

## Artikel erschienen in:

Ulrike Lucke (Hrsg.)

### E-Learning Symposium 2012

Aktuelle Anwendungen, innovative Prozesse und neueste Ergebnisse aus der E-Learning-Praxis

Potsdam, 17. November 2012

2013 – 77 S.

DOI <https://doi.org/10.25932/publishup-6162>



### Empfohlene Zitation:

Magenheim, Johannes; Reinhardt, Wolfgang; Kundisch, Dennis; Herrmann, Philipp; Whittaker, Michael; Beutner, Marc; Zoyke, Andrea: Einsatz mobiler Endgeräte zur Verbesserung der Lehrqualität in universitären Großveranstaltungen, In: E-Learning Symposium 2012 : Aktuelle Anwendungen, innovative Prozesse und neueste Ergebnisse aus der E-Learning-Praxis ; Potsdam, 17. November 2012 / Lucke, Ulrike (Hrsg.), Potsdam, Universitätsverlag Potsdam, 2013, S. 15–26.

DOI <https://doi.org/10.25932/publishup-44210>

Soweit nicht anders gekennzeichnet ist dieses Werk unter einem Creative Commons Lizenzvertrag lizenziert: Creative Commons – Namensnennung, Nicht kommerziell, Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland. Dies gilt nicht für zitierte Inhalte anderer Autoren:  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/de/>



# **Einsatz mobiler Endgeräte zur Verbesserung der Lehrqualität in universitären Großveranstaltungen**

Johannes Magenheimer<sup>1</sup>, Wolfgang Reinhardt<sup>1</sup>, Dennis Kundisch<sup>2</sup>,  
Philipp Herrmann<sup>2</sup>, Michael Whittaker<sup>2</sup>, Marc Beutner<sup>3</sup>, Andrea Zoyke<sup>3</sup>

Universität Paderborn

<sup>1</sup>Institut für Informatik

Fachgruppe Didaktik der Informatik

Fürstenallee 11, 33102 Paderborn

{jsm, wolle}@uni-paderborn.de

<sup>2</sup>Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik 2

Information Management & E-Finance

Warburger Straße 100, 33095 Paderborn

{dennis.kundisch, philipp.herrmann, michael.whittaker}@wiwi.uni-paderborn.de

<sup>3</sup>Fakultät für Wirtschaftswissenschaften

Lehrstuhl II für Wirtschaftspädagogik

Technologiepark 9, 33100 Paderborn

marc.beutner@upb.de, andrea.zoyke@notes.uni-paderborn.de

## **Abstract:**

Im vorliegenden Beitrag wird gezeigt, wie mit Hilfe mobiler Endgeräte von Studierenden und einer geeigneten technischen Infrastruktur auch in sehr großen Lehrveranstaltungen mit mehreren hundert Studierenden Lerner-aktivierende, kooperative Lernprozesse initiiert werden können. Der Artikel stellt das bereits etablierte methodisch-didaktische Konzept der ‚Peer Instruction‘ (PI) vor, referiert Erkenntnisse zu dessen Lernwirksamkeit und weist auf dessen Einsatzmöglichkeiten in Informatik- und wirtschaftswissenschaftlichen Veranstaltungen hin. Die Architektur sowie die Funktionalität der webbasierten Clients von Studierenden und Dozenten werden erörtert. Erste Evaluationsergebnisse zum Praxiseinsatz dieses Konzepts mit der an der Universität Paderborn entwickelten technischen Infrastruktur werden beschrieben und Perspektiven der Weiterentwicklung des Systems vorgestellt.

## **Stichworte:**

Peer Instruction; Partizipatives Lernen; Mobiles Lernen, Lern-Infrastruktur

## **1 Probleme des Lerndesigns großer Lehrveranstaltungen**

Im Fach Informatik aber auch in anderen Fachdisziplinen, wie etwa im Bereich Wirtschaftswissenschaften, in dem das hier vorgestellte Design ebenfalls entwickelt und umgesetzt wurde, werden Lehrveranstaltungen oft als Vorlesungen angeboten. Insbesondere in einführenden Grundlagenveranstaltungen, die von vielen Studierenden obligatorisch belegt werden müssen, sind große Teilnehmerzahlen mit mehreren hundert Studierenden zu verzeichnen. In diesen großen Vorlesungen bleibt den Studierenden im Nor-

malfall oft nur die Rolle passiver Rezipienten, die sich den Vortrag des Dozenten<sup>1</sup> anhören und sich anhand geeigneter Annotationen zum präsentierten Studienmaterial oder mittels simultan erstellter Mitschriften, die dargebotenen Inhalte nach der Veranstaltung individuell erschließen. Diese Form des Lernens ist angesichts mittlerweile gut fundierter Erkenntnisse der Lehr-/Lernforschung zumindest als nicht optimal zu bezeichnen. Konstruktivistische Lerntheorien verstehen erfolgversprechendes Lernen als aktive Auseinandersetzung des Lernenden mit dem Gegenstandsbereich und begreifen den Wissenserwerb als subjektiven Konstruktionsprozess von wahrgenommener Wirklichkeit [G196]. Um diesen Konstruktionsprozess anzuregen, werden häufig handlungsorientierte Formen der Didaktik angewendet, bei denen die Lernenden zu aktiver selbstständiger Mitarbeit anzuregen sind. Lernen in Kooperation mit anderen bietet ergänzende Vorteile, da ein kritischer Diskurs mit divergierenden Positionen, der Klärung und Präzisierung des eigenen Wissens dienen kann sowie Teamprozesse angeregt werden, wie sie auch im künftigen Berufsleben der Lernenden immer wieder anzutreffen sind. Divergenzerfahrung und kognitive Dissonanz fungieren als Stimuli für die aktive Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand [Fe57]. Jedoch können auch innerhalb einer Lerngruppe Grenzen des kooperativen Wissenserwerbs sichtbar werden [Vy96], die nur durch das Einbinden externer Expertise überwunden werden können. Die Bedeutung von externen Wissensressourcen, das Bewusstsein über deren Existenz und Kenntnisse, wie die dort zur Verfügung stehenden Informationen erschlossen werden kann, werden in besonders in konnektivistischen Ansätzen betont [Si05].

