

Mobile Geräte für Interaktionen mit öffentlichen Displays

Markus Haarländer

LFE Medieninformatik
Ludwig-Maximilians-Universität München
Amalienstraße 17, 80333 München, Germany
markus.haarlaender@stud.ifi.lmu.de

Zusammenfassung Große, öffentliche Displays lassen sich heutzutage bereits an vielen Plätzen finden. Sie zeigen meist nur statische Informationen, interaktive Anwendungen waren aufgrund ihrer physischen Eigenschaften nur schwer realisierbar oder garnicht möglich. Die starke Verbreitung und Weiterentwicklung von mobilen Geräten schaffen hier vollkommen neue Möglichkeiten. Mobiltelefone und PDAs sind mittlerweile zu ständigen Begleitern der Menschen geworden und sind damit ein ideales Instrument für Interaktionen mit öffentlichen Displays. Auch im Bereich der computergestützten Zusammenarbeit mittels sogenannten halböffentlichen Displays können mobile Geräte große Vorteile und Erleichterungen bringen und interessante Anwendungen realisieren. Diese Arbeit stellt einige innovative Entwicklungen aus diesen Bereichen vor. Es werden sowohl einige neue Interaktionstechniken für Mobiltelefone und PDAs als auch komplette (halb-)öffentliche Displaysysteme mit mobilen Interaktionsmöglichkeiten besprochen.

1 Einleitung

Public Displays oder öffentliche Displays sind große Bildschirmsysteme, die an öffentlichen Plätzen angebracht sind, meist an Stellen mit hohem Fußgängeraufkommen und Wartezeiten. Man findet sie heutzutage beispielsweise als Leinwände mit Beamern an U-Bahn Haltestellen, große Rückprojektoren an Bahnhöfen oder riesige LED-Displays in Einkaufsstraßen und -zentren (Abbildung 1). Sie versorgen uns mit aktuellen Nachrichten und Informationen, Wettervorhersagen, Kultur- und Veranstaltungstipps, Werbung oder werden sogar für Kunstprojekte genutzt. Bisher sind mit diesen Displaysystemen jedoch keinerlei Interaktionen möglich, dabei wären sie durch ihre charakteristischen Eigenschaften ideal für verschiedene, interaktive Anwendungsgebiete. Von der einfachen Darstellung persönlicher Nachrichten und Meinungen für die Öffentlichkeit über die Teilnahme an Umfragen bis hin zu gemeinsamen Videospiele sind viele Szenarien denkbar. Die starke Verbreitung und Weiterentwicklung von mobilen Endgeräten wie Mobiltelefonen und PDAs (Personal Digital Assistants) haben ein ideales Instrument für die Interaktion von Menschen mit öffentlichen Displays geschaffen. Neue drahtlose Übertragungstechnologien wie Bluetooth und Wireless LAN oder

der Einbau von digitalen Kameras bringen nie dagewesene Formen von Interaktionsmöglichkeiten hervor. So lässt sich beispielsweise durch Bewegung eines Mobiltelefons mit Kamera ein Cursor steuern. Damit könnten mehrere Leute an einem Spiel auf einem großen Display teilnehmen, wobei jeder sein persönliches Mobiltelefon als Eingabegerät nutzen kann. Komplette Systeme wie die WebWall ermöglichen es, über dem Nutzer bekannte Techniken wie SMS an Umfragen teilzunehmen, Meinungen zu veröffentlichen und vieles mehr.



Abbildung 1. (Links) Großes LED-Display am Kurfürstendamm Berlin [1]. (Rechts) Öffentliches Display in einer U-Bahnstation in Wien [2].

Semi-Public Displays oder halböffentliche Displays sind nicht für jede Person zugänglich, sondern befinden sich in zugangskontrollierten Umgebungen. Meist findet man sie in Bürogebäuden oder Konferenzräumen, wo sich Gruppen von Leuten treffen, um mit Hilfe der Displays an einem Projekt zu arbeiten. Sie besitzen normalerweise eine berührungsempfindliche Bildschirmoberfläche, so dass eine direkte Interaktion mit der Hand oder einem Plastikstift möglich ist. Auch bei dieser Art von Displays bringt der Einsatz von mobilen Endgeräten neue Möglichkeiten, die mit der bisherigen direkten Interaktion nicht denkbar waren. So können z.B. von Mitarbeitern eines Unternehmens zuhause, unterwegs oder im Büro Ideen auf einem PDA vorbereitet werden, die dann bei einem Meeting an das halböffentliche Display geschickt werden.

