

FORSCHUNGSKONZEPT

Stand: 30. August 2019

Inhaltsverzeichnis

Forschungsprofil	3
Habilitationsprojekt: Projekt Prim-E-Proof	7

FORSCHUNGSPROFIL

„A fundamental change is needed in the way we think about **education**'s role in global development, because it has a catalytic impact on the well-being of individuals and the **future of our planet.**“

- Irina Bokova, Director-General of UNESCO

In den United Nations Sustainable Development Goals, der World Health Organization Triple Billion Strategy, UNISPACE+50 und der Space2030 Agenda wird deutlich, dass eine qualitativ hochwertige Bildung (vgl. Sustainable Development Goal 4: Quality Education) positiven Einfluss auf alle Sustainable Development Goals hat und Bildungsprozesse besonders in Bezug auf globale Gesundheit (vgl. Sustainable Development Goal 3: Good Health and Well-Being) eine besondere Rolle spielen.

Im Rahmen der UN Working Group Space & Global Health, in der ich seit 2012 Mitwirke und seit 2018 zum Mitglied der deutschen Delegation bei der 55th und 56th session of the Scientific and Technical Subcommittee of the United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space (COPUOS) in Wien durch das United Nations Office for Outer Space Affairs (UNOOSA) ernannt wurde, werden globale Gesundheitsprobleme identifiziert und mit Hilfe von Space Technology (Satellitenbilder, GPS, Technologien der Raumfahrt) Lösungen konstruiert. Ein positiver Beitrag kann durch Capacity Building von Bildungsmedien zur Förderung von Problemlösefähigkeiten, der Generierung von Risikobewusstsein sowie zur Entscheidungsunterstützung und somit zur Überbrückung von Hindernissen bei der Informationsübertragung besonders in Gefahrensituationen geleistet werden.

Meine Aufgabe in der UN Working Group Space & Global Health besteht unter anderem in der Entwicklung maßgeschneiderter substanzieller Lernumgebungen im Fach Mathematik (nach [Hirt & Wälti, 2016]) sowie Kursmaterialien, die durch Verwendung von Open Source Software und die Veröffentlichung als Open Educational Resources (OER) frei zur Verfügung gestellt werden können, was mathematikdidaktischer Forschung bedarf. In Anlehnung an [Wittmann, 1981] verstehe ich unter der Didaktik der Mathematik „die Wissenschaft von der Entwicklung praktikabler Kurse für Mathematiklernen, sowie der praktischen Durchführung und empirischen Überprüfung der Kurse einschließlich der Überlegungen zu Zielsetzungen der Kurse und der Stoffauswahl“, ([Wittmann, 1981], S.1).

Durch den inhaltlich sinnvollen und didaktisch reflektierten Einsatz digitaler Technologien in Lernumgebungen ([Platz, 2019]), kann ein positiver Beitrag zum Verstehensprozess geleistet werden. Im Didaktischen Dreieck können digitale Technologien wie folgt verortet werden: „Digitale Technologien stehen in Wechselbeziehung zu den 'Ecken' dieses Dreiecks, und sie beeinflussen die Wechselbeziehungen der 'Ecken' untereinander“, ([Schmidt-Thieme & Weigand, 2015], S. 481); (siehe Abb. 1). Besonders die Wechselbeziehung der 'Ecke' des mathematischen Inhaltes und der 'Ecke' der Schülerinnen und Schüler spielt eine zentrale Rolle in meiner Forschung.

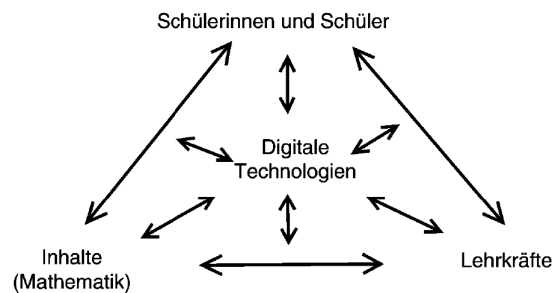


Abbildung 1: Das didaktische Dreieck und digitale Technologien. Quelle: [Schmidt-Thieme & Weigand, 2015], S.480.