Diese grundlegenden lerntheoretischen Befunde sind auch im Hinblick auf die Hochschuldidaktik bestätigt und konkretisiert worden. So haben Untersuchungen mit Studierenden in verschiedenen Disziplinen gezeigt, dass deren Verständnis von zentralen wissenschaftlichen Konzepten in klassischen Vorlesungen nur wenig gefördert wird [Be00,Cr07]. Gleichzeitig ist in der Literatur gut belegt, dass Lernende z.B. komplexe Begründungsstrategien besonders in Lernszenarien erwerben, die ihnen die aktive Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand ermöglichen (z.B. [Cr01,DC96,Ha98]). Als Fazit bleibt zu konstatieren, dass Veranstaltungsformen, die den Studierenden die Möglichkeit zur aktiven Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand und dessen thematischer Strukturierung einräumen, deren Lernprozesse wesentlich besser unterstützen als die traditionelle Form der rein frontal gehaltenen Vorlesung. Zumindest in kleinen Übungsgruppen und Tutorien, die oft ergänzend zu Vorlesungen angeboten werden, können diese Formen des Lernens praktiziert und so die lerntheoretisch ungünstigere Situation der Vorlesung kompensiert werden. Es stellt sich jedoch die Frage, ob nicht auch in Vorlesungen selbst Lernphasen integriert werden können, die den Studierenden eine aktivere Rolle im oben beschriebenen Sinne einräumen.

Eine Möglichkeit aktivere und kooperativere Formen des Lernens von Studierenden in einer Vorlesung zu fördern bieten sogenannte Classroom Response Systeme (CRS), oft auch als Audience Response Systeme, Classroom Feedback Systeme oder Student Response Systeme bezeichnet. Gemeinsam ist diesen CRS, dass die Studierenden während einer Präsenzveranstaltung hinsichtlich einer themenbezogenen Problemstellung befragt

---

<sup>1</sup> Im Folgenden wird für personenbezogene Bezeichnungen aus Gründen der Lesbarkeit v.a. die grammatikalisch männliche Form verwendet; die weibliche Form ist stets impliziert.

werden und sie vom Lehrenden sofort eine unmittelbare Rückmeldung mit der korrekten Antwort erhalten. CRS sind seit den 1960er Jahren in der Hochschullehre im Einsatz [Ju02]. Verschiedene Meta-Studien haben Hinweise auf den erfolgreichen Einsatz dieser Systeme geliefert [Fi06,Ro04]. Während der letzten Jahrzehnte ist dieses Konzept verfeinert und durch den Gebrauch sogenannter *Klicker* zu elektronischen CRS weiterentwickelt worden. Elektronische CRS bieten u.a. den Vorteil anonymer Rückmeldungen und dass der Verteilungsgraph der studentischen Rückmeldung sofort verfügbar ist und im Hörsaal projiziert werden kann [Dr04]. Eine Untersuchung belegt zudem, dass die Lerner-Beteiligung beim Einsatz von elektronischen CRS höher ist als bei konventionellen physischen Klickern [St07]. Ihre technologische Verfügbarkeit und die lernförderlichen Funktionen der elektronischen Systeme dürfte der Grund dafür sein, dass heutzutage hauptsächlich diese Systeme eingesetzt werden [Cl08]. Mit dem Konzept des ‘Peer Instruction‘ (PI) wurde von Eric Mazur ein spezifischer mediendidaktischer Ansatz vorgestellt, der ein elektronisches CR-System zur Förderung von lernerzentriertem und kooperativem Lehren und Lernen nutzt [Ma97]. Dieses mediendidaktische Konzept war zunächst auf kleinere bis mittelgroße Zielgruppen ausgerichtet. Gemäß unseren Erfahrungen eignet es sich mit kleineren Modifikationen jedoch auch in hervorragender Weise für den Einsatz in großen Lehrveranstaltungen (<100) an Hochschulen.

In diesem Beitrag, werden wir sowohl die technischen Aspekte des Ansatzes und die von uns betriebene Weiterentwicklung der technischen Infrastruktur vorstellen, als auch das damit verbundene mediendidaktische Konzept erläutern. Dabei werden die mobilen Endgeräte der Studierenden, wie Mobiltelefone, Tablets oder Laptops, im elektronischen CRS die Funktion des Klickers übernehmen. Dies hat den Vorteil, dass diese Geräte in der Regel bei einer Vielzahl der Studierenden zu finden sind, in ihrem Alltag eine feste Rolle spielen und die Bedienung üblicherweise keine größeren Probleme stellt. In den von uns in Veranstaltungen der Informatik, Wirtschaftsinformatik, Wirtschaftswissenschaften und Wirtschaftspädagogik erprobten Umfragekonzepte zeigen, dass es im Wesentlichen drei alternative, positiv umsetzbare Szenarien auszumachen sind:

- A) Peer Instruction-Einsatz zu Wiederholungszwecken zu Beginn einer Veranstaltung, um die Inhalte der letzten Lerneinheit wieder in das Gedächtnis und den Fokus der Studierenden zu rücken.
- B) Peer Instruction-Einsatz als veranstaltungsbegleitendes Konzept mit einem Wechsel von vermittelnden Phasen und Peer Instruction Phasen in der Veranstaltung, weshalb mehrere Umfragen im Verlauf der Veranstaltung durchgeführt wurden.
- C) Peer Instruction-Einsatz zu Assessment und Kontrollzwecken jeweils am Ende einer Lerneinheit zur Sicherung des Lernerfolgs.

Das sich in diesem Kontext ergebende Problem, dem wir uns in diesem Beitrag stellen, ist darin zu sehen, dass zum einen eine technische Infrastruktur geschaffen werden muss, die auch in großen Veranstaltungen und bei paralleler Nutzung einen reibungslosen Einsatz erlaubt und den Zugriff ohne zeitliche oder sonstige Restriktionen sicherstellt. Daneben gilt es primär, die didaktische Eingliederung dieses Konzepts in Großveranstaltungen zu ermöglichen und entsprechende Angebote passend zu entwickeln. Das mediendidaktische Potenzial von PI soll darüberhinaus auch in mittleren und kleineren Lehrveranstaltungen erkundet werden. Neben ersten praktischen Erfahrungen des Einsatzes von PI in Lehrveranstaltungen der durch das Autorenteam repräsentierten Fächer, wird

auch die Evaluationsstrategie zur Bewertung des PI-Ansatzes erörtert und es werden erste Evaluationsergebnisse präsentiert.

