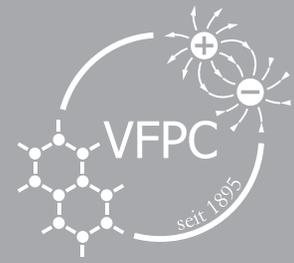


# plusLucis



Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts



## Digitale Medien im Physikunterricht

ISSN 1606-3015

Ausgabe 3/2018

## Impressum

PLUS LUCIS, Mitteilungsblatt des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts und des Fachausschusses Physik & Schule der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft (VZR: 668472729) Erscheint vierteljährlich

### Medieninhaber und Herausgeber:

Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts  
 Adr.: AECC Physik Universität Wien,  
 Porzellangasse 4, Stiege 2, 1090 Wien

Im Web: <http://pluslucis.univie.ac.at>

### Redaktion dieser Ausgabe:

Mag. Dr. Gerhard Rath  
 Karl Franzens Universität Graz  
[gerhard.rath@uni-graz.at](mailto:gerhard.rath@uni-graz.at)

Preis des Einzelhefts: € 6,-  
 für Mitglieder € 3,- (ist im Mitgliedsbeitrag  
 enthalten)

Die jährliche Abonnementgebühr für  
 Nichtmitglieder beträgt € 20,-.

Offenlegung nach § 25 des  
 Mediengesetzes: Grundlegende  
 Richtung: Fortbildung und fachliche  
 Information für Physik- und Chemielehrer,  
 organisatorische Mitteilungen,  
 Vereinsinterna.

Für die Inhalte der Artikel sind ausschließ-  
 lich die namentlich genannten AutorInnen  
 verantwortlich.

### Beiträge werden erbeten an:

Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf  
 AECC Physik, Universität Wien  
 E-Mail: [martin.hopf@univie.ac.at](mailto:martin.hopf@univie.ac.at)

Univ.-Prof. Dr. Anja Lembens  
 AECC Chemie, Universität Wien  
 E-Mail: [anja.lembens@univie.ac.at](mailto:anja.lembens@univie.ac.at)

Ass. Prof. Dr. Claudia Haagen-Schützenhöfer  
 Universität Graz, Physikdidaktik  
 E-Mail: [claudia.haagen@uni-graz.at](mailto:claudia.haagen@uni-graz.at)

Es wird erbeten, Beiträge nach  
 Möglichkeit per E-Mail einzureichen.  
 Bevorzugtes Dateiformat: MS Word.  
 Bilder im tif- oder jpg-Format.

### Titelbild (Umschlag):

StartupStockPhotos via pixabay.com

### Heftkoordination:

Mag. Dr. Thomas Plotz

Layout: DI Maria Wasserburger

## Inhalt

NAWI „digital – inklusiv“ .....	4
<i>Thomas Nárosy</i>	
Smartphones, Tablets & Co. im Physikunterricht.....	10
<i>Jochen Kuhn</i>	
Digitale Medien im Sachunterricht.....	14
<i>Peter Holl</i>	
Von Audio bis Video – Physik in Ton und Bild.....	19
<i>Katharina Göri, Wolfgang Kolleritsch, Eduard Schittelkopf &amp; Erich Reichel</i>	
Aktives Visualisieren in Physik mit GeoGebra.....	24
<i>Josef Ranz</i>	
Digitale Zugänge zum Thema Feinstaub.....	29
<i>Thomas Schubatzky &amp; Claudia Haagen-Schützenhöfer</i>	
„WhatsApp, Prof?“ .....	34
<i>Julia Sorschag</i>	
Smartphone Technologie im Physikunterricht.....	37
<i>Thomas Lichtenwagner &amp; Gerhard Rath</i>	
Smartphone-Experimente mit der App „phyphox“ .....	40
<i>Sebastian Staacks</i>	
Mechanik im Alltag – ein MOOC auf iMooX.....	43
<i>Andreas Breuer, Christina Grandits, Leopold Mathelitsch &amp; Gerhard Rath</i>	
ELIC – Engineering Literacy Online .....	46
<i>Gerhard Rath</i>	

## Editorial

Wir kommen ihnen nicht aus. Damit gemeint sind digitale Medien in der Schule – im Speziellen im Physikunterricht. Gerade in diesem Fach können wir schwerlich ignorieren, dass praktisch jeder Jugendliche einen multimedialen Computer mit Kommunikationsfunktionen und Sensorik jederzeit mit sich führt. Mittlerweile hat sich auch die Untersuchungslage gebessert: Es gibt eine Reihe von Studien und Metastudien zur Wirksamkeit digitaler Medien für das Lehren und Lernen. Kurz zusammengefasst lässt sich sagen, dass sich positive Effekte zeigen, sowohl für das Lernen als auch für affektive Aspekte wie Motivation oder Interesse, welche allerdings stark von einem gut geplanten und organisierten Einsatz abhängen.

Nicht zuletzt hat sich damit die Frage erübrigt, ob digitale Medien in den Unterricht gehören, es geht jetzt vor allem um das *wie*. Für Österreich gibt das Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung mit der Strategie „Schule 4.0“ die Richtung vor, wie *Thomas Narosy* in seinem Beitrag darlegt. Diese geht vom Kompetenzmodell *digi.komp* aus, welches eine breit angelegte „Digitale Grundbildung“ für verschiedene Altersstufen konkretisiert und auf internationalen Kompetenzmodellen aufbaut.

Physikbezogene Beispiele dafür nennt *Jochen Kubn* in seinem Beitrag, der einen aktuellen Überblick über Einsatzmöglichkeiten von Smartphones und Tablets gibt. Hier werden auch neueste Untersuchungsergebnisse für den naturwissenschaftlichen Unterricht zusammengefasst. *Peter Holl* erweitert diese Perspektive auf den Sachunterricht der Grundschule sowie die zugehörige Ausbildung von Lehrerinnen und Lehrern in einer Zusammenschau konkreter Möglichkeiten der Umsetzung.

Damit sind wir schon mittendrin in der faszinierenden Vielfalt, welche digitale Medien in der Schule eröffnen können. *Göri, Kolleritsch, Schittelkopf* und *Reichel* befassen sich mit Audio und Video, etwa mit gesprochenen Protokollen für Experimente. Den Bereich der Simulation und Modellierung behandelt *Josef Ranz*, er beschreibt drei konkrete Beispiele für das auch im Schulunterricht breit eingesetzte Programm *GeoGebra*.

Eines der letzten Ausgaben von *plus lucis* hatte das Interface *Arduino* zum Inhalt. In Fortführung des Themas zeigen *Schubatzky* und *Haagen-Schützenböfer*, wie man damit



Gerhard Rath

umweltrelevante Parameter wie den Feinstaub messen kann, wobei auch das aktuelle Feld der „Big Data“ in Unterrichtsvorschläge einbezogen wird. Es folgen zwei Artikel mit Ergebnissen aus fachdidaktischen Diplomarbeiten. Im Bereich der Kommunikation spielt der Instant Messenger *WhatsApp* eine dominierende Rolle. *Julia Sorschag* untersuchte die Einbindung dieser Umgebung in den Physikunterricht am Beispiel von Hausaufgaben. Smartphones können aber auch als technische Objekte im Physikunterricht von Interesse sein: Aus welchen Elementen bestehen sie, wie funktionieren sie? Damit hat sich *Thomas Lichtenwagner* in seiner Diplomarbeit befasst, der kurze Auszug beleuchtet verschiedene Sensoren von Smartphones.

Spricht man von Smartphones, fallen einem als erstes zumeist die unzähligen Apps ein, welche die Geräte erst so nützlich machen. Für den Physikunterricht hat sich in den letzten Jahren die App *phyphox* etabliert. Deren „Mastermind“ *Sebastian Staacks* beschreibt neue Möglichkeiten dieser Software.

Das Lernen mit MOOCs ist eigentlich gar nicht so neu, beginnt aber erst seit einigen Jahren breiter angenommen zu werden. Die österreichische Plattform *iMOOX* bot als einen ihrer ersten Kurse „Mechanik im Alltag“ an. Dieser wurde ebenfalls im Rahmen von Diplomarbeiten entwickelt und evaluiert und im Beitrag von *Breuer, Grandits, Mathelitsch* und *Rath* zusammenfasst. Noch im Entstehen ist ein MOOC über Elektromobilität, der im Rahmen des Erasmus+ Projekts *ELIC* an der *FH Joanneum* entwickelt wird, kurz beschrieben im letzten Beitrag.

Ich bedanke mich bei den Autorinnen und Autoren für deren Beiträge und hoffe, dass auch für Sie etwas Interessantes dabei ist!

# NAWI „digital – inklusiv“

## (Inter-)Nationale Perspektiven der Digitalisierung im Bildungsgeschehen aus Sicht der Naturwissenschaften

Thomas Nárosy

### 1. Raketen und Magnetbänder

1981. Wir, fünfzehn-, sechzehn- und siebzehnjährige Burschen (und ein Mädchen, wenn ich mich recht entsinne), sitzen im Freifach Informatik am Bundesrealgymnasium Wiener Neustadt und fühlen uns gerade großartig: Wir simulieren Raketenstarts, Umlaufbahnen, Treibstoffverbrauch. Das alles mit einem Sharp PC-1210 [1] und einem Kassettenrekorder als Bandspeichergerät. Dieser Rechner, mitgebracht von einem Kollegen, ist übrigens der einzige Computer im Raum. Unsere Programme codieren wir sonst auf A4-Formularen mit Bleistift – die gehen dann per Post ins Rechenzentrum nach Wien, werden in Lochkarten umgewandelt und von Männern (!) in weißen Arbeitsmänteln dem Großrechner zugeführt. Eine Woche später gibt es dann Ausdrücke auf nadelbedrucktem Endlospapier. Und wir machen uns auf Fehlersuche, um eine verbesserte Version aus der Provinz in die Bundeshauptstadt zu schicken ...

Dieser anekdotisch-biographische Auftakt eignet sich ganz gut, die Veränderungen, die hinsichtlich „des Digitalen“ in den letzten Jahrzehnten in Schule und Unterricht vor sich gegangen sind, zu illustrieren:

- Von der freiwilligen Nerd-Angelegenheit zur verbindlichen „Digitalen Grundbildung“ für alle.
- Vom exotischen Mitbringsel zum Bestandteil der Schulbuchaktion.
- Vom Add-on für Engagierte zur eingeforderten Kompetenz aller Pädagoginnen und Pädagogen.
- Vom Spielzeug zum (fast) selbstverständlichen „Lernzeug“.

Der folgende Artikel ...

1. umreißt generell, welchen Stellenwert digitale Medien und Werkzeuge bzw. die „Digitalisierung“ im aktuellen Bildungsgeschehen weltweit haben,
2. gibt einen Einblick in Modelle digitaler Kompetenz auf europäischer und österreichischer Ebene,
3. würdigt die aktuelle Digitalisierungsstrategie des Bildungsministeriums Schule 4.0 sowie entsprechende österreichweite Unterstützungsangebote des BMBWF,
4. beschreibt die Möglichkeiten, die mit der schulautonomen Umsetzung der Verbindlichen Übung „Digitale Grundbildung“ einher gehen,
5. weist auf spezielle Aspekte in den Naturwissenschaften hin und schließt mit einigen Empfehlungen sowie einem Ausblick.

### 2. „Digitale Bildung?!“

Mit den Worten von Käte Mayer Drawe, emeritierte Erziehungswissenschaftlerin der Ruhr-Universität Bochum, eines gleich vorweg: „Der virtuelle Raum bleibt von leiblichen Wesen grundsätzlich unbewohnbar.“ [2] Damit ist auch der Stand der internationalen Entwicklung in kürzester Form umrissen. Es steht außer Frage, dass Bildung weiterhin im besonderen Maße ein Beziehungsgeschehen ist und dass es auf die Lehrerinnen und Lehrer und ihre „Kunst“ ankommt, damit Unterricht gelingt. Das Zerrbild des Computers, der die Lehrpersonen überflüssig macht, wurde vielerorts und in vielerlei Hinsicht immer wieder als das entlarvt, was es ist: nämlich als – manchmal auch bewusst polemisch eingesetztes – Missverständnis oder Karikatur. Wenn im Rahmen des Education World Forums in London Anfang 2017 der Moderator der Veranstaltung meinte, „A teacher, who can be replaced by a computer, should be!“, [3] dann entspringt diese Ironie genau dem Wert, den die pädagogische Profession eigentlich hat.

Ebenso steht mittlerweile außer Frage, dass die Entwicklung und Vermittlung digitaler Kompetenzen eine unverzichtbare Verantwortung der Schule darstellt – digitale Demenz-Dystopien hin oder her. Die Auseinandersetzung mit der Digitalisierung und ihren Möglichkeiten und Gefahren ist wesentlicher Teil der allgemeinen genauso wie der beruflichen Bildung. Aber wo eine Frage geklärt scheint, tauchen drei neue auf. Fix scheint nur zu sein, dass die digitale Transformation schon da ist und in der Realität immer raschere Fahrt aufnimmt, während man gleichzeitig darum bemüht ist zu verstehen, was hier eigentlich „abgeht“. Ein OECD „Background Report“ bringt die Sache auf den Punkt: „Better understanding the likely scope of the digital transformation, the sectors, jobs and regions likely to be affected, as well as the likely time frame, can help in devising better policies. The evidence base is lacking in many areas (...)“ [4]

„Also nicht (...) einfach sagen, wir machen jetzt Digitalisierung, sondern wirklich fragen: Wie können wir die Digitalisierung pädagogisch reflektiert in die Bildungsarbeit einbringen.“ [5] Michael Kerres bringt damit auch die aktuellen Herausforderungen in den Bildungswissenschaften zum Ausdruck. Digitale Medien und Werkzeuge genauso wie alle mit der Digitalisierung verbundenen Aspekte gehören sowohl als zusätzliche Grundkompetenz als auch integrativ ins Lehr-/Lerngeschehen: in allen Fächern, für alle Themen, auf allen Stufen. Mit Beat Döbeli Honegger gesprochen: Schule – mit, über, trotz digitaler Medien. [6]



**Abbildung 1:** Sowohl als auch - digitale Technik ist additiver und integrierender Bestandteil zeitgemäßer Lehr-/Lernszenarien [5]

Die Beantwortung der damit verbundenen Fragen ist aber „work in progress“. Nein, man kann sich dem Digitalen nicht länger entziehen. Ja, der Stein der Weisen ist noch nicht gefunden; man muss schon auch mitforschen und -suchen. Aber egal in welche Studie man blickt: Ohne „Digitale Inklusion“ geht nichts.

### 3. DigComp (EU) & digi.komp (Ö)

Bereits 2005 hat die Europäische Kommission mit ihrer systematischen Forschungs-, Entwicklungs- und Policy-Tätigkeit rund um die Möglichkeiten digitaler Technologien für Bildung und Training im Kontext des lebensbegleitenden Lernens begonnen. 2017 ist das „Digital Competence Framework for Citizens“ [7] in der Version 2.1 (kurz: DigComp 2.1.) erschienen. Dieser Rahmen sieht im Wesentlichen fünf

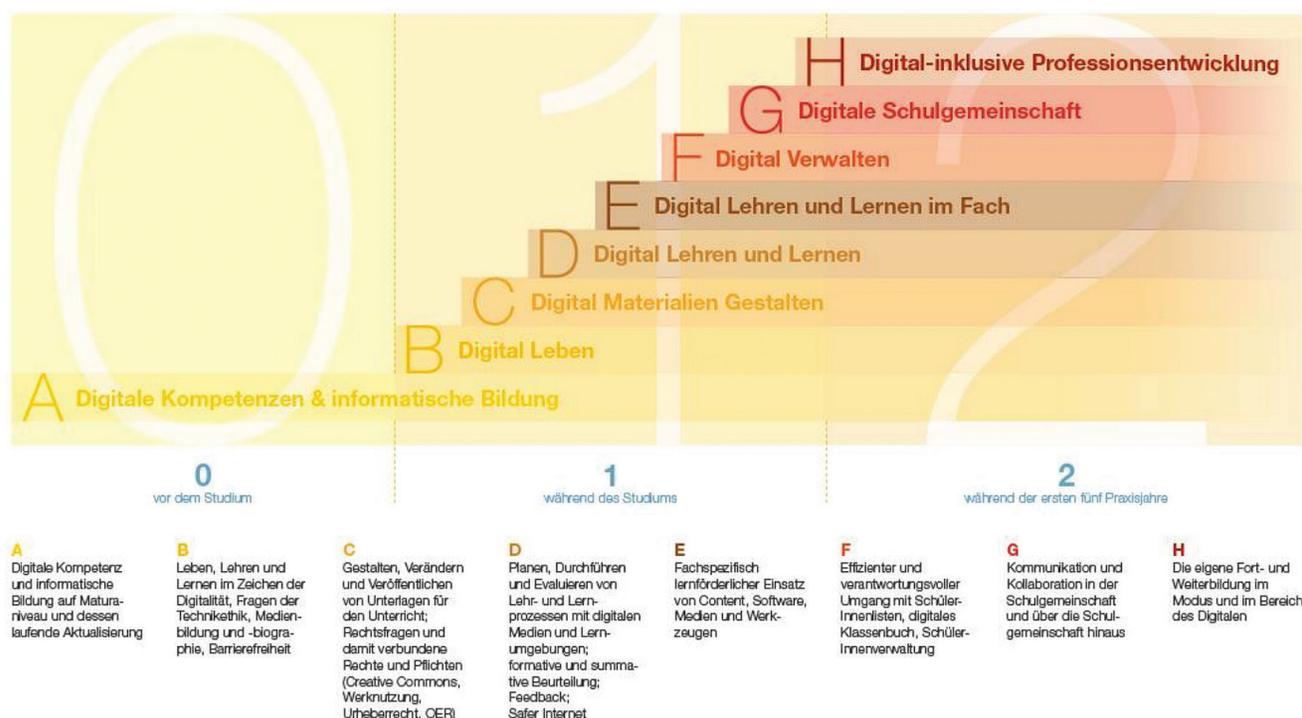
Kompetenzbereiche vor; die folgende Tabelle führt sowohl die englischen als auch die in der deutschen Europass-Übersetzung [8] verwendeten Begriffe an:

1. Information and data literacy	1. Datenverarbeitung
2. Communication and collaboration	2. Kommunikation
3. Digital content creation	3. Erstellung von Inhalten
4. Safety	4. Sicherheit
5. Problem solving	5. Problemlösung

Die in diesen fünf Bereichen identifizierten, insgesamt 21 Einzelkompetenzen werden stufenweise über acht „proficiency levels“ entwickelt. Man beginnt mit der Fähigkeit zur Bewältigung einfacher Aufgaben mit Hilfe, entwickelt sich zur Selbstständigkeit, kann in weiterer Folge auch andere unterstützen bzw. die eigene Kompetenz entsprechend adaptieren und ist, auf der höchsten Stufe, fähig zur komplexen Problemlösung und kreativen Erfindung und Entwicklung neuer Möglichkeiten.

Das allgemeine DigComp-Framework wird ergänzt durch ein Digital Competence Framework for Consumers, ein Digital Competence Framework for Educators (DigCompEdu) sowie ein Digital Competence Framework for Educational Organisations (DigCompOrg).

Fast ebenso lange wie auf EU-Ebene wird in Österreich an den so genannten digi.komp-Modellen [9] gearbeitet. Statt „proficiency levels“ orientieren sich diese an den Schulstufen, bis zu deren Erreichen bestimmte Kompetenzen entwickelt sein sollten. digi.komp4 beschreibt also die digitalen Kompetenzen, über die jemand mit dem Ende der Volksschule verfügen



**Abbildung 2:** Das digi.kompP-Modell: Aufbau digitaler Kompetenzen von Pädagog/innen in acht prototypischen Stufen, ausgehend vom Niveau digi.komp12 mit der Matura. (CC-BY 4.0 Virtuelle PH im Auftrag des Bildungsministeriums)

sollte; digi.komp8 bezieht sich auf das Ende der Mittelstufe; digi.komp12 auf Maturaniveau. Da die Gesamtkonzeption aktuell schrittweise überarbeitet und in die Lehrpläne integriert wird (und damit im allgemeinbildenden Schulwesen eine Entwicklung nachvollzogen wird, die in der Berufsbildung schon vor etwa zehn Jahren begonnen hat), kann an dieser Stelle auf weitere Details verzichtet werden; als Beispiel für diese lehrplanmäßige Integration wird unten in Abschnitt 4. das Konzept der Digitalen Grundbildung ausführlicher vorgestellt. Für Pädagog/innen ist in Österreich das digi.kompP-Modell maßgebliche Empfehlung. Dieses wird aktuell in die Pädagog/innenbildung NEU integriert und durch ein digi.folio, [10] bestehend aus formativem Kompetenzcheck, kompetenzorientierter Lehrveranstaltungssuche sowie einem digitalen Reflexions-Portfolio unterstützt.

Inhaltlich sind die europäischen und die österreichischen Modelle so gut wie deckungsgleich, betrachten die Phänomene aber aus etwas unterschiedlichen Perspektiven. Insofern führt der Vergleich der Modelle jedenfalls zu einem persönlichen Erkenntnisgewinn im Verhältnis zum je eigenen Vorverständnis. Beispielsweise hat das DigCompEdu-Framework insb. den je aktuellen Lehr-/Lernprozess und seine digital-inklusive Dynamik auf jeder beliebigen Entwicklungsstufe der Lehrperson im Blick, während das digi.kompP-Modell insb. Anschlussfähigkeit in die Pädagog/innen-Erstausbildung hinein sucht.

#### 4. Schule 4.0 – „Jetzt wird’s digital“

„Schule 4.0 ist die Digitalisierungsstrategie des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Forschung, die die gesamte Schullaufbahn umfasst.

Mit der Umsetzung der Strategie erwerben alle Schülerinnen und Schüler in Österreich digitale Kompetenzen und lernen, sich kritisch mit digitalen Inhalten auseinanderzusetzen. Dabei geht es um ein breites Portfolio an Kompetenzen: von Medienkompetenz über kritischen Umgang mit Informationen und Daten, Sicherheit im Netz hin zu Wissen über Technik, Coding und Problemlösung.“ [11]

Zwei Angebote aus der Schule 4.0-Palette sollen hier explizit gewürdigt werden, da sie so gut wie ohne administrativen Aufwand von jeder Lehrperson in Österreich in Anspruch genommen werden können – einfach nach dem Motto: Wer will, der kann.

- „Lehrende und Lehramtsstudierende beim Erwerb ihrer digitalen Kompetenzen bestmöglich zu unterstützen, ist die zentrale, vom BMBWF definierte Aufgabe der Virtuellen Pädagogischen Hochschule. Mit einer virtuellen Lernumgebung, vielfältigen Online-Fortbildungsveranstaltungen und Selbstlernmaterialien bietet die Virtuelle PH Infrastruktur und Expertise für individuelle Fortbildung und österreichweite Vernetzung. (...) Das Angebot der Virtuellen PH ermöglicht maßgeschneidertes E-Learning für Lehrende und Studierende. Je nach persönlichem Fortbildungsbedarf kann zwischen 1-stündigen Live-Online Expert\_innen-Vorträgen, intensiveren mehrwöchigen Online-Seminaren und kompakten Selbstlernmaterialien gewählt werden.“ [12]
- eEducation-Austria vereinigt alle in der Vergangenheit mehr oder weniger isolierten E-Learning Netzwerke und -Initiativen in Österreich unter einem Dach: in allen Bundesländern, in allen Schularten. Bundesland Koordinator/innen für die Volksschule, Sekundarstufe 1

**Abbildung 3** Die vier Säulen der Schule 4.0-Strategie, wie das BMBWF sie darstellt. Quelle: <https://www.schule40.at/>

und Sekundarstufe 2. Die Mission von eEducation-Austria ist es, alle Schulen Österreichs einfach und möglichst unkompliziert bei ihrer Entwicklungsarbeit zu unterstützen und damit letztlich zur Bildung aller Schüler/innen in einer digitalen Welt beizutragen. Die Leistungen, [13] die eEducation-Austria dem österreichischen Bildungswesen und damit allen Schulstandorten, insb. aber den Mitgliedern anbietet, sind im Wesentlichen die folgenden:

- Österreichweite Veranstaltungen, insb. die eEducation Didaktik Fachtagung im Herbst und die eEducation-Praxistage im Frühjahr.
- Die bedarfsorientierte Finanzierung von SCHILF/SCHÜLF an Schulen.
- Support, Qualitätssicherung, Publikation und Finanzierung von Open Educational Resources (OER) in der Form von sog. eTapas, das sind „digital-inklusive“ Unterrichtsmodelle.
- Finanzierung von „Training on the Job“-Projekten, in denen Pädagoginnen und Pädagogen gemeinsam mit und angeleitet von erfahrenen Trainerinnen und Trainern neue Kompetenzen direkt in der Unterrichtssituation, also gemeinsam mit Schüler/innen erwerben.

## 5. Gründlich. Digital. Gebildet.

Mit der Einführung der Verbindlichen Übung „Digitale Grundbildung“ mit Herbst 2018 an der Sekundarstufe 1 (5. bis 9. Schulstufe) mit zwei bis vier Jahreswochenstunden [14] wurde ganz sicherlich ein Meilenstein im österreichischen Schulwesen gesetzt. Ein eigenes, flächendeckendes und verbindliches Fach erschien noch vor zwei Jahren vielen völlig undenkbar; zu dieser Entwicklung hat der internationale Trend sicherlich seinen Teil beigetragen. Ausdrücklich positiv erwähnt werden sollte, dass Einführung und Umsetzung des Faches ganz an der guten Praxis der Communities in den letzten Jahren ansetzt. Also kein

Wegwischen von Bewährtem, sondern eine Weiterentwicklung in einen „next level“. Vorbildlich!

Das Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung, der Stadtschulrat für Wien bzw. die Landesschulräte sowie die Pädagogischen Hochschulen unterstützen die Schulen bei der Einführung des Faches mit einer Fülle an Maßnahmen und Angeboten. Die konkrete Ausgestaltung der gesetzlichen Vorgaben obliegt den jeweiligen Schulstandorten. Darin liegen besondere Chancen, aber auch möglicherweise besondere Herausforderungen.

- Wenn eine Schule auf schulautonome Ausgestaltung verzichtet, dann kommt ein „Default-Szenario“ zum Einsatz: Nämlich die fachintegrative Realisierung der „Digitalen Grundbildung“ im Ausmaß von je einer Jahreswochenstunde in den Schulstufen 6. und 7. Konkret: Verteilt auf möglichst viele Gegenstände (und Lehrpersonen) müssen in diesen beiden Schulstufen jeweils 32 Unterrichtseinheiten stattfinden, die in Summe den Lehrplan abdecken.
- Schulautonom steht so gut wie jedes Szenario offen; die Erfahrung der letzten Jahre lehrt, dass ein auch im Stundenplan ausgewiesener „Basiskurs“ im Ausmaß von zumindest einer halben Jahreswochenstunde gleich auf Schulstufe 5. äußerst empfehlenswert ist. Die verbleibenden Jahreswochenstunden können definiert oder integrativ auf alle anderen Schulstufen der Sek 1 aufgeteilt werden.

Inhaltlich umfasst die „Digitale Grundbildung“ drei übergeordnete Kompetenzfelder: Digitale Kompetenz, Medienkompetenz sowie politische Kompetenz. Der Lehrstoff teilt sich auf die acht Kompetenzbereiche # Gesellschaftliche Aspekte von Medienwandel und Digitalisierung # Informations-, Daten- und Medienkompetenz # Betriebssysteme und

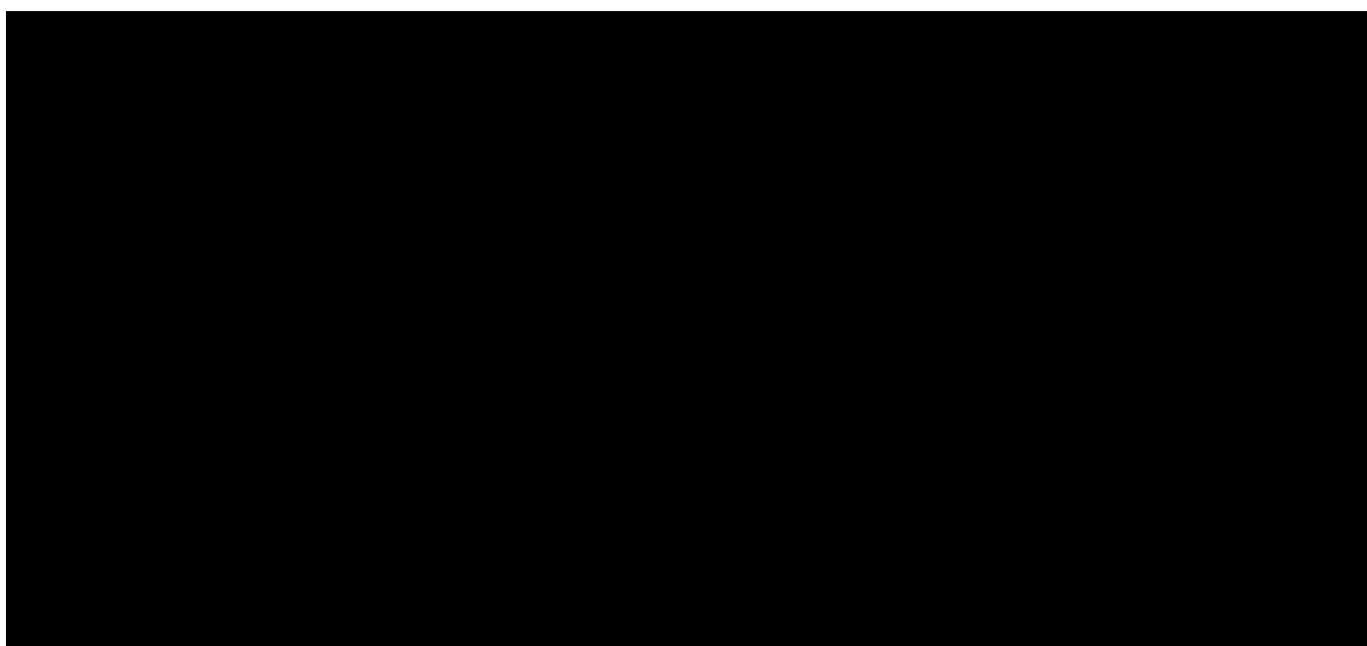


Abbildung 4: Grafische Umsetzung der Bildungs- und Lehraufgabe der „Digitalen Grundbildung“

Standard-Anwendungen # Mediengestaltung # Digitale Kommunikation und Social Media # Sicherheit # Technische Problemlösung # Computational Thinking auf, die die Lehrplanverordnung nochmals weiter detailliert. [15]

Die Verordnung der „Digitalen Grundbildung“ hat merkbare Aufmerksamkeit und Aufbruchsstimmung mit sich gebracht. Die Botschaft ist angekommen, dass es jetzt tatsächlich um „alle“ geht. Großes Augenmerk muss in der Begleitung und Evaluierung der „Digitalen Grundbildung“ sicherlich darauf gerichtet werden, dass es nicht bloß zu einem Abhaken von neuen, zusätzlichen Listen kommt und damit das Anliegen zu einer „administrativen Übung“ verkommt, sondern dass am Ende tatsächlich umfassend und gründlich digital gebildete und kompetente Schülerinnen und Schüler die Sekundarstufe 1 verlassen. Vielleicht fasst sich die Republik ja ein Herz und nimmt nach den ausgelassenen ICILS-Studien 2013 und 2018 am nächsten Durchgang teil?

