Lernen in der digitalen Welt



Innovative Unterrichtsprojekte aus der MINT-Forschung

ACHIM GULDNER — SANDRO KRETEN — ANNE MÜLLER — TOBIAS ROTH

Im gegenwärtig geführten Diskurs über die Digitalisierung zukünftiger Lern-, Lebens- und Arbeitswelten wird von unterschiedlicher Seite eine offensive Verschiebung, weg von einer Wissensansammlung und hin zum Erwerb methodischer Kompetenzen – sogenannter Future Skills –, eingefordert. In diesem Kontext möchte der Beitrag unsere Aktivitäten in der digitalen Lehre sowie der schulischen MINT-Erziehung sichtbar(er) machen und entlang innovativer Beispiele für die Unterrichtspraxis konkretisieren.

1 IoT-Werkstatt – Das Internet der Dinge anfassbar machen

Die IoT Werkstatt ist ein disruptives außerschulisches Veranstaltungskonzept, bei dem kollaborativ Innovationen entstehen, Lösungen erarbeitet oder Produkte entworfen werden. Inzwischen wurde das Konzept im Rahmen von *Hackathons* mehrfach organisiert, durchgeführt und erprobt.

Mit diesem interdisziplinären wie integrativen Ansatz gelingt es, wichtige Inhalte aus der Informatik zu vermitteln, ohne dafür die von Lehrplänen geforderten Inhalte opfern zu müssen. Auf diese Weise soll die vom Lehrplan geforderte informatische Kompetenz verstärkt ausgebildet werden.

Das Team der IoT-Werkstatt veranstaltet dazu speziell auf die Themenwünsche der Schulen angepasste Kurz-Workshops, in denen das algorithmische Denken von Schüler/inne/n nachhaltig am Gegenstand des Internet der Dinge (Internet of Things), das schon heute viele Lebensbereiche der Schüler/innen durchdringt, gefördert werden soll. Weiter sollen darin die Schüler/innen für den Schutz und den Umgang mit Ihren Daten sensibilisiert oder ihnen technische Hilfestellung bei der Realisierung ihrer Projekt- und Programmierideen gegeben werden.

Weitere Informationen zum Konzept der IoT-Werkstatt sowie ein Portfolio an Beispielprojekten, die bereits von Schüler/innenindie Tatumgesetztwurden, findensich auf der Webseite zum Projekt (siehe: https://www.iotwerkstatt.umwelt-campus.de).

1.1 Projektmaterialien

Für einen didaktisch sinnvollen und technisch möglichst barrierefreien Einsatz im Unterricht, stellt die IoT-Werkstatt das nötige Equipment zur Verfügung. Die Basis ist ein Do-it-yourself-Kit aus einem WLAN-fähigen Mikroprozessor wie dem IoT-Octopus



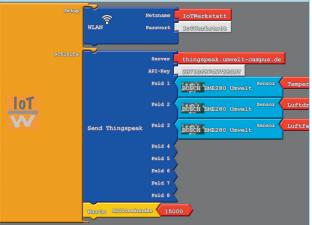


Abb. 1. Links: Der IoT-Octopus in der Detailansicht. Das Kit ist mit Sensoren u. a. für Temperatur, Luftdruck und -feuchtigkeit ausgestattet und erlaubt ein einfaches Arbeiten ohne aufwändige Vorkonfiguration. Rechts: Die graphische, blockbasierte Programmiersprache verhindert syntaktische Fehler und legt den Fokus auf die Logik. Das Beispiel zeigt den Code einer Wetterstation; im "Setup" die WLAN-Verbindung ins Internet und in der "Schleife" die kontinuierliche Datenübertragung an eine Datencloud (hier: Thingspeak), wo unter weltweitem Zugriff die gemessenen Daten visualisiert werden.

(Abb. 1, links). Zusätzliche Plug-&-Play-Anschlussmöglichkeiten mit einer großen Palette an Sensoren erlauben die Umsetzung fast jeder Messaufgabe. Zum Kit gehört mit der Arduino-IDE und IoT-Ardublock ferner eine offene und kostenfreie Programmierplattform, die das Programmieren mit einem intuitiv klaren, aus Puzzleteilen zusammenfügbaren Code erlaubt (Abb. 1, rechts). Selbst ohne Programmier-Vorkenntnisse lassen sich schon während einer Unterrichtsstunde vorzeigbare Ergebnisse erzielen.