## **2 PI mit mobilen Endgeräten als mediendidaktisches Konzept**

*Peer Instruction* (PI) ist eine kooperative Lehr-/Lernmethode, die dazu geeignet ist, auch in großen Auditorien die aktive Teilnahme der Studierenden in einer Lehrveranstaltung mittels sogenannter *Klicker* zu unterstützen und dadurch den Lernerfolg zu verbessern. Eben dieser Einsatz in großen Veranstaltungen und die sich dadurch ergebenden didaktischen und technischen Herausforderungen waren bislang nicht angemessen erforscht. Diese bislang hauptsächlich in naturwissenschaftlichen Fächern verbreitete Methode wird an der Universität Paderborn heute bereits vereinzelt eingesetzt. Nicht zuletzt wegen der teuren Infrastruktur (*Klicker* - so werden häufig lediglich Sets von bis zu 50 Klickern zu Bewertungszwecken angeboten) sowie der zugehörigen zum Teil komplexen Software, hat sich die Methode trotz der zahlreichen didaktischen Vorteile in der Breite noch nicht durchgesetzt [Ku12]. Vor dem Hintergrund der flächendeckenden Verbreitung von Laptops und Smartphones bei den Studierenden, war es Ziel des fakultätsübergreifenden Projekts PPI (Paderborner Peer Instruction), eine webbasierte Peer Instruction Anwendung inklusive mobiler Apps zu entwickeln und somit die Einsatzhürden deutlich zu senken. Als Anwendungsfälle werden hinsichtlich des Lernedesigns nicht erforschte Peer Instruction-Konzepte für Großveranstaltungen aus den Wirtschaftswissenschaften gestaltet und über einen mehrperspektivischen Ansatz evaluiert. Die Technologie sowie die entwickelten Lehr-/Lernedesigns sollen nach erfolgreicher Evaluation den Lehrenden der Universität Paderborn sowie für andere Universitäten kostenlos zur Verfügung gestellt.

Die Entwicklung von PI wird vor allem dem in Harvard lehrenden Physiker Eric Mazur zugeschrieben, der diese Methode seit mehr als 20 Jahren speziell für größere Einführungskurse in den Naturwissenschaften einsetzt und im Rahmen des sogenannten Galileo Projekts weiterentwickelt hat (vgl. bspw. [Ma97a,Cr01]). PI hat sich seither an vielen europäischen, angelsächsischen und angloamerikanischen Universitäten und Colleges als Lehr-/Lernmethode etabliert. Dies wurde durch eine intensive wissenschaftliche Diskussion der Methode in einschlägigen Zeitschriften begleitet (vgl. bspw. [Fa02, Ma08, La10, Mo11]). Studierende sind durch diese kooperative Lehr-/Lernmethode besser in der Lage neue Lehrinhalte zu reflektieren, zu interpretieren und mit bestehendem Wissen zu verknüpfen. Zudem werden durch PI die Problemlösungskompetenzen der Studierenden gefördert. Der typische methodische Ablauf im Rahmen einer auf die PI-Methode ausgelegten Veranstaltung ist in Abbildung 1 dargestellt.

Der Fokus liegt dabei nicht wie bei einer traditionellen Frontalveranstaltung auf der reinen Vermittlung des Stoffes. Stattdessen kommen die Studierenden bereits vorbereitet zur Veranstaltung und es steht die Klärung von Unklarheiten und Fragen, die Diskussion von schwierig verständlichen Konzepten und die Verknüpfung des Stoffes mit bereits Gelerntem im Vordergrund. Typischerweise folgt auf ein Impulsreferat des Dozenten eine Multiple-Choice-Frage. In Abhängigkeit von der Verteilung der Antworten wird entweder das Impulsreferat wiederholt und vertieft, es werden Gruppendiskussionen (die sog. Peer Discussion) zwischen Studierenden (Sitznachbarn) geführt und noch einmal

neu abgestimmt oder es werden die noch verbliebenen Unklarheiten nach einer Diskussion im Plenum erläutert und anschließend ein neues Thema besprochen.

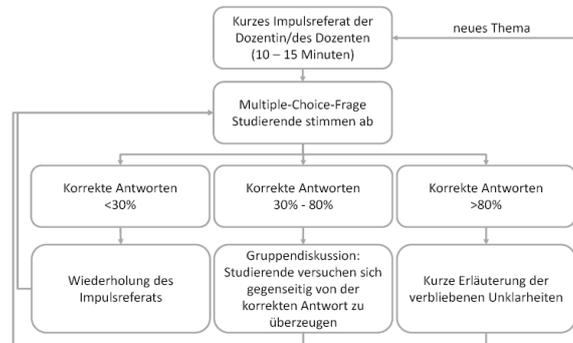


Abbildung 1: Ablaufschema der PI-Methode (in Anlehnung an [La08])

Seit Mitte der 1990er Jahre kommt zur Unterstützung der Umsetzung von PI in Lehrveranstaltungen entsprechende Informationstechnologie zum Einsatz. Der Dozent projiziert über einen Beamer Multiple-Choice-Fragen. Die Abgabe von Antworten durch die Studierenden erfolgt dabei über handliche Klicker, welche die Größe eines Mobilfunkgeräts bzw. einer Fernbedienung aufweisen. Ein Personal Response System (PRS) mit Empfangsgerät und Software sammelt die Antworten von den vorher registrierten Klickern zu einer Frage ein und zeigt das Ergebnis umgehend über einen Beamer an.

### 3 Anforderungen an Lerndesign und Architektur

Es ist unbestritten, dass der adäquate Einsatz der PI-Methode zu einem deutlichen Lernerfolg bei den Studierenden führt (vgl. bspw. [Co05,Gi06,Sm09] – auch im Einsatz an der Universität Paderborn [Fe09]). Gleichwohl führt eine Reihe von Gründen dazu, dass die Methode noch nicht in der Breite zum Einsatz kommt (vgl. [Ka09]) und insbesondere bei besonders großen Lerngruppen ( $N > 350$ ) noch nicht hinreichend erprobt wurde. Aus diesen Hemmnissen lassen sich zugleich auch Anforderungen an das didaktisch-methodische Lerndesign und die unterstützende technische Infrastruktur der PI-Methode ableiten.

