

Smartphones im Physikunterricht

Gerhard Rath

Smartphones in der Schule?

Aus dem Alltag der Jugendlichen sind die kleinen Geräte nicht mehr wegzudenken. Schon in der Unterstufe können wir von einer faktischen Vollversorgung ausgehen: „Mit 12 Jahren nutzt die große Mehrheit der Jugendlichen ein Smartphone“ [1]. Dabei steht die Kommunikation an erster Stelle, allerdings nicht mehr das Telefonieren, sondern textbasierte Dienste, gefolgt von Spielen, Musik und Fotos/Videos.

Etwas anders sieht es in den Schulen aus, wo der Gebrauch mobiler Medien eingeschränkt und reglementiert ist, im Extremfall bis zu völligen Verboten. Handys lenken vom Lernen ab, stören den Unterricht und ermöglichen Zugänge zu fragwürdigen bis gar gefährlichen Quellen. Eine Art Glaubenskrieg scheint sich hier zu inszenieren mit glühenden Befürwortern und Gegnern des Handyeinsatzes in Schulen (vgl. [2]).

Obwohl die Bedenken und Probleme durchaus ernst zu nehmen sind, wird hier für den gezielten Einsatz von Smartphones Stellung bezogen. Gerade für den Physikunterricht bieten diese Geräte ein derartiges Potenzial, dass wir gar nicht umhin kommen, Smartphones zu verwenden – soweit meine Ausgangshypothese.

Abgesehen von den später auszuführenden physikspezifischen Möglichkeiten sprechen die folgenden Argumente generell für eine Verwendung von Smartphones im Unterricht:

- Es lässt sich eine Steigerung der Motivation und des Interesses erwarten, wenn Schülerinnen und Schüler die bei ihnen beliebten Geräte verwenden dürfen.
- Mit den Smartphones wird die aktuelle Lebenswelt der Jugendlichen in den Unterricht einbezogen, was authentische und situierte Lernumgebungen ermöglicht.
- Die Verwendung von Smartphones ist mit (oft auch kommunikativen und kooperativen) Aktivitäten der Schülerinnen und Schüler verbunden, wodurch Kompetenzorientierung unterstützt werden kann.
- Im Speziellen geht es dabei auch um Medienkompetenzen wie den kritischen, reflektierten Umgang mit den eigenen Mobilgeräten [3].

Smartphones im Physikunterricht

Zu den allgemeinen Möglichkeiten und Tools wie Taschenrechner oder Stoppuhr kommt für den Physikunterricht das multiple Messpotenzial. Smartphones sind nicht bloß

Dr. Gerhard Rath, BRG Kepler Graz und Fachdidaktikzentrum Physik, Universität Graz. E-Mail: gerhard.rath@uni-graz.at

bessere Telefone, sie sind mobile Computer im Kleinformat, bestückt mit einer Vielzahl von Sensoren, wahre digitale Schweizermesser. Mit Beschleunigungs-, Rotations- und Magnetfeldsensoren in drei Raumrichtungen sowie mit dem GPS-Empfänger erfassen sie ständig ihre Lage und Bewegungen im Raum. Weniger auffällig sind Kamera und Mikrofon, doch auch die haben es in sich: Der CCD-Chip eröffnet das Potenzial für Lux- und Farbmessungen bis hin zur Feststellung von Gammastrahlung [4].

Es gibt eine Reihe von Apps, welche die Daten der verbauten Sensoren anzeigen und auslesen. Abb. 1 zeigt die empfehlenswerte Anwendung Sensor Kinetics, welche für alle Plattformen gratis erhältlich ist [5].



Abb. 1: Anzeige von Sensorwerten

Allein mit diesem kleinen Programm lässt sich eine Reihe von Messungen durchführen, wobei sehr viel über Technik und Möglichkeiten des eigenen Smartphones gelernt werden kann. Abb. 1 zeigt, dass in dem entsprechenden Gerät drei jeweils dreidimensionale Sensoren verbaut sind. Sie definieren x/y/z-Achsen des Smartphones und messen Beschleunigung, Drehwinkel und Magnetfeld. Das gerätebezogene Koordinatensystem zeigt Abb. 2, es wird etwa für Beschleunigungsdetektion verwendet.

