

Mit benutzerzentrierter Entwicklung zur Integration von sozialen Aspekten in die Projektarbeit

Erfahrungsbericht aus dem Verbundprojekt RadAR+

Elisa Maria Klose¹, Ina Ni¹, Ludger Schmidt¹

Abstract: Ein benutzerzentrierter Entwicklungsansatz kann in Technologieentwicklungsprojekten dazu genutzt werden, um nachhaltige, sozial verantwortliche Gestaltungslösungen zu fördern. Dieser Ansatz rückt den Menschen und seine Aufgaben in den Fokus der technischen Systementwicklung und bezieht Benutzer sowie weitere Beteiligte von Anfang an fortlaufend in den Entwicklungsprozess ein. So wird sichergestellt, dass die entwickelten Systeme, Dienstleistungen und Produkte eine hohe Gebrauchstauglichkeit und Akzeptanz aufweisen und dass auch langfristige Folgen der Nutzung betrachtet werden. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über das methodische Vorgehen mit diesem Ansatz und beschreibt am Beispiel eines mehrjährigen Verbundforschungsprojektes die konkrete praktische Anwendung mit exemplarischen Methoden.

Keywords: Menschzentrierte Entwicklung, ELSI, integrierte Forschung, Augmented Reality, Reiseassistentz, Design for All.

1 Einleitung

Als Teil der ELSI-Faktoren (Ethical, Legal and Social Issues) können soziale Aspekte u. a. durch einen benutzerzentrierten Entwicklungsansatz in jeder Phase sowie fortlaufend über die gesamte Laufzeit hinweg in Forschungs- und Entwicklungsprojekte integriert werden. Dieser Beitrag bietet einen Überblick über diesen Ansatz und kombiniert diesen mit einem Erfahrungsbericht aus dem Forschungsprojekt RadAR+ (Reiseassistentzsystem für dynamische Umgebungen auf Basis von Augmented Reality), indem eine mögliche Methodenkombination vorgestellt und diskutiert wird.

Ziel des Projektes RadAR+ ist die Entwicklung eines persönlichen, adaptiv lernenden Reiseassistentzsystems für den öffentlichen Verkehr (ÖV). Insbesondere bei Verkehrsmittelwechseln wird der Benutzer bei der Orientierung und Navigation unterstützt, um so die Beanspruchung bei der Reise zu reduzieren. Der Reisende wird dabei mit den für ihn relevanten Informationen versorgt, also all jenen, die auf der individuellen Route in der aktuellen Situation für ihn nützlich sind. Das System erfasst dabei selbständig die Handlungen und Bedürfnisse des Benutzers, greift auf externe Echtzeitdaten wie

¹ Universität Kassel, Fachgebiet Mensch-Maschine-Systemtechnik, Mönchebergstr. 7, 34125 Kassel, L.Schmidt@uni-kassel.de

beispielsweise Verspätungsinformationen zurück und integriert diese in seine Mobilitätsplanung. Dazu sammelt, filtert und wertet es die Erfahrungen aus der Vergangenheit auf dem Gerät des Benutzers aus und stellt entsprechend individueller Gewohnheiten und Bedürfnisse, wie bspw. längeren Umsteigezeiten von älteren oder körperlich eingeschränkten Benutzern, alternative Möglichkeiten in geeigneter Weise dar. Durch die Verwendung von Augmented-Reality-Technologien zur Darstellung von Informationen in einer Datenbrille sowie eine interaktive Sprachsteuerung entsteht eine Hands-Free-Schnittstelle, die einfach und intuitiv benutzbar ist.

Eine Besonderheit des Projektes ist, dass von Beginn an ein Schwerpunkt auf die integrierte benutzerzentrierte Entwicklung und Gestaltung des Systems gelegt wurde. In allen Entwicklungsphasen von der Konzeption bis zur Evaluation wurden potenzielle Benutzer involviert. Das Vorgehen wird im Folgenden beschrieben und diskutiert.

2 Benutzerzentrierte Entwicklung

Bei der benutzerzentrierten Herangehensweise zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme nach der Norm DIN EN ISO 9241 Teil 210 wird der Fokus des Gestaltungsprozesses auf die tatsächliche Verwendung des Systems gelegt. Die eingesetzten Methoden zeichnen sich dadurch aus, dass der zukünftige Benutzer systematisch in die Entwicklung von Systemen und Produkten einbezogen wird [RF10]. Ziel ist es, die Gebrauchstauglichkeit des interaktiven Systems zu steigern. Sie wird dadurch bestimmt, wie effektiv, effizient und zufriedenstellend der Benutzer seine Ziele mithilfe des Systems erreichen kann.

Ein umfassendes Verständnis der Benutzer, der Arbeitsaufgabe sowie der Arbeitsumgebungen bilden die Grundlage für die Gestaltung eines erfolgreichen Produkts oder Systems [DI10, Sc04]. Dieser sogenannte Nutzungskontext ist der bestimmende Faktor der Systementwicklung. Allgemeine physische und psychische Eigenschaften des Menschen, besondere Eigenschaften des potenziellen Benutzers, spezifische Eigenschaften seiner physikalischen und sozialen Umgebung sowie spezifische Anforderungen seiner Aufgabe sollten in Betracht gezogen werden [Ma99]. Als Quelle für diese Informationen dient der zukünftige Benutzer selbst, indem er aktiv bei der Gestaltung und der Bewertung von Gestaltungslösungen mitwirkt. Die direkte, realitätsnahe Rückmeldung durch den Benutzer ermöglicht eine fortlaufende Anpassung und Verbesserung der Entwicklung. Der Prozess findet iterativ statt, da sich Anforderungen an das System durch die Benutzer und andere beteiligte Personen häufig erst im Laufe der Zeit abzeichnen [DI10]. Das finale Produkt entsteht aus der Interaktion zwischen Entwickler und Benutzer.

Verschiedene, in den einzelnen Fachdisziplinen etablierte Vorgehensmodelle zusammenfassend lässt sich der benutzerzentrierte Entwicklungsprozess in drei Kernphasen gliedern [Be10, Sc02] (Abb. 1), so dass diese disziplinübergreifend die Zusammenarbeit strukturieren können. Zunächst findet eine benutzer- und aufgabenorientierte

Anforderungsanalyse statt. Hier werden Profile mit Charakteristika und Anforderungen der potenziellen Benutzergruppen erarbeitet und der vorgesehene Nutzungskontext analysiert [SB11]. Zu den Methoden gehören beispielsweise Interviews, Fokusgruppen oder die Erstellung von Personas und Szenarien. Bereits in der Analyse-Phase können hypothetische Szenarien evaluiert werden, indem sie z. B. unter Akzeptanzgesichtspunkten von potenziellen Benutzern bewertet werden, um kritische Gestaltungsaspekte möglichst frühzeitig im Prozess zu identifizieren. Als Zweites folgt die Design-Phase, in der Lösungskonzepte entwickelt werden. Basierend auf der Anforderungsanalyse können zunächst skizzierte Entwürfe und später prototypische Realisierungen entstehen, die in dieser Phase auch bereits mit Teilfunktionen evaluiert werden. Benutzerzentrierte Methoden wie Storyboarding, Mock-Ups und Participatory Design kommen hier zum Einsatz. Abschließend erfolgt eine empirische Evaluation der Gestaltungslösungen des Gesamtsystems in Feld- und Laborstudien, z. B. durch Leistungs- oder Beanspruchungsmessungen. Das System wird also nicht sofort flächendeckend eingeführt, sondern durch Benutzer erprobt und bewertet. Daraus folgen Verbesserungen und Weiterentwicklungen. Das iterative und rückgekoppelte Vorgehen innerhalb und zwischen den Kernphasen ist hier von großer Bedeutung [SB11].