In dieser Arbeit soll die Vielfalt mobiler Interaktionsmöglichkeiten mit öffentlichen und halböffentlichen Displays vorgestellt werden. Nachdem zuerst Vor- und Nachteile von direkter und mobiler Interaktion gegenübergestellt und diskutiert werden folgt ein Abschnitt mit einigen speziellen Interaktionstechniken für Mobiltelefone und PDAs in Bezug auf (halb)-öffentliche Displays. Schließlich werden einige interessante Displaysysteme vorgestellt, die Interaktionen über mobile Endgeräte auf sehr unterschiedliche Art und Weise realisieren.

2 Mobile vs. direkte Interaktion

Die derzeit auf dem Markt erhältlichen größeren Displaysysteme mit Interaktionsmöglichkeiten beschränken sich auf den halböffentlichen Bereich und bieten

aktuell nur die Möglichkeit der direkten Interaktion des Users mit der Displayoberfläche. Das bekannte SMART Board [3] (Abbildung 2) oder die Produkte von Microtouch [4] arbeiten mit berührungsempfindlichen Displays, den sogenannten Touchscreens. Die Interaktion erfolgt hier mittels der eigenen Hand oder stiftähnlichen Gegenständen, mit denen man das Display berührt. Ähnlich funktioniert die HoloWall [5]: Sie registriert mit Hilfe einer Infrarotkamera Hände oder Objekte, die mit ihr in Kontakt kommen, und reagiert entsprechend. Für das LiveBoard [6] oder das Mimio Virtual Ink-System [7] benötigt man spezielle Werkzeuge für die Eingaben. Beim LiveBoard erkennt eine hinter dem Display angebrachte Photodiode die Position von einem Griffel (Stylus), der mit einer Leuchtdiode (LED) ausgestattet ist und vom Anwender auf dem Display bewegt wird. Durch Verwendung mehrerer Griffel mit unterschiedlichen Lichtintensitäten ist hier auch die Erkennung verschiedener Benutzer möglich. Beim Virtual-Ink-System wird statt der LED ein Ultraschallsender verwendet, das Prinzip ist jedoch das gleiche.



Abbildung 2. (Links) Smartboards im iRoom der Stanford University [8]. (Rechts) Interaktion mit dem Smartboard über das berührungsempfindliche Display [2]

Viele verschiedene technische Umsetzungen, die sich aber in Hinsicht auf die Interaktion sehr ähnlich sind und auch dieselben Stärken und Schwächen aufweisen. Ein klarer Vorteil dieser Systeme in Bezug auf die Usability ist das direkte Mapping. Ein Benutzer steht am Display und bekommt genau an der Stelle eine Rückmeldung, z.B. durch eine Art Mauszeiger, die er gerade mit seiner Hand oder einem Stylus berührt. Dieses Prinzip stößt aber auch schnell an seine Grenzen und zeigt warum die vorgestellten Systeme eigentlich nur im semi-public-Bereich genutzt werden. Vor allem an öffentlichen Plätzen gibt es heute schon Displays, deren Größe die eines Menschen weit übersteigen. Falls überhaupt eine direkte Interaktion möglich wäre, müsste der Benutzer dauernd zwischen einer Überblicksposition weiter entfernt vom Display und einer Interaktionsposition nahe am Display wechseln, was den positiven Aspekt des direkten Mappings sofort zunichte machen würde. Skalierbarkeit in Verbindung mit direkter Interaktion ist also nicht gegeben. Ballagas et al. haben in ihrer Arbeit "BYOD: Bring Your Own Device" [8] weitere elf Designkriterien für Interaktio-

nen mit großen Displays herausgearbeitet. Der Punkt *Portabilität* bezieht sich beispielsweise auf die Tragbarkeit und Mobilität der für die Interaktion benötigten Werkzeuge. Diese wird von den vorgestellten Systemen weitgehend erfüllt, vor allem die Touchscreentechnologie hat den Vorteil, dass die bloße Hand oder ein nahezu beliebiges Objekt für die Eingaben ausreicht. Probleme gibt es jedoch bei den Kriterien *Physische Sicherheit* und *Hygiene*. Öffentliche Displays müssen vor Beschädigungen, Diebstahl und Vandalismus geschützt werden. Außerdem würde bei direkter Interaktion das Display schnell verschmutzen, was sich negativ auf die Nutzungsmotivation der möglichen Benutzer auswirkt. Eine Lösung für diese Probleme wäre das Display so anzubringen, dass es für Menschen physisch unerreichbar ist. Dadurch ist direkte Interaktion aber faktisch ausgeschlossen. Auch Mehrbenutzerfunktionalität, die an öffentlichen, stark frequentierten Plätzen unbedingt nötig wäre, ist bei den genannten Technologien gar nicht oder nur schlecht realisiert.