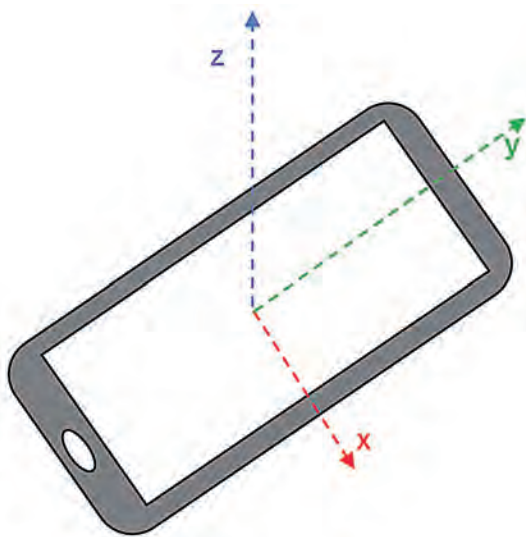


Abb. 2: Achsenrichtungen für Sensoren



Abb. 3: Beschleunigungsmessung

Abb. 3 zeigt das Zeit-Beschleunigungs-Diagramm des Accelerometers, das die Daten der Sensoren direkt darstellt. Bei 2 Sekunden wurde das Handy kurz nach rechts bewegt und wieder gestoppt. Wir sehen daher zuerst eine kurze positive Beschleunigung (ca. 2 m/s^2), gleich darauf eine negative. Entsprechend erfolgten kurze Bewegungen bei 4 s nach vorne und bei 6 s nach oben. Zur Auswertung der Daten wurde ein screenshot genommen, das Exportieren von Messergebnissen in Form von Tabellen ist nur in der kostenpflichtigen Pro-Version möglich. Ähnlich werten die Gyroskop-Sensoren Drehbewegungen um die drei Achsen aus.

Das Magnetometer gibt hingegen eine Orientierung im Raum, es misst die Lage des Smartphones in Bezug auf das lokale Erdmagnetfeld. In Abb. 4 wurde das Handy zuerst senkrecht gehalten (gerätebezogene y-Achse nach oben), mit der x-Achse nach Osten. Der x-Anteil des Magnetfeldes liegt

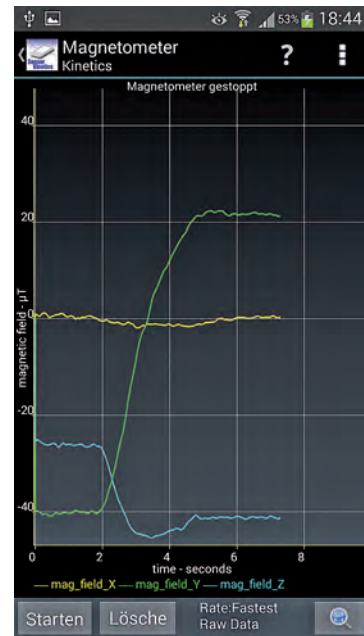


Abb. 4: Komponenten des Erdmagnetfelds

daher bei Null. In senkrechter Lage entfällt der größere Teil ($40 \mu\text{T}$) auf die y-Achse (negativ, weil nach unten zeigend – Inklination!), etwas weniger auf die z-Achse. Bei 2 Sekunden wurde das Smartphone langsam um die x-Achse in die waagrechte Position gedreht. Nun sehen wir den größeren Anteil in der z-Achse.

Ohne hier weiter darauf eingehen zu können, lässt sich eine Vielfalt von unterrichtspraktischen Möglichkeiten erahnen. Eigentlich lässt sich jede Bewegung messen und analysieren, bei der das Smartphone teilnehmen kann, sei es im Alltag (Gehen, Laufen, Springen, Stiegensteigen; Anfahren/Bremsen von Straßenbahnen; Vergnügungspark; Lift...) oder auch mit Experimentiergerät (Wagerl, Pendel...).



