

**Michael HIRTH¹, Jochen KUHN, Andreas MÜLLER,
Matthias ROHS & Pascal KLEIN (Kaiserslautern, Genf)**

iMobilePhysics: Seamless Learning durch Experimente mit Smartphones & Tablets in Physik

Zusammenfassung

Der Beitrag erläutert ein Nutzungskonzept für Smartphones und Tablets als physikalische Experimentiermittel (iMobilePhysics, kurz: iMP) und ordnet zwei Realisierungsbeispiele dieses Konzept für Schule und Hochschule an Hand von Designkriterien in den Rahmen des Mobile Assisted Seamless Learning (MSL) ein. Zu den Beispielen werden Studien zur Lernwirksamkeit und Akzeptanz der medienbasierten Lehransätze dargestellt. Die Ergebnisse liefern den Begründungsrahmen, mobiles Experimentieren mit Smartphone und Tablets zur Unterstützung von MSL in die schulische und universitäre Lehre, insbesondere in die Lehramtsausbildung einzubinden.

Schlüsselwörter

Smartphone-Experimente, Mobile Assisted Seamless Learning, Lehramtsausbildung, Hochschullehre

¹ E-Mail: mhirth@physik.uni-kl.de



iMobilePhysics: Seamless learning with smartphones & tablets as experimental mobile labs in physics

Abstract

This paper discusses an approach that uses smartphones and tablets as experimental tools (iMobilePhysics; iMP). Two iMP examples for school and university are presented and discussed in terms of the design criteria of Mobile-assisted Seamless Learning (MSL). The two examples include studies on the effectiveness of learning and the acceptance of the iMP approach. The results support the proposal to include experiments using smartphones and tablet PCs as mobile experimental tools in schools and universities, and thereby to support MSL, especially in teacher training.

Keywords

Smartphone, experimental tool, mobile-assisted seamless learning, physics teacher training, physics major

1 Einleitung

Umfrageergebnisse zeigen, dass Smartphone und Tablet mehr und mehr zum Alltag speziell der jungen Generation gehören (MPFS, 2015). Auch in Schulen und Hochschulen halten diese Geräte zunehmend Einzug (DAHLSTORM, WALKER & DZIUBAN, 2013). Sie werden beispielsweise als Classroom-Response-Systeme oder mit Apps als Informationssystem genutzt, um Lernressourcen mobil verfügbar zu machen.

Bisher wenig beachtet werden dabei Möglichkeiten, diese mobilen Kommunikationsmedien als Experimentiermittel beim naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen zu verwenden. Dabei können solche Geräte als mobile Messlabore genutzt werden, die mit den vielfältig integrierten Sensoren unübersichtliche Versuchsaufbauten ersetzen können und naturwissenschaftliches Lernen im Alltag ermögli-

chen. Dadurch ist eine exzellente Möglichkeit gegeben, dass Lernende im Sinne des Mobile Assisted Seamless Learning (MSL; WONG & LOOI, 2011) selbst Phänomene in ihrem alltäglichen Leben naturwissenschaftlich untersuchen können.

Der Beitrag erläutert zunächst den theoretischen Rahmen zu Experimenten mit Smartphone und Tablet am Beispiel der Physik und beschreibt den Zusammenhang dieses iMobilePhysics-Ansatzes (iMP) zu MSL (Kap. 2). Daran anschließend wird in 3.1 anhand einer Studie die Lernwirksamkeit und Akzeptanz von iMP zusammen mit MSL im schulischen Kontext dargestellt. Ein zweites MSL-basiertes Realisierungsbeispiel des iMP-Ansatzes samt empirischer Vergleichsstudie wird in 3.2 vor dem Hintergrund der universitären Physikausbildung vorgestellt. Der Beitrag zeigt damit nicht nur die Anwendbarkeit des Konzepts in Schule und Hochschule auf, sondern thematisiert auch, wie MSL Gegenstand der akademischen Lehramtsausbildung sein kann.

2 iMobile Physics: theoretischer und konzeptioneller Hintergrund

In den letzten Jahren wurden zahlreiche Beispiele zum Einsatz von Smartphones und Tablets als Experimentiermittel in Physik publiziert (Überblick s. z. B. KUHN, 2014). Derartige Einsatzmöglichkeiten mobiler Kommunikationsmedien sind darauf zurückzuführen, dass sie mit internen Sensoren ausgestattet sind, mit denen physikalische Daten erfasst werden können, sodass qualitative und quantitative Experimente in vielfältigen naturwissenschaftlichen Themenbereichen möglich werden. Somit können Messungen und Experimente mit Smartphone oder Tablet durch die intuitive Bedienbarkeit der Apps einfach und auch „mobil“ durchgeführt und ausgewertet werden.

2.1 Context-based Science Education und Cognitive Theory of Multimedia Learning

Mobile Kommunikationsmedien sind den Lernenden aus ihrem Alltag gut bekannt, wodurch eine hohe Vertrautheit mit ihrer Bedienung erwartet werden kann. Der Einsatz der Geräte als Experimentiermittel im naturwissenschaftlichen Unterricht ist damit didaktisch durch den Alltags- und Lebensweltbezug des Experimentiermittels „Smartphone“ bzw. „Tablet“ begründet und lässt sich in das situierte Lernen (z. B. GREENO, SMITH & MOORE, 1993) und den kontextbasierten naturwissenschaftlichen Unterricht (Context Based Science Education; BENNET, LUBBEN & HOGARTH, 2007; KUHN & MÜLLER, 2014) einordnen. Die Annahme dabei ist, dass neben der Authentizität (im Sinne von Alltagsbezogenheit) eines Themas auch die Authentizität der verwendeten Medien einen positiven Einfluss auf das Lernen hat (sog. materiale Situierung; s. KUHN & VOGT, 2015). Zudem wird ein verstärktes Autonomieerleben der Lernenden im Umgang mit Smartphone und Tablet angenommen (s. RYAN & DECI, 2000a; 2000b), da sie mit den Geräten selbstständig experimentieren und ihre „eigenen“ Daten erheben.

