

smart for science

Gelingensbedingungen für den Einsatz schülereigener Smartphones im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht

Bianca Kramp*, Alexander Pusch*, Stefan Heusler*, Daniel Laumann*, Susanne Heinicke*

*WWU Münster, Institut für Didaktik der Physik, Wilhelm-Klemm-Straße 10, 48149 Münster
bianca.kramp@uni-muenster.de

Kurzfassung

Angesichts der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten von Smartphones in Schulen erforscht das BMBF-Projekt *smart for science* Gelingensbedingungen für den Einsatz von Smartphones im naturwissenschaftlichen Unterricht. Distractionen können dabei sowohl durch den Einsatz schülereigener (BYOD) wie schuleigener (COPE) Geräte auftreten.

Die Untersuchung von BYOD- und COPE-Bedingung erfolgt im Rahmen dreier Workshops der Fächer Mathematik, Physik und Chemie zum Thema Elektromobilität, wobei das Smartphone sowohl fachspezifisch als auch in fächerübergreifenden Nutzungsvarianten eingesetzt wird. Durch die Erhebung fachbezogener und psychologischer Variablen auf Seiten der Lernenden sowie durch die Videografie des Nutzungsverhaltens werden Gelingensbedingungen und Distractionen identifiziert. In der Physik wird fachspezifisch die App *phyphox* genutzt, um Echtzeit-Messungen des elektrischen Stroms sowie der elektrischen Spannung und Leistung einer Solarzelle vorzunehmen. Die Dokumentation und Auswertung der Daten erfolgen ebenfalls per Smartphone.

1. Ausgangslage und Motivation

Smartphones bieten aufgrund ihrer eingebauten Sensoren und der verfügbaren Medien verschiedene Einsatzmöglichkeiten im Unterricht (Kuhn et al., 2013). Darin ähneln sie Tablets, bieten aber einen Vorteil: ihre große Verfügbarkeit und die Gewohnheit im Umgang auf Seiten der Schülerinnen und Schüler (SuS). 95% aller Jugendlichen ab einem Alter von 12 bis 13 Jahren besitzen hierzulande ein eigenes Smartphone (Berg, 2019). Der BYOD-Ansatz (bring your own device), also die Einbindung schülereigener Smartphones in den Unterricht kann damit eine kostengünstige Alternative zu von der Schule angeschafften Geräten bilden (COPE – corporate owned, personally enabled). Neben ökonomischen und ökologischen Überlegungen zum Einsatz schülereigener Smartphones (forsa Politik- und Sozialforschung GmbH, 2019), stellt sich allerdings auch die Frage nach dem Distractionpotential der Geräte. Lehrkräfte befürchten auch eine geringere Kontrollierbarkeit der schülereigenen gegenüber COPE-Geräten: So könnten Aktivitäten am eigenen Gerät wie private Chatnachrichten und eigene Social Media Apps zu Ablenkungen vom Unterrichtsinhalt führen (Gillies, 2016).

Weder für Eigengeräte noch für Fremdgeräte, die von der Schule gestellt werden, liegen bezüglich des Ablenkungspotentials im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht Forschungsergebnisse vor. Ward et al. (2017) fanden allerdings heraus, dass die bloße Anwesenheit des eigenen Smartphones auf dem Tisch die Kapazität des Arbeitsspeichers und

Leistungen in Intelligenztests verringern kann. Besser verliefen Tests, wenn das Smartphone in der Tasche blieb oder sich idealerweise in einem anderen Raum befand. Dabei war der Effekt umso größer, je höher die Abhängigkeit vom eigenen Smartphone war. Im Zusammenhang mit Digitalisierung in den Schulen stellt sich nun die Frage, ob beim aktiven Einsatz des Geräts zum Lernen dieselben Nachteile auftreten bzw. sich dieselben Möglichkeiten zur zielführenden Nutzung ergeben und ob es einen Unterschied macht, ob das eigene Gerät oder ein von der Schule gestelltes Fremdgerät verwendet wird.

Als Argument für BYOD wird u.a. angeführt, dass SuS durch den persönlichen Bezug zum Gerät (ownership) motivierter seien im Unterricht mitzuarbeiten. In einer Studie fand Boyd (2015), dass Unterschiede in effektiver Lernzeit und aktiver Teilnahme (engagement) nicht durch die Art des Geräts (BYOD vs. COPE) oder überhaupt den Einsatz dieser Medien erklärt werden konnten, sondern signifikant mit der Unterrichtsgestaltung und der Lehrperson zusammenhängen. Die erwünschte erhöhte Motivation und Aufmerksamkeit sind folglich nicht unbedingt gegeben. Wie muss also eine Lernumgebung gestaltet werden, damit der Einsatz von Smartphones im Unterricht gelingen kann?

