

# Projizierte tischbasierte Benutzungsschnittstellen

Christian Winkler · Enrico Rukzio

Projektoren haben seit jeher die Probleme kleiner Bildschirme gelöst, indem sie Inhalte auf größeren Flächen einem größeren Publikum zeitgleich zur Präsentation oder Kollaboration zugänglich gemacht haben. Mit dem Einzug mobiler Computer, erst recht in Form von Smartphones, mit Displays, die so klein sind, dass sie selbst für den privaten Gebrauch oft nicht ausreichen, haben sich die Grundprobleme von statischen zu mobilen Einsatzorten verlagert. Und so ist es nur logisch, dass sich in den letzten Jahren eine breite Vielfalt von mobilen Projektoren entwickelt hat. Unter diesen finden sich kleine tragbare Modelle wie auch sogenannte Pico-Projektoren, die von der Größe von Smartphones bis zu kleinen integrierbaren Modulen in der Größe von z. B.  $2 \times 2 \times 2,5$  cm reichen. Diese batteriebetriebenen Modelle unterstützen bis zu 100 Lumen Helligkeit – zum Vergleich, typische Raumprojektoren bieten um die 2500 Lumen Helligkeit – und bieten damit Projektionen mit einer Bild diagonalen von ca. 50" bei einem typischem Abstand von 1,5 m unter schwacher Raumbeleuchtung (vgl. [1]). Diese kleinen Projektionsmodule werden auch direkt in Geräte wie Smartphones (z. B. das Samsung Galaxy Beam) und Digitalkameras (z. B. Nikon Coolpix S1100PJ) verbaut, ohne deren Größe nennenswert zu erhöhen. Das von den Herstellern hauptsächlich angepriesene Nutzungsszenario, Medien wie Fotos oder Videos einer Gruppe von Personen zu präsentieren, unterscheidet sich aber, abgesehen von der hinzu gewonnenen Mobilität, nur wenig von dem klassischer Projektoren.

Das Forschungsgebiet der „persönlichen mobilen Projektion“ beschäftigt sich damit, wie Projektionen über das Präsentationsszenario hinaus unsere persönlichen Geräte erweitern oder

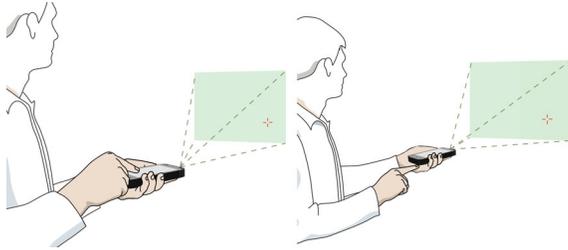
deren Displays sogar ersetzen können. Hierbei ergibt sich eine Vielzahl von offenen wissenschaftlichen Fragestellungen insbesondere hinsichtlich der entsprechenden Gerätekonzepte, der zugrunde liegenden Interaktionsparadigmen, der elementaren Interaktionsmetaphern und der entsprechenden Anwendungskonzepte. Ein Beispiel ist die Erweiterung eines Smartphones, das während des Telefonats mit dem Telefon am Ohr eine interaktive Projektion auf einer nahegelegenen Oberfläche anzeigen kann, um so auch während des Gesprächs den Zugriff auf Telefoninhalte zu ermöglichen und diese sogar mit dem Gesprächspartner zu teilen (s. Abb. 2, [4]). Einen umfassenden Überblick über den aktuellen Stand der Forschung gibt der Artikel „A Research Overview of Mobile Projected User Interfaces“ in diesem Heft. Sicher ist bereits jetzt, dass die Interaktion mit projizierten Benutzungsschnittstellen im Vergleich zu herkömmlichen berührungssensitiven Bildschirmen ganz neue Herausforderungen birgt und neue Interaktionskonzepte erfordert (siehe den Überblicksartikel von Rukzio et al. [1]).

Während sich viele spezielle Anwendungsfälle für mobile Projektion finden lassen, erforscht unsere Gruppe „alltagsrelevante“ und „allgegenwärtige“ mobile Projektion. In diesem Kontext haben wir z. B. untersucht, wie gut sich existierende mobile Applikationen wie Kartenanwendungen, Webbrowser oder Spiele auf der Projektion entweder über berührungsbasierte Kontrollen auf dem Smartphone

---

DOI 10.1007/s00287-014-0803-7  
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

Christian Winkler · Enrico Rukzio  
Universität Ulm,  
James-Franck-Ring, 89081 Ulm  
E-Mail: {christian.winkler, enrico.rukzio}@uni-ulm.de



**Abb. 1** Für bestimmte Anwendungen (z. B. Spiele) eignet sich die Zeige-Interaktion (rechts) wesentlich besser als die gegenwärtig häufig vorzufindende Touchpad-Interaktion (links) (s. [3])

oder aber über direkte Zeigegesten bedienen lassen. Dabei haben wir festgestellt, dass die Fehlerrate zwar geringer ist, wenn man das Smartphone als Touchpad benutzt, dass Benutzerfreundlichkeit und Interaktionsgeschwindigkeit aber bei einigen Anwendungen durch direkte Zeigegesten gesteigert werden können. Besonders gut funktioniert dabei, in dem Bereich *hinter* dem Projektionsgerät zu agieren, da hierbei der interagierende Arm an den Körper angelehnt werden kann (s. Abb. 1 rechts, [3]).