(1) *Hoher initialer Aufwand*: Ein bestehendes Lehrkonzept muss auf die Nutzung der PI-Methode in der Veranstaltung angepasst werden.

(2) *Fragenkatalog*: Außer in einigen Gebieten der Naturwissenschaften gibt es bislang keine bestehenden und frei verfügbaren bzw. erwerbbareren Fragenkataloge für die Nutzung der PI-Methode. Zwar werden aktuell Bestrebungen von Wissenschaftlern laut, solche Kataloge zusammenzustellen, wie beispielsweise durch Mazur selbst, jedoch fehlt es hier aktuell noch einem einheitlichen didaktischen Vorgehen bei der Fragengenerierung und -systematisierung sowie der strukturierten Erstellung differenzierter Aufgabenschwierigkeiten, die in Lernkontexten mit unterschiedlichen Gruppen von immanenter Bedeutung sind.

(3) *Bereitstellen von Klickern*: Das Verteilen und Einsammeln der Klicker ist bei Kursen mit über 100 Studierenden aufwändig, bei Kursen mit über 250 Studierenden derzeit lediglich selten und begrenzt möglich. Die Gefahr, dass Klicker vergessen bzw. mitgenommen werden oder verloren gehen, steigt mit zunehmender Kursgröße.

(4) *Kosten*: Die Klicker sowie insbesondere das Empfangsgerät sind relativ teuer.

(5) *Installation*: Es ist eine Installation von umfangreicher Software auf dem Laptop des Dozenten nötig. Zudem ist die Installation der Software nicht für alle Betriebssysteme und die Integration der Anwendung in Microsoft PowerPoint nicht für alle Office-Versionen problemlos möglich. Bei einem Update des Betriebssystems oder der Klicker-Software besteht jeweils die Gefahr, dass das bislang laufende System nicht mehr reibungslos funktioniert.

(6) *Konfiguration*: Die Vorbereitung der sehr detailliert konfigurierbaren Software für die Nutzung in einer Veranstaltung verursacht hohe Rüstkosten pro Veranstaltung beim Lehrenden. Die Software ist nicht dynamisch während der Veranstaltung anpassbar.

(7) *Exklusive Nutzung*: Die Nutzung ist jeweils exklusiv, d.h. wenn die Klicker in einer Veranstaltung genutzt werden, können sie nicht gleichzeitig in einer anderen Veranstaltung zum Einsatz kommen.

Vor dem Hintergrund der oben genannten Hürden für die weitere Verbreitung der gleichwohl sehr vorteilhaften Lehr-/Lernmethode und der Tatsache, dass mittlerweile fast alle Studierenden der Universität Paderborn während der Vorlesung mittels eines Netbooks, eines Laptops oder eines Smartphones über einen Zugang zum Internet verfügen sowie zusätzlich begründet durch die sehr hohen Studierendenzahlen, speziell in den Wirtschaftswissenschaften, sollen mit dem Projekt PPI primär 2 Ziele verfolgt werden:

1. Etablierung innovativer Lehre durch Entwicklung einer kostengünstigen, skalierbaren, schlanken, intuitiv bedienbaren, webbasierten Klicker-Anwendung für mobile Endgeräte der Studierenden. Die Anwendung soll auf einem stabilen, hochverfügbaren Server betrieben werden und dabei auch bei paralleler Nutzung von mehreren hundert Studierenden in mehreren gleichzeitig stattfindenden Veranstaltungen nutzbar sein. Lehrende sollen die webbasierte Anwendung mit minimalen Rüstkosten, ohne Installation und Konfiguration in der Veranstaltung flexibel, adäquat und dynamisch einsetzen können.

2. Ausweitung der Anwendungsszenarien durch Entwicklung und Erprobung von Klicker-basierten Lehr-/Lernkonzepten für Einführungsveranstaltungen mit wirtschaftswissenschaftlichen Inhalten und in weiteren Fächern. Die Vermittlung wirtschaftswissenschaftlicher Inhalte in Einführungsveranstaltungen mit extrem großen Teilnehmerzahlen (> 1000) stellt andere Anforderungen an die didaktische Gestaltung einer PI-basierten Veranstaltung als typische naturwissenschaftliche Einführungsveranstaltungen. Die Übertragbarkeit von bestehenden didaktischen Designs ist kritisch zu reflektieren, entsprechend anzupassen und im Rahmen von solchen Großveranstaltungen zu evaluieren.

#### **4 Architekturprototyp – Perspektiven der Weiterentwicklung**

Die Entwicklung der für das PI-System an der Universität Paderborn erforderlichen technischen Infrastruktur erfolgt in zwei Schritten. Zunächst wurde ein Machbarkeitsprototyp entwickelt, dessen Systemarchitektur nach erfolgter Evaluation hinsichtlich verschiedener Parameter optimiert wurde.

Um möglichst unabhängig von den Betriebssystemen der mobilen Endgeräte zu sein und so eine möglichst große Zahl verschiedener Endgeräte zu unterstützen, wurde ein web-basierter Client unter Verwendung von Twitter Bootstrap entwickelt. Das Ruby on Rails Framework wurde zur Entwicklung des Systembackends eingesetzt, da es bereits standardmäßig viele Funktionen für Webapplikationen bereitstellt und wir uns somit auf die Implementierung der Kernfunktionalität des Systems konzentrieren konnten. Um dem Ziel Rechnung zu tragen, möglichst viele simultan zugreifende Benutzer ohne Zeitverzögerung und mit effizientem Ressourcenverbrauch bedienen zu können, wurde ein ereignisorientiertes I/O-Design [Py97] implementiert. Mit diesem Konzept war es möglich, einen hohen Datendurchsatz und geringe Antwortzeiten bei vielen parallelen Anfragen an die Applikation zu erzielen. Das kompakte Datenmodell enthält Entitäten für die Benutzer (Dozenten), die einer Vorlesung zugeordneten Umfragen mit ihren Optionen und den abgegebenen Stimmen. Das Datenmodell erfüllt die folgenden Bedingungen: zum einen ergeben abhängige Entitäten nur einen Sinn im Zusammenhang mit ihren jeweiligen ergänzenden Elementen (Umfragen, Vorlesungen) oder (Optionen, Umfragen). Zum anderen benötigen wir möglichst atomare Operationen auf den vorhandenen Datenstrukturen, da viele synchrone Schreiboperationen in kurzer Zeit erfolgen müssen. Der Rückgriff auf die dokumentenorientierte NoSQL-Datenbank MongoDB ermöglicht es, Abfragen mit multiplem Tabellenzugriff zu vermeiden und stattdessen eingebettete Objektsammlungen zu verwenden. Dabei werden abhängige Entitäten direkt einem Container zugeordnet, ohne dass sie von verschiedenen Tabellen ausgelesen werden müssen.