Abb. 5: Handy als Theodolit

Entsprechende Apps greifen auf die Originaldaten der Sensoren zu, werten diese (meist kombiniert) aus und stellen sie grafisch dar, z.B. als Kompass oder Winkelmesser. Abb. 5 zeigt die App Theodolite Droid, welche die Kamera mit den Lage- und Ortungssensoren kombiniert. Horizontwinkel (Im Querformat \rightarrow y-Achse) und Höhenwinkel (z-Achse) werden aus den Beschleunigungs- und Gyroskop-Sensoren ermittelt, das Azimut (Himmelsrichtung) magnetisch. Oben im Bild erkennt man den Zugriff auf GPS-Daten.

Schon dieser kleine Einblick in die vielfältigen Möglichkeiten lässt das enorme Potenzial von Smartphones erkennen. Was wie ein Zauberding wirkt, ist aber andererseits nichts Neues. Entsprechende Messgeräte gab es und gibt es – oft mit wesentlich besserer Technik und mit Anbindung an den PC. Die Technik der Bewegungsanalyse mit Videos, mit der aus Einzelbildern Bewegungsdaten gewonnen und analysiert werden (siehe dazu den Beitrag von Richard Sadek über seine App VidAnalysis), war schon mit VHS-Videos möglich. Schallpegel- oder Beleuchtungsstärkemesser gibt es im Elektronik-Handel.

Was aber neu ist, neben der Konzentration all dieser Messeinheiten in einem kompakten Gerät, ist die ständige Verfügbarkeit für die Lernenden, auch und gerade außerhalb der Schule. Sein Schulbuch vergisst man schon mal, das Handy nicht – es ist immer dabei. Die Jugendlichen verfügen also über ein mobiles Vielfachmessgerät mit Internetanbindung, dessen Möglichkeiten etwa im Projekt Physics2Go dargestellt und untersucht werden (vgl. [6]).

Notwendige Kompetenzen der Lehrenden

Die Verwendung im Unterricht liegt für mich auf der Hand, eine wesentliche Frage betrifft die Lehrkräfte: Über welche Kompetenzen müssen sie verfügen, um Unterricht mit Smartphones zielführend organisieren zu können? Das Modell TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) kann diesbezüglich zur Orientierung beitragen [7].

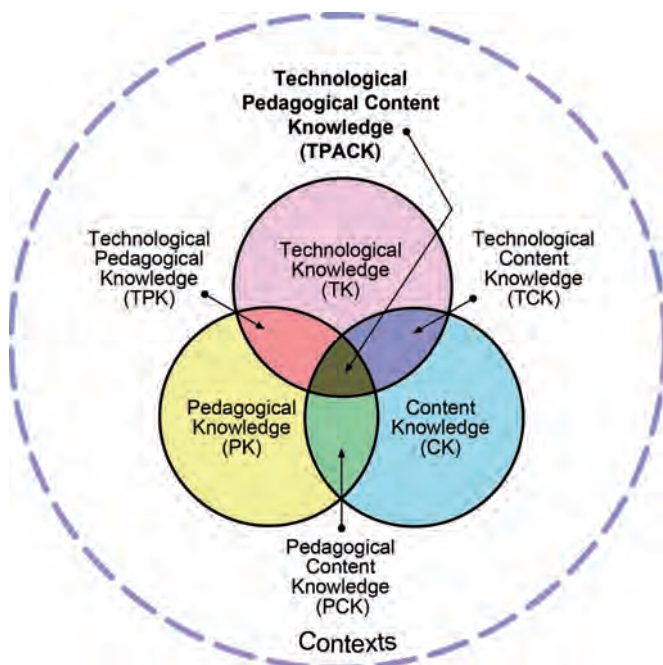


Abb. 6: Geforderte Kompetenzen für das Unterrichten (aus [7])

Die unteren beiden Bereiche betreffen jeden Unterricht. Content Knowledge (CK) meint das Fachwissen sowie Wissen über die Physik (Nature of Science), Pedagogical Knowledge (PK) Kompetenzen im Bereich Pädagogik, etwa Unterrichtsorganisation, Klassenführung oder Diagnose des Lernstandes. Auch die Schnittmenge (PCK) ist geläufig –

hier findet sich die Fachdidaktik, das pädagogische Wissen wird auf das spezielle Fach angewendet.