In meiner Forschung verfolge ich das Ziel der Entwicklung von substanziellen Lernumgebungen (nach [Hirt & Wälti, 2016]) für den Mathematikunterricht mit digitalen Technologien (selbst (weiter)entwickelte OpenSource Apps & Applets auf Tablet PCs & PCs) zur Unterstützung von Problemlösefähigkeiten durch realistische Anwendungsszenarien.

Um entwickelte Lernumgebungen, in denen digitale Technologien eingesetzt werden, zu optimieren, wird Design Science eingesetzt. Design Science ist in der Philosophie des Pragmatismus begründet und schafft Artefakte, die von Menschen in der Regel für einen praktischen Zweck geschaffen werden (vgl. [Hevner & Chatterjee, 2010]). Die Lernumgebungen werden zunächst in Form von Instantiationen als situative Implementationen (Best Practice Beispiele) umgesetzt. Durch einen Generalisierungsprozess wird Design Knowledge abgeleitet, um die Generierung von Artefakten im Rahmen einer Design Theory zu ermöglichen (vgl. [March & Smith, 1995]) (siehe Abb. 2).

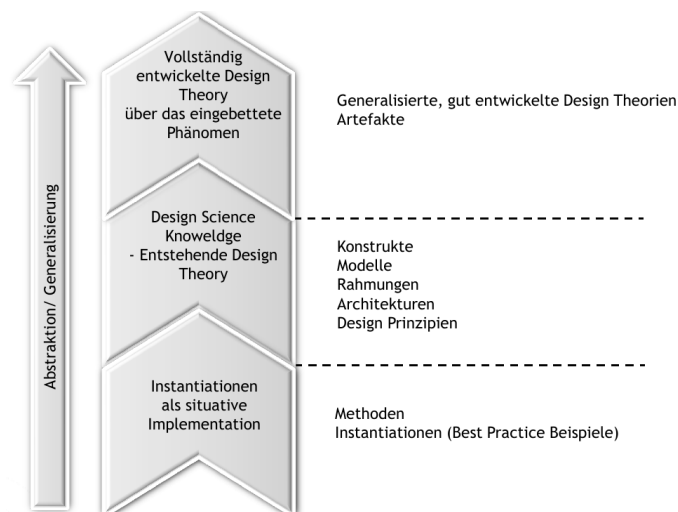


Abbildung 2: Design Science Knowledge Hierarchy (vgl. [Purao, 2002] und [Vaishnavi, 2017]).

Der Optimierungsprozess der Lernumgebungen orientiert sich am Design Science Research Methodology Process von [Peppers et al., 2006] (siehe Abb. 3). In der Phase „Demonstration“ werden Collective Case Studies ([Stake, 2008]; [Yin, 2018]) zur Forschungsfrage „Wie beeinflussen die entwickelten Lernumgebungen mit digitalen Technologien die Problemlösefähigkeiten der Lernenden?“ durchgeführt. Abstraction in Context (AiC) ([Dreyfus, 2014]) stellt dabei ein Modell verschachtelter epistemischer Aktionen

bereit, um auf mikroanalytischer Ebene Lernprozesse zu untersuchen, die (für den Lernenden) zu neuen Konstrukten (Konzepten, Strategien, etc.) führen.