Hier setzt das Projekt *smart for science* an. Da sich Einsatzvarianten von Smartphones im Unterricht je nach Fach stark unterscheiden, wird zunächst ein Fokus auf den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht gelegt. In diesem Bereich existieren

einerseits bereits fachspezifische Apps, die im Schulunterricht kostenlos eingesetzt werden können (z.B. *phyphox*, *GeoGebra*). Andererseits kann besonders beim Arbeiten auf Modellebenen die Verwendung von Erklärvideos und Simulationen, die die SuS im eigenen Tempo bearbeiten, das Verständnis bereichern. Im Projekt arbeiten die Fachbereiche Mathematik, Chemie und Physik zusammen. Der Fachbereich Mathematik betrachtet speziell die Möglichkeit am Smartphone Modellierungen vorzunehmen, die Chemie den Einsatz von Simulationen und die Physik digitale Messwerterfassung. Diese Einsatzmöglichkeiten wurden ausgewählt, weil sie einen elementaren Bestandteil des jeweiligen Fachs abbilden können. Darüber hinaus kommen allgemeine Nutzungsmöglichkeiten wie Quizze und Rechercheaufgaben zum Einsatz, um die Unterrichtsrealität auch diesbezüglich abzubilden.

2. Forschungsfragen und Untersuchungsdesign

Die zentralen Forschungsfragen der Studie lauten:

F1: Inwiefern beeinflusst die Verwendung des eigenen Smartphones im Vergleich zu einem schuleigenen Fremdgerät Leistung, Motivation, Konzentration und zielführende Nutzung im Unterricht?

F2: Welche Gelingensbedingungen für eine zielführende Nutzung und welche Auslöser für Distraction lassen sich beim Einsatz des eigenen Smartphones identifizieren?

F3: Wie lässt sich unter Berücksichtigung der identifizierten Gelingensbedingungen durch zeitlich begrenzte Nutzung eigener Smartphones eine Verbesserung von Leistung, Motivation, Konzentration und zielführender Nutzung erzielen? Zunächst stehen die Forschungsfragen F1 und F2 im Fokus, die anhand von 15 neunten Klassen beantwortet werden soll. Dabei nutzt die Hälfte der SuS ihre eigenen Geräte, während der anderen Hälfte Geräte gestellt werden, die jeweils mit dem für die SuS gewohnten Betriebssystem arbeiten. Im Folgenden wird am Beispiel des Fachs Physik der Ablauf der Studie beschrieben.

2.1. Ablauf der Studie

2.1.1. Vorerhebung

Ein Mitarbeiter oder eine Mitarbeiterin des Projekts besucht die Schulklasse an ihrer Schule, um sie innerhalb einer Einführung für das Projekt zu motivieren, sie über die Erhebungsmethoden und den Datenschutz zu informieren und mit ihnen erste Erhebungen durchzuführen.

Bei dieser Vorerhebung werden persönliche Merkmale und das Interesse an nachhaltiger Energiewirtschaft und Elektromobilität erfragt. Eine Übersicht über alle in der Studie erhobenen Variablen findet sich in Tab. 1.

	ZEITPUNKT	VARIABLE	BEISPIEL
VORERHEBUNG		Demographie	Alter/Geschlecht
		Klassenatmosphäre	„Unsere Klasse ist eine gute Gruppe, die zusammenhält, wenn es drauf ankommt.“
		Technikaffinität	„Ich liebe es, neue elektronische Geräte zu besitzen.“
		Individuelles Fachinteresse	„Wie interessant findest du das Fach Physik?“
		Individuelles Sachinteresse	„Wie interessant findest du es, Messwerte digital aufzuzeichnen?“
		Stabilität	„Wie oft fühltest du dich im Verlauf der letzten zwei Wochen von Niedergeschlagenheit, Schwermut oder Hoffnungslosigkeit beeinträchtigt?“
		Eingebundenheit	„Wie häufig vermisst du die Gesellschaft anderer?“
		Verpassensangst	„Ich werde unruhig, wenn ich nicht weiß, was meine Freunde planen.“
		Nutzungsverhalten Smartphone	„Wie viel Zeit verbringst du in einer durchschnittlichen Woche ungefähr mit der Nutzung deines Smartphones?“
		Grundintelligenz	Musterergänzung (CFT-20R, Teil 1 und 3)
WORKSHOPTAG	Vor	Wert	„Ich denke, es ist wichtig, etwas über Physik zu lernen, weil es nützlich für meinen Alltag ist.“
		Stabilität	s.o.
		Individuelles Sachinteresse	„Wie spannend findest du es, etwas über nachhaltige Energiebereitstellung für Elektroautos zu lernen?“
		Selbstwirksamkeitserwartung	„Ich bin sicher, dass ich Inhalte im Physikunterricht verstehen kann, egal ob sie schwierig oder einfach sind.“
	Während	Fachliche Leistung	„Nenne Einflussfaktoren auf die Leistung von Solaranlagen.“
		Kognitive Belastung	Subjektives Maß: „Wie schwierig fandest du die letzte Aufgabe?“
		Situationales Interesse	„Wie interessant fandest du die letzte Aufgabe?“ „Wie wichtig fandest du den Inhalt der letzten Aufgabe?“
	Nach	Konzentration	Objektives Maß: d2-R
Fachliche Leistung		s.o.	

Tab. 1: Übersicht über die im Laufe der Studie erhobenen Variablen mit Beispielimens.

