

Assistenz von Arbeitsprozessen auf der Baustelle

Mareike Schmidt¹ Jan Spilski² Uta Schwertel¹ Michael Heil³ Thomas Lachmann²

Abstract: Die zunehmende Digitalisierung im Handwerk fordert den vermehrten Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien. Die Vermittlung der damit verbundenen neuen Anforderungen und die Unterstützung der Mitarbeiter sollte möglichst kontextbezogen und ortsunabhängig zur Verfügung stehen. Das Verbundprojekt SMARTWERK entwickelt dafür prototypisch für drei Szenarien (Baustellenbegehung und Dokumentation, Bedienung innovativer Maschinen auf der Baustelle, Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz) ein Assistenzsystem - die SMARTWERK Assistance Suite (SWAS). Dabei wird ein partizipativer Prozess der Technikentwicklung verfolgt, der technische und inhaltliche Anforderungen sowie subjektive Akzeptanzaspekte fortlaufend evaluiert. Die so gewonnenen Ergebnisse werden in die Entwicklung der SWAS integriert und mögliche Kommunikationsstrategien zur Akzeptanzsteigerung abgeleitet.

Keywords: Digitalisierung, Bauhandwerk, Assistenzsystem, kontextbezogenes, prozessorientiertes, mobiles Lernen.

1 Einführung

Die Digitalisierung verändert in einem disruptiven Prozess Industrien und Dienstleistungen. In den Branchen Bau und Energie werden jedoch digitale Technologien bisher als wenig bedeutsam für das eigene Geschäftsmodell angesehen [Di16], obwohl die Anforderungen an die digitale Dokumentation und Planung zunehmen. Vor dem Hintergrund der komplexeren Vernetzung von Maschinen (Internet of Things) sowie Digitalisierungsprozessen wie z.B. BIM (Building Information Modeling im Bauwesen), sind Veränderungen im Bauhandwerk notwendig. Digitale Technologien, die Beschäftigte bei der Ausführung ihrer Arbeit unterstützen, sogenannte *Assistenzsysteme*, werden bisher stärker in anderen Fachgebieten, wie z.B. der Gesundheitsüberwachung [Ly03, Pi16] oder in der Industrie [We16, MP14] eingesetzt. Im Gegensatz zu diesen Bereichen sind Prozessschritte im Handwerk ständigen Veränderungen unterworfen und weniger fixiert und präzise vorher-sagbar.

Im Bauhandwerk handelt es sich in der Regel um sehr kleine Unternehmen mit handwerklicher Struktur. So waren im Jahr 2013 bei den rund 545.000 Mitgliedsunternehmen der BG BAU rund 2,7 Millionen Beschäftigte tätig. 95% dieser Betriebe haben weniger als 20

¹ IMC AG, Innovation Labs, Uni-Campus Nord, Scheer Tower, 66123 Saarbrücken, {mareike.schmidt, uta.schwertel}@im-c.de

² Technische Universität Kaiserslautern, Center for Cognitive Science, Erwin-Schrödiger-Straße, 67663 Kaiserslautern, {lachmann.jan.spilski}@sowi.uni-kl.de

³ Institut für kybernetisches Planen und Bauen, Projektzentrale Kaiserslautern, Trippstadter Straße 122, 67663 Kaiserslautern, heil@ikpb.de

Beschäftigte [Be13]. Für diese Unternehmen ist es oft schwierig, digitale Möglichkeiten und Anforderungen zu erkennen und umzusetzen. Herkömmliche Lernsysteme, wie z.B. MOOC-Plattformen oder Lern-Apps, zum Aufbau notwendiger Kompetenzen sind aufgrund geringer Akzeptanz und zeitlicher Ressourcen für einen Großteil der Bauhandwerksbetriebe ungeeignet. So zeigt sich aktuell, dass trotz digitaler Angebote (z.B. in Ausbildungsgruppen des Elektronik-Ausbaugewerbes [EE12]) kaum eine Nutzung stattfindet.