Zur schnellen, WebSocket-basierten Kommunikation zwischen Server und konkurrierenden Clients wurde ein Socket.io-Modul integriert, das eine persistente bidirektionale Verbindung zum Informationsaustausch zwischen Client-Browser und Server herstellt. Insgesamt kann im Zusammenhang mit dem kompakten Datenmodell eine ressourceneffiziente Datenhaltung gewährleistet werden. Des Weiteren bietet die Backend-Architektur die Möglichkeit zur Skalierung, indem beispielsweise die Rails-Applikation oder die Datenbank auf verschiedene Rechner verteilt wird. Gerade im Hinblick auf den Einsatz der Applikationssoftware PINGO (*Peer Instruction for Very Large Groups*) in großen Lehrveranstaltungen ermöglicht die Anbindung an dieses Backend eine variable Gestaltung des Szenarios in Abhängigkeit von der Auslastung des Servers, so dass bei Bedarf die Anfragen an verschiedene Rechner verteilt werden können und Auslastungsspitzen nicht durch ein einziges Nadelöhr verursacht werden [Si12].

Auf der User-Seite gibt es zwei browserbasierte Client-Typen: Ein Dozenten-Interface sowie die Benutzer-Oberfläche für die (mobilen) Endgeräte der Studierenden. Das Dozenten-Interface ermöglicht es, eine Lehrveranstaltung (Vorlesung) mit zwei Klicks anzulegen. Ferner können einer Vorlesung zugeordnete Umfragen erstellt werden, wobei Fragentyp, die Anzahl der zugehörigen Optionen und die Dauer der Umfrage anzugeben sind. Diese Daten werden gespeichert und können bei einer neuen Umfrage wiederverwendet werden. Der Dozent hat dann die Möglichkeit, eine Umfrage zu starten, nachdem zuvor vorbereitete Fragen zum Gegenstandsbereich per Beamer oder Overhead-Projektor präsentiert und die Studierenden aufgefordert wurden sich nach Diskussion mit ihren Kommilitonen für ein bzw. mehrere richtige Statements zu entscheiden. Alternativ können Diskussionen und Abstimmungen auch ad hoc durchgeführt werden, wenn sich dies in der gegebenen Lernsituation als sinnvoll erweisen sollte. Nach dem Ende der Umfra-

ge werden deren Ergebnisse grafisch angezeigt und können ebenfalls per Beamer dem Auditorium präsentiert werden. Es können dann richtige Entscheidungen kommentiert und ggf. Fehlvorstellungen diskutiert werden. Ferner kann uneinheitlichem Abstimmungsverhalten, nach einer Phase der Peer Discussion eine zweite Abstimmung über die gleiche Fragestellung erfolgen. Die Ergebnisse der erneuten Befragung werden dann grafisch denen der ersten Befragung gegenübergestellt und es wird auch analysiert, inwiefern sich das Abstimmverhalten einzelner Studenten verändert hat.

Studierende haben die Möglichkeit sich zunächst über ein webfähiges mobiles Endgerät bei der aktuellen Lehrveranstaltung anzumelden. Dies geschieht, indem sie die entsprechende Webseite aufrufen und einen ihnen zuvor bekanntgegebenen Veranstaltungscod ein geben. Wenn dies erfolgreich war, werden dem Endgerät des Studierenden die für die Umfrage relevanten Daten zugestellt, z.B. die aktuell anliegende Frage und die Antwortoptionen, sowie die für die Beantwortung noch zur Verfügung stehende Zeit. Das System PINGO erkennt automatisch, wenn ein Benutzer sich mit einem mobilen Endgerät für eine Umfrage anmeldet. In diesem Fall wird ein für das Endgerät optimiertes Web-Interface bereitgestellt. Da die Teilnahme an der Abstimmung nur in einen vom Dozenten festgelegten Zeitfenster möglich sein soll, wird die WebSocket-Verbindung auch dazu verwendet, um die Timer von hunderten verbundenen Clients zu synchronisieren.

## **5 Erste Erfahrungen mit dem Lerndesign in Lehrveranstaltungen**

Ein erster Test des Prototypen von PINGO wurde in einer Einführungsveranstaltung der Wirtschaftsinformatik mit über 1000 eingeschriebenen Studierenden vorgenommen. Diese Veranstaltung bot aufgrund ihrer großen Teilnehmerzahl und weil 95% der Teilnehmer webfähige mobile Endgeräte besaßen ein ideales Testfeld. Die ersten Tests von PINGO in der Veranstaltung zeigten zufriedenstellende Ergebnisse hinsichtlich der Benutzbarkeit, Stabilität und Skalierbarkeit des Systems für große Gruppen. Die PI-Methode wurde in das methodisch-didaktische Konzept der Lehrveranstaltung wie oben beschrieben integriert (vgl. Kap. 2). In gleicher Weise wurde PI mittels des Systems PINGO in größeren sowie klein- bis mittelgroßen Lehrveranstaltung der Wirtschaftspädagogik eingesetzt, wobei hier die Affinität der Studierenden zu Laptops und mobilen Endgeräten deutlich geringer ausfällt, was zu weiteren Anforderungen an die didaktisch Einbindung führt, da hier eine intensivere Vorbereitung und häufigere Wiederholung des Einsatzes zu positiven Ergebnissen führte. In den wirtschaftspädagogischen Veranstaltungen wurden alle drei eingangs erwähnten Anwendungsformen eines modifizierten Peer Instruction Einsatzes (A,B,C) durchgeführt und jeweils mit positiven Rückmeldungen der Studierenden reflektiert. Durch die begrenzte Verfügbarkeit der Endgeräte waren hier zum Teil nach den Gruppendiskussionen gemeinsame Abstimmungen notwendig.

