

# Microcurricula in augmentierter Realität – Ein Prototyp zur Hilfe bei der Interaktion mit intelligenten Gebäuden

Dominic Becking<sup>1</sup>, Jan Budke<sup>1</sup> und Sybille Reichart<sup>2</sup>

**Abstract:** Neue und ungewohnte Bedienkonzepte stellen für die Benutzer oft ein Hindernis bei der Interaktion mit Technologie dar. Bei komplexen Technologien kommt es daher zu unerwünschten Nebenwirkungen. Durch Microcurricula, kurzen situations- und nutzerzentrierten Lerneinheiten, soll die Akzeptanz von intelligenten Gebäuden und das Wohlbefinden bei den Benutzern gesteigert werden. Für diesen Zweck wurde eine mobile App entwickelt, die Microcurricula in augmentierter Realität darstellt. Im Fokus stehen hierbei Userinterfaces zur Steuerung von intelligenter Gebäudetechnologie. Mit dem ersten Prototyp sollen vor allem die Effekte der App auf die Benutzer erfassbar gemacht werden. In einem Laborversuch wurden Testpersonen mit einem ihnen unbekanntem Bediengerät konfrontiert und sollten mithilfe der App einige Funktionen des Gerätes nutzen.

**Keywords:** augmented reality, mobile learning, intelligent buildings, building automation

## 1 Einführung

Intelligente Gebäude sollen den Nutzern einerseits einen Komfortgewinn bieten und gleichzeitig den Energieverbrauch senken sowie einen Schutz vor kritischen Situationen bieten [Wil15]. Dafür werden verschiedene Überwachungs-, Steuerungs- und Regelungssysteme eingesetzt. Andererseits werden durch diese Systeme wiederum neue Hürden für die Nutzer aufgebaut. Je komplexer die eingesetzte Technik ist, desto größer ist die Gefahr von unerwünschten Nebenwirkungen [Dic02].

Von besonderer Bedeutung sind daher die Usability und die Akzeptanz der Userinterfaces [Nie93]. Diese Bedeutung ergibt sich aus der Rolle des Nutzers als wichtigem Einflussfaktor auf Energieeinsparung im privaten Umfeld [Asc14] und darüber hinaus bei der Interaktion mit modernen Zweckbauten z.B. Bürogebäuden. Ihr volles Potenzial erreichen intelligente Gebäudetechnologien erst, wenn die Akzeptanz der Nutzer sichergestellt ist [Rus03]. Eine unzureichende Benutzerfreundlichkeit kann schnell zu einem höheren Energieverbrauch und damit auch zu erheblich höheren laufenden Kosten führen. Zudem werden die Technologien ohne den konsequenten Blick auf die Akzeptanz schnell zum Ärgernis für den Benutzer und können Vorbehalte, Ablehnung und Ängste hervorrufen [Bre72].

---

<sup>1</sup> Fachhochschule Bielefeld, Campus Minden, 32427 Minden, [vorname.nachname]@fh-bielefeld.de

<sup>2</sup> Fachhochschule Bielefeld, 33615 Bielefeld, [sybille.reichart]@fh-bielefeld.de

Widerstände gegen die Nutzung von energiesparenden Technologien können durch verbesserte HCI verhindert werden - jedoch müssen auch vorhandene Technologien einfach nutzbar gemacht werden.

Im Teilziel „Wohlergehen und Akzeptanz“ des Forschungsschwerpunkts InteG-F der Fachhochschule Bielefeld werden mögliche Barrieren für Wohlergehen und Akzeptanz intelligenter Gebäudetechnologien untersucht und Strategien zur positiven Beeinflussung von Gebäudenutzern erarbeitet. Der InteG-F wird gefördert durch das Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen. Im Rahmen dieser Forschung wird eine mobile Applikation entwickelt, in der Microcurricula zu den Technologien mit Hilfe von augmentierter Realität präsentiert werden. Microcurricula sind kleine Lerneinheiten, die dem Nutzer die grundlegende Funktion und Bedienung eines Geräts erklären sollen.<sup>3</sup> Diese Lerneinheiten zu bestimmten Userinterfaces soll ein Nutzer über sein Smartphone abrufen können. Dafür erkennt die App automatisch um welches Userinterface es sich handelt und erhält die dafür vorgesehenen Informationen von einem Server. Art, Umfang und Sprache der Informationen hängen vom Profil des Nutzers ab. So soll sichergestellt werden, dass der Nutzer nur für ihn relevante, verständliche und interessante Informationen bekommt.