Für viele andere Anwendungen ist die freihändige Interaktion allerdings ungeeignet, weil das haptische Feedback, das eine berührbare Oberfläche bieten kann, fehlt. In den folgenden Forschungsarbeiten haben wir uns deshalb auf projizierte Tischoberflächen in der direkten Umgebung des Gerätes konzentriert, welche der Benutzer leicht physisch erreichen kann.

## Interactive Phone Call

Mit dem bereits erwähnten Gerätekonzept „Interactive Phone Call“ (Abb. 2, [4]) adressieren wir eine

weit verbreitete Problematik während des Telefonierens mit dem Mobiltelefon. Das Telefon befindet sich am Ohr und steht während des Gesprächs kaum für die Interaktion zur Verfügung. Dabei befindet man sich doch gerade durch das Telefonat in einem vergleichsweise intimen Rahmen mit dem Gesprächspartner, der sehr gut zum Austausch von Informationen geeignet ist. Unser Prototyp erweitert deswegen ein Smartphone durch einen um 90° gedrehten Laser Pico-Projektor, dessen Projektion ungeachtet der Entfernung zur Projektionsoberfläche immer scharf dargestellt wird. Die Projektion zeigt eine interaktive Touchoberfläche, deren linke Seite ähnlich eines Desktops aufgebaut ist und unabhängig eines Telefongesprächs den komfortablen Zugriff auf die persönlichen Telefoninhalte ermöglicht. Ähnlich der Interaktion auf interaktiven Tischen können Bilder z. B. durch Multitouch-Gesten bequem vergrößert und rotiert werden. Während eines Gesprächs können die Teilnehmer eine gemeinsame Austauschsituation starten. Daraufhin zeigt der rechte Bereich einen gemeinsamen Arbeitsplatz an, in dem Objekte wie Bilder, Kontakte, Folien, Karten- und Kalenderansichten aus dem persönlichen Bereich hineingezogen werden können. In dem gemeinsamen Bereich können Objekte in Echtzeit bewegt, verändert oder mit einem Stiftwerkzeug annotiert werden, um so synchrone non-verbale Kommunikation zu ermöglichen. Abhängig von der Kopierschutzeinstellung der Objekte, können diese auch von anderen Teilnehmern in ihre persönlichen Bereiche kopiert werden.

Die interaktive Oberfläche ist in einem iterativen User Centered Design Prozess entstanden,



**Abb. 2** Beim Interactive Phone Call [4] projiziert das am Ohr gehaltene Handy eine interaktive Oberfläche, welche das Aufrufen und Teilen persönlicher Daten während eines Gesprächs ermöglicht (links). Die Anwendung unterstützt das Teilen und Annotieren von u. a. Bildern und Kalender- und Kartenausschnitten (rechts)



**Abb. 3** Das Penbook kombiniert ein Multitouch-Tablet mit einem auf Papier projizierten Display, welches präzise und flexible (hinsichtlich Farbe, Strichstärke, Undo) Stifteingaben ermöglicht und das bei fast gleichbleibender Gerätegröße

in dem Funktionalität und Aussehen der Oberfläche mehrmals mithilfe von Papier-Prototypen in kleinen Nutzerstudien evaluiert wurden. In einer abschließenden Benutzerstudie haben wir das Gerätekonzept gegen eine ähnliche Anwendung „Screen Sharing“ verglichen, welche den Austausch von Informationen über das Teilen des gesamten mobilen Bildschirms ermöglicht. Die Auswertung der Studie hat zum einen ergeben, dass Benutzer die Möglichkeit des digitalen Informationsaustausches während eines Telefonates sehr begrüßen. Zum anderen verbessern die Konzepte des Interactive Phone Call die Privatsphäre des Benutzers beim Datenaustausch gegenüber der „Screen Sharing“-Anwendung um 121 % durch den geteilten privaten und öffentlichen Bereich und um weitere 17 % dank der durch die große Projektionsfläche verbesserten Übersichtlichkeit.