## 6. The Power of Choice. And Crossing Boundaries.

2018. Digitale Medien, einschlägige Software und Devices sind state-of-the-art. Jochen Kuhn geht in seinem Artikel in dieser Ausgabe von PLUS LUCIS auf spezifische „Mehrwert-Aspekte“ ein, zu denen Gerhard Brandhofer sich in einem lesenswerten Beitrag [16] allgemein äußert: „Sie haben (...) das Potenzial, dass Unterricht aus mediendidaktischer Sicht anders gestaltet wird. Andere Unterrichtsziele als nur der Lernerfolg können hiervon profitieren: die Fähigkeit, zusammenzuarbeiten, die Entwicklung von Problemlösestrategien, die Erhöhung der Selbstwirksamkeitserwartung und die Kompetenz des Selbstlernens.“ [16, S. 58]. Zusammenfassen könnte man dieses Potential vielleicht mit den Worten von Jessica Hutchison, Leiterin der Grazebook Primary School in London; sie spricht beim IT-Einsatz von „the power of choice“: „IT stünde zur Verfügung wann immer sie einem pädagogischen Zweck dienlich wäre. Und alle Lehrenden und Lernenden sollten befähigt sein, diese Entscheidung kompetent treffen und deren Umsetzung mit entsprechender, leistungsfähiger IT-Ausstattung folgen zu können. „Excellence for all. The Opportunity for every child.“ [17]

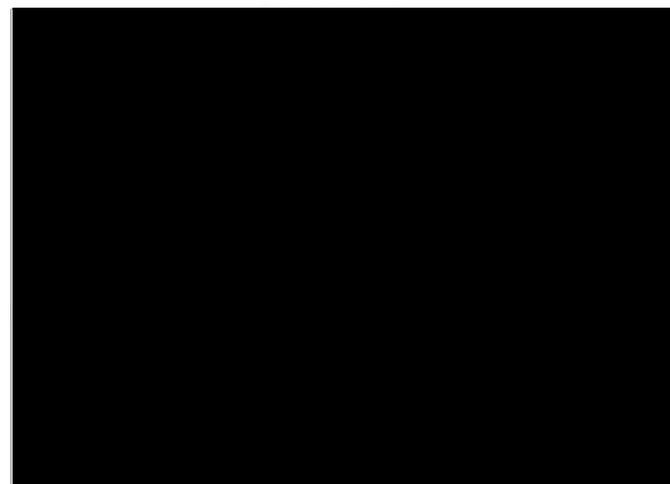
In diesem Sinne einige abschließende Ausblicke mit internationalem Horizont:

- Josephine Lister betont in ihrem Artikel “Crossing Boundaries: The Future of Science Education” [18] von der Notwendigkeit, die Grenzen der Schule, der Lehrbücher und der Gender- und Rassenkonstrukte zu überschreiten.

## Literatur

[1] Einen Blick in diese Zeit bietet [https://de.wikipedia.org/wiki/Sharp\\_PC-1210](https://de.wikipedia.org/wiki/Sharp_PC-1210) (Abruf: 30.4.2018)

- Das IMST Symposium am 25.9.2018 steht heuer unter dem Motto „Kreativität und Bildung“ [19] und geht damit genau in diese Richtung, die übrigens bereits 2013 in der Studie „MINT2020“ [20] angerissen worden ist: Unterricht ist offen und handlungsorientiert, forschend und praxisnah, fächerübergreifend und projektorientiert, soziales und fachspezifisches Lernen verbindend. Die Betonung des Werkunterrichts koinzidiert mit der zunehmenden Relevanz der Maker-Szene.
- Das österreichische ScienceCenter Netzwerk [21] genauso wie der US-amerikanische NGSS Next Generation Science Standard weisen in dieselbe Richtung, letzterer mit dem Konzept der „science literacy“: „to understand the influence of engineering, technology, and science on society and the natural world.“ Also auch hier vernetztes Denken.



**Abbildung 5:** Clusters of innovative pedagogies. Quelle: Paniagua, A. and D. Istance (2018): Teachers as Designers of Learning Environments: The Importance of Innovative Pedagogies, Educational Research and Innovation, OECD Publishing, Paris

- Die Lab-Idee, die aktuell in unzähligen Varianten realisiert wird, lebt letztlich immer vom Geschehen an den Nahtstellen, an denen sich das Bildungswesen nach außen öffnet.

Die OECD hat unlängst die Studie „Teachers as Designers of Learning Environments“ [22] veröffentlicht und internationale Fallstudien innovativer Pädagogik konsolidiert und geclustert. Die nebenstehende Grafik aus dieser Studie soll quasi als Schlussbild und „Landkarte“ internationaler, pädagogischer Innovationsströme Denkanstöße für weitere Entwicklungen des NAWI-Unterrichts geben: digital-inklusiv und darüber hinaus.

Thomas Nárosy <https://tn-bildungsinnovation.com/>

[2] Meyer Drawe, K. (2018): Zitat aus der Keynote im Rahmen des Symposiums „Retten uns die Phänomene? – Lehren und Lernen im Zeitalter der Digitalisierung“ am 28.2.2018. <http://www.fl.wien/phaenomenal-exkursion-wien-helsinki-und-retour/> (Abruf: 30.4.2018)

- [3] Dykes, G. (2017): Zitat aus einer Videokonferenz als Auftakt zum Education World Forum, London, am 22.1.2017. <https://tn-bildungsinnovation.com/2017/01/23/preparing-students-to-succeed-in-the-4th-industrial-revolution/> (Abruf: 30.4.2018)
- [4] OECD (2018): Transformative Technologies and Jobs of the Future. Background Report for the Canadian G7 Innovation Ministers' Meeting, S. 8
- [5] Kerres, M. (2018): Digitales Lernen als Transformation. Keynote der Online-Tagung #digiPH a, 9.4.2018. <https://www.youtube.com/watch?v=WR5hITZgu7Y&feature=youtu.be&t=34m31s> (Abruf: 30.4.2018)
- [6] Döbeli Honegger, Beat (2016). Mehr als 0 und 1. Schule in einer digitalisierten Welt. Bern: hep verlag.
- [7] Carretero, S.; Vuorikari, R. and Punie, Y. (2017). DigComp 2.1: The Digital Competence Framework for Citizens with eight proficiency levels and examples of use, EUR 28558 EN, doi:10.2760/38842
- [8] <https://europass.cedefop.europa.eu/de/resources/digital-competences> (Abruf: 30.4.2018)
- [9] Alle Details zu den digi.komp-Modellen findet man unter <http://www.digikomp.at/> (Abruf: 30.4.2018)
- [10] „digi.folio soll es PädagogInnen und Pädagogen ermöglichen Ihre digitalen Kompetenzen maßgeschneidert auf- und auszubauen. digi.folio steht allen Pädagoginnen und Pädagogen offen. Die Maßnahme digi.folio umfasst #1 einen digitalen Kompetenzcheck (digi.checkP), #2 eine 6 ECTS-umfassende individuell-maßgeschneiderte Fortbildungsmaßnahme sowie #3 die Reflexion der eigenen Lehrtätigkeit in einem digitalen Portfolio!“ <https://www.digifolio.at/> (Abruf: 30.4.2018)
- [11] <https://www.schule40.at/> (Abruf 30.4.2018) Mehr: <https://bildung.bmbwf.gv.at/schulen/schule40/index.html>
- [12] <http://www.virtuelle-ph.at/ueber-uns/onlinecampus-virtuelle-ph/> (Abruf: 1.5.2018)
- [13] Eine „Gebrauchsanweisung“ für eEducation-Austria findet man u.a. unter <http://www.fl.wien/eeducation-austria-rueckenwind-fuer-initiative/> (Abruf: 1.5.2018)
- [14] Alle Details: <https://bildung.bmbwf.gv.at/schulen/schule40/dgb/index.html> (Abruf 1.5.2018)
- [15] Vgl. <https://www.ris.bka.gv.at/eli/bgb/III/2018/71/20180419> (Abruf 1.5.2018)
- [16] Brandhofer, Gerhard (2017). Das Digitale in der Schule — Mehrwert oder ein Wert an sich?. Grünberger, Nina; Himpl-Gutermann, Klaus; Szucsich, Petra; Brandhofer, Gerhard; Huditz, Edmund; Steiner, Michael (Hrsg.) (2017). Schule neu denken und medial gestalten. S. 47-62. Glückstadt: wvh-Verlag.
- [17] <http://www.fl.wien/the-purpose-of-school-englische-einsichten/> (Abruf: 1.5.2018)
- [18] <https://blogs.scientificamerican.com/observations/crossing-boundaries-the-future-of-science-education/> (Abruf 1.5.2018)
- [19] [https://www.imst.ac.at/texte/index/bereich\\_id:92/seite\\_id:752](https://www.imst.ac.at/texte/index/bereich_id:92/seite_id:752) (Abruf: 1.5.2018)
- [20] [http://www.mintschule.at/wp-content/uploads/2016/08/MINT2020\\_Der\\_Unterricht\\_von\\_morgen.pdf](http://www.mintschule.at/wp-content/uploads/2016/08/MINT2020_Der_Unterricht_von_morgen.pdf) (Abruf 1.5.2018)
- [21] <http://www.science-center-net.at/index.php?id=201> (Abruf: 1.5.2018)
- [22] Paniagua, A. and D. Istance (2018): Teachers as Designers of Learning Environments: The Importance of Innovative Pedagogies, Educational Research and Innovation, OECD Publishing, Paris

# Smartphones, Tablets & Co. im Physikunterricht: Lehren und Lernen mit mobilen digitalen Medien von heute und morgen

Jochen Kuhn

## 1. Einleitung

Smartphone und Tablet-PC gehören mehr und mehr zum Alltag speziell der jungen Generation. Auch in Schulen hält der Tablet-PC zunehmend Einzug, wobei dabei die Nutzung der Geräte bisher primär als Notebook-Ersatz erfolgt (z.B. als Cognitive Tool, zu Recherchezwecken, mit Anwendungssoftware). Bezogen auf die technischen Möglichkeiten und die große Vertrautheit der Lernenden mit den Geräten, so lässt sich erkennen, dass ein zielgerichteter Einsatz dieser Medien den Unterricht durchaus bereichern kann ([1]; [2]).

Dieser Beitrag gibt einen Überblick über den aktuellen Stand von Entwicklung und Forschung zum Lehren und Lernen mit mobilen digitalen Medien im Physikunterricht.

## 2. Mobile Endgeräte als „Alleskönner“

Der Gebrauch von mobilen Endgeräten wie Smartphone und Tablet-PC als Werkzeug zur Recherche, zur Dokumentation, zur Strukturierung (z. B. Concept- oder Mind-Mapping), zur Exploration (z. B. Animation, Simulation, Geoinformation, Cognitive Tools), zur Kommunikation oder zur Übung (z. B. Übungs-Apps, selbst erstellte Lernkarten) wurde bereits in verschiedenen Zeitschriften berichtet (z. B. [3]; [4]; [5]; [6]). Infolge der großen Dynamik in diesen Bereichen sollen an dieser Stelle deshalb verschiedene, für den Physikunterricht relevante Aspekte aus den Themenheften exemplarisch und überblicksartig zusammengestellt werden, um einen ersten Einblick zu präsentieren.

Dokumentieren und Präsentieren: Diese wohl elementarste Verwendungsmöglichkeit mobiler Medien bietet neben dem Fotografieren eines Versuchsaufbaus für ein zu erstellendes Protokoll auch die Möglichkeit zur Aufnahme und Präsentation von Unterrichtsprozessen oder -inhalten durch Filme (z. B. Experimente mithilfe der iOS-App „iMovie“).

Digitale Schulbücher: Nicht nur Schulbuchverlage erlauben die Verwendung der Inhalte zunehmend auch als digitales Schulbuch durch mobile Medien. Vielmehr gibt es auch Beispiele, die neben vorgegebenen Inhalten Lehrkräften und Lernenden auch die Möglichkeiten bieten, eigene Lehr- und Lernprodukte ergänzend im Rahmen eines digitalen Schulbuchs zusammenzuführen und mit interaktiven Elementen wie Simulationen, (virtuellen) Experimenten usw. zu verbinden (z.B. Technology Enhanced Textbook, iOS-App „iBook Author“).

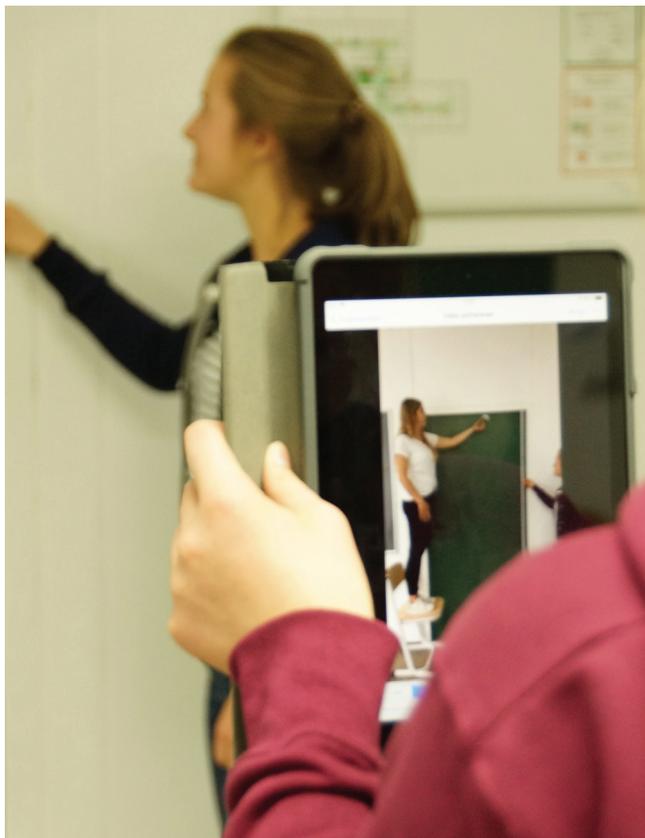
Cognitive Tools: Neben den gewohnten Werkzeugen wie dem Taschenrechner oder umfassenderen Computergebräusystemen werden sukzessive auch für die vom Computer bekannten Programme wie GeoGebra oder LabVIEW Versionen für die Nutzung mit mobilen Medien angeboten. Dabei ist aber zu beachten, dass meist nicht alle vom PC her bekannten Funktionen auch bei den Apps zur Verfügung stehen.

Simulationen: Analog zum Computer gibt es mittlerweile auch für die mobilen Medien Simulationen für den Physikunterricht. Beispielsweise lassen sich mit der kostenfreien Android-App „Ray Optics“ Abbildungen an Spiegeln und Linsen simulieren [7]. Mittlerweile gibt es nahezu zu jedem Themenbereich der Physik entsprechende Apps für die mobilen Medien, wobei die Qualität der Simulations-Apps, ähnlich wie im Fall von Simulations-Software für den PC, stark variiert.

Mobile Augmented Reality-Umgebungen: Unter Augmented Reality versteht man die computergestützte Erweiterung der Realitätswahrnehmung. Am häufigsten verbreitet ist dabei die Ergänzung von Texten, Bildern oder Videos mit computergenerierten Zusatzinformationen oder virtuellen Objekten die dann beim Betrachten des realen Gegenstands ein- oder überblendet wird. So können Lernende z.B. mit der App Areeka die Entstehung von Mond- oder Sonnenfinsternis sowie Mondphasen erkunden, indem sie die Kamera mobiler Geräte auf die Inhalte entsprechender Schulbuchseiten richten (<http://www.areeka.net/>).

Experimente mit internen Sensoren: Neben den vielfach dargestellten Einsatzmöglichkeiten dieser Medien z.B. zum Recherchieren oder zum Kommunizieren, können Smartphone und Tablet-PC speziell im naturwissenschaftlichen Unterricht zudem zur Experimentierunterstützung verwendet werden. In dieser Hinsicht wurden in den letzten Jahren bereits verschiedene Beiträge zum Einsatz von Smartphones als mobile Mini-Labore zum Experimentieren im Physik- (z.B. Kolumne „iPhysicsLabs“: [8]; Reihe „Smarte Physik“: [9]; [10]) veröffentlicht. Die Einsatzmöglichkeiten mobiler Kommunikationsmedien als Experimentiermittel sind im naturwissenschaftlichen Unterricht sehr vielfältig, da sie mit diversen internen Sensoren ausgestattet sind, die physikalische Daten erfassen. Dazu gehören zum Beispiel Mikrophon und Kamera, Beschleunigungs-, Magnetfeldstärke- und Beleuchtungs- bzw. Helligkeitsstärkesensor, Gyroskop, GPS-Empfänger und teils sogar Temperatur-, Druck- und Luftfeuchtesensor. Die mit den internen Sensoren erfassten physikalischen Daten lassen sich mit Hilfe von Apps

auslesen, sodass damit sowohl qualitative als auch quantitative Experimente in vielfältigen Themenbereichen möglich sind. Smartphones und Tablet-PCs stellen somit kleine, transportable Messlabore dar, die unübersichtliche Versuchsaapparaturen ersetzen können. Weiterhin sind sie den Lernenden aus ihrem Alltag gut bekannt, wodurch eine hohe Vertrautheit mit ihrer Bedienung erwartet werden kann. Viele mit mobilen Kommunikationsmedien durchführbare Experimente waren bisher ausschließlich computergestützt mit teils teuren und umständlich zu bedienenden Sensoren möglich. Dagegen können Experimente mit internen Sensoren von Smartphone oder Tablet-PC durch die intuitive Bedienbarkeit der Apps einfacher durchgeführt und ausgewertet werden, sodass eine stärkere Fokussierung auf die physikalischen Inhalte möglich ist.



**Abbildung 1** Videoaufnahme eines Fallversuchs

Experimente mit externen Sensoren: Neben der Verwendung interner Sensoren mobiler Medien gibt es auch die Möglichkeit, die Geräte mit vielfältigen externen Sensoren zu verbinden und dadurch das experimentelle Repertoire bei Bedarf nahezu beliebig zu erweitern. Derzeit gibt es die Systeme „Pasport“ (Firma Pasco; in Deutschland von der Firma Conatex vertrieben), „LabQuest2“ (Firma Vernier; in Deutschland von der Firma LPE vertrieben), „Cobra4“ (Firma Phywe), „NeuLog“ (Firma NeuLog; in Deutschland von der Firma Christiani vertrieben) sowie das Tablet der Firma Einstein mit Sensoren der Firma Fourier. Durch externe Sensoren können nahezu alle naturwissenschaftlichen Messgrößen auch mit mobilen Medien wie Tablets erfasst und weiter bearbeitet werden. Allerdings müssen neben den entsprechenden

Sensoren bei einigen Geräten zudem die Schnittstellen für die Verbindung von Sensor mit Tablet-PC bzw. Smartphone erworben werden.



**Abbildung 2** Aufnahme einer Schwebung

### 3. Wieso mit mobilen Kommunikationsmedien lernen? – Lernpsychologische Begründungen und erste empirische Erkenntnisse

Außer der Tatsache, dass sich Smartphone und Tablet-PC technisch und unterrichtspraktisch für den Einsatz im Physikunterricht eignen, gibt es auch fachdidaktische und lernpsychologische Gründe, warum diese Verwendung sinnvoll ist.

Der Einsatz der Geräte im naturwissenschaftlichen Unterricht ist didaktisch erstens durch den Alltags- und Lebensweltbezug des Experimentiermittels „Smartphone“ bzw. „Tablet-PC“ begründet. Er lässt sich somit in gut begründete lernpsychologische Rahmentheorien einordnen, nämlich dem Situierten Lernen (z. B. [11]) bzw. kontextbasierten naturwissenschaftlichen Unterricht (Context Based Science Education; s. z. B. [12]; [13]) einordnen. Die Annahme dabei ist, dass neben der Authentizität (im Sinne von Alltagsbezogenheit) eines Themas auch die Authentizität der in Versuchen verwendeten Medien einen positiven Einfluss auf das Lernen im Physikunterricht hat (sog. materiale Situierung). Konkret bedeutet diese Annahme, dass der kognitive und motivationale Lernerfolg der Lernenden z.B. in Bezug auf Experimente im Physikunterricht größer ist, wenn sie ein physikalisches

Phänomen mit Experimentiermitteln untersuchen, die sie jeden Tag benutzen (s. [14]; [15]). Zudem wird ein verstärktes Autonomieerleben der Schülerinnen und Schüler im Umgang mit Smartphone und Tablet-PC angenommen (s. [16]; [17]). So können sie z.B. mit einem Tablet-PC selbstständig einen selbst gewählten Bewegungsvorgang per Video aufnehmen, ihr „eigenes“ Video mittels Videoanalyse-App auf dem gleichen Tablet-PC direkt analysieren und auswerten sowie analoge, wiederholende oder weiterführende Experimente mit einem mobilen Medium ebenso außerhalb der Schule durchführen [18].

Im Gegensatz zu „konventionellen“ Experimenten können mit solchen mobilen Medien bereits während und direkt nach dem Experimentieren multiple Repräsentationen für die Schülerinnen und Schüler bereitgestellt werden (automatische Darstellung der Messdaten als Diagramme und Wertetabelle, Formeln, Vektoren und Bilder) und damit zu tieferem Verständnis der Lerninhalte führen [19]. Wenn Lernende solche Darstellungen besser verwenden können und den Umgang damit besser beherrschen, so ist damit auch eine Verbesserung ihres physikalischen Konzeptverständnisses und ihrer Fachsprache verbunden (s. [20]; [21]; [22]). Höffler und Leutner [23], Bivall, Ainsworth und Tibell [24] sowie Huk [25] zeigen auf, dass die Kombination aus haptischen Visualisierungen (z.B. Molekülmodelle) mit digitalen Repräsentationen den größten Lerneffekt aufweist. Allerdings steht demgegenüber die erhöhte kognitive Belastung durch die Verwendung neuer Medien, die sich durch intuitive Bedienbarkeit der Software zwar reduzieren lässt [26], zu der aber noch keine dokumentierten Erfahrungswerte existieren. Natürlich ist die Nutzung der Repräsentationsmöglichkeiten von Smartphone und Tablet-PC erst dann sinnvoll, wenn die Schülerinnen und Schüler vorher die Umsetzung von Messdaten in verschiedene Darstellungsformen per Hand geübt haben. Darüber hinaus bieten Apps oft auch für die jeweiligen Daten ungeeignete Darstellungsformen an (z. B. Liniendiagramme, wo Balken- oder Punktdiagramme nötig wären). Dies sollte auch im Unterricht thematisiert werden.

Eine kürzlich erschienene Metastudie zur Wirkung digitaler Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe zeigt u.a., dass Kinder und Jugendliche von digitalen Unterrichtsmedien stärker profitieren, wenn sie nicht allein, sondern in Gruppen arbeiten [1]. Es wurde zudem festgestellt, dass Lernende bessere Leistungen erzielen, wenn sie bei der Arbeit mit Digitalmaterial von Lehrkräften begleitet werden. Arbeiten sie vollkommen selbstständig mit Computerprogrammen, ist deren positiver Effekt gering. Dabei ist die erwünschte Wirkung digitaler Medien größer,

wenn sie klassische Unterrichtsmaterialien nicht vollständig ersetzen. Erfolgversprechend ist, sie ergänzend zu analogen Methoden zu verwenden. Durch digitale Medien werden die Leistungen der Lernenden dabei stärker gesteigert, wenn sie von professionell geschulten Lehrerinnen und Lehrern in den Unterricht integriert werden.

Bezüglich des Einsatzes von Smartphone und Tablet-PC als Experimentiermittel zeigen erste Studien, dass zielgerichtete Einsatz dieser Medien, dass je nach Einsatzszenario Leistung und Selbstwirksamkeit [14] sowie Interesse und Neugierde [15] durch derartiges Lernen gefördert werden kann. Eine Studie in der Studieneingangsphase des Physikstudiums stellt ebenfalls positive Effekte beim Einsatz von Tablet-PCs zur mobilen Videoanalyse auf das physikalische Konzeptverständnis in Mechanik sowie auf das Selbstkonzept der Studierenden fest (s. [27]; [28]).

#### 4. Zusammenfassung und Ausblick – Einbindung in die Lehrerbildung und Verwendung von Zukunftstechnologien

In diesem Beitrag wurden Beispiele und Chancen des Einsatzes von Smartphone und Tablet-PC als mobile Mini-Labore im Physikunterricht beschrieben und diskutiert, die vom verbreiteten Einsatz des Beschleunigungssensors in der Mechanik [29] bis zum Erfassen ionisierender Strahlung reichen [30]. Neben dem Einsatz mobiler Kommunikationsmedien von heute wird verstärkt diskutiert, dass auch Zukunftstechnologien große Mehrwerte für Lehren und Lernen in Schule und Hochschule bieten können. So verbinden beispielsweise Smartglasses wie z.B. Google Glass, Epson MOVERIO oder Microsoft HoloLens reale Messwerterfassung in Echtzeit mit Möglichkeiten von Augmented Reality. Diese intelligente Brillen sind tragbare Computer, die Informationen in das Sichtfeld des Benutzers einblenden können, indem diese auf das Display projiziert werden und somit die Realität erweitern („erweiterte Realität“; Augmented Reality). Smartglasses können potentiell alle Funktionen eines Smartphones in sich vereinen, d.h. sie erlauben eine reale Messwerterfassung in Echtzeit sowie AR-Möglichkeiten ohne dabei das experimentelle Handeln durch zusätzliche Geräte einzuschränken ([31]; [32]; [33]). Last but not least ermöglicht die Ausstattung von Tablet-PC mit mobilen Eyetracking-Systemen, dass sich digitale Schulbücher auf die individuellen, kognitiven Fähigkeiten der Lernenden diagnostizieren und anpassen können [34].