1.2 Anwendbarkeit in der Schulpraxis und Verortung im Lehrplan

Das IoT-Kit ist ein Angebot an Schulen — für viele Fächer und Jahrgangsstufen. So erlaubt die hard- und softwareseitige Handhabung des Kits zusammen mit der Programmierplattform eine Anwendung ab der 7. Klasse. Die Lerninhalte, die sich im Sinne des Spiralcurriculums entwickeln lassen, müssen dabei nicht auf Informatik oder Mathematik beschränkt bleiben. Denkbar sind etwa auch die Datenerhebung für den Geographie-Unterricht in Form einer kleinen Wetterstation (Abb. 1, rechts), eine Gasanalyse in den Fächern Biologie und Chemie (z. B. CO₂-Messung im Klassensaal (LUFTQUALITÄT KLASSENSAAL, 2017) oder ein digital überwachtes Gewächshaus), oder die mit einer Lichtschranke gestützte Leistungsermittlung im Sportunterricht. Der Kreativität sind hierbei keine Grenzen gesetzt, da es für nahezu jeden Anwendungsfall kostengünstige Sensoren gibt.

Um Lehrerinnen und Lehrern konkrete Anregungen für den Einsatz in ihrem Unterricht zu geben, finden sich auf der Webseite der IoT-Werkstatt hilfreiche Unterlagen. Dazu zählen ein Quickstart-Guide, Blaupausen, eine Kurzbeschreibung aller Blöcke sowie der sogenannten Superblöcke, welche den Weg ins Internet stark vereinfachen.

Insgesamt ist das Lernen mit dem IoT-Octopus, gemäß dem rheinland-pfälzischen Lehrplan für Informatik der Sekundarstufe I, auf eine umfangreiche Kompetenzbildung ausgelegt. Im Sinne des ganzheitlichen Unterrichts sollen fachliche,

methodische, soziale und personale Kompetenz gefördert werden (BOVET & HUWENDIEK, 2000). Das Internet der Dinge dient hierbei zusätzlich als motivationale Stütze. Der Lernprozess lässt sich im Sinne eines `Design Thinking' strukturieren, bei dem jeder Teilnehmer seine Stärken individuell einbringt, wodurch Kreativität, soziale Kompetenz, Fachkompetenz im Anwendungsfach sowie die oben erwähnte informatische Kompetenz gleichermaßen gefördert werden. Darüber hinaus kann das selbstständige Erheben von Daten und deren Analyse die methodische Kompetenz der Lernenden stärken, indem sie die erhobenen Daten mit der realen Lebenswelt in Verbindung bringen. Es zeigt sich, dass das Tüfteln am eigenen Projekt oder Ding - ganz im Sinne des Internet der Dinge - auch

die personale Kompetenz in Form von Motivation, Leistungsbereitschaft, Teamfähigkeit und weiteren Faktoren adressiert. Die Lernenden können im interaktiven Entwicklungsprojekt ihre individuellen Stärken einbringen, was zudem eine implizite Binnendifferenzierung mit sich bringt. Das letztlich kreativ geschaffene Produkt macht das Internet der Dinge "anfassbar".

1.3 Retrospektive und Perspektive

Die IoT-Werkstatt schaut auf viele produktive Veranstaltungen in Form von *Hackathons* und Workshops zurück. Das anhaltend positive und konstruktive Feedback der Lehrkräfte ist für die Weiterführung des Projekts besonders ermutigend (POSITIONSPAPIER IOT-WERKSTATT, 2016, S. 8,9). Auf lange Sicht ist es wünschenswert, über eine Verankerung in den Lernplänen noch systematischer der Ausprägung von algorithmischem Denken bei Schüler/innen Rechnung zu tragen.

