

Physikunterricht mit dem Tablet
- Einsatz von Bluetooth-Verstärkern in der Sekundarstufe II -

Jonas Klimmt, Silvana Fischer, Holger Cartarius

AG Fachdidaktik der Physik und Astronomie, Friedrich-Schiller-Universität Jena, 07743 Jena
jonas.klimmt@uni-jena.de

Kurzfassung

Durch Smartphones und Tablets, welche im Gegensatz zu den meisten Versuchsmaterialien in der Regel allen Schülerinnen und Schülern zur Verfügung stehen, ist heutzutage eine große Zahl an Sensoren zur Messung physikalischer Größen leicht zugänglich und kann den Weg zu einem alltagsnahen Physikunterricht ebnen. Apps wie „Phyphox“ von der RWTH Aachen oder auch „Sci Journal“ von Google machen es möglich, diese Daten zu erfassen und auszuwerten. Hierzu steht bereits eine Vielzahl an fertigen Versuchen bereit, die sofort von Schülerinnen und Schülern in der Schule, aber auch zu Hause durchgeführt werden können. Auch die gängigen Lehrmittelhersteller haben die Möglichkeiten des Smartphones erkannt und bieten Erweiterungen zu den im Smartphone vorhandenen Sensoren an, um bspw. Temperaturen, hohe magnetische Flussdichten oder auch Kräfte messen zu können.

Wir möchten uns mit der Verwendung günstiger externer Geräte beschäftigen, die von Schülerinnen und Schülern über ein Tablet gesteuert werden können. Am Beispiel eines Tablets, welches als Frequenzgenerator genutzt wird, soll auf die Möglichkeiten, aber auch die Grenzen dieser modernen Experimentiermittel eingegangen werden. Außerdem wird eine Versuchsanleitung als Anregung zum Einsatz im eigenen Unterricht bzw. in der eigenen Vorlesung gegeben.

1. Einleitung

Seit dem März 2020 zeigen sich immer mehr die Vorzüge und sehr drastisch die Herausforderungen der beginnenden Digitalisierung in den Schulen. Eine mögliche Umstellung kann dabei gerade in den Naturwissenschaften das Spektrum der Methoden weiter füllen.

Im Physikunterricht stellen Sensoren eine besondere Chance dar, um die Messwerterfassung in Experimenten individueller, raumunabhängiger und umfangreicher zu gestalten. Bei der Nutzung von digitalen Medien soll dabei immer deren Einsatz als Ergänzung und nicht Ersetzung von klassischen Medien gesehen werden [1]. Hiermit ist gemeint, dass der Einsatz von Messsensoren im Physikunterricht bspw. nicht als Ersatz für klassische Messungen von Zeiten, Strecken oder Kräften gesehen werden kann, da diese Methoden aus unserer Sicht ebenfalls von den Schülerinnen und Schülern zu beherrschen sind und damit Grundlage für die Arbeit mit einer digitalen Messwerterfassung. Allerdings ist es aus Zeitgründen möglich, Messwertaufnahmen zu vereinfachen, wenn bereits die herkömmliche

Messmethode bekannt ist bzw. auf diese gesondert eingegangen werden soll und so eine didaktische Reduktion des Messvorgangs erreicht wird. Zudem ist nicht nachgewiesen, dass die Nutzung digitaler Medien per se eine erhöhte Wirksamkeit auf den Lernerfolg hat. [1]

Wir möchten hier eine Versuchsreihe vorstellen, die diese Erkenntnisse berücksichtigt. Die von uns erstellten Versuche haben immer das Ziel, sich mit ihrer Anwendungsbezogenheit im Schülerhorizont zu bewegen. Dies soll zum einen der Förderung der Motivation dienen und zum anderen dafür sorgen, dass die Schülerinnen und Schüler das Wissen leichter an ihr Vorwissen andocken können [2].

Die Themen der Versuche sind an den Thüringer Lehrplan angelegt, so dass für Lehrerinnen und Lehrer eine einfache Implementierung in ihr eigenes Unterrichtskonzept möglich ist. Zudem sind die Versuche für sich eher umfangreich und zu Beginn wiederholend. Damit hat man immer auch die Möglichkeit, einzelne Aufgaben herauszulassen und den Versuch für die eigene Lerngruppe zu differenzieren. An einen konkreten Versuch soll das Vorgehen nun genauer erläutert werden.