Im Rahmen der Cognitive Theory of Multimedia Learning (MAYER, 2002) stellt der Einsatz o. g. Geräte multiple Repräsentationen innerhalb eines Lerninhalts bereit (z. B. Diagramme, Wertetabelle, Formeln, Vektoren oder Bilder), siehe Abb. 1. Im Gegensatz zu traditionellen Experimenten, bei denen verschiedene Repräsentationsformen erst im Nachhinein mühsam erstellt werden müssen, sind diese hier bereits vor der kognitiven Verarbeitung parallel zum Experimentieren verfügbar.

Die Fähigkeit zur Konstruktion und Interpretation von sowie zum Wechsel zwischen Repräsentationen spielt eine Schlüsselrolle für erfolgreiches mathematisch-naturwissenschaftliches Lernen (z. B. DE COOK, 2012). Die von der Nutzerin/dem Nutzer (mit dem Experimentiermedium) generierten multiplen Repräsentationen helfen, physikalische Sachverhalte kohärent miteinander zu verbinden. Lernende mit größeren Fähigkeiten im Umgang mit Repräsentationen besitzen auch höhere Problemlösekompetenzen (z. B. SAVINAINEN et al., 2013).

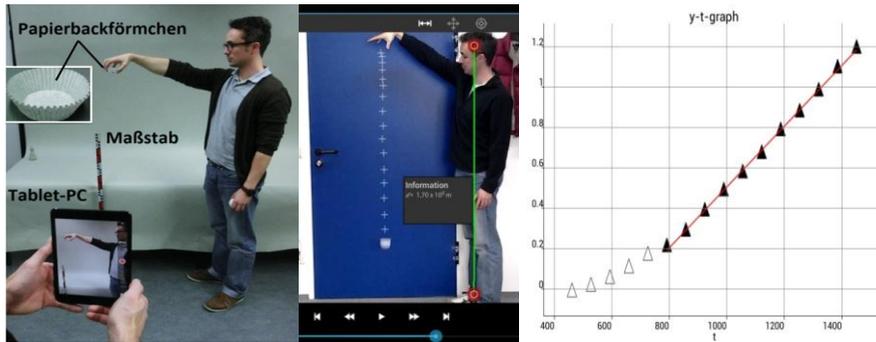


Abb. 1: Untersuchung des Luftwiderstands eines Muffinförmchens (links: Materialien und Durchführung; Mitte: Screenshot des aufgenommenen Videos mit Punktspur und Maßstab; rechts: Auswertung der Orts-Zeit-Daten).

2.2 Mobile Assisted Seamless Learning

Die Mobilität und Allgegenwärtigkeit von Smartphones und Tablets macht es möglich, Lernen als einen Prozess erlebbar zu machen, der in verschiedensten Szenarien „seamless“, also „nahtlos“, stattfinden kann und nicht nur auf den Klassenraum oder Hörsaal begrenzt bleibt (Erschließung sog. „Seamless Learning Spaces“, CHAN et al., 2006). Lernen kann jederzeit und überall, formell und informell, individuell, kooperativ und sozial, analog und digital stattfinden. Mobile Technologie fungiert dabei als Mediator eines solchen Lernprozesses im Sinne des Ansatzes von „Mobile Assisted Seamless Learning“ (MSL; WONG & LOOI, 2011). Lernende werden dadurch befähigt, flexibel auf ihre Umwelt zu reagieren und mit ihr effektiv zu interagieren, wobei Smartphones oder Tablets zur Kommunikation, als Cognitive Tools, zur Dokumentation oder – wie bei iMP – als Messinstrument reflektiert und autonom benutzt werden können. In Bezug zu Letztgenanntem erweitern sich die Möglichkeiten einer individuellen außerschulischen Beschäftigung mit curricular validen Themen (z. B. experimentelle Hausaufgaben und Übungen im Physikunterricht/-studium) als auch ein explorativer Umgang zur Erschließung physikalischer Phänomene im privaten Bereich (z. B. Informal Science Learning).