Was beim Einsatz von Smartphones hinzukommt, ist zuerst der Bereich der Technologischen Kompetenzen (TK). Als Lehrperson muss man sein eigenes Smartphone gut kennen und verwenden können, zum Beispiel die Arbeit mit Fotos und Videos, das Installieren und Verwenden von Apps oder auch Möglichkeiten der Datenspeicherung und Kommunikation.

Die Ausführungen im Punkt 2 dieses Artikels lassen sich im Feld TCK einordnen, im Schnittbereich Technologie-Fach. Was können Mess-Apps? Wie genau messen sie? Zu welchen Bereichen des Fachs passen sie? Darüber hinaus geht es hier um die Technik des Gerätes selbst: Wie arbeiten die Sensoren, wie funktioniert der Touchscreen, was passiert eigentlich bei einem mobilen Telefongespräch?

Im nächsten Abschnitt werde ich vor allem auf den zweiten Schnittbereich (TPK) eingehen. Dieser betrifft vor allem die „Wie“-Frage des Unterrichts. Wie setzt man Smartphones zielgerecht ein? Wie organisiert man den Unterricht, etwa mit den eigenen Mobilgeräten der Schülerinnen und Schüler? Wie sichert man die Ergebnisse? Das zentrale Feld (TPACK), in welchem die fachlichen Kompetenzen einbezogen werden, kann hier nur kurz angeschnitten werden. Gerade dieser Bereich stellt allerdings letztendlich das Ziel entsprechender Lehreraus- und fortbildung dar.

Einige unterrichtspraktische Fragen beim Einsatz von Smartphones

Wie integriert man die Smartphones der Jugendlichen?

Arbeitet man mit vorgegebenen Sätzen gleicher Endgeräte, die der Schule gehören und bei Bedarf ausgegeben werden oder verwendet man die privaten Geräte der SchülerInnen und Schüler? Für beide Möglichkeiten gibt es pro und contra, sie schließen einander auch nicht notwendigerweise aus. Ich beziehe mich hier nur auf den zweiten Weg, der in der Arbeitswelt als BYOD (Bring Your Own Device) zunehmend aktuell wird [8]. Neben anderen Argumenten scheint es mir spannend und interessant, wie wir das große Potenzial der Mobilgeräte in den Händen der Schülerinnen und Schüler nützen können.

Für die Vorbereitung zur Verwendung der eigenen Smartphones empfiehlt sich eine Befragung, gründliche Information über Sinn und Zweck sowie klare Regeln. Ein kleiner Fragebogen dazu könnte folgende Fragen enthalten:

- Welches Mobilgerät (System: iOS, Android, Windows) besitzt du?
- Stimmt du zu, dieses im Physikunterricht zu verwenden?
- Stimmt du zu, physikalische Apps zu installieren?
- Welcher Art der Kommunikation (Datenaustausch) stimmst du zu? (E-Mail, Cloud (z.B. Dropbox), WhatsApp...)

In der Unterstufe ist auch eine Information der Eltern notwendig.

Bezüglich der Regeln muss die Hausordnung der Schule beachtet werden. Es empfiehlt sich, in entsprechenden Stunden die Smartphones gleich am Tisch und somit für die Lehrkraft sichtbar liegen zu haben. Ganz wichtig ist die strikte Beschränkung auf unterrichtsspezifische Zwecke: Es dürfen keine Personen fotografiert oder gefilmt werden, es dürfen keine privaten Nachrichten verschickt oder andere Tätigkeiten ausgeführt werden. Nur die gerade notwendigen Aktionen sind erlaubt.

Wie geht man mit den unterschiedlichen Endgeräten um?

Diese Frage ist insofern heikel, da sie über technische und organisatorische Aspekte in soziale Bereiche geht. Handys sind auch Statussymbole, vom einfachen Telefon bis zur letzten iPhone-Generation findet sich das ganze dazugehörige Spektrum typischerweise in einer Klasse. Eine Möglichkeit ist, grundsätzlich in Gruppen zu arbeiten, wo nur ein geeignetes Smartphone verfügbar sein muss, mit dem dann gearbeitet wird. Dies entschärft auch das Problem, dass nicht jede App für jedes Betriebssystem vorhanden ist.