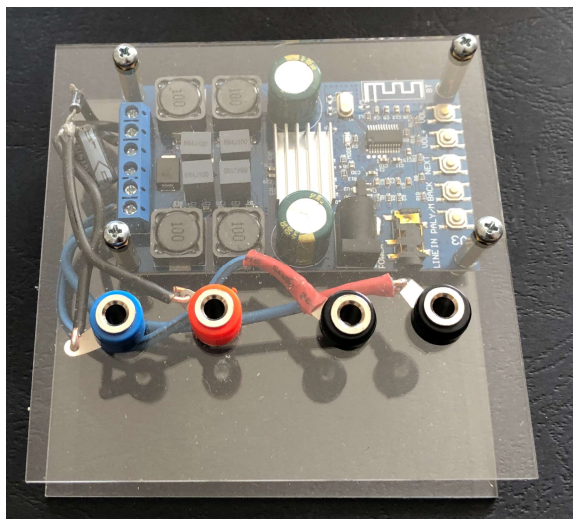


Abb.1: Umgebauter Bluetooth-Verstärker XY-502B mit Experimentieranschlüssen (rot-blau: geglättete Wechselspannung, schwarz: Wechselspannung). Die Spannungsversorgung erfolgt über einen Hohlstecker und eine damit verbundenen 9-Volt-Batterie.

2. Beispiel: Wechselstromwiderstand im Ladekabel

2.1. Einordnung in den Ablauf

Im Artikel wird ein Versuch vorgestellt, der Teil einer Gruppenarbeit ist. Zu Beginn dieser Gruppenarbeit erfolgt eine Wiederholung der für den durchzuführenden Versuch erforderlichen Begrifflichkeiten, hier sind das z.B. die Funktionsweise des Transformators, das qualitative Auf- und Entladeverhalten eines Kondensators und der allgemeine zeitliche Verlauf der Gleich- und Wechselspannung. Wurde die Wiederholung bearbeitet, so kann mit der Versuchsdurchführung begonnen werden, welche im Artikel erläutert wird. Für diesen Versuch wird ein Bluetooth-Verstärker verwendet (Abb. 1) und zudem je ein Ampere- und Voltmeter.

Nach dem Experimentieren wird in der Gruppenarbeit eine Vertiefung angeboten. Diese Vertiefung dient dazu, das erlernte Wissen zu den Wechselstromwiderständen anzuwenden, was durch die Problematik der Wechselspannungsglättung erfolgt. Hierzu wird zuvor die qualitative Wirkung einer Halbleiterdiode wiederholt. Anschließend soll das Wissen aus dem Versuch gefestigt werden.

Eine weitere Frage, die sich gerade für das erhöhte Anforderungsniveau (früher Leistungskurs) lohnt und angeschlossen werden kann ist, wie aus der Netzspannung, die eine Wechselspannung mit einer Frequenz von 50Hz ist, deren ausgegebene Gleichspannung wird und weshalb die Aufladung von Akkumulatoren oder genauer von Handyakkus nicht mit Wechselspannung erfolgen kann.

Der Versuch ist angelehnt an einen Artikel in der Zeitschrift „Physik in unserer Zeit“ aus der Reihe „Smarte Physik“, der sich ebenfalls mit der Nutzung von Bluetooth-Verstärkern auseinandersetzt [3].

2.2. Einordnung in den Unterricht

Der Schülerversuch beschäftigt sich mit der Problematik der Wechselstromwiderstände und deren Wirkung im elektrischen Stromkreis. Diese Thematik ist Bestandteil des Unterrichts in der Sekundarstufe II in Thüringen und kann sowohl von den Kursen des grundlegenden als auch des erweiterten Anforderungsniveaus bearbeitet werden. Sie kommt darüber hinaus aber auch in den Lehrplänen vieler weiterer Bundesländer vor [3].

Für die Motivation wird ein USB-Ladestecker genutzt (Abb. 2), den jeder bereits in der Hand hatte und über dessen Funktionsfähigkeit jeder sich schon gefreut hat. Doch über seinen Aufbau haben sich wohl die wenigsten Gedanken gemacht, auch wenn Einzelne wissen könnten, dass sich etwa ein Transformator darin befinden muss.

Der Grundaufbau und die einzelnen Bestandteile des Ladesteckers (Abb. 2) werden dabei als Hinführung zum Thema Wechselstromwiderstände genutzt.