Um MSL zu fördern, bedarf es einem Zusammenspiel institutionalisierter formeller und selbstregulierter informeller Lernszenarien. Dabei werden in der Literatur verschiedene Unterscheidungen von formellen und informellen Lernarrangements gegeben (vgl. COLLEY, HODKINSON & MALCOM, 2003; WONG & LOOI, 2011). Wir orientieren uns an die von KUKULSKA-HULME et al. (2009) vorgeschlagene Unterteilung von Lernen. Alle vier Typen von Lernen (Tabelle 1) können und müssen in der Ausbildung vertreten sein, um MSL zu initiieren. Ein etwa nur auf Freiwilligkeit und Selbstregulierung ausgerichtetes Lernen ist insbesondere in der Disziplin der Physik undenkbar. Ohne formale, external strukturierte und initiierte Lernarrangements, die Expertise und Möglichkeiten der Reflexion bereitstellen, besteht die Gefahr, dass Fehlkonzepte entstehen und etabliert werden können. Informelles Lernen muss erst durch formelles Lernen vorbereitet und sollte wiederum in formellen Lerngelegenheiten reflektiert werden. Kompetenzentwicklung erfolgt in diesem Sinne als komplementäre Abfolge informeller und eher erfahrungsorientierter sowie formaler und eher theorieorientierter Lernprozesse. Neben der wichtigen Dimension der Organisation des Lernarrangements im Zusammenspiel von formellem und informellem Lernen gibt es noch neun weitere Kriterien, die MSL-Designs charakterisieren (MSL 1-10; WONG & LOOI, 2011), siehe Tabelle 2. Die Umsetzung der Prinzipien in den beiden Beispielen iAcoustics (Kap. 3.1) und physics.move (3.2) geht aus Tabelle 2 stichpunktartig hervor.

Tab. 1: Vier Typen von Lernen, die in Lernszenarien involviert sein sollten, die (Mobile Assisted) Seamless Learning fördern möchten (nach KUKULSKA-HULME et al., 2009).

		Ausgangspunkt der Initiierung	
		Extrinsisch durch Lehrende	Intrinsisch durch Lernende
Struktur	(von Lehrenden) external strukturiert	Formelles Lernen („formal learning“)	Freiwilliges Lernen („voluntary learning“)
	(von Lernenden) internal strukturiert	Ressourcenbasiertes Lernen („resource based learning“)	Informelles Lernen („informal learning“)

Tab. 2: Kriterien eines Designs zur Initiierung von Seamless Learning nach WONG & LOOI (2011) und deren Realisierung in den Projekten iAcoustics (Kap. 3.1) und physics.move (Kap. 3.2). 0 = Kriterium nicht intendiert, + = Kriterium teilweise realisiert, ++ = Kriterium in hohem Maße realisiert.

Designcharakteristika		iAcoustics formell	iAcoustics formell + informell	physics.m ove
MSL 1	Umfasst formelles und informelles Lernen	0	++	+
MSL 2	Umfasst personalisiertes und soziales Lernen	+	++	++
MSL 3	Zeitliche Unabhängigkeit des Lernens	0	++	+
MSL 4	Standortübergreifendes Lernen, örtliche Unabhängigkeit	+	++	+
MSL 5	allgegenwärtigen Verfügbarkeit von Wissen und Information	0	+	0
MSL 6	Präsenz der physischen (analogen) und der digitalen Welt im Lernprozess	++	++	++
MSL 7	Kombinierter Einsatz verschiedener Gerätetypen	0	0	0
MSL 8	nahtlose und schnelle Umschaltung zwischen verschiedenen Lernaufgaben (z. B. Datensammlung, Datenanalyse, Kommunikation)	++	++	++
MSL 9	Synthese zwischen vorhandenem und neuem Wissen; Kombination verschiedener Wissens Ebenen; Fähigkeiten im interdisziplinären Denken	+	++	0
MSL 10	Sinnhafter Einbezug mobiler Endgeräte zur Unterstützung des Angebotes verschiedener pädagogischer Modelle.	+	+	+

3 iMobilePhysics: Beispiele und Verbindung zu MSL

Der iMP-Ansatz beschäftigt sich mit der Konzeption und Untersuchung von mobilen Kommunikationsmedien als Experimentiermittel in naturwissenschaftlichen Lehr-Lern-Settings. Im Folgenden wird zunächst anhand einer Studie im schulischen Kontext aufgezeigt, dass iMP geeignet ist, MSL umzusetzen und dabei sowohl Akzeptanz als auch Lernwirksamkeit im Zusammenhang mit iMP und MSL bei Lernenden zu erzeugen. Ein zweites Beispiel zeigt eine praktische Umsetzungsmöglichkeit für die Studieneingangsphase der universitären Physikausbildung.

Um zukünftige Lehrende zu befähigen physikalisches Experimentieren mit mobilen Endgeräten im Sinne eines Seamless Learning einsetzen zu können, muss dieser Ansatz auch in der Lehramtsausbildung thematisiert werden.

3.1 iAcoustics: Experimente mit Smartphone und Tablet im Themenbereich Akustik

3.1.1 Konzeption

iAcoustics ist ein für die Sekundarstufe 2 konzipiertes Themenmodul zum Thema Akustik, dessen Umsetzung im Rahmen von Schülerlaboren intendiert ist. Wesentliches Element des Moduls ist, dass der Laborbesuch nicht isoliert, sondern durch eine Vor- und Nachbereitung im Klassenverbund in den Regelunterricht eingebettet ist.

Ein bedeutendes fachliches Lernziel von iAcoustics ist, dass die Lernenden die in der Akustik üblichen Repräsentationsformen des Schalls kennenlernen und mit ihnen reflektiert arbeiten können. Um dies zu fördern, umfasst der Laborbesuch eine Reihe von Experimenten, die neben rein physikalischen Themen (z. B. die Bestimmung der Schallgeschwindigkeit) auch akustische Phänomene mit Bezug

zur Lebenswelt der Lernenden aufgreifen (z. B. die Bassverstärkung in einem Bassreflexgehäuse).