2.1.2. Erhebungen während der Workshops

An drei Tagen kommen die Klassen für je 4,5 Stunden in das Experimentierlabor MExLab an der Universität Münster, wo sie je einen der drei Fachworkshops besuchen. Die Reihenfolge, in der die Workshops besucht werden, wird variiert, um Reiheneffekte zu vermeiden.

Hier werden Einstellungen dem Fach gegenüber, situationales Interesse, subjektiv empfundene kognitive Belastung, Konzentration, Lernerfolg und zielführende Nutzung des Smartphones erhoben (s. Tab. 1). Zusätzlich zu papierbasierten Erhebungen kommen Videobrillen zum Einsatz, die eine Beobachtung des Nutzungsverhaltens und möglicher Distraktoren ermöglichen. Dank eines auf die Kamera montierten Fish-Eye-Objektivs kann ein besserer Bildausschnitt erreicht werden, wodurch sich die Bildqualität so verschlechtert, dass kein normal großer Text wie bei privaten Nachrichten oder Internetrecherchen gelesen werden kann. Die Privatsphäre der SuS wird dadurch gewahrt. Die Art und Dauer der Anwendung, die gerade genutzt wird, lässt sich hingegen bestimmen.

Die Erhebungen von persönlichen Merkmalen, fluiden Intelligenz und Konzentration erfolgt anhand standardisierter Testverfahren. Die Items für empfundene kognitive Belastung (CL) und situationales Interesse (SI) sind jeweils an die zuvor durchgeführte Aufgabe angepasst. Für CL und SI ergeben sich so vier bis fünf Messzeitpunkte je nach Workshop. Die Konzentration wird je einmalig pro Workshop im Rahmen einer Aufgabe erhoben, die die fachspezifische Nutzung des Smartphones erfordert. Die Erhebung des Lernerfolgs geschieht im Prä-Post-Design.

Am Tag des jeweils ersten Workshops erscheinen die SuS am MExLab und werden vor Ort randomisiert auf die Bedingungen A/B aufgeteilt. Beim zweiten und dritten Besuch bleibt die Zuordnung der SuS gleich.

Um Effekte durch Durchführende möglichst gering zu halten, sind alle Workshops so gestaltet, dass sie möglichst wenig Klassengespräche und freie Interaktionen zwischen Teilnehmenden und Durchführenden erfordern. Die Durchführung erfolgt jeweils durch den/die Promovierende/n des Faches und eine SHK, die im Fach ihr Lehramtsstudium absolviert.

3. Inhalte des Physik-Workshops

Das Thema des Physik-Workshops lautet „Sonne tanken – nachhaltige Energiebereitstellung für Elektroautos“. Die Erkenntnisziele für die SuS fallen dabei sowohl in Bereiche des Kernlernplans NRW (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2019) als auch des Medienkompetenzrahmens NRW (2019).

Die inhaltsbezogenen Ziele des Workshops (Umgang mit Fachwissen) liegen im Bereich „Elektrizität“ und „Energieversorgung“. Prozessbezogen wird

besonders im Bereich Erkenntnisgewinnung gearbeitet: Die SuS beginnen im Bereich „Beobachtung und Wahrnehmung“ (E2) und erheben dann bei den angeleiteten Experimenten Daten (E4), um daraus Schlussfolgerungen zur Beantwortungen der zugrundeliegenden Frage zu ziehen (E5). Auf dieser Basis sind sie dann im Bereich Kommunikation in der Lage, ihre eigenen Aussagen zu Sachverhalten fachlich sinnvoll zu begründen (K4).

Auf Seiten des Medienkompetenzrahmens werden besonders die ersten beiden Kompetenzfelder fokussiert: „Bedienen und Anwenden“ sowie „Informieren und Recherchieren“. Die SuS üben sich darin, mit ihren Geräten zielgerichtet umzugehen (1.1 und 1.2), recherchieren Informationen und nutzen diese zur Aufgabebearbeitung (2.1 und 2.2). Diese sehr basalen Kompetenzen sollen als erste gefördert werden, um den SuS den Umgang mit Smartphones im Unterricht nahezubringen.

Die SuS der neunten Jahrgangsstufe können ihr Wissen im Bereich der Elektrizitätslehre anhand eines realitätsnahen Themas erweitern, ohne dass dabei der in der Schule zu erlernende Stoff vorweggenommen oder vorausgesetzt würde. Im Workshop erhalten die SuS ein Workbook mit Aufgabenstellungen, zusätzlichen Hinweisen in Textform oder als QR-Code, und einer Hintergrundgeschichte über die Familie Drivemann, die auch im Chemieworkshop eine Rolle spielt (s. Kasten). Jede experimentelle Phase des Workshops ist mit einer Einschätzung darüber verbunden, ob sich unter den an der Phase gegebenen Umständen ein Elektroauto laden ließe. Dazu ist ein Referenzwert gegeben, der für das Laden des Elektroautos notwendig ist. Die Geschichte soll das Thema in der Lebenswelt der SuS verorten und als Einstieg ihr Interesse wecken. Sie dient auch im weiteren Verlauf des Workshops als roter Faden und ist ein verknüpfendes Element zwischen dem Physik- und dem Chemie-Workshop, wodurch sie die Verknüpfung der Wissensinhalte begünstigen kann.