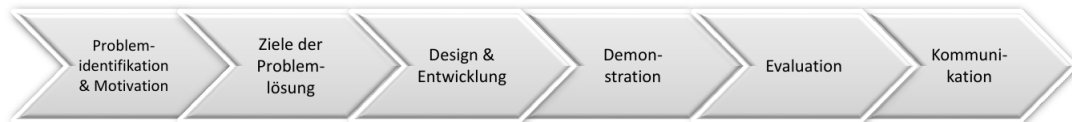


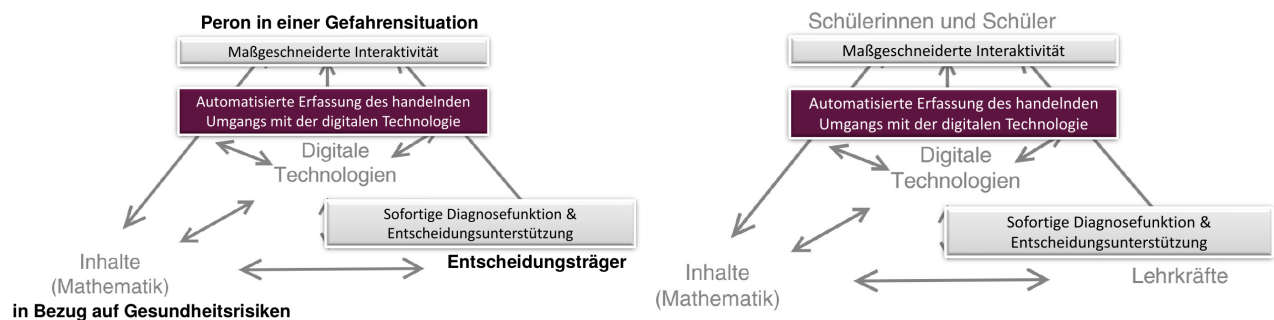
Abbildung 3: DSRM Process (vgl. [Peppers et al., 2006]).

In meinem Habilitationsprojekt „Prim-E-Proof“ werden Argumentieren und präformales Beweisen in der Grundschule als Problemlösen fokussiert (siehe S. 7).

Ein Anliegen des Einsatzes digitaler Technologien stellt für mich die Unterstützung klassischer Lehr- und Lernprozesse mit digitalen Lernumgebungen dar.

Ein zentraler Medienaspekt wird durch eine automatisierte Erfassung des handelnden Umgangs mit Lehr-Lernmaterialien implementiert, um u.a. maßgeschneiderte Interaktivität für Schülerinnen und Schüler oder Studierende sowie eine sofortige Diagnosefunktion für die Lehrkraft oder den Dozenten/ die Dozentin anzubieten.

Mit diesem Ziel entwickle ich das im Rahmen meiner Dissertation ([Platz, 2014]) entstandene System zur Adaption von graphischen Benutzeroberflächen (SAGU) weiter. Dies wird durch eine Modifikation des Systems ermöglicht (siehe Abb. 4). Zur Lerneranalytik und Entscheidungsunterstützung werden künstliche neuronale Netze (ANN) eingesetzt, um eine Anpassung an die individuellen Bedürfnisse der Lerner zu erreichen. Die Stabilität des Systems kann aufgrund der Schwellenwerteigenschaft der ANNs erreicht werden. Um unscharfe linguistische Aussagen oder Handlungen der Lerner abbilden zu können, wird Fuzzy-Logik verwendet. Fuzzy-logische Operationen können zur Steuerung des Systems verwendet werden. Maßtheorie auf topologischen Räumen wird zur Fehlerbestimmung verwendet, um Zugehörigkeitsfunktionen sowie die Lernprozesse bezüglich der ANNs messen zu können.



(a) Darstellung des 'System for adapting a GUI to a user' (SAGU), [Platz, 2014].

(b) System zur Lerneranalytik mit digitalen Technologien.

Abbildung 4: Modifikation des SAGU.

Quantitative Forschung spielt im Rahmen der Lerneranalytik eine große Rolle, insbesondere wenn Fuzzy-Logic auf die Lerneranalytik in digitalen Lernumgebungen angewendet wird. So werden in meiner Forschung qualitative und quantitative Forschungsmethoden miteinander kombiniert.