Für weitergehende Anwendungen wie Datenaustausch und wirklich öffentliche, frei zugängliche Systeme müssen also neue Wege für Interaktionen gefunden werden. Zwei Forschungszweige gehen hierbei in die Richtung der Gesten- und die Spracherkennung. Das Problem bei beiden besteht jedoch in der Filterung des Hintergrundrauschens, sei es in visueller oder akustischer Form. Auf stark besuchten Plätzen kann sich ein etwaiger Benutzer nicht von der Menge abheben, er wird vom System nicht erkannt. Bei der Sprachsteuerung kommt zusätzlich hinzu, dass die Privatsphäre eingeschränkt wird und eventuell andere Personen gestört werden.

Eine weitere Möglichkeit ist die Interaktion durch Verwendung mobiler Vorrichtungen wie Mobiltelefone, PDAs (Personal Digital Assistants) oder speziell für die jeweilige Interaktion gefertigte mobile Geräte. Das große Display kann geschützt angebracht werden und jeder Benutzer kann sich weit genug davon entfernen um es vollständig im Blick zu haben. Jeder besitzt sein eigenes Interaktionsgerät wodurch Mehrbenutzerfunktionalität möglich ist und auch hygienische Anforderungen erfüllt werden. Portabilität ist durch die geringen Abmessungen der Geräte gewährleistet. Außerdem können auch außerhalb der Interaktionsreichweite eines Displays Informationen auf dem persönlichen Gerät vorbereitet, bzw. zu einem früheren Zeitpunkt vom Display heruntergeladene und gespeicherte Daten angesehen werden. Ein Datenaustausch ist somit möglich.

3 Mobile Geräte und spezielle Interaktionstechniken

Mobiltelefone und Personal Digital Assistants eignen sich besonders gut für Interaktionen mit öffentlichen Displays, da sie sehr verbreitet und die Menschen an ihre Funktionsweise gewöhnt sind. Zur Interaktion können beispielsweise über die Telefontastatur bzw. den Stylus Texte eingegeben und an das Display gesendet werden. Zur Steuerung eines Cursors kann der Joystick des Mobiltelefons oder ebenfalls der Stylus verwendet werden. Neben diesen Standardtechniken wurden einige weitere besondere Interaktionskonzepte für diese Geräte im Zusam-

menhang mit großen, öffentlichen Displays entwickelt, die hier kurz vorgestellt werden.

3.1 Mobiltelefone

Das Mobiltelefon ist das verbreitetste mobile Gerät mit den Fähigkeiten eines kleinen Computers. In Deutschland nutzen beispielsweise 78 Prozent der Einwohner, also 4 von 5 Personen, ein Mobiltelefon [9] (Stand 2005). Geräte der neueren Generation besitzen meist einen Joystick, eine eingebaute Kamera, einen Speicher von mehreren Megabytes und unterstützen verschiedene drahtlose Übertragungstechniken: Über Bluetooth lassen sich kostenfreie Ad-hoc-Verbindungen zu anderen Geräten in der näheren Umgebung aufbauen, eingebaute Wireless-LAN-Module können Hi-Speed-Verbindungen zu klassischen Computernetzen aufbauen und das GSM-Netz ist nahezu überall verfügbar. Durch Integration von Virtual Machines für die Micro-Edition der Programmiersprache Java können herstellerunabhängig Programme geschrieben und auf den verschiedensten Modellen ausgeführt werden. Die Menschen haben ihr Mobiltelefon normalerweise bei sich und sie sind es gewöhnt damit umzugehen. Sie sind klein, leicht und ein Bestandteil des Lebens geworden. Da liegt es natürlich nahe das Mobiltelefon als Eingabegerät für Interaktionen mit öffentlichen Displays zu nutzen. Zwei spezielle Ansätze für Mobiltelefone mit eingebauten Kameras werden im folgenden beschrieben.