2 MINTcoach – Mein t\u00e4gliches MINT-Training via Storybasierter App

Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Forschungsprojekt "MINTcoach" (https://www.mintcoach.net) ist ein Kooperationsvorhaben des Umwelt-Campus Birkenfeld (UCB) mit der Hochschule Niederrhein. Es hat zum Ziel, insbesondere Schülerinnen der Klassenstufen sechs und sieben für MINT-Themen zu begeistern und so langfristig den unterrepräsentierten Anteil von Frauen in MINT-Berufen und -Studiengängen zu erhöhen. Zu diesem Zweck wird eine App entwickelt und erprobt, die den Schülerinnen MINT-Inhalte näherbringt.

2.1 Projektstruktur und Projektziele

Eine frühe negative Beeinflussung von Schülerinnen durch das private Umfeld oder Lehrpersonen verschlechtert ihre Kenntnisse und Interessen mit Bezug auf MINT, das zeigt unter anderem der OECD Bildungsbericht 2015 zur Chancengleichheit der Geschlechter (OECD, 2015).

Diesen Effekt verstärkend kommt hinzu, dass die Selbsteinschätzung der Schülerinnen negativ und häufig zurückhaltender ausfällt, als es ihre Noten wiederspiegeln. Ziel des Projekts ist daher, mittels einer App die Stärkung von Interesse, Selbstkonzept und -wirksamkeit bei Mädchen in MINT-Fächern zu fördern sowie mit positiven Erfahrungen zu verbinden, bevor das Interesse an MINT im Alter zwischen fünfzehn und sechszehn Jahren abnimmt (JAHNKE-KLEIN, 2005). Dies kann nicht auf eine fehlende Begabung, sondern auf das Lernumfeld in den weiterführenden Schulen (GOOD, ARONSON & INZLICHT, 2003) sowie mangelndes Selbstvertrauen, fehlende Anerkennung von Verwandten und Bekannten sowie fehlende Vorbilder zurückgeführt werden (TROTMAN, 2017).

Um nachhaltige Effekte zu erzielen, werden über achtzehn Monate hinweg Schülerinnen der Klassenstufe sechs und sieben (Schultypen: Gymnasium, Realschule Plus, Gemeinschaftsschule) aus Rheinland-Pfalz und dem Saarland über die App spielerisch an Herausforderungen aus den MINT-Bereichen herangeführt. Gleichzeitig wird das soziale Umfeld (Mitschüler/innen, Eltern, Lehrende) betrachtet, da in dieser Altersgruppe fehlende Unterstützung und fehlende weibliche Vorbilder einen großen Einfluss haben können. Flankiert wird diese Intervention durch mediendidaktische Ansätze wie Gamification, kooperatives Arbeiten, an Schule und Hochschule stattfindenden Workshops sowie Exkursionen, beispielsweise in den nahegelegenen Nationalpark Hunsrück-Hochwald. Begleitende Evaluationen sollen den Erfolg der Interventionen messen und bewerten (OERKE et al., 2018).

2.2 Aus der App: Beispiele für interessante MINT-Interaktionen

Technische Basis des Projekts bildet die Plattform MobileCoach (2018), welche bereits vielfach erfolgreich in der Gesundheitsvorsorge Jugendliche bei der Rauchentwöhnung eingesetzt wurde.

Konzeptuell und technisch darauf aufbauend, wird der MINTcoach mit seiner App entwickelt, um den Schülerinnen sozusagen MINT "anzugewöhnen". Eine wichtige Rolle spielt hierbei die Motivationssteigerung durch Übertragung von spieltypischen Elementen in spielfremde Zusammenhänge (SAILER, HENSE, MANDL & KLEVERS, 2013), wozu sich die App zweier Konzepte bedient: Avatare und eine sich ständig weiterentwickelnde Geschichte (Story). Zum Einstieg erstellen und benennen die Teilnehmenden ihren Avatar, der fortan die Bezugs- und Ansprechperson innerhalb der App darstellt (Abb. 2, linkes Teilbild) und eine Rollenvorbild-Position einnehmen kann, um so das Modelllernen nach BANDURA zu stützen. Die Story bildet den Handlungsrahmen, innerhalb dessen konkrete interaktive Aufgaben eingebettet werden und orientiert sich dabei an der Methode Glasgow (BELL & SCOTLAND, 2003), die in der Primarund Sekundarstufe I sonst allerdings vorrangig im gesellschaftswissenschaftlichen Unterricht und Fremdsprachenunterricht eingesetzt wird. So wird nicht nur die Absicht verfolgt, eine vermutete gespannte Haltung der Rezipientinnen in Nutzungsmotivation umzusetzen, sondern die einzelnen Aufgaben werden auch an die Erreichung eines übergeordneten Ziels gekoppelt.