In Erweiterung der formellen Intervention (s. 3.1.2) umfasst iAcoustics vertiefende und über den Regelunterricht hinausgehende theoretische und experimentelle Anregungen zur Akustik, die die Lernenden in ihrer Freizeit mit Smartphones oder Tablets intrinsisch motiviert in Eigenverantwortung durchführen können. Die Abbildung 2 zeigt exemplarisch den experimentellen Aufbau und eine Messung zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in Luft (HIRTH et al., 2015).

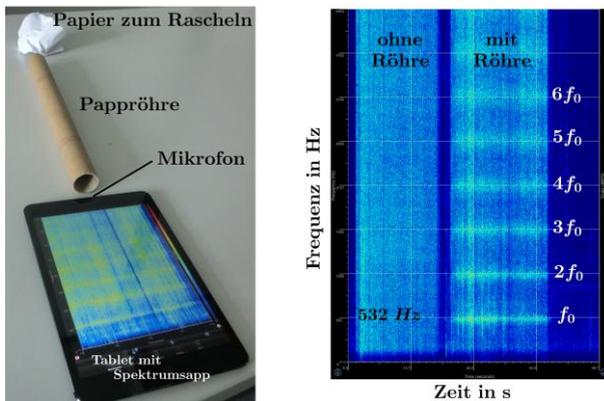


Abb. 2: Heimexperiment zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in Luft. Links: Benötigte Materialien und Versuchsaufbau. Rechts: Screenshot eines gemessenen Sonagrammes: Aus der Grundfrequenz f_0 kann man die Schallgeschwindigkeit in Luft bestimmen, wenn Länge und Durchmesser der Röhre bekannt sind.

Das durch das Angebot initiierte Lernen ist in weiten Teilen external strukturiert, es ermuntert aber die Lernenden, explizit auch eigenen Ideen zum Experimentieren nachzugehen. In jedem Fall ist das Angebot schülerinitiiert, da die Lernenden über Art und Umfang der Beschäftigung frei entscheiden können. Ziel ist es, die Lernenden in die Lage zu versetzen, ihre Neugierde zum Thema Akustik nach eigenen Interessen und in Eigenverantwortung zu befriedigen (vgl. CHAN et al., 2006).

Das mobile Kommunikationsmedium unterstützt bei diesem Lernen, da es die Hard- und Software bereithält, um Messungen durchzuführen, Soundfiles anzuhören und Videos anzusehen.

Obwohl bereits die formelle Intervention einige MSL-Designkriterien erfüllt, entfaltet sich das ganze Potential des Lernarrangements durch die Kombination der formellen Intervention mit dem weiterführenden Lernangebot. Die Durchführung des Lernangebotes kann räumlich und zeitlich wesentlich unabhängiger erfolgen als im Schülerlabor (MSL3 und MSL4). Es steht den Lernenden frei, individuell zu arbeiten oder Mitschülerinnen und -schüler, Freunde oder auch Geschwister und Eltern zu involvieren (MSL2). Dadurch, dass das Lernangebot unmittelbar an die formelle Intervention anknüpft und dabei interdisziplinäre Themen bereithält, können Prozesse der Wissenssynthese in Gang gesetzt werden (MSL9). Tabelle 2 fasst die Designkriterien, die in iAcoustics berücksichtigt sind, zusammen.

3.1.2 iAcoustics: Studiendesign und Stichprobe

Im Jahr 2015 besuchten 71 Lernende aus 6 Physikleistungskursen das Themenmodul iAcoustics. In Abbildung 3 ist der Zeitplan des Studiendesigns dargestellt. Begleitet wurde die Intervention durch den Einsatz von Fragebögen, die in Anlehnung an bestehende Testinstrumente für die Studie entwickelt (u. a. RICHTER et al., 2001; LITMANN & SPIELBERGER, 2003) und vor der Auswertung einer Faktoren- und Itemanalyse unterzogen wurden. So wurde u. a. der Einfluss der Intervention auf den Lernerfolg (Arbeit mit Repräsentationsformen des Schalls (t_1 , t_3)) und die Einstellung der Lernenden gegenüber dem Einsatz von Smartphones/Tablets als Experimentiermittel im Physikunterricht (t_1 , t_2) untersucht. Weitere Zielvariablen der Studie waren das Ausmaß an geweckter Neugierde zur Akustik und der Neugier, mit Smartphones auch nach dem Modul im Unterricht (formell) oder in der Freizeit (informell) weiter zu experimentieren (alle t_2).

Direkt im Anschluss an die formelle Intervention von iAcoustics wurden 12 Lernende ausgewählt (Kriterien: s. 3.1.3) und gebeten, sich für ein Interview (I1) zur Verfügung zu stellen, in denen weitere Rückmeldungen zur formellen Lernphase

von iAcoustics eingeholt wurden. Ihnen wurde ein informelles Lernangebot einschließlich einer Broschüre (in Papierform) und einem Tablet PC ausgehändigt.