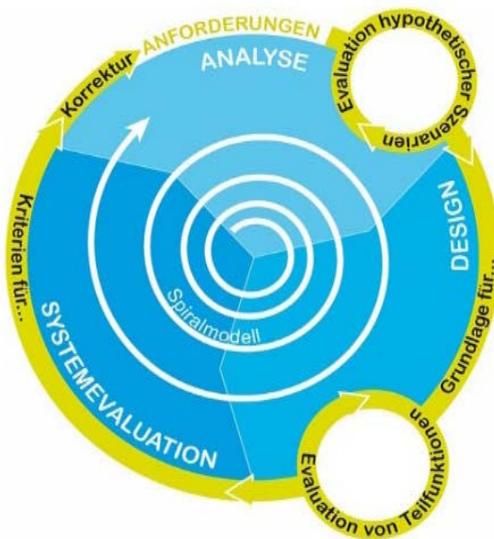


Abb. 1: Iterativer und rückgekoppelter Prozess der benutzerzentrierten Entwicklung von effektiven, effizienten und zufriedenstellenden Mensch-Maschine-Systemen (Be10)

Die Anwendung des benutzerzentrierten Entwicklungsansatzes bietet ökonomische und soziale Vorteile für Benutzer und Anbieter des Systems. In erster Linie steigert sich die Produktivität der Benutzer, da eine höhere Gebrauchstauglichkeit vorliegt. Die Systeme sind spezifisch an die Benutzergruppe angepasst und daher leicht zu verstehen und zu benutzen. Es sind weniger Trainings und Dokumentationen nötig, wodurch sich die Kosten für den Anbieter reduzieren. Ebenso gibt es weniger Nachbesserungen und

Rückrufe nach Markteinführung [DI10]. Neben diesen ökonomischen Vorteilen werden durch einen Entwicklungsansatz, bei dem der Mensch im Fokus steht, sozial verantwortliche Gestaltungslösungen gefördert, die dazu führen, dass „*Systeme, Produkte und Dienstleistungen [...] besser für die Gesundheit, das Wohlbefinden und das Engagement ihrer Benutzer sind, einschließlich der Benutzer mit Behinderungen*“ [DI10, S. 25].

Dadurch, dass alle an der Gestaltung Beteiligten dazu aufgefordert werden, die langfristigen Folgen des Systems für ihre Benutzer sowie für Dritte zu bedenken und somit den gesamten Lebenszyklus zu berücksichtigen, fördert die menschenzentrierte Entwicklung außerdem die Nachhaltigkeit. Zum einen werden Aspekte wie z. B. Folgen für die Umwelt und Folgen für unsere gemeinsame Zukunft bedacht, zum anderen erhöht dieser Ansatz die Wahrscheinlichkeit, dass Systeme, Dienstleistungen und Produkte langfristig wirtschaftlich sind und von Benutzern angenommen werden [DI10].

3 Methoden der benutzerzentrierten Entwicklung und konkretes Vorgehen in der Projektarbeit

Am Beispiel von RadAR+ wird im folgenden Abschnitt beschrieben, mit welchen Methoden der Ansatz der menschenzentrierten Entwicklung in den drei Kernphasen des Entwicklungsprozesses (Abb. 1) und somit fortlaufend in die Projektarbeit integriert werden kann. Der Lesbarkeit halber werden Benutzer und Benutzerinnen im Folgenden als Benutzer zusammengefasst.

3.1 Analysephase

Ziel der Anforderungsanalyse ist es, ein umfassendes Verständnis des Nutzungskontextes einschließlich der Benutzer zu erarbeiten, um ein System auf dieser Basis zu entwickeln und seine Gebrauchstauglichkeit sicherzustellen. Methodisch kann dies durch Beobachtung potentieller Benutzer bei der realen Aufgabendurchführung im realen Nutzungskontext erfolgen, z. B. in einem Stichprobenverfahren oder durch teilnehmende Beobachtung. Dabei können neben anschließenden persönlichen oder schriftlichen Befragungen für das Verständnis der Entwickler auch verbale Angaben einer Person nützlich sein, während sie eine Aufgabe durchführt, z. B. *Methode des Lauten Denkens* oder *Methode der kritischen Ereignisse*, selbst wenn dies mit dadurch veränderten Durchführungszeiten nicht mehr einer natürlichen Situation entspricht. Ein weiterer methodischer Ansatz basiert auf *Fokusgruppen*, mit denen Anforderungen aus einer moderierten Diskussion mit etwa 8-10 Teilnehmern abgeleitet werden können. Weiterhin können Verfahren mit simulierter Aufgabendurchführung als *Walk-through* im realen Nutzungskontext oder als *Talk-through* in einem lediglich vorgestellten und durchgesprochenen Nutzungskontext verwendet werden.

Auf diese Weise abgeleitete Anforderungen werden typischerweise im nächsten Schritt priorisiert. Eine konkrete Modellierung von archetypischen Benutzern kann dann abschließend für diese Phase durch *Personas* erfolgen. Szenarien können z. B. als *Use Cases* oder *Aufgabennetze* verständlich dargestellt werden, um diese als Ausgangspunkt für die prototypische Realisierung zu verwenden.

Ziel der Anforderungsanalyse in RadAR+ war es, insbesondere spezielle Anforderungskriterien der Benutzer, z. B. Nutzungsanreize, Nutzungsbarrieren, Anforderungen an System und Dienst, innerhalb einer intermodalen Reisekette zu erheben. Betrachtet man den Anwendungsfall des Projektes – das Reisen mit öffentlichen Verkehrsmitteln –, so wird schnell deutlich, dass hier ein besonders komplexer Nutzungskontext vorliegt. Die Arbeitsaufgabe kann von der täglichen Fahrt zur Arbeit bis hin zur Flugreise ins Ausland reichen. Potenzieller Benutzer ist jeder, der mobil ist und selbständig mobile technische Geräte nutzt, also z. B. ein Großteil der Deutschen ab dem Jugendlichenalter. Eine besondere Herausforderung liegt also darin, eine technische Lösung zu gestalten, die einerseits gemäß dem Ansatz des *Design for All* Bedarfe verschiedener Benutzergruppen berücksichtigt, um z. B. Benutzer mit Einschränkungen nicht auf der Strecke zu lassen, und die andererseits verschiedenste Reiseszenarien abdeckt und den Benutzer in genau den Situationen, in denen er Informationen benötigt, mit ebendiesen versorgt, ohne ihn dabei mit diesen zu überladen. Besonders fokussiert wurden daher zum einen Aspekte, die in eine spätere Benutzermodellierung einfließen sollten und mit Hilfe derer das System sich adaptiv an Benutzer und Kontext anpassen könnte. Die adaptive Komponente sollte dazu beitragen, dass Benutzer personalisiert und zielgerichtet jeweils genau die Informationen bekommen, die sie in einem bestimmten Moment in einer bestimmten Umgebung benötigen. Ein zweiter Fokus lag auf der Analyse des situationsspezifischen Informationsbedarfs sowie Aspekten, die beim Reisen zu einer Beanspruchung der Benutzer beitragen könnten.