Jene Ausrichtung orientiert sich an der Expectancy-Value-Theory (ECCLES, 2009), nach dem sich der Wert einer Aufgabe am wahrgenommenen Nutzen und zugeordneten Werten, die bei Mädchen häufig sozial und/oder künstlerisch geprägt sind, orientiert.

Zentrales Element der App ist der *Chat*, der sich an bekannte Instant-Messenger anlehnt und u.a. reale Vorbilder verwendet, die entweder mit dem Avatar kommunizieren oder diesen anleiten, ermutigen und Hilfestellungen geben (Abb. 2, rechtes Teilbild). Die Teilnehmenden erhalten im Chat auf sie zugeschnittene Nachrichten, welche die Geschichte entlang von Schätzfragen, Experimenten, Mini-Spielen, Rätseln, Videos, Fotos etc. voranschreiten lassen. In der *Bibliothek* sind weiterführende Links und bereits versendete Informationen verfügbar.



Abb. 2. Konfigurationsmöglichkeiten des Avatars (links oben) und Dialog im *Chat* über das Phänomen Blutmond (rechtes Teilbild).

Im Blog von Dr. Kühn, der Protagonistin der App, welche durch die Story und Interventionen führt, lässt sich der Verlauf der Geschichte bis zum aktuellen Stand nachlesen. So können auch Kinder, die die App nicht täglich nutzen, wieder in das Geschehen einsteigen (GULDNER et al., 2018).

2.3 Vorteile für Schüler/innen und Lehrer/innen

Die MINTcoach-App möchte Kinder auf Basis psychologischer Modelle für MINT-Themen sensibilisieren. Die Protagonistin Dr. Kühn soll ein positiv besetztes Rollenvorbild einer Wissenschaftlerin mit vielfältigen Interessen erzeugen. Die zusätzlich veranstalteten Workshops und Exkursionen, die thematisch in die Story eingewoben sind, stärken die Teamfähigkeit der Teilnehmenden. In (Klein-)Gruppen erarbeiten sie Lösungen zu MINT-spezifischen Fragestellungen, beispielsweise wie man einen Roboter programmiert, damit dieser autonom den Weg aus einem Irrgarten findet (Abb. 3).

MNU Journal - Ausgabe 03.2019 -205 -



Abb. 3. "Hands-on!" heißt es im Workshop zum Programmieren eines Roboters.

Die Story mit den Aufgaben ist derart gestaltet, dass zwar Inhalte aus dem Lehrplan aufgegriffen werden können, doch finden vor allem die Interessen der Zielgruppe Berücksichtigung. Dies hält im Zusammenhang mit dem Selbstkonzept der Teilnehmerinnen die Motivation zur Nutzung weiter aufrecht und greift gleichzeitig auf deren Erfahrungen zurück (SCHREIER et. al, 2014).

Neben den an Schüler/inne/n gerichteten Workshops und Exkursionen gehören auch ein Workshop für Lehrende sowie Info-Abende für Eltern, wo u.a. Ablauf und wissenschaftlicher Hintergrund zum MINTcoach vorgestellt werden, zum Angebot. Falls von den Lehrenden erwünscht, ist es möglich, die App in den Unterricht einfließen zu lassen, um Aufgaben oder multimediale Inhalte zu transportieren. Lehrende profitieren von einem Netzwerk, das MINT-Themen alters- und zielgruppengerecht aufbereitet.

3 Open MINT Labs (OML) – Lernen und Experimentieren in virtuellen Laboren

Open MINT Labs (OML) ist ein vom BMBF im Rahmen des *Qualitätspakts* Lehre gefördertes Verbundvorhaben zwischen den rheinland-pfälzischen Hochschulen Kaiserslautern, Koblenz und Trier (Webseite zum Projekt unter: *https://www.openmintlabs.de*).