---

Jochen Kuhn *TU Kaiserslautern, Fachbereich Physik/Didaktik der Physik*

## Literatur

- [1] Hillmayr, D., Reinhold, F., Zierwald, L., Reiss, K. (2017). Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe. Einsatzmöglichkeiten, Umsetzung und Wirksamkeit. Münster: Waxmann.
- [2] West, M. & Vosloo, S. (2013). UNESCO policy guidelines for mobile learning. Paris: UNESCO Publications.
- [3] Aufenanger, S. & Schlieszeit, J. (Hrsg.). Tablets in der Schule. Computer+Unterricht, 89 (2013) [Themenheft].
- [4] Bresges, A., Mähler, L. & Pallack, A. (Hrsg.) (2014). Unterricht mit Tablet-Computern lebendig gestalten. Neuss: Verlag Klaus Seeberger.
- [5] Kuhn, J. (Hrsg.). (2015). Materialien & Methoden: Experimentieren mit Smartphones und Tablets. Naturwissenschaften im Unterricht (NiU) – Physik 26 (145).[Themenheft]
- [6] Wilhelm, T. & Bresges, A. (Hrsg.). (2014). Tablets im Physikunterricht. PdN-PhiS, 63 (5). [Themenheft].
- [7] Wilhelm, T., Aydinlik, H. & Kuhn, J. (2014). Strahlenoptik mit Ray Optics. Physik in unserer Zeit (PhiuZ), 45 (5), 250–251.
- [8] Kuhn, J. & Vogt, P. (2012). Analyzing Diffraction Phenomena of Infrared Remote Controls. The Physics Teacher 50 (2012), 118-119.
- [9] Kuhn, J., Wilhelm, T. & Lück, S. (2013). Smarte Physik: Physik mit Smartphones und Tablet-PCs. Physik in unserer Zeit (PhiuZ) 44 (1), 44-45.
- [10] Schwarz, O., Vogt, P. & Kuhn, J. (2013). Acoustic measurements of bouncing balls and the determination of gravitational acceleration. The Physics Teacher 51 (2013), 312-313.
- [11] Gruber, H., Law, L.-C., Mandl, H. & Renkl, A. (1995). Situated learning and transfer. In P. Reimann & H. Spada (Eds.), Learning in humans and machines: Towards an interdisciplinary learning science (pp. 168-188). Oxford, United Kingdom: Pergamon.
- [12] Kuhn, J., Müller, A., Müller, W. & Vogt, P. (2010). Kontextorientierter Physikunterricht: Konzeptionen, Theorien und Forschung zu Motivation und Lernen. Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule (PdN-PhiS) 59 (5), 13-25
- [13] Kuhn, J. & Müller, A. (2014). Context-based science education by newspaper story problems: A Study on Motivation and Learning Effects. Perspectives in Science 2 (2014), 5-21
- [14] Kuhn, J. & Vogt, P. (2015). Smartphone & Co. in Physics Education: Effects of Learning with New Media Experimental Tools in Acoustics. In W. Schnotz, A. Kauertz, H. Ludwig, A. Müller & J. Pretsch (Eds.), Multidisciplinary Research on Teaching and Learning (pp. 253-269). Basingstoke, UK: Palgrave Macmillan.
- [15] Hochberg, K., Kuhn, J. & Müller, A. (2018). Using Smartphones as experimental tools – effects on interest, curiosity and learning in physics education. Journal of Science Education and Technology, 27 (5), 385-403.
- [16] Ryan, R. M. & Deci, E. L. (2000a). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. Am. Psych., 55 (2000), 68-78.
- [17] Ryan, R. M. & Deci, E. L. (2000b). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. Cont. Educ. Psych., 25 (2000), 54-67.
- [18] Klein, P., Gröber, S., Kuhn, J. & Müller, A. (2014). Video Analysis of Projectile Motion Using Tablet Computers as Experimental Tool. Phys. Educ. 49 (1), 37-40
- [19] Dori, Y.J. & Sasson, I. (2008). Chemical understanding and graphing skills in an honors case-based computerized chemistry laboratory environment: The value of bidirectional visual and textual representations. Journal of Research in Science Teaching, 45 (2), 219-250
- [20] Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. Learning and Instruction, 16 (3), 183-198.
- [21] Kohl, P. & Finkelstein, N. (2005). Students' representational competence and self-assessment when solving physics problems. Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res. (2005), 010104.
- [22] Mayer, R. E. (2002). Multimedia learning. Psych. Learn. Mot., 41 (2002), pp. 85-139.
- [23] Höffler, T.N. & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. Learning and Instruction 17 (2007), 722-738
- [24] Bivall, P., Ainsworth, S., & Tibell, L. A. (2011). Do haptic representations help complex molecular learning? Science Education, 95, 700–719
- [25] Huk, T. (2006). Do benefits from learning with 3D models? the case of spatial ability. Journal of Computer Assisted Learning 22(6), 392-404.
- [26] Girwidz, R. (2004). Lerntheoretische Konzepte für Multimediaanwendungen zur Physik. PhyDid 1 (3), 9-19
- [27] Klein, P., Kuhn, J., Müller, A. & Gröber, S. (2015). Video analysis exercises in regular introductory mechanics physics courses: Effects of conventional methods and possibilities of mobile devices. In W. Schnotz, A. Kauertz, H. Ludwig, A. Müller & J. Pretsch (Eds.), Multidisciplinary Research on Teaching and Learning (pp. 270-288). Basingstoke, UK: Palgrave Macmillan
- [28] Klein, P., Kuhn, J. & Müller, A. (2018). Förderung von Repräsentationskompetenz und Experimentbezug in den vorlesungsbegleitenden Übungen zur Experimentalphysik - Empirische Untersuchung eines videobasierten Aufgabenformates. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 24 (1), accepted
- [29] Hochberg, K., Gröber, S., Kuhn, J. & Müller, A. (2014). The spinning disc: Studying radial acceleration and its damping process with smartphones' acceleration sensor. Phys. Educ. 49 (2), 137-140.
- [30] Kuhn, J., Molz, A., Gröber, S. & Frübis, J. (2014). iRadioactivity - Possibilities and Limitations for Using Smartphones and Tablet PCs as Radioactive Counters. The Physics Teacher 52 (2014), 351-356
- [31] Kuhn, J., Lukowicz, P., Hirth, M., Poxrucker, A., Weppner, J. & Younas, J. (2016). gPhysics – Using Smart Glasses for Head-Centered, Context-Aware Learning in Physics Experiments. IEEE Transactions on Learning Technologies 9 (4), 304-317.
- [32] Strzys, M. P., Kapp, S., Thees, M., Lukowicz, P., Knierim, P., Schmidt, A. & Kuhn, J. (2017). Augmenting the thermal flux experiment: A mixed reality approach with the HoloLens. The Phys. Teach. 55 (2017), 376-377.
- [33] Strzys, M. P., Kapp, S., Thees, M., Klein, P., Lukowicz, P., Knierim, P., Schmidt, A. & Kuhn, J. (2018). Physics holo.lab learning experience: Using Smartglasses for Augmented Reality labwork to foster the concepts of heat conduction. Eur. J Phys. 39 (4), in press.
- [34] Ishimaru, S., Bukhari, S. S., Heisel, C., Kuhn, J. & Dengel, A. (2016). Towards an Intelligent Textbook: Eye Gaze Based Attention Extraction on Materials for Learning and Instruction in Physics. UBIComp/ISWC '16 Adjunct Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (pp. 1041-1045). New York, NY: ACM

# Digitale Medien im Sachunterricht

## Überblick und Beispiele

Peter Holl

### 1. Medienerziehung in der Grundschule?

Vor allem mobile Medien sind zu wichtigen Hilfsmitteln für die Alltagsorganisation geworden und spielen heutzutage in der Kommunikation der Familie und im Freundeskreis eine zentrale Rolle. Die Faszination für diese Medien kann damit ein Motor für das Lernen sein. Allerdings sollte es beim Einsatz digitaler Medien im Unterricht nicht um ein Mehr an Mediennutzung gehen, sondern darum, Kindern Orientierungshilfen anzubieten, Ausdrucks- und Bildungsmittel bereitzustellen, ihnen einen chancengleichen Medienzugang zu eröffnen, ihre Medienkompetenz zu stärken und auch sie dazu anzuhalten, Medien auch einfach mal auszuschalten.

Kinder sollen also zu verantwortungsvollen, kritischen und kompetenten Nutzerinnen und Nutzern werden und Medien auch als Ausdrucks-, Gestaltungs- und Bildungsmittel einsetzen [1].

Durch die zunehmende Verbreitung von Smartphone, Tablet und PC verfügen Kinder häufig über einen ungehinderten und auch ungeschützten Zugang zum Internet. Um die Kinder einerseits auf die vielfältigen positiven Möglichkeiten der Medien als Lern- und Arbeitsmittel vorzubereiten und ihnen andererseits auch zu vermitteln, dass dargestellte Inhalte (kritisch) in ihren Wirkungen zu reflektieren sind, ist eine grundlegende Medienbildung bereits in/ab der Grundschule unverzichtbar.

### 2. Bildungsinitiativen regional – national

Nicht zuletzt durch Studien wie KIM [2] haben BildungsexpertInnen den Bedarf nach Medienbildung und digitaler Grundbildung erkannt. Zudem zeigen Studien, dass es bei den Lehrenden zwar eine hohe operative Nutzung gibt, jedoch ein geringes Maß an didaktischer Gestaltung [3]. In diversen Bildungsinitiativen wird derzeit versucht, diese Erfordernisse schrittweise und flächendeckend sowohl in Fortbildungen wie auch in den Lehrplänen zu verankern.



Abbildung 1: Coding mit BeeBots (KPH Graz)

„Schule 4.0“ ist die Digitalisierungsstrategie des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Forschung, welche die gesamte Schullaufbahn umfasst [4]. Nähere Informationen hierzu finden sich in zwei weiterführenden Beiträgen in diesem Heft.

### 3. Digitale Medien im Sachunterricht

Der Sachunterricht der Grundschule versteht sich als Begleiter und Unterstützer in der Entwicklung der Kinder bei der Erschließung ihrer Lebenswelt. Digitale Medien sind aber Bestandteil dieser (unserer) Lebenswelt. Daher scheint es naheliegend, den Sachunterricht zunehmend als Trägerfach für die „Querschnittsmaterie Digitale Medien“ zu verstehen.

Prinzipiell ergeben sich für den Sachunterricht insbesondere zwei Betrachtungsweisen: (Digitale) Medien als Lerngegenstand im Sinne eines „Perspektiven vernetzenden Themenbereichs“ und (digitale) Medien als Lernmittel im Sinne eines Werkzeugs zur Welterschließung [5]. Wenn der besondere Auftrag des Sachunterrichts darin besteht, die Kinder dabei zu unterstützen, ihre Welt zu verstehen/zu erschließen und in ihr handeln zu können, dann kommen wir nicht umhin, die digitalen Medien zu einem zentralen Gegenstand im Sachunterricht zu machen und dies unter Beachtung zentraler Unterrichtsprinzipien. „Digitale Medien in Grundschulen zu implementieren ist dann nicht mehr eine Frage des ‚Warum‘, sondern vielmehr eine Frage des ‚Wie‘.“ [6]

### 4. Digitale Medien als Lehr- und Lernmittel

Der Einsatz digitaler Medien im Sachunterricht der Grundschule kann unter verschiedenen Gesichtspunkten betrachtet werden, ich möchte aber im Folgenden auf den Aspekt „Lernmittel“ fokussieren, die sich am einfachsten so kategorisieren lassen:



Abbildung 2: Lernspiel zum Bereich Natur (KPH Graz)

- spezielle Hardware (z.B. Smartboard, Dokumentenkamera, USB Mikroskop)
- mobile Devices (z.B. Tablets, Smartphones)
- Apps (Lernprogramme auf mobilen Devices für alle Bereiche)
- Web 2.0 Tools (online Anwendungen)
- Webportale für die Primarstufe (multimediale Lernmaterialien für alle Bereiche)
- Lernsoftware (approbierte Software für den Desktop PC als Beilage von Schulbüchern).
- Dynamische Tafelbilder unter Einbezug multimedialer Elemente wie z.B. Bilder, Videos, Animationen, Simulationen
- Speicherung und Weiterbearbeitung erstellter Tafelbilder sowie Bereitstellung/Veröffentlichung dieser über Intranet oder über Internet
- verbesserte Vorbereitungsmöglichkeiten einer U-Sequenz unter Beibehaltung spontaner Änderungen
- Nutzung traditioneller Lehr- und Präsentationsformen an der "Tafel" bei zusätzlicher Integration sämtlicher Möglichkeiten des Computers inklusive der Technik des interaktiven Screens
- zeitgleiche Übertragung des Unterrichts / der U-Inhalte ins Netzwerk.

Die nachfolgenden Beispiele stellen einen Querschnitt jener Einsatzmöglichkeiten dar, wie wir sie in der Primarstufenausbildung an der KPH in Graz bereichsübergreifend im Sachunterricht einsetzen. Die Auswahl erfolgte überdies auch unter dem schulstufenübergreifenden Gesichtspunkt, d.h. vieles lässt sich einfach in den Sekundarstufenunterricht übertragen.

Auf einen besonderen Aspekt bei der Vorstellung der einzelnen Beispiele wird allerdings in diesem Beitrag verzichtet. Es ist dies die Erörterung jener Kriterien (z.B. Inhalt, Lehrplanbezug, Gestaltung, Sprache, Handhabung, Aktualität, Interaktion, ...), mit denen sowohl Apps wie Websites auf ihre Einsatztauglichkeit im Unterricht der österreichischen Grundschule bewertet werden können. Ich möchte an dieser Stelle anregen, solche Inhalte niemals unreflektiert zu übernehmen, sondern immer kritisch an „österreichische Verhältnisse“ anzupassen.

Die methodischen Zugänge der einzelnen Beispiele variieren je nach Einsatzgebiet, Sozialform und angestrebter Zielsetzung. In jedem Fall bedeutet es aber für SchülerInnen - nach eigener Erfahrung und Einschätzung - ein Höchstmaß an Kreativität, Flexibilität und individueller Lerngestaltung. Bezogen auf Individualisierung sind eine Reihe von Anwendungen speziell im Stationenbetrieb denkbar [7].

Ein in der Praxis derzeit nicht unerhebliches Problem besteht in der mangelnden Infrastruktur an so mancher Grundschule, was nicht zuletzt auf hohe (laufende) Investitionskosten in der Anschaffung und Wartung entsprechender Hardware (PCs, Tablets, Beamer, Smartboards, ...) zurückzuführen ist. Aber die Dinge entwickeln sich ...

## 5. Spezielle Hardware

### 5.1. Smartboards

Solche interaktiven multi touch fähigen Screens wurden schon vor vielen Jahren zum Synonym für Digitale Medien im Unterricht. Neben einem stolzen Preis bieten sie aber vor allem in Kombination mit Dokumentenkameras und anderen digitalen Visualisierungswerkzeugen wie USB Mikroskope oder Scanner Vorteile wie:

Als praktikable Präsentationssoftware hat sich hier „Smart Notebook“ etabliert, für die es sowohl bei SMARTTECH (<http://exchange.smarttech.com/>) wie auch in zahlreichen Bildungsforen umfangreiche Sammlungen fertiger interaktiver Lehr- und Lerninhalte gibt. Zusätzlich stellt SMART eine Online Learning Suite bereit, über die sog. Aktivitäten - Quizzes, Lernspiele, Prüfungen - erstellt und für SchülerInnen in einer virtuellen Klasse bereitgestellt werden können (<https://suite.smarttech.com/library>).

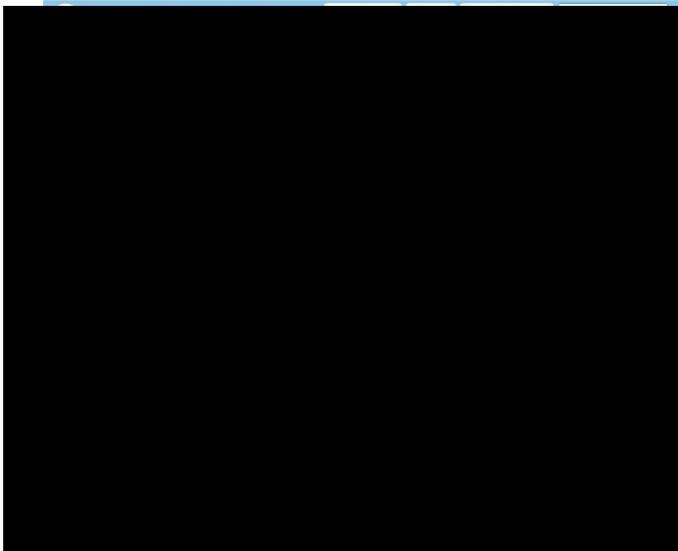
An zahlreichen Volksschulen in der Steiermark (z.B. Bildungsregion Liezen, Südoststeiermark) wurden in den vergangenen Jahren große Anstrengungen unternommen, Klassenzimmer mit Smartboards auszustatten und die Kolleginnen und Kollegen vor Ort zu schulen.



Abbildung 3: elearning for kids am Smartboard (KPH Graz)

Nicht zuletzt die Vielfalt an z.T. aufwendig gestalteten und fertigen interaktiven Tafelbildern und Simulationen gerade zum Bereich Science im Netz (z.B. <http://junior.edumedia-sciences.com/de/>) kann pädagogische Situationen ungemein bereichern.

Eine wesentlich kostengünstigere und noch dazu mobile Alternative, für die nur Notebook, Beamer und Projektionsfläche benötigt werden, ist das System von Ipevo (<https://www.ipevo.com/>).



**Abbildung 4:** Interaktive U-Boot Simulation in Edumedia Science

Eine auf die Projektionsfläche gerichtete kleine Kamera verfolgt exakt die Bewegung eines Infrarot- Zeigestabes, der wie mit einer Maus den projizierten Desktop steuern kann. Eine weitere mögliche Variante ist das Fernsteuern der Projektion mit Hilfe eines Tablets. Dazu erforderlich sind ein WLAN im Klassenzimmer und eine Software, die am Lehrer-PC läuft (<http://www.smoothboard.net/>).



**Abbildung 5:** Beispiel für AR - Ausschnitt aus Animal 4D+

## 5.2. Digitale Mikroskope

Eines der wohl am häufigsten im Sachunterricht eingesetzten digitalen Medien ist das USB Mikroskop. Es eröffnet SchülerInnen kostengünstig die Welt des Mikrokosmos, gerade was die Betrachtung und Dokumentation von Insekten, Pflanzenteilen, Materialoberflächen u. ä. betrifft. In Kombination mit einem Netbook ist es damit ideal geeignet, um beispielsweise in Rahmen von Outdooraktivitäten in Wald, Bach, Teich und Wiese als Werkzeug in Forscherwerkstätten eingesetzt zu werden. Eine interessante Alternative dazu bieten

recht günstig zu erwerbende Linsenvorsätze für Smartphone Kameras, die einfach auf das Handy oder den Tablet geklippt werden und so qualitativ beeindruckende Makro- und Teleaufnahmen zulassen.

Aber auch die normale Smartphone- oder Tablet-Kamera liefert wertvolle Dienste, um Vorgänge in der Natur (s.o.) oder Experimente im Klassenzimmer über Bilder oder Videosequenzen zu dokumentieren und zu präsentieren. Eine wertvolle Ergänzung zum Forschertagebuch, das methodisch bereichsübergreifend zur Entwicklung von Sprach- und Präsentationskompetenz in individuellen U-Settings von Kindern produktiv Anwendung findet.

## 6. Webportale für Kinder

Der Einsatz einschlägiger Webseiten im Sachunterricht der Grundschule bedingt eine penible Vorbereitung und Auftragsgestaltung z.B. in Form von Lernaufgaben mittels Webquests [8]. Dabei lässt sich bezogen auf ihren Einsatz zwischen Kindersuchmaschinen und Lernportalen unterscheiden.

Kindersuchmaschinen stellen einen sicheren Surfraum für Kinder dar, über die sie nur kindgerechte und von Medienpädagogen überprüfte Internetseiten vorfinden. Ein Beispiel dafür ist die beliebte Suchmaschine „Frag Finn“ (<https://www.fragfinn.de/>). Bildersuchmaschinen, die keine jugendgefährdenden Bilder sowie Abbildungen verfassungswidriger Kennzeichen beinhalten und den Gebrauch der Bilder für PädagogInnen freistellen (<http://www.find-das-bild.de/>), fallen ebenfalls in diese Kategorie.

Lernportale: Eine schier unüberschaubare Vielzahl solcher Webseiten – von Bildungsinstitutionen bereitgestellt bis hin zu kommerziellen Seiten – mit den unterschiedlichsten U-Materialien, interaktiven Lernspielen (z.B. <http://kinder.wald.de/>), Videos und Experimentieranleitungen samt didaktischer Aufbereitung finden sich im Web. Stellvertretend für den Erfahrungs- und Lernbereich Technik setze ich gerne folgende Seiten in der Arbeit mit Studierenden ein, da sie neben zahlreichen Experimentieranleitungen auch didaktisches Material beinhalten:

- <http://www.technikbox.at/>
- <http://www.supra-lernplattform.de/>

Zu den zahlreichen deutschsprachigen Portalen gibt es eine Fülle von Angeboten aus dem anglikanischen Raum. In Zeiten von CLIL [9] bietet sich der Einsatz solcher Materialien geradezu an: <http://www.e-learningforkids.org/>

## 7. Web 2.0 Tools für den Unterricht

Darunter versteht man Anwendungen, also Programme, die ohne Installation auf jedem internetfähigem Device innerhalb

eines Browsers laufen. Die Vorteile liegen zumeist klar auf der Hand:

- Es ist keine Installation oder besondere Hardware erforderlich
- Es fallen in der Regel keine Lizenzkosten an
- Die Anwendungen lassen sich auch zuhause und mobil einsetzen
- Ideal für individuelles Arbeiten bzw. Lernen.

In diesem Kontext kann ich die Seiten [www.testedich.at](http://www.testedich.at/) (<http://www.testedich.at/>) sowie [learningapps.org](https://learningapps.org/) (<https://learningapps.org/>) empfehlen. Dabei handelt es sich um Online-Tools zum Erstellen von interaktiven Lernspielen, Rätseln und Quizzes aller Art. Die Bedienung beschränkt sich auf die Auswahl vorgegebener Templates, die es mit eigenen Fragen, Texten, Bildern, Videos zu befüllen gilt, jedoch ohne Programmierkenntnisse auskommt. Damit sind das durchaus geeignete Werkzeuge für SchülerInnen, um beispielsweise eigene (nachhaltige) Lern- und Leistungsaufgaben zu erstellen, was der Entwicklung von Kreativität und Versprachlichung von Sachverhalten äußerst dienlich sein kann. Ebenfalls in Richtung Kreativität und Sprache zielt das Tool MySimpleShow (<https://www.mysimpleshow.com/de/>).

Hierbei wird eine Geschichte / Anleitung (z.B. Experiment) mit Hilfe dieses Tools zu einem vertonten Erklärvideo visualisiert. Dazu können Bilder und Grafiken aus einer umfassenden Datenbank gewählt, oder aber eigene Bilder hochgeladen werden. Eine völlig neue Perspektive narrative Didaktik – Geschichten erzählen einmal anders.

In Anlehnung an das klassische Plakat präsentiert sich Padlet (<https://padlet.com/>), ein Online Tool zur Erstellung von Online Plakaten. Neben Texten und Bildern können jedoch auch multimediale Inhalte platziert werden. Ein großes Plus ist die Kollaborationsfähigkeit des Tools. Schülergruppen können gleichzeitig und gemeinsam ein Plakat gestalten, während es seitens der verantwortlichen Lehrperson bequem überwacht und tutoriell begleitet werden kann.

## 8. Apps und Mobile Devices

Studien aus aller Welt belegen mittlerweile die positive Wirkung des gezielten Einsatzes mobiler Devices wie dem iPad auf Bildungsprozesse – und dies schon in der frühkindlichen Erziehung. Apple führt dazu gerne eine Liste von weltweiten Forschungsergebnissen und Erfahrungsberichten an, um damit ihr Produkt zu promoten [10].

Dennoch: Jugendliche lernen vor allem zu Hause mithilfe von Laptop, Tablet oder Smartphone – in der Schule aber sind digitale Medien weiterhin noch nicht richtig angekommen (JIM-Studie 2017, Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (Baden-Württemberg, Deutschland)).

Nichts desto trotz zeigen immer mehr Grundschulen, wie ein gelungener Einsatz von Tablets – im speziellen iPads – gestaltet werden kann (<http://vs-gutenberg.at/>).

Aufgrund der Fülle an Apps, die sowohl für iOS als auch Android verfügbar sind und in der Kürze kaum beschrieben, geschweige denn mögliche U-Szenarien erörtert werden können, im folgenden einige (Einsteiger) Apps, die auf jedem Tablet / Smartphone gute Dienste leisten.



Abbildung 6: Stop Motion App (KPH Graz)

So entschlüsselt der QR Code Reader vorhandene QR Codes, die man selbst über ein Internet Tools generieren kann (z.B. <http://goqr.me/de/>), um damit lustige Spiele (digitale Schnitzeljagd) oder interaktive Ausstellungen zu gestalten [11]. Ein weiteres nützliches Tool, das die Kamera des Tablets oder Smartphones nutzt, ist die App Photogrid oder Photogitter (IOS und Android), mit der sich ansprechende Photocollagen generieren lassen, die beispielsweise zur Dokumentation von Outdooraktivitäten (Pflanzen, Tiere, Insekten, ...) oder Versuchsbeschreibungen dienen.

Erwähnenswert ist ein Beispiel aus der Optik zur Kombination von Digital und Analog: Kinder entwickeln Fotopapier, das zuvor in einer eigens gebastelten Lochkamera belichtet wurde, fotografieren das entstandene Negativ mit dem Handy ab und invertieren das Bild in der Fotoapp zu einem Positiv.



Abbildung 7: Analoges Bild invertiert am Handy (KPH Graz)

Aber auch simple Taschenlampen-Apps (Optik, punktförmige Lichtquelle, Schattenspiele) oder Kompass-Apps (Orientierung im Raum, Magnetfeld der Erde, Schatzsuche) erfüllen sehr gut ihren Zweck.

Daneben gibt es eine Vielzahl von Science Apps, die gezielt einen bestimmten Fachbereich in Form umfassender Informationen (Texte, Bilder, 3D-Animationen, Videos, Lernübungen) darstellen. Es empfiehlt sich, jede App vor ihrem Einsatz im Detail auszutesten (Kriterien --> <https://www.schule-apps.de/kriterien/>) bzw. sich Bewertungen dazu in einschlägigen Foren anzuschauen.

Als Erweiterung eines Stationenbetriebes bzw. Vertiefung in ein bestimmtes Thema und Grundlage für Schülerpräsentationen gut geeignet sind u.a. die Biologie App „Waldfibel – entdecke den Wald“, die Geschichte App „Back in time“ sowie die Astronomie App „Solar Walk“.

Webseiten mit einer Zusammenstellung ausgereifter Apps sowie einer didaktischen Begleitung finden sich unter <http://www.bildungapps.de/> bzw. <http://www.medien-in-die-schule.de/>.

## 9. Augmented und Virtual Reality

AugmentedReality (AR) ist eine Kombination aus wahrgenommener und vom Computer erzeugter Realität, stellt also eine Vermischung realer Umgebung mit vom Computer erzeugter Information in räumlich exakt ausgerichteter und interaktiv in Echtzeit steuerbarer Form dar. Damit ist es möglich, Arbeitsblätter und Schulbücher zum Leben zu erwecken bzw. mit speziell in 3D aufbereiteten Inhalten in Echtzeit zu interagieren. Die Anwendungsbereiche sind schier grenzenlos, vom zum Leben erweckten Dinosaurier bis hin zum virtuellen Flug zu fernen Planeten reichen die Beispiele, die jedoch im Vergleich zu US Amerikanischen Verlagen in Europa so gut wie noch kaum Einzug gehalten haben. Es gibt jedoch einige kleine Apps, die sich sehr gut im Sachunterricht, Bereich Natur und Technik, gut einsetzen lassen. Es sind dies u.a. Space 4D+, Animal 4D+, wo man einfache Bildkarten ausdruckt, die App startet, die über die Gerätekamera an der Stelle der Karte animierte Grafiken und Bilder in 3D darstellt. Besonders die Darstellungen exotischer Tiere und Objekte, die man sonst so nicht zu Gesicht bekommt, gelingen in erstaunlich realistischer Weise.

## Literatur

- [1] Roboom S. (2017) Mit Medien kompetent und kreativ umgehen - Basiswissen & Praxisideen. Beltz
- [2] KIM Studie. [https://www.schulportal-thueringen.de/get-data/54e3d57d-c792-4b71-95a3-12d2b035b70a/KIM\\_2016\\_Web-PDF.pdf](https://www.schulportal-thueringen.de/get-data/54e3d57d-c792-4b71-95a3-12d2b035b70a/KIM_2016_Web-PDF.pdf) (Stand: April 2018)
- [3] Baumgartner P. (2015) Medienkompetenz fördern – Lehren und Lernen im digitalen Zeitalter. Bildungsbericht 2015. NBB
- [4] Schule 4.0. – jetzt wird's digital. <https://bildung.bmbwf.gv.at/schulen/schule40/index.html> (Stand: April 2018)
- [5] Peschel, M./Irion, Th. (Hrsg) (2016): Neue Medien in der Grundschule 2.0. Grundlagen - Konzepte - Perspektiven. Frankfurt/M.: GSV
- [6] Schäffer, K. (2016). Computereinsatz in der Grundschule – gestern und heute im Vergleich. In: Peschel, M./Irion, T. (Hrsg.): Neue Medien in der Grundschule) 2.0. Frankfurt a. M.
- [7] Eselgrimm, K., & Leitzig, M. (2010). Sachunterricht an Stationen 4: Handlungsorientierte Materialien zu den Kernthemen der Klasse 4 (1. Aufl.). Donauwörth: Auer Verlag in der AAP Lehrerfachverlage GmbH
- [8] (Grashöfer, K., Sandkühler, G., & Schneider, J. (2016). Neue Medien in der Grundschule - Das Praxisbuch: Profi-Tipps und Materialien aus der Lehrerfortbildung (1. Aufl.). Augsburg: Auer Verlag in der AAP Lehrerfachverlage GmbH
- [9] Holl P., Maier P. (2016). Sprachförderung durch Experimentieren - Über Sprachbildung im Sachunterricht der Grundschule. Plus Lucis
- [10] <https://www.apple.com/education/docs/ipad-in-education-results.pdf> (Stand: April 2018)
- [11] Digitale Schnitzeljagd. <http://medienkinderergarten.wien/medienpraxis/mobile-geraete/auf-schnitzeljagd-mit-qr-codes/> (Stand: April 2018)
- [12] Saferinternet.at <https://www.saferinternet.at/> (Stand: April 2018)



Abbildung 8: Beispiel für AR - Ausschnitt aus Space 4D+

## 10. Schlussbemerkung

Ich habe meine Betrachtungen zu digitalen Medien im Sachunterricht der Grundschule lediglich unter dem Aspekt als Lernmittel ausgeführt, den zweiten Aspekt, nämlich digitale Medien als Lerngegenstand, nur erwähnt. Doch die Fülle der verschiedenen Einsatzmöglichkeiten zeigt die großen Herausforderungen vor denen Pädagoginnen und Pädagogen angesichts der rasanten technischen Entwicklung stehen. Das soll aber keineswegs Themen wie „Gesellschaftliche, soziologische und politische Aspekte von Medien“ u. ä. schmälern (vgl. [12]), sondern einfach nur verdeutlichen, welch umfassende Materie sich hinter diesen beiden Wörtern verbergen. Und eben alles das ist Bestandteil des Sachunterrichts. Es mag daher nicht verwunden, dass Bildungsdirektionen zusammen mit den PHs umfassende Fortbildungsangebote dazu vorbereiten. Abschließend möchte ich (kritisch) anmerken, dass Technologie per se noch zu keiner Verbesserung des Lehrens und Lernens führt, sondern vielmehr eines didaktisch sinnvollen Einsatzes basierend auf pädagogischen Überlegungen bedarf [3]. Eine Herausforderung für die didaktische Forschung ob der Geschwindigkeit in der Entwicklung dieser Materie.