Da der Anwendungsfall keine endliche Menge an festen Arbeitsaufgaben und -abläufen beinhaltet, kamen einfache Methoden, wie ein Talk-through, nicht in Frage, sondern eine Methodenkombination war notwendig. Um die Vor- und Nachteile subjektiver und objektiver Datenerhebung auszugleichen, wurden zudem beide Arten von Daten erhoben. Für die Erhebung subjektiver Daten wurde ein zweistufiges nutzerzentriertes Mixed-Methods-Vorgehen gewählt, das qualitative und quantitative Methoden sequenziell miteinander kombiniert [Ku14]. In einem ersten Schritt wurden in *Fokusgruppen* qualitativ Anforderungen erhoben, die im zweiten Schritt mit Hilfe einer *Online-Befragung* anhand einer größeren Stichprobe überprüft und priorisiert wurden [K118]. Die mit diesem Vorgehen ermittelten Anforderungen spiegeln somit im Gegensatz zu in Technologieprojekten klassischer Weise verwendeten funktional-technischen Anforderungen tatsächliche *Nutzeranforderungen* wieder. Um eine Identifikation des Projektteams mit den Nutzeranforderungen zu fördern, wurden diese in 1. Pers. Sing. formuliert, z. B.:

Anforderung 11: Das System soll mich rechtzeitig daran erinnern, dass ich bald aussteigen muss.

Bei der Auswahl der Teilnehmer an den Fokusgruppen (N = 40) wurde besonderer Wert auf eine heterogene Zusammensetzung der Teilnehmenden gelegt, um dem Anspruch des *Design for All* gerecht zu werden. So waren hier junge und ältere Frauen und Männer in Ausbildung, Beruf oder Rente mit und ohne Mobilitätseinschränkungen vertreten. Auch die Stichprobe der Online-Befragung repräsentiert mit ihren 311 Teilnehmern aus verschiedenen Standorten in Deutschland im Alter von 13 bis 82, davon 38 % Frauen und 62 % Männern, eine Vielfalt an Benutzern mit unterschiedlichen Eigenschaften und Bedarfen wider, die dadurch im weiteren Projektverlauf Berücksichtigung fanden. Objektive Daten wurden in einer Feldstudie erhoben, in der die Teilnehmer Navigationsaufgaben durch den Frankfurter Flughafen absolvierten, während ihre Blickbewegung und ihr Gangverhalten aufgezeichnet wurden [K119a]. Durch die Blickverhaltensanalyse konnte z. B. ermittelt werden, welche Bereiche des Blickfeldes weniger genutzt werden und somit für die Informationsdarstellung in Datenbrillen geeignet sind, ohne das natürliche Blickverhalten zu beeinträchtigen. Des Weiteren konnten Stellen ermittelt werden, an denen die Orientierung in dem komplexen Gebäude schwierig war und an denen somit erhöhter Informationsbedarf besteht. Während subjektive Einschätzungen nicht immer unbedingt das tatsächliche Verhalten widerspiegeln, können im Feld und bei natürlichem Verhalten erfasste objektive Daten Erkenntnisse z. B. zu Problemstellen liefern, die den Teilnehmern nicht bewusst sind und die somit in einer subjektiven Befragung nicht ans Licht kämen. Auch hier wurden die Erkenntnisse als Anforderungen an die Gestaltung des zu entwickelnden System übernommen. Die Nutzeranforderungen wurden an das Projektteam verteilt und von allen Partnern nach Kriterien wie Projektfokus, Innovationsgrad und technischer Umsetzbarkeit bewertet. Anhand dieser Bewertung wurden die Anforderungen im gesamten Team diskutiert und für die weitere Projektarbeit in die Kategorien *Must-Have*, *Nice-to-Have* und *keine Umsetzung* einsortiert.

Die per *Online-Befragung* gesammelten Daten wurden zudem genutzt, um *Personas* zu erstellen. *Personas* sind fiktive, aber konkrete Platzhalter für bestimmte Gruppen der Zielkunden oder Zielbenutzer eines Produkts. Das Verfahren zu Erstellung von *Personas* wird insbesondere bei der Lebenszyklusbetrachtung von Kundensegmenten im Bereich technischer Produkte eingesetzt. *Personas* weisen eine Reihe von Vorzügen für den Entwicklungs- und Designprozess auf, da sie beispielsweise Annahmen und latentes Wissen über potenzielle Zielgruppen (z. B. bezüglich Verhalten, Einstellungen und Bedürfnissen) explizit machen und Wünsche und Bedürfnisse des Benutzers in einem intuitiven Format darstellen. Sie verdeutlichen, dass Produkte für reale Menschen entwickelt werden, und fördern dadurch die nötige Empathie [Sa18]. Ein weiterer Vorteil ist, dass durch die klarere Vorstellung von den verschiedenen Benutzergruppen eine Fokussierung auf die eigenen Bedürfnisse und Wünsche der Projektmitglieder, die sonst sehr häufig beobachtet werden kann, zumindest verringert wird („Was ich brauche ist nicht notwendigerweise das, was der potenzielle Benutzer braucht!“). Die emotionale Perspektive durch die realitätsnahe Beschreibung der Zielbenutzer sorgt nicht zuletzt für eine stärkere Verbundenheit des Projektteams mit den potenziellen Benutzern, was eine bloße Betrachtung nüchterner Marktforschungsergebnisse nicht vermag [PA06].

Die Analyse von Benutzergruppen mit dem Ziel der Segmentierung erfordert eine valide Differenzierung der Benutzer auf der Grundlage von relevanten Merkmalen. Gruppierungen werden üblicherweise mithilfe explorativer Verfahren (z. B. hierarchische Clusteranalyse) erstellt. Häufig wird bei der Erstellung von Personas auf datenbezogene Verfahren zurückgegriffen [Br10], die im Vergleich zu annahmenbasierten, narrativen Verfahren zu bevorzugen sind, da sie valide und intersubjektiv nachvollziehbare Erkenntnisse liefern [PA06]. Im Rahmen des Forschungsprojekts IP-KOM-ÖV wurde bereits ein Vorschlag für standardisierte Personas für den ÖV gemacht [Kr11]. In Anlehnung daran wurde in RadAR+ die Segmentierung der Daten aus der Online-Befragung nach Lebensphase vorgenommen, d. h. konkret nach den Parametern *Alter* und *Tätigkeit* gruppiert. Aus dem so gruppierten Datensatz wurden dann die Ausprägungen verschiedener Merkmale, wie der Mobilität, Technikaffinität usw. ermittelt. Für die Gruppe *Ü60 und in Rente* ergab dieses Vorgehen z. B. die folgenden Eigenschaften:

- geringste Nutzung öffentliche Verkehrsmittel / Fahrrad
- geringste Nutzung mobile / dynamischen Informationen
- häufigste Nutzung stationäre Informationen / Informationen auf Papier
- geringste Nutzung Kartendienste / Mobilitätsdienste
- geringste Nutzungsbereitschaft Reiseassistenzsystem / Adaption
- zum Teil mit Beeinträchtigung beim Sehen / Beeinträchtigung der Mobilität

Die so ermittelten Merkmalsausprägungen wurden dann in die narrative Form übertragen. Insgesamt konnten so fünf konkrete Personas formuliert werden, die sich anhand der Lebensphasen unterscheiden (Tabelle 1). Eine weitere Persona („Mutter“) wurde aus dem Projekt IP-KOM-ÖV übernommen, da für Personen mit Kinderwagen und/oder Kleinkindern keine ausreichende Anzahl an Datensätzen vorlag, diese jedoch besonders berücksichtigt werden sollten. An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass beim Einsatz von Personas die Gefahr besteht, dass auf Stereotypen zurückgegriffen wird, z. B. in Form von stereotypischen Geschlechterrollen [Ma15]. Diese sind zwar leichter zu kreieren, aber sie bilden womöglich nur den gesellschaftlichen Status Quo anstelle des tatsächlichen Benutzers ab [Gr06, Ma15].