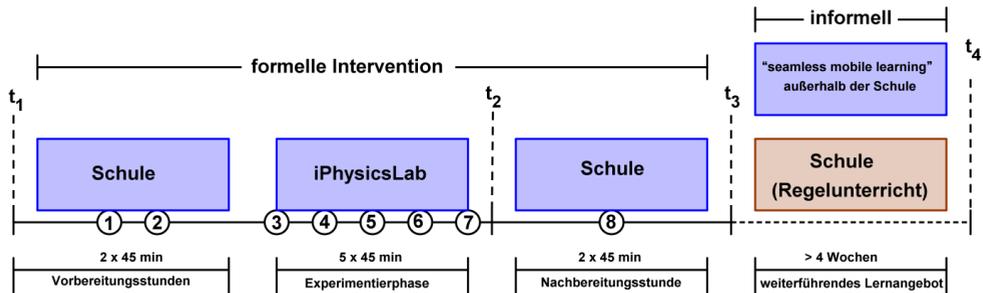


Abb. 3: Ablaufplan von iAcoustics. Die Zeiten t_1 - t_4 bezeichnen Messpunkte. Alle Studienteilnehmer/innen nahmen an einer acht Unterrichtsstunden umfassenden (formellen) Intervention aus einem Laborbesuch (3.-7. Stunde) mit Vorbereitung (1.-2. Stunde) und Reflexion (8. Stunde) teil. Einer Teilstichprobe ($N = 12$) wurden zum Zeitpunkt t_3 theoretische und experimentelle Anregungen überreicht, die sie freiwillig und eigenverantwortlich bearbeiten durften.

Nach mindestens vier Wochen wurde ein zweites Interview (I2) mit denselben zwölf Lernenden durchgeführt. In I2 konnten sie von ihren Erfahrungen mit dem Lernangebot berichten. Die Rückmeldungen über die Akzeptanz des Konzepts weiterführender Anregungen im Rahmen von Seamless Learning im Allgemeinen und MSL im Besonderen sowie Lob oder Kritik am konkreten Angebot geben wertvolle Hinweise für die Perspektive und zukünftige Konzeption ähnlicher Themenmodule mit weiterführenden Lernangeboten.

3.1.3 iAcoustics: Ergebnisse

In Tabelle 3 sind die Ergebnisse zusammengefasst. Erhobene Likert-skalierte Daten wurden für die Auswertung auf $[0,1]$ normiert. Die formelle Intervention konnte die Einstellung der Lernenden gegenüber dem Smartphone/ Tablet als Lern- und

Experimentiermedium (LME) im Physikunterricht praktisch bedeutsam verbessern ($d = 0.75$). Sie führte weiterhin zu einem großen Leistungsanstieg ($d = 1.31$). Die Neugierde-Indikatoren (CSA/CSMf/CSMi) zeigten stichprobenübergreifend eine mittlere bis hohe Ausprägung und dienten primär der Selektion von Probandinnen/Probanden zur Testung des weiterführenden Lernangebots.

Tab. 3: Statistiken relevanter Zielvariablen von iAcoustics. LME = Einstellung gegenüber Smartphones/Tablets als Lern- und Experimentiermedium im Physikunterricht. LEI = Fähigkeiten beim Umgang mit Repräsentationsformen des Schalls, CSA = Neugierde zur Akustik, CSMf = Neugierde, mit Smartphones im Unterricht (formell) weiter zu experimentieren, CSMi = Neugierde, mit Smartphones/Tablets informell weiter zu experimentieren.

	LME (t_1)	LME (t_2)	LEI (t_1)	LEI (t_3)	CSA (t_2)	CSMf (t_2)	CSMi (t_2)
Mittelwert	.61	.74	.49	.68	.62	.74	.52
SD	.18	.16	.13	.15	.17	.21	.22
Korrelation	$r_{LME(t1,t2)} = 0,68$		$r_{Leistung(t1,t3)} = 0,75$				
t-Statistik	7,84*** ($p < .001$)		15,55*** ($p < .001$)				
Cohen's d	0,75		1,31				

Es wurden nur solchen Personen das weiterführende Lernmaterial angeboten, deren Neugierde-Indikatoren auf eine hohe Bearbeitungswahrscheinlichkeit deuteten. Vor dem Hintergrund einer Machbarkeitsfrage begründet sich diese Selektion darin, erste Erfahrungen mit der grundlegenden Bereitschaft der Akzeptanz derartiger Lernangebote zu sammeln. Durch Auswertung der anschließenden Interviews (I2) konnten drei Nutzergruppen hinsichtlich Bearbeitungsintensität und -dauer unterschieden werden.

Das vorläufige Resümee über das Lernangebot fällt positiv aus. So bearbeiteten es vier Lernende (von 12) intensiv. Diese Gruppe erschloss die in der Broschüre dargebotenen theoretischen Inhalte und nutzte das Smartphone/Tablet bei Experimen-

ten und Messungen vielfältig, regelmäßig und sogar über die Anregungen der Broschüre hinausgehend. Kennzeichnend war eine Involvierung von Eltern, Geschwistern und Freundinnen/Freunden beim Experimentieren. Die Beschäftigungszeit der vier Schüler/innen reichte von sechs bis mehr als 20 Stunden.

Weitere fünf Lernende haben das Angebot zumindest teilweise angenommen. Es zeigte sich hier eine stärkere Selektion der experimentell erschlossenen Themen. Der theoretische Teil des Lernangebotes wurde aber auch von diesen Schülerinnen/Schülern tendenziell zumindest durchgelesen. Eine Involvierung von Mitmenschen erfolgte eher in der Form, dass mit Eltern und Freundinnen/Freunden über die experimentellen Möglichkeiten mobiler Endgeräte geredet wurde, wobei es kaum zu Diskussionen zu physikalischen Themen kam. Die Beschäftigungszeit wird von den Schülerinnen/Schülern zwischen zwei und sechs Stunden angegeben.

Drei Schüler/innen haben das Lernangebot kaum angenommen. Die genannten Hauptgründe waren zum einen Zeitmangel und Schulstress, aber auch eine zu geringe Eigenmotivation. Als wichtigen Hinderungsgrund bei der Bearbeitung des Angebotes nannte ein Schüler eine zu hohe Verschulung des Materials. Wie vorhin beschrieben, war das Lernangebot in einem beträchtlichen Teil external strukturiert.