3.1 Projektstruktur und Projektziele

Kernziel von OML ist die Konzeption, Entwicklung und wissenschaftliche Untersuchung sogenannter virtueller Labore. Dieses orts- und zeitunabhängige Lernangebot adressiert im Sinne eines Blended-Learning-Lab-Konzepts die virtuelle Versuchsvorbereitung betreuungsintensiver Grundlagen- wie Fortgeschrittenenlabore in den natur- und ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen. Einerseits werden den Studierenden der MINT-Disziplinen zu zentralen Themen die theoretischen Grundlagen dargeboten (FLEUREN, KARAPANOS, ROTH & BERG, 2014). Andererseits soll durch die eingeforderte Auseinandersetzung mit den Lerninhalten die Kompetenzausprägung unterstützt werden. Während die in ROTH et al. (2015) untersuchten virtuellen Laboren zeigen, dass fachspezifische theoretische und methodische Kenntnisse sowie Transferfähigkeit in mindestens gleichem Maße erworben werden wie in konventionellen Labo-

ren, bleibt einschränkend festzustellen, dass der Erwerb von Sozialkompetenzen (wie Teamfähigkeit, kommunikative Fähigkeiten, Konfliktfähigkeit) in den virtuellen Laboren in deutlich geringerem Maße vollzogen wird; hier setzt das Blended-Learning-Lab-Konzept mit der Verknüpfung zum realen Laborversuch an. Zudem spielen authentische Anwendungsbeispiele eine entscheidende Rolle, um die Relevanz des Gelernten am praktischen Fall zu demonstrierten (ROTH, ANDRES, SCHWINGEL, APPEL & HEIN, 2016). Ein weiterer Projektstrang verfolgt die Verbreitung der Ergebnisse in den schulischen Unterricht, wozu die im Hochschulkontext entstandenen virtuellen Labore didaktisch reduziert werden.

3.2 Beispiele für die Schulpraxis: Das virtuelle Labor Geometrische Optik

Anhand des virtuellen Labors Geometrische Optik exemplifizieren wir die (medien-)didaktische Realisierung eines virtuellen Labors, dessen strukturgebende Einheit aus den fünf Bausteinen Orientierung, Grundlagen, Experiment, Anwendung und Reflexion besteht. Das virtuelle Labor kann unter GEOMETRISCHE OPTIK (2018) eingesehen und für den Unterricht verwendet werden. Eine Auswahl an weiteren Beispiellaboren findet sich auf der Webseite zum Projekt.

Zu Beginn liefert der Baustein *Orientierung* einen inhaltlichen Überblick und dient der Motivation sowie der Organisation des Lernprozesses durch die Definition von Lernzielen. Im darauffolgenden Baustein *Grundlagen* wird die dazugehörige Theorie (hier: Reflexion und Brechung, Fermatsches Prinzip, optische Komponenten, Abbildungsgleichung und Linsenfehler) aufbereitet, indem geeignete Formate kombiniert und die Interaktivität des Lehr-Lern-Mediums gezielt zum Zuge kommt. In das virtuelle Labor *Geometrische Optik* sind beispielsweise Videos, Rätsel, Lückentexte, Zuordnungsaufgaben oder Zahlenbeispiele eingestreut, um den Lernenden zu aktivieren.

Das Herzstück eines jeden virtuellen Labors ist der Baustein *Experiment*, der einen für das Themenfeld zentralen Versuch als Simulation bereithält. Gemäß eines entdeckenden, erforschenden Lernens soll durch Verschieben einer Konvexlinse das Bild einer Kuh scharfgestellt werden, um mithilfe der Abbildungsgleichung auf die unbekannte Brennweite zu schließen (Abb. 4).