Literatur

- [Dreyfus, 2014] Dreyfus, T. and Kidron, I. (2014). Introduction to Abstraction in Context (AiC). Springer International Publishing, Cham. pp. 85–96.
- [Hevner & Chatterjee, 2010] Hevner, A. & Chatterjee, S. (2010). Design science research in information systems. Boston, MA.: Springer.
- [Hirt & Wälti, 2016] Hirt, U. & Wälti, B. (2016). Lernumgebungen im Mathematikunterricht. Natürliche Differenzierung für Rechenschwache bis hochbegabte. Friedrich Verlag.
- [March & Smith, 1995] March, S. T. and Smith, G. F. (1995). Design and natural science research on information technology. In: Decision support systems. 15(4):251-266. United States: Elsevier.
- [Peppers et al., 2006] Peppers, K., Tuunanen, T., Gengler, C. E., Rossi, M., Hui, W., Virtanen, V., and Bragge, J. (2006). The design science research process: a model for producing and presenting information systems research. Proceedings of the first international conference on design science research in information systems and technology (DESRIST 2006). pp. 83–106. California: sn.
- [Platz, 2014] Platz, M. (2014). Mathematical Modelling of GIS Tailored GUI Design with the Application of Spatial Fuzzy Logic. Universität Koblenz-Landau, Campus Landau, Universitätsbibliothek. <https://kola.opus.hbz-nrw.de/frontdoor/index/index/docId/804>.
- [Platz, 2019] Platz, M. (2019). Vorstellung eines Entscheidungsunterstützungssystems für die Auswahl passender Apps und Applets für den Mathematikunterricht der Grundschule In: Beiträge zum 5. Band der Reihe „Lernen, Lehren und Forschen mit digitalen Medien“. - Digitale Medien in der Lehreraus- und -fortbildung von Mathematiklehrkräften - Konzeptionelles und Beispiele. Hrsg. Roland Rink und Daniel Walter. S. 167 – 182.
- [Purao, 2002] Purao, S. (2002). Design Research in the Technology of Information Systems: Truth or Dare. Working Paper. GSU Department of CIS. Atlanta, GA.
- [Schmidt-Thieme & Weigand, 2015] Schmidt-Thieme B., Weigand HG. (2015). Medien. In: Bruder R., Hefendehl-Hebeker L., Schmidt-Thieme B., Weigand HG. (eds) Handbuch der Mathematikdidaktik. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg.
- [Stake, 2008] Stake (2008) Case Studies. In: Denzin, N. K., Lincoln, Y. S. (Eds.). Strategies of qualitative inquiry (Vol. 2). Sage. pp. 134 – 164.
- [Vaishnavi, 2017] Vaishnavi, V., Kuechler, W., and Petter, S. (Eds.) (2004/17). Design Science Research in Information Systems January 20, 2004 (created in 2004 and updated until 2015 by Vaishnavi, V. and Kuechler, W.); last updated (by Vaishnavi, V. and Petter, S.), December 20, 2017. <http://www.desrist.org/design-research-in-information-systems/>.
- [Wittmann, 1981] Wittmann, E. (1981). Grundfragen des Mathematikunterrichts. Braunschweig; Wiesbaden: Vieweg 1981.
- [Yin, 2018] Yin, R. (2018). Case Study Research and Applications - Design and Methods. SAGE Publications, United States.

HABILITATIONSPROJEKT: PROJEKT PRIM-E-PROOF

Das Projekt „Prim-E-Proof“ (Primary Education and an Electronic Proof System) verfolgt das Ziel, Lernumgebungen mit digitalen Medien (OpenSource Applets auf Tablet PCs) zur Unterstützung von Argumentations- und Beweisfähigkeiten in der Primarstufe zu generieren. Der Fokus des Projektes liegt darauf, klassische Lehr- und Lernprozesse mit digitalen Lernumgebungen zu unterstützen. Ein zentraler Medienaspekt wird durch eine automatisierte Erfassung des handelnden Umgangs mit Lehr-Lernmaterialien implementiert, um u.a. maßgeschneiderte Interaktivität für Schülerinnen und Schüler sowie eine sofortige Diagnosefunktion für die Lehrkraft anzubieten.