Sweep - Das Mobiltelefon als optische Maus Bei der Sweep-Technik [10] werden mit Hilfe der eingebauten Kamera des Mobiltelefons in schnellen Abständen Bilder aufgenommen. Ein im Gerät laufendes Verarbeitungsprogramm vergleicht diese Bilder sequentiell, berechnet aus den Differenzen die relative Bewegung des Telefons und überträgt in einem nicht festgelegten Verfahren die Informationen zum Display. Somit kann, wie bei einer optischen Maus, ein Cursor auf einem Display kontrolliert und gesteuert werden (siehe Abbildung 3). Aktiviert wird die Sweep-Funktion indem der Joystick des Mobiltelefons in eine bestimmte Richtung gedrückt und gehalten wird. Um den Arm in eine neue Position zu bringen, ohne den Cursor zu bewegen (entspricht dem Aufheben und Absetzen einer Maus), wird einfach der Joystick kurz losgelassen. Es ist also nur eine Hand nötig, die Kamera kann bequem in jede beliebige Richtung gehalten werden und der Benutzer kann sich voll und ganz auf das große Display konzentrieren. Da die Bewegungsberechnung direkt im Mobiltelefon und nicht im Computer des Displays stattfindet ist eine hohe Anzahl simultaner Benutzer möglich. Das Problem dieses Prototyps ist im Moment noch die schwache Prozessorleistung mobiler Telefone, so dass eine Verzögerung von etwa 200 ms auftritt bis der Effekt einer Bewegung auf dem Display sichtbar wird. Zukünftige Entwicklungen werden jedoch hier für die nötige Leistung sorgen.

Point&Shoot - Selektion mit der Kamera Die Point&Shoot-Technik [10] dient der Selektion von Objekten auf großen Displays und setzt ebenfalls eine integrierte



Abbildung 3. Sweep-Technik: Die Bewegungen des Mobiltelefons werden auf den Cursor des großen Displays übertragen. [10]

Kamera im Mobiltelefon voraus. In Abbildung 4 ist die Funktionsweise des Systems zu sehen: Die Kamera des Mobiltelefons wird auf das zu selektierende Objekt, in diesem Fall ein Puzzleteil, gerichtet (Point). Auf dem Telefonbildschirm, der hier als Sucher dient, wird das aktuelle Kamerabild und ein Fadenkreuz zum Zielen angezeigt. Das öffentliche Display enthält neben den eigentlichen Anzeigen ein Gitter aus visuellen Codes, welche ein absolutes Koordinatensystem bilden (mittleres Bild). Jeder Code ist individuell und besitzt zusätzlich ein eigenes, lokales Koordinatensystem, was ihn unempfindlich für Perspektivenverzerrungen aufgrund verschiedener Standorte der Benutzer macht. Nachdem also das gewünschte Objekt anvisiert ist wird der Joystick gedrückt um die Selektion auszulösen (shoot). Falls mindestens ein Code im aktuellen Bild erkannt wird kann daraus pixelgenau die Position des anvisierten Objektes ausgerechnet und die Koordinaten an das Display weitergeleitet werden.



Abbildung 4. Point&Shoot: (Links) Das Objekt wird mit Hilfe des Telefondisplays anvisiert. (Mitte) Der Joystick wird gedrückt, die visuellen Codes erscheinen für kurze Zeit. (Rechts) Das Objekt wurde erfolgreich ausgewählt. [10]

Ein großes Problem dieses Konzepts ist die Darstellung der Codes auf dem Display. Werden diese ununterbrochen angezeigt stören sie das Gesamtbild massiv. Blendet man sie nur kurz während der Shoot-Phase ein würden wiederum bei Mehrbenutzeranwendungen andere Nutzer abgelenkt werden. Als Lösung könnten hier zukünftige Displaytechnologien dienen, die die Codes für den Menschen

unsichtbar in infrarot anzeigen. Ein weiterer Nachteil für den Benutzer ist der dauernde Blickwechsel zwischen öffentlichem und Mobiltelefondisplay.