Das Ergebnis kann der Lernende in einem Lösungsfeld überprüfen oder Tipps anfordern. Der Baustein Anwendung versammelt Aufgaben zum Wiederholen von Fachbegriffen oder zum Einüben von Rechenroutinen und versucht gleichzeitig die häufig gestellte Frage "Wozu brauche ich das?" zu beantworten, indem Alltagsphänomene oder Anwendungen aus Forschung und Industrie zum Wissenstransfer herausfordern. In ihrer Studienabbruchbefragung betonen HEUBLEIN et al. die im Allgemeinen große Bedeutung des Berufsbezugs für den eigenen Studienerfolg (Heublein, Hutzsch, Schreiber, Sommer & Besuch, 2009). Idealerweise wird das im Baustein Orientierung vorangestellte Motivationsbeispiel (hier: Wie funktioniert ein Glasfaserkabel?) erneut aufgegriffen, um letzteres mit dem erworbenen Wissen aufzulösen oder zu quantifizieren. Im konkreten virtuellen Labor wird dieser didaktische Formschluss dadurch vollzogen, indem die/der Lernende den Einkoppelwinkel in eine spezifi-

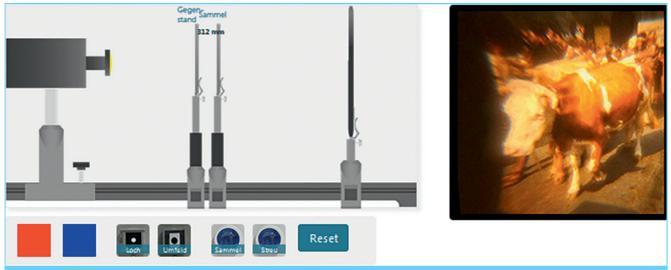


Abb. 4. Blick in das virtuelle Experiment im Labor *Geometrische Optik*. Nachdem der Aufbau mit den optischen Komponenten bestückt ist, soll der Gegenstand durch Justieren der Sammellinse mit unbekannter Brennweite scharf auf den Schirm (rechts) abgebildet werden.

zierte Glasfaser und den minimalen Krümmungsradius berechnet. Schließlich fasst der Baustein *Reflexion* die Lerninhalte zwecks Ergebnissicherung zusammen, wozu wichtige Formeln und Merksätze aufgelistet sowie Kontrollfragen gestellt und Links zur weiteren Vertiefung aufrufbar sind.

3.3 Vorteile für Schüler/innen und Lehrer/innen

Die virtuellen Labore sprechen Schüler/innen an, den Unterricht mit Experimenten vor- respektive nachzubereiten oder für Klassenarbeiten zu üben. Die gebotenen Feedback- und Überprüfen-Funktionen sollen das selbständige Lernen erleichtern, wobei sich "mit neuen Medien Fachinformationen schnell und vielfältig präsentieren lassen" (GIRWIDZ, 2018, S. 53). Zudem versuchen Beispiele aus der Praxis, einen problemorientieren, niederschwelligen Zugang zur oft abstrakten Theorie zu ermöglichen.

Derweil liegen die Vorteile für Lehrer/innen auf der Hand:

Nach einmaliger Einarbeitung und dem Sicherstellen technischer Voraussetzungen (z.B. Computerplätze, Internetverbindung) verspricht die Nutzung der virtuellen Labore eine Entlastung. Für den Unterricht lassen sich einzelne Übungsaufgaben mit variablem Anforderungsgrad herausgreifen, Experimente (die i.d.R. kostenintensiv, gelegentlich sogar gefährlich sind) virtuell durchführen oder ein ganzes Themenfeld theoretisch behandeln. Daneben eignen sich die virtuellen Labore zur Überbrückung von Unterrichtsausfall in Vertretungsstunden. Nach unseren Erfahrungen stoßen die virtuellen Labore bei Studierenden wie Schüler/innen auf eine positive Resonanz (FLEUREN et al., 2014 und ROTH et al., 2016). Dennoch trifft man in der Hochschullehre auf typische Erwartungen gegenüber E-Learning-Angeboten sowie auf (technische, curriculare) Nutzungshürden und Akzeptanzprobleme - sowohl bei Studierenden, als auch bei Lehrenden (FLEUREN et al., 2014). Hinsichtlich der Übertragbarkeit der virtuellen Labore auf Schulen betreibt die Universität Koblenz-Landau als externer Projektpartner eine begleitende Transferforschung.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Der Beitrag verdeutlicht einige der Anstrengungen, die von unserer Hochschulseite im MINT-Bereich — und im Einklang mit der von der Kultusministerkonferenz (KMK) geforderten "Bildung in der digitalen Welt" (KMK, 2016) — unternommen werden. So nehmen die drei vorgestellten Projekte, IoT-Werkstatt, MINTcoach und Open MINT Labs, unterschiedliche Zielgruppen in den Blick — die MINT-Förderung von Schülerinnen via Smartphone-App, das Programmieren im Internet der Dinge ab Klasse 7 und die virtuellen Labore für Oberstufenschüler/innen oder Studierende. Hierüber sollen Anregungen für einen innovativen MINT-Unterricht gegeben werden, wozu die bereitgestellten virtuellen Lernmaterialien, -werkzeuge und Labore einladen