Wie die Drivemanns es im Forschungszentrum tun, führen auch die SuS ihre Messungen mithilfe von *phyphox* durch.

Hintergrundgeschichte

Familie Drivemann will sich eine Solaranlage für ihr nach Süden ausgerichtetes Dach zulegen. Eine Beraterin der Stadt kommt zu den Drivemanns nach Hause und misst mit dem Vater, welche Leistung sich installieren ließe. Dieser ist nun überzeugt, mit der Leistung das Elektroauto der Familie laden zu können. Die Beraterin muss seinen Eifer bremsen lädt die Familie ins Forschungszentrum ein, um mehr über die Einflussfaktoren erfahren, die die Leistung einer Solaranlage bestimmen. Die SuS begleiten die Familie ins Forschungszentrum, wo sie sich zuerst mit dem Material vertraut machen und dann ihre Erkenntnisse sammeln.

3.1. Echtzeitmessung mit phyphox

Die zentrale Anwendung des Smartphones im Physikworkshop ist die digitale Messwerterfassung über die App *phyphox*. Neben in der App voreingestellten Experimenten, die die vorhandenen Sensoren des Smartphones nutzen, lassen sich auch zusätzliche Experimente und Messdaten per Bluetooth einfügen. Im Physikworkshop werden mit einem Arduino die Kenndaten einer Solarzelle in verschiedenen Experimentiersituationen (s.u.) ermittelt und an die *phyphox*-App übertragen.

Da der Arduino Stromstärken nicht direkt messen kann, werden die Spannungswerte U_1 und U_2 aufgenommen und aus U_2 über den bekannten Widerstand R die Stromstärke I berechnet. Aus dem Produkt aus U_1 und I ergibt sich die momentane Leistung P .

Die Anzeige auf dem Smartphone kann zwischen der einfachen Ansicht, in der ein P - t -Diagramm und der momentane Leistungswert angegeben werden, und der erweiterten Ansicht, die auch U - t - und I - t -Diagramm sowie die zugehörigen Messwerte enthält, gewechselt werden. So ist eine Vielzahl von Experimenten zu Spannung und Stromstärke an Solarzellen ebenso möglich wie auf Leistung fokussierte Betrachtungen. Im Workshop können die SuS alle Aufgaben bearbeiten, indem sie nur die einfache Ansicht nutzen.

3.2. Ablauf des Workshops

Nach ihrer Aufteilung auf die Bedingung A oder B, setzen sich die SuS in Kleingruppen zusammen. Vor dem inhaltlichen Einstieg beantworten sie einen Fragenkatalog zu fachbezogenem Interesse und Selbstwirksamkeitskonzept sowie zu ihrem Wohlbefinden. Eine vollständige Übersicht über den inhaltlichen Ablauf des Workshops und die stattfindenden Erhebungen ist in Abb. 1 dargestellt.

3.2.1. Einstieg und Prätest

Mit einem kurzen Einstieg finden die SuS sich ins Thema ein und arbeiten zum ersten Mal mit ihrem Smartphone, indem sie die Problematik, der sich der Workshop widmet, in der Gruppe besprechen und ihr Ergebnis per padlet für alle zugänglich machen.

Im Prätest wird dann deklaratives Wissen rund um das Workshopthema mithilfe von größtenteils geschlossenen Items getestet. Der Test enthält auch offene Fragen nach Wolken bzw. dem „Wandern der Sonne“ als Einflussfaktoren auf die Leistung von Solaranlagen. Diese Fragen können die SuS auf Text- oder Bildebene beantworten.

Jeweils drei SuS arbeiten dann zusammen an einem Modellhaus mit Solarzelle auf dem Dach (Abb. 2). Zu Anfang werden den SuS alle Funktionen ihres Smartphones in Erinnerung gerufen, die sie während des Workshops brauchen werden:

- QR-Code-Scanner
- Taschenrechner
- *phyphox*-App
- Browser

Jedes Haus hat eine eigene Kennung. Um ihr Haus nutzen zu können, scannen die SuS über die Bedienoberfläche von *phyphox* den QR-Code auf der einen Dachseite ihres Hauses ein. Dadurch öffnet sich die zu dem jeweiligen Haus passende Messung.