Peter Holl *Kirchliche Pädagogische Hochschule Graz*

# Von Audio bis Video – Physik in Ton und Bild

Katharina Göri, Wolfgang Kolleritsch, Eduard Schittelkopf & Erich Reichel

Gemeinsam mit ihren Schülern und Schülerinnen sind Lehrkräfte in einer Zeit angekommen, in der sich ihre Lebenswelt immer mehr zu einer „Medienwelt“ entwickelt hat [1]. Zahlreiche technische Geräte, wie beispielsweise das Smartphone, begleiten etwa 90 Prozent der 12- bis 19-Jährigen in ihrem Alltag [2]. Angesichts dieser Herausforderung ist es umso wichtiger, Medien und Medienbildung ins Klassenzimmer zu bringen, Vorteile und Möglichkeiten auszuloten und in die Schulbildung zu integrieren. Wie und an welchen Stellen der Schulunterricht aller Fächer seinen Beitrag leisten sollte, kommunikations- und urteilsfähige, sowie beim direkten Umgang mit technischen Medien kompetente Erwachsene heranzubilden, wird in Abbildung I veranschaulicht:

Dieser Artikel widmet sich besonders Audio- und Videomedien. Unter den Kompetenzbereichen „Wissen aufbauen, reflektieren, weitergeben“ und „bewerten, entscheiden, umsetzen“, werden ihre Potenziale als Unterrichtsmittel aufgezeigt.

Die Synergie der Bereiche Medien- und Sprachkompetenz erweist sich ebenso in Hinblick auf Kompetenzorientierungsmodelle für die Unterstufe [4] und Oberstufe [5] als äußerst kompatibel.

## 1. Lernen durch Sprechen und Visualisieren

Audio- und audiovisuelle Medien können wichtige Beiträge liefern, gelernte Inhalte zu festigen und zu verarbeiten. Besonders hervorzuheben, in Hinblick auf die später vorgestellten Praxisbeispiele, ist die Möglichkeit, Kompetenzen der Wissenskommunikation zu fördern.

Damit sich Schüler und Schülerinnen an Diskussionen zu physikalischen Inhalten beteiligen und ihr Wissen in verschiedensten Situationen kommunizieren können, müssen erlernte Inhalte in irgendeiner Form versprachlicht werden.



**Abbildung I:** Auszug aus den Medienkompetenzen der Kompetenzlandkarte für Unterrichtsprinzipien und Bildungsanliegen, BMUKK 2013 [3]

Es gibt zahlreiche empirische Befunde, dass vorausgegangene sprachliche Bearbeitung unumgänglich beim Abruf des Wissens ist, da Gelerntes so reproduziert wird, wie es ursprünglich aufgearbeitet wurde [6].

Die gängige Methode der Versprachlichung ist häufig das Schreiben von Texten. An dieser Stelle könnten Audios und Videos zusätzliche Vorteile bringen, da Sachverhalte fürs Hören oder Visualisieren noch reduzierter und klarer aufbereitet werden müssen, als in geschriebenen Texten. Sätze dürfen nicht zu lang sein, keine zu verschachtelten Informationen enthalten und müssen Informationen linear anbieten, sodass der Hörer den wichtigsten Inhalt sofort versteht [7] – gleich „reduziert“ sollten auch Videos in Form von Drehbüchern gestaltet werden [8].

## 2. Möglichkeiten im Unterricht

Der Entscheidung Audio- oder Videodateien im Unterricht zu nützen, geht zunächst die Aufbereitung des Stoffes seitens der Lehrkraft voraus, vor allem, wenn Schüler und Schülerinnen selbst tätig werden sollen. Im Zuge dieser Vorbereitung ist es gerade bei der Arbeit mit neuen Medien wichtig, folgende Fragen zusätzlich abzuklären [8]:

- Was soll vermittelt werden?
- Welches Medium ist die richtige Wahl?
- Wer ist die Zielgruppe?
- Wie stehen Aufwand und Output in Relation?

**Tabelle 1 Einsatzmöglichkeiten im Vor- bzw. Nachbereitungs- & Präsenzunterricht**

Videomedien [8]	Audiomedien [9]
Zum offenen Einstieg („eye-catcher“) oder Abschluss (Nachbereitung, Zusammenfassen durch Lernvideos) eines Stoffgebietes.	Verwendung bereits bestehender Audiobeiträge (Podcastfolgen) zum Einstieg oder Abschluss eines Stoffgebietes.
Vorführen von Erscheinungen/ Tätigkeiten, die... <ul style="list-style-type: none"> <li>• schwer in Worte zu fassen sind.</li> <li>• schwer zu sehen sind (z.B Brown'sche Molekularbewegung)</li> <li>• zu teuer/gefährlich für die einmalige Vorführung sind (Radioaktivität etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• flipped classroom: einfach zugängliches Lernmaterial außerhalb des Klassenzimmers</li> <li>• selbst produzieren: Alternative zu schriftlichen Dokumentationen aller Art (Hausarbeiten, Versuchsprotokolle: Experimente in freier Natur etc.)</li> <li>• einfach in der Umsetzung &amp; überall „produzierbar“</li> </ul>
<p>→ <b>beide Formen...</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können zu selbstständig erstellten Unterrichtsbeiträgen der Lernenden werden.</li> <li>• liefern ein erweitertes Angebot für Lernende mit auditiven oder visuell-auditiven Lernpräferenzen.</li> <li>• Fördern leistungsstärkere und –schwächere Schüler und Schülerinnen.</li> </ul>	

## 3. ... am besten ist es selbstgemacht?!

Kritisch zu hinterfragen ist die Verwendung audiovisueller Medien im Physikunterricht als vorgefertigte „Konserven“, welche Sachverhalte darstellen, die im Unterricht schwer aufzugreifen sind, wie in Tabelle I auch angeführt. Hierbei ist zu bezweifeln, ob Schülerinnen und Schüler aktiv in den Unterricht einbezogen werden. Damit könnten sich die durchwegs gut gemachten Medienproduktionen kaum vom Schulbuch unterscheiden. Auch dort findet man Fragestellungen, die implizit fast an Ort und Stelle beantwortet werden und dadurch nur entsprechende Suchstrategien auslösen, nicht aber echte Problemlösestrategien schulen. Besonders vor dem Hintergrund von „flipped classroom“ – Szenarien sollten Medien zur Verfügung stehen, die eine faszinierende Auseinandersetzung mit einzelnen Themen ermöglichen und die Lernenden nicht ermüden.

In den folgenden Kapiteln sollen drei Beispiele angesprochen werden, die den Umgang mit Medien nicht nur reproduzierend ermöglichen, sondern mit denen die Schülerinnen und Schüler aktiv in den Unterricht thematisch und kompetenzfördernd eingebunden werden können.

- Audioprotokolle erfordern die genaue Auseinandersetzung mit einem physikalischen Inhalt und fördern dabei innerfachliche Kompetenzen
- Radioigel und IgelTV ermöglichen durch die Auseinandersetzung mit einem konkreten Thema und ihre mediale Umsetzung im Studio innerfachliche Kompetenzen und auch medienkritische Zugänge
- „Physik mal anders“ stellt Lernvideos zur Verfügung, die in Lernprozesse integriert werden können, ohne Erkenntnisprozesse oder Lösungen vorwegzunehmen.

### 3.1 Audioaufnahmen als Versuchsprotokolle

Im Wintersemester 2014 nutzten die Schüler und Schülerinnen der Praxis-NMS Hasnerplatz im Rahmen der „Forscherwerkstatt“ Audioprotokolle zur Dokumentation ihrer Experimentierfähigkeiten im Unterricht. Ziel war es, Experimente aus dem Bereich Physik auf Basis des „inquiry-based learning“ zu erarbeiten<sup>1</sup> und anstatt der gewohnten schriftlichen Protokollierung Audioprotokolle anzufertigen.

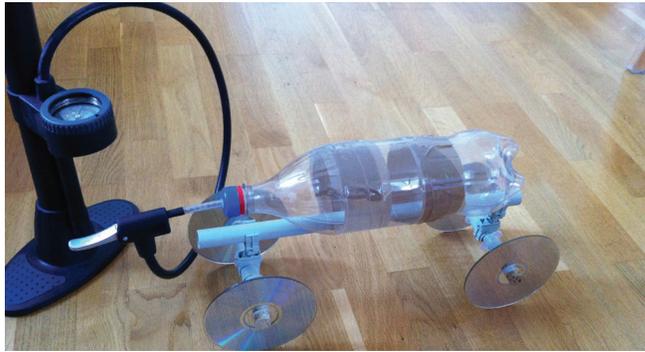
Daten zur Fallstudie

- Schülerzahl: 11 (9m. & 2w.)
- Alter: 11-14 Jahre
- Thema: Rückstoß
- Level 1: vorgegebene Fragestellung und Untersuchungsmethode
- Durchführung in Zweiergruppen

#### Kasten 1

<sup>1</sup> Ziel des „forschenden Lernens ist es, Schülern und Schülerinnen die Möglichkeit zu geben, ihre Fähigkeiten, Fertigkeiten und Kompetenzen im Bereich der Naturwissenschaften selbstständig aufbauen und verbessern zu können. Die entsprechenden Unterrichtseinheiten werden an die Klasse angepasst und durch „Levels“ dargestellt. Level 1: bestätigend, 2: strukturiert, 3: begleitet, 4: offen [10]

Ein mit Rückstoß betriebenes, selbstgebasteltes Luftballonauto sollte mit Luft vollgepumpt und danach zum Fahren gebracht werden. Die erzielte Wegstrecke in Abhängigkeit der Pumpstöße sollte von den Lernenden ermittelt und erklärt werden. Zur Dokumentation erhielten die Lernenden iPods, um ihre Erkenntnisse in Form von Audioaufnahmen aufzuzeichnen. Für die Protokollierung gab es in diesem Durchgang an die Lernenden keine Vorgaben seitens der Strukturierung – es sollte lediglich der durchgeführte Versuch beschrieben werden.



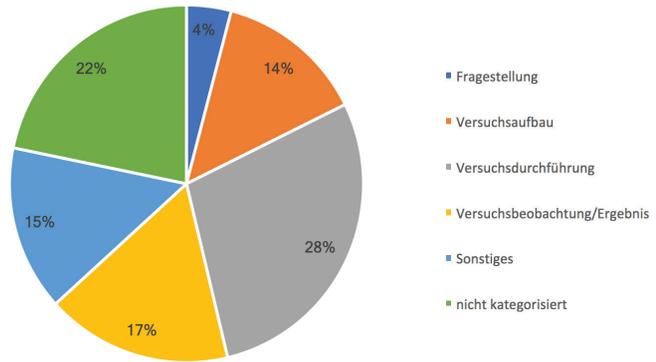
**Abbildung II:** selbstgebasteltes Luftballonauto

Die Aufnahmen wurden im Anschluss transkribiert, um einen Eindruck zu bekommen, wie die Schüler und Schülerinnen das neue Medium aufnehmen und was sie überhaupt dokumentieren. Auf Basis dieser ersten Analyse sollten sich Hinweise auf die praktische Tauglichkeit des Mediums für den Schulunterricht, Faktoren zur Optimierung und neue Forschungsfragen zum Thema ergeben.

Gesichtet wurden Audioprotokolle, die hauptsächlich auf die Vorgehensweise der Lernenden beim mündlichen Dokumentieren untersucht wurden.

Alle 11 Schüler und Schülerinnen lieferten Beiträge ab, deren durchschnittliche Dauer sich auf ca. 1,11 Minuten belief. Bei der Sichtung konnten folgende Sachverhalte festgestellt werden:

- Die Lernenden benutzen zur Versuchsprotokollierung Kategorien, wie sie auch aus schriftlichen Versuchsprotokollen bekannt sind [11].
- Die Lernenden folgen dem sequentiellen Aufbau eines schriftlichen Protokolls nicht (sprechen schon zu Beginn über die Durchführung, dann erst über das Material).
- Der Schwerpunkt der Beschreibung liegt auf der Versuchsdurchführung und hier auf dem Aufzählen von Messwerten, während das Versuchsziel, das Ergebnis sowie die Einbettung in den theoretischen Kontext nur umrissen wurden (siehe Abbildung III).
- Die Lernenden gaben persönliches Feedback zur Zusammenarbeit in den Teams, und wie ihnen der Versuch/ das Thema gefallen hat (in Abb. III unter „Sonstiges“)



**Abbildung III:** Inhalte der von den Lernenden getätigten Aussagen in relativer Häufigkeit zu allen getätigten

Das Audioprotokoll erwies sich hinsichtlich der Handhabung in Unterricht und der Nutzungsbereitschaft von Seiten der Lernenden als absolut unterrichtstauglich. Die unstrukturierte Vorgangsweise beim Dokumentieren zeigte, dass den Lernenden der Übergang vom gewohnten schriftlichen zum mündlichen Medium schwerfiel. Die Schwierigkeiten bei der Versprachlichung könnten wichtige Rückschlüsse darauf geben, wo genau Schüler und Schülerinnen Verständnisprobleme haben, was in vorgefertigten, von den Lernenden „bereits automatisierten“ schriftlichen Protokollen zeitweise verschleiert wird. Zusätzlich ist eine vorangehende Instruktion zur Dokumentation der Beobachtungen „fürs Hören“ unumgänglich, da die Vorkenntnisse der Schüler und Schülerinnen aus schriftlichen Protokollen anscheinend nicht ausreichen.

Dieser Sachverhalt eröffnet zahlreiche Fragen, basierend auf dem Vergleich von Audiomedien mit konventionellen Unterrichtsmethoden, die zukünftig beforscht werden könnten, wie:

- Welche Unterschiede gibt es, zwischen der kognitiven Verarbeitung von physikalischen Inhalten bei schriftlicher und mündlicher Dokumentation?
- Welche Vorteile bringen Audioprotokolle als informelle Feedbackmöglichkeit im Physikunterricht?

### 3.2 Radioigel

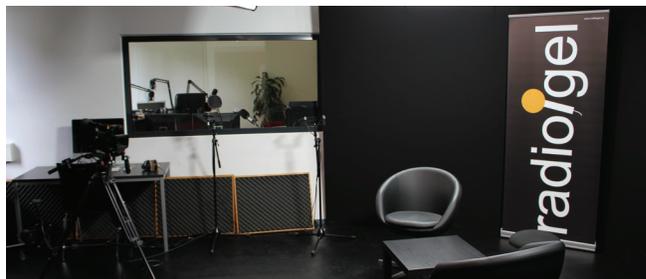


**Abbildung IV:** Blick ins radioigel Studio

Einen seit Jahren bewährten Weg geht Wolfgang Kolleritsch mit seinen Projekten „Igel“. Igel steht für Interesse GEniert Lernen. Seine Idee ist es, Live-Radio mit Schülerinnen und Schülern zu produzieren. Das bedarf einer genauen Vorbereitung, denn die Produktion lässt keine Korrekturen mehr zu. Die Schülerinnen und Schüler müssen sich im Vorfeld sehr genau mit dem jeweiligen Thema auseinandersetzen und die Sendung im Studio live produzieren. Dazu werden sie im Vorfeld auch auf die technischen Besonderheiten eines Studios eingeschult. Die derzeit sieben radioigel-Studios mit dem Zentrum an der PH Steiermark senden aus Graz (PHSt, KLEX, WIKU, Medien HAK), Mautern in der Obersteiermark (NMS), Salzburg (Campus Mirabell) und Baden bei Wien (NMS). Alle Radioigelstudios sind wie professionelle Studios eingerichtet. Dadurch werden die Schülerinnen und Schülern authentisch auf die Wirkung von Medien vorbereitet und der kritische Umgang mit ihnen erleichtert.

Radioigel zielt in erster Linie auf die Erstellung von Sendungen ab, nicht auf die Erstellung von Unterrichtsmaterialien. Jedoch stehen viele Beiträge auf der Homepage von radioigel in Form von Podcasts zum Nachhören bereit und können zusätzlich im Unterricht nachgehört werden.

Ein weiterer Schritt in Richtung digitale Medien, ist die Übertragung von „igel“ auf audiovisuelle Medien: igelTV. Ein eigenes Fernsehstudio ermöglicht die Produktion und Livesendung von Inhalten, die von Schülerinnen und Schülern im Rahmen des Unterrichts erstellt werden. Produktionen zum Nachschauen findet man unter <https://www.radioigel.at/category/igeltv/>.



**Abbildung 5:** Blick ins igelTV Studio

### 3.3 Physik mal anders

Gemeinsam mit Studierenden des Lehramts Physik werden auf Anregung der Industriellenvereinigung Steiermark Lehrvideos für den Physikunterricht erstellt, die mit entsprechendem Begleitmaterial unter <http://www.dieindustrie.at/> zum Download ab Herbst 2018 bereitstehen. Produziert werden die Videos von Lehramtsstudierenden gemeinsam mit Studierenden des Studiengangs Mediendesign an der FH Joanneum. Das Konzept von „Physik mal anders“ besteht in zweigeteilten

getrennten Videosequenzen. Der erste Teil stimmt motivierend auf ein physikalisches Thema (z.B. ein Besuch in der Disco und die akustischen Phänomene, denen man dort begegnet) ein. Bei der Betrachtung des Videos können Kompetenzen, wie z.B. die Beobachtungs- und Fragekompetenz des Kompetenzmodells Nawi8 [4] oder aus dem semestrierten Lehrplan [5] der neuen Oberstufe, gefördert werden. Auch eigene Experimente lassen sich von diesem Video ableiten. Besonders ist, dass im ersten Teil keine Hinweise auf etwaige Antworten gegeben werden. Das zweite Video, das den Schülerinnen und Schülern zunächst nicht zur Verfügung gestellt wird, enthält die grundlegenden physikalischen Konzepte und Erklärungen. Dadurch können beide Videos in Kombination für offene Lernsequenzen bis hin zu flipped classroom- Einheiten verwendet werden.

Diese Zweiteilung unterscheidet sich deutlich von anderen Lernvideos, wie sie in großer Zahl im Internet angeboten werden. Viele greifen auf eine jugendliche Sprache zurück, in der traditionelle Formen der Vermittlung versteckt werden. Da es meistens Erklärvideos sind, bleibt den Schülerinnen und Schülern kaum ein Freiraum für die eigenständige Auseinandersetzung mit dem Thema.

## 4. Zusammenfassung

Was das technische Knowhow und passende Geräte betrifft, ist das Smartphone für den Anfang die einfachste Möglichkeit, Materialien zu produzieren und abzurufen. Ein weiterer Vorteil für die interaktive Nutzung ist, dass fast jeder Schüler und jede Schülerin bereits ein Smartphone besitzt und keine zusätzlichen Gerätekosten anfallen. Für jeden, der die Qualität seiner Beiträge zusätzlich steigern möchte, stehen zahlreiche auch kostenfreie Apps für Audio- und Videoaufnahmen zur Verfügung.

Um die Bandbreite an Möglichkeiten noch besser auszuschöpfen und kennen zu lernen braucht es nicht nur passende Geräte, sondern auch experimentierfreudige Pädagogen und Pädagoginnen, welche von fachdidaktischen Erkenntnissen unterstützt, mit ihren Klassen in ein mediales Abenteuer starten wollen - daher hoffen wir, Ihnen eine neue Unterrichtsmethode vorgestellt und Sie neugierig gemacht zu haben. In diesem Sinne: Bleiben sie in TON und BILD.

Katharina Göri *Universität Graz*

Prof. Wolfgang Kolleritsch, BEd. *Pädagogische Hochschule Steiermark*

Prof. Eduard Schittelkopf *Pädagogische Hochschule Steiermark*

HS-Prof. Mag. Dr. Erich Reichel *Pädagogische Hochschule Steiermark*

## Literatur

- [1] Biermann, R. (2015). Medienkompetenz – Medienbildung – Medialer Habitus. medienimpulse-online, 2013.  
online unter: [http://www.medienimpulse.at/pdf/Medienimpulse\\_Medienkompetenz\\_\\_\\_Medienbildung\\_\\_\\_Medialer\\_Habitus\\_Biermann\\_20131203.pdf](http://www.medienimpulse.at/pdf/Medienimpulse_Medienkompetenz___Medienbildung___Medialer_Habitus_Biermann_20131203.pdf) (Stand: April 2018).
- [2] Feierabend, S. et al. (2014) JIM. M 12- 1 -J Deutschland. Stuttgart 2014.
- [3] Abbildung I: Auszug aus den Medienkompetenzen der Kompetenzlandkarte für Unterrichtsprinzipien und Bildungsanliegen, BMUKK 2013  
online unter: [https://bildung.bmbwf.gv.at/schulen/unterricht/uek/medien\\_kl\\_25724.pdf?61eci0](https://bildung.bmbwf.gv.at/schulen/unterricht/uek/medien_kl_25724.pdf?61eci0) Stand (17.04.2018).
- [4] NAWI 8, Kompetenzmodell der Naturwissenschaften. BIFIE, online unter: [http://www.bifie.at/wp-content/uploads/2017/06/bist\\_nawi\\_kompetenzmodell-8\\_2011-10-21.pdf](http://www.bifie.at/wp-content/uploads/2017/06/bist_nawi_kompetenzmodell-8_2011-10-21.pdf) (Stand: April 2018).
- [5] (Entwurf) Semestrierung und Kompetenzkatalog Oberstufe Physik AHS. online unter: [https://aeccp.univie.ac.at/fileadmin/user\\_upload/z\\_didaktik/AECC\\_Physik/Lehrer\\_innen/Aktuelle\\_Informationen/Entwurf\\_Semestrierung.pdf](https://aeccp.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/z_didaktik/AECC_Physik/Lehrer_innen/Aktuelle_Informationen/Entwurf_Semestrierung.pdf) (Stand Mai 2018).
- [6] Seel, N.M (2003): Psychologie des Lernens. München/Basel: Ernst Reinhardt.
- [7] Wachtel, S. (2003). Schreiben fürs Hören. Trainingstexte, Regeln und Methoden. Konstanz: UVK.
- [8] Schön, S.; Ebner, M. (2013). Gute Lernvideos ... so gelingen Web-Videos zum Lernen!. Norderstedt: Books on Demand GmbH.  
online unter: <http://www.bimsev.de/n/userfiles/downloads/gute-lernvideos.pdf> (Stand: April 2018).
- [9] Müller, C.; Hock, K. (2011). Podcasting – hörbare Evolution des Chemie- und Physikunterrichts. In: Bernolt S. (Hrsg.): Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. GDGP-Tagung Oldenburg. Berlin: Lit. Verlag Dr. W. Hopf.
- [10] Hofer, E.; Abels S.; Lembens A. (2016). Forschendes Lernen und das 5E-Modell. Plus Lucis, 2016 (1).  
online unter: <http://pluslucis.univie.ac.at/PlusLucis/161/S04.pdf> (Stand: April 2018).
- [11] Krabbe, H. (2015). Das Versuchsprotokoll als fachtypische Textsorte des Physikunterrichts. In: Schmölder-Eibinger S.; Thürmann E. (Hrsg.): Schreiben als Medium des Lernens. Kompetenzentwicklung durch Schreiben im Fachunterricht. Münster/New York: Waxmann.

# Aktives Visualisieren in Physik mit GeoGebra

## Ausgewählte Beispiele aus Mechanik, Optik, Akustik

Josef Ranz

### 1. Einleitung

In Anlehnung an Kaenders und Schmidt [2] stelle ich diesem Artikel folgende Grundidee voran:

*GeoGebra [1] ist sowohl ein wunderbar ausgeklügeltes fertiges Modellstück, aber gleichzeitig ein Baukasten mit Raum zur eigenen kreativen Gestaltung, Erforschung und Veranschaulichung – nicht nur für die Mathematik, ganz besonders auch in der Physik! GeoGebra als „Schweizermesser“ der Visualisierung in Mathematik und Physik!*

In exemplarischen Zugängen möchte ich Verstehen und „Ein-sehen“ physikalischer Grund-Zusammen-hänge und deren Auswirkungen aufzeigen. Dabei soll der Schwerpunkt auf das Entstehen eines Aha-Erlebnisses durch aktives Experimentieren mit GeoGebra gesetzt werden.

Bei den gezeigten Beispielen soll die Gesetzmäßigkeit der Natur als Ausgangspunkt dienen und dar-aus durch Nutzung des experimentellen Charakters von GeoGebra Ergebnisse und Zusammenhänge entstehen können. Dieses Experimentieren mithilfe von GeoGebra verstehe ich dabei als „Aktives Visualisieren“ im Titel dieses Beitrages.

### 2. Visualisierungen in Physik - GeoGebra als hilfreiches Werkzeug

Das Lernen mit bewegten Bildern [3] ist unbestritten eine didaktische Säule im Physikunterricht. Animationen (von lateinisch *animare* ‚zum Leben erwecken‘; *animus* ‚Geist‘, ‚Seele‘) können dabei gezielt jene Abhängigkeiten bzw. Zusammenhänge und Veränderungen in den Vordergrund rücken, die eine Basis für das Verständnis dahinter darstellen. Mittels Computerunterstützung können diese Visualisierungen zudem fast beliebig variabel, dynamisch und skalierbar aufbereitet werden. GeoGebra ist in seiner Konzeption prädestiniert, diese Aspekte optimal zu nutzen. Die besondere Stärke von GeoGebra liegt in der *interaktiven Nutzung* der integrierten Funktionalitäten:

- algebraische Möglichkeiten mittels CAS (bis zur Lösung von Differentialgleichungen)
- geometrische und funktionale Darstellung sowohl in 2D als auch 3D
- grundlegende tabellenkalkulatorische Elemente
- Einbindung graphischer und multimedialer Objekte
- Statistikmodul

Als Herzstück dienen dabei dynamische Eingabelemente („Schieberegler“), mit denen die Parameter der zugrundeliegenden Formeln dynamisiert und damit die Physik hinter den Anwendungen zum Leben erweckt werden kann. Diese Schieberegler können händisch aber auch automatisiert (mit unterschiedlicher Geschwindigkeit) die Abläufe steuern. Genau damit wird das Arbeiten mit GeoGebra wirklich zur Animation („mit Geist (Leben) erfüllt“).

Die einfache Uploadmöglichkeit der eigenen Beispiele hat die Sammlung von unterschiedlichen, meist schulbezogenen Beispielen („materials“) aus Mathematik und technisch-naturwissenschaftlichen Bereichen auf über eine Million anwachsen lassen. In dieser Sammlung finden sich neben einfachen „typischen Schulbeispielen“ auch viele hervorragende, meist didaktisch gut aufbereitete Beispiele zur Visualisierung unterschiedlicher Themen. NutzerInnen können zudem eigene „GeoGebra-Books“ als Zusammenführung einzelner Beispiele online erstellen und diese wieder ihren SchülerInnen bzw. Studierenden zur Verfügung stellen. Die technologischen Vorgaben zur standardisierten Reife- und Diplomprüfung können damit ebenfalls gut unterstützt werden [4,5].

Programme und Materialien stehen über folgende Links zur Verfügung:

- <https://de.wikipedia.org/wiki/GeoGebra/>
- <http://onlinecampus.virtuelle-ph.at/course/view.php?id=1026>
- <https://wiki.geogebra.org/de/Handbuch/>
- <https://www.geogebra.org/materials/>

### 3. Animationen als Zugänge zur „Welt der Physik“ – drei Beispiele mit GeoGebra

Anhand von drei typischen Aufgaben möchte ich hier den „experimentierenden“ Zugang zur Visualisierung aufzeigen, welcher die Vorteile der Verwendung von Animationen im Physikunterricht [6] gut darstellt.

Ziel dabei ist, einfache Modelle im Unterricht oder auch in der Ausbildung zur Verfügung zu haben, die

- das physikalische Grundprinzip deutlich zeigen
- die fertigen Formeln nicht a priori verwenden
- von SchülerInnen oder Studierenden (je nach Komplexität mit entsprechender Hilfestellung) selbst erstellt und mit denen experimentiert werden kann.

Nicht das Betrachten oder das interaktive Arbeiten mit Simulationen steht hier im Vordergrund, sondern das „learning

by doing“! Die folgenden angeführten Beispiele sind unter den jeweils angegebenen Links verfügbar.

### 3.1 Beispiel 1: Rollbahn – kürzeste Laufzeit

Ausgangspunkt ist die bekannte Frage, auf welcher Bahn ein Ball in kürzester Zeit von einem höher gelegenen Ausgangspunkt A zum Zielpunkt B rollt (Abb.1).

Der Startpunkt A und Endpunkt B können auf den beiden Achsen frei gewählt werden. Als „Normalgebildeter“ sieht man die direkte Verbindung (strichliert) nicht nur als kürzeste Strecke, sondern impliziert sie damit auch als schnellste Strecke für die Bahn eines Balls von A nach B. Welche physikalischen Überlegungen stecken hinter dieser Aufgabe?