Nichtsdestotrotz wird nur ein sehr kleiner Ausschnitt der bundesweit geförderten oder auf Eigeninitiative beruhenden Hochschulaktivitäten mit Schulbezug abgebildet. Alle an weiteren Angeboten interessierten Leserinnen und Leser seien deshalb ermutigt, sich direkt an die Ansprechpartner/innen der Hochschulen zu wenden, um Schulkooperationen in Form von Projekttagen, (virtuellen) Lernlaboren, Makerspaces etc. auszuloten oder um (digitale) Unterstützungshilfen für die Studienwahl oder den Studieneinstieg zu erhalten.

Literatur

BELL, S. & SCOTLAND, S. (2003). Storyline as motivation for language teaching. Storyline Approach in the foreign language classroom. *Trainer's Handbook*. *Assessment in the Storyline*. Comenius Project, 2003—2006.

BOVET, G. & HUWENDIEK, V. (2000). Leitfaden Schulpraxis, Die Vier Felder des Allgemeinwissens, 499. Berlin: Cornelsen.

MNU Journal - Ausgabe 03.2019 -207 -

ECCLES J. (2009). Who am I and what am I going to do with my life? Personal and collective identities as motivators of action. *Educational Psychologist*, 44(2), 78–89.

FLEUREN, D., KARAPANOS, M., ROTH, T. & BERG, H. (2014). Open MINT Labs — Ein virtuelles Lehr-Lern-Konzept für Grundlagenlabore in MINT-Studiengängen. In APOSTOLOPOULOS, N., HOFFMANN, H., MUSSMANN, U., COY, W. & SCHWILL, A. (Hg.). Grundfragen Multimedialen Lehrens und Lernens. Der Qualitätspakt E-Learning im Hochschulpakt 2020, Tagungsband GML² 2014, Münster: Waxmann Verlag, 236—249. http://www.gml-2014.de/tagungsband-gml-2014/Tagungsband_GML2014-Web-final2.pdf (24.01.2019).

Geometrische Optik. Beispiellabor (2018). https://www.umwelt-campus.de/campus/organisation/fachbereich-umweltplanungumwelttechnik/labore-technika/open-mint-labs-oml/ (28.01.2019).

GIRWIDZ, R. (2018). Ein Bild sagt mehr als 1000 Worte. Multiple Repräsentationen und Visualisierungen können Lehren und Lernen unterstützen. *Physik Journal* 17 (2018) Nr. 6, 53–56, Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

GOOD, C., ARONSON, J. & INZLICHT, M. (2003). Improving adolescents' standardized test performance: An intervention to reduce the effects of stereotype threat. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 24(6), 645–662.

GULDNER, A. et al. (2018). MINTcoach: Sustainability through Digital Behavioral Interventions. In BUNGARTZ, H.-J. et al. (Eds.). Environmental Informatics: Techniques and Trends Adjunct Proceedings of the 32nd Envirolnfo, Munich, September 2018. Shaker Verlag, 11–16.

HEUBLEIN, U., HUTZSCH, C., SCHREIBER, J., SOMMER, D. & BESUCH, G. (2009). Ursachen des Studienabbruchs in Bachelor- und in herkömmlichen Studiengängen. Ergebnisse einer bundesweiten Befragung von Exmatrikulierten des Studienjahres 2007/08. Hannover: HIS, S. 32, 101, 102, 107, 108, 163, 170.