Bis zur Behandlung der Wechselstromwiderstände werden Wechselstromvorgänge, z.B. beim Generatorprinzip oder beim Auflade-/Entladevorgang eines Kondensators behandelt. Diese Themen aus der Sekundarstufe I im Thüringer Lehrplan werden dann erst in der 12. Klasse im Bereich der Spule um die Selbstinduktionswirkung ergänzt, während auf die Wirkung des geladenen Kondensators als unendlicher Widerstand erst konkret bei der Behandlung der Wechselstromwiderstände eingegangen wird [3].

Die Betrachtung dieser Fragestellungen hat zum Ziel, eine große Stofffülle abzudecken, die zum Großteil als Wiederholung genutzt wird. Mögliche Aspekte, die sich in diesen Kontext einfach wiederholen lassen, sind der Aufbau und Funktionsweise eines Transformators, der einfache

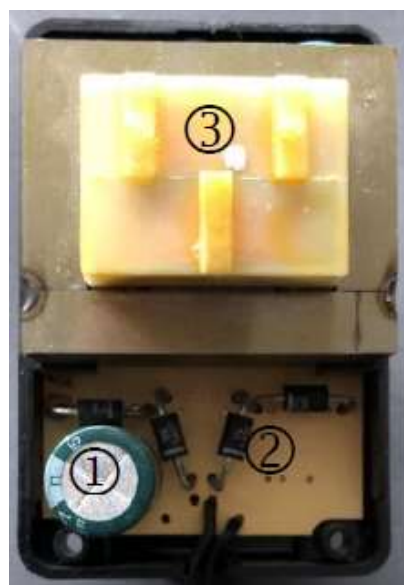


Abb.2: Aufgeschraubter Ladestecker (1: Kondensator, 2: Halbleiterdioden in Wheatstone-Schaltung, 3: Transformator mit Kern)

Wechselstromwiderstände und deren Anwendung

Versuch

Wir haben uns bereits die Frage gestellt, wie Wechselstrom in Gleichstrom umgewandelt werden kann. Um die Frage klären zu können, werden der ohmsche Widerstand, die Spule und der Kondensator im Wechselstromkreis untersucht, um so die Funktion der Bauteile des Ladekabels näher zu verstehen.

1 Aufgabenstellung

Baue einen elektrischen Stromkreis nach *Abbildung A* auf und untersuche dabei die Wirkung eines Wechselstromwiderstandes (Kondensator und ohmscher Widerstand).

Fülle zum Schluss die Spalte zu deinem verwendeten Bauteil und die zum ohmschen Widerstand in der Tabelle (nächste Seite) aus.

2 Aufbau

Füge im Bereich der *Abbildung B* ein Foto des Stromkreises ein und beschrifte, wenn nötig die Bauteile, so dass man diese erkennen kann.

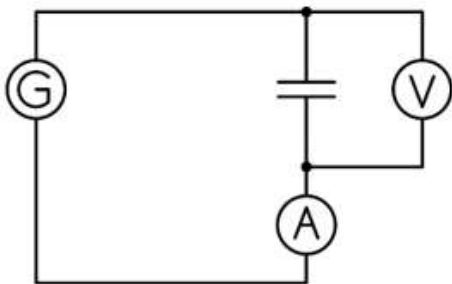


Abb. A: Schaltplan zu Wechselstromwiderständen



Abb. B: Foto des Schüleraufbaus

Abb.3: Ausschnitt aus einem Aufgabenblatt mit Aufgabenstellung der Gruppenarbeit zu Wechselstromwiderständen. In Abb. A des Arbeitsblatts wird ein Generator als Schaltzeichen verwendet. Dieser steht für den genutzten Frequenzgenerator. Von der Schülergruppe soll die Frequenzabhängigkeit des kapazitiven Widerstands untersucht werden.

Gleichstrom- und Wechselstromkreis und die Wirkung eines Kondensators im Gleichstromkreis.

Nach der Bearbeitung sollen die Schülerinnen und Schüler in der Lage sein, Wechselstromwiderstände (Kondensator, Spule, ohmscher Widerstand) nach verschiedenen Kriterien (z.B. Verhalten im Gleich bzw. Wechselstromkreis) unterscheiden zu können.