Das interdisziplinäre Verbundprojekt SMARTWERK⁴ entwickelt ein Assistenzsystem für das Bauhandwerk, welches die genannten Herausforderungen bei der Digitalisierung methodisch und technisch gezielt berücksichtigt. In einem partizipativen Technikentwicklungsprozess werden – ausgehend von konkreten Problemen – Lösungen im engen Dialog zwischen den Stakeholdern konzipiert, prototypisch implementiert und bei Anwendungspartnern fortlaufend evaluiert. Während bei etablierten Vorgehensmodellen der Softwareentwicklung die Anforderungen oftmals durch einzelne Auftraggeber spezifiziert werden, die die Systeme eher selten benutzen, werden in SMARTWERK unmittelbare Nutzer des angestrebten Produkts soweit möglich in die Prozesse miteinbezogen. Um eine Akzeptanzsteigerung bei der Einführung von Assistenzsystemen zu erreichen, ist es notwendig zu prüfen, welche Faktoren einen Einfluss auf die Technikakzeptanz der Mitarbeiter haben. Daraus können dann Gestaltungsempfehlungen und Kommunikationsstrategien abgeleitet werden.

Daher wurde aus Theorien der Akzeptanzforschung, dem TAM 3 [VB08] und der TPB [Aj91], ein Akzeptanz-Rahmenmodell abgeleitet und um differenzierte Einstellungs- und Persönlichkeitsdeterminanten (z.B. Involvement, regulatorischer Fokus) [PC86, Hi97] erweitert. Die Erhebung der Akzeptanzfaktoren erfolgt in sechs Erhebungs-Wellen (sog. *Akzeptanzpanel*), um deren Veränderungen während der Projektlaufzeit miteinzubeziehen. Für die technische Realisierung der SMARTWERK Assistance Suite (SWAS) werden aus identifizierten Problemen im Bauhandwerk Anforderungen für drei exemplarische Szenarien extrahiert. Die SWAS bietet digitale, kontextbezogene und ortsunabhängige Informationen, um (a) Mitarbeiter im Baugewerbe bei prozessorientierten Arbeiten zu unterstützen, (b) ihnen die Bedienung moderner Baugeräte zu erleichtern und (c) sie im Thema Sicherheit auf der Baustelle zu schulen.

In diesem Beitrag erläutern wir unsere Vorgehensweise am Beispiel eines Erstbegehungs-szenarios (Bereich prozessorientierte Unterstützung auf der Baustelle). Im nächsten Abschnitt werden Konzeption und Realisierung des SWAS Systems vorgestellt, während Abschnitt 3 die verwendeten Evaluationsmethoden präsentiert und über erste Ergebnisse berichtet. Schließlich fasst Abschnitt 4 die Resultate zusammen und gibt einen Ausblick.

2 Realisierung des Assistenzsystems

Dieser Abschnitt verdeutlicht mit dem Nutzungsszenario der Erstbegehung die Anforderungen an das Assistenzsystem und beschreibt die technische Umsetzung der SWAS .

⁴ Das Projekt SMARTWERK wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung unter FKZ 16SV6272 gefördert. <http://ikpb-de.jimdo.com/forschung/esmartwerk/>

Beim Ablauf einer prototypischen Erstbegehung ohne den Einsatz neuer Technologien erscheint der Baustellenleiter bei Kunden eines neuen Projekts. Im Kundengespräch notiert er sich mit einem Stift notwendige Informationen (z.B. Maße) auf einem Notizblock, füllt evtl. einen Fragebogen aus und macht mit seiner Kamera Fotos von relevanten Details der zukünftigen Baustelle. Später müssen die Daten im Büro nachbearbeitet werden: Aufzeichnungen werden ergänzt, die Notizen und Fotos digitalisiert und idealerweise unter dem passenden Projekt im richtigen Kontext abgelegt. Die Prozessschritte, die sich durch die Mehrfachanlage der Daten ergeben, sind aufwendig und kosten die beteiligten Mitarbeiter Zeit.

Mit Hilfe der SWAS wird dieser Prozess wie folgt optimiert: Der Bauleiter erscheint mit einem Tablet bei seinem Kunden zu einer Erstbegehung und bekommt von der SWAS alle relevanten Arbeitsschritte angezeigt (siehe Abb. 1). Durch Auswahl der aktuellen Aufgabe stehen ihm die passenden Dokumente und unterstützenden Lerninhalte zur Verfügung. Erstere können z.B. Fragebögen sein, die für manche Prozessschritte vonnöten sind, letztere Anleitungen, wie man bestimmte Arbeitsschritte durchführen kann. Die Lerninhalte eignen sich zur Vor- und Nachbereitung angehender Bauleiter, aber auch als Unterstützung beim Kunden bei verändertem Vorgehen innerhalb eines Arbeitsschritts.