Jahnke-Klein, S. (2005). Chancengleichheit für Mädchen und Jungen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. In Hellmich, F. (Hg.). *Lehren und Lernen nach IGLU – Grund-schulunterricht heute*, 117–132. Oldenburg: Didaktisches Zentrum (diz).

KMK. Kultusministerkonferenz (KMK) (2016). Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz. Papier vom Dezember 2016. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2017/Strategie_neu_2017_datum_1.pdf (18.03.2019).

Luftqualität Klassensaal. Beispielprojekt zur Messung der Luftqualität im Klassensaal (2017). http://thingspeak.umwelt-campus.de/channels/17 (29.11.2018). MobileCoach. Technische Plattform (2018). https://www.mobile-coach.eu/ (29.11.2018). OECD (2015). The ABC of Gender Equality in Education: Aptitude, Behaviour, Confidence, PISA, OECD Publishing, Paris.

OERKE, B. et al. (2018). Die App MINTcoach — Spielend Motivation und Selbsteinschätzung von Mädchen für MINT-Fächer fördern (Posterpräsentation). 51. Kongress der Deu tschen Gesellschaft für Psychologie (DGPs), September 2018. Frankfurt am Main.

Positionspapier IoT-Werkstatt, Expertengruppe M2M/Internet Der Dinge (2016). https://www.umwelt-campus.de/fileadmin/Umwelt-Campus/IoT-Werkstatt/octopus/170531_FG2_113_EG_Positionspapier_IoT-Werkstatt_M2M_digital_RZ.PDF (28.01.2019).

ROTH, T., BERG, H., PERMESANG, J., SCHWINGEL, A., ANDRES, T. & HORNBERGER, C. (2015). Virtuelle Grundlagenlabore als vielseitiges Lehr-Lernmedium in Blended-Learning-Lab-Szenarien. In *PhyDid B, DPG-Frühjahrstagung*. Wuppertal 2015. http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/621 (24.01.2019).

ROTH, T., ANDRES, T., SCHWINGEL, A., APPEL, J. & HEIN, U. (2016). Blended Learning with Virtual Laboratories in the Context of Application Oriented Education in Physics. In Lars-Jochen Thoms & Raimund Girwidz (Eds.). Proceedings of the 20th International Conference on Multimedia in Physics Teaching and Learning, LMU Munich. European Physical Society, 111—119.

SAILER, M., HENSE, J., MANDL, H. & KLEVERS, M. (2013). Psychological perspectives on motivation through gamification. *Interaction Design and Architecture(s) Journal IxD&A*, 19, 28–37.

SCHREIER, B. et. al (2014). Der Wert der Mathematik im Klassenzimmer: die Bedeutung relevanzbezogener Unterrichtsmerkmale für die Wertüberzeugungen der Schülerinnen und Schüler. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 17(2), 225–255.

TROTMAN, A. (2017). Why don't European girls like science or technology? Microsoft Philanthropies.

https://news.microsoft.com/europe/features/dont-europe-an-girls-like-science-technology/ (24.01.2019).

ACHIM GULDNER, a.guldner@umwelt-campus.de, M. Sc. (Angewandte Informatik). Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Softwaresysteme (ISS). Forschungsinteressen: Data Sciences und Nachhaltigkeit von Software-/IKT-Systemen.

ANNE MÜLLER, anne.mueller@umwelt-campus.de, M. Sc. (Umwelt-& Wirtschaftsinformatik). Referentin für Gleichstellung & Familienservice (Hochschule Trier). Forschungsinteressen: gendersensible Didaktik in MINT-Fächern (Primar-/Sekundarstufe; berufliche Rehabilitation).

Schulpraxis

SANDRO KRETEN, s.kreten@umwelt-campus.de, Master of Education (Informatik, Mathematik für die gymnasiale Oberstufe). Promovend (Informatik) an der Universität Trier. Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Lehrbeauftragter am Umwelt-Campus Birkenfeld (UCB).

TOBIAS ROTH, t.roth@umwelt-campus.de, Dr. rer. nat. (Physik). Operative Projektleitung im BMBF-Projekt Open MINT Labs (OML). Forschungsinteressen: Labor-/Mediendidaktik, innovative Lehr-Lern-Formen. In 2018 Auszeichnung mit dem Lehrpreis der Hochschule Trier.