Der aktuelle Prototyp erkennt bereits Userinterfaces und zeigt dem Nutzer die dazu passenden Informationen an. Im Fokus der Entwicklung steht das Raumbediengerät UP 227 der Firma Siemens<sup>4</sup>. Grund dafür ist die Ausstattung des Neubaus auf dem Campus Minden der Fachhochschule Bielefeld mit diesen Geräten. Das Gebäude, das zur Zeit der Veröffentlichung kurz vor der Fertigstellung steht, beinhaltet die Bibliothek, die Mensa, und die Büro- und Seminarräume sowie Labore des Bereichs Technik.

## 2 Grundlagen

In der Forschung finden augmentierte Realität und mobiles Lernen eine große Beachtung. Olsson et al. [Ols13] untersuchten beispielsweise die Erwartungen und Bedürfnisse der Nutzer an mobile augmentierte Realität. Dabei ergab sich, dass die angezeigten Informationen vor allem gehaltvoll, lebhaft und kontextbezogen sein müssen. Dabei sind besonders die persönliche Relevanz und die Personalisierung von großer Bedeutung, da augmentierte Realität die persönliche Perspektive beeinflusst und die Sichtweise auf die Welt mitgestaltet.

Shirazi und Behzadan [Shi13] entwickelten eine Applikation für Smartphones, mit der Studenten technologischer Studiengänge ein zusätzliches Level an Informationen zu ihrem Lehrbuch erhalten können. Die App erkennt QR Codes und zeigt daraufhin Multimedia-Objekte wie z.B. Simulationen an, die zu einem tieferen Verständnis des

---

<sup>3</sup> Eine Begründung von Mikro- und Nanocurricula wird demnächst zur Diskussion gestellt.

<sup>4</sup> <https://hit.sbt.siemens.com/RWD/app.aspx?ACTION=ShowProduct&KEY=5WG1227-2AB11&MODULE=Catalog>, aufgerufen am 09.06.2015

Lernstoffes führen sollen. Die Mehrheit der Studenten befand diese Lernmethode als sehr effektiv und würde den Einsatz in weiteren Kursen begrüßen.

In einem anderen Versuch wurde eine digitale Karte mit textuellen Informationen und Expertenvideos mit einer App für augmentierte Realität verglichen. Über beide Ansätze sollten Studenten anhand eines bestimmten Bereichs des Campus mehr über Biodiversität und Nachhaltigkeit lernen. Ryokai und Agogino [Ryo] stellten fest, dass die Testgruppe, die augmentierte Realität benutzte, sich intensiver mit dem Thema beschäftigten. Die Testpersonen bewegten sich mehr und nahmen sich mehr Zeit für die Aufgabe. Augmentierte Realität schaffte demnach Anreize, selber aktiv zu werden und Dinge genauer zu betrachten. Dabei war es wichtig die Informationen kontextsensitiv und interaktiv anzubieten.

Die bisherigen Betrachtungsweisen zielen meist auf klassische Lernsituationen ab, wie man sie beispielsweise an Schulen oder in Universitäten vorfindet. Diese Arbeit untersucht hingegen, wie beiläufige Lernsituationen im alltäglichen Leben durch augmentierte Realität verbessert werden können. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass augmentierte Realität bei Lernenden positiv aufgenommen wird [Shi13] [Ryo] [Dem]. Dabei ist es allerdings von Bedeutung, den Nutzer und seine Persönlichkeit zu berücksichtigen und auf die Relevanz der Information und den Kontext zu achten.