In einem Test wurde Point&Shoot einem Vergleich mit dem Sweep-Verfahren und der direkten Eingabe durch einen Mobiltelefon-Joystick unterzogen. Die Probanden mussten in einem festgelegten Zeitrahmen so schnell wie möglich Ziele auf einem großen Display auswählen. Das Ergebnis: Zwischen Point&Shoot und dem Joystick gab es keine deutlichen Unterschiede, die Sweep-Technik war jedoch signifikant langsamer als die beiden anderen Verfahren.

3.2 Personal Digital Assistants

Personal Digital Assistants (PDAs) sind Minicomputer, die meist über ein berührungsempfindliches Touchscreendisplay mit Finger oder Stylus bedient werden. Vor einigen Jahren eigentlich nur für Organizerfunktionen wie Terminkalender und Adressverwaltung genutzt erfreuen sie sich mittlerweile aufgrund neuer Technologien wieder wachsender Beliebtheit. Der weltweite Absatz von PDAs konnte im ersten Quartal 2005 eine Steigerung von 25% verzeichnen [11]. Neuere Modelle verfügen über drahtlose Übertragungstechnologien wie Bluetooth, Wireless LAN oder auch GSM. Die intuitive Bedienung und die leicht tragbaren Eigenschaften machen sie ausserdem zu einem idealen Werkzeug für mobile Interaktionen mit öffentlichen Displays.

Blinde Texteingabe für große Displays Magerkurth und Tandler [12] haben ein System für die Texteingabe auf ein großes Display mittels eines PDA entwickelt. Der Vorteil dieses Konzepts gegenüber der Eingabe mit einem Stylus ist, dass die Interaktion blind erfolgen kann. Der Benutzer kann sich also voll und ganz auf das Display konzentrieren und muss seinen Blick nicht auf den PDA richten. Abbildung 5 zeigt die Funktionsweise: Das berührungsempfindliche PDA-Display wird in vier virtuelle Buttons aufgeteilt. Diese sind groß genug um ihre Position blind zu treffen und werden mit dem Daumen der rechten Hand bedient. Weiterhin sind die Hardware-Buttons des PDA statisch mit den Vokalen A, E, I, O, U belegt. Soll nun eine Texteingabe erfolgen wird mit dem linken Daumen ein Vokal ausgewählt, woraufhin die virtuellen Buttons mit den alphabetisch folgenden Konsonanten belegt werden. Mit der rechten Hand kann nun der gewünschte Buchstabe ausgewählt werden. Es ist geplant das System weiterzuent-



Abbildung 5. Blinde Texteingabe mit dem PDA [12]

wickeln und mit einer Auto-Vervollständigen-Funktion auszustatten, so dass die Texteingabe in Zukunft schneller und effizienter stattfinden kann.

Pick and Drop - Drag and Drop zwischen Displays Die Pick-and-Drop-Technik [13] ist eine besondere Form des aus der PC-Welt bekannten Drag-and-Drop-Verfahrens und ermöglicht die Verschiebung von Datenobjekten zwischen zwei berührungsempfindlichen Displays, also z.B. zwischen einem PDA und einem speziellen Smartboard. Die Displays müssen sich in einem Netzwerk befinden, der PDA kann beispielsweise mobil über WLAN eingebunden werden. Ein möglicher Systemaufbau ist in Abbildung 6 zu sehen. Will ein Benutzer eine Information, die in seinem PDA verfügbar ist, auf dem großen Smartboard anzeigen lassen, so muss er diese zuerst vom PDA "aufgreifen". Dies geschieht indem er sie mit einem speziellen Stift, ähnlich einem Stylus, antippt. Diese Stifte besitzen eine eindeutige ID, welche von den Displays ausgelesen werden kann, falls sich der Stift in unmittelbarer Nähe davon befindet. Sobald ein Objekt aufgegriffen wird, wird die entsprechende Objekt-ID zusammen mit der Stift-ID im Netzwerk zwischengespeichert, wie in der Tabelle in Abbildung 6 zu sehen. Man kann also sagen dass sich die Daten nun virtuell im Stift befinden. Der Benutzer geht nun zum großen Display und nähert den Stift der Oberfläche, berührt sie aber noch nicht. Sobald die Stift-ID ausgelesen werden kann fordert das Display die entsprechende Objekt-ID an und zeigt eine Schattengrafik, die die aufgegriffene Information repräsentiert. Dadurch weiss der Benutzer um welche Art von Daten es sich handelt und er kann das Objekt genau positionieren. Eine kurze Berührung des Smartboards genügt dann um das Objekt an der gewünschten Position fallen zu lassen, woraufhin die entsprechenden Daten auch physisch von dem PDA auf den Computer des Smartboards übertragen werden.