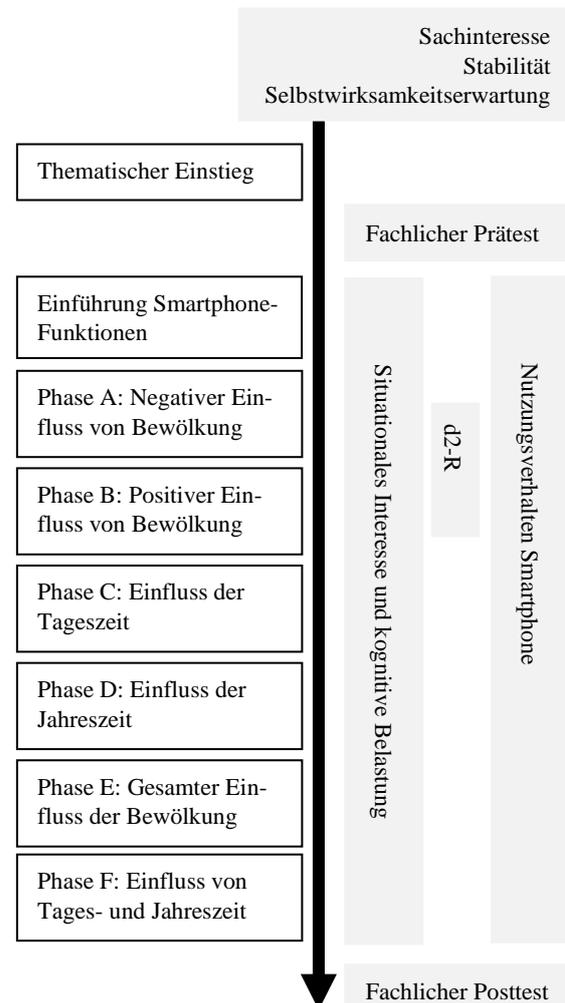


Abb. 1: Ablaufschema des Physikworkshops und der Erhebungen.



Abb. 2: Modellhaus mit Solarzelle. Die Messdaten für Strom, Spannung und Leistung bei unterschiedlicher Beleuchtungsstärke der Solarzelle werden per Bluetooth in Echtzeit auf das Smartphone übertragen und mit der App *phyphox* dargestellt.

Die erste Messung der Leistung dient als Referenzwert auf Modellebene, der mit dem von Herrn Drivemann in der "Realität" gemessenen Referenzwert bei vollem Sonnenschein vergleichbar sein soll. Anhand dieser beiden Werte bestimmen die SuS dann den Umrechnungsfaktor, der Übertragungen aus der Modellebene im Experiment auf reale Situationen ermöglicht.

Nach dieser Phase werden verbliebene Fragen geklärt, bevor die SuS in der restlichen Workshopzeit frei arbeiten dürfen. Die einzige Ausnahme bildet eine Unterbrechung, um einen Konzentrationstest durchzuführen, während die SuS an den Phasen A und B arbeiten. Neben ihrem Modellhaus stehen den SuS eine Halogenlampe als Modell für die Sonne, Filterfolien und Pappkarten als Wolken und eine Winkelschablone zum Nachstellen des Verlaufs der Sonne über den Himmel zur Verfügung. Sie können alle folgenden Phasen an ihren Plätzen bearbeiten.

3.2.2. A: Bewölkung I (Absorption)

Die Leistung von Solarzellen hängt u.a. von der Wellenlänge und Intensität der aus dem Weltall eintreffenden Strahlung ab. Bewölkung sorgt aufgrund der Absorption langwelliger und der Reflektion kurzwelliger Strahlung für eine verminderte Strahlungsintensität, was die resultierende Leistung reduziert. Indem die SuS Butterbrotpapier zwischen Lampe und Solarzelle anbringen, stellen sie fest, dass mit einer größeren Anzahl von Folien und damit einer höheren Dichte von Wolken die Leistung einer Solarzelle sinkt. Sie erkennen also den Zusammenhang zwischen sinkender Lichtintensität und sinkender Leistung. Daraufhin recherchieren sie, welche Wolkentypen es gibt und wie diese aussehen. Im Workbook müssen sie dann für drei Bilder entscheiden, um welchen Wolkentyp es sich auf dem Foto handelt, auf der Homepage nachschlagen, welcher Folienszahl dieser Wolkentyp im Modell entspricht, und anhand ihrer eigenen Messergebnisse entscheiden, ob an einem durchgehend derart bewölkten Tag das Elektroauto geladen werden könnte. Dadurch kombinieren sie ihre Messergebnisse (KLP E4) mit dem Medienkompetenzbereich „Informieren und Recherchieren“, um Schlussfolgerungen ziehen zu können (KLP E5).

3.2.3. B: Bewölkung II (Diffuse Strahlung)

Da Wolken Strahlung streuen und eintreffende Strahlung vom Boden und der Unterseite von Wolken zurück auf die Solarzellen gestreut wird, tragen Wolken, selbst wenn sie die direkte Strahlung vermindern, durch die indirekte Strahlung zur Leistung von Solarzellen bei. Indem die SuS ihr Haus auf dunkle oder helle Pappe als Untergrund und unter einem einseitig geöffneten Kasten (ebenfalls schwarz oder weiß) positionieren, stellen sie fest, dass die Streuung von Licht an Wolken die Leistung einer Solarzelle verbessern kann. Anhand dreier vorgegebener Situationen müssen die SuS für das Elektroauto entscheiden, ob es sich an einem entsprechend bewölkten Tag laden

ließe. Sie brauchen die Minderung der Leistung durch Absorption des Lichts noch nicht zu berücksichtigen.