Im Mathematikunterricht der Sekundarstufe aber auch der Grundschule spielt die Vermittlung von Argumentationsfähigkeiten eine große Rolle. Diese Fähigkeiten bilden die Grundlage für das Beweisen von mathematischen Aussagen, die in höheren Schulstufen und im Studium in unterschiedlichen Kontexten behandelt werden. Besonders das logische Argumentieren unterstützt die Bildung von Verständnis, ([Platz et al., 2017]). [Wutke, 2005] führte eine Studie durch, in der verschiedene Formen der Kommunikation unter den Schülerinnen und Schülern in Bezug auf ihren Einfluss auf die Generierung von Wissen und das Verständnis verglichen wurden. Diese Studie hat gezeigt, dass Argumentieren durch den Austausch unterschiedlicher, fundierter Perspektiven, durch den vielfältige Verbindungsmöglichkeiten zum Vorwissen der Schülerinnen und Schüler geschaffen werden, besonders zum Verständnis beiträgt, (vgl. [Budke & Meyer (2015)]).

Das Projekt Prim-E-Proof geht allerdings noch einen Schritt weiter und untersucht über das Argumentieren hinaus Möglichkeiten des Einsatzes von mathematischen Beweisen bereits im Grundschulunterricht.

In einem gemeinsamen Projekt mit der Universität Flensburg und der Universität Koblenz-Landau wird zur Zeit ein Open Source elektronisches Beweissystem („E-Proof-System“, <http://e-beweise.weebly.com/>) entwickelt mit Einbindung diagnostischer Distraktoren, welches in der universitären und schulischen Lehre (Sekundarstufe) zur Förderung der Beweiskompetenz eingesetzt werden soll. Innerhalb des E-Proof-Systems und im Rahmen von Lehrveranstaltungen werden typische Studierenden- und Schülerfehler beim Beweisen ermittelt, als diagnostische Distraktoren in das System implementiert und auf Qualität untersucht. Ursprünglich sollte das E-Proof-System als Beweispuzele mit ungeordneten Beweisfragmenten, die durch falsche Beweisfragmente ergänzt werden (diagnostische Distraktoren), umgesetzt werden, (vgl. [Platz et al., 2018]).

In einer empirischen Pilotstudie mit 144 Lehramtsstudierenden mit dem Schwerpunkt Grund- und Förderschule, Realschule plus, Gymnasium und 2-Fach-Bachelor an der Universität Koblenz-Landau, sowie drei mathematisch begabten Frühstudierenden („Schüleruniversität“), die an der Lehrveranstaltung „Fachwissenschaftliche Grundlagen“ teilnahmen (vgl. [Platz, 2019a]), stellte sich heraus, dass bei einigen Studienteilnehmerinnen und -Teilnehmern scheinbar kein Beweisverständnis, welches zum Formulieren einer Beweisidee notwendig wäre, vorhanden war.

„The comparison of the obtained distractors with the initial decomposition of the proof without knowledge of the student errors, which was relatively small-scale, makes it clear that the decomposition of proof steps in the e-proof system without knowledge of students’ errors does not seem to provide optimal practice assistance especially if a learning by heart of the single proof steps shall be avoided. Over and above that, the actual students’ errors differ from the expected students’ errors, because many students failed already in finding the proof idea.“ (vgl. [Platz, 2019a], S. 10)

Um ein solches Beweisverständnis zu fördern, entwickelte sich das neue Projekt „Prim-E-Proof“, welches sich mit den Grundlagen des Beweisverständnisses auseinandersetzt, u.a. auch um Rückschlüsse für das Beweisverständnis in der Sekundarstufe sowie in der universitären Bildung ziehen zu können.

Um die Unterschiede und Beziehungen zwischen Beweis und Argument zu beschreiben, kann auf [Pedemonte, 2007] verwiesen werden: Nach Peirce und Polya unterscheidet sich die logische Verbindung zwischen Aussagen in einer Argumentation von der

logischen Verbindung in einem Beweis. Jeder Schritt eines Beweises kann als deduktiver Schritt beschrieben werden. Aber die Argumentationsstruktur ist wahrscheinlich keine deduktive Struktur; sie kann aus Schritten unterschiedlicher Art zusammengesetzt sein, beispielsweise aus abduktiven Schritten oder induktiven Schritten. Ein Strukturwandel ist für die Konstruktion eines deduktiven Beweises erforderlich, also von abduktiven oder induktiven Schritten zu deduktiven Schritten, (vgl.[Pedemonte, 2007]).