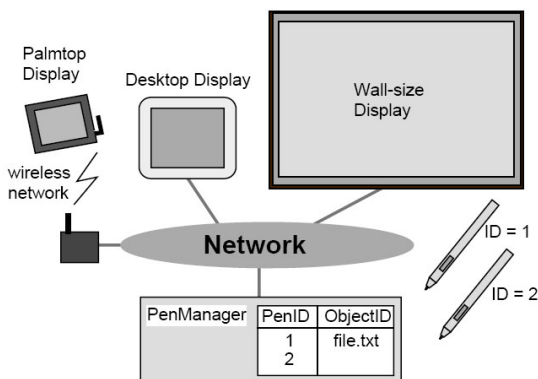


Abbildung 6. Ein Systemaufbau für das Pick-and-Drop-Verfahren [13]

4 Displaysysteme mit mobilen Interaktionsmöglichkeiten und Anwendungen

Im folgenden sollen einige sehr unterschiedliche Entwicklungen aus den Bereichen öffentlicher und halböffentlicher Displays vorgestellt werden, mit denen man über mobile Geräte interagieren kann.

4.1 Shared Notes

Greenberg et al. definieren in ihrem Artikel [14] ein System, mit dem man mit Hilfe von PDAs persönliche Daten öffentlich und öffentliche Daten persönlich machen kann. *Persönliche Artefakte* sind Dinge die nur einer Person gehören und von dieser erstellt oder verändert worden sind. *Öffentliche Artefakte* hingegen gehören einer Gruppe von Menschen und können von allen angesehen und manipuliert werden. Im täglichen Leben werden diese Artefakte oft zwischen dem persönlichen und dem öffentlichen Bereich hin- und hergeschoben. Beispielsweise bereitet man zuhause alleine, also in einem privaten Bereich, Aufzeichnungen für einen Vortrag vor (persönliche Artefakte), die dann bei einem Meeting veröffentlicht und diskutiert werden (öffentliche Artefakte). Falls sich ein Teilnehmer die Aufzeichnungen kopiert und weitere Informationen nur für sich hinzufügt macht er sie damit wieder zu seinen persönlichen Artefakten.

Das Shared Notes System bildet dieses Konzept der realen Welt auf die elektronische Welt ab. Ein Benutzer kann sowohl öffentliche als auch persönliche Aufzeichnungen erstellen, verändern und diese zwischen seinem PDA, einer persönlichen Workstation und einem öffentlichen Display hin- und herschieben. Der PDA bzw. die Workstation übernimmt dabei die Rolle des privaten Bereichs, das große Display enthält die öffentlichen Artefakte. Falls die Daten irgendwo verändert werden, synchronisiert Shared Notes automatisch die verschiedenen Geräte.

Folgendes Szenario dient zur Veranschaulichung: In einer Firma findet ein Meeting statt, in dem die Anschaffung von neuem Equipment für ein Labor diskutiert werden soll. Am Abend zuvor machen sich die Teilnehmer Gedanken darüber welche neuen Dinge benötigt werden. Jeder nimmt seinen PDA zur Hand, erstellt ein neues Meeting und trägt seine Ideen in eine Liste ein. Das linke Bild auf Abbildung 7 zeigt den Inhalt des PDAs. Die Liste erscheint im *Personal Notes*-Bereich und jeder Eintrag kann über das *Annotation Icon* mit zusätzlichen Informationen versehen werden. Eine Checkbox neben jedem Eintrag zeigt an ob der Teilnehmer die Idee mit den anderen teilen will oder nicht. Am nächsten Tag treffen sich alle in einem Konferenzraum, der mit einem großen, halböffentlichen Smartboard [3] ausgestattet ist. Sobald eine Verbindung, z.B. über Bluetooth, mit dem Computer des Display aufgenommen wurde synchronisieren sich die Geräte. Die für die Veröffentlichung bestimmten Einträge jedes Teilnehmers erscheinen nun sowohl auf dem Smartboard (Abbildung 7, mittleres Bild) als auch im *Public Notes*-Bereich jedes PDAs (Abbildung 7, rechtes Bild). Während der Diskussion können nun über direkte Interaktion mit dem Smartboard Einträge verändert, gelöscht, verschoben oder neue hinzugefügt werden. Ausserdem kann