### Penbook

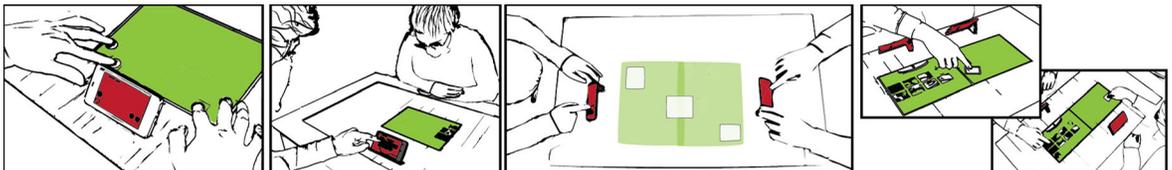
Notebooks sind lange Zeit unerlässliche Begleiter für mobiles Arbeiten gewesen – nur ihrem Namen sind sie wohl nie richtig gerecht geworden. Auch die Einführung von Smartphones und Tablet-PCs konnte nichts daran ändern, dass handschriftliche Notizen sich noch immer am flexibelsten mit Papier und Stift anfertigen lassen. Dieses Problem lässt sich z. B. sehr gut im medizinischen Umfeld beobachten, wo allen digitalen Entwicklungen zum Trotz, viele Prozesse immer noch papierbasiert bleiben. Um digitale und analoge Welt stärker zu verknüpfen, haben wir mit dem Penbook [5] einen Pico-Projektor in einen Tablet-Computer integriert. Das Tablet projiziert ein zweites Display direkt vor das aufrecht stehende Gerät auf die Innenseite der aufgeklappten Gerätehülle (Abb. 3). Die Innenseite des Deckels besteht

aus echtem Papier (mit nahezu unsichtbarem Anotomuster), mithilfe dessen der dazugehörige Stift feststellen kann, wo auf dem Papier er sich befindet. Statt, wie üblich, mit Tinte zu schreiben, schreibt der Benutzer allerdings mit dem vom Projektor generierten Licht. Dadurch können z. B. Formulare ausgefüllt werden oder Freihand-Annotationen mit beliebigen Farben oder Strichstärken durchgeführt werden. Anders als echte Tinte auf Papier kann die „Lichttinte“ auch schnell korrigiert oder der gesamte Papierbereich gescrollt werden. Auf diese Weise verbindet das Penbook ein Multitouch-Display mit einem traditionellen Schreibblock, ohne auf dessen Haptik und Präzision verzichten zu müssen. In [5] zeigen wir auf, wie dieses Gerät viele immer noch existierende Barrieren zwischen analogen und digitalen Welten, z. B. in Krankenhäusern, überwinden kann. So wird der Arzt z. B. bei der Anamnese unterstützt, indem er simple Diagnosen per Checkboxes auf dem Tablet anklicken und komplexe Inhalte wie z. B. präzise Annotationen auf Organschemata digital auf Papier vornehmen kann. Die Organschemata werden dazu ebenfalls auf das Papier projiziert. Patienten können das Penbook zum Ausfüllen von komplexen Fragebögen nutzen, z. B. vor Operationen, und erhalten zu komplizierten Fragen durch ein Antippen des entsprechenden Infosymbols mit dem Stift zusätzliche Erläuterungen auf dem Tablet-Bildschirm.

Zudem ist das Penbook auch in alltäglichen Anwendungsfällen einsetzbar, z. B. kann sich ein Benutzer während eines Vortrags zu auf dem Tablet angezeigten Folien im unteren Display detaillierte Notizen machen. Bei einer Internetrecherche hilft das Penbook, über zu Webseiten oder Produkten



**Abb. 4** Das „SurfacePhone“ projiziert über einen ausklappbaren Spiegel ein verhältnismäßig großes Display direkt hinter das Smartphone. Es unterstützt Touch-Interaktion, indem Finger-Positionen von der eingebauten Smartphone-Kamera und Finger-Touches (leicht und stark) vom eingebauten Beschleunigungssensor erfasst und korreliert werden (links). Ferner werden Gesten und das automatische Vereinen von Projektionen mehrerer Geräte zum Austausch von Inhalten wie z. B. Bildern (rechts) unterstützt



**Abb. 5** Die Nutzungsmöglichkeiten des SurfacePhones reichen von Einbenutzer-Szenarien (links) bis hin zu Mehrbenutzerszenarien mit mehreren Geräten (rechts)

verknüpften Notizen am Ende der Recherche die besuchten Webseiten oder Produkte anhand der Notizen noch einmal aufzurufen. In einer Vorstudie fanden wir heraus, dass neun von zehn Teilnehmern sowohl das Gerätekonzept sehr gut finden, als auch die Haptik der Stifteingabe. Letzte wurde auch deutlich besser bewertet als digitale Stifteingabe auf Bildschirmen.