In einer Fortsetzung lässt sich die Anwendung vollenden, indem die Funktionsweise des Ladesteckers erläutert wird, wodurch die Schülerinnen und Schüler als Sachkompetenz die allgemeine Wirkung einer Halbleiterdiode im Stromkreis erklären und die Gleichrichtung und Glättung der Wechselspannung erläutern können sollen.

3. Vorgehen im Unterricht und technische Umsetzung

In Abb. 3 ist die Aufgabenstellung dargestellt, wobei die Schülerinnen und Schüler mit einem Frequenzgenerator und jeweils einem Amperemeter und Voltmeter den Wechselstromwiderstand des jeweiligen Bauteils bestimmen und dabei die Frequenzabhängigkeit untersuchen sollen.

Wir greifen dafür auf den sehr preiswerten Verstärker XY-502B (Abb. 1) zurück, welcher den Vorteil hat, dass die Komponenten durch eine Plexiglas-scheibe erkennbar sind und durch die einfache Bau-

weise Möglichkeiten zur Erweiterung gegeben sind. Die Messungen erfolgen mit dem Cobra SMARTsense Volt- und Amperemeter des Lehrmittelherstellers Phywe [2], welche per Bluetooth mit dem Tablet und einer dazugehörigen App auszulesen sind. Diagramme können in dieser App sehr einfach erstellt werden. Es ist sowohl eine Auftragung in Abhängigkeit von der Zeit als auch in Kombination mit anderen Sensoren möglich. Ersatzweise können übliche Multimeter, aber auch ein Bluetooth-Multimeter bspw. das OWON OW18B vom Unternehmen Fujian Lilliput Optoelektronik Technology Co., Ltd zur Messung der elektrischen Stromstärke und Spannung genutzt werden.

Der Schülerversuch erfolgt dabei in zwei Gruppen. In der einen wird die Frequenzabhängigkeit des induktiven Widerstands ermittelt, während in der anderen der kapazitive Widerstand untersucht wird. Um eine frequenzabhängige Spannung zu erhalten, wird die Funktion „Tongenerator“ in der App „Phyphox“ [5] genutzt (Ersatzweise lässt sich auch ein Online-Tongenerator nutzen [6]). Am Audioausgang eines Tablets oder Smartphones kann diese Wechselspannung prinzipiell direkt abgegriffen werden. Hier besteht jedoch die Gefahr, dass durch Selbstinduktion erzeugte Spannungen oder Entladungen des Kondensators das Endgerät beschädigen, weshalb eine indirekte Methode genutzt wird.

Für diese Methode wird der bereits erwähnte Bluetooth-Verstärker eingesetzt, wodurch die Gefahr von Schäden am Tablet oder Smartphone verhindert wird und zudem eine mobile Spannungsquelle bereitsteht, die sowohl in ihrer Amplitude als auch ihrer Frequenz (durch Tongeneratoren) veränderlich ist. Damit der Verstärker zum Experimentieren geeignet ist, wurden die Lautsprecheranschlüsse im kostengünstigen und schnell umsetzbaren Eigenbau mit Laborbuchsen ausgestattet, wobei in Abb. 1 zu sehen ist, dass jeweils zwei Paare an Anschlüssen genutzt werden. Die beiden schwarzen Anschlüssen sind direkt mit den Anschlüssen des Verstärkers verbunden und besitzen somit einen Wechselspannungsausgang. An den beiden anderen liegt eine geglättete Wechselspannung an, was über die Nutzung einer Halbleiterdiode und eines parallel geschalteten Kondensators erreicht wird. Es zeigt sich, dass durch diesen einfachen Aufbau eine Gleich- und Wechselspannungsquelle gebaut werden kann. Zu beachten ist, dass der Verstärker eine Spannungsversorgung benötigt, z.B. eine 9-Volt-Batterie. Die Batterie hat im Gegensatz zu einem Niederspannungs-Netzgerät den Vorteil, dass man ortsunabhängig experimentieren kann und keine Probleme mit der galvanischen Trennung vom Netz hat. Jedoch hat sie den Nachteil, dass man immer auch auf den Ladezustand achten und sie gegebenenfalls austauschen muss.

Wird der Bluetooth-Verstärker mit einem Tablet oder Smartphone verbunden und ein beliebiger Tongenerator genutzt, können sowohl die Frequenz der Wechselspannung als auch die Amplitude über die Lautstärkeregelung eingestellt werden. Die Einstellung der Frequenz ist jedoch nicht in allen Bereichen exakt, je nach Gerät kann es zu Diskrepanzen kommen. Diese sollten in Vorbereitung auf den Versuch getestet werden, wie beispielhaft in Tabelle 1 dargestellt ist und notfalls der genutzte Frequenzbereich angepasst werden.