Abb. 1: Rollbahn – Strecke A-B

i) Rahmenbedingungen:

$g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$ ; Neigung der Strecke ( $\alpha$ );  $A=(0, 6)$ ;  $B=(3\cdot\pi,0)$  (Vergleich mit Zykloidenbahn mit  $r=3$  [8]), Reibung wird vernachlässigt

ii) Überlegungen zur Laufzeit auf einer schiefen Ebene:

Aus der Bewegungsgleichung  $s = \frac{g_x}{2} \cdot t^2$  folgt mit der effektive Beschleunigung  $g_x = g \cdot \cos(\alpha)$  entlang der Bahn unter den oben genannten Bedingungen die Laufzeit für  $s_0$

$$t_{s_0} = \sqrt{\frac{2 \cdot s_0}{g \cdot \cos(\alpha)}} = 2,06 \text{ sec.} \quad [\text{Abb. 2}] \text{ zu}$$

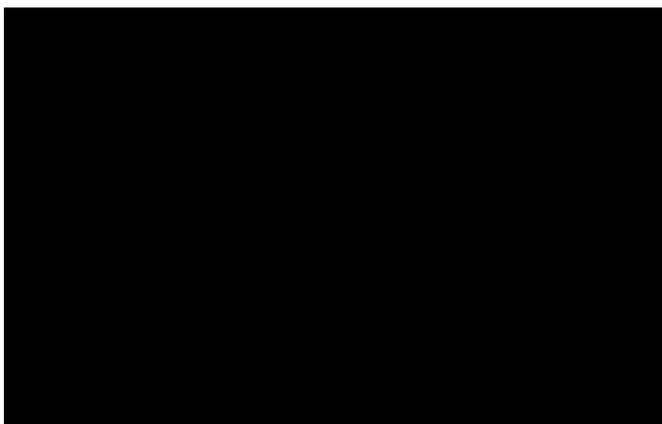


Abb. 2: Rollbahn Zeitvergleich, <https://www.geogebra.org/m/FF8Eps2>

Kernstück (und Herausforderung) dieser Aufgabe ist die Bestimmung der Laufzeit, wenn man in erster Näherung die gesuchte optimale Verbindung durch zwei lineare Streckenzüge  $s_1, s_2$  nähert. Besonderheiten von GeoGebra kommen bei diesem Teil deutlich zum Tragen:

- ein Punkt P (zur Streckenteilung) kann als *freier Punkt* in der Graphik gesetzt und anschließend beliebig mit der Maus verschoben werden (*dynamische Variationen* der Bedingungen (Streckenteilung))
- die Streckenlängen  $s_1$  und  $s_2$  können mittels *GeoGebra-Funktion* („Strecke (Punkt1, Punkt2)“) bestimmt werden
- die benötigten Steigungswinkel  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$  werden ebenso *dynamisch* durch „Messen“ ermittelt
- dynamische Beschriftungs- und Textgestaltung inklusive *LaTeX*-Unterstützung für Formeln

Die Teillaufzeiten  $t_1, t_2$  für die Strecken  $s_1, s_2$  ergeben sich aus den Bewegungsgleichung für eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung unter Berücksichtigung der Anfangsgeschwindigkeit  $v_{1,2}$  für die Strecke  $s_2$ .

$s_i(t) = s_0 + v \cdot t + \frac{g_i}{2} \cdot t^2$  mit der effektiven Beschleunigung  $g_i = g \cdot \cos(\alpha_i)$  am Streckenabschnitt  $s_i$  mit Neigung  $\alpha_i$  ist die Grundbeziehung für dieses Beispiel.

Für  $v_1$  und  $v_2$  ergeben sich

$v_1 = g_1 \cdot t_1$  und  $v_2 = v_{1,2} + g_2 \cdot t_2$ , wobei  $v_{1,2}$  den Geschwindigkeitsanteil von  $v_1$  darstellt, der beim Übergang auf  $s_2$  „mitgenommen“ wird.

$$v_{1,2} = v_1 \cdot \cos(\varphi_{1,2}).$$

Umgeformt auf  $t_i(s)$  ergeben sich die gesuchten Streckenzeiten bzw. die Gesamtzeit (Abb. 2):

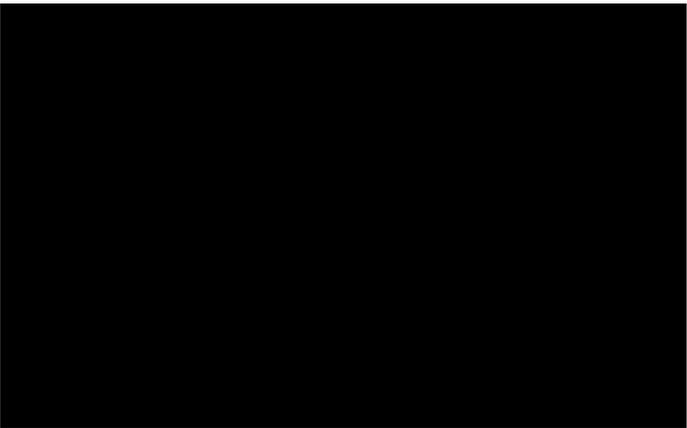
$$t_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot s_1}{g_1}} \quad \text{und} \quad t_2 = \frac{\sqrt{(2g_2 s_2 + v_{1,2}^2)} - v_2}{g_2}$$

Die physikalische „*fundamentale Idee*“, die hier spielerisch erfahrbar wird, ist das „*Aha-Erlebnis*“, dass die *kürzeste Strecke nicht immer die schnellste Strecke* sein muss.

- Weitere interessante experimentelle Erfahrungen mit dieser Aufgabenstellung erwähne ich stichwortartig:
- Näherung mit drei Teilstrecken und Vergleich mit der Zykloidenbahn (Brachistochrone [7,8]) (Abb. 3)
- Animation mit einem rollenden Ball (Abb. 4)
- Vergleich der Laufzeiten bei unterschiedlichen Startpositionen (Abb. 4)



**Abb. 3:** Zeitvergleich bei drei Strecken –Zykloide, <https://www.geogebra.org/m/mz4242pT>



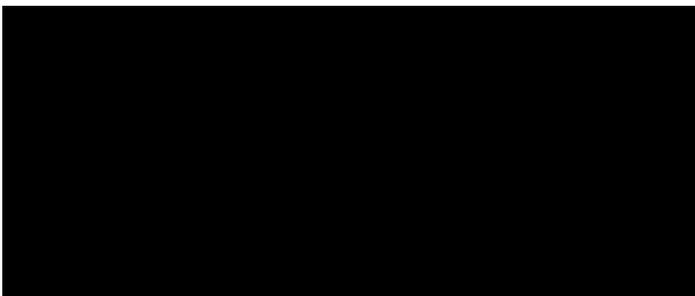
**Abb. 4:** Start- und Endpositionen zweier Bälle, <https://www.geogebra.org/m/twjt9QQr>

### 3.2 Beispiel 2: In kürzester Zeit zur Buntheit des Lichts

Neben Beispielen aus der Mechanik bietet GeoGebra auch für andere Sinne ein buntes Spektrum an Möglichkeiten für Visualisierungen und Animationen.

Dazu möchte ich als Nächstes einen experimentierenden Weg zum Erkennen des Brechungsgesetzes aufzeigen.

Leitidee für dieses Beispiel ist das Extremalprinzip für die Ausbreitung des Lichts. Demnach nimmt das Licht immer genau jenen Weg von einem Punkt A zu einem anderen Punkt B, für den die Ausbreitungszeit am kürzesten ist. Dies gilt insbesondere auch, wenn von A nach B optisch unterschiedliche Medien (Brechungsindizes  $n_1$  und  $n_2$ ) durchlaufen werden.



**Abb. 5:** Brechungsgesetz mit GeoGebra, <https://www.geogebra.org/m/ZSZMa77G>

Das Ergebnis ist das bekannte Brechungsgesetz. Der interessante Konnex zum Beispiel 1 lässt sich hier erkennen. Analog zu Mechanik-Beispiel 1 kann in der Optik das Extremalprinzip ebenfalls „spielerisch“ gefunden bzw. überprüft werden.

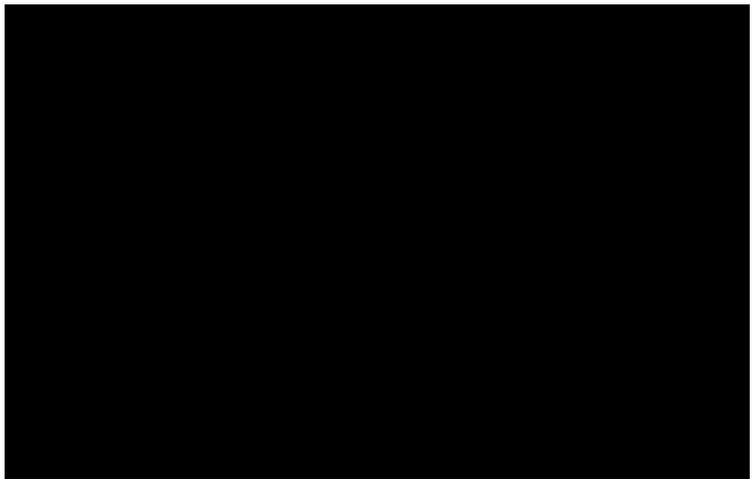
Eine allgemeine lineare Funktion wird als Grenzfläche angenommen, daneben zwei frei verschiebbare Punkte A und B in je einem der optischen Bereiche M1 und M2 (Abb. 5). Die Ausbreitungsgeschwindigkeiten  $v_1$  und  $v_2$  sind dynamisch als Schieberegler angelegt. Neben der direkten Verbindung von A nach B als Vergleichsstrecke wird eine zweite Lichtstrecke so angelegt, dass an der Grenzfläche der Lichtstrahl die Fortpflanzungsrichtung ändert. Der zugehörige frei verschiebbare „Brechungs-Punkt“ auf der Grenzfläche sei D. Gesamtzeit für den Lichtstrahl ergibt sich demnach zu:

$$t_{\text{ges}} = t_1 + t_2 = s_1/v_1 + s_2/v_2.$$

Beim *Bewegen des Punktes D* („Brechungspunkt“ von M1 auf M2) wird dabei die gesamte Ausbreitungszeit dynamisch  $t_{A,B}$  berechnet und in einem Textfenster angezeigt. Damit können die optimalen Winkel  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$  für die kürzeste Ausbreitungszeit des Lichtes „experimentell“ gefunden werden. Das bekannte Brechungsgesetz ergibt sich damit spielerisch, kann überprüft und mit dem „eigenen“ genäherten Wert verglichen werden.

Brechungsgesetz:  $\frac{\sin(\alpha_1)}{\sin(\alpha_2)} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} = 1.47059$   
 experimentelle Näherung für  $\frac{\sin(\alpha_1)}{\sin(\alpha_2)} = 1.47384$

Eine „bunte“ Verfeinerung dieses experimentierenden Arbeitens mit GeoGebra ergibt sich bei der Beschäftigung mit der Dispersion, der Abhängigkeit der Ausbreitungsgeschwindigkeit von der Frequenz und damit der Spektralfarbe. Die Grundidee dieser Visualisierung (Abb. 6) besteht darin, für die unterschiedlichen Ausbreitungsgeschwindigkeiten vom roten bis zum violetten Licht wieder „händisch“ den optimalen Winkel zu finden.



**Abb. 6:** Dispersion experimentell, <https://www.geogebra.org/m/wEdhjAPy>

Zuerst stellt man dabei den „Brechungspunkt“  $D$  für  $v_{\text{vio}}$  ein, ändert dann die Geschwindigkeit auf  $v_{\text{rot}}$  und verschiebt den Punkt  $B$  soweit, bis die kürzeste Laufzeit für rot erreicht ist.

Als sogenannte *Spur* kann der Strahl  $s_2$  für alle überstreichten Winkel  $\alpha_2$  gezeichnet werden und es entsteht eine anschauliche Fächerdarstellung. Als weiteres Feature von GeoGebra kann die *Farbgebung von Objekten* funktional abhängig und somit dynamisch gestaltet werden. Durch geeignete Umrechnung der Spurfarben kann das Farbspektrum daher eindrucksvoll „händisch“ erzeugt werden (Abb. 6).

Die Möglichkeit des *Zoomens* in GeoGebra bringt diese Darstellung zur „vollen Schönheit“ und zeigt damit exemplarisch eindrucksvoll die zusätzlichen, sehr wertvollen graphischen Möglichkeiten dieses Programms. (Abb. 7).



**Abb. 7:** Dispersion mit GeoGebra-Zoom, <https://www.geogebra.org/m/HnsKSgN6>, <https://www.geogebra.org/m/wgAGspbD>

Diese Darstellung lässt sich sowohl händisch als auch mittels automatisierter Animation erzeugen.

### 3.3 Beispiel 3: Geschwindigkeit hören

Als drittes Beispiel zum „aktiven Visualisieren“ mittels GeoGebra zeige ich einen Zugang zum klassischen Dopplereffekt (für den Fall einer bewegten Schallquelle), bei dem zusätzlich auch *Audio-Effekte* von GeoGebra genutzt werden können. Der Beobachter sei in diesem Fall genau in der Bewegungsline der Quelle angenommen.

In GeoGebra lässt sich die Visualisierung der „bewegten“ Schallwellen sehr gut als *Folge* von Kreisen darstellen, deren jeweiliger Mittelpunkt sich mit  $v_Q$  bewegt, dh. die einzelnen Mittelpunkte haben einen Abstand von  $v_Q \cdot \Delta t$ . (Abb. 8).



wMU8KhWz

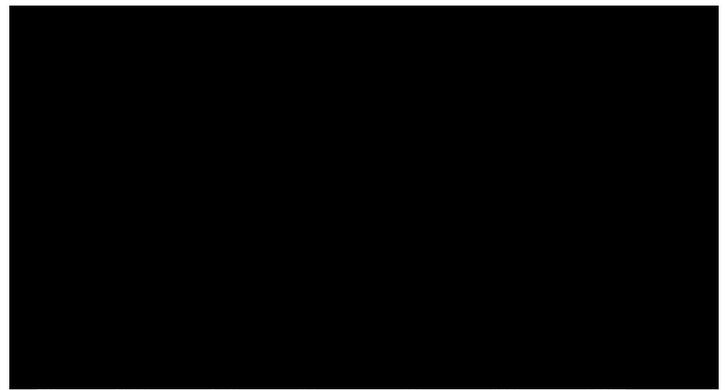
Gezeichnet werden Kreise mit den jeweiligen Mittelpunktabständen  $v_Q \cdot \Delta t$  und jeweiligen Radien  $v_s \cdot (n_1 \cdot \Delta t)$ .

Die Geschwindigkeit der Quelle  $v_Q$ , die Frequenz  $f$  bzw. Wellenlänge  $\lambda$  werden als Schieberegler dynamisch verwendet. Die Zeit selbst ist ebenso als Schieberegler angelegt. Damit lässt sich die zeitliche Abfolge der Entstehung der Kreise bzw. Schallwellen entweder

- händisch beliebig langsam erzeugen und betrachten oder
- per Animation automatisch mit frei wählbarer Zeit-Taktung sehr gut veranschaulichen.

Das „Zusammenschieben der Schallwellen“ ( $\lambda_z$ ) vor der Schallquelle und das „Auseinanderziehen der Schallwellen“ ( $\lambda_a$ ) hinter der Quelle ergibt sich aus diesen Bildern automatisch. Die Verhältnisse der Wellenlängen  $\lambda_z$  und  $\lambda_a$  vor und nach der Quelle  $\lambda_z/\lambda_a = f_a/f_z$  liefern den Frequenzsprung, den ein Beobachter hört. Damit wird hier experimentell und akustisch der hörbare Effekt (Frequenzsprung) wie aus der bekannten Dopplereffekt-Funktion  $f_B = f_Q / (1 - v_Q/v_s)$  ermittelt. Ein geschultes Ohr „hört“ damit die Geschwindigkeit eines vorbeifahrenden (schnellen) Autos. Ist z.B. bei einem Rennauto  $v_Q = 0,33 \cdot v_s$ , so ist gerade eine Oktave hörbar (Abb. 8).

Deutlich und mit kontinuierlicher Frequenzänderung ist dieser Effekt bei einem Flugzeug zu hören. In diesem Fall ist die *effektive Geschwindigkeit* der Schallquelle entsprechend aus dem Winkel  $\alpha$  zu berücksichtigen. Die Frequenz ändert sich stetig von  $f_z$  auf  $f_0$  und weiter auf  $f_a$  (Abb. 9).



**Abb. 9:** Frequenzänderung beim Flugzeug, <https://www.geogebra.org/m/SJHRJegX>

In GeoGebra kann diese kontinuierliche Frequenzänderung mittels *Audiofunktion* „*SpieleTon* (Parameter)“ zusätzlich hörbar gemacht werden. Damit kann die Realsituation eines „überfliegenden“ Flugzeugs rechnerisch, graphisch und auditiv animiert werden.

#### 4. Abschließende Bemerkungen

Das eingangs erwähnte Bild von GeoGebra als Modellstück und Baukasten (für Mathematik) sollte nach den ausgeführten Beispielen auch im Bereich der physikalischen Bildung

verdeutlicht und manifestiert sein. Aus eigener Erfahrung und aus Rückmeldung von Studierenden liefert „aktives“ Arbeiten mit GeoGebra in der angewandten Mathematik bzw. Physik nicht nur wunderbare Eindrücke sondern auch wesentliche Erkenntnisse, sowohl inhaltlicher als auch didaktischer Kategorie. Eine Rückmeldung sei abschließend zitiert: „im („aktiven“) Arbeiten mit GeoGebra hat sich mir die Welt der Fachinhalte erst richtig eröffnet“.

---

Mag. DI. Josef Ranz *Pädagogische Hochschule Steiermark*

#### Literatur

- |  |  |
|--|--|
| <p>[1] <a href="https://de.wikipedia.org/wiki/GeoGebra">https://de.wikipedia.org/wiki/GeoGebra</a></p> <p>[2] Kaenders, R., Schmidt, R., Mit GeoGebra mehr Mathematik verstehen, Vieweg+Teubner 2011</p> <p>[3] Lernen mit bewegten Bildern, in Unterricht Physik, 2013,137</p> <p>[4] Erlass des BMBF (nunmehr BMB) mit der Geschäftszahl BMBF-11.012/0260-I/3/2015,§ 18 Abs. 3, Prüfungsordnung</p> <p>[5] Zeitschrift mathematik lehren, 189, 2015, S.4</p> <p>[6] Animationen und Simulationen zur Physik, in Unterricht Physik, 2013, 137, S.44</p> | <p>[7] <a href="https://de.wikipedia.org/wiki/Brachistochrone">https://de.wikipedia.org/wiki/Brachistochrone</a></p> <p>[8] <a href="https://de.wikipedia.org/wiki/Zykloide">https://de.wikipedia.org/wiki/Zykloide</a></p> <p>[9] <a href="https://imsc.uni-graz.at/keeling/modl_ss10/projekten/Ditz.pdf">https://imsc.uni-graz.at/keeling/modl_ss10/projekten/Ditz.pdf</a></p> <p>[10] Hall, J., Lingefjärd, T., Mathematical Modeling, Applications with GeoGebra, Wiley 2017</p> |
|--|--|

Bildernachweis:

Alle Bilder sind den eigenen GeoGebra-Applets entnommen (siehe Links bei den Abbildungen)

# Digitale Zugänge zum Thema Feinstaub

Thomas Schubatzky & Claudia Haagen-Schützenhöfer

*“I’m afraid what is dramatic is that air pollution levels still remain at dangerously high levels in many parts of the world,”* Dr. Maria Neira, director of the WHO's Department of Public Health, Environmental and Social Determinants of Health, said of the study published Tuesday (Anm.: 01.05.2018). *“No doubt that air pollution represents today not only the biggest environmental risk for health, but I will clearly say that this is a major, major challenge for public health at the moment and probably one of the biggest ones we are contemplating.”* [1]

Nachrichten wie diese sind in den letzten Jahren immer häufiger zu lesen. Umweltprobleme, die mit Feinstaub in Verbindung gebracht werden sind daher in aller Munde. Dies trifft im Besonderen auch auf Teile der Steiermark und den Großraum Graz zu, in dem Grenzwertüberschreitungen beinahe auf der Tagesordnung stehen. Um Schülerinnen und Schüler als zukünftige Bürgerinnen und Bürger zu befähigen, aktiv an Diskussionen über Präventions- und Interventionsmaßnahmen in Bezug auf die Eindämmung der Feinstaubbelastung teilnehmen zu können, ist es notwendig dieses Thema auch im naturwissenschaftlichen Unterricht zu behandeln. Deshalb werden in diesem Artikel erste mögliche Vorschläge, Feinstaub im Naturwissenschafts- bzw. Physikunterricht zu thematisieren, präsentiert. Zuvor wird in einer kurzen Einleitung geklärt, wovon wir überhaupt sprechen, wenn von Feinstaub die Rede ist, und welche gesundheitlichen Auswirkungen mit der sogenannten Feinstaubbelastung in Verbindung gebracht werden können.

## 1. Feinstaub und seine gesundheitlichen Auswirkungen

Prinzipiell wird Feinstaub als ein Teil des Schwebstaubs (auf Englisch: particulate matter, daher auch die Bezeichnung PM) aufgefasst. Dieser Oberbegriff bezeichnet den Großteil der luftgetragenen Partikel. Im deutschen Sprachgebrauch hat sich die Bezeichnung Feinstaub für Partikel durchgesetzt, die in ihrem Durchmesser kleiner als  $10\mu\text{m}$  sind, deshalb auch die Bezeichnung PM10. Hier sind es wiederum besonders diese Partikel mit einem Durchmesser von kleiner als  $2,5\mu\text{m}$  - also PM 2,5 - die bis tief in die Lunge eindringen und zu negativen gesundheitlichen Auswirkungen führen können. Die Bestandteile von Feinstaub können dabei zunächst in Partikel aus anthropogenen und natürlichen Quellen unterschieden werden. Laut Schneider et al. [2] sind als wesentliche anthropogene Feinstaubquellen vor allem Verbrennungsprozesse (Verkehr, Hausbrand) und mechanische Prozesse in der Industrie relevant.

Neben der Zusammensetzung von Feinstaub sind vor allem die gesundheitlichen Auswirkungen von Feinstaub auf den menschlichen Körper von gesellschaftlichem Interesse. Diese Gesundheitsauswirkungen von Feinstaub und Luftschadstoffen werden meist mit epidemiologischen Studien untersucht.

Eine 2013 von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) veröffentlichte Analyse unterschiedlicher Studien [3] lässt einige zentrale Aussagen über die Feinstaubbelastung zu:

- Der Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber Schwebstaub und negativen Gesundheitsauswirkungen ist weit stärker als zuvor (Anm.: 2000) angenommen.
- Es konnte bislang kein Schwellenwert festgestellt werden, unter dem keine gesundheitliche Gefahr besteht. Es scheint zudem ein linearer Zusammenhang zwischen der PM 2,5-Belastung und gesundheitlichen Auswirkungen zu bestehen.
- Besonders kritische Feinstaubquellen sind Abgasemissionen des Straßenverkehrs sowie Partikel, die bei der Verbrennung von festen und flüssigen Brennstoffen entstehen (z.B. Hausbrand).
- Es ist zudem davon auszugehen, dass die Feinstaubexposition zu einer signifikanten Verkürzung der Lebenserwartung führt.

Insgesamt sind also negative gesundheitliche Auswirkungen von Feinstaub auf den Menschen nicht mehr bestreitbar. In Graz zum Beispiel belüftet sich laut Untersuchungen [4][5] die Verminderung der Lebenserwartung auf durchschnittlich 17 Monate. Laut einer aktuellen WHO-Studie ist jedoch positiv zu vermerken, dass die Feinstaubbelastung in Österreich seit dem Jahr 2003 kontinuierlich zurückgeht, im Zeitraum von 2003 bis 2018 in Summe um ca. 35%. Durch das Fehlen eines Schwellenwertes, unter dem keine negativen gesundheitlichen Auswirkungen von Feinstaub auf den Menschen gefunden werden können, ist dieses Thema somit nicht nur in (besonders) gefährdeten Gebieten relevant.

Bevor eine Möglichkeit, sich als Laie am Monitoring der Feinstaubbelastung zu beteiligen, in diesem Artikel angesprochen wird, werden unterschiedliche Varianten vorgestellt, Feinstaubkonzentrationen in der Luft zu messen.

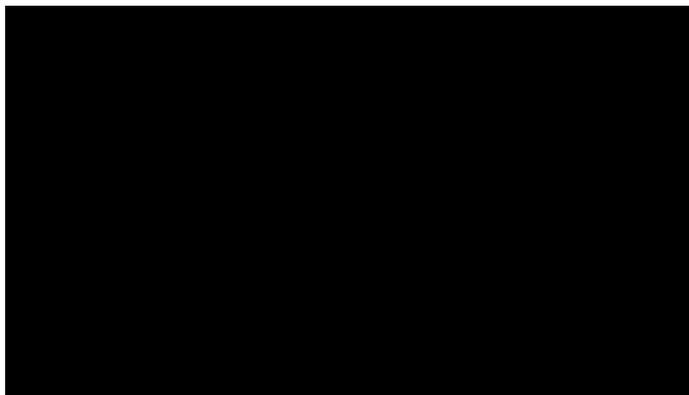
## 2. Messung von Feinstaub

Für die Messung von Feinstaubkonzentration kann im Wesentlichen auf drei unterschiedliche Verfahren zugegriffen werden, die im Folgenden beschrieben werden [6].

Das Referenzverfahren für die Messung von Feinstaubkonzentration, welches auch überwiegend in professionellen Luftmessnetzen (z.B. vom Land Steiermark) zum Einsatz kommt, ist die Gravimetrie. Dabei werden im Verlauf von 24 Stunden Partikel von bestimmten Filtern in Messstationen aufgesammelt; die Konzentration lässt sich dann aus der gewogenen Masse bestimmen. Dieses Verfahren eignet sich jedoch nicht dafür, tagesaktuelle Messwerte zu liefern.

Bei mobilen Luftgütemessstationen, wie sie zum Beispiel vom Land Steiermark eingesetzt werden, werden oftmals Messverfahren verwendet, die sich auf Beta-Absorption stützen. Hierzu befindet sich ein Beta-Strahler (meist ist dies ein schwach radioaktives C14-Präparat) unter einem Filterband, auf dem der Feinstaub gesammelt wird. Auf der gegenüberliegenden Seite des Filterbandes befindet sich ein Proportionalzählrohr, welches den Teil der Elektronen misst, welche der Feinstaub nicht absorbiert hat. Als Vorteile dieses Verfahrens gilt vor allem die von der Partikelgröße und -zusammensetzung unabhängige Messung.

Ein neues und zugleich günstigeres Verfahren zur Messung von Feinstaub stellen dagegen optische Sensoren dar. Dazu beleuchtet ein Laserstrahl einen Luftstrom, welcher so fein ist, dass die Partikel den Strahl einzeln passieren. Der durch die Partikel resultierende Streuwinkel des Laserlichts hängt dabei von der Partikelgröße ab. Aus diesem Grund ist der Detektionsbereich in rund 30 Kanäle unterteilt, deren Anordnung aus einem empirischen Modell des Streuquerschnitts abgeleitet wurde (siehe Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Optische Messung von Feinstaubpartikeln [6]

Detektiert nun das Gerät ein gestreutes Photon in einem bestimmten Kanal, kann es daraus die Partikelgröße ableiten. Auch wenn dieses Messverfahren abhängig von der Zusammensetzung und Morphologie der Partikel ist, ist es dennoch zuverlässig.

### 3. Feinstaubmessung zu Hause und in der Schule

Dieses optische Messverfahren nutzt auch das Team des Open Knowledge Labs Stuttgart für das Projekt „luftdaten.info“. Die Idee dieses Projekts zur flächendeckenden Erfassung von

Feinstaub wurde in Stuttgart geboren, der „Feinstaubhochburg Deutschlands“. Idee ist es, mithilfe der vergleichsweise günstigen optischen Sensoren ein flächendeckendes Feinstaubnetzwerk aufzubauen. Die so erhobenen Daten sollen ganz im Sinne der Open-Data-Bewegung für alle Personen frei zugänglich sein. Die aktuelle, mit dieser Methode gemessene Feinstaubkonzentration ist somit jederzeit über die Homepage [maps.luftdaten.info](http://maps.luftdaten.info) des OK-Labs Stuttgart aufrufbar.

Das Team rund um [luftdaten.info](http://luftdaten.info) fährt dazu jedoch nicht rund um die Welt und installiert die Sensoren selbst, sondern lädt interessierte BürgerInnen ein, selbst Messstationen zu bauen und zu Hause zu installieren. Für den Bau einer Messstation werden neben der Elektronik handelsübliche Materialien aus dem Baumarkt benötigt. Abbildung 2 zeigt eine „fertige Messstation“ in Graz. Die Basis der Messstation des Projekts „luftdaten.info“ besteht aus dem Feinstaubsensor SD011, einem Temperatur- und Luftfeuchtigkeitssensor DHT22, einem NodeMCU ESP8266 sowie einem Regenschutz aus Abwasserrohren. Der Preis einer gesamten Messstation beläuft sich dabei nach Angaben von [luftdaten.info](http://luftdaten.info) in der günstigsten Variante auf ca. 26 Euro. Die Elektronikteile der Messstation können dabei über Online-Anbieter wie Amazon, Ebay oder alibaba.com bezogen werden. Die Schutzvorrichtung ist einfach in einem Baumarkt zu beziehen. Eine ausführliche Beschreibung, wie die Messstation gebaut werden kann, finden Sie unter [luftdaten.info/feinstaubsensor-bauen/](http://luftdaten.info/feinstaubsensor-bauen/).



**Abbildung 2:** Feinstaub-Messstation in Graz

Bei dem in der Station eingesetzten DHT22 handelt es sich um einen kombinierten Sensor, der aus einem Thermistor, mit dem Temperatur gemessen wird, und einem kapazitiven Luftfeuchtigkeitssensor besteht.

Der Feinstaubsensor SD011 funktioniert nach dem oben beschriebenen optischen Messverfahren zur Feinstaubkonzentration. Die Messwerte dieses Sensors weisen laut der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg an Tagen mit einer mittleren Luftfeuchtigkeit von ca. 50-70% relativer Luftfeuchte und einer Staubbelastung unter  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eine zufriedenstellende Korrelation zu einem Profigerät auf [7]. Für die restlichen Tage zeigen sich Abweichungen, die in der Analyse der Feinstaubkonzentrationen in jedem Fall berücksichtigt werden müssen. Die Skala  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  kann in diesen Fällen also nur als Orientierung dienen. Laut Homepage von

„luftdaten.info“ wird jedoch bereits an einer Feuchtekorrektur gearbeitet.

Das NodeMCU ESP8266 ist ein Mikrocontroller, mit dem die Möglichkeit besteht eine Verbindung zu einem lokalen W-LAN herzustellen, um die gemessenen Daten schließlich übertragen zu können.

Nach erfolgreichem Aufbau der Messstation, dem Anschließen an eine Steckdose und Übermittlung des Standorts an das Team von „luftdaten.info“ sendet die Messstation alle 10 Sekunden Daten über das eigene W-LAN. Diese Daten sind schließlich auf [maps.luftdaten.info](https://maps.luftdaten.info) für jeden frei einzusehen.