In der folgenden Aufgabe sollen die SuS ihre Erkenntnisse aus den Phasen A und B kombinieren. Sie recherchieren die Anzahl der Regentage pro Jahr in Münster und überlegen anhand der damit verbundenen Bewölkungssituation, wie gut sich ein Elektroauto übers Jahr gesehen in Münster mit Solarenergie vom eigenen Dach versorgen ließe. Um hier eine adäquate Einschätzung vornehmen zu können, müssen die SuS bedenken, dass Regentage zwar mit dichten Wolken einhergehen, dieser Regen aber selten den ganzen Tag andauert und die Solaranlage auch bei leichterer Bewölkung dank diffuser Strahlung noch Leistung erbringt. An einem sonnigen Sommertag ist die Strahlungssumme diffuser Strahlung nur etwa halb so groß wie an einem bewölkten Tag (vgl. Mertens, 2018, S.45).

3.2.4. C: Tageszeit

Der Einfallswinkel des Sonnenlichts auf die Solarzelle ist ein weiterer Einflussfaktor auf die Leistungsausbeute. Dabei wird zwischen Azimut- und Elevationswinkel unterschieden, die die horizontale und die vertikale Komponente des einfallenden Licht beschreiben. Der Azimutwinkel bezeichnet die Abweichung des Sonnenstands von der Südausrichtung. Der ideale Winkel für eine nach Süden ausgerichtete Anlage ist ein Winkel von 0° in der Horizontalen, da so die größte Intensität der Strahlung vorliegt. Indem die SuS ihr Modellhaus auf eine mit Winkeln beschriftete Unterlage stellen und das Haus im Verhältnis zur festgeklemmten Lampe drehen, modellieren sie den Lauf der Erde um die Sonne und das damit verbundene „Wandern“ der Sonne über den Himmel. Sie stellen fest, dass bei dem nach Süden ausgerichteten Dach die Leistung von früh morgens bis mittags, wenn die Sonnenstrahlen senkrecht auf die Solarzelle fallen, steigt und dann zum Abend hin wieder abfällt. Dass sich dabei auch die Höhe der Sonne über dem Horizont verändert, wird in dieser Phase vernachlässigt.

3.2.5. D: Jahreszeit

Der Elevationswinkel beschreibt die Höhe der Sonne über dem Horizont. In Abhängigkeit vom Anstellwinkel der Solarzelle auf dem Dach ergibt sich die je nach Jahreszeit variierende vertikale Komponente der einfallenden Strahlung. Wenn der Elevationswinkel und der Anstellwinkel der Solarzelle in einem Einfallswinkel von 0° resultieren, wird die beste Leistung erreicht. Indem die SuS ihr Modellhaus vor der festgeklemmten Lampe unterschiedlich stark kippen, modellieren sie unterschiedliche Sonnenhöhen zur Mittagszeit und damit den Verlauf der Leistung innerhalb eines Jahres (s. Abb. 3). Sie stellen fest, dass sich in Münster die Leistung von Dezember bis Juni steigert und dann zum Dezember hin wieder fällt. Dabei liegt ein Smartphone der Gruppe auf der Dachschräge neben der Solarzelle, um den Winkel zu kontrollieren, während mittels eines anderen Smartphones die Leistung gemessen wird.

In der folgenden Aufgabe werden die SuS auf eine Grenze des Experiments aufmerksam gemacht: In der Realität sinkt die Leistung von Solaranlagen in unseren Breiten bei einer Dachneigung von 45° im Sommer mittags (s. Abb. 4). Der Elevationswinkel überschreitet im Zenit den idealen Winkel von 45° über dem Horizont, der für die Solarzelle ideal ist, da so der Einfallswinkel bei 0° liegt. Bei einem größeren Elevationswinkel sinkt folglich die Leistung wieder. Die SuS erklären diesen Effekt und überlegen dabei, welches der ideale Einfallswinkel für das Sonnenlicht wäre. Sie hinterfragen auf diese Weise ihre Ergebnisse und den Messprozess.

Die tages- und jahreszeitliche Schwankung der Leistung hat auch Folgen für das Laden eines Elektroautos. Die SuS überlegen, welche praktischen Folgen ihre Messungen haben, und nennen Lösungsmöglichkeiten für die von ihnen genannten Probleme. Damit wenden sie ihre Erkenntnisse auf eine alltägliche Situation an.

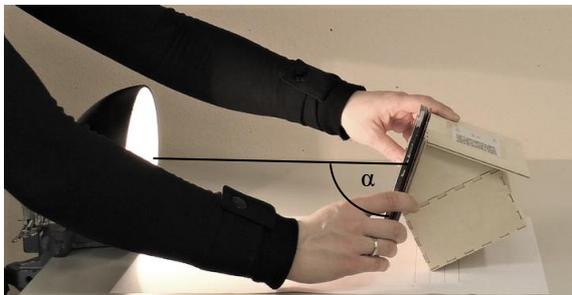


Abb. 3: Messung der Leistung bei verschiedenen Winkeln.