Tabelle 1: Personas segmentiert nach Lebensphasen in RadAR+

Name	Alter	Lebensphase
Lisa Schubert	19	Schülerin
Jannick Müller	25	Student
Sarah Weber	26	Berufsanfängerin
Peter Becker	42	berufstätig
Martina Grundler*	42	in Elternzeit
Karl Krause	67	Rentner

* aus Projekt IP-KOM-ÖV übernommen

Die so entstandenen Personas enthalten jeweils eine Kurzbeschreibung der Person und ihrer Lebensumstände, einen Steckbrief – die Basiskomponenten einer Persona – sowie

Beschreibungen von Gewohnheiten bzw. Einstellung zu projektspezifischen Themen, inklusive ggf. von dieser Benutzergruppe explizit erwünschte oder unerwünschte Systemfunktionen (Abb. 2).

Karl Krause (67, Rentner)

Karl wohnt mit seiner Frau Hildegard in Frankfurt, wo sie regelmäßig von ihrem Enkel Jakob besucht werden. Während Hildegard noch ihrem Beruf nachgeht, ist Karl schon seit 4 Jahren in Rente und kümmert sich um die anfallenden Besorgungen. Karl ist leidenschaftlicher Fußballfan und trifft sich regelmäßig an den Wochenenden mit seinen früheren Arbeitskollegen, um die Bundesligaspiele im Fernsehen zu verfolgen.



Alter: 67 Jahre
Lebensphase: Rentner
Wohnort: Frankfurt
Mobilität: oft zu Fuß unterwegs
Technikaffinität: durchschnittlich
Sonstiges: Brillenträger, Rollator

Mobilität

Karl ist früher schon viel und gerne gelaufen und auch heute erledigt er alle Besorgungen am liebsten noch zu Fuß. Aufgrund einer Erkrankung ist er zwar nicht mehr so flott unterwegs, aber die regelmäßigen Fußwege halten ihn fit und er verzichtet daher gerne auf die Nutzung des Autos oder öffentlicher Verkehrsmittel. Damit das Gehen für ihn etwas leichter wird, hat er sich einen Rollator angeschafft, mit dem er auch hervorragend die Einkäufe transportieren kann. Die Wohnung von Karl und Hildegard ist sehr zentral gelegen, sodass sich fast alles für den täglichen Bedarf direkt vor der Haustür befindet. Wenn er dann doch mal für längere Strecken die Straßenbahn nutzen muss, nervt es ihn, dass der Einstieg mit dem Rollator oft ohne Hilfe nicht möglich ist. Karl kennt sich in Frankfurt gut aus. Falls er einen Weg doch mal nicht weiß, fragt er andere Passanten. Außerdem verzichtet er auf die Nutzung von ÖPNV-Apps. Stattdessen verlässt er sich auf die Auskunftspläne an den Haltestellen. Sollte die Straßenbahn mal Verspätung haben, stört ihn das nicht weiter, da er meistens keinen Zeitdruck hat.

Technikaffinität

Karl hat für den Notfall immer sein Handy dabei. Er hat sich extra ein Smartphone angeschafft, damit er sich von seinem Enkel regelmäßig Videos zuschicken lassen kann, um so Jakobs Fortschritte beim Fußball verfolgen zu können. Er kennt sich mit den Grundfunktionen des Gerätes aus, auf die Nutzung weiterer Apps neben der Nachrichten-App verzichtet er aber. Zuhause hat er noch einen stationären Computer, da er es nicht notwendig findet, immer und überall seinen PC nutzen zu können.

Reiseassistenzsystem

Karl zeigt die geringste Bereitschaft, in Zukunft ein Reiseassistenzsystem nutzen zu wollen. Im Falle einer Nutzung müsste das System aber nicht unbedingt auf einem Smartphone installiert sein, andere Geräte wären auch denkbar. Die Verwendung eines adaptiven Assistenzsystems könnte er sich auch eher nicht vorstellen.

Gewünschte Funktionen

- Es gibt mir **situationsgerechte Empfehlungen** für die **Routenauswahl** (z. B. Vorschlag eine halbe Stunde später zu fahren, um Stoßzeiten mit überfüllten Verkehrsmitteln zu vermeiden).
- Es bezieht **Sicherheitsaspekte** in die Routenführung mit ein (z. B. schlägt es gut beleuchtete oder oberirdische Strecken vor, auch wenn sie etwas länger sind).

Funktionen, bei denen Karl Bedenken hat

- Es hilft mir zur **Stressminderung** (z. B. „Entspann dich, dein Anschluss ist sowieso verspätet.“).
- Es erkennt, **wenn mein aktuelles Verhalten von meinen Gewohnheiten abweicht** und passt die Navigation daraufhin automatisch an (z. B. ausnahmsweise Nutzung des Fahrstuhls statt der Treppe).

Abb. 2: Beispiel einer Persona im Projekt RadAR+

Auf den Personas aufbauend wurden *Szenarien* erstellt (vgl. auch Ende der Analysephase in Abb. 1), welche in narrativer Form beschreiben, wie das System in bestimmten Situationen eingesetzt werden könnte. Pro Persona wurden 1 bis 2 Szenarien formuliert, die jeweils 6 bis 10 der vorher erhobenen Anforderungen abdecken. Dabei wurden die Anforderungen so verteilt, dass sie den Bedürfnissen und Wünschen der jeweiligen

Persona entsprechen, bzw. allgemein zutreffende Anforderungen wurden jeweils in die Szenarien mehrerer Personas integriert. Ein beispielhaftes Szenario aus RadAR+ findet sich in Abb. 3. Szenarios helfen dabei, im Projektteam ein gemeinsames Verständnis vom Nutzungskontext zu erzeugen. Eine besondere Rolle spielt, dass mithilfe von Szenarien die Nutzung aus Sicht der Personas – also aus Benutzerperspektive – beschrieben wird. Das bietet den Vorteil, dass sich Entwickler nicht nur besser in den Nutzungskontext hineinversetzen können, sondern dabei auch leicht die Perspektive der Benutzer einnehmen können. Die Personas und Szenarien fanden in RadAR+ zudem bei verschiedenen Gelegenheiten Verwendung, um Externen schnell eine leicht zugängliche Vorstellung von dem geplanten System und dessen Einsatz, die zudem der Vorstellung des Projektteams entspricht, geben zu können.