## **3 Der Prototyp**

### **3.1 Entwicklungsziele**

Der Prototyp soll zunächst grundlegende Funktionen erfüllen. Dazu gehört die Erkennung von Bildern (Markern), die mit einem spezifischen Userinterface verknüpft sind, so dass die dazugehörigen Informationen angezeigt werden können. Nachdem ein Bild erkannt wurde, werden die entsprechenden Microcurricula als dreidimensionaler Text eingeblendet. Abb. 1 zeigt eine schematische Darstellung der App. Das Raumbediengerät wurde erkannt und die dazu passende Lerneinheit wird angezeigt.

Für den ersten Prototyp wird auf eine Serverkomponente verzichtet. Sie ist für erste Tests nicht zwingend notwendig. Zudem wird das Nutzerprofil noch nicht automatisch berücksichtigt, sondern für einzelne Testdurchläufe jeweils statisch festgelegt. Der Prototyp soll zunächst Aussagen darüber ermöglichen, inwieweit Microcurricula in augmentierter Realität die Akzeptanz der Nutzer für Technologien steigern können und zu einer besseren Zusammenarbeit von Mensch und Technik führen. Dafür wird während der Konzeption und Entwicklung auch besonders darauf geachtet, dass der Prototyp selbst kein technologisches Hindernis für den Nutzer darstellt.

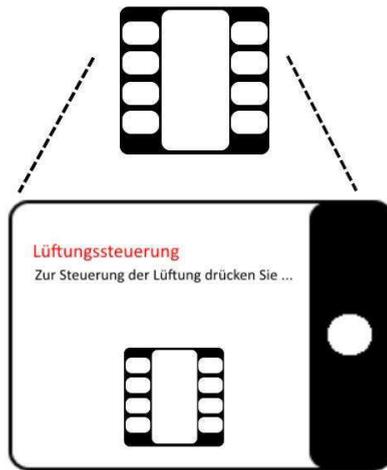


Abb. 1: Schematische Darstellung der App

### 3.2 Framework

Für die Entwicklung der App wird das Framework Vuforia<sup>5</sup> von Qualcomm eingesetzt. Mit dem Framework können Apps für mobile Geräte programmiert werden, die augmentierte Realität einsetzen. Es unterstützt die Plattformen Android, iOS und Unity 3D. Um Bilder und 3D Objekte in Echtzeit zu erkennen und zu verfolgen, wird eine computer-vision basierte Bildererkennung eingesetzt. Die Bilder müssen dabei nicht aus schwarzen und weißen Regionen bestehen, wie es bei QR- oder Bar-Codes der Fall ist wie z.B. noch bei [She02], sondern können beliebig gewählt werden. Das Framework erkennt automatisch die natürlich vorhandenen Merkmale der Marker. Damit 3D Objekte erkannt werden können, müssen diese zunächst mit dem Vuforia Object Scanner erfasst werden. Dieser erstellt eine Datei, in der die Objektmerkmale gespeichert sind [Qua151].

Zur Entwicklung des Prototypen wird Unity 3D<sup>6</sup> eingesetzt. Unity ist eine Laufzeit- und Entwicklungsumgebung des Unternehmens Unity Technologies, die die Entwicklung von Computerspielen und anderen interaktiven 3D-Grafik-Anwendungen erlaubt. Vuforia kann leicht als Plugin über den Unity Asset Store nachinstalliert werden. Zielplattformen sind neben mobilen Geräten auch PCs, Spielkonsolen und Webbrowser. Ein großer Vorteil von Unity ist, dass sie leicht zu benutzen ist. Bereits nach wenigen Minuten können erste Ergebnisse erzielt werden, ohne komplexen Code zu schreiben. Als Zielplattform wird Android gewählt. Aufgrund der Offenheit des Systems ist es

<sup>5</sup> <https://www.qualcomm.com/products/vuforia>

<sup>6</sup> <http://unity3d.com/>

einerseits weit verbreitet und andererseits existieren viele Frameworks und Schnittstellen, die das Zusammenspiel mit anderen Technologien ermöglichen.