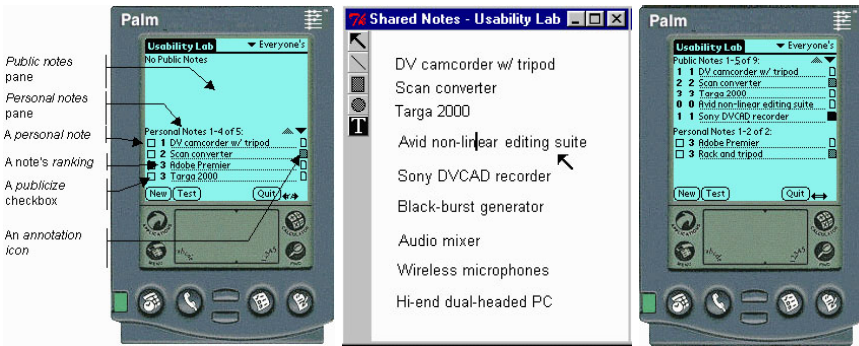


Abbildung 7. (Links) Der Inhalt des PDAs nach Eingabe persönlicher Notizen. (Mitte) Der Inhalt des Smartboards nach Synchronisation mit mehreren PDAs. (Rechts) Der Inhalt des PDAs nach Synchronisation mit anderen Teilnehmern. [14]

jeder Teilnehmer über seinen persönlichen PDA die zusätzliche Informationen, die über das Annotation Icon gemacht wurden, abrufen und weitere Einträge publik machen. Jede Veränderung hat wieder eine Synchronisation zufolge. Am Ende des Meetings zeigt das Smartboard das Ergebnis der Arbeit an und jeder Teilnehmer hat eine Kopie davon im Public Notes-Bereich seines PDAs. Sowohl am öffentlichen Display als auch an jedem PDA kann weitergearbeitet werden. Bei dem nächsten Meeting und erneuter Verbindungsaufnahme werden die Daten wieder abgeglichen werden.

4.2 WebWall

Das WebWall-System [15] [16] ist eine Entwicklung, die es Menschen ermöglicht an öffentlichen Plätzen über dort angebrachte Displays und ihre mobilen Geräte Zugang zu multimedialen Daten zu erhalten, digitale Inhalte mit anderen zu teilen und mit den Mitmenschen auf elektronische Art zu kommunizieren. Alles geschieht über das World Wide Web. Die WebWall-Technologie führt uns einen Schritt weiter vom einfachen Desktop-WWW eines PCs zum allgegenwärtigen, zu jeder Zeit an jedem Ort nahtlos zugänglichen eingebetteten WWW, in diesem Fall über öffentlich verfügbare Displays. Für die Interaktion kann z.B. eine SMS an eine Nummer geschickt werden, die jederzeit sichtbar an den Displays angebracht ist. Oder es wird über eine WLAN-Verbindung mit einem Laptop oder PDA einfach ein Web-Interface geöffnet oder eine Email versendet.

WebWall unterstützt verschiedene Dienstklassen welche sich in ihrer Funktionalität und ihrer Darstellung auf dem Display unterscheiden, Abbildung 8 zeigt eine Übersicht. Mit der Dienstklasse *Note* kann ein Benutzer eine bestimmte Textinformation auf dem Display anzeigen lassen, die von jedem gelesen werden kann. Antworten von anderen Benutzer werden ebenfalls angezeigt und/oder an den Sender der ursprünglichen Nachricht weitergeleitet. Nach einer festgelegten Lebenszeit werden die Anzeigen wieder von der WebWall entfernt. Die Gallery-

und Videoklasse ist für die Darstellung von Multimediainhalten zuständig. Bilder und Filme können zu einem früheren Zeitpunkt über ein Webinterface vorbereitet und abgespeichert, später dann z.B. über eine SMS mit URLs der Öffentlichkeit jederzeit zugänglich gemacht werden. Umfragen, die z.B. aktuelle Themen am Standort der WebWall betreffen, sind mit der Dienstklasse *Polls* möglich. *Auctions* zeigt das aktuelle Höchstgebot für ein angebotenes Produkt an, mit einer Nachricht an die WebWall kann jederzeit mitgeboten werden. Die Klasse *Banner* kann, wie ihr WWW-Pendant, Werbung anzeigen. Als Interaktionsmöglichkeit wäre z.B. denkbar dass sich interessierte Benutzer Gutscheine auf ihr mobiles Gerät senden lassen können. Schließlich gibt es noch die Klasse *WWW*, mit der ganze Webseiten auf dem Display darstellbar sind.