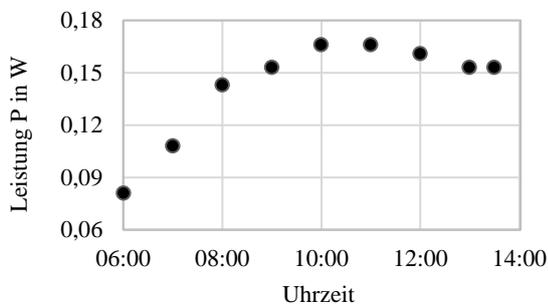


Abb. 4: Beispielmessung der Leistung einer Solarzelle im Sommer über den Vormittag.

3.2.6. E und F: Kombination und Vertiefung:

Die Phasen E und F dienen im Workshop zur Vertiefung der Phasen A/B (Phase E) bzw. C/D (Phase F) sowie als didaktische Reserve.

In Phase E kombinieren die SuS experimentell die Phasen A und B, indem sie sowohl die Filter als auch die Pappuntergründe bzw. -kästen nutzen, um eine Bewölkungssituation ihrer Wahl zu schaffen und die resultierende Leistung zu messen.

In Phase F erhalten die SuS einen Eindruck davon, wie sich die Kombination auch tages- und jahreszeitlicher Schwankung auf ein beispielhaft ausgewähltes Haus in Münster auswirkt. Dazu können sie auf der

Projekthomepage (<https://emobilitaet-erfahren.de/>) die P - t -Diagramme eines Durchschnittstages im Monat für alle Monate eines Jahres einsehen. Weiterhin können sie auf der Seite des Solarkatasters NRW (https://www.energieatlas.nrw.de/site/karte_solarkataster) ihr eigenes Wohnhaus suchen und sich dessen für Photovoltaik nutzbare Dachfläche angeben lassen. Indem sie angeben, mit vielen Personen sie in ihrem Haushalt leben, ermittelt der Solarkataster einen Durchschnittswert der benötigten Leistung für den Haushalt und die durch eine Solaranlage mögliche bereitzustellende Leistung.

3.2.7. Posttest und Sicherung

Der Posttest ist mit dem Prätest identisch und wird vor der Sicherung durchgeführt. Bei einer anderen Reihenfolge stünde zu befürchten, dass SuS, die im Workshop abgelenkt waren und so weniger Inhalte behalten bzw. verstanden haben, in der Sicherungsphase die notwendigen Informationen für den Posttest behalten könnten, was die Untersuchung des Effekts von Smartphone-Einsatz auf den Lernerfolg stören würde.

Die Sicherung ist eine Sammlung der Ergebnisse je einer Phase pro Gruppe, die dann per *padlet* mit den anderen SuS geteilt werden. Im Plenum werden die hochgeladenen Inhalte kurz besprochen und verbliebene Fragen geklärt.

4. Erste Eindrücke aus der Pilotierung

Die Pilotierung für Phase 1 erfolgte im Januar 2020 mit SuS aus zwei regulären Klassen (und einem naturwissenschaftlichen Differenzierungskurs (N=48)). Als die Gruppen am Physikworkshop teilnahmen, hatten sie zuvor entweder die Workshops Chemie und Mathematik oder nur Chemie besucht. Die Durchführung erfolgte abwechselnd durch je zwei Projektbeteiligte aus der Physik und/oder durch Promovierende der anderen Fachbereiche. Hinten im Raum saß neben den teilweise anwesenden Lehrkräften immer mindestens eine Person, um den Durchführenden Feedback geben zu können. Aus den persönlichen Eindrücken von Durchführenden und Beobachtenden sowie Erhebungsdaten ergibt sich Folgendes:

- Nicht alle im Material angebotenen Hilfsmittel werden wahrgenommen, wodurch den SuS das eigenständige Arbeiten anfangs schwerfällt. Als Konsequenz wird die Struktur des Workbooks und der Hilfen angepasst: Das Workbook wird textuell entlastet, indem Teile in Graphiken umgesetzt werden. Für typische Fehlerquellen bei der Durchführung von Versuchen werden Hinweise im Workbook ergänzt und Tipps werden deutlicher gekennzeichnet. Außerdem werden Durchführungsvideos zu jeder Phase ergänzt, damit die SuS bei Unklarheiten zunächst auf das kommentierte Video zurückgreifen und sich so selbst helfen, bevor sie einen Betreuer fragen. Sie bieten den SuS zudem einen weiteren audiovisuellen Zugang zum Experiment.