Die Qualität des Lernangebotes wurde von allen Schülerinnen/Schülern, die sich mit ihm wenigstens teilweise beschäftigt haben, als gut bis sehr gut eingeschätzt. In diesem Zusammenhang wird das Konzept des Angebotes als freiwilliges bzw. informelles Lernarrangement von fast allen als reizvoll angesehen (auch von jenen, die nur wenig engagiert waren). Etwas freiwillig zu lernen, obwohl man nicht dazu verpflichtet ist, und diesen Lernprozess nach eigenen Interessen zu planen und zu gestalten, sei eine gute Erfahrung, die im normalen Regelbetrieb in der Schule kaum eine Rolle spiele.

3.2 physics.move: Experimentiervideos aufnehmen und auswerten in der Studieneingangsphase Physik

Ein zweites Beispiel zur Realisierung des iMP-Ansatzes ist das Projekt physics.move, welches in der Hochschule angesiedelt ist (KLEIN et al., 2015). Physik-Studierende besuchen im ersten Fachsemester die Hauptveranstaltung Experimentalphysik 1 (Mechanik), die eine Vorlesung im klassischen Vortragsstil einer/eines Dozierenden sowie eine begleitende Übung umfasst. Im Rahmen vorgegebener (extrinsisch initiiertes) Übungsaufgaben werden die in der Vorlesung präsentierten Inhalte im Selbststudium verarbeitet (internal strukturiert) und wöchentlich in sog. Übungsveranstaltungen besprochen. Das Projekt greift die Idee auf, mobile Endgeräte zur Bearbeitung der Übungsaufgaben zu nutzen. Im Gegensatz zu iAcoustics liegt der Schwerpunkt des Lernszenarios auf dem ressourcenbasiertem Lernen (vgl. Tab. 1).

3.2.1 Konzeption

Studierende werden durch Aufgabenstellungen dazu instruiert, einfache Bewegungsexperimente mit Alltagsmaterialien durchzuführen, mit einem Tablet aufzunehmen und damit auszuwerten. Ein Beispiel ist in Abb. 1 dargestellt. Zur physikalisch-mathematischen Auswertung des Bewegungsvorgangs wird die aus der Schule bekannte Videoanalyse genutzt. Neben Förderung des konzeptionellen Verständnisses durch eigenes Experimentieren und repräsentationaler Fähigkeiten durch den Umgang mit multiplen Repräsentationen verfolgt der Ansatz das Ziel, die Neugierde der Studierenden anzuregen, um die Inhalte der Mechanik weiter zu vertiefen. Studierende arbeiten kollaborativ, nehmen in Zweiergruppen Experimentalvideos auf und erheben daraus ihre eigene Daten (MSL2). Die anschließende Analyse geschieht im engen wechselseitigen Bezug zu theoretischen Aufgabenstellungen und integriert physikalische Arbeitsweisen (MSL8). Die Darstellung des Experiments auf dem Tablet führt zu einer hohen Verarbeitungstiefe und Vernetzungsdichte, da das Experiment veranschaulicht wird, wiederholt und verlangsamt abgespielt werden kann. Das physische Äquivalent wird digital abgebildet und unmittelbar in Bezug zu abstrakten symbolischen Repräsentationen gesetzt

(MSL6). Tabelle 2 fasst die Designkriterien, die in physics.move berücksichtigt sind, zusammen.

3.2.2 Stichprobe und Studiendesign

Die Experimentalphysik-1-Übung wurde in den beiden Wintersemestern 2013/14 und 2014/15 von insgesamt 76 Physik-Studierenden besucht (74 % männlich), die in eine Kontroll- (kurz KG, $N=36$) und Experimentalgruppe (EG) eingeteilt wurden. Zu Beginn des Semesters bearbeitete die KG vier Wochen lang nur traditionelle Aufgaben ohne Experimente und ohne Tablet, die EG zeitgleich dagegen eine Mischung aus traditionellen und neuen, experimentorientierten Video-Aufgaben (Verhältnis etwa 5:1), die bzgl. Inhalt und Umfang zu den Aufgaben der KG korrespondierten. Die untersuchten Variablen vor (t_0) und nach (t_1) der Intervention umfassen die zeitliche (t_1) und kognitive (t_0 und t_1) Beanspruchung durch die Aufgaben sowie die geweckte Neugierde (t_1).

3.2.3 Ergebnisse und Interpretation

Durch (Ko-)Varianzanalysen unter Berücksichtigung der Werte aus dem Vortest wurden keine signifikanten Gruppenunterschiede bzgl. zeitlicher ($t(67) = 0.56$, $p = 0.58$) oder kognitiver Belastungsindikatoren festgestellt ($F(1,73) = 1.62$, $p = 0.21$). Da die Aufgaben der beiden Gruppen bzgl. Inhalt und Umfang aufeinander abgestimmt waren, bedeutet dieses Ergebnis primär, dass durch den Einsatz der mobilen Endgeräte keine zusätzliche Belastung entstand. Auch wenn nicht intendiert war, informelle Lernprozesse auf Grund der zeitlich stringenten Rahmenbedingungen der ersten Semesterwochen anzuregen, zeigte die EG eine praktisch bedeutsam größere Neugierde-Ausprägung als die KG. ($F(1,73) = 3.82$, $p = 0.05$, $d = 0.39$). Diese ist zum größten Teil darauf zurückzuführen, dass sich die Studierenden über den eigentlichen Inhalt hinaus durch die Methode der Videoanalyse mit Themen der Mechanik beschäftigen konnten. Das Medium Tablet übernahm dabei eine Mediatorfunktion zwischen kognitiven Lernprozessen und dem physikalischen Phänomen.