Diese Variante von Citizen Science, die eine Form der offenen Wissenschaft bezeichnet, bei der auch Laien an Forschungsprojekten teilnehmen, bietet sich als eine gute Möglichkeit an, neben dem Thema Feinstaub auch Sensorik im naturwissenschaftlichen Unterricht zu thematisieren. Als sogenanntes „Querschnittsthema“, bei dem Kompetenzen aus unterschiedlichsten (naturwissenschaftlichen) Gebieten angesprochen werden, bietet sich für den Physikunterricht vor allem die Thematisierung des Messprozesses und der Sensorik an. Im Folgenden werden einige Vorschläge dargestellt, wie dies im Physikunterricht umgesetzt werden kann.

#### 4. Unterrichtsvorschläge rund um die Feinstaub-Messstation von luftdaten.info

Aus internationalen Vergleichsstudien wird deutlich, dass österreichische Schülerinnen und Schüler relative Stärken aufweisen, wenn es um Kenntnis und Verständnis der wichtigsten naturwissenschaftlichen Inhalte der Sekundarstufe I (deklaratives Wissen) geht. Betrachtet man hingegen die Ergebnisse zu prozeduralem Wissen, sprich der Kenntnis über naturwissenschaftliche Standardverfahren, so liegt hier der österreichische Mittelwert signifikant unter dem OECD-Durchschnitt [8]. Es geht sogar so weit, dass in keinem der teilnehmenden Länder die Differenz zwischen deklarativem und prozeduralem Wissen größer ist als in Österreich. Auf eine fehlende Verankerung in österreichischen Kompetenzmodellen für den naturwissenschaftlichen Unterricht kann dieser Aspekt nicht zurückgeführt werden, so sind zum Beispiel folgende Aspekte im Kompetenzmodell Naturwissenschaften der 8. Schulstufe [9] verankert:

- Daten und Ergebnisse von Untersuchungen analysieren (ordnen, vergleichen, Abhängigkeiten feststellen) und interpretieren;
- Daten, Fakten und Ergebnisse aus verschiedenen Quellen aus naturwissenschaftlicher Sicht bewerten und Schlüsse daraus ziehen.

Ein Blick in den Lehrplan der Oberstufe Neu [10] zeigt neben ähnlichen Formulierungen bezogen auf den Umgang mit Daten folgende Formulierungen:

- ... dem verantwortungsbewussten Umgang mit der Umwelt und der verantwortlichen, rationalen Mitwirkung an gesellschaftlichen Entscheidungen fachspezifisch beizutragen;
- Im Physikunterricht sind moderne Medien und Technologien einzusetzen (insbesondere elektronische Messwerterfassung, interaktive Simulationen, Datenauswertung und -analyse und Modellbildung);

Die Analyse und Interpretation von Daten findet dennoch nur zu einem kleinen Teil Einzug in den naturwissenschaftlichen Unterricht Österreichs, weshalb die im folgenden vorgestellten Unterrichtsvorschläge vor allem auf diese Kompetenzbereiche abzielen.

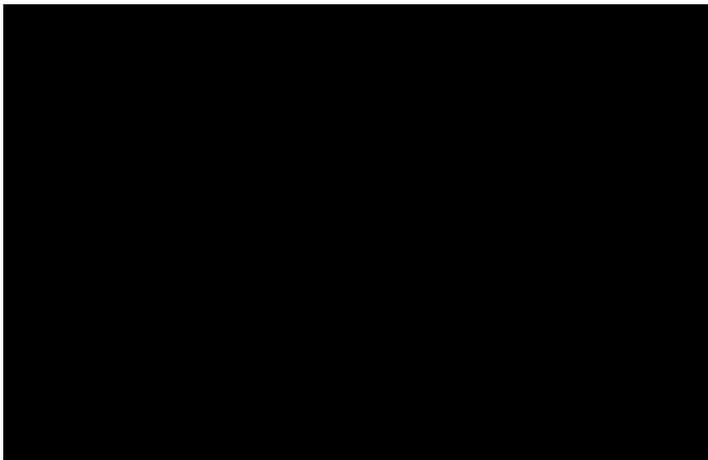
Vor allem für den Physikunterricht der Sekundarstufe II bieten sich mehrere Varianten an, die Messung und insbesondere die Analyse von Feinstaubdaten umzusetzen. Einerseits können einfache Temperatur-, Luftfeuchtigkeits- und Feinstaubmessungen mit dem Arduino UNO oder ähnlichen Mikrocontrollern im Unterricht durchgeführt werden, andererseits gibt es Möglichkeiten der Datenauswertung auf Basis von „luftdaten.info“.

#### 5. Elektronische Messwerterfassung und Errichtung einer schuleigenen Feinstaub-Messstation

Die offensichtlichste Möglichkeit, die Messung von Feinstaubkonzentrationen im naturwissenschaftlichen Unterricht einfließen zu lassen, stellt die Errichtung einer eigenen, in das Messnetzwerk von [luftdaten.info](https://luftdaten.info) integrierten Messstation rund um das eigene Schulgebäude dar. Als Langzeitprojekt konzipiert lässt sich so die Feinstaubkonzentration direkt am Schulstandort verfolgen und in den Folgejahren auch Jahreszeiten- oder Jahresvergleiche durchführen. Um Schülerinnen und Schüler mit den verwendeten Sensoren und Technik vertraut zu machen, bietet es sich als ersten Schritt an, einfache Messungen im oder um das eigene Schulhaus durchzuführen. Die elektronische Messwerterfassung ist vor allem mit günstigen Mikrocontrollern, wie zum Beispiel dem Arduino UNO möglich. In Abbildung 3 finden Sie einen beispielhaften Aufbau für einfache Feinstaubkonzentrationsmessungen.

In einer fächerübergreifenden Variante Physik - Informatik können die Schülerinnen und Schüler ihre eigenen SDS011-Stationen im Informatikunterricht anfertigen und programmieren, während im Physikunterricht die Funktionsweise der Sensoren geklärt wird. Für erste Messungen bieten sich dann Bereiche in und rund um die Schule an. Verfügen die Schülerinnen und Schüler über keine entsprechenden Programmierkenntnisse, finden sich im Internet diverse Anleitungen und sogenannte Sketches [11], die als Vorlage dienen und auch ohne Detailkenntnisse leicht umgesetzt werden können. Als weiterführende Aktivität bietet sich der zusätzliche Einbau eines Data-Logging-Shields an, bei

dem die ermittelten Messwerte direkt auf einer SD-Karte mit einer Zeitmarke versehen gespeichert werden (siehe Abbildung 3). Regelt man die Stromversorgung dieser transportablen Messstation zum Beispiel mittels einer Powerbank, so lassen sich über mehrere Stunden hinweg Messungen durchführen. Prinzipiell sind hier weitere Erweiterungen denkbar und sinnvoll (wie zum Beispiel um weitere Umweltsensoren oder ein GPS-Shield, um auch ortsbezogene Daten zu erhalten), würden an dieser Stelle jedoch den Rahmen dieses Artikels sprengen.



**Abbildung 3:** schematischer Aufbau einer Feinstaubkonzentrationsmessung mit einem Arduino UNO und optionalem SD-Card Shield [11]

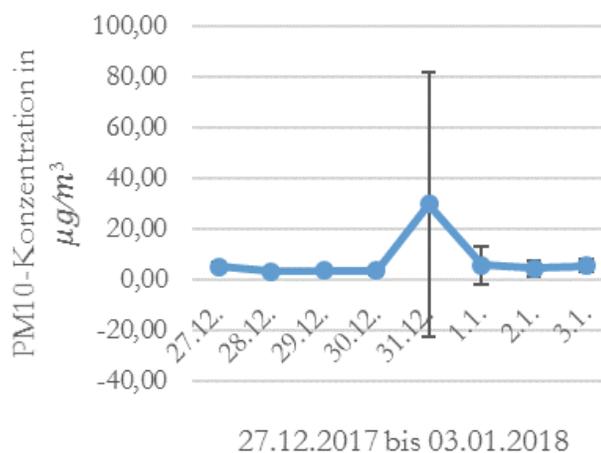
In einem weiteren Unterrichtsvorschlag steht die Datenauswertung und –analyse basierend auf elektronisch erfassten Messwerten sowie deren graphische Darstellung im Vordergrund.

Das Team des OK-Labs Stuttgart stellt die aktuellen Feinstaubkonzentrationsmessungen aller teilnehmenden Sensoren nicht nur auf ihrer Homepage dar, sondern stellt sämtliche Daten aller teilnehmenden Sensoren frei zugänglich zur Verfügung. Diese vergleichsweise großen Datenmengen können nun die Grundlage unterschiedlichster Untersuchungen für den Physikunterricht, vor allem aber für fächerübergreifende Projekte, bieten. Im folgenden Abschnitt wird eine mögliche von vielen denkbaren Varianten dargestellt, wie eine Thematisierung im Unterricht aussehen kann.

## 6. Feinstaubkonzentration und Silvester

Die Schülerinnen und Schüler werden in Gruppen eingeteilt und untersuchen, welchen Einfluss Silvesterfeuerwerke auf die Feinstaubkonzentration haben. Dazu wählen sie auf der Seite [maps.luftdaten.info](http://maps.luftdaten.info) einen Feinstaubsensor aus (im Beispiel wurde ein Sensor in der Nähe des Österreicherplatzes in Stuttgart gewählt) und laden auf der Seite [archive.luftdaten.info](http://archive.luftdaten.info) die jeweiligen Sensordaten für den Zeitraum vom 27.12. bis zum 3.1. herunter. Die Messdaten werden in Form von csv-Files zur Verfügung gestellt und werden von den Lernenden in einem ersten Schritt mit einem Tabellenkalkulationsprogramm, wie zum Beispiel Microsoft Excel, geöffnet. Für die Durchführung

ist hierbei vor allem darauf zu achten, dass bei den Daten als Dezimaltrennzeichen standardmäßig ein Punkt statt eines für uns üblichen Kommas verwendet wird. Das so erhaltene Datenfile beinhaltet neben den Koordinaten, an denen der Sensor platziert ist, zusätzlich die jeweiligen durch den Sensor gemessenen PM10- (Spalte P1) und PM2,5-Werte (Spalte P2). In weiteren Schritten ermitteln die Schülerinnen und Schüler jeweilige Tagesmittelwerte der PM10-Konzentration inklusive der Standardabweichung und stellen schließlich die zeitliche Entwicklung der Tagesmittelwerte über den gesamten Zeitraum hinweg graphisch dar. Ein mögliches Ergebnis ist in Abbildung 4 zu sehen. Besonders spannend ist in diesem Beispiel vor allem der Wert der PM10-Konzentration am 31.12.

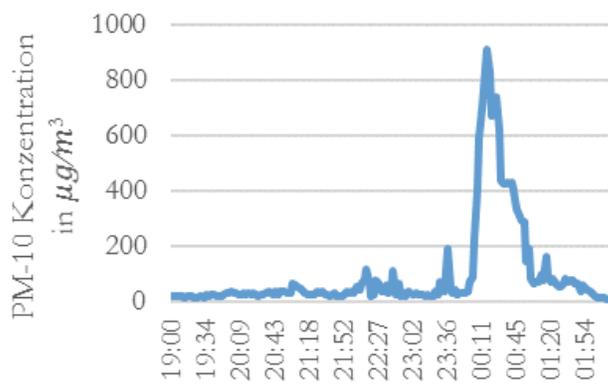


**Abbildung 4:** Tagesmittelwerte der PM10 Konzentrationen

Liegt der Tagesmittelwert mit 29,89 schon um einiges höher als im Vergleich zu den Vortagen, gibt die Standardabweichung von 103,08 klare Hinweise auf größere Abweichungen.

Deshalb stellen die Schülerinnen und Schüler in einem nächsten Arbeitsauftrag den PM10-Verlauf in einem Zeitintervall von rund acht Stunden rund um die Jahreswende graphisch, zum Beispiel mit einem Tabellenkalkulationsprogramm wie Microsoft Excel, dar und interpretieren diesen. Eine Möglichkeit der graphischen Darstellung sehen Sie in Abbildung 5 (Achtung: Die von [archive.luftdaten.info](http://archive.luftdaten.info) heruntergeladenen Daten sind mit einem UTC-Zeitstempel versehen, bei Winterzeit müssen also noch zwei Stunden dazugerechnet werden)

Abschließend sollen die Schülergruppen die jeweiligen Ergebnisse der gesamten Klasse präsentieren und im Plenum eine Gesamtinterpretation der Daten, auch hinsichtlich der Messgenauigkeit, formulieren. Danach werden, ausgehend von dieser Interpretation, in den Gruppen die Auswirkungen und die Möglichkeiten für eine Eindämmung dieser Feinstaubkonzentration rund um die Jahreswende diskutiert. Diese Handlungsoptionen sollen wiederum im Plenum zusammengeführt und hinsichtlich ihrer Sinnhaftigkeit und Relevanz besprochen werden.



**Abbildung 5:** Verlauf der PM-10 Konzentration rund um die Jahreswende 2017/18

## 7. Fazit und Ausblick

Feinstaubbelastung ist ein aktuelles und relevantes Thema, das auch medial immer wieder im Fokus steht. Als Gründe für die so verursachte anthropogene Luftverschmutzung werden neben Industrie vor allem Hausbrand (sprich Fest- und Flüssigstoffheizungen) und der Verkehr angeführt. Um Schülerinnen und Schüler zu befähigen, als zukünftige Bürgerinnen und Bürger an Diskussionen rund um das Thema

Feinstaub teilnehmen zu können um letztendlich im persönlichen und regionalen Raum Handlungsoptionen zu finden, welche die Situation entlasten können, erscheint es deshalb notwendig, dieses Thema auch in den naturwissenschaftlichen Unterricht einfließen zu lassen. Als Querschnittsthema bietet „Feinstaub“ exzellente Möglichkeiten für fächerübergreifenden Unterricht, aber auch physikspezifische Aspekte lassen sich leicht finden. Die in diesem Beitrag vorgestellten Unterrichtsvorschläge stellen erste Anknüpfungspunkte für eine Thematisierung von Feinstaub im Unterricht dar, die ihren Fokus auf die Analyse und Interpretation von Daten legen. Weiterführend wären unterschiedliche Szenarien denkbar: Die Analyse und Interpretation der schuleigenen Feinstaubmessstation-Daten, die Analyse des Einflusses von bestimmten Wetterlagen (wie zum Beispiel Inversionswetterlagen) auf die Feinstaubkonzentration oder die vergleichende Untersuchung der Feinstaubkonzentration in unterschiedlichen Städten.

Thomas Schubatzky *Karl-Franzens-Universität Graz,*  
*Institut für Physik, Fachbereich Physikdidaktik*

Claudia Haagen-Schützenhöfer *Karl-Franzens-Universität*  
*Graz, Institut für Physik, Fachbereich Physikdidaktik*

## Literatur

- [1] <https://edition.cnn.com/2018/05/01/health/air-pollution-cities-who-study/index.html>, zuletzt aufgerufen am 03.05.2018
- [2] Schneider et al. (2006) Schwebstaub in Österreich, Umweltbundesamt GmbH
- [3] World Health Organization (2013) Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project
- [4] Spangl, Nagl, Schneider & Kaiser (2006) Herkunftsanalyse der PM10-Belastung in Österreich, Umweltbundesamt GmbH
- [5] Spangl, Schneider, Moosmann, Ansorge & Gassner (2010) Gesundheitsauswirkungen der PM2,5-Exposition – Steiermark, Umweltbundesamt
- [6] Vogel (2012) Wächter der Luft, Physik im Alltag, 1/2012, S.44-45
- [7] Landesamt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (2017) Messungen mit dem Feinstaubsensor SDS011, [http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/268831/messungen\\_mit\\_dem\\_feinstaubsensor\\_sds011.pdf?command=downloadContent&filename=messungen\\_mit\\_dem\\_feinstaubsensor\\_sds011.pdf](http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/268831/messungen_mit_dem_feinstaubsensor_sds011.pdf?command=downloadContent&filename=messungen_mit_dem_feinstaubsensor_sds011.pdf), zuletzt aufgerufen am 21.5.2018
- [8] Suchán, Breit (2015) PISA 2015, Grundkompetenzen am Ende der Pflichtschulzeit im internationalen Vergleich, [https://www.bifie.at/wp-content/uploads/2017/04/PISA15\\_Erstbericht\\_Gesamt\\_final\\_web.pdf](https://www.bifie.at/wp-content/uploads/2017/04/PISA15_Erstbericht_Gesamt_final_web.pdf), zuletzt aufgerufen am 18.5.2018
- [9] Bifie (2011) Kompetenzmodell Naturwissenschaften 8.Schulstufe, [http://www.bifie.at/wp-content/uploads/2017/06/bist\\_nawi\\_kompetenzmodell-8\\_2011-10-21.pdf](http://www.bifie.at/wp-content/uploads/2017/06/bist_nawi_kompetenzmodell-8_2011-10-21.pdf), zuletzt aufgerufen am 18.5.2018
- [10] <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568>
- [11] <http://opengeiger.de/Feinstaub/FeinstaubDatenLogger.pdf>

# „WhatsApp, Prof?“

## Instant-Messaging-Dienste im Physikunterricht

Julia Sorschag

Smartphones spielen in der heutigen Zeit – und vor allem in der Welt der Jugendlichen – eine bedeutende Rolle und finden dementsprechend auch zunehmend Einzug ins Klassenzimmer. Ein Alltag ohne Snapchat, Instagram, WhatsApp oder Facebook scheint geradezu unvorstellbar. Doch welche Möglichkeiten bieten solche Instant-Messaging-Dienste für den Unterricht?

Trotz der enormen Alltagspräsenz diverser Instant-Messaging-Dienste ist deren unterrichtlicher Einsatz bislang weitgehend unerforscht. Einige Studien behandelten bereits den Einsatz von WhatsApp zum Zwecke der Kommunikation zwischen Studentinnen und Studenten und deren Lehrkräften an Universitäten, wobei sich eine Steigerung der Kommunikation und aktiven Beteiligung an Kursen seitens der Studierenden zeigte [1], [2]. Zudem liegen vereinzelt Artikel zur Verwendung von Instant-Messaging-Diensten für den Unterricht vor [3]. Deren Einsatz speziell für den Physikunterricht stellt allerdings noch eine klare Forschungslücke dar. Demnach war es Ziel meiner Diplomarbeit „WhatsApp, Prof?“ – Instant-Messaging-Dienste im Physikunterricht [4] – betreut von Dr. Gerhard Rath an der Karl-Franzens-Universität in Graz – erste Einblicke in die Verwendung von klasseninternen WhatsApp-Gruppen für den Physikunterricht zu geben. Die dabei untersuchten Einsatzmöglichkeiten sowie die damit verbundenen Auswirkungen auf die Lehrer-Schüler-Kommunikation einerseits und auf Hausaufgaben andererseits, sollen in diesem Artikel überblicksmäßig dargestellt werden.

### 1. Untersuchung

Die im Rahmen der Diplomarbeit durchgeführten Untersuchungen wurden in Kooperation mit einem Realgymnasium durchgeführt und involvierten zwei Klassen aus unterschiedlichen Schulstufen, eine 4. Klasse und eine 6. Klasse.

In der 4. Klasse wurde das Geschehen einer bereits existierenden WhatsApp-Gruppe über ein gesamtes Semester hinweg verfolgt. Diese Gruppe wurde ohne konkrete Forschungsabsicht gegründet und vor allem für Hausübungsabgaben und zwanglosen Austausch zwischen den Schülerinnen und Schülern und deren Lehrer genutzt. Der entstandene Chatverlauf wurde nachträglich transkribiert und analysiert und bildete zugleich den Ausgangspunkt der Untersuchung. Zudem wurde in dieser Klasse nachträglich ein Fragebogen durchgeführt, um die Erfahrungen und Meinungen der Schülerinnen und Schüler zum unterrichtlichen Einsatz von WhatsApp zu erfassen.

Um einen tieferen Einblick in den Einfluss von WhatsApp auf die Hausübungsdurchführung und -abgabe zu erlangen, wurde zudem eine Vergleichsstudie in der 6. Klasse durchgeführt, welche ebenfalls durch einen Fragebogen begleitet wurde. Dabei wurden unmittelbar nacheinander zwei Hausaufgaben mit einer Bearbeitungsdauer von je einer Woche im Physikunterricht erteilt, wobei die Hausübungsdokumentation und -abgabe via WhatsApp mit einer klassischen Variante – dem Protokoll – verglichen wurde.

### 2. Einsatzmöglichkeiten

Die Einsatzmöglichkeiten von Instant-Messaging-Diensten für Hausaufgaben im Unterrichtsfach Physik gestalten sich enorm vielseitig. Insbesondere einfache Experimente wie „Freihandversuche“, kurze Rechercheaufgaben sowie etwaige Beobachtungen der Umwelt eignen sich ideal zur Dokumentation mittels Video, Tonaufnahme oder Foto und anschließender Abgabe via WhatsApp. Zudem lassen sich viele Experimente, die sperrige Küchengeräte wie Mikrowellen oder Gefrierschränke erfordern, bedeutend einfacher im Haushalt realisieren als im Rahmen des Physikunterrichts. Exemplarisch möchte ich hierzu ein Experiment im Detail darstellen, welches im Zuge der Vergleichsstudie als Hausaufgabe konzipiert und umgesetzt wurde.

Die Hausaufgabe Phasenübergänge bei Wasser besteht darin, in den eigenen vier Wänden und mittels weniger Handgriffe eine kleine Entsalzungsanlage zu bauen [5]. Die für dieses Experiment benötigten Materialien beschränken sich auf einen mit Salzwasser gefüllten Topf, einen zu großen Deckel sowie eine Schüssel als Auffangbehälter.



Abbildung 1: Versuchsaufbau und -ausgang des Experiments

Die Haushaltsgegenstände werden entsprechend der Versuchsanordnung in Abbildung 1 auf dem heimischen Herd arrangiert. Anschließend wird die Herdplatte auf höchster Stufe eingeschaltet und das Wasser zum Sieden gebracht.

Nach etwa 15 Minuten ist das gesamte Wasser verdampft – das Wasser sammelt sich im Auffangbehälter und das Salz bleibt im Kochtopf zurück. Die Aufgabenstellung für die Schülerinnen und Schüler besteht nun darin, das Experiment selbstständig zuhause durchzuführen und via WhatsApp – bzw. mittels Protokoll – zu dokumentieren.

#### Aufgabenstellung via WhatsApp:

1. Fotografiere oder filme deinen Versuchsaufbau und stelle ihn in die WhatsApp-Gruppe. (Welche Haushaltsgegenstände hast du verwendet? Hast du Verbesserungen/Modifikationen vorgenommen?)
2. Protokolliere auch deine Beobachtungen mittels WhatsApp (Fotos, Videos, Tonaufnahmen...). Wie du das machst, liegt ganz bei dir. (Was konntest du feststellen? Wie viel Wasser war am Ende noch übrig? Wie lange dauerte das Experiment?)

#### Kasten 1

Die Art der Dokumentation der Beobachtungen wurde den Schülerinnen und Schülern dabei im Rahmen der Vergleichsstudie vollkommen freigestellt und reichte von Fotos über Videos bis hin zu simplen Textnachrichten.

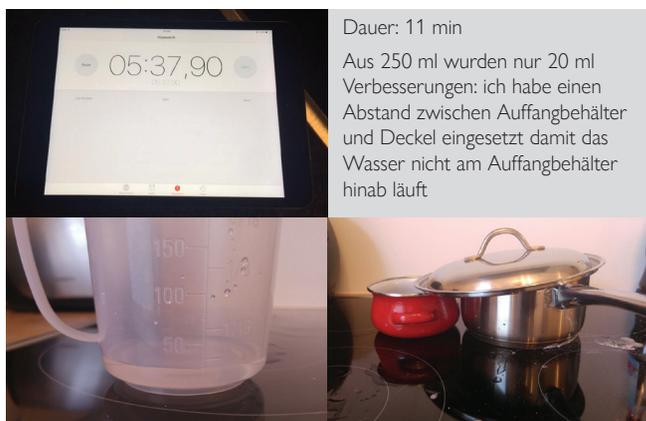


Abbildung 2: Auszug aus den WhatsApp-Abgaben der Jugendlichen

### 3. Resultate

#### 3.1 Auswirkungen auf die Kommunikation

Die Lehrer-Schüler-Kommunikation innerhalb der WhatsApp-Gruppe der 4. Klasse präsentierte sich sehr informell und humorvoll. Auch die Jugendlichen beschrieben den Austausch mit der Lehrkraft via WhatsApp im Zuge des Fragebogens als entspannter, lockerer sowie „eher auf Augenhöhe“. Dies zeigt sich beispielsweise in folgender spätabendlichen Notendiskussion:

Tabelle 1

Schüler:	Was soll ich noch für ein punkt machen? Stehe auf 2,03
Schülerin:	Du kannst die Zusammenfassung von der Sternwarte schicken
Schüler:	Für 1 punkt so viel ;)
[...]	
Lehrer:	Tuats nur wos für eure Punkte!
Schüler:	Reicht ein sternbild?
Lehrer:	Ein schönes Foto schnell gemacht, ein Pünktchen von der Liste lacht!

Schüler:	;)
Schüler:	Bin zu müde jetzt raus zu gehob. Morgen mathe ich das schöne bild. Gute Nacht!
Schüler:	PS: ich hasse auto-correct
Lehrer:	Keine Sterne jetzt zu sehen, Morgen musst du früh aufstehen. Venus, Mond und Sternenschar, und schon ist der Einser da!

Wie auch in diesem Auszug ersichtlich, gestaltete sich die Kommunikation in der WhatsApp-Gruppe – trotz des hohen Maßes an Informalität – durchwegs höflich. Die Ausdrucksweise der Schülerinnen und Schüler erschien zu keinem Zeitpunkt unangemessen. Allerdings wurde ein mit der Verwendung von Instant-Messaging-Diensten einhergehendes Risiko des Sprachverfalls sichtbar. Besonders markant zeigte sich eine Vernachlässigung und auch teilweise falsche Verwendung der Groß- und Kleinschreibung seitens der Jugendlichen. Überdies konnten auch vermehrt Rechtschreibfehler und Tippfehler vermerkt werden. Demzufolge sollte der Sprachaspekt bei der Planung eines Instant-Messaging-Einsatzes auf jeden Fall mitberücksichtigt werden. Als Präventionsmaßnahme könnte beispielsweise eine Art „Sprachpolizei“ eingeführt werden, indem eine Gruppe von Jugendlichen mit der Überwachung von gemeinsam fixierten Regeln betreffend Umgangsformen, sowie Rechtschreibung und Grammatik, beauftragt wird.

#### 3.2 Auswirkungen auf Hausaufgaben

Im Zuge der Vergleichsstudie zeigte sich auch ein merklicher Einfluss des WhatsApp-Einsatzes auf die Hausübungsdurchführung und -abgabe. Vor allem konnten bei der qualitativen Analyse der Hausübungsabgaben der Jugendlichen charakteristische Merkmale festgemacht werden, die mit einer Verwendung von WhatsApp-Gruppen für Hausaufgaben einhergehen.

- **Orientierung an vorangegangenen Abgaben**

Ein charakteristisches Merkmal stellt die starke Orientierung der Schülerinnen und Schüler an vorangegangenen Hausübungsabgaben in der WhatsApp-Gruppe dar, womit eine große strukturelle und inhaltliche Ähnlichkeit der Abgaben einhergeht.

- **Hilfestellung durch vorangegangene Abgaben**

Die vorangegangenen Abgaben stellen zugleich eine Hilfestellung für die Jugendlichen dar. Sie bieten Anstöße für mögliche Lösungswege sowie eine Vergleichsmöglichkeit mit der eigenen Lösung.

- **zeitliche und örtliche Flexibilität**

Sowohl die Hausübungserteilung als auch die Abgabe kann jederzeit via WhatsApp erfolgen und ist demnach sogar unabhängig von der unterrichtlichen Anwesenheit einzelner Schülerinnen oder Schüler.

- **unmittelbares Feedback**

Durch den Einsatz von WhatsApp eröffnet sich die Möglichkeit eines unmittelbaren Feedbacks. Zum einen ist mit den Abgaben der Jugendlichen via WhatsApp ein

ständiges Feedback für die Lehrkraft verbunden, zum anderen kann die Lehrkraft unmittelbar auf Abgaben reagieren und individuell Rückmeldungen geben.

- **Anmerkungen und Ergänzungen**

Die Verwendung von WhatsApp bietet für die Lehrkraft die Möglichkeit, jederzeit nachträglich Anmerkungen oder Ergänzungen einzubringen.

- **Kontaktieren der Lehrkraft**

Gleichzeitig haben auch die Schülerinnen und Schüler die Gelegenheit, sich außerhalb der Unterrichtszeit bei auftretenden Fragen oder Unklarheiten quasi rund um die Uhr an die Lehrkraft zu wenden.

- **Erinnerung an Hausaufgaben**

Mit der Abgabe innerhalb der WhatsApp-Gruppe geht für die Jugendlichen auch eine automatische Erinnerung an Hausaufgaben einher.

## 4. Fazit

Der Einsatz von Instant-Messaging-Gruppen birgt ein großes Potential für den Physikunterricht und ist mit einer Vielzahl von Vorteilen wie der enormen zeitlichen und örtlichen Flexibilität, der Möglichkeit des unmittelbaren Feedbacks seitens der Lehrkraft und der ständigen Erreichbarkeit der Lehrperson für die Schülerinnen und Schüler verbunden. Allerdings wurden im Zuge der Untersuchung auch Gefahren und Schwierigkeiten sichtbar. Beispielsweise besteht – wie bereits aufgezeigt – das Risiko des Sprachverfalls. Zudem wurde im Laufe der Untersuchung mehrfach die Gefahr des Verschimmens von Schule und Freizeit deutlich, was sich indirekt auch in der vorangegangenen Aufzählung von Merkmalen WhatsApp-basierter Hausaufgaben widerspiegelt. Wenngleich sich viele dieser Schwierigkeiten mit geeigneten Lösungsstrategien durchaus umschiffen lassen, empfehlen wir Instant-Messaging-Dienste mit Bedacht und in erster Linie ergänzend im Unterricht einzusetzen.