- Während das Interesse am Aufgabeninhalt nur gering schwankt, deutet der Verlauf der Messpunkte zum Interesse auf einen Negativtrend hin. Inwieweit dieser statistisch signifikant ist, wird im Laufe der Studie anhand einer größeren Stichprobe überprüft werden müssen. Der Trend könnte auf das Abklingen des Neuheitswertes hindeuten. Dies wäre für den Workshop wünschenswert, da es eher der schulischen Realität mit ihren gewohnten Anwendungen entspricht. Folglich wird keine Anpassung vorgenommen.
- Die Sichtung der offenen Items des Fachtest zeigt, dass die SuS im Posttest meist weniger schreiben oder zeichnen als im Prätest. Um einer „Ermüdung“ durch gleichbleibende Aufgabenstellungen in Prä- und Posttest entgegenzuwirken, wird der offene Teil des Tests so umstrukturiert, dass die SuS Grafiken bezüglich des Wahrheitsgehalts ihres Inhalts beurteilen und ggf. berichtigen müssen. In Prä- und Posttest können so gleiche Inhalte mit unterschiedlichen Grafiken abgefragt werden. Die Sicherung wird außerdem um ein Quiz ergänzt werden, damit die SuS ihr Wissen spielerisch überprüfen können. Dabei soll es sich z.B. um ein *Kahoot*-Quiz handeln, bei dem der/die Gewinner/in anhand von Richtigkeit und Geschwindigkeit der Antworten ermittelt wird.
- Beobachtungen im Workshop und eine erste Sichtung der Videos zeigen, dass SuS der BYOD-Bedingung vereinzelt mittels privater Nachrichtendienste kommunizieren, während die SuS in der COPE-Bedingung teilweise die Möglichkeiten der ihnen zur Verfügung gestellten Geräte erkunden: Sie verstellen z.B. Hintergründe ihres COPE-Gerätes. Das insgesamt hohe Maß an Disziplin in der Smartphone-Nutzung lässt sich u.a. dadurch erklären, dass die SuS sich in der fremden Umgebung zurückhielten, ein zu hoher Betreuungsschlüssel in den Räumen vorlag und die SuS von ihren Schulen gewohnt waren, die Smartphones im Unterricht nicht zu privaten Zwecken zu nutzen. Im Regelunterricht ist zu erwarten, dass die SuS sich leichter ablenken lassen, da ihnen Umgebung und Lehrperson bekannt sind. Durch verschiedene Anpassungen im Studiendesign wird die Hauptstudie dieser Unterrichtrealität weiter angenähert werden.

5. Ausblick

Das Projekt *smart for science* untersucht Gelingensbedingungen und Distractionspotential beim zielführenden Einsatz von Smartphones im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Im Rahmen von Workshops zum Thema Elektromobilität nutzen die SuS entweder ihre eigenen Geräte (BYOD-Ansatz) oder enthaltene gestellte Geräte (COPE-Geräte). Mittels qualitativer Analysen der Videodaten und quantitativer Auswertung der papierbasierten Erhebungen (Abb. 2) werden Gelingensbedingungen und

Distractionspotential beim Einsatz von Smartphones im BYOD-Ansatz bzw. COPE-Ansatz identifiziert.

Vorbehaltlich der Durchführbarkeit empirischer Studien unter den aktuellen Rahmenbedingungen, wird im Herbst 2020 die Hauptphase der Studie beginnen, in der 15 Schulklassen die angepassten Workshops besuchen. Da nicht zuletzt ökologische und ökonomische Gründe für den BYOD-Ansatz oder zumindest eine Mischform zwischen BYOD und COPE Ansatz sprechen, bieten diese empirischen Daten eine weitere Grundlage für (politische) Entscheidungen bezüglich Geräteausstattung im Zuge der weiteren Digitalisierung an Schulen.

6. Literatur

- Berg, A. (2019). Kinder und Jugendliche in der digitalen Welt. https://www.bitkom.org/sites/default/files/2019-05/bitkom_pk-charts_kinder_und_jugendliche_2019.pdf
- Boyd, W. P. (2015). Bring your own technology: The effect of student-owned technology on student engagement (Dissertation). <https://search.proquest.com/openview/a239c9dcc36712755cceb3bac29c4cfc/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
- forsa Politik- und Sozialforschung GmbH. (2019). Die Schule aus Sicht der Schulleiterinnen und Schulleiter – Digitalisierung und digitale Ausstattung. https://www.vbe.de/fileadmin/user_upload/VBE/Service/Meinungsumfragen/2019-04-17_forsa-Bericht_SL_Digitalisierung_Bund.pdf
- Gillies, C. G. M. (2016). To BYOD or not to BYOD: factors affecting academic acceptance of student mobile devices in the classroom. *Research in Learning Technology*, 24(1). <https://doi.org/10.3402/rlt.v24.30357>
- Kuhn, J., Wilhelm, T., & Lück, S. (2013). Physik mit Smartphones und Tablet-PCs. *Physik in Unserer Zeit*, 44(1), 44–45. <https://doi.org/10.1002/piuz.201390004>
- Medienkompetenzrahmen NRW. (2019). https://medienkompetenzrahmen.nrw/fileadmin/pdf/LVR_ZMB_MKR_Rahmen_A4_2019_06_Final.pdf
- Mertens, K. (2018). Photovoltaik: Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis (4. Aufl.), München: Carl Hanser.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.). (2019). Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasium in Nordrhein-Westfalen Physik. https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplane/lehrplan/208/g9_ph_klp_%203411_2019_06_23.pdf
- Ward, A., Duke, K., Gneezy, A., & Bos, M. (2017). Brain Drain: The Mere Presence of One's Own Smartphone Reduces Available Cognitive

Capacity. Journal of the Association for Consumer Research, 2(2), 140–154.
<https://doi.org/10.1086/691462>

Hinweis auf Förderung durch das BMBF

Das Projekt *smart for science* wird im Rahmen des Metavorhabens „Digitalisierung im Bildungsbereich“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.