Je einfacher die Anwendung ist, desto mehr Geräte können verwendet werden. Z.B. funktioniert das Filmen von Experimenten praktisch mit jeder Art von Mobilgeräten. Ansonsten sind Programme günstig, die zumindest für Android und iOS vorhanden sind, wie die beiden oben erwähnten Apps. Ein Vorteil verschiedener Endgeräte ist, dass Vergleiche zwischen Smartphones auf eine quantifizierbare Ebene gebracht werden können, weg von bloßer Mode oder von Äußerlichkeiten.

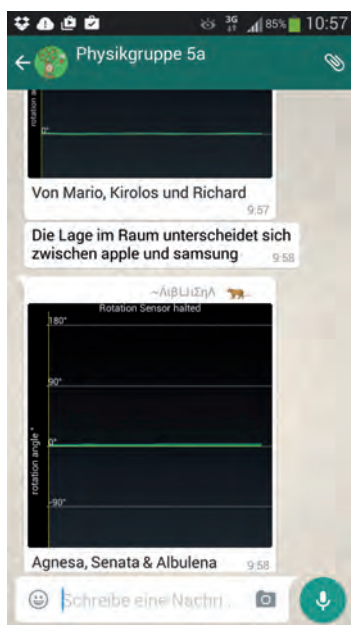


Abb. 7: Schüler vergleichen verschiedene Apps

Abb. 7 zeigt Ergebnisse einer Messung mit dem „Rotation Sensor“ von Sensor Kinetics. Dieser kombiniert Gyroskop und Magnetometer, wodurch die Lage im Raum in Winkel-

graden angezeigt wird. Aufgabe war hier, eine Null-Lage aller 3 Achsen herzustellen und zu überlegen, wie diese vom Gerät ermittelt wird. Dabei zeigte sich, dass nicht nur leicht unterschiedliche Ergebnisse infolge der verschiedenen kalibrierten Magnetsensoren erkennbar sind, sondern dass iOS und Android Achsen zum Teil verschieden bezeichnen. Fragen nach Messgenauigkeit und Kalibrierung von Sensoren entstehen hier praktisch von selbst.

Wie kann man Apps zeigen und installieren?

Um der gesamten Klasse etwas zu zeigen, ist eine Verbindung vom Smartphone der Lehrperson zu einem Beamer unerlässlich. Aktuell bietet sich der Miracast Standard an, der es allen Systemen (Android, iOS, Windows) ermöglicht, über ein eigens erzeugtes WiFi den Bildschirm des Handys (oder auch Tablets) zu spiegeln [9]. An Hardware benötigt man ein Miracast Dongle, das ist eine Art Stick, der in den HDMI Eingang eines Beamers (oder TV-Geräts) gesteckt wird. Dieser erzeugt das Funknetz, das von Mobilgeräten erkannt wird, wenn dort die entsprechende Funktion aktiviert wird. Unter Android (ab 4.2) heißt diese „Screen mirroring“ und findet sich unter den Schnellstart-Symbolen der Werkzeuggeste. Ein Vorteil dieser Technologie gegenüber Kabelanschlüssen (Adapter vom Micro-USB Ausgang des Smartphones auf HDMI) ist, dass der Beamer für jedes geeignete Mobilgerät im Raum verfügbar ist, es können also auch direkt Screens der Schülerinnen und Schüler gezeigt werden.