Flug zum DFB-Pokalfinale
 Aus Anforderungen: **11, 13, 17, 14, 46, 21**

Seit Jahren trifft sich Karl mit seinen fußballverrückten ehemaligen Arbeitskollegen samstags zum Bundesliga Schauen in ihrer Stammkneipe. Sie fliegen dieses Jahr zusammen nach Berlin, um die Eintracht beim DFB-Pokalfinale live mitzuerleben. Um zum Flughafen zu kommen nutzt er die RadAR+-App. [...] Karl möchte allerdings nicht vollständig auf die Technik vertrauen, lässt sich daher den Weg von Hildegard erklären und schreibt sich Bus- und S-Bahnnummern so wie Haltestellen auf. **Um zu überprüfen, ob die Brille auch einen sinnvollen Weg herausgesucht hat, lässt er sich eine Übersicht über die Route anzeigen und gleicht Fahrtdauer, Umsteigezeit und die Namen der Haltestellen mit seinen Notizen ab.** [...] **Bei der Fußgängernavigation zur S-Bahnhaltestelle führt die App ihn nicht wie Karl erwartet hätte auf dem kürzeren Weg durch die Unterführung, sondern nur entlang oberirdischer Wege.** Karl ist erfreut, dass seine individuellen Vorlieben berücksichtigt werden und seine Bedenken gegenüber der Datenbrille nehmen etwas ab. [...] **Die Datenbrille erinnert ihn wie gewünscht 2 Stationen vor dem Hauptbahnhof daran, dass er gleich aussteigen muss.** So kann er sich schon mal auf den Umstieg vorbereiten. **Am Frankfurter Hauptbahnhof beginnt die Navigation zum S-Bahn Gleis. Da Karl einen Rollator als Gehhilfe benötigt, hat ihm sein Enkel barrierefreie Wege in seinem Nutzerprofil hinterlegt. So wird er zu einem Aufzug navigiert, um keine Treppen steigen zu müssen.** [...] **Während der Fahrt mit der S-Bahn teilt die Datenbrille ihm mit, dass der Check-In für seinen Flug heute zu den Schaltern 240-280 verlegt wurde und er deshalb nun dorthin navigiert wird.** [...]

Abb. 3: Ausschnitt eines beispielhaften Szenarios aus RadAR+: Die neutral formulierten Anforderungen werden anhand von konkreten Beispielen narrativ veranschaulicht, was die Systemnutzung greifbar macht. Die verarbeiteten Anforderungen sind farblich kodiert, um das Vorgehen von der Anforderung zum Szenario nachvollziehbar zu machen.

3.2 Design-Phase

Auch in der Design-Phase, in der erste Gestaltungslösungen entwickelt und prototypisch umgesetzt werden, sollten die Menschen, die das technische System nutzen sollen und deren Eigenschaften und Bedürfnisse nicht aus dem Fokus geraten. Mögliche Methoden der benutzerzentrierten Entwicklung zur Konzeption sind z. B. *Storyboarding*, die skizzenhafte Darstellung des Interaktionsablaufs aus Nutzersicht oder *Card Sorting*, die benutzerbasierte Entwicklung von Strukturen wie Menüs. Zur schnellen prototypischen Gestaltung können z. B. *Papier-Prototyping*, die Erstellung von Papiermodellen der Benutzungsschnittstelle oder *Mock-Ups*, die Erstellung von digitalen oder physischen Prototypen der Benutzungsschnittstelle, verwendet werden. Mit dem sogenannten *Partizipativen Design* können Benutzer und ggf. auch weitere Stakeholder zudem unter Zuhilfenahme verschiedener Kreativitätstechniken aktiv und kreativ an der Konzeption und dem Design beteiligt werden.

Vorher entwickelte Szenarien können in dieser Phase auch als Grundlage für eine frühzeitige und schnelle Umsetzung erster Gestaltungslösungen dienen. Vorteil des szenariobasierten Prototypings ist, dass zunächst nur diejenigen Systemfunktionen konzipiert und umgesetzt werden müssen, die das Szenario abdeckt. Bereits von den ersten und einfachsten Konzeptentwürfen und Prototypen an können zudem bereits in dieser Phase sogenannte *formative* Evaluationen genutzt werden, um zu überprüfen, inwieweit Benutzeranforderungen in den Entwürfen abgedeckt sind und um bereits frühzeitig notwendige Anpassungsbedarfe abzufangen. Im Gegensatz zur *summativen* Systemevaluation (s. Abschnitt 3.3), zielen formative Evaluationen nicht auf eine Bewertung ab, sondern sollen zur Optimierung der Interaktion führen. Lücken, Fehler u. ä., die zu Problemen bei Verständnis und Benutzung führen, sollen aufgespürt werden, und im besten Falle werden Lösungsvorschläge gleich mitgeliefert. Insbesondere bei komplexen Systemen wird zumeist nicht das Gesamtsystem, sondern es werden Teilaspekte des Systems betrachtet, was zu einer Reduktion der Komplexität beiträgt und somit schnelle und einfache Evaluationen ermöglicht. Formative Evaluationen können mit relativ kleinen Stichproben von 4-10 Teilnehmern bereits sehr gute Ergebnisse liefern. Der Aufwand, solche Evaluationen bereits frühzeitig in den Entwicklungsprozess zu integrieren, ist somit insgesamt relativ gering. Sie finden zyklisch statt, um das System im Rahmen des iterativen Designprozesses kontinuierlich zu verbessern und potenzielle Probleme frühzeitig zu beheben. Auch für die formativen Evaluationen von Teilaspekten können die o. g. Szenarios sehr hilfreich sein. Methodisch liegt der Fokus häufig auf qualitativen Erhebungen. Anwendung finden z. B. *Interviews*, also Nutzerbefragungen, *Lautes Denken*, bei dem Teilnehmer während der Systemnutzung fortlaufend berichten, was in ihnen vorgeht, oder der klassische *Usability Test* [Sc02], bei dem Benutzer typische Aufgaben mit dem System bearbeiten und dabei beobachtet werden. Quantitative Methoden kommen v. a. zum Einsatz, um verschiedene Designvarianten vergleichend zu evaluieren und so die beste Variante zu ermitteln. Häufig werden auch Methodenkombinationen verwendet.

In RadAR+ wurden als Teilfunktionen z. B. die Indoornavigation, die On-Trip-Reisebegleitung, die Aufenthaltsgestaltung oder die Textdarstellung zunächst getrennt voneinander konzipiert, prototypisch umgesetzt und formativ evaluiert. Dafür fanden in einem ersten Schritt mehrere partizipative Design-Workshops statt, in denen potenzielle Benutzer für diese Teilfunktionen jeweils eigene Ideen entwickelten und skizzierten. Die in den Workshops entstandenen Ideen wurden im letzten Teil der Workshops in der Gruppe diskutiert und die Ergebnisse jeweils kurz zusammengefasst (Abb. 4).