Das Ziel des Projektes „Prim-E-Proof“ ist es, Schülerinnen und Schüler sowie Studierende in elementaren Grundlagenveranstaltungen zur Mathematik dabei zu unterstützen, diesen Strukturwandel zur deduktiven Argumentation zu meistern.

Dieser Strukturwandel soll durch folgende Konzepte unterstützt werden:

(1) Die Verwendung Präformaler Beweise und (2) der Einsatz von Lernumgebungen, in welchen digitale Medien Anwendung finden, um Argumentations- und Beweisfähigkeiten durch die ikonische und enaktive Darstellung von Argumentationsprozessen sichtbar zu machen.

- (1) [Semadani, 1984] beschreibt einen Action Proof als „eine vereinfachte Version einer empfohlenen Art und Weise, in der sich Kinder selbst von der Gültigkeit einer Aussage überzeugen können. In der Praxis erfordert ein Action-Proof eine vorhergehende oder zusätzliche Erkundung“, ([Semadani, 1984], S. 32). Im Projekt Prim-E-Proof wird der Präformale Beweis nach [Blum & Kirsch, 1991] zur Ermöglichung der Einbeziehung von Beweisen in der Grundschule fokussiert: In Übereinstimmung mit dem Konzept des Action Proofs (vgl. [Semadani, 1984]) kann ein Präformaler Beweis definiert werden als gültige, nicht formal repräsentierte Schlussfolgerungen, die sich auf gültige, nicht formal repräsentierte Voraussetzungen beziehen. Im Gegensatz zur Definition eines Action Proofs (vgl. [Semadani, 1984]) sollten induktive Argumente („etc.“) und indirekte Argumente („stell dir vor ...“ oder „was würde passieren, wenn ...“) in diesem Zusammenhang nicht ausgeschlossen werden. Die Schlussfolgerungen müssen direkt aus dem konkreten Fall verallgemeinerbar sein. Wenn sie formalisiert sind, müssen sie den korrekten formal-mathematischen Argumenten entsprechen. Präformale Beweise müssen gültige, korrekte Beweise sein ([Blum & Kirsch, 1991]). Das Konzept eines Präformalen Beweises ist vergleichbar mit dem Konzept des operativen „inhaltlich-anschaulichen“ Beweises (vgl. u.a. [Wittmann, 2014]).
- (2) Die Forderung der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) soll in diesem Forschungsvorhaben aufgegriffen werden, dass bei der Digitalisierung der Bildung der „Primat des Pädagogischen“ ([KMK, 2016], S.51) verfolgt und in Bildungskonzepte einbezogen werden sollte, bei denen das Lernen im Vordergrund steht ([KMK, 2016]). Das Potenzial digitaler Medien für den Unterricht kann sich daher nur entfalten, wenn diese sinnvoll und didaktisch reflektiert eingesetzt werden. Innerhalb dieses Projektes Prim-E-Proof steht die schul- und kindgemäße didaktische Elementarisierung sowie eine darauf basierende Entwicklung substanzieller Lernumgebungen für die Primarstufe, die insbesondere auch den Einsatz digitaler Werkzeuge reflektiert, im Fokus. Es sollen Chancen und Möglichkeiten sowie Herausforderungen und Einschränkungen von solchen Lernumgebungen, in welchen digitale Medien Anwendung finden, um Argumentations- und Beweisfähigkeiten durch die ikonische und enaktive Darstellung von Argumentationsprozessen sichtbar zu machen, identifiziert werden und deren Einfluss auf das Lernen von Grundschülerinnen und -Schülern soll untersucht werden. Eine erste Lernumgebung zum Beweis des Satzes „die Summe zweier ungerader Zahlen ist immer gerade“ wurde entwickelt und im Rahmen einer empirischen Pilotstudie getestet (vgl. [Platz, 2019b]; [Platz & Schlicht, 2019]).