Für das Herunterladen und Installieren der notwendigen Apps sollte die Schule über ein möglichst schnelles W-LAN verfügen, falls die Apps im Unterricht installiert werden. Es ist natürlich möglich und zeitsparend, dies zwischen den Stunden zu Hause machen zu lassen. Im Unterricht arbeite ich nur mit kostenfreien Apps, obwohl die Bezahlversionen meist wenig kosten, leistungsfähiger und werbefrei sind. Es ist eine (altersabhängige) Frage, ob die Schülerinnen und Schüler überhaupt etwas in den entsprechenden Stores kaufen dürfen, auf jeden Fall müsste dies mit den Eltern abgeklärt werden. Für Unterrichtszwecke bin ich bisher mit den Gratisversionen bestens ausgekommen. Die Werbung kann man vermeiden, indem man den Internetzugang während der Messungen abschaltet, die Mess-Apps arbeiten alle im Offline-Modus. Auch beim Vorzeigen am Beamer empfiehlt es sich, das eigene Smartphone in den Flugmodus zu schalten. Es kann zwar passieren, dass sich mit Miracast ein vorhandenes Schul-WLAN einschaltet und Werbung erscheint, immerhin kann man aber keinen Anruf erhalten, der für alle sichtbar in die Vorführung hineinplatzt.

Wie kann die Kommunikation erfolgen?

Diese Frage halte ich für eine entscheidende, denn sie reicht von der Vergabe von Aufgabenstellungen bis zur Sicherung der Ergebnisse. Anzustreben ist, möglichst den ganzen Prozess auf den Mobilgeräten durchführen zu können, ohne notwendige Zwischenschritte an PCs. Was natürlich eine weitere Bearbeitung von Ergebnissen auf Computern nicht ausschließt.

Für die unmittelbare Kommunikation verwende ich meist WhatsApp Gruppen. Dieses System funktioniert schnell und einfach und ist unter Jugendlichen weit verbreitet. Üblicherweise schlagen die Klassen bei der Befragung über eine sinnvolle Art der Kommunikation diese Form vor, und haben offenbar kein Problem mit der Sichtbarkeit ihrer privaten Telefonnummern. Fraglich ist eher, ob Lehrkräfte ihre Nummern in solche Gruppen geben, außerdem sollten die Eltern gefragt werden. Bedacht werden muss weiters, wie damit umgegangen wird, wenn nicht alle Schülerinnen und Schüler einer Klasse WhatsApp verwenden. Auch hier bieten sich Team- oder Gruppenlösungen an.

So schnell und einfach WhatsApp zu bedienen ist, für Austausch und Weiterarbeit mit den Ergebnissen ist seine Funktionalität begrenzt. Fotos, Screenshots, kurze Videos und Texte können gepostet werden, gründlichere Analysen sind nicht möglich. Durch das einfache Aufeinanderfolgen der Einträge gibt es keine Ordnung, direkte Kommentare sind nur möglich, wenn man antwortet, bevor die nächste Meldung kommt.

Zum Hochladen von Dateien kommen Cloud-basierte Plattformen in Frage, etwa Google Drive, das mit Google Docs Möglichkeiten der Bearbeitung von Dokumenten am Smartphone bietet. Besser organisierbar wären Lernplattformen wie das verbreitete Moodle. Leider sind die entsprechenden Apps bisher funktionell sehr begrenzt, Hochladen oder Editieren ist nicht möglich. Eine umfangreiche funktionelle Plattform stellt Microsoft OneNote dar, das in entsprechenden Projekten als Heft-Ersatz getestet wurde [10]. In der neuesten Version (Office 365) bietet es die Möglichkeit, kollaborative Schülerhefte anzulegen, mit einfachem Zugang über die entsprechenden Apps.

Die unmittelbarste Art der Verbreitung von Ergebnissen ist das Herzeigen, etwa innerhalb der Gruppe oder für die Klasse mit der erwähnten Miracast Technologie. Will man etwas auch gespeichert haben, bieten sich zuerst Screenshots (Bildschirmkopien) an. Vor allem bei Diagrammen reichen diese meist schon aus, um in die Diskussion und Interpretation zu kommen. Die meisten Abbildungen in diesem Artikel sind zum Beispiel Screenshots meines Smartphones. Für eine detailliertere Weiterarbeit ist der Export von Daten notwendig, bei Messungen meist als .csv-Dateien, die von EXCEL gelesen werden können. Es hängt von der App ab, ob diese Möglichkeit in der Gratisversion zugänglich ist.

Wie findet man geeignete Apps?