### 3.3 Software

Die Serverkomponente wird vorerst durch eine einfache CSV Datei simuliert, in der die Texte der Microcurricula hinterlegt sind. Die App liest diese zu Beginn aus und kann so die zum Kontext passende Information jederzeit bereitstellen. Nach dem Start der App wird nach einem bekannten Marker gesucht. Wurde dieser erkannt, kann der Nutzer aus verschiedenen Lerneinheiten die für ihn relevante auswählen. Über Swipe-Gesten kann nun zwischen den einzelnen Schritten der Einheit gewechselt werden.



Abb. 2: Screenshot der App

Für den ersten Prototypen werden nur die Hilfetexte für die grundlegenden Funktionen des Raumbediengeräts UP 227 hinterlegt. Es werden nacheinander die einzelnen Ebenen der Oberfläche des Bediengeräts beschrieben. Die oberste hat in diesem Fall keine Funktion und dient nur zur Visualisierung von Informationen. Über die unterste Ebene wählt man die gewünschte Funktionsgruppe, zum Beispiel Jalousie oder Licht. Die einzelnen Funktionen der Funktionsgruppe werden wiederum in der zweiten Ebene ausgewählt. Die dritte Ebene dient der eigentlichen Steuerung der Funktion. Zu den Texten der App werden außerdem noch Pfeile eingeblendet, die auf die jeweils beschriebene Ebene deuten (siehe Abb. 2).

## 4 Tests

Um zunächst die korrekte Funktionsweise der entwickelten App zu gewährleisten, wurden vor dem Laborversuch einige Funktionstests durchgeführt.

### 4.1 Funktionstests

Damit Programmierfehler erkannt und behoben werden können, wurde der Prototyp während der Entwicklung Funktionstests unterzogen. Dafür wurden die geschriebenen Methoden erweitert, so dass Logeinträge erzeugt werden. Eine Verbindung zu einem Server sowie die Auswahl einer Lerneinheit wurden zunächst nicht implementiert.

Während der Tests wurden verschiedene Kombinationen von Benutzereingaben getätigt. Dabei wurden auch solche berücksichtigt, die nicht zur aktuellen Situation passen und nicht zielführend sind. Anhand der Logeinträge wurde nachvollzogen, dass die Eingaben korrekt ausgewertet wurden und die erwünschten Funktionen ausgeführt wurden.

### 4.2 Laborversuch

Im Rahmen der Bachelorarbeit „Usability Testing – Augmented Reality Smartphone Applikation zur Erklärung der Gerätebedienung intelligenter Gebäudetechnik“ von Stefan Maldener wurde ein zweiteiliger Laborversuch mit jeweils zehn Testpersonen durchgeführt [Mal15]. Der Versuch bestand aus einem formativen Test, bei dem die Benutzer innerhalb eines realistischen Szenarios Aufgaben erfüllen sollten [Ric13]. Dafür wurde die Methode des lauten Denkens eingesetzt, bei der die Nutzer gebeten werden auszusprechen, was sie denken, erwarten und fühlen [Nie93].

Die Programmierung des Raumbediengerätes und die Erstellung und Verbesserung der App wurde dabei von Herrn Budke übernommen. Für die Konzeption und Durchführung des Versuchs sowie die Auswahl der Testpersonen war Herr Maldener verantwortlich. Die App wurde so konfiguriert, dass mit ihr die Handhabung des Raumbediengerätes UP 227 der Firma Siemens (siehe Abb. 3) erlernt werden kann. Als Ersatz für tatsächliche Aktionen in einem automatisierten Gebäude dienten als Rückmeldung auf Nutzereingaben beschriftete LEDs, die neben dem Bediengerät montiert wurden.