Um die entwickelten Lernumgebungen zu optimieren, wird Design Science (vgl. [March & Smith, 1995]) eingesetzt. Design Science ist in der Philosophie des Pragmatismus begründet und schafft Artefakte, in unserem Fall Lernumgebungen, die von Menschen in der Regel für einen praktischen Zweck genutzt werden, in unserem Fall zur Unterstützung des Argumentations- und Beweisverständnisses.

Der handelnde Umgang mit dem Tablet PC kann durch das computergestützte Tracking der Multi-Touch-Gesten der Kinder detektierbar gemacht und semiotisch ausgewertet werden. [Huth, 2013] stellt fest, dass insbesondere Gesten mindestens zeitweise die Funktion von eventuell aktuell nicht verfügbaren oder nicht möglichen Inskriptionen übernehmen können. In einem Kooperationsprojekt mit der Arbeitsgruppe Mathematikdidaktik (Primarstufe) der Goethe-Universität Frankfurt am Main wird dies untersucht. Die semiotische

Auswertung des handelnden Umgangs der Kinder mit dem Tablet PC soll Hinweise auf den Verstehensprozess liefern, um somit automatisierte Unterstützungsmaßnahmen für die Lernenden sowie eine Diagnosefunktion für die Lehrkraft bereitzustellen.

Durch die generische Konzeption des Prototypen sowie das Zurverfügungstellen als OpenSource und OpenContent, kann dieser sowohl international als auch in verschiedenen Bildungskontexten (z.B. im Schulkontext, im Lehramts- oder Ingenieurstudium, etc.) eingesetzt werden.

In der Lehramtsausbildung könnte dieses Projekt u.a. durch die eigenständige Konzeption von Lernumgebungen mit digitalen Medien zur Unterstützung von Argumentations- und Beweisfähigkeiten (u.a. in der Primarstufe) im Rahmen von Seminaren wie bspw. Fachdidaktischen Ergänzungen oder Vertiefungen aufgegriffen werden. Diese Lernumgebungen könnten bspw. in Kooperation mit Studierenden der Informatik programmiertechnisch als OpenSource Applets auf Tablet PCs umgesetzt und unterrichtspraktisch getestet und evaluiert werden.

Die Umsetzung muss nicht auf OpenSource Applets auf Tablet PCs beschränkt bleiben: Es könnten Lernumgebungen, die geometrische Beweise behandeln, beispielweise mittels (digitalen) additiven Fertigungstechnologien (3D-Druck) umgesetzt werden. Der 3D-Druck kann dabei ein besonderes Potenzial bezüglich Beweisen zur räumlichen Geometrie ausschöpfen.

Ferner könnten Arbeitsmittel mit Hilfe des 3D-Drucks durch die Studierenden für ihre Lernumgebungen erstellt werden. Auch der Einsatz von CAD-Software durch Schülerinnen und Schülern könnte in die Lernumgebungen implementiert werden, um so in der CAD-Software erstellte (zweidimensional dargestellte) Elemente im dreidimensionalen Raum auszudrucken.

Angelehnt ist dieses Konzept an das „Lernen durch Lehren“, da die Studierenden sich durch die Entwicklung von Lernumgebungen zu bestimmten Beweisen selbst sowohl fachlich als auch didaktisch mit dem jeweiligen Beweis auseinandersetzen müssen und ein tiefgreifendes Beweisverständnis entwickeln müssen, um eine substanzielle Lernumgebung erstellen zu können.

Sogar auf den Einsatz in Entwicklungsländern könnten solche Lernumgebungen, die im Rahmen von Prim-E-Proof erstellt werden, übertragen werden. Dies ist sehr wichtig, da in solchen Ländern von vielen Einwohnern die Grundschule meist die einzige Schulform ist, die besucht wird und Argumentationskompetenzen sowie logisches Schlussfolgern in vielen fächerübergreifenden Kontexten für ein erfolgreiches Leben - in Entwicklungsländern in Risikosituationen im gravierendsten Fall sogar für das Überleben - essentiell sind.