Ein weiterer Einsatz erfolgte in einer kleineren spezialisierten Lehrveranstaltung mit ca. 25 Teilnehmern im Fach Informatik. Der Einsatz von PI mittels PINGO in dieser Lerngruppe diente weniger dem Test der technischen Funktionalität des Systems, sondern hatte zum Ziel herauszufinden, ob auch in kleineren Spezialvorlesungen die PI-Methode Lerner-aktivierende und motivierende Funktion besitzt. Diese Fragestellung scheint vor

dem Hintergrund berechtigt, da der Dozent in kleineren Veranstaltungen eher auf Wortmeldungen von Studierenden reagieren und selbst durch direkt ans Auditorium gestellte Fragen einen Diskurs mit den Studierenden anregen kann.

In dieser Informatikvorlesung wurde eine abgewandelte PI-Methode oft als Feedback Instrument zu Beginn der Veranstaltung eingesetzt. Den Studierenden wurde eine Frage und mehrere Aussagen präsentiert, von denen entweder nur eine richtig oder, in anderen Umfragen, nur eine falsch war. Inhaltlich bezogen sich die Aussagen auf das Thema der letzten Veranstaltungen. Die Studierenden mussten dann das richtige bzw. das falsche Statement identifizieren, nachdem sie zuvor mit ihren Sitznachbarn über ihre Entscheidungspräferenz diskutiert hatten. Nachdem das Ergebnis der Abstimmung dem Auditorium präsentiert wurde, konnten einige der Studierenden die Entscheidungen und eine mögliche Begründung kommentieren. Auf diese Weise kam in der Lerngruppe ein Diskurs über das Thema zustande, bei dem allen Beteiligten auch noch einmal das Thema nahegebracht wurde und jeder für sich klären konnte, ob er es hinreichend verstanden hat. Im Bedarfsfall wurde nach einer solchen Diskussion auch noch eine Zweitabstimmung durchgeführt. Abschließend wurde dann erst das richtige Ergebnis vorgestellt. Auf diese Weise wurde es ermöglicht, auch den Einfluss des kooperativen Diskurses auf den Lernprozess zu verdeutlichen.

In den wirtschaftspädagogischen Veranstaltungen zeigte sich deutlich, dass durch den Dozenten mittels Differenzierung der Schwierigkeitsgrade der Aufgabenstellungen und eine aufsteigende Anordnung dieser in der Veranstaltung, die Studierenden sinnvoll an das Medium, den Abstimmungsmodus und die Peer-Phase herangeführt werden können. Die Differenzierung der Schwierigkeitsgrade erfolgte unter Berücksichtigung der Taxonomiestufen nach Bloom [Bl56] sowie Anderson/Krathwohl [AK01]. Zudem konnten auf Basis der Ergebnisse der Umfragen bei den Studierenden Bereiche der Veranstaltung ausgemacht werden, die bei den Lernenden Verständnisschwierigkeiten auslösen. Dies wurde von den Dozenten in der Nachbereitung der Veranstaltungen aufgenommen und wird nun bei der Neukonzeption des Moduls im nächsten Durchgang derart Berücksichtigung finden, dass diese Bereiche künftig intensiver und anhand verstärkter Einbindung von Exemplarität und praktischen Beispielen vermittelt werden. In der Wirtschaftsinformatik-Vorlesung mit mehr als 1000 eingeschriebenen Studierenden wurde ein Benutzbarkeits- und ein Akzeptanztest des eingesetzten Prototypen durchgeführt. Für den Benutzerbarkeitstest von PINGO wurde die System Usability Skala (SUS) verwendet [Br96]. SUS wird als ein vielfach verwendetes, robustes und leicht zu adaptierendes Messinstrument zur Ermittlung der Gebrauchstauglichkeit eines Softwaresystems charakterisiert [Zv06]. Neben der Benutzbarkeit eines technischen Systems spielt vor allem die Nutzerakzeptanz eine wichtige Rolle, wenn es um den langfristigen und nachhaltigen Einsatz einer neu eingeführten Technologie geht. Um die Nutzerakzeptanz von PINGO in der Lehrveranstaltung zu ermitteln, wurde das von [Da89] entwickelte Technology Acceptance Model (TAM) eingesetzt. Entsprechend diesem Modell sind hauptsächlich die vier folgenden Konstrukte als Prädiktoren für eine erfolgreiche Vorhersage des zu erwarteten Akzeptanzverhaltens bezüglich eines technischen Systems heranzuziehen: der wahrgenommene Nutzungskomfort, die wahrgenommene Nützlichkeit, die Einstellung bezüglich der Systemnutzung sowie die Handlungsdisposition im Hinblick auf die Nutzung der Technologie. TAM wurde in zahlreichen Studien validiert und in vielen unter-

schiedlichen Test-Settings erfolgreich eingesetzt (u.a. [Sz96,Ko02]). Daher wurde zusätzlich zu SUS auch TAM als Messinstrument zur Evaluation von PINGO eingesetzt.

Die Evaluation mit SUS und TAM wurde mittels gedruckter Fragebogen durchgeführt, die an die Teilnehmer der Vorlesung nach dem ersten Einsatz von PINGO und nach dem letzten Einsatz am Ende der Vorlesungszeit verteilt wurden. Der erste Fragebogen enthielt operationalisierte Items für die oben beschriebenen vier Prädikatoren für TAM: vier Items für den wahrgenommenen Nutzungskomfort, sechs Items für die wahrgenommene Nützlichkeit, fünf Items für die Einstellung bezüglich der Systemnutzung sowie drei Items für die Handlungsdisposition im Hinblick auf die Nutzung der Technologie. Der zweite Fragebogen am Ende der Vorlesungszeit wurde darüber hinaus um zehn SUS Items erweitert. Die Messwerte für die Items wurden mittels einer siebenstufigen Likert-Skala ermittelt.