Die Anzahl der kleinen Programme sprengt zahlenmäßig jede bewältigbare Dimension, ein zielloses Stöbern nach physikspezifischen Apps kann leicht zu Frustrationszuständen führen. Zum Glück gibt es schon eine Reihe von Apps mit unterrichtsbezogenen Erfahrungsberichten oder gar mit konkreten Experimentiervorschlägen.

In der Broschüre iStage2 [11], herausgegeben von Science on Stage, haben international gemischte Teams von Lehr-

kräften konkrete Unterrichtseinheiten entwickelt und dokumentiert, die verwendeten Apps finden sich jeweils am Anfang einer Einheit (Abb. 8).

Die Zeitschrift „Physik in unserer Zeit“ bringt regelmäßig Artikel über Experimente mit Smartphones in der Reihe „Smarte Physik“, etwa den erwähnten Beitrag zum Smartphone als Geigerzähler.

Die gleiche Gruppe von Autoren ist verantwortlich für eine ähnliche Serie in der Zeitschrift „The physics teacher“, diese nennt sich „iPhysicsLab“. Über diese Artikel findet man die geeigneten Apps, welche dort auch beschrieben werden.

Die Plattform Austria Forum bietet eine Seite mit Beschreibungen empfehlenswerter Apps [12]

Für Fortbildungsveranstaltungen habe ich moodle-Kurs angelegt [13]. Er zeigt eine Liste empfehlenswerter Apps, nach Fachbereichen geordnet, und enthält elektronische Versionen der erwähnten Artikelserien. Auf Anfrage per mail schicke ich einen Zugang dazu.



Abb. 8: Die Broschüre iStage2 enthält zahlreiche Beispiele für den naturwissenschaftlichen Unterricht

Fazit

Ein Politiker sprach einmal von der „normativen Kraft des Faktischen“. Dieser werden wir auf dem Feld der Mobilgeräte im Unterricht begegnen, egal wie wir zu Handys in der Schule stehen. Für den Physikunterricht gilt das in besonderem Maße, wie ich mit einem kleinen Einblick zu zeigen versuchte. Dieses aktuelle Schlaglicht zeigt aber auch, dass sich hier alles im Fluss befindet, technisch, sozial und didaktisch-methodisch. Daher gibt es auch bisher kaum gesicherte empirische Ergebnisse über Effektivität oder Mehrwert des Einsatzes von Mobilgeräten im Unterricht.

Eine entscheidende Frage wird die Implementation in der Aus- und Weiterbildung der Lehrkräfte sein. Zurzeit fokussieren sich die entsprechenden Aktivitäten notwendigerweise auf inhaltlich-technische Fragen, vor allem das Kennenlernen der Möglichkeiten des Smartphones und den eigenen Umgang damit. Jedenfalls wird uns die „Wie?“-Frage des Einsatzes noch länger beschäftigen, auf unterrichtspraktischer und auf didaktisch-forschender Ebene.

Quellenverzeichnis

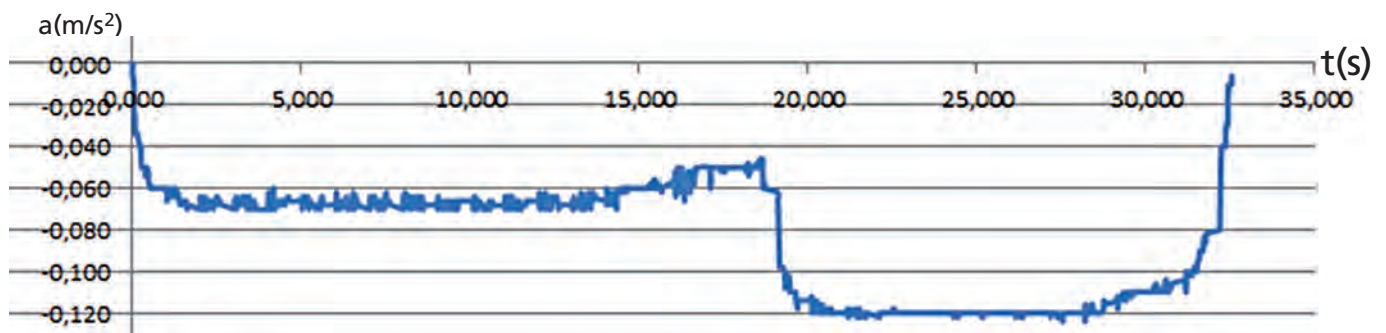
Dieser Artikel verwendet Teile einer gleichnamigen Veröffentlichung im Tagungsband „Lernen abseits festgelegter Formen“ (Anastasia Sfiri, Julia Weinzödl (Hrsg.), FH Joanneum Graz, e-learning Tag 2015, S. 62 ff).