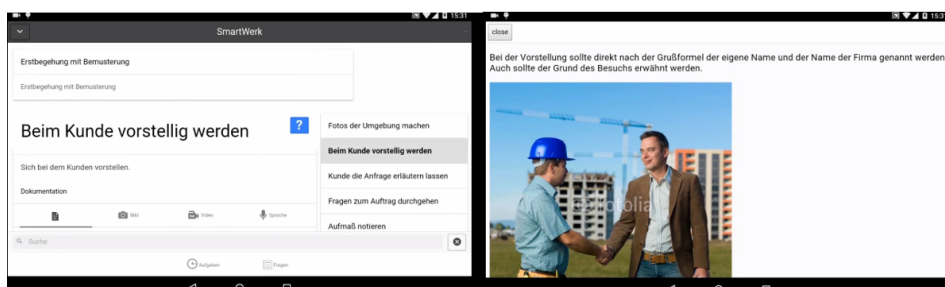


Abb. 1: Arbeitsschritte und Hilfsinhalt für den Prozess Erstbegehung

Während des Kundengesprächs kann der Baustellenleiter zu jedem Arbeitsschritt alle relevanten Informationen via (a) Tastatureingabe, (b) Handschrifteingabe mit Eingabestift oder (c) diktierter Sprachnachricht hinzufügen. Weiterhin stehen zu bestimmten Schritten Fragebögen mit unterschiedlichen Frage-Antwortformaten zur Verfügung, die er vor Ort ausfüllen kann. Durch die strukturierte Anzeige und eine Suchfunktion findet er sich schnell in den Dokumenten zurecht. Auch können zu jedem Arbeitsschritt Bilder gemacht oder Videos gedreht werden, die direkt im passenden Kontext abgespeichert werden. Diese Funktion soll später noch erweitert werden, so dass die Medien auch per Sprachsteuerung mit einer Smartglass aufgenommen und abgespeichert werden können. Im Büro können alle Daten der Erstbegehung über den Desktop PC abgerufen, finalisiert und weiterverwendet werden, indem sie zur Angebotserstellung für den Kunden oder für die Projektdokumentationen genutzt werden. Der Aufwand durch die direkte digitale Datenerfassung, die kontextsensitive Speicherung und das Abrufen der Daten mit unterschiedlichen Zielgeräten (Büro PC oder Tablet auf der Baustelle) reduziert sich erheblich.

SWAS wurde als Client-Server Architektur realisiert und stellt Schnittstellen bereit, um die Anforderungen des gegebenen Szenarios abzudecken. Zur Integration existierender Ar-

beitsabläufe (Workflows) soll eine Schnittstelle zu der im Bauhandwerk stark verbreiteten ERP-Lösung WinWorker⁵ geliefert werden. Die Kernfunktion der SWAS ist die Assistenz vor Ort, die durch den Einsatz von Mobilgeräten ermöglicht wird. Arbeitsabläufe werden als BPMN⁶ Prozesse dargestellt. Der Vorteil einer formalen Prozessdefinition ist, dass alle nötigen Arbeitsschritte erfasst und festgelegt werden und durch technisches System bearbeitet werden können. Dadurch kann die Assistenz direkt auf den echten Arbeitsablauf abgebildet und im richtigen Prozessschritt zugestellt werden. Letztendlich sind damit nicht nur lineare Workflows, sondern auch komplexere Abläufe (z.B. Bedingungen oder Ereignisse) modellierbar.