Abb. 3: Raumbediengerät UP 227

Den Testpersonen wurden fünf Aufgaben gestellt. Die Aufgaben lagen ihnen während des Versuchs schriftlich vor. Als einziges Hilfsmittel wurde ein Smartphone, auf dem die App installiert ist, bereitgestellt. Vor Beginn des Versuchs wurde die Bedienung der App kurz erklärt. Dabei ging es vor allem um die Ausrichtung des Smartphones zum Bediengerät und weniger um die Navigation innerhalb der App. Folgende fünf Aufgaben sollten bearbeitet werden:

1. Lesen Sie die Hilfetexte der App und machen Sie sich mit dieser vertraut.
2. Wählen Sie am Raumbediengerät eine Displayhelligkeit von 50 Prozent.
3. Schalten Sie am Raumbediengerät das Licht an der Tafel an. Als Bestätigung leuchtet auf dem LED-Board die dazu gehörige LED auf.
4. Senken Sie die Jalousie automatisch ab und fahren Sie diese danach wieder automatisch nach oben. Als visuelle Bestätigung dient Ihnen die gelbe LED „Jalousie runter/rauf“, die beim Absenken aufleuchtet und beim nach oben fahren erlischt.
5. Für eine PowerPoint-Präsentation wollen Sie verschiedene Funktionen nutzen, welche auf dem Gerät in einer programmierten Szene bereits miteinander verknüpft sind. Wählen sie die Szene „Präsentation“ an und aktivieren Sie diese. Bei Aktivierung leuchten 4 LEDs, nämlich „Jalousie runter“, „Beamer an“, „Leinwand runter“, und „Licht aus“ auf.

Abschließend wurden die Testpersonen interviewt. Dabei wurden ihnen folgende sechs Fragen gestellt und es gab die Möglichkeit eigene Anmerkungen einzubringen.

1. Hatten Sie vorher bereits Erfahrung mit ähnlichen Smartphone-Anwendungen?
2. Wie sinnvoll halten sie die Smartphone-App als Erklärung zur Gerätebedienung?
3. Würden Sie eine herkömmliche schriftliche Bedienungsanleitung bevorzugen?
4. Waren die Texte in der App für Sie verständlich formuliert?
5. Hatten Sie Probleme damit, die Funktion des Gerätes nach Betrachtung der App nachzuvollziehen?
6. Wie verständlich waren die Piktogramme des Raumbediengerätes für Sie?

Der zweite Testdurchlauf diente dazu, die Schlussfolgerungen aus dem ersten Test zu verifizieren und zu überprüfen, ob die daraus resultierenden Änderungen an der App zu dem gewünschten Ergebnis führen. Dafür wurden zunächst die Aufgabenbeschreibungen in die App integriert. Dadurch entfällt der Wechsel zu einem dritten Medium (Bediengerät, Smartphone, Aufgabenblatt). Insgesamt wurden die Hilfetexte kürzer gehalten und beziehen sich direkt auf die Aufgaben. Außerdem werden die Texte als Endlosschleife präsentiert, so dass ein Wechsel zwischen dem Ersten und dem Letzten möglich ist. Die Pfeile wurden zudem durch Kreise um die jeweiligen Tasten ersetzt.

### 4.3 Ergebnisse

Für die Quantifizierung der Ergebnisse wurden die benötigten Tastendrucke („Klicks“) bis zur Erfüllung der jeweiligen Aufgabe gemessen. Vor jeder Aufgabe wechselt das Bediengerät immer in den gleichen Ausgangszustand. Da für die erste Aufgabe keine Klicks notwendig sind, wird hier die benötigte Zeit gemessen.

Die Zeit für das Lesen aller Hilfetexte des ersten Tests liegt zwischen 60 und 170 Sekunden. Der Mittelwert liegt bei 120,5 Sekunden. Einige Probanden bemerken trotz Anzeige des Fortschritts nicht, dass sie den letzten Hilfetext erreicht haben.