---

Julia Sorschag *Karl-Franzens-Universität Graz*

## Literatur

- [1] Cifuentes, O. E. & Lents, N. H. (2010). Increasing Student-Teacher Interactions at an Urban Commuter Campus through Instant Messaging and Online Office Hours. *Electronic Journal of Science Education*, 14 (1), S. 1-13.
- [2] Rambe R. & Bere, A. (2013). Using mobile instant messaging to leverage learner participation and transform pedagogy at a South African University of Technology. *British Journal of Educational Technology*, 44(4), S. 544-561.
- [3] Bouhnik, D. & Deshen, M. (2014). WhatsApp goes to school: Mobile instant messaging between teachers and students. *Journal of Information Technology Education: Research*, 13, S. 217-231.
- [4] Sorschag, J. (2016). „WhatsApp, Prof?“ – Instant-Messaging-Dienste im Physikunterricht. Diplomarbeit, Karl-Franzens-Universität Graz.
- [5] Winston, R., Graham, I. & Goldsmith, M. (2012). *Cooler Experimente für zu Hause*. München: Dorling Kindersle.

# Smartphone Technologie im Physikunterricht

Thomas Lichtenwagner & Gerhard Rath

Wie im Grundlagenartikel von Jochen Kuhn in diesem Heft beschrieben, können Smartphones im Physikunterricht zu verschiedensten Zwecken eingesetzt werden. Eine weitere naheliegende Anwendung wäre, das Smartphone als technisch-physikalisches Objekt anzusprechen. Der Einbezug der technologischen Betrachtungsweise wird schon seit vielen Jahren gefordert, beispielsweise von Aufenanger [1], der diese zur „Medienbildung“ zählt. In neuerer Zeit sind verschiedene Kompetenzmodelle konzipiert worden, welche die notwendigen Fähigkeiten zur sinnvollen Integration moderner Technologien in den Unterricht beschreiben. Beispiele dafür sind das ICT (information and communication technology) Competency Framework for Teachers, (UNESCO 2011) [2], das TPACK Modell [3], das eher auf Kompetenzen der Lehrkräfte zielt, das Dagstuhl-Modell [4] sowie das österreichische digiKomp-Modell [5].

In jedem dieser Modelle ist eine technologische Betrachtungsweise mehr oder weniger explizit angesprochen und somit fester Bestandteil einer umfassenden Medienbildung. Trotzdem scheint dieser Sachverhalt bis dato kaum in den Unterricht vorgedrungen zu sein, wie auch eine kleine Untersuchung im Rahmen der Diplomarbeit von Thomas Lichtenwagner zeigte [6]. Danach äußerten die befragten Physiklehrkräfte den Wunsch, über möglichst viele Aspekte der Technologie von Smartphones zuerst einmal technische Informationen zu erhalten. Verwiesen sei in diesem Zusammenhang auch auf einen früheren entsprechenden Artikel von G. Rath, der einige grundlegende Aspekte der Smartphone-Technologie anspricht [7]. Die Diplomarbeit von Thomas Lichtenwagner führt alle wesentlichen Komponenten von Smartphones in ihrer Funktionsweise aus, wobei in diesem Artikel nur die oft weniger bekannten Sensor-Technologien angesprochen werden.

## 1. Beschleunigungssensor

Der Beschleunigungssensor, auch Accelerometer eines Smartphones hat mehrere Aufgaben. Er regelt zum Beispiel die Ausrichtung der Anzeige. Außerdem kann er zur Steuerung von Spielengutzt werden, so wird bei einem Rennspiel beispielsweise die Lenkung anhand der Neigung des Smartphones simuliert. Auch das Verstummen eines eingehenden Anrufes durch das Umdrehen des Gerätes wird vom Beschleunigungssensor ausgelöst, um nur einige Anwendungen zu nennen. Heute wird der Beschleunigungssensor in den meisten Fällen mit dem Gyroskop in einem einzigen Bauteil kombiniert. Zur besseren Verständlichkeit wird das Accelerometer hier trotzdem isoliert vorgestellt.

Der Beschleunigungssensor eines Smartphones arbeitet im aktuell verbauten Standard nach einem kapazitiven Prinzip. Dabei wird eine sogenannte seismische Masse, die als Elektrode eines Kondensators dient, in einer Achse schwingfähig gelagert. Diese Elektrode ist von weiteren, ortsfesten Elektroden umgeben. Viele einzelne dieser Aufbauten ergeben eine kammartige Struktur und bilden, wie in Abbildung 1 zu sehen ist, einen Beschleunigungssensor.



Abbildung 1: Aufbau Beschleunigungssensor [6, S. 78]

Mit einer solchen Anordnung kann lediglich in einer Achse gemessen werden. Um eine dreiaxige Messung zu ermöglichen, sind pro Sensor drei solcher Anordnungen um jeweils 90 Grad zueinander gedreht verbaut.

Jeweils drei Elektroden der Kammstruktur bilden zwei in Serie geschaltete Kondensatoren mit den Kapazitäten C1 und C2. Erfährt der Sensor nun eine Beschleunigung, so will die bewegliche Masse auf Grund des Trägheitsprinzips ihre Position beibehalten, was zu einer Auslenkung  $x$  der trägen Masse relativ zu den fixierten Elektroden führt. Genau genommen misst man also keine Beschleunigung, sondern die Trägheitskraft. Die Auslenkung ist demnach aber proportional zur Beschleunigung. Durch die Bewegung ändern sich die beiden Kapazitäten C1 und C2. Für kleine Verschiebungen ergibt sich ein linearer Zusammenhang zwischen Kapazitätsänderung und der Auslenkung. Neben der Kapazität ändert sich bei gleichbleibender Ladung auch die Spannung im System, was vom Microcontroller detektiert und in einen Beschleunigungswert umgerechnet wird. Um das Messsignal zu verstärken, sind mehrere dieser Anordnungen parallelgeschaltet angeordnet.

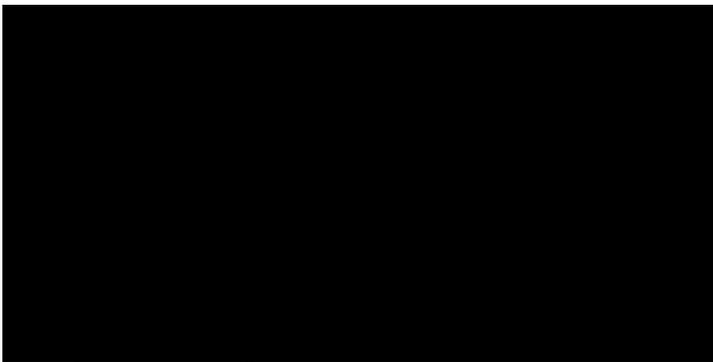
## 2. Magnetfeldsensor

Der Magnetfeldsensor eines Smartphones dient als digitaler Kompass. Er ermittelt die Richtung des geographischen Nordens und ermöglicht so auf einer Karten-App mit GPS Standort auch eine Anzeige der Ausrichtung des Gerätes für die Navigation. Auch in einigen Augmented-Reality Apps werden die Daten des Magnetsensors verwendet. Dafür benötigt er

Information über die aktuelle Lage des Gerätes, welche er vom Beschleunigungssensor beziehungsweise vom Rotationssensor zur Verfügung gestellt bekommt. Hersteller bieten deshalb, wie auch beim Beschleunigungssensor und dem Gyroskop, oft ICs (Integrated Circuits) an, in denen bereits mehrere Sensoren in einem Baustein enthalten sind.

Um Magnetfelder zu messen, gibt es eine breite Palette an Möglichkeiten. Neben dem Magnetowiderstandseffekt oder der Lorentzkraft auf einen stromführenden Leiter wird in heutigen Smartphone e-Kompass Modulen hauptsächlich der Hall-Effekt zur Messung eingesetzt. Beispielsweise befinden sich in einigen iPhone Modellen, sowie in zahlreichen Geräten von Samsung, ZTE, Huawei, LG oder Motorola Magnetsensoren der Firma AKM, deren Sensoren sich den Hall-Effekt zunutze machen um das Erdmagnetfeld zu detektieren.

In einfachster Betrachtung kann man sich einen Hall Sensor als leitfähige Platte vorstellen. Ein Hallsensor kann magnetische Flussdichten in einem Bereich von  $1\mu\text{T}$  bis zu  $1\text{T}$  detektieren, was ausreicht um das Erdmagnetfeld mit einer magnetischen Flussdichte von etwa  $40\mu\text{T}$  zu messen. Wie in Abbildung 2 ersichtlich, wirkt, durch ein äußeres Magnetfeld  $B$  ausgelöst, auf die Ladungsträger eines stromführenden Leiters der Dicke  $d$  eine Kraft, die Lorentzkraft  $F_L$ . Diese Kraft steht sowohl normal zur Richtung des Stromes als auch zu den Magnetfeldlinien. Sie bewirkt eine Ablenkung der Ladungen, was in der Platte zu einer Ladungstrennung ebenfalls normal zur Stromrichtung führt. Dadurch entsteht ein elektrisches Feld  $E$ , wodurch nun eine elektrische Kraft  $F_E = Q \cdot E$  auf die Ladungen  $Q$  wirkt.



**Abbildung 2:** Hall-Effekt [6, S. 82]

Diese ist der Lorentzkraft entgegengesetzt und will die Ladungen wieder in die entgegengesetzte Richtung verschieben. Erst wenn sich zwischen den beiden Kräften ein Gleichgewicht eingestellt hat, stoppt die Ladungstrennung. Das nun vorhandene elektrische Feld führt zu einer Spannung normal zur Stromrichtung. Diese Spannung wird Hall-Spannung  $U_{\text{Hall}} = IB/nd$  genannt.  $n$  steht dabei für die Ladungsträgerdichte des Werkstoffes der Platte und  $e$  für die Elementarladung.

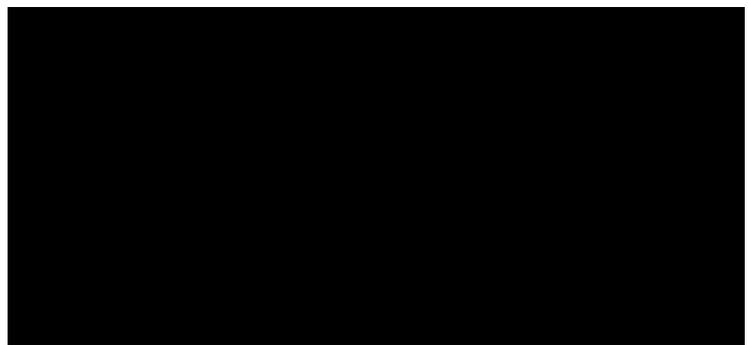
Die Hall-Spannung ist bei konstantem Strom proportional zur Stärke des Magnetfeldes  $B$ . Sie wird vom Mikrocontroller

weiterverarbeitet und gibt somit Aufschluss über das vorhandene Magnetfeld.

### 3. Näherungssensor

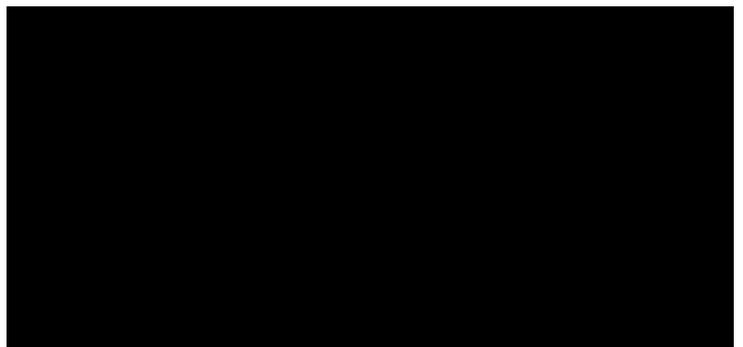
Der Näherungssensor eines Smartphones dient dazu, ungewollte Touch-Eingaben zu verhindern. Er wird üblicherweise beim Lautsprecher am oberen Ende des Gerätes angebracht, um das Display beim Führen eines Telefonats zu deaktivieren. Nähert man sich dem Gerät demnach mit dem Ohr oder auch anderen Körperteilen beziehungsweise Gegenständen, so wird dies vom Sensor erkannt und der Bildschirm verdunkelt. Häufig befindet sich der Näherungssensor gemeinsam mit dem Helligkeitssensor in einem Gehäuse.

Ein Näherungssensor sitzt hinter der Frontscheibe des Displays und besteht, wie in Abbildung 3 zu sehen, in seinen Grundbausteinen aus einer LED (Light Emitting Diode), die infrarote Strahlung in einem Wellenlängenbereich von etwa  $900\text{nm}$  erzeugt und einem optischen Sensor, der reflektierte Infrarotstrahlung detektiert.



**Abbildung 3:** Prinzipaufbau Näherungssensor [6, S. 84]

Ein großes Problem im praktischen Einsatz des Näherungssensors stellt die Frontscheibe des Displays dar, da diese für unerwünschte Reflexionen der Infrarotstrahlung sorgt (Siehe Abbildung 4). Um diesen Effekt zu verringern, verwenden Hersteller beispielsweise optische Barrieren und Antireflex-Beschichtungen.



**Abbildung 4:** Unerwünschte Reflexionen [6, S. 85]

### 4. Entfernungbestimmung

Zur Bestimmung der Entfernung eines Objektes gibt es zwei ähnliche Ansätze, bei denen von der Diode zunächst gepulst infrarotes Licht abgestrahlt wird. Ein Gegenstand

oder Körperteil, beispielsweise ein Ohr, der sich in der Nähe des Gerätes befindet, reflektiert diese Strahlung. Nun kann man entweder die Intensität der zurückgeworfenen Strahlen messen, oder die Laufzeit bis zur Detektion des reflektierten Lichtes bestimmen. Bei beiden Varianten muss ein gewisser Schwellenwert überschritten werden. Der Sensor ist im Anwendungsfall Smartphone demnach nicht dazu gedacht,

die exakte Entfernung eines Objektes zu bestimmen. Es gibt lediglich die Information „Nah“ oder „Fern“.

---

**Thomas Lichtenwagner** *Privatgymnasium Sacre Coeur Graz*  
**Gerhard Rath** *Karl-Franzens-Universität Graz, Institut für Physik,*  
*Fachbereich Physikdidaktik*

## Literatur

- [1] Aufenanger, S. (1999). Medienkompetenz oder Medienbildung. Bertelsmann Briefe, 142, 21-24.
- [2] UNESCO ICT Competency Framework for Teachers. <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002134/213475e.pdf>.
- [3] Koehler, M., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9, 60-70.
- [4] Gesellschaft für Informatik e.V. (GI). Dagstuhl Erklärung.
- [5] Brandhofer, G., Kohl, A., Miglbauer, M., & Nárosy, T. (2016). *digi.kompP -- Digitale Kompetenzen für Lehrende*. *Open Online Journal for Research and Education*, 6, 38-51.
- [6] Lichtenwagner, T. (2016). *Smartphone-Technologie im Physikunterricht. Was brauchen Lehrkräfte für eine fundierte Umsetzung im Sinne der Medienbildung*. Diplomarbeit an der Karl-Franzens-Universität Graz.
- [7] Rath, G. (2016). *Smartphone Technik im Physikunterricht*. *Plus Lucis*, 48-55.

# Smartphone-Experimente mit der App „phyphox“

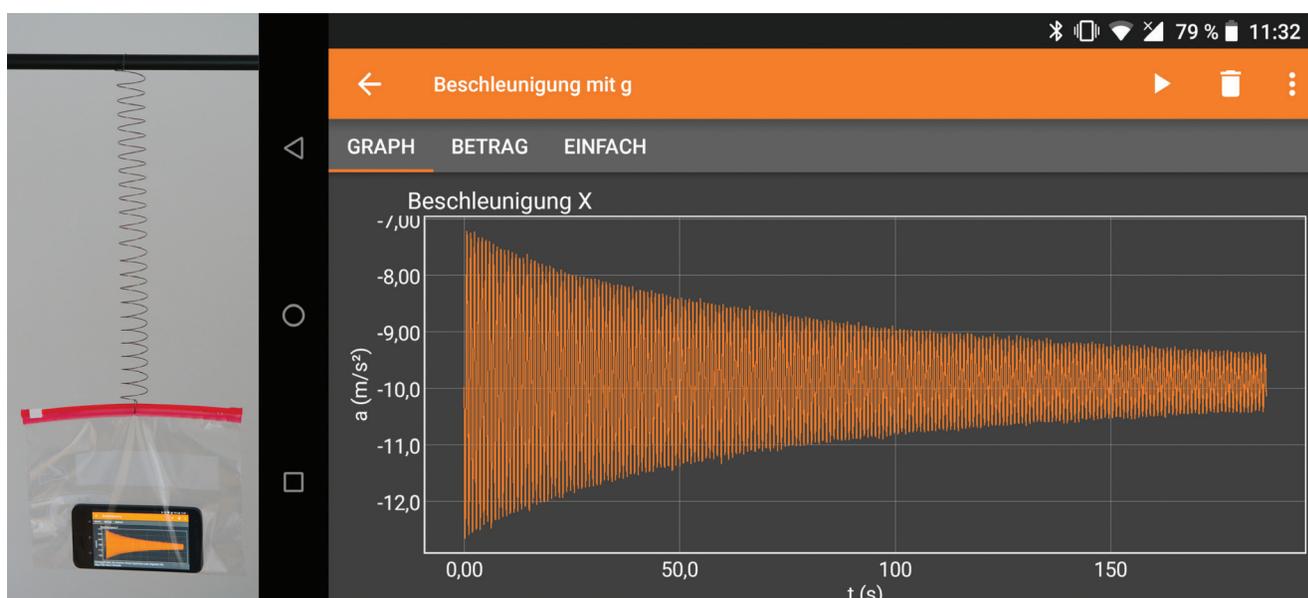
Sebastian Staacks

Schon seit vielen Jahren existieren eine Reihe spannender Experimente, die auf der Nutzung der Sensoren von Smartphones basieren. Die gängigen Sensoren sind vor allem das Mikrofon und der Beschleunigungssensor, oft aber auch ein Drehratensensor, ein Magnetometer oder ein Luftdrucksensor. Um Zugriff auf diese Datenquellen zu erhalten, stehen eine Vielzahl von Apps zur Verfügung, die die Sensoren auslesen und die Messwerte mehr oder weniger komfortabel darstellen und exportieren können. Hiermit ist es möglich, viele Physikexperimente mit Datenerfassung im Unterricht oder in Projekten durchzuführen, ohne dass zusätzliche Kosten entstehen. Für die Schülerinnen und Schüler ist ein Smartphone-Experiment ein Novum, mit welchem ihr Interesse geweckt wird, wenn sie Ihr eigenes Smartphone zum ersten Mal als Messgerät wahrnehmen, welches für Experimente im Unterricht, aber auch für Messaufgaben zu Hause und in Projektarbeiten zur Verfügung steht.

Ein einfaches Beispiel hierfür sind Federpendel. Um das Smartphone als Pendelmasse an einer Feder zu nutzen, ist als Halterung lediglich eine Plastiktüte oder ein Briefumschlag notwendig, der in die Feder eingehakt wird (Abb. 1). Liest man nun während der Pendelbewegung den Beschleunigungssensor des Smartphones aus, wird direkt der sinusförmige Verlauf der Beschleunigung sichtbar, ohne dass ein Kraftsensor oder Winkelaufnehmer angeschafft werden muss. Zeichnet man die Bewegung über eine längere Zeit auf oder dämpft das Federpendel, ist auch die Einhüllende der abnehmenden Amplitude leicht erkennbar (Abb. 1).

Bei solchen Experimenten entsteht allerdings ein Problem, wenn das Smartphone zugleich als Sensor und zur Darstellung der Messdaten dienen soll, dabei aber schlecht oder gar nicht zugänglich in einem experimentellen Aufbau steckt. Für ein Federpendel ist dieses Problem mit einer transparenten Tüte als Halterung nicht sehr gravierend - hier stören eher die Messwerte, die entstehen, wenn das Pendel gestartet oder gestoppt wird. Möchte man aber mit dem Beschleunigungssensor des Smartphones die Zentripetalbeschleunigung in einer Salatschleuder messen, ist das Smartphone während der gesamten Messung verborgen. Ein weiteres Problem ergibt sich aus der Frage, wie Daten verarbeitet und dargestellt werden sollen, wenn das eigentliche Messergebnis erst aus den Daten extrahiert werden muss. Zwar kann anhand der Messdaten explizit die Datenauswertung mit einer Tabellenkalkulation gelehrt werden, doch gehen hierbei leicht der Bezug zum physikalischen Hintergrund des Experiments und die Motivation der Schülerinnen und Schüler verloren, wenn sich an ein schnell durchgeführtes Experiment eine lange Sitzung an Schulrechnern anschließt, sofern diese überhaupt zur Verfügung stehen.

Um diese Probleme adressieren zu können wurde an der RWTH Aachen University die App "phyphox" entwickelt, welche gezielt als didaktisches Werkzeug konzipiert wurde. Da der Einsatz in der Lehre die Hauptaufgabe der App ist, wird die App kostenlos angeboten. Sie ist zudem frei von Werbung und sammelt auch keinerlei Nutzerdaten. Ebenso wichtig ist, dass,



**Abbildung 1:** Links: Einfache Konstruktion eines Federpendels.

Rechts: Screenshot der aufgezeichneten Beschleunigung über einen Zeitraum, der es erlaubt, die Dämpfung des Pendels zu erkennen.



**Abbildung 2:** Links: Screenshot der Zeitautomatik-Funktion, mit der die Messung verzögert gestartet und gestoppt werden kann. Rechts: Mittels Fernzugriff kann die Messung des Smartphones auf einem zweiten Gerät überwacht und gesteuert werden.

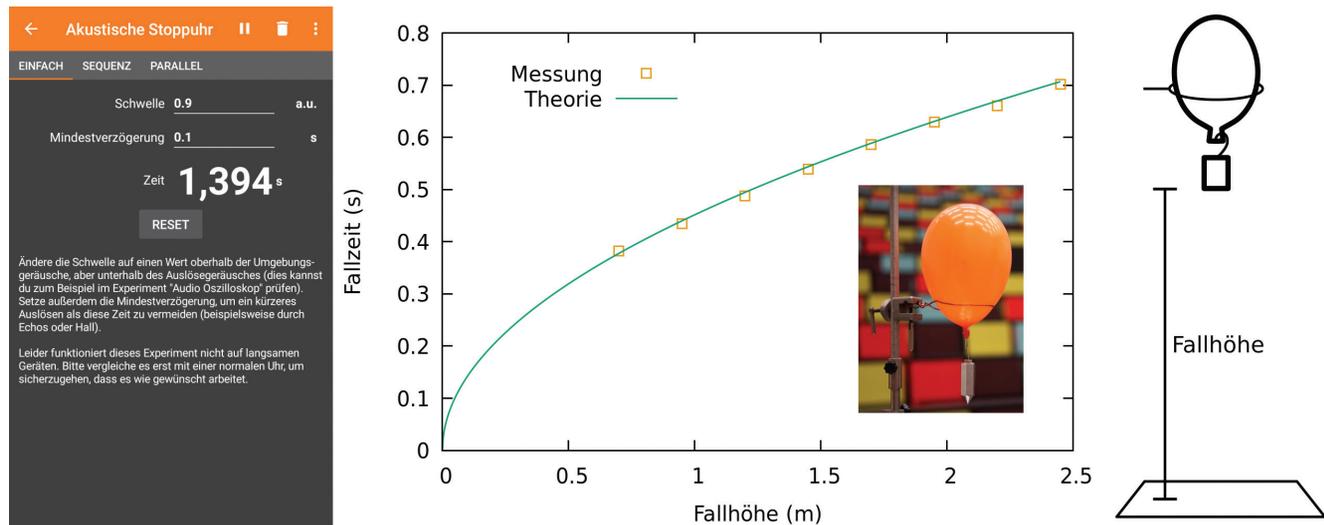
sofern technisch möglich, alle Funktionen sowohl auf Android-Geräten als auch für iPhone-Nutzer zur Verfügung stehen und in gleicher Weise zu bedienen sind. Je nach Experiment und verwendetem Sensor ist es ohnehin empfehlenswert, Schülerinnen und Schüler zu gruppieren, so dass in jeder Gruppe ein Gerät mit passendem Sensor zur Verfügung steht. Hier sollte nicht als zusätzliche Schwierigkeit hinzukommen, dass die genutzte App eine bestimmte Plattform (Android oder iOS) ausschließt oder dass die Lehrkraft das Experiment für Nutzer von iPhones aufgrund einer anderen App anders erklären muss als für Android-Nutzer.

In der Praxis bietet phyphox zwei Lösungen für ein während der Messung nicht erreichbares Smartphone. Die einfachste ist ein integrierter Countdown (Abb. 2, links). Ist dieser aktiviert, wartet phyphox eine vorgegebene Zeit lang, bevor die Messung beginnt, so dass ein Pendel zunächst eingeschwungen werden kann. Nach einer ebenso einstellbaren Zeit stoppt die Messung wieder, so dass auch das Anhalten des Pendels nicht aufgezeichnet wird. Ein noch breiteres Einsatzpotential bietet die Lösung, die von phyphox aufgezeichneten Daten während der Messung auf einem zweiten Gerät zu überwachen (Abb. 2, rechts). Hierdurch können die Schülerinnen und Schüler direkt mitverfolgen wie die Daten parallel zur Pendelbewegung aufgezeichnet werden, so dass der Bezug zwischen dem Ablauf des Experiments und den erhobenen Messdaten wesentlich klarer wird. Hierzu bietet phyphox die Funktion "Fernzugriff", die es erlaubt, die aktuelle Messung in Echtzeit von einem zweiten Gerät im gleichen Netzwerk zu überwachen und zu steuern. Im Beispiel des Federpendels wird die Messung einfach auf dem zweiten Gerät gestartet, wenn das Pendel eingeschwungen ist. Ist die Kurve auf dem zweiten Gerät zufriedenstellend, kann die Messung auch von dort wieder gestoppt werden.

Da der Zugriff über einen Webbrowser erfolgt, muss phyphox auf dem zweiten Gerät nicht installiert sein und es kann sich hierbei beispielsweise um ein Smartphone, Tablet oder Notebook handeln. Die einzige Bedingung zum Nutzen des Fernzugriffs ist, dass sich beide Geräte im gleichen Netzwerk befinden. Dies ist in privaten Netzwerken in der Regel automatisch der Fall. In der Schule oder wenn ein nicht-privates Netzwerk die Kommunikation zwischen mobilen Geräten unterbindet, kann dies etwas schwieriger sein. Hier kann entweder ein eigenes Netzwerk durch das Smartphone erstellt werden (auf jedem Smartphone als "mobiler Hotspot" oder "Tethering" verfügbar) oder ein günstiger (auch alter, ausgedienter) WLAN-Router ein lokales Netzwerk zur Verfügung stellen. Eine Verbindung zwischen den Geräten im WLAN des Routers reicht, denn eine Verbindung zum Internet wird nicht benötigt. Weitere Anleitungen und Tipps zum Fernzugriff finden sich auf <http://phyphox.org>.

Das zweite oben genannte Problem wird von phyphox über eine integrierte Datenauswertung adressiert. Für Pendelexperimente stehen in der App zum Beispiel voreingestellte Konfigurationen zur Verfügung, die nicht nur die Messdaten geeignet aufrufen, sondern auch auswerten können. So kann direkt die aktuelle Pendelfrequenz oder, für ein Fadenpendel nach Eingabe der Fadenlänge, die Erdbeschleunigung errechnet werden. Offensichtlich sind dies fortgeschrittene Werkzeuge, denn die intuitivste Methode für Lernende das Konzept einer Frequenz zu verstehen, besteht darin, diese mit einer Stoppuhr und durch Abzählen der Perioden selbst zu bestimmen. Die automatische Bestimmung kann aber nützlich werden, wenn Parameter variiert werden und z.B. Frequenzen für verschiedene Fadenlängen bestimmt werden sollen.

Eine integrierte Datenauswertung kann aber auch genutzt werden, um besonders jungen Schülerinnen und Schülern Experimente zugänglich zu machen, die ihnen andernfalls



**Abbildung 3:** Links: Screenshot der Funktion "akustische Stoppuhr", welche die Zeit zwischen zwei Geräuschen misst.

Rechts: Vergleich der gemessenen Falldauer bei verschiedenen Höhen zur theoretischen Dauer des freien Falls. Ingesetzt: Foto der verwendeten Aufhängung. Rechts: Skizze des Versuchsaufbaus. Das Platzen des Ballons initiiert den Fall des Gewichts und der Aufprall auf einer Metallplatte erzeugt ein zweites Geräusch.

nicht möglich wären. Ein anschauliches Beispiel hierfür ist das Experiment "akustische Stoppuhr" (Abb. 3). Dieses zeichnet Schall über das Mikrofon auf und wartet darauf, dass ein Geräusch eine einstellbare Schwelle überschreitet. Ab hier wird die Zeit gemessen bis diese Schwelle erneut überschritten wird. Hierdurch wird das Smartphone zu einer sehr präzisen Stoppuhr, ohne dass Wellenformen manuell ausgewertet werden müssen. Es reicht, den Schülerinnen und Schülern zu zeigen wie das Smartphone zwischen zwei Geräuschen (z.B. Händeklatschen) die Zeit misst, und das Prinzip des neuen Messwerkzeugs wird sofort verständlich. Es muss lediglich die Auslöseschwelle angepasst werden: Startet die Stoppuhr aufgrund von Hintergrundgeräuschen, ist eine höhere Schwelle nötig, verpasst die Stoppuhr das Start- oder Stopngeräusch, muss die Schwelle reduziert werden.