4 Zusammenfassung und Ausblick

4.1 Diskussion

iMobilePhysics (iMP) verfolgt den Einsatz mobiler Kommunikationstechnologien in experimentellen Lernszenarien der Physikausbildung. Damit sind Herausforderungen, aber auch viele Chancen impliziert, um diese Technologien konstruktiv und effektiv in Lehr-Lern-Settings zu integrieren. Der Beitrag gibt diesbezüglich einen Einblick in die Projekte iAcoustics (3.1) und physics.move (3.2), in denen mobile Endgeräte speziell als Experimentiermittel eingesetzt werden. Ausgangspunkt der Projekte sind fachdidaktische und lernpsychologische Legitimationsargumente von Context Based Science Education und Cognitive Theory of Multimedia Learning (2.1). Darüber hinaus erschließen sich durch die Mobilität und Allgegenwärtigkeit von Smartphones und Tablets Möglichkeiten, Lernen als einen Prozess erlebbar zu machen, der in verschiedensten Szenarien „seamless“, also „nahtlos“ stattfinden kann und nicht nur auf den Klassenraum oder Hörsaal begrenzt bleibt (2.2). In diesem Zusammenhang erfüllen die beiden Teilprojekte eine Reihe von MSL-Designkriterien (Tabelle 2), um ein Zusammenspiel von institutionalisiertem, external intendiertem und selbstreguliertem informellem Lernen zu fördern.

iAcoustics hat das Ziel, eigenverantwortliches Experimentieren mit Smartphones/Tablets über den Regelunterricht der gymnasialen Oberstufe hinaus zu initiieren (freiwilliges und informelles Lernen), welches aber erst durch formelles Lernen vorbereitet wird. Bei physics.move wird formelles Lernen über den Vorlesungssaal und die Übungsräume hinaus initiiert (ressourcenbasiertes Lernen), indem Physikstudierende der Studieneingangsphase videobasierte Experimente mit Tablets in den obligatorischen Übungen planen, durchführen und auswerten.

4.2 Integration in die Lehramtsausbildung

Neben der in 3.2 beschriebenen Implementation von iMP in den ersten beiden Studiensemestern des allgemeinen Physikstudiums werden in Zukunft Konzepte entwickelt, die die Ausbildung angehender Physiklehrer/innen betreffen, um das Potential von iMP und MSL auch in der Hochschullehre noch stärker zu nutzen. Bereits seit zwei Jahren werden diesbezüglich Bestandteile beider Projekte im Rahmen der Pflicht-Lehrveranstaltung „Schülerorientiertes Experimentieren 1“ in der Lehramtsausbildung für angehende Physiklehrer/innen an der TU Kaiserslautern angeboten. Ziel dieses Einsatzes ist zunächst, dass Physik-Lehramtsstudierende im Sinne eines Modelllernens Inhalte von iAcoustics und physics.move experimentell erschließen und so erkennen, wie sie diese im späteren Unterricht einsetzen können.

Die so gemachten Erfahrungen der Studierenden sind dabei nicht nur Grundlage für die berufliche Anwendung von MSL, sondern darüber hinaus auch die Basis für eine Reflexion des eigenen Lehr-/Lernverständnisses vor dem Hintergrund einer zunehmenden Entgrenzung formaler Bildung durch die Nutzung digitaler Medien. Denn erst die Kenntnis und Einstellung zum Lehren und Lernen als einen alle Lebensbereiche umfassenden Prozess führen zu einer Kompetenz im Umgang mit MSL. Der individuelle Entwicklungsprozess kann dabei nicht unabhängig vom organisationalen Umfeld erfolgen und erfordert eine Veränderung der universitären Lernkultur.

iMP-Ansätze wie physics.move nutzen neue Möglichkeiten, um disziplinspezifisch essentielle Kompetenzen von Anfang zu fördern und den Studierenden die Gelegenheit zu geben, diese zeit- und ortsunabhängig in und außerhalb der Hochschule zu erwerben. Darüber hinaus befähigt die Integration in das Lehramtsstudium angehende Physiklehrkräfte, MSL nicht nur während ihres eigenen Studiums umzusetzen, sondern diesen Ansatz auch später in ihren Physikunterricht zu implementieren. Somit können Ansätze wie iMP als Ausgangspunkt entsprechender institutionell verankerter Lehr-Lernprozesse genutzt werden. Da sich iMP in das bestehende Curriculum des Physikstudiums integrieren lässt, sind auch keine diesbzgl. An-

passungen erforderlich. Infrastrukturelle Bedingungen für die Umsetzung von iMP hängen von den jeweils herrschenden Bestimmungen vor Ort ab. Wenn kein BYOD-Ansatz umgesetzt wird, muss ein von der Studierendenzahl abhängiger Bestand an Tablets bereitgestellt werden. Zudem sind die erforderlichen Apps auf den Medien zu installieren und zu aktualisieren. Dies erfordert eine servergestützte Infrastruktur, in die die mobilen Medien eingebunden werden müssen.