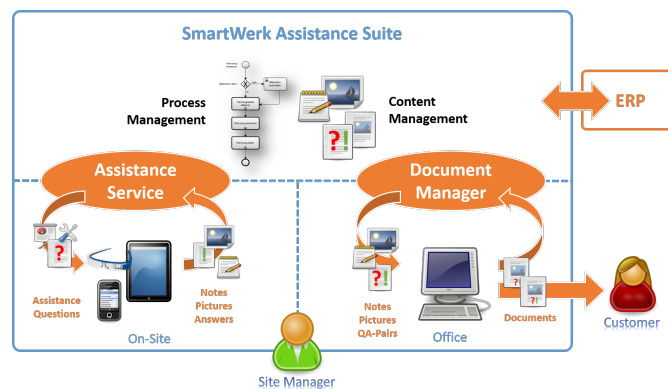


Abb. 2: Datenfluss in der SmartWerk Assistance Suite

Wenn der Baustellenleiter den Besuch der Baustelle beginnt, wird der Prozess durch die SWAS instanziiert und der Kontext (z.B. aktueller Prozesszustand, Ausführungshistorie und aktiver Nutzer) für die Prozessausführung erstellt. Auf das Mobilgerät des Baustellenleiters werden die notwendigen Prozessschritte mit den dazugehörigen Dokumenten geliefert. Die Assistenz, die dem Nutzer zur Verfügung gestellt wird, ist zu den jeweiligen Aufgaben der Prozessdefinition annotiert. Die Geräte werden durch einen Dienst koordiniert, der auch die Informationsströme in zwei Richtungen (siehe Abb. 2) leitet: Assistenzinformationen und Anfragen vom Server zu den Ausgabegeräten und Nutzerantworten, Notizen und Bilder von der Baustelle zurück zum System. Die erfassten Daten werden mit dem Kontext der Prozessausführung verlinkt, um bei einem späteren Zugriff darauf die Nachverfolgbarkeit zu garantieren.

Die Nutzung sogenannter Device-Klassen dient, unabhängig von konkreten Gerätemodellen, der Entscheidung, welche Informationen auf welchem Endgerät angezeigt werden. So unterscheiden wir in unserem Szenario drei unterschiedliche Darstellungen: Das Tablet zeigt alle wichtigen Informationen über den Prozessstatus und dazu passende Assistenz, die Smartglass nur Prozessveränderungen und offene Fragen an. Am Büro PC greift man auf die Daten über eine Dokumentenverwaltung zu; diese Darstellung wäre auf der Baustelle mit den Mobilgeräten weder übersichtlich noch sinnvoll.

⁵ <http://www.winworker.de/>, letzter Zugriff am 10.06.2015

⁶ <http://www.bpmn.org/>, letzter Zugriff am 10.06.2015

3 Evaluation

Die Evaluation im Projekt SMARTWERK lässt sich in zwei Evaluationspakete unterteilen: (a) Die fortlaufende Evaluation von Akzeptanz- und Kommunikationsaspekten (Evaluation-Akzeptanzpanel) durch Fragebögen mit überwiegend festem Antwortformat und (b) Softwaretests, die praktisches Testen der SWAS auf Mobilgeräten sowie gleichzeitige Befragungen und Think-Aloud-Protokolle beinhaltet. Im Folgenden werden das methodische Vorgehen und erste Ergebnisse beider Evaluationspakete beschrieben.

Um bedeutsame Faktoren der Akzeptanz von Assistenzsystemen und Dynamiken im Akzeptanzprozess zu identifizieren und daraus verallgemeinerbare Kommunikationsstrategien für Führungskräfte im Bauhandwerk abzuleiten, wird ein 6-Wellen Akzeptanzpanel umgesetzt. Neben den beiden bereits mit digitalen Technologien vertrauten Demonstrationsunternehmen (DU) nehmen zusätzlich Kontrollunternehmen (KU) teil, die sich abwechselnd bei jeder zweiten Welle beteiligen. Außerdem gibt es in jeder Welle noch alternierende Kontrollunternehmen (ALT-KU), die nur einmalig befragt werden. Es werden Fragebögen genutzt, deren Fragen überwiegend mit einer 7-stufigen Ratingskala (*stimme überhaupt nicht zu bis stimme voll und ganz zu*) beantwortet werden. Die verwendeten Fragen werden aus einem Basissatz und einem flexiblen Erweiterungssatz mit Bezug zu digitalen Assistenzsystemen ausgewählt. Zusätzlich werden relativ zeitstabile Drittvariablen (z.B. Soziodemografie, Persönlichkeit) und organisationsbezogene Kontextvariablen (z.B. Führungskultur, Normen) aufgenommen. Diese werden in unterschiedlichen Erhebungswellen implementiert, um eine zeitökonomische und motivierende Befragung zu ermöglichen.