Hiermit lässt sich beispielsweise direkt die Dauer eines freien Falls messen. Die nötigen Geräusche lassen sich gut mit einem Gewicht an einem platzenden Luftballon umsetzen. Das an dem Ballon befestigte Gewicht beginnt zu fallen, wenn man den Luftballon als Startgeräusch platzen lässt und die

Stoppuhr wird durch das Aufprallgeräusch des Gewichts auf dem Boden wieder gestoppt (Abb. 3). Da das Mikrofon mit einer Rate von 48 kHz aufzeichnet, ist eine zeitliche Auflösung von einer Millisekunde problemlos erreichbar, sofern Start- und Stopngeräusch vergleichbar sind. Abb. 3 zeigt dass die resultierenden Messwerte gut mit der Vorhersage für den freien Fall übereinstimmen. Die Messung ist dabei so genau, dass man beim Fallexperiment Einflüsse durch die Schallgeschwindigkeit sieht, wenn das Smartphone sich näher am platzenden Luftballon oder näher am Auftreffpunkt auf dem Boden befindet. Entsprechend ist es auch möglich, mit einem recht simplen Experiment die Schallgeschwindigkeit zu ermitteln, indem zwei Schülerinnen und Schüler mit je einem Smartphone zusammenarbeiten.

Eine (Video-)Anleitung zu diesem Schallgeschwindigkeitsexperiment sowie viele weitere Informationen, Experimentideen und Videobeispiele finden sich auf <http://phyphox.org>.

Sebastian Staacks RWTH Aachen

# Mechanik im Alltag – ein MOOC auf iMooX

Andreas Breuer, Christina Grandits, Leopold Mathelitsch & Gerhard Rath

Obwohl das Konzept des MOOC (Massive Open Online Course) schon zehn Jahre alt und im Internet weit verbreitet ist, werden diese Kurse in der Schule noch wenig verwendet. In diesem Artikel beschreiben wir, was MOOCs sind, wir stellen einen MOOC zum Thema Mechanik vor und berichten von Erfahrungen über dessen Einsatz im Physikunterricht.

## 1. Was ist ein MOOC?

Im Ausdruck „Massive Open Online Course“ deutet „Massive“ eine hohe Teilnehmerzahl an, zumindest eine solche, bei der es nicht mehr möglich ist, die Teilnehmerinnen und Teilnehmer persönlich zu kennen oder zu betreuen. Allgemein wird von einer Zahl von über hundert ausgegangen, es gab aber auch bereits Kurse mit mehr als hunderttausend Beteiligten. Open bezieht sich auf den freien Zugang zum Kurs. Es darf keine Teilnahmegebühr verlangt werden und auch die Materialien sollen frei verfügbar sein. Ein Computer mit Internetzugang ist ausreichend für die Teilnahme. Online ist die einzige Form der Kommunikation, es finden also keine physischen Treffen der Beteiligten (Lehrende und Lernende) statt. Ein kursartiger Aufbau bedingt eine zeitliche Einschränkung. Materialien (Informationen, Übungen, Tests) werden meist zentral vorgegeben.

Der erste MOOC wurde an der Stanford University angeboten und hatte „Konnektivismus“ zum Inhalt. Damit ist eine

Lerntheorie für eine digitale Umgebung gemeint, in der selbstorganisiertes Lernen im Vordergrund steht. Lernziele, Inhalte, Methoden und Organisation werden maßgeblich von den Lernenden mitgestaltet und mitbestimmt. Diese Art wurde deshalb auch mit der Abkürzung cMOOC (connectivistic MOOC) bezeichnet.

In der Folge fanden aber sogenannte xMOOCs stärkeren Zulauf. Dabei sind Inhalte und Struktur klar vorgegeben: Zeitlich geblockte Formen von Wissensvermittlung (Videovorlesungen, Weitergabe von Materialien) werden von regelmäßigen Angeboten zur Selbstüberprüfung begleitet. Werden Abschlusstests positiv absolviert, erhalten die Lernenden auch ein Zertifikat über die erfolgreiche Teilnahme an dem Kurs. Einer der ersten Kurse „Introduction to Artificial Intelligence“ von Sebastian Thrun und Peter Norvik an der Stanford University hatte mehr als 150.000 Anmeldungen, wobei 25.000 positive Abschlüsse vergeben wurden.

## 2. iMOOX: Die österreichische MOOC Plattform

Verschiedene MOOCs wurden später zusammengefasst und in Plattformen angeboten. Thrun gründete Udacity [1], auch Coursera [2] ist Partner vieler amerikanischer Universitäten. Edx [3] ist eine non-profit Plattform der beiden Universitäten

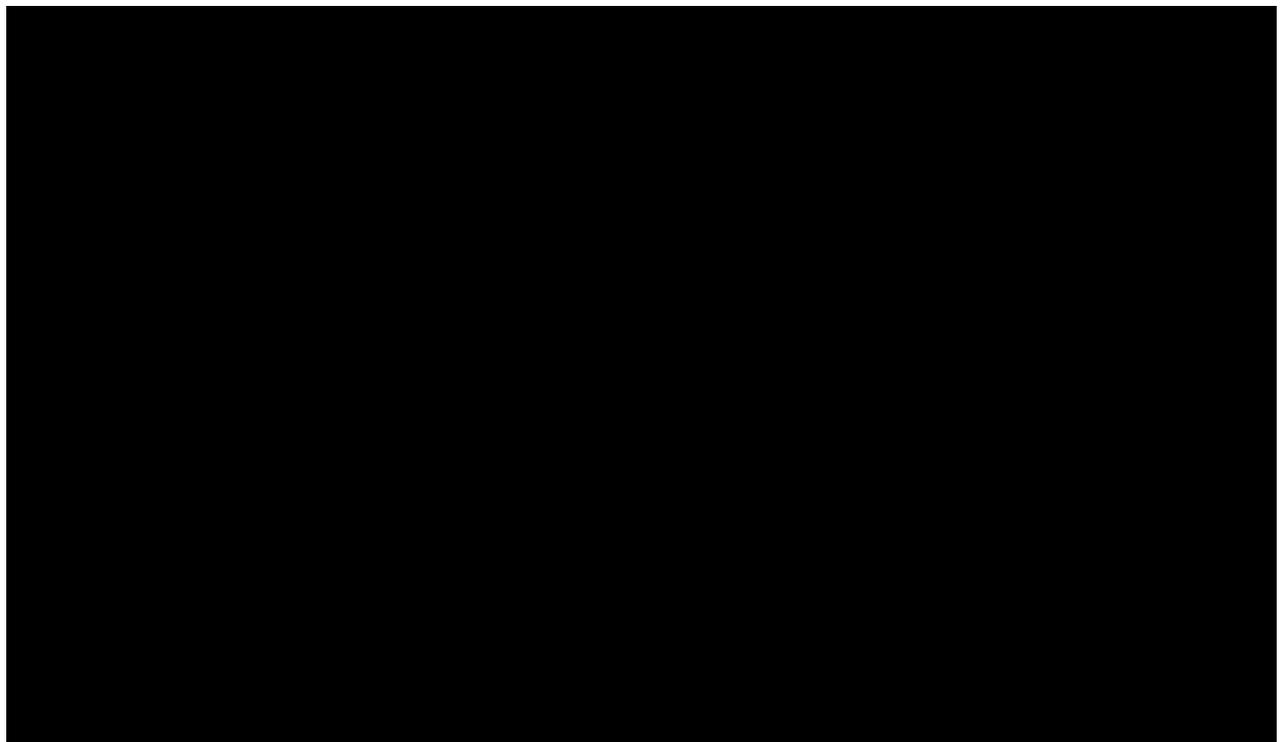


Abb. 1: Die iMooX Startseite mit 4 aktuellen Kursen.

Harvard und MIT. Im deutschen Sprachraum hat sich Iversity [4] als Plattform etabliert.

Im Jahr 2013 haben die TU Graz und die Karl-Franzens-Universität Graz eine MOOC-Plattform mit dem Namen iMooX [5] gegründet. Dies geschah im Rahmen eines vom Land Steiermark geförderten Projekts, wobei der Name auch auf das steirische „i mog's“ anspielt. Ein Unterschied zu den amerikanischen Plattformen bestand von Anfang an darin, dass iMooX nicht nur frei zugänglich ist, sondern dass sämtliche Materialien unter „Creative Commons Lizenzen“ veröffentlicht sind und damit unter Nennung des Autors frei weiterverwendet werden können. iMooX ist nach wie vor die einzige österreichische MOOC Plattform und hat sich mittlerweile gut etabliert. Sie enthält aktuell 35 Kurse und kann auf über 15.000 Teilnehmende zurückblicken. Auch die Liste der betreibenden Partnerinstitutionen hat sich auf 13 erweitert, die Anmeldung ist über IDs an Bildungsinstitutionen möglich.

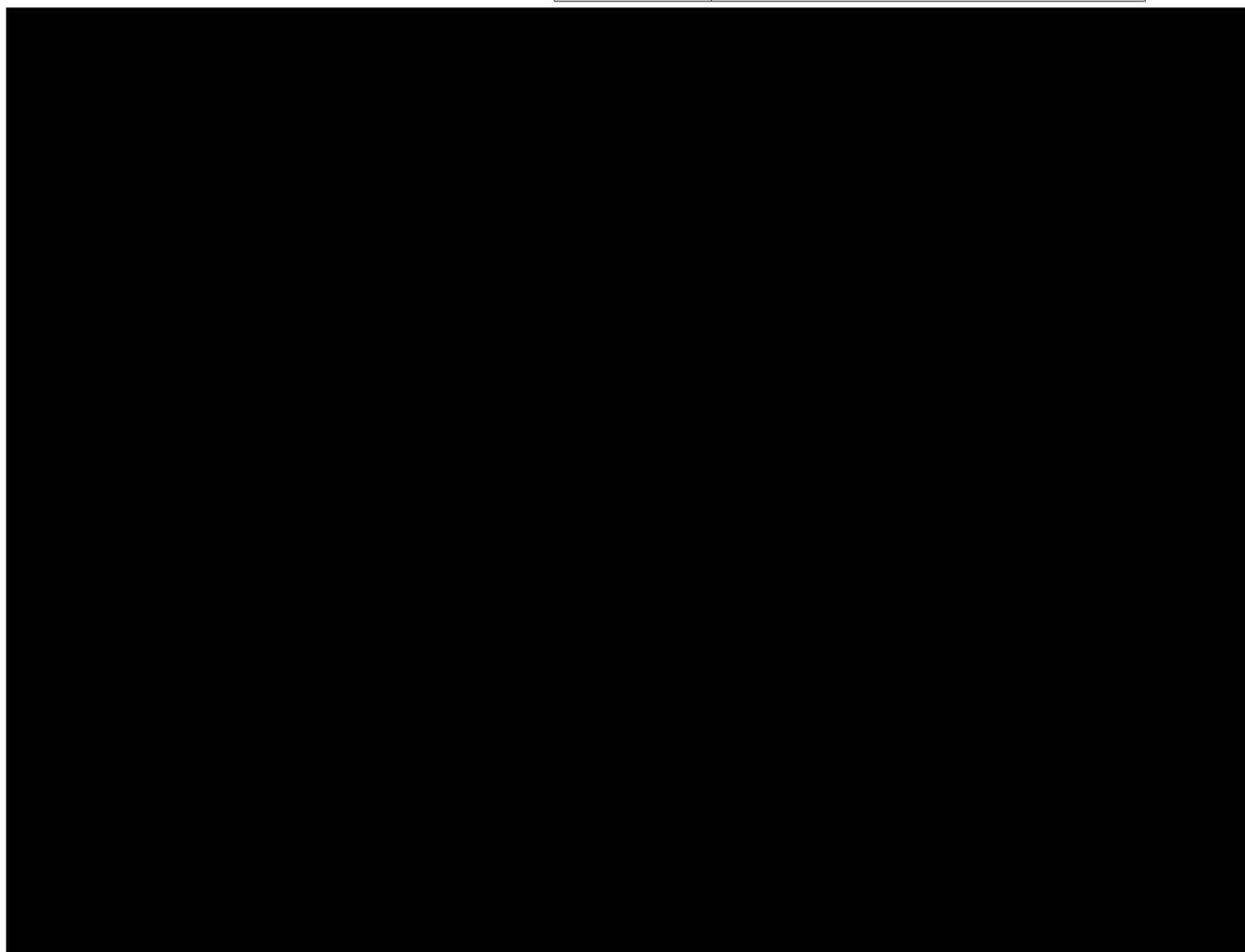
### 3. Mechanik im Alltag

Als einer der ersten Kurse startete auf dieser Plattform das Physik MOOC „Mechanik im Alltag“. Es wurde von Christina Grandits im Rahmen einer Diplomarbeit [6] an der Universität

Graz entwickelt und beinhaltet zehn thematische Einheiten, die in einem Zeitraum von zehn Wochen bearbeitet werden sollen (Tab. 1). Jede Einheit besteht aus vier bis sechs Videos mit Experimenten und Erklärungen, weiterführenden Links sowie einem Quiz mit Multiple-Choice-Fragen. Zusätzlich wurden Arbeitsaufträge gegeben und ein Forum zum Kurs installiert, in welchem die Arbeitsaufträge jeweils nach einer Woche von der Kursleiterin beantwortet wurden. Didaktisch ist der Kurs am „Münchener Mechanikkonzept“ [7] orientiert, in dem von Beginn an mit zweidimensionalen Bewegungen und dynamischen Konzepten gearbeitet wird.

**Tabelle 1:** Zeitlicher Rahmen und Inhalte des iMooX „Mechanik im Alltag“

Woche 1	Bewegung
Woche 2	Was ist eine Kraft?
Woche 3	Trägheit
Woche 4	Wechselwirkung
Woche 5	Reibung (un)erwünscht
Woche 6	Schwerpunkt und Dichte
Woche 7	Druck
Woche 8	Luftdruck
Woche 9	Druck und Widerstand
Woche 10	Der Traum vom Fliegen



**Abb. 2:** Beginn der Lektion 4 im MOOC „Mechanik im Alltag“ [8]

#### 4. MOOCs im Physikunterricht

Obwohl MOOCs von der Intention her für individuelles, eigenständiges Arbeiten konzipiert sind, kann man Argumente finden, die für einen begleitenden Einsatz im Schulunterricht sprechen:

- Die Qualität des Informationsmaterials ist generell hochwertig;
- die Darstellung ist multimedial;
- das MOOC bietet individuelle Überprüfungsmöglichkeiten (sonst im Unterricht eher selten).

Dagegen spricht das relativ starre zeitliche Korsett des Kursplans. Um Chancen bzw. Vor- und Nachteile auszuloten, wurde der Kurs „Mechanik im Alltag“ in zwei Klassen eines Grazer Gymnasiums eingesetzt und von Andreas Breuer im Rahmen einer Diplomarbeit begleitet [9]. Inhalt und Darstellung der Themen machten es möglich, sowohl eine Klasse der Unter- als auch der Oberstufe zu wählen.

Zur Datenerhebung wurden dabei folgende Methoden verwendet:

- Unterrichtsbeobachtung in den Physikstunden während des Einsatzes des MOOC;
- Zugriffsstatistiken und Aktivitätsverhalten der Schülerinnen und Schüler am MOOC;
- Fragebogenerhebung für die Schülerinnen und Schüler;
- Interviews mit den beiden Lehrkräften.

Kurz zusammengefasst ergaben sich aus der Auswertung dieser Daten unter anderem folgende Schlussfolgerungen:

- Ein Einsatz im Unterricht erfordert auch die nötige Infrastruktur an PCs bzw. eine zentrale Projektionsmöglichkeit.
- Die Lehrperson spielt eine zentrale Rolle für die Motivation, in der Auswahl der Themen, der zeitlichen Koordination sowie der didaktisch/methodischen Einbindung der verschiedenen Komponenten.
- Es zeigte sich ein großer Unterschied zwischen den Ergebnissen der 2. und 5. Klasse. Bedingt durch das Alter

der Lernenden, aber auch durch die jeweilige Einbindung des MOOC durch die Lehrkraft, gab es in der 2. Klasse weniger aktive Teilnahmen und auch weniger positive Rückmeldungen.

- Das Interesse nahm in der 5. Klasse mit der Zeit in ähnlichem Maße ab wie das der übrigen (nicht-schulischen) Teilnehmenden des Kurses.
- Die Schülerinnen und Schüler der 5. Klasse gaben mehrheitlich an, dass der Kurs dazu beigetragen hat, dass sie sich mehr als sonst mit Physik beschäftigten und dass das Kursmaterial zu einem besseren Verständnis des Inhalts führte.
- Die Lehrkraft der 2. Klasse würde in dieser Form den MOOC nicht mehr einsetzen, sondern nur gelegentlich Videos und Animationen zeigen. Dies steht im Gegensatz zum Lehrer der 5. Klasse, der sowohl in einem Einsatz des kompletten Kurses positive Aspekte sah, als auch als begleitendes Instrument für besonders interessierte Schülerinnen und Schüler.

#### 5. Ausblick

Das Angebot an MOOCs ist bereits sehr groß, es finden sich auch einige, die vom Niveau her für den Physikunterricht passend sind. Die methodisch vielfältige Darbietung der Inhalte lässt unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten im Unterricht zu. Mit der Einbindung von Videos (bei iMooX im YouTube Format) sowie der Möglichkeit eines mobilen Zugriffs treffen sie mediale Gewohnheiten der Jugendlichen. MOOCs können damit den Physikunterricht in neuartiger und interessanter Weise bereichern.

**Andreas Breuer** *De La Tour Schule Seiersberg*

**Christina Grandits** *Privatgymnasium Sacre Coeur Graz*

**Leopold Mathelitsch** *Karl-Franzens-Universität Graz,*

*Institut für Physik, Fachbereich Physikdidaktik*

**Gerhard Rath** *Karl-Franzens-Universität Graz, Institut für Physik,*  
*Fachbereich Physikdidaktik*

#### Literatur

[1] Udacity: <https://de.udacity.com/> [1.6.2018]

[2] Coursera: <https://www.coursera.org/> [1.6.2018]

[3] EDX: <https://www.edx.org/> [1.6.2018]

[4] Iversity: <https://iversity.org/de> [1.6.2018]

[5] iMooX: <https://imoox.at/mooc/> [1.6.2018]

[6] Grandits, C (2015): iMooX – Mechanik im Alltag – Erstellung eines Physik-MOOCs. Diplomarbeit an der Karl-Franzens-Universität Graz

[7] Münchener Mechanikkonzept: [https://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/archiv/inhalt\\_materialien/mechanikkonzept/](https://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/archiv/inhalt_materialien/mechanikkonzept/) [1.6.2018]

[8] <https://imoox.at/mooc/course/view.php?id=18&section=4&initialSlide=0> [1.6.2018]

[9] Breuer, A. (2016): Einsatz des MOOCs „Mechanik im Alltag“ im Physikunterricht. Diplomarbeit an der Karl-Franzens-Universität Graz

# ELIC – Engineering Literacy Online

## Ein Erasmus+ Strategic Partnership Projekt zur Förderung der technischen Grundbildung von Lehrkräften

Gerhard Rath



ENGINEERING LITERACY –  
TEACHERS AS A MEDIUM  
FOR CHANGE

Abb. 1: ELIC Logo

### 1. Ausgangslage und Ziele

Dass zur Aufrechterhaltung und weiteren Entwicklung unserer digital-vernetzten Infrastrukturen technisch interessierter Nachwuchs benötigt wird, ist eine bekannte Tatsache. Besonders technisch orientierte Hochschulen und Universitäten suchen daher nach Wegen, Schülerinnen und Schüler in dieser Hinsicht anzusprechen. Am schwierigsten scheint dies für Jugendliche aus dem AHS-Bereich zu sein, welche aber nicht zuletzt wegen ihrer großen Breite an Kompetenzen eine wichtige Zielgruppe für Hochschulen und Universitäten sowie in weiterer Folge auch für die Wirtschaft darstellen.

Ausgehend von dieser Problemlage hat die FH JOANNEUM Graz gemeinsam mit dem BRG Keplerstraße (Graz) sowie mit Hochschulen und allgemeinbildenden höheren Schulen aus Düsseldorf (D), Tolmezzo (I) und Ostrava (CZ) das von der EU geförderte Projekt ELIC gestartet (Läuft bis Oktober 2019) [1]. Zielgruppe der Intervention sind aber in erster Linie Lehrkräfte der MINT-Fächer (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik). Diese sollen durch Absolvieren eines MOOCs (Massive Open Online Course) ihre eigenen entsprechenden Fähigkeiten erweitern und ansprechende Lehrmaterialien bekommen, um technische Bildung im eigenen Unterricht praktisch sowie theoretisch spannend umzusetzen.

Die Ziele setzen also auf mehreren Ebenen an:

- Lehrkräfte dieser Fächer sollen ihre anwendungsorientierten technikkbezogenen Kenntnisse und Fähigkeiten durch einen MOOC verbessern;
- Schülerinnen und Schüler sollen sich stärker mit Technik beschäftigen und für entsprechende Berufsfelder motiviert werden;

- Somit soll vor allem im allgemeinbildenden Schulsystem das Bewusstsein für die Bedeutung an technischer Bildung gestärkt werden – dies betrifft auch die leitenden Ebenen (Direktionen, Schulverwaltung...).

FH JOANNEUM  
Fabrikstechnik /  
Automotive Engineering

brgkepler

crewaia  
TEACHING/GUIDING/SEARCHING

FERMO SOLARI  
TECH

Hochschule Düsseldorf  
University of Applied Sciences  
HSD

ISCN  
International Software Consulting Network



Pascal-Gymnasium  
GREVENBROICH

Abb. 2 Projektpartner

Einen wichtigen Aspekt des Projekts stellt der Begriff der „Engineering Literacy“ dar. Dieser existiert so in der Deutschen Sprache nicht und wird hier etwas unzutreffend mit „Technischer Grundbildung“ übersetzt. „ENGINEERING LITERACY in ELIC stands for interdisciplinary teaching through practical examples that combine natural sciences subjects AND technical sciences input.“ [2]. Frei übersetzt geht es um fächerübergreifendes Lehren durch praxisbezogene Beispiele, wobei naturwissenschaftliche und technische Aspekte kombiniert werden.

### 2. Ablauf

#### 2.1 Analyse

Nach der grundlegenden Konzeption des Projektrahmens wurde in der ersten Phase eine gründliche Analyse der IST-Situation durchgeführt („Analysis report“). Damit sollte einerseits der Bedarf der Zielgruppe erhoben werden: Was brauchen die anzusprechenden Lehrkräfte eigentlich? Was gibt es bereits, z.B. im Rahmen der Fortbildung? Andererseits wurden gesetzliche Rahmenbedingungen wie Lehrpläne geprüft und mit den Möglichkeiten und Stärken der vier beteiligten Hochschulen abgeglichen: Was können wir eigentlich bieten? Mit „focus group interviews“ wurden auch Entscheidungsträger aus Wirtschaft und Schulverwaltung eingebunden, um detaillierten Input zu den obenstehenden Fragen zu bekommen.

Nach den Erhebungen in den vier Ländern scheint der Bedarf von Seiten der Lehrkräfte groß zu sein, was geeignete Unterrichtsmaterialien bezüglich aktueller technischer Entwicklungen betrifft. Entsprechend der Lehrpläne wird in abgegrenzten Einzelfächern eher naturwissenschaftsorientiert gearbeitet, technische Bezüge findet man noch am ehesten im Physikunterricht. Die Lehrpläne bieten zwar einige Kontexte an, echte fachübergreifende Umsetzung scheint schwierig und selten. Das an den Hochschulen betriebene „Engineering“ ist per se fachübergreifend. Die beteiligten Institutionen fanden als gemeinsamen Fokus jenen der Mobilität, insbesondere in Richtung Elektromobilität und Trends in der Automobilindustrie. Daher soll es inhaltlich im MOOC um diese Themenbereiche gehen.

## 2.2 Skills Card

Bevor dieser MOOC im konkreten entwickelt wird, werden die angestrebten Kenntnisse und Fähigkeiten der teilnehmenden Lehrkräfte grundsätzlich festgelegt. Dieses vom ISCN (International Software Consulting Network) durchgeführte Vorhaben orientiert sich an den Standards der ECQA (European Certification & Qualification Association) [3]. Hier als Beispiel die Skills für den einführenden Modul „Systems Engineering“:

- Understanding principles of systems engineering;
- Knowing systems engineering examples in car industry integrating different disciplines into mechatronics.

## 2.3 Training curriculum

Als nächstes wird aus diesen allgemeinen Formulierungen eine Art Lehrplan erstellt. Dabei muss auf Bezüge zu Lehrplänen und Möglichkeiten der Schulen und Fächer geachtet werden, wichtig ist auch die Integration innovativer Lehr- und Lernmethoden. In diesem Schritt werden die beteiligten Schulen stärker einbezogen, um möglichst gut Bedürfnisse der Lehrkräfte abdecken zu können.

## 2.4 MOOC Design, Durchführung und Evaluation

Das zentrale Element der Weiterbildung ist ein MOOC (Massive Open Online Course – siehe dazu auch den Beitrag von Breuer u.a. in diesem Heft). Er besteht aus 6 Modulen, wobei jedes Modul über eine Woche läuft (geplanter Start: März 2019), und wird mit einem Teilnahmezertifikat abgeschlossen. Damit sollen die Lehrkräfte entsprechendes Wissen und aktuelle

Materialien aus dem Bereich der Hochschulen bekommen, die sich möglichst direkt im Unterricht umsetzen lassen. Die geplanten Themen (Fokus Mobilität – Elektromobilität):

- Einführung
- Batterie-Systeme
- Licht-Systeme
- Verbrennungsmotoren
- Elektromotoren
- Hot Topics, z.B: Energiemanagement, Datensicherheit, Autonomes Fahren...

## 2.5 Handbuch und weitere Fortbildung

Während der MOOC auf Englisch ist, sollen die Materialien zur weiteren Verbreitung in die Landessprachen übersetzt und teilweise in gedruckten Versionen verfügbar gemacht werden. Daraus sollen im weiteren Fortbildungsveranstaltungen entstehen, wo die ansässigen Forschungsinstitutionen auch live besucht werden können.



Abb. 3 Projektmeeting an der FH Düsseldorf

## 3. Fazit

Mit diesem ambitionierten Projekt erleben wir einen Versuch, technische Bildung stärker in den Unterricht zu bringen. Gerade für den Physikunterricht interessant erscheint die Fokussierung auf das Thema Elektromobilität, wo Lehrkräfte von fachlichen Konzepten wie Akku- und Motortechnologien bis hin zu kritischen Fragen wie Energie- und Umweltbilanzen aktuelle Materialien aus erster Hand erwarten dürfen. Spannend sollte auch werden, gemeinsam mit interessierten Kolleginnen und Kollegen einen online-Kurs zu versuchen, der als MOOC eine absolut zeitgemäße Lernform repräsentiert.

Gerhard Rath *Pädagogische Hochschule Steiermark / Karl-Franzens-Universität Graz*

## Literatur

- [1] ELIC Webseite: [elic.fh-joanneum.at](http://elic.fh-joanneum.at)
- [2] Casey A., Linditsch C. (2018): Engineering Literacy – Towards a more in-depth definition. Präsentation beim Projektmeeting in Düsseldorf.

- [3] <http://www.ecqa.org>



## Nachrichten aus dem Verein

### Einladung zur Generalversammlung

Wir laden Sie/Euch ganz herzlich zur Generalversammlung am Montag den 19.11.2018 von 18:00 – 19:30 Uhr ins neue Schulversuchspraktikum in der Porzellangasse 4, Stiege 2 / E1 ein. Besonders die vielen neuen Mitglieder können sich hierbei ein Bild von den Aktivitäten des Vereins machen, Vorstandsmitglieder kennenlernen, Vorschläge einbringen oder auch aktiv Aufgaben übernehmen. Themen, welche angesprochen werden sollen, bitte bis 14 Tage vor der Generalversammlung schriftlich (per E-Mail [vorstand@pluslucis.org](mailto:vorstand@pluslucis.org)) beim Vorstand des Vereines anmelden.

### Neu im Team

Seit September 2018 verstärkt Mag.<sup>a</sup> Maria Schwarz das Organisationsteam der Fortbildungswoche. Sie wird die Planung und Konzeption der Workshops übernehmen. Wir wünschen ihr dabei viel Erfolg!

### Neue Homepage

Nach der Fertigstellung des neuen Logos wurde auch die Homepage des Vereins komplett erneuert. Wir bedanken uns bei Mag.<sup>a</sup> Sarah Zloklikovits für das Design und die Umsetzung der Homepage. Besuchen Sie die neue Seite unter [www.pluslucis.org](http://www.pluslucis.org) und schicken Sie uns Lob und Kritik an [homepage@pluslucis.org](mailto:homepage@pluslucis.org)

### 3. Werner Rentzsch Fotowettbewerb

Wie schon in den vergangenen Jahren wird auch heuer wieder der Fotowettbewerb des Vereins stattfinden. Wir suchen das schönste Foto eines selbstaussprobierten Experiments! Auf der neuen Homepage ([www.pluslucis.org](http://www.pluslucis.org)) finden sich alle Informationen zum Ablauf und den Teilnahmebedingungen.

Wir freuen uns auf viele spannende Fotos und wünschen viel Freude beim Experimentieren und Fotografieren.

Thomas Plotz



Österreichische Post AG  
SP 17Z041123 S

Verein zur Förderung des physikalischen  
und chemischen Unterrichts,  
Porzellangasse 4, Stiege 2, 1090 Wien

DVR 0558567  
VRN 668472729

**Impressum:** Medieninhaber (Verleger) und Hrsg.: Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts. Druck: Fa. Wograndl GmbH, Mattersburg

**Retouren an:** AECC Physik Universität Wien, Porzellangasse 4, Stiege 2, 1090 Wien.