5 Literaturverzeichnis

Bennett, J., Lubben, F. & Hogarth, S. (2007). Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education*, 91(3), 347-370.

Chan, T., Roschelle, J., His, S., Kinshuk, K., Sharples, M. et al. (2006). One-to-one technology-enhanced learning: an opportunity for global research collaboration. *Research and Practice in Technology-Enhanced Learning*, 1(1), 3-29.

De Cook, M. (2012). Representation use and strategy choice in physics problem solving. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 8(2), 020117.

Colley, H., Hodkinson, P. & Malcom, J. (2003). *Informality and formality in learning: A report for the Learning and Skill Research Centre*. London. <https://kar.kent.ac.uk/4647/3/Informality%20and%20Formality%20in%20Learning.pdf>, Stand vom 10. Juni 2016.

Dahlstrom, E., Walker, J. D., & Dziuban, C. (2013). *ECAR Study of Undergraduate Students and Information Technology*. Louisville. <https://net.educause.edu/ir/library/pdf/ERS1302/ERS1302.pdf>, Stand vom 10. Juni 2016.

Greeno, J. G., Smith, D. R. & Moore, J. L. (1993). Transfer of situated learning. In D. K. Dettermann & R. J. Sternberg (Hrsg.), *Transfer on trial: Intelligence, cognition and instruction* (S. 99-167). Norwood, NJ: Ablex.

- Hirth, M., Kuhn, J. & Müller, A.** (2015). Measurement of sound velocity made easy using harmonic resonant frequencies with everyday mobile technology. *Physics Teacher*, 53, 120-121.
- Klein, P., Gröber, S., Kuhn, J., Fouckhardt, H., von Freymann, G., Oesterschulze, E., Widera, A., Fleischhauer, A. & Müller, A.** (2015). physics.move: Teaching Experimental Physics by Using Mobile Technologies as Experimental Tools-Videoanalyse-Aufgaben in der Experimentalphysik 1. *PhyDidA-Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 14(1), 1-11.
- Kuhn, J.** (2014). Relevant information about using a mobile phone acceleration sensor in physics experiments. *American Journal of Physics*, 82, 94.
- 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 (Hrsg.), *Multidisciplinary Research on Teaching and Learning* (S. 253-269). Basingstoke, UK: Palgrave Macmillan.
- 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.
- Kukulska-Hulme, A., Sharples, M., Milrad, M., Arnedillo-Sanchez, I. & Vavoula, G.** (2009). Innovation in mobile learning: a European perspective. *Mobile and Blended Learning* 1(1), 13-35.
- Litmann, J. & Spielberger, C.** (2010). Measuring Epistemic Curiosity and Its Diverse and Specific Components. *Journal of Personality Assessment*, 80(1), 75-86.
- Mayer, R. E.** (2002) Multimedia learning. *Psychology of Learning and Motivation*, 41, 85-139.
- MPFS – Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (Hrsg.)** (2015). *JIM Studie 2015*. Jugend, Information, (Multi-)Media. Stuttgart.
- Richter, T., Naumann, J. & Groeben, N.** (2001). Das Inventar zur Computerbildung (INCOBI): Ein Instrument zur Erfassung von Computer Literacy und computergestützten Einstellungen bei Studierenden der Geistes- und

Sozialwissenschaften. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 48, 1-13.
<http://www.reinhardt-verlag.de/pdf/peu-richter.pdf>, Stand vom 10. Juni 2016.

Ryan, R. M. & Deci, E. L. (2000a). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist.*, 55, 68-78.

Ryan, R. M. & Deci, E. L. (2000b). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychologist*, 25, 54-67.

Savinainen, A., Mäkynen, A., Nieminen, P. & Viiri, J. (2013). Does using a visual-representation tool foster students' ability to identify forces and construct free-body diagrams? *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 9(1), 010104.

Wong, L. H. & Looi, C. K. (2011). What seems do we remove in mobile assisted seamless learning? A critical review of the literature. *Computers and Education*, 57(4), 2364-2381.

Autoren



Michael HIRTH || TU Kaiserslautern, Didaktik der Physik ||
Erwin Schrödinger Straße 46, D-67663-Kaiserslautern

www.physik.uni-kl.de/kuhn

mhirth@physik.uni-kl.de



Prof. Dr. Jochen KUHN || TU Kaiserslautern, Didaktik der Physik ||
Erwin Schrödinger Straße 46, D-67663-Kaiserslautern

www.physik.uni-kl.de/kuhn

kuhn@physik.uni-kl.de



Prof. Dr. Andreas MÜLLER || Université de Genève, Fac. des Sciences/Sect. Physique, Institut Universitaire de Formation des Enseignants || Pavillon d'Uni Mail, Boulevard du Pont d'Arve 40, CH-1211-Genève

www.unige.ch/iufe/recherches/groupe/didactiquePhysique.html

andreas.mueller@unige.ch



Jun. Prof. Dr. Matthias ROHS || TU Kaiserslautern, Fachbereich Sozialwissenschaften, Fachgebiet Pädagogik || Erwin Schrödinger Straße 57, D-67663 Kaiserslautern

www.sowi.uni-kl.de/erwachsenenbildung/aktuelles/

matthias.rohs@sowi.uni-kl.de



Pascal KLEIN || TU Kaiserslautern, Didaktik der Physik || Erwin Schrödinger Straße 46, D-67663 Kaiserslautern

www.physik.uni-kl.de/kuhn

pklein@physik.uni-kl.de