- [1]: BITCOM (2014): Jung und vernetzt. BITCOM Studie. http://www.bitkom.org/de/publikationen/38338_81089.aspx [10.10.2015]
- [2] Muuß-Merholz, J. (2015): Schule in der Digitalen Gesellschaft: Warum wir neu lernen müssen. In: LOG IN 180 (2/2015)
- [3] Kuhn, J. u.a. (2015): Experimentieren mit Smartphone

und Tablet-PC. In: Naturwissenschaften im Unterricht Physik, 145, S.4ff

- [4] Kuhn, J., Frübis, J., Wilhelm, T., Lück, S. (2013): Smartphone als Geigerzähler. In: Physik in unserer Zeit 5/2013 (44), S. 253ff
- [5] Sensor Kinetics Webseite: http://www.rotoview.com/sensor_kinetics.htm (10.10.2015)
- [6] Vogt, P. u.a. (2014): Smartphone Physics. Neue Experimente und Fragestellungen rund um das Messwertfassungssystem Smartphone. Didaktik der Physik Frühjahrstagung, Frankfurt 2014
- [7] Koehler, M. J. & Mishra, P. (2009): What is technological pedagogical content knowledge? In: Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 9(1), 60-70. Siehe auch: www.tpack.org
- [8] BITCOM (2013): Leitfaden Bring Your Own Device. http://www.bitkom.org/de/themen/50792_75275.aspx (10.10.2015)
- [9] Siehe dazu etwa den Wikipedia Eintrag <https://de.wikipedia.org/wiki/Miracast> (10.10.2015)
- [10] Söser, K. (2014): Microsoft OneNote als kollaboratives Schulübungsheft. IMST-Projekt. http://www.imst.ac.at/imst-wiki/index.php/Microsoft_OneNote_als_als_kollaboratives_Schul%C3%BCbungsheft (10.10.2015)
- [11] Science on Stage (2014). iStage2: Smartphones im naturwissenschaftlichen Unterricht. Science on Stage Deutschland, Berlin 2014. Das pdf ist als download verfügbar: <http://www.science-on-stage.de/page/display/de/7/7/678/istage-2-smartphones-im-naturwissenschaftlichen-unterricht1> (10.10.2015)
- [12] Empfehlenswerte Smartphone Apps für den Physikunterricht: http://austria-forum.org/af/Unterrichtsmaterialien/Physik_Chemie/Appbeschreibungen_Physikunterricht (10.10.2015)
- [13] Moodle Kurs: <http://www4.edumoodle.at/physiklernen/course/view.php?id=99> (10.10.2015)

Handy am Plattenspieler



Mit der App *Physics Toolbox Accelerometer* wurde die Radialbeschleunigung bei 33 bzw. 45 Umdrehungen pro Minute gemessen.

Verwendet wurde ein Samsung Galaxy Lite, dessen Position während der Messung gleich blieb. Die Daten wurden als csv-File auf einen PC übertragen und mit EXCEL ausgewertet. Wie man sieht, schwanken die Messwerte des Beschleunigungssensors, der Werte von einigen g messen kann, bei

kleinen Beschleunigungen um $0,01 \text{ m/s}^2$. Die Mittelwerte sind $-0,067 \text{ m/s}^2$ bzw. $-0,117 \text{ m/s}^2$ für 33 bzw. 45 Umdrehungen pro Minute. Ihr Verhältnis $(117/67) = 1,75$ stimmt mit dem Verhältnis der Quadrate der Frequenzen $(45/33)^2 = 1,86$ auf etwa 5% überein.

Helmut Kühnelt