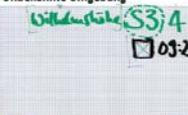
<p>Titel On-Trip-Informationen An der Station</p>	<p>Informationen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abfahrtszeit als Countdown in Minuten • Verkehrsmittel & Nr (z.B. ICE 1234) • Position des Steigs (Navigation o.ä.) • Ggf. Gleisnummer • Störungsmeldungen • Richtungsinfos des Verkehrsmittels (z.B. 54 Wilhelmshöhe) <ul style="list-style-type: none"> • Ggf. Sitzplatz • Position auf dem Steig bei langem Steig (z.B. Vorne/hinten einsteigen, Abschnitt C) • Ankunft des Verkehrsmittel (ggf. wenn abweichend von Abfahrt) • Uhrzeit • Ankunftszeit am Ziel • POIs 	
<p>Interaktionen</p> <p>Sprache:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abfahrtszeit • Ankunftszeit am Ziel <p>Gesten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wegwischgeste – (alle) Infos ausblenden • Wie kann man einzelne Infos ausblenden? <p>Sonstiges:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ortsbasiert: bei Ankunft am Steig Sprachausgabe, Ankunft/Abfahrt des Verkehrsmittels 	<p>Bekannte Umgebung</p>  <ul style="list-style-type: none"> • Icon für Ankunft? • Zeitangaben nur auf Abruf, wird nach 10(?) Sekunden automatisch wieder ausblendet  <ul style="list-style-type: none"> • Icon für Ankunft? • Schriftgröße so anpassen, dass lesbar • Sie fördern des Verkehrsmittels Wechsel zu „Fahrt erst“, „stfort“ o.ä. oder Animation von einkehrendem Verkehrsmittel  <ul style="list-style-type: none"> • Keine durchgehende Navigation, aber Weg über „stationen“ farblich markieren • Störungsmeldungen unten rechts; können durch Geste geschlossen werden • Wenn ausreichend Zeit: Kontaktnaloge Markierung von POIs mit Icons (Restaurants, Büchereien, Geldautomat etc.) • Uhrzeit, um diese im Blick zu haben 	<p>Unbekannte Umgebung</p>  <ul style="list-style-type: none"> • Richtung nicht ständig, sondern nur zeitweilig (wann?)  <ul style="list-style-type: none"> • Zeitanzeige in anderer Farbe wenn man spät dran ist • Zeitanzeige nicht unbedingt durchgehend, z.B. bei Ankunft an der Station und dann wieder wenn eine Aktion erforderlich ist, also man z.B. losgehen sollte  <ul style="list-style-type: none"> • Verbleibende Zeit nur auf Anfrage, ab n Min vor Abfahr durchgehend • Beim Erreichen des Gleises Einblendungen verschwinden lassen, dafür Verkehrsmittel, Nummer und Richtung einblenden bis Nutzer im Verkehrsmittel ist • Kontaktnaloge-Markierung des nächsten Ziels (hier Gleis präferiert vor Reihennavigation
<p>Bekannte vs. unbekannte Umgebung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Navigation zum Steig nur in unbekannter Umgebung • Gleisnr. nur auf unbekannter Strecke 		

Abb. 4: Ergebnis eines partizipativen Design-Workshops zum Thema On-Trip-Informationen an einem Bahnhof aus RadAR+

Im nächsten Schritt wurden für die einzelnen Teilaspekte Prototypen verschiedenen Reifegrads umgesetzt und jeweils mit einer kleinen Stichprobe evaluiert. Die Indoornavigation wurde zunächst mithilfe von Bluetooth-Baken umgesetzt und leichtgewichtig evaluiert [KI17]. So konnte z. B. frühzeitig festgestellt werden, dass Nutzererwartungen an die Genauigkeit sehr hoch, eine entsprechend zuverlässige Lösung aktuell technisch jedoch noch kaum machbar ist. Im weiteren Projektverlauf wurde die Indoornavigation für den entwickelten Gesamtdemonstrator des Systems in Form einer *Wizard-of-Oz-Lösung* umgesetzt, d. h. die erforderliche genaue Positions- und Ausrichtungsbestimmung wurde nicht tatsächlich funktional umgesetzt, sondern von einem sogenannten Wizard übernommen, also für den Benutzer unbemerkt von einer dritten Person in Echtzeit von außen gesteuert. Die erwartete Genauigkeit wird somit zumindest simuliert. Das Vorgehen, eine Gestaltungslösung für einen Teilaspekt szenariobasiert zu konzipieren, prototypisch umzusetzen und formativ zu evaluieren, ist

am Beispiel der On-Trip-Reisebegleitung in [Ei17] detailliert beschrieben. Das dort verwendete Szenario deckt die Nutzung eines Reiseassistenzsystems mit Datenbrille entlang einer intermodalen Reisekette von der eigenen Haustür über eine Tramhaltestelle und einen Fernbahnhof bis zum Gate am Flughafen ab. Hier wurden Schwachstellen im Design aufgedeckt, z. B., dass die verwendeten Icons und die Anordnung der verschiedenen ÖV-Zeiten nicht für alle verständlich und somit überarbeitungsbedürftig waren. Ebenso konnte z. B. festgestellt werden, dass regelmäßige Bestätigungen, dass der Benutzer auf dem richtigen Weg ist, als besonders hilfreich angesehen werden, so dass diese Funktion für die Umsetzung des Gesamtdemonstrators danach als Must-Have-Funktion definiert wurde. In einer CAVE-basierten Nutzerstudie wurde ein Konzept für ein adaptives Empfehlungssystem zur Aufenthaltsgestaltung an Bahnhöfen oder Flughäfen evaluiert. In diesem Falle wurde ermittelt, welcher Filter-Algorithmus am ehesten zu Empfehlungen führt, die den Bedürfnissen der Benutzer entsprechen [He18]. Für die Positionierung von AR-Texteinblendungen wurde eine vergleichende Nutzerstudie durchgeführt [Kl19b], mithilfe derer die favorisierte Position für Texte bei der mobilen Benutzung – also beim Gehen – ermittelt werden konnte.

Neben der beschriebenen Verwendung wurden die in der Anforderungsanalyse entwickelten Personas und Szenarien in dieser Phase in zahlreichen Gesprächen des Projektteams und insb. der Entwicklungspartner genutzt, um für die Konzeption der Systemarchitektur sowie bei konkreten Fragestellungen bezüglich der technischen Umsetzung konkrete Anwendungsfälle vor Augen zu haben.

3.3 Systemevaluationsphase

Nach der Anforderungsanalyse und der Entwicklung von ersten, in Teilfunktionen überprüften Lösungskonzepten folgt eine empirische Systemevaluation als wichtiger Teil der benutzerzentrierten Gestaltung. Während in der klassischen Software-Entwicklung Faktoren wie das Speicherplatz- oder Laufzeitverhalten für die Evaluation herangezogen werden, steht bei interaktiven Systemen das Zusammenspiel zwischen Mensch und Maschine im Vordergrund [BK17, Oe04]. Summative Systemevaluations werden am Ende eines Entwicklungszyklusses durchgeführt, um die Gesamtqualität der Entwicklung und die Auswirkungen der Systembenutzung auf den Menschen zu erheben [SB11, Be14].

Es wird zwischen analytischen und empirischen Evaluationen unterschieden. Analytische Methoden, wie z. B. *GOMS (Goals, Operators, Methods and Selection Rules)* oder die *heuristische Evaluation*, sind vor allem theorie- und expertenbasiert. Ein System wird systematisch auf seine Arbeitsweise und Charakteristiken untersucht. Bei einer benutzerbasierten Vorgehensweise wird die Evaluation dagegen hauptsächlich empirisch durchgeführt. Da dieser Ansatz die Verwendung des Systems in den Vordergrund stellt, findet die Evaluation bei der Benutzung des Systems statt [BK17]. Aussagekräftige Studien sollten möglichst im Feld durchgeführt werden. Eine alternative Evaluation im Labor ist nur sinnvoll, wenn sich der vorgesehene Nutzungskontext nur

unwesentlich von der Laborumgebung unterscheidet. Äußere Störeinflüsse können im Feld zwar nur schwer kontrolliert werden, dafür ist die Evaluation des Systems im echten Nutzungskontext sehr viel besser auf die tatsächliche Nutzung übertragbar [BK17]. Zur benutzerbasierten Evaluation gehören sowohl qualitative als auch quantitative Methoden. Für die Bewertung sind die Gebrauchstauglichkeit des Systems, also die Effizienz, Effektivität und Zufriedenheit bei der Benutzung, die Beanspruchung des Benutzers bei der Systemnutzung sowie die soziale Akzeptanz interessante Faktoren [SB11].