Bei der zweiten Aufgabe liegt die durchschnittliche Klick-Zahl bei 9,2. Die Hälfte der Testpersonen benötigt lediglich die Mindestanzahl von vier Klicks. Beim zweiten Durchlauf steigt der Durchschnittswert auf 10,3 Klicks an. Der Anstieg kann zwei Ursachen haben. Zum einen fehlt dem Aufgabentext der Hinweis, in der App voranzuschreiten. Zum anderen drücken vier Testpersonen eine Taste der unteren Ebene des Bediengeräts zu lang, so dass sie in die Funktionsgruppe Licht wechseln. Beides führt zu Verwirrungen bei den Testpersonen und der Versuchsleiter muss teilweise eingreifen.

Für Aufgabe 3 soll ein Licht eingeschaltet werden. Die anschließende Befragung zeigte, dass die Testpersonen erwarteten, das Licht mit der rechten Taste einzuschalten, obwohl die linke Taste genutzt werden muss. Deshalb ist die durchschnittliche Klick-Zahl mit 19,3 hoch. Bis zum Benutzen der rechten Taste liegt das Mittel bei 7,9 Klicks. Da im zweiten Durchlauf die Texte angepasst wurden und Kreise die jeweilige Taste markieren, sinkt der Durchschnittswert hier auf 8,3 Klicks.

Aufgabe 4 benötigt mindestens sechs Klicks. Im Versuch liegt der Mittelwert bei 10,9 Klicks. Auch hier versuchen die Testpersonen die Jalousie über die rechte Taste zu schließen, wobei die linke Taste betätigt werden muss. Hinzu kommt, dass durch den Wechsel zwischen Bediengerät und App das Bediengerät zurück in den Ausgangsmodus wechselt und sich so die Klick-Zahl erhöht. Im zweiten Durchgang waren nur fünf Klicks notwendig, da die Jalousie nicht mehr hochgefahren werden musste. Hier konnte der Durchschnittswert auf 5,5 Klicks reduziert werden.

Bei der letzten Aufgabe zeichnet sich bereits ein Lerneffekt ab. Bei benötigten fünf Klicks liegt der Mittelwert bei 6,7 Klicks beziehungsweise bei 6,3 Klicks in der zweiten Testreihe.

Im anschließenden Interview stufen sechs Testpersonen der ersten Testreihe die App als sinnvoll ein. In der zweiten sind alle Testpersonen der Meinung, die App wäre sinnvoll. Sieben beziehungsweise neun würden sie sogar einem herkömmlichen Handbuch vorziehen. Die einzelnen Texte der App werden von 19 Testpersonen als verständlich bewertet. Nur ein Proband merkt an, dass durch die Unvertrautheit mit App und Bediengerät ein Nutzen der Texte sehr schwer fiel.

## 5 Fazit

Die Entwicklung des Prototyps und der anschließende Test im Labor sollten zum einen zeigen, ob Microcurricula in augmentierter Realität einen positiven Einfluss auf die Akzeptanz der Nutzer von intelligenter Gebäudetechnologie haben. Zum anderen sollten die grundlegenden Funktionen der App, das Erkennen von Markern und das Anzeigen der passenden Hilfetexte erprobt werden. Durch die Befragung der Testpersonen zeigt sich deutlich, dass die App sehr gut angenommen wird. Fast alle Testpersonen sprachen sich für die Benutzung aus und bevorzugten die App gegenüber einer üblichen Bedienungsanleitung. Die Tests zeigen auch, dass die Erkennung von Markern schnell und zuverlässig erfolgt, so dass ein alltäglicher Einsatz möglich ist.

Der Vergleich der zwei Testreihen im Labor macht auch deutlich, dass kurze, sehr präzise Informationen zu einem besseren Verständnis führen. Ein gutes Beispiel hierfür sind der Hinweis auf das Einschalten des Lichts auf der linken Seite und die Markierung der entsprechenden Tasten durch Kreise anstatt durch einen Pfeil. Diese Erkenntnis ist auch sehr interessant für die automatische Zuordnung von Profilen und Nutzern, die im weiteren Verlauf der Forschungen entwickelt werden soll.