Literatur

- [Blum & Kirsch, 1991] Blum, W. and Kirsch, A. (1991). Preformal proving: Examples and reflections. *Educational Studies in Mathematics*. 22(2):183-203. New York: Springer Publishing Company.
- [Budke & Meyer (2015)] Budke, A. and Meyer, M. (2015). Fachlich argumentieren lernen - Die Bedeutung der Argumentation in den unterschiedlichen Schulfächern. In: *LehrerInnenBildung Gestalten*. Münster: Waxmann Verlag GmbH.
- [Huth, 2013] Huth, M. (2013). Mathematische Gestik und Lautsprache von Lernenden. In: *Beiträge zum Mathematikunterricht 2013*. Münster: WTM-Verlag.
- [KMK, 2016] Kultusministerkonferenz (KMK) (2016). Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“ (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016) [Electronic Resource]. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2016/Bildung_digitale_Welt_Webversion.pdf
- [March & Smith, 1995] March, S. T. and Smith, G. F. (1995). Design and natural science research on information technology. In: *Decision support systems*. 15(4):251-266. United States: Elsevier.
- [Pedemonte, 2007] Pedemonte, B. (2007). How can the relationship between argumentation and proof be analysed? *Educational studies in mathematics*. 66(1), 23-41. New York: Springer Publishing Company.

- [Platz et al., 2017] Platz, M., Krieger, M., Niehaus, E., and Winter, K. (2017) Electronic proofs in mathematics education - a South African teacher professional development (TPD) course informing the conceptualisation of an e-proof system authoring support workshop. In: IST-Africa 2017 Conference Proceedings. Cunningham, P. & Cunningham, M. (Eds). IEEE, Ireland: IIMC International Information Management Corporation.
- [Platz et al., 2018] Platz, M., Krieger, M., Winter, K. and Niehaus, E. (2018) Classroom Assessment and Learning Support for Logical Reasoning in Mathematics Education - Suggestion of an E-proof-Environment. In: ICME 13 Monographs - Classroom Assessment in Mathematics: Perspectives from around the Globe Denisse R. Thompson, Megan Burton, Annalisa Cusi & David Wright (Eds.) Springer, 2018.
- [Platz, 2019a] Platz, M. (2019a). Distractor Determination for Electronic Proofs in Teaching. In: Hanse-Kolloquium zur Hochschuldidaktik der Mathematik 2016. Paravicini, W. & Schnieder, J. (Eds). WTM-Verlag, Münster. (accepted).
- [Platz, 2019b] Platz, M. (2019b). Learning environments applying digital learning tools to support argumentation skills in primary school: first insights into the project. In: U. T. Jankvist, M. van den Heuvel-Panhuizen, & M. Veldhuis (Eds.), Proceedings of the Eleventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME11, February 6-10, 2019). Utrecht, Netherlands: Freudenthal Group, in collaboration with the Freudenthal Institute, Utrecht University & ERME. (accepted).
- [Platz & Schlicht, 2019] M. Platz & S. Schlicht (2019). Enhancing Childrens' Argumentation Skills in Primary Schools using Digital Learning Tools - Interpretative Analysis of a first draft Learning Environment. In: ICTMT 14 Conference Proceedings. (accepted).
- [Semadeni, 1984] Semadeni, Z. (1984). Action proofs in primary mathematics teaching and in teacher training. For the learning of mathematics. 4(1):32-34. New York: JSTOR.
- [Winter, 1989] Winter, H. (1989). Entdeckendes Lernen im Mathematikunterricht. Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg 1991 (1989). pp. 1-7.
- [Wittmann, 2014] Wittmann, E. (2014). Operative Beweise in der Schul- und Elementarmathematik. *Mathematica didactica*. 37:213-232. Hildesheim: Verlag Franzbecker.
- [Wuttke, 2005] Wuttke, E. (2005). Unterrichtskommunikation und Wissenserwerb: zum Einfluss von Kommunikation auf den Prozess der Wissensgenerierung. Frankfurt: Lang.