Als Beispiel für die gemessenen Werte wurde die Frequenzabhängigkeit des kapazitiven Widerstands

eingestellte Frequenz in Hz	gemessene Frequenz in Hz		
	a)	b)	c)
30	27,56	27,54	29,99
50	45,94	45,94	49,99
80	73,50	73,45	79,99
100	91,88	91,73	99,99
250	229,5	229,3	249,9
500	459,0	458,6	499,9

Tab. 1: Überprüfung der Frequenzabweichung beim Einsatz des XY-502B Frequenzgenerators mit angeschlossener 9-Volt-Batterie und der Messung über ein OWON OW18B Multimeter a) per Bluetooth, c) per Audioeingang verbundenes iPad, bei dem eine Frequenz über die App „Phyphox“ erzeugt wird. Im Teil b) wurde ein iPhone per Bluetooth mit dem Verstärker verbunden.

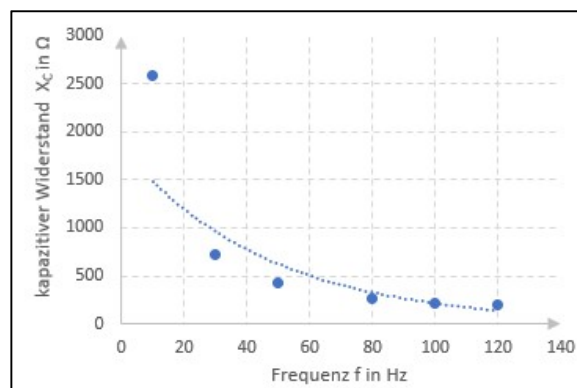


Abb.4: Darstellung der Werte aus der Berechnung des kapazitiven Widerstands nach erfolgter Messung der elektrischen Spannung und Stromstärke über die Frequenz.

in einem Diagramm dargestellt (siehe Abb. 4), welches den Zusammenhang qualitativ gut darstellt.

4. Schluss

Der Versuch zeigt, dass mit einfachen Mitteln ein mobiler Frequenzgenerator gebaut werden kann, der nicht nur in der Elektrizitätslehre, sondern auch zur drahtlosen Steuerung von Lautsprechern oder anderen spannungsversorgten Lehrmitteln genutzt werden kann. Wobei nicht zu vernachlässigen ist, dass die Kosten für den hier gezeigten Aufbau keine 20€ betragen.

Die Nutzung von Bluetooth-Sensoren bietet zusätzlich die Möglichkeit, eine hohe Zahl an Messwerten in kurzer Zeit aufzuzeichnen, was gerade im Oberstufenunterricht von Nutzen sein kann.

Im Sinn dieses Beispiels werden weitere anwendungsbezogene Versuche erstellt. Die konkrete Ausrichtung wird sich dabei am Thüringer Lehrplan orientieren. Ziel soll es sein, dass alle Materialien in einer Form veröffentlicht werden, in der Lehrerinnen und Lehrer davon profitieren können und im besten Fall die Versuche durch ihr Feedback verbessern.

5. Literatur

- [1] Herzig, B. (2014). Wie wirksam sind digitale Medien im Unterricht. *Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.*
- [2] Wild, E., & Möller, J. (2009). *Pädagogische Psychologie.* Heidelberg: Springer. S.33 f.
- [3] Thüringer Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur (Hrsg.): Lehrplan für den Erwerb der allgemeinen Hochschulreife Physik (2012)
- [4] Cobra SMARTsense PHYWE Sensoren <https://www.phywe.de/de/datalogging-system-cobra-smartsense/> (04/2020)
- [5] Phyphox (kostenfrei): <https://itunes.apple.com/us/app/phyphox/id1127319693?l=de&ls=1&mt=8> (04/2020)
- [6] Online Tone Generator (kostenfrei): <https://www.szynalski.com/tone-generator/>

- [7] Hengel, C., Wilhelm, T. and Kuhn, J. (2019),
Ein smarterer Funktionsgenerator. Phys. Unserer
Zeit, 50: 202-203. doi:10.1002/piuz.201970412