Bei der ersten Erhebung wurde der Test von 438 der geschätzten ca. 600 anwesenden Teilnehmer vollständig ausgefüllt. Die Teilnehmer im ausgewerteten Sample waren im Durchschnitt im Beginn ihres zweiten Studienjahres. Das Sample war unter Genderaspekten annähernd gleichverteilt (52% w.; 48% m.). Diese demographischen Daten des Samples spiegelten zugleich die entsprechende Merkmalsverteilung in der Gesamtpopulation der in die Veranstaltung eingeschriebenen Studierenden wieder. Dies kann zugleich als schwacher Indikator dafür gewertet werden, dass das Ergebnis nicht durch die nicht-teilnehmenden Studierenden verzerrt wurde. Der Durchschnittswert für den Prädikator ‚wahrgenommener Nutzungskomfort‘ bei den Teilnehmer der Studie war 6,22 (bei einem Maximalwert von 7). Für die ‚wahrgenommene Nützlichkeit‘ wurde ein Durchschnittswert von 4,93 ermittelt, die ‚Einstellung bezüglich der Systemnutzung‘ wurde mit 5,49 bewertet sowie schließlich die ‚Handlungsdisposition im Hinblick auf die Nutzung der Technologie‘ mit 5,70. Dieses Resultat ist ein positiver Indikator für die künftige Nutzung des Systems PINGO im Rahmen dieser Lehrveranstaltung. Der zweite Test wurde sechs Wochen nach dem ersten mit jetzt 263 Teilnehmern durchgeführt. Wiederum ermittelten wir sehr positive Ergebnisse im Hinblick auf die gemessenen TAM-Prädikatoren: ‚wahrgenommener Nutzungskomfort‘ 6,29; ‚wahrgenommene Nützlichkeit‘ 5,30; ‚Einstellung bezüglich der Systemnutzung‘ 6,01; ‚Handlungsdisposition im Hinblick auf die Nutzung der Technologie‘ 5,98. Der aggregierte SUS-Durchschnittswert wurde mit 72,5 (max 100) ermittelt, was eine gute ‚Usability‘ unseres Prototypen indiziert [Ba09][Ku12][Re12].

Um das didaktische Konzept von PINGO zu evaluieren wurde die quantitative Evaluation durch halb-strukturierte problemzentrierte Interviews ergänzt [Wi00]. Ähnlich wie bei der kleineren Informatik-Lehrveranstaltung gab es auch in der großen Wirtschaftsinformatik-Vorlesung positives persönliches Feedback der Studierenden. Außerdem zeigt eine erste Auswertung der qualitativen Ergebnisse, dass die angewandte PI-Methode methodisch-didaktisches Potenzial im Hinblick auf die Prüfungsvorbereitungen der Studierenden, die studentische Selbsteinschätzung im Vergleich zum Wissen und zu den Kompetenzen der Kommilitonen sowie auf Studenten-aktivierende Lernmethoden in großen Lehrveranstaltungen besitzt.

## 6 Ähnliche Ansätze und Perspektiven der Weiterentwicklung

Die ersten Prototypen von PINGO wurden in Veranstaltungen mit unterschiedlich großen Teilnehmerzahlen (>1000; >500; >20) eingesetzt und evaluiert. Die ersten positiven Evaluationsergebnisse ermutigen das Team, das System PINGO weiterzuentwickeln und es als webbasiertes Open Source Produkt potenziellen weiteren Nutzern zur Verfügung zu stellen. Hinsichtlich der technischen Weiterentwicklung sollen die Ergebnisse einer von dem Autorenteam vorgenommenen Bewertung bereits existierender technischer Lösungen mit berücksichtigt werden [Ku12]. Dabei sollen identifizierte Mängel der technischen Unterstützungssysteme, die den Einsatz von PI-Methoden behindern, wie z.B. Einschränkungen der Usability, möglichst vermieden werden. Demzufolge hat die Weiterentwicklung des Systems PINGO Anforderungen in den folgenden Bereichen zu beachten: Kosteneffizient, Authentifizierung, Echtzeitfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit, Skalierbarkeit, Breite der unterstützten mobilen Endgeräte, leichte Installation, Unterstützung unterschiedlicher Betriebssysteme. Konkret sollte bei Wahrung der Anonymität der Nutzer die Persistenz von Umfragen gesichert und Veränderungen des Abstimmungsverhaltens nach vorhergehender Diskussion angezeigt werden können. In Bezug auf die methodisch-didaktische Evaluation des Konzepts sollten in allen drei Veranstaltungstypen bei künftigen weiteren Evaluationen qualitative Analysemethoden eingesetzt werden. In Kombination mit der Anwendung von TAM und SUS können diese Evaluationskonzepte für E-Learning und Mobile Learning Szenarien genügen [Ku12], dennoch liefern sie wichtige praxisrelevante Hinweise zur möglichen Lernwirksamkeit des gesamten Lerndesigns (technisches System PINGO; PI-Methode).

### Literaturverzeichnis

- [AK01] Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., et al (Eds.): A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. Complete edition, New York: Longman 2001.
- [Ba09] Bangor, A., Kortum, P., and Miller, J.: Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale, In *Journal of Usability Studies* 2009 ( 4:3), pp. 114-123.
- [Be00] Beichner, R.J., Saul, J. M., Allain, R. J., Deardorff, D. L., and Abbott, D. S.: Introduction to SCALE-UP: Student-centered activities for large enrollment university physics, In *Proceedings of the 2000 Annual Meeting of the American Society for Engineering Education*, Session 2380.
- [Bl56] Bloom, B., Engelhart, M., Furst, E., Hill, W., & Krathwohl, D.. *Taxonomy of Education Objectives the Classification of Educational Goals: Handbook I Cognitive Domain*. New York: David McKay Company, Inc. 1956.
- [Br96] Brooke, J.: SUS: a 'quick and dirty' usability scale In *Usability Evaluation in Industry*, P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, and A. L. McClelland (eds.), London 1996.
- [Cl08] Cleary, A.: Using Wireless Response Systems to Replicate Behavioral Research Findings in the Classroom In *Teaching of Psychology* (35) 2008, pp. 42-44.
- [Cr01] Crouch, C.H., and Mazur, E.: Peer instruction: Ten years of experience and results, , *American Journal of Physics* (69) 2001, pp. 970-977.
- [Cr07] Crouch, C.H., Watkins, J., Fagen, A. P., and Mazur, E.: Peer Instruction: Engaging Students One-on-One, All At Once," in *Reviews of Research-Based Reform Curricula in Introductory Physics*, E. F. Redish, and P. Cooney (eds.) 2007. *Reviews in PER* Vol. 1.
- [Co05] Cortright, R., Collins, H., DiCarlo, S.: Peer instruction enhanced meaningful learning: ability to solve novel problems In *Advances in Physiology Education* (29) 2005, pp. 107-111.
- [Da89] Davis, F., Bagozzi, R., Warshaw P.: User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models In *Management Science* (35:8) 1989, pp. 982-1003.
- [DC96] DeCorte, E.: New perspectives on learning and teaching in higher education In *Goals and Purposes of Higher Education*, Burgen, A. (ed.), London, Jessica Kingsley 1996.