Abschließend lässt sich feststellen, dass der Prototyp die Erwartungen erfüllt. Für die weitere Entwicklung ist es wichtig, weiterhin darauf zu achten die App so zu gestalten, dass sie keine zusätzliche Barriere für den Nutzer darstellt.

## Literaturverzeichnis

- [Asc14] Aschendorf, B.: Energiemanagement durch Gebäudeautomation, Springer, 2014.
- [Bre72] Brehm, J.: Responses to loss of freedom: A theory of psychological reactance, General Learning Press, Morristown, 1972.
- [Dic02] Dickenberger, D.; Gniech, G.; Grabitz, H.J.: Die Theorie der psychologischen Reaktanz. In (Frey, D.; Irle, M., Hrsg.): Theorien der Sozialpsychologie, Verlag Hans Huber, Seattle, 2002.
- [Mal15] Maldener, S.: Usability Testing – Augmented Reality Smartphone Applikation zur Erklärung der Gerätebedienung intelligenter Gebäudetechnik, Studiengang Wirtschaftspsychologie (B.Sc.), Fachhochschule Bielefeld Fachbereich Wirtschaft und Gesundheit, 2015.
- [Nie93] Nielsen, J.: Usability Engineering, Academic Press, San Diego, 1993.
- [Nol14] Noll, C.; Häussermann, B.; von Jan, U.; Raap, U.; Albrecht, U.-V.: Demo: mobile augmented reality in medical education: an application for dermatology. In (ACM, Hrsg.): MARS '14., S. 17-18, 2014.
- [Ols13] Olsson, T.; Lagerstam, E.; Kärkkäinen, T.; Väänänen-Vainio-Mattila, K.: Expected user experience of mobile augmented reality services: a user study in the context of shopping centres. In (Arnich, B.; Osmani, V.; Bardram, J.E., Hrsg.): Personal and Ubiquitous Computing., S. 287-304, 2013.
- [Qua15] Augmented Reality (Vuforia), <https://developer.qualcomm.com/mobile-development/add-advanced-features/augmented-reality-vuforia>, Stand: 12.05.2015.
- [Qua15] Vuforia Object Scanner, <https://developer.vuforia.com/library/articles/Training/Vuforia-Object-Scanner-Users-Guide>, Stand: 03.06.2015.
- [Ric13] Richter, M.; Flückiger, M.: Usability Engineering kompakt, Springer, Berlin, 2013.
- [Rus03] Ruser, H.; Borodulkin, L.; Leisner, D.: Multi-modal 'Smart Home' user interface. In: Signals, Systems, Decision and Information Technology, S. 26-28, 2003.
- [Ryo] Ryokai, K.; Agogino, A.: Off the Paved Paths: Exploring Nature With a Mobile Augmented Reality Learning Tool. In (Lumsden, J., Hrsg.): The International Journal of Mobile HCI., S. 21-49, 2013.
- [She02] Shelton, B.E.; Hedley, N.R.: Using Augmented Reality for Teaching Earth-Sun Relationships to Undergraduate Geography Students. In (IEEE, Hrsg.): Proceedings of the First IEEE International Workshop on ARToolKit. 2002.
- [Shi13] Shirazi, A.; Behzadan, A.H.: Technology-enhanced learning in construction education using mobile context-aware augmented reality visual simulation. In (Pasupathy, R.; Kim, S.H.; Tolk, A.; Hill, R.; Kuhl, M.E., Hrsg.): Winter Simulation Conference., S. 3074 - 3085, 2013.
- [Wil15] Wilson, C.; Hargreaves, T.; Hauxwell-Baldwin, R.: Smart homes and their users: a systematic analysis and key challenges. In (Thomas, P., Hrsg.): Personal and Ubiquitous Computing., S. 463-476, 2015.