Die Befragungen dauerten zwischen 12 bis 35 Minuten. Alle bisher erhobenen Faktoren (bisher 23) wurden aus dem Akzeptanz-Rahmenmodell abgeleitet und jeweils durch mehrere Indikatoren (bisher 203 Fragen) operationalisiert. Die psychometrische Güte der Faktoren kann als akzeptabel bis sehr gut bezeichnet werden (Cronbachs Alpha $> .70$ bis $.94$). In den ersten beiden Wellen erfolgten die Befragungen von insgesamt $N = 144$ Mitarbeitern in sechs Unternehmen. Bei der Auswertung erfolgte zuerst eine Analyse der Zusammenhänge zwischen den Faktoren (z.B. individuelle Nützlichkeit, Techniselbstwirksamkeit und Nutzungsabsicht) und anschließend eine stratifizierte Auswertung der Gruppenunterschiede zwischen Demonstrations- und Kontrollunternehmen.

Die folgenden Ergebnisse beziehen sich nur auf einen Teilausschnitt der erhobenen Faktoren. Es konnten überwiegend signifikante, bivariate Korrelationen zwischen den Akzeptanz beeinflussenden Faktoren, wie z.B. *Leichtigkeit der Bedienung*, *allgemeine Nützlichkeit*, *individuelle Nützlichkeit*, *Techniselbstwirksamkeit*, *externale Kontrolle* und der *Nutzungsabsicht* statistisch abgesichert werden. Keine statistisch bedeutsamen Zusammenhänge traten dagegen mit den Faktoren *Misstrauen in die Datenspeicherung*, *Image* und *Einfluss von Meinungsführern* auf.

Vertiefende statistische Modellierungen (regressionsanalytische Mediationsmodelle) zeigten, dass eine Betrachtung von direkten Effekten auf die Nutzungsabsicht vermutlich zu Fehlschlüssen und unnötigen Maßnahmen führen würde. Eine Steigerung der Nutzungsabsicht für Assistenzsysteme würde sich beispielsweise nicht über die Verbesserung und/

oder Kommunikation der *Leichtigkeit der Bedienung* erzielen lassen ($b = 0.04; p > .05$ nicht signifikant), obwohl isoliert betrachtet, statistisch signifikante Zusammenhänge vorliegen ($r = .65; p < .001$). Eine wirksame Erhöhung der *Nutzungsabsicht* lässt sich vermutlich im Bauhandwerk über die Steigerung der *allgemeinen Nützlichkeit* (von Technologien) vermittelt über eine spezifische, mit der eigenen konkreten Tätigkeit verbundene Nützlichkeit (*individuelle Nützlichkeit*) erreichen (95% BcaCi: .05, .50, signifikante Mediation). Einschränkend muss aber erwähnt werden, dass es sich nur um ein Teilergebnis handelt, das im Projektverlauf noch mit größeren Stichproben validiert werden sollte. Stratifizierte Auswertungen auf Gruppenunterschiede (*t*-Tests) zeigten signifikante Unterschiede zwischen den Demonstrationsunternehmen (DU) und den Kontrollunternehmen (KU). Dem Einsatz von Assistenzsystemen wird in den DU ($M = 4.89$; Fünf = stimme eher zu) im Vergleich zu den KU ($M = 4.23$, Vier = teils/teils) signifikant stärker zugestimmt ($p < .05$), während sich bei allgemeinen Innovationen das Befundmuster genau entgegengesetzt verhält.

Die Funktionalität der SWAS wird in beiden Demonstrationsunternehmen durch Softwaretests evaluiert, indem zuerst die Funktionalität der Software erklärt wird und die Probanden danach die Prototypen auf dem Mobilgerät testen können. Anschließend wird ein Fragebogen zur Usability ausgefüllt und Rückmeldungen (Think-Aloud-Protokolle und offene Interviews) dokumentiert. Die erste Evaluation für das Erstbegehungsszenario fand noch während der Implementierungsphase statt und war hinsichtlich der Funktionen (Spracherkennung, Kontextsensitivität und Prozessführung) sehr positiv. Demgegenüber zeigten sich Schwachstellen bei der Client-Server Verbindung. Nach einer Verbesserung des ersten Prototyps wurde die zweite Evaluation durchgeführt, die ebenfalls positiv ausfiel. Vor allem die flüssige Spracheingabe und die Möglichkeit zur nachträglichen Bildbearbeitung wurden als besonders nützlich beurteilt. Als Potential für die Weiterentwicklung wurden der Ausbau von Schnittstellen zu diversen Systemen (bspw. WinWorker, Smartglass) und Maßnahmen zur Datenspeicherung bei schlechter Internetverbindung genannt.

