von Salzwasser oberhalb des Wassers wesentlich schneller und stärker steigt. Die lässt den Schluss zu, dass die Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid im Salzwasser geringer als im Leitungswasser ist.

4. Fazit

Die dargestellten Beispiele aus dem regulären Chemieunterricht und verschiedenen Projekten zeigen die vielfältigen Möglichkeiten zum Einsatz digitaler Messwerterfassung vom Anfangsunterricht bis zum Abitur.

Vom Lehrerfortbildungsprojekt T3-Deutschland und der MNU wurde gemeinsam die Veröffentlichung „Innovativer naturwissenschaftlicher Unterricht mit digitalen Werkzeugen“ [6] zusammengestellt, die weitere Anregungen liefert.

5. Referenzen

- [1] F. Liebner, R. Heimann (2009): Der graphikfähige Taschenrechner – Erfahrungen mit seinem Einsatz in einer Chemie-Arbeitsgemeinschaft, MNU, 62, 388-294
- [2] R. Heimann, F. Liebner, L. Besser (2011): Graphikfähige Taschenrechner im Chemieunterricht – Erfassung, Darstellung und Interpretation von Messwerten, MNU, 64, 349-356
- [3] 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
- [4] J. Werthmüller, M. Prechtel, F. Liebner (2021): <https://resources.t3deutschland.de/t3deutsch-home> (11.09.2023)
- [5] F. Liebner (Hg.) (2020): <https://resources.t3deutschland.de/t3deutsch-home> (11.09.2023)
- [6] H. Lampe, F. Liebner, H. Urban-Woldorn, M. Tewes (2015): Innovativer naturwissenschaftlicher Unterricht mit digitalen Werkzeugen, MNU Themenreihe Bildungsstandards