In RadAR+ wird ein Demonstrator des Gesamtsystems summativ unter realen Bedingungen im Feld evaluiert. Ziel der Studie ist zum einen die Evaluation der Gebrauchstauglichkeit und sozialen Akzeptanz des Systems. Zum anderen wird durch einen Vergleich mit und ohne AR-Reiseassistenzanwendung der Einfluss des Systems auf die Beanspruchung der Benutzer erhoben. Hierfür werden zwei Gruppen von Probanden verglichen, von denen eine die Reisedurchführung unter Nutzung herkömmlicher Informationsmittel (Anzeigetafeln, Lagepläne, Smartphone-App etc.) und die andere dieselbe Reisedurchführung unter Benutzung des entwickelten Systemdemonstrators mit AR-Datenbrillen absolviert.

Daten werden auf drei verschiedene Arten erfasst. Erstens bewerten die Probanden durch *Fragebögen* die Reiseassistenzanwendung subjektiv. Zweitens werden *physiologische Messungen* mit Messgeräten wie z. B. Schritt- und Herzfrequenzmessungen durchgeführt. Zusätzlich wird eine *Beobachtung* sowohl der Probanden selbst als auch Dritter vorgenommen. Durch die Fragebögen werden die Gebrauchstauglichkeit, Beanspruchung, Akzeptanz sowie Zufriedenstellung erfasst. Durch die physiologischen Messungen werden objektive Daten gesammelt, die Aufschluss über die Effektivität und Effizienz der Systemnutzung geben, z. B. die benötigte Zeit vom Startpunkt bis zum Zielpunkt sowie Zwischenzielen auf dieser Strecke, die Anzahl der Schritte, die Herzfrequenz und Herzratenvariabilität als Indikatoren für die physische und mentale Beanspruchung. Die Beobachtung der Probanden sowie der Reaktionen von Passanten gibt Aufschluss über die soziale Akzeptanz des Systems. Basierend auf den Befunden wird die Untersuchung durch die Darstellung von Stärken und Hemmnissen potenzieller Verwertungsmöglichkeiten in einer SWOT-Analyse (Stärken, Schwächen, Chancen, Risiken) abgerundet.

Die benutzerbasierte Evaluationsmethodik bietet allgemein den Vorteil, dass der Entwickler direkte Informationen darüber erhält, wie der zukünftige Benutzer das System verwendet und welche konkreten Probleme beim Verwenden der Benutzungsschnittstelle entstehen [Ni93]. Dieses reale Verhalten ist auch durch Experten oft nicht vorhersehbar. Zudem können auch Systeme evaluiert werden, denen kein Modell zugrunde liegt, für welche eine theoriebasierte Evaluation also nicht möglich wäre. Durch eine passende Probandenauswahl können auch hier wieder verschiedene Benutzergruppen in den Entwicklungsprozess miteinbezogen werden. Ein Nachteil ist der höhere Aufwand, der im Vergleich zur analytischen Evaluation bei der benutzerbasierten Evaluation entsteht.

4 Diskussion

Insgesamt wurden die interdisziplinäre Zusammenarbeit und die besondere Berücksichtigung der Benutzerperspektive im Nachhinein von allen Partnern als gewinnbringend und hilfreich eingestuft. Ein Nachteil der menschenzentrierten Entwicklung ist jedoch die erhöhte Komplexität des Entwicklungsprozesses sowie der zunächst höhere Zeit- und Ressourcenaufwand, der durch die Planung, Durchführung und Auswertung von Nutzerstudien entsteht. Obwohl der Aufwand sich nicht für die Entwickler erhöht, wird aus technischer Perspektive die Notwendigkeit, potenzielle Benutzer frühzeitig einzubinden, nicht unbedingt gesehen. So wurde in RadAR+ z. B. insbesondere die Anforderungsanalyse von den Entwicklungspartnern als zu langwierig angesehen, sodass, da sie „schon mal loslegen“ wollten, manche Ergebnisse erst sehr spät und andere gar nicht aufgegriffen wurde. Dies mag zum einen an dem aufgrund des besonders komplexen Nutzungskontextes notwendigerweise aufwendigen Vorgehen liegen, ist jedoch zum Teil auch der Aufbereitung der Ergebnisse geschuldet. Die größte Herausforderung beim beschriebenen Vorgehen in interdisziplinären Teams ist die Kommunikation - in diesem Falle die Übergabe der Ergebnisse aus Nutzerstudien an die technische Entwicklung. Sinnvoller als schriftliche Ergebnisberichte zu einzelnen Arbeitspaketen, wären gemeinsame Workshops gewesen, in denen man den Entwicklungspartnern z. B. mit an die Hand hätte geben können, wie die erarbeiteten Personas und Szenarien effektiv genutzt werden können. In jedem Falle sollte frühzeitig ein praxisorientiertes Konzept für die Übergabe und Nutzbarmachung von Ergebnissen von einer Disziplin zur anderen erarbeitet werden. Betrachtet man nicht nur die frühe Entwicklung, sondern die gesamte Lebensdauer eines Produktes, so wird der anfängliche Mehraufwand später wiedergutmacht. Anfänglich geplante, aber von Benutzern als unnötig angesehene Funktionen können z. B. schon vor der Implementierung ausgeschlossen werden, was den Entwicklungsaufwand reduziert. Eine höhere Gebrauchstauglichkeit führt dazu, dass weniger nachträgliche Änderungen und weniger Support nötig sind. In einem Forschungsprojekt, das die langfristige Produktnutzung nicht unbedingt fokussiert, werden diese Vorteile weniger deutlich.

Ein häufiges Problem bei der menschenzentrierten Entwicklung betrifft zudem die Akquise von Probanden. Häufig wird in Forschungsprojekten aufgrund ihrer Verfügbarkeit vornehmlich auf Studierende zurückgegriffen, wobei diese nur in den seltensten Fällen die tatsächliche(n) Benutzergruppe(n) repräsentieren. In RadAR+ wurde besonderer Wert auf Heterogenität der Probanden gelegt, und es wurden z. B. Aufrufe über die Mailinglisten und Webseiten mehrerer Projektpartner, Aushänge und persönliche Ansprache genutzt, um verschiedene Personenkreise zu erreichen. In einigen Studien gelang es so, z. B. auch ältere oder mobilitätseingeschränkte Personen für die Teilnahme zu gewinnen. An anderen nahmen hingegen nur Studierende teil, da nur wenige Mittel und Ressourcen für eine aufwendigere Bewerbung der Studien eingeplant waren. Im Sinne das *Design for All* wäre es sinnvoll und ratsam, umfangreiche Mittel für die Probandenakquise und ggf. -vergütung einzuplanen. Damit könnte hier ein großer Nutzen erzielt werden.

Das Projekt RadAR+ wird vom BMBF unter dem Förderkennzeichen 16SV7282 gefördert.