## SurfacePhone

Darauf aufbauend untersuchen wir mit dem SurfacePhone, wie Telefone für die Zukunft an Displaygröße zunehmen können, ohne dabei äußerlich wachsen zu müssen. Das SurfacePhone projiziert eine berührungsempfindliche Oberfläche direkt *hinter* sich und unterstützt dadurch neue Interaktionen in Ein- und Mehrbenutzerszenarien (s. Abb. 4, [2]). In Einbenutzer-Szenarien kann z. B. ein Task-Manager auf der Projektion angezeigt werden, um schnell zwischen Anwendungen zu wechseln oder über eingehende Nachrichten im peripheren Sichtfeld informiert zu bleiben (Abb. 5 links). In Mehrbenutzerszenarien können mit *einem* Gerät z. B. Fotos präsentiert oder Spiele gespielt werden, welche ein privates und ein öffentliches Display benötigen, z. B. BlackJack, bei dem der Bankspieler das private Tele-

fondisplay benutzt und ein oder mehrere Mitspieler die öffentliche Projektion zur Interaktion benutzen (Abb. 5 zweite von links). Sind *mehrere* Geräte vorhanden, können deren Projektionen miteinander verschmolzen werden, um dynamisch ein größeres gemeinsames Display zu erzeugen, welches mit der Anzahl der Teilnehmer skaliert (s. Abb. 5 rechts). Dieses kann zur gemeinsamen Manipulation von Daten oder deren Austausch benutzt werden. Das Touch-Tracking auf der Projektion geschieht über eine Mischung aus Computer Vision zur Bestimmung der Finger-Positionen und inertielle Messung der Tischvibration zur Erkennung von leichten und starken Fingerberührungen.

Benutzerstudien mit einem vorläufigen Konzeptprototypen (Abb. 4 rechts) und einem realistischen Prototypen (Abb. 4 links) haben gezeigt, dass die Benutzer enorme Vorteile in dem Gerätekonzept sehen, sowohl für die Verwendung mit einem Gerät als auch mit mehreren Geräten. Die technische Exploration mit dem realistischen Prototypen hat gezeigt, dass die Position und Berührung des Fingers in über 80 %, die korrekte Unterscheidung der Berührungsstärke in über 70 % und die meisten Gesten in über 80 % der Fälle bereits korrekt erkannt werden können. Durch zusätzliche

Hardware und von den Studienteilnehmern vorgeschlagene Verbesserungen des Systems könnte die Erkennung noch deutlich verbessert werden.

### **Zusammenfassung und Ausblick**

Mobile Projektion birgt ein großes Potenzial für künftige mobile Geräte, da es die Erzeugung verhältnismäßig großer mobiler Displays aus kleinen Geräten ermöglicht. Zudem ermöglicht die Projektion durch ihre öffentliche Sichtbarkeit neue Mehrbenutzerszenarien mit mobilen Geräten, wie z. B. beim SurfacePhone. In Zukunft werden wir in vielen Anwendungsszenarien auf physische Displays eventuell ganz verzichten können und über kleine, an unserem Körper getragene Projektoren, interaktive Displays ad-hoc dahin projizieren, wo und wann wir sie brauchen, wie z. B. im AMP-D Konzept [6].

### **Danksagung**

Die diskutierten Arbeiten wurden größtenteils innerhalb der DFG Emmy Noether – Nachwuchs-

gruppe „Entwicklung von Interaktionstechniken, Konzepten und Werkzeugen für mobile Interaktionen mit ubiquitären Benutzungsschnittstellen“ durchgeführt.

### **Literatur**

1. Rukzio E, Holleis P, Gellersen H (2012) Personal projectors for pervasive computing. *IEEE Pervasive Comput* 11(2):30–37
2. Winkler C, Löchtefeld M, Krüger A, Rukzio E (2014) SurfacePhone: A Mobile Projection Device for Single- and Multiuser Everywhere Tabletop Interaction. *Proceedings of the 2014 ACM International Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2014)*. ACM
3. Winkler C, Pfeuffer K, Rukzio E (2012) Investigating Mid-Air Pointing Interaction for Projector Phones. *Proceedings of the 2012 ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces (ITS 2012)*. ACM, pp 85–94
4. Winkler C, Reinartz C, Nowacka D, Rukzio E (2011) Interactive Phone Call: Synchronous Remote Collaboration and Projected Interactive Surfaces. *Proceedings of the 2011 ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces (ITS 2011)*. ACM, pp 61–70
5. Winkler C, Seifert J, Reinartz C, Kraemer P, Rukzio E (2013) Penbook: Bringing Pen+Paper Interaction to a Tablet Device to Facilitate Paper-based Workflows in the Hospital Domain. *Proceedings of the 2013 ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces (ITS 2013)*. ACM, pp 283–286
6. Winkler C, Seifert J, Döbelstein D, Rukzio E (2014) Pervasive Information through Constant Personal Projection: The Ambient Mobile Pervasive Display (AMP-D). *Proceedings of the 2014 ACM International Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2014)*. ACM