4 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Paper wurden Teilergebnisse des interdisziplinären Projekts SMARTWERK vorgestellt. Anhand des konkreten Szenarios der Baustellenerstbegehung wurde die SWAS eingeführt, die kontextsensitive, prozessorientierte digitale Unterstützung von Arbeitsprozessen auf der Baustelle bietet und den Arbeitsablauf deutlich optimieren konnte. Existierenden Akzeptanzproblemen von innovativen digitalen Systemen im Bauhandwerk wird aktiv durch eine partizipative Technikentwicklung und eine umfassende Evaluation begegnet. Die funktionale Erprobung bei den Anwendungspartnern zeigte, dass der Prototyp der SWAS den Mitarbeitern sinnvolle Prozessunterstützung bietet und ein weiterer Ausbau der Schnittstellen gewünscht wird, um eine Insellösung zu vermeiden. Einige Rückmeldungen der Mitarbeiter nach dem ersten Test konnten bereits dazu beitragen, Lösungen (z.B. um die schwache Client-Server Verbindung zu umgehen) in eine neue Version des Prototypen zu integrieren und damit die Software zu verbessern.

Unseres Wissens nach werden erstmals etablierte Akzeptanztheorien auf das Bauhandwerk übertragen, durch das Akzeptanzpanel validiert, und daraus möglichst wirkungsvolle und umsetzbare Kommunikations- und Gestaltungsempfehlungen abgeleitet. Erste Evaluationsergebnisse geben Hinweise darauf, dass auf Aspekte der kontextbezogenen, individuellen Nützlichkeit der SWAS fokussiert werden sollte, um die Implementierungs- und Nutzungschancen von Assistenzsystemen im Bauhandwerk zu erhöhen.

Im Laufe des Projekts werden wir unsere Konzepte und die SWAS erweitern und ergänzen sowie Erkenntnisse der Evaluationen berücksichtigen, um die Anforderungen der beiden anderen Szenarios (Kontextsensitive Unterstützung für komplexe, moderne Baugeräte und Unterstützung zum Thema „Baustellensicherheit“) optimal realisieren zu können.

Literaturverzeichnis

- [Aj91] Ajzen, Ick: Theories of Cognitive Self-Regulation The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2):179 – 211, 1991.
- [Be13] Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft: , BG Bau, 2013 Annual Report, 2013. Last accessed on 2016-05-20.
- [Di16] Digitalisierung im deutschen Mittelstand, Befragung von 3000 mittelständischen Unternehmen in Deutschland, März 2016. Last accessed on 2016-03-15.
- [EE12] Engert, V.; Englert, J.: Mobile Learning - prozessbezogenes Informieren und Lernen in wechselnden Arbeitsumgebungen. Daimler AG, 2012.
- [Hi97] Higgins, E Tory: Beyond pleasure and pain. *American psychologist*, 52(12):1280, 1997.
- [Ly03] Lymberis, A: Smart wearable systems for personalised health management: current R&D and future challenges. In: *Engineering in Medicine and Biology Society, 2003. Proceedings of the 25th Annual International Conference of the IEEE*. Jgg. 4. IEEE, S. 3716–3719, 2003.
- [MP14] Mayer, Felix; Pantförder, Dorothea: Unterstützung des Menschen in Cyber-Physical-Production-Systems. In (Bauernhansl, Thomas; ten Hompel, Michael; Vogel-Heuser, Birgit, Hrsg.): *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung · Technologien · Migration*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, S. 481–491, 2014.
- [PC86] Petty, R.; Cacioppo, J.: The Elaboration Likelihood Model of Persuasion. In: *Advances in Experimental Social Psychology Volume 19*, Jgg. 19 in *Advances in Experimental Social Psychology*. Elsevier, S. 123–205, 1986.
- [Pi16] Piwek, Lukasz; Ellis, David A.; Andrews, Sally; Joinson, Adam: The Rise of Consumer Health Wearables: Promises and Barriers. *PLoS Med*, 13(2):1–9, 02 2016.
- [VB08] Venkatesh, Viswanath; Bala, Hillol: Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions. *Decision Sciences*, 39(2):273–315, 2008.
- [We16] Weidner, Robert; Meyer, Tobias; Argubi-Wollesen, Andreas; Wulfsberg, Jens P: Towards a modular and wearable Support System for industrial Production. *Applied Mechanics & Materials*, 840, 2016.