Literaturverzeichnis

- [Be10] Behrenbruch, K.; Kniewel, R.; Hoberg, S.; Schmidt, L.: Evaluationsmethoden im Kontext iterativer Gestaltungsmodelle für adaptive und auf Kooperation ausgerichtete Anwendungen. Mensch & Computer 2010 : Workshop "Evaluation Adaptiver Systeme (EASYS)", Vortrag Duisburg, 2010
- [Be14] Behrenbruch, K.; Kieselmann, O.; Schuldt, M.; Söllner, M.; Schmidt, L.: System Evaluation. In: David, K.; Geihs, K.; Leimeister, J. M.; Roßnagel, A.; Schmidt, L.; Stumme, G. & Wacker, A. (Hrsg.): *Socio-technical Design of Ubiquitous Computing Systems*. Cham: Springer, 2014, S. 297–319
- [BK17] Butz, A.; Krüger, A.: Mensch-Maschine-Interaktion. 2. Auflage, De Gruyter Oldenbourg, Berlin, 2017
- [Br10] Brandtæg, P. B.: Towards a unified Media-User Typology (MUT): A meta-analysis and review of the research literature on media-user typologies. *Computers in Human Behavior*, 26(5), 2010, S. 940-956
- [DI10] DIN EN ISO 9241: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme, 2010
- [DI18] DIN EN ISO 10075-1: Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung - Teil 1: Allgemeines und Begriffe, 2000
- [Ei17] Eis, A.; Klose, E. M.; Hegenberg, J. & Schmidt, L.: Szenariobasierter Prototyp für ein Reiseassistenzsystem mit Datenbrillen. In: Burghardt, M.; Wimmer, R.; Wolff, C. & Womser-Hacker, C. (Hrsg.): *Mensch und Computer 2017 - Tagungsband (Regensburg 2017)*. Bonn: Gesellschaft für Informatik e. V, 2017, S. 203–214
- [Gr06] Grudin, J.: Why Personas Work: The Psychological Evidence. In: Pruitt, J.; Adlin, T.: *The persona lifecycle: keeping people in mind throughout product design*. Morgan Kaufmann, San Francisco, 2006, S. 642-664
- [He18] Hegenberg, J.; Kannengießer, N.; Klose, E.; Schmidt, L.: CAVE-basierte Nutzerstudie eines Aufenthalts-Empfehlungssystems. In: Dachselt, R. & Weber, G. (Hrsg.): *Mensch und Computer 2018 - Tagungsband (Dresden 2018)*. Bonn: Gesellschaft für Informatik e. V, 2018, S. 117–128
- [Jo10] Joiko, K.; Schmauder, M.; Wolff, G.: Psychische Belastung und Beanspruchung im Berufsleben: Erkennen – Gestalten, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.), Dortmund, 2010.
- [Ki86] Kirchner J. H.: Belastungen und Beanspruchungen — Einige begriffliche Klärungen zum Belastungs- Beanspruchungs-Konzept. In: Hackstein, R., Heeg F. J., von Below F. (Hrsg.): *Arbeitsorganisation und Neue Technologien*, Springer, Berlin, 1986.

- [KI17] Klose, E. M.; Eis, A.; Hegenberg, J.; Schmidt, L.: Augmented-Reality-Indoornavigation mit Datenbrillen. In: Burghardt, M.; Wimmer, R.; Wolff, C. & Womser-Hacker, C. (Hrsg.): *Mensch und Computer 2017 - Tagungsband (Regensburg 2017)*. Bonn: Gesellschaft für Informatik e. V, 2017, S. 255–258
- [KI18] Klose, E.; Eis, A.; Hegenberg, J.; Schmidt, L.: Nutzerorientierte Anforderungsanalyse für ein adaptiv lernendes Reiseassistenzsystem mit Datenbrillen. In: *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft* 72 (2018), Nr. 1, S. 3–12
- [KI19a] Klose, E.; Funk, J.; Hegenberg, J.; Schmidt, L.: Feldstudie zur physiologischen und videogestützten Analyse von Nutzerzustand und -verhalten bei der Orientierung und Navigation am Frankfurter Flughafen. In: *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft* 73 (2019), Nr. 1, S. 45–57
- [KI19b] Klose, E. M.; Mack, N. A.; Hegenberg, J.; Schmidt, L.: Text Presentation for Augmented Reality Applications in Dual-Task Situations. *26th IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (Osaka 2019)*. Piscataway: IEEE, 2019, in Druck
- [Kr11] Krömker, H., Mayas, C., Hörold, S., Wehrmann, A.; Radermacher, B.: In den Schuhen des Fahrgasts – Entwickler wechseln die Perspektive – Das Forschungsprojekt IP-KOM-ÖV analysiert die Anforderungen an standardisierte Fahrgastinformation mithilfe von Personas. *Nahverkehr*, 29(7), 2011, S. 45
- [KS18] Klose, E. M.; Schmidt, L.: A User-based Comparison of Two Augmented Reality Glasses. In: Kiyokawa, K.; Steinicke, F.; Thomas, B. & Welch, G. (Hrsg.): *25th IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (Reutlingen 2018)*. Piscataway: IEEE, 2018, S. 1–2
- [Ku14] Kuckartz, U.: *MixedMethods. Methodologie, Forschungsdesigns und Analyseverfahren*. Springer VS, Wiesbaden, 2014
- [Ma15] Marsden, N.; Link, J.; Büllfeld, E.: Geschlechterstereotype in Persona-Beschreibungen. In: Diefenbach, S.; Henze, N.; & M. Pielot (Hrsg.): *Mensch und Computer 2015 Tagungsband*. Stuttgart: Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2015, S. 113-122
- [Ma99] Mayhew, D. J.: *The Usability Engineering Lifecycle - A Practitioners Handbook for User Interface Design*, Morgan Kaufmann, San Francisco, 1999
- [Ni93] Nielsen, J.: *Usability engineering*, Academic Press, Boston, 1993
- [Oe04] Oehme, O.; Wiedenmaier, S.; Schmidt, L.; Luczak, H.: Methoden zur Evaluation von AR-Systemen. In: Luczak, H.; Schmidt, L.; Koller, F. (Hrsg.): *Benutzerzentrierte Gestaltung von Augmented-Reality-Systemen*. Düsseldorf: VDI-Verlag, 2004 Fortschrittsberichte VDI, Reihe 22, Mensch-Maschine-Systeme, S. 64–69
- [PA06] Pruitt, J.; Adlin, T.: *The persona lifecycle: keeping people in mind throughout product design*. Morgan Kaufmann, San Francisco, 2006
- [RF10] Richter, M.; Flückiger, M. D.: *Usability Engineering kompakt - Benutzbare Software gezielt entwickeln*, 2. Auflage, Spektrum, Heidelberg, 2010
- [Sa18] Salminen, J.; Jansen, J.; An, J.; Kwak, H.; Jung, S.: Are personas done? Evaluating their usefulness in the age of digital analytics. *Persona Studies*, 4 (2), 2018, S. 47-62

- [SB11] Sarodnick, F.; Brau, H.: Methoden der Usability Evaluation – Wissenschaftliche Grundlagen und praktische Anwendung, 2. Auflage, Huber, Bern, 2011
- [Sc02] Schmidt, L.; Oehme, O.; Wiedenmaier, S.; Beu, A.; Quaet-Faslem, P.: Usability Engineering für Benutzer-Interaktionskonzepte von Augmented-Reality-Systemen. In: *Informationstechnik und technische Informatik* 44 (2002), Nr. 1, S. 31–39
- [Sc04] Schmidt, L.; Beu, A.; Edelmann, M.; Epstein, A.; Oehme, O.; Quaet-Faslem, P.; Rottenkolber, B.; Triebfurst, G.; Wiedenmaier, S.; Wohlgemuth, W.: Benutzerzentrierte Gestaltung. In: Friedrich, W. (Hrsg.): *ARVIKA - Augmented Reality für Entwicklung, Produktion und Service*. Erlangen: Publicis Corporate Publishing, 2004, S. 28–51
- [St13] Stanton, N.; Salmon, P.; Rafferty, L.; Walker, G.; Baber, C.; Jenkins, D.: *Human Factors Methods – A Practical Guide for Engineering and Design*, 2. Auflage, Ashgate, London, 2013