- [Dr04] Draper, S., Brown, M.: Increasing interactivity in lectures using an electronic voting system In *Journal of Computer Assisted Learning* (20) 2004, pp. 81–94.
- [Fa02] Fagen, A., Crouch, C., Mazur, E.: Peer instruction: Results from a range of classrooms In *Physics Teacher* (40) 2002, pp. 206-209.
- [Fe09] Fels, G.: Die Publikumsfrage in der Chemievorlesung. *Chemkon* 16, 2009, pp.197-20.
- [Fe57] Festinger, L.: *A Theory of Cognitive Dissonance*. Stanford University Press. 1957.
- [Fi06] Fies, C., Marshall, J.: Classroom Response Systems: A Review of the Literature In *Journal of Science Education and Technology* (15:1) 2006, pp. 101-109.
- [Gi06] Giuliadori, M., Lujan, H., DiCarlo, S.: Peer instruction enhanced student performance on qualitative problem-solving questions In *Advances in Physiology Education* (30) 2006, pp. 168-173.
- [Gl96] Glasersfeld, E.: *Radikaler Konstruktivismus. Ideen, Ergebnisse, Probleme*. Frankfurt am Main 1996.
- [Ha98] Hake, R.: Interactive engagement versus traditional methods: a six-thousand student survey of mechanics test data for introductory physics courses, *American Journal of Physics* (66) 1998, pp. 64-74.
- [Ju02] Judson E., Sawada, D.: Learning from Past and Present: Electronic Response Systems in College Lecture Halls, *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching* (21:2) 2002, pp. 167-181.
- [Ka09] Kay, R., LeSage, A. 2009: Examining the benefits and challenges of using audience response systems: A review of the literature In *Computers & Education* (53:3) 2009, pp. 819-827.
- [Ko02] Koufaris, M.: Applying the technology acceptance model and flow theory to online consumer behavior In *Information Systems Research* (13:2) 2002, pp. 205-223.
- [Ku12] Kundisch, D. et al.: Designing a web-based application to support Peer Instruction for very large Groups In *Proceedings of the 33rd Int. Conference on Information Systems*, Orlando (in print) 2012.
- [La08] Lasry, N.: Clickers or Flashcards: Is There Really a Difference?, *The Physics Teacher* (46), 2008, pp. 242-244.
- [La10] Lantz, M.: The use of 'clickers' in the classroom: Teaching innovation or merely an amusing novelty? In *Computers in Human Behavior* (26:4) 2010, pp. 556-561.
- [Ma97] Mazur, E.: *Peer Instruction: A User's Manual*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall 1997.
- [Ma97a] Mazur E.: Peer instruction: getting student to think in class In *The Changing Role of Physics Departments in Modern Universities*, E. F. Redish, and J. S. Rigden. Buenos Aires, Argentina, 1997 pp. 981-988.
- [Ma08] MacArthur J., Jones, L., A review of literature reports of clickers applicable to college chemistry classrooms In *Chemistry Education Research and Practice* (9:3) 2008, pp. 187-195.
- [Mo11] Moss, K., Crowley, M.: Effective learning in science: The use of personal response systems with a wide range of audiences In *Computers & Education* (56:1) 2011, pp. 36-43.
- [Py97] Pyarali, I., Harrison, T., Schmidt, D., Jordan, T.: Proactor: An Object Behavioral Pattern for Demultiplexing and Dispatching Handlers for Asynchronous Events In *4th Annual Pattern Languages of Programming Conference*, Allerton Park 97, Illinois.
- [Re12] Reinhardt, W. et al.: PINGO: Peer Instruction for Very Large Groups In *Proceedings of the Seventh European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2012)*, Saarbrücken 2012.
- [Ro04] Roschelle, J., Penuel, W., Abrahamson, L.: Classroom Response and Communication Systems: Research Review and Theory, In *Annual Meeting of the American Educational Research Association*, San Diego, CA, 2004.
- [Si05] Siemens, G.: Connectivism: A Learning Theory for a Digital Age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, Volume 2, Number 1, January, 2005.
- [Si12] Sievers, M. et al.: Developing electronic classroom response apps for a wide variety of mobile devices – Lessons learned from the PINGO project In *Proceedings of the 11th World Conference on Mobile and Contextual Learning (mLearn)*, 16-18th of October, Helsinki, Finland 2012.
- [Sm09] Smith, M., u.a.: Why peer discussion improves student performance on inclass concept questions In *Science* (323) 2009, pp. 122-124.
- [St07] Stowell, J., Nelson, J. R.: Benefits of Electronic Audience Response Systems on Student Participation, Learning, and Emotion In *Teaching of psychology* (34:4) 2007, pp. 253-258.
- [Sz96] Szajna, B.: Empirical evaluation of the revised technology acceptance model In *Management Science* (42:1) 1996, pp. 85-92.
- [Vy96] Vygotsky, L. S.: *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press, Cambridge, MA 1996.
- [Wi00] Witzel, A.: *The Problem-centered Interview*, *Forum Qualitative Social Research*, 2000.
- [Zv06] Zviran, M., Glezer, C., Avni, I.: User Satisfaction from Commercial Web Sites: The Effect of Design and Use In *Information and Management* (43:2) 2006, pp. 157-178.