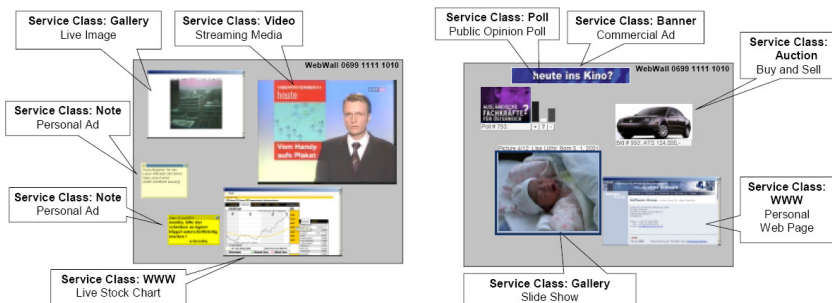


Abbildung 8. Die Dienstklassen der WebWall [15]

Architektur des Frameworks Abbildung 9 zeigt dass das WebWall-Framework konsequent in vier verschiedene Komponenten unterteilt ist. Das *Community Management System (CMS)* ist eine Datenbank mit sämtlichen anpassbaren Informationen wie Benutzerprofilen, Shortcuts etc. Über ein Webinterface können sich neue Benutzer registrieren und Administratoren können die Daten verwalten. Jedes andere Modul kann auf dieses System bei Bedarf zugreifen, z.B. um bei registrierungspflichtigen Anwendungen Benutzerdaten zu überprüfen.

Auf der Eingabeseite befindet sich ein *Request Generator*, welcher eine Anzahl verschiedener Protokolle wie HTTP, Email, vor allem aber auch SMS und WAP unterstützt. Benutzer können mit Objekten auf der WebWall (also mit Serviceklassen) interagieren oder neue Instanzen von Klassen generieren indem sie Nachrichten an diese Komponente schicken. Die Übertragung kann über WLAN IEEE802.11 oder GSM erfolgen. WebWall unterstützt also mit GSM das erste wirklich allgegenwärtige Drahtlosnetzwerk. Der Request Generator empfängt die Nachricht, fügt bei Bedarf Informationen aus dem CMS hinzu bzw. vergleicht Daten und wandelt die Nachricht für die Weiterverarbeitung im *Backend System* in eine XML-Datenstruktur um.

Das Backend-System ist das komplexeste Modul im Framework, in dem auch die beiden Hauptkonzepte der WebWall implementiert sind: *Virtual Displays*

und *Virtual WebWalls*. Ein Virtual Display teilt ein physisches Display in ein Raster aus Quadranten ein. Diese werden dann den zu anzeigenden Serviceklassen zugewiesen. Hat eine neue Serviceklasse keinen Platz mehr kommt sie in eine Warteschlange, bis wieder genügend Quadranten frei geworden sind. Eine Virtual WebWall kann mehrere Virtual Displays enthalten und ist die Repräsentation einer physischen WebWall. Mit den Methoden *add*, *remove* sowie *update* können Dienstklassen erstellt, gelöscht und verändert werden.

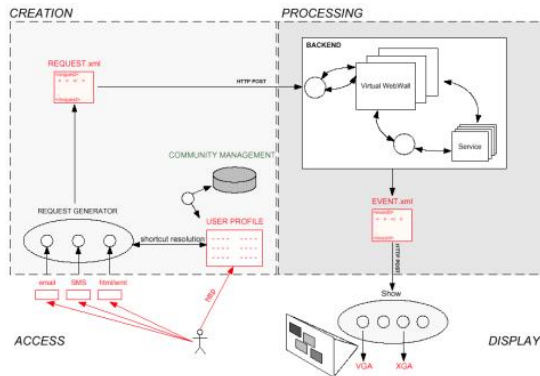


Abbildung 9. Die WebWall Softwarearchitektur [15]

Das *Show Module* schließlich ist für die Anzeige der Ergebnisse aus der Backend-Verarbeitung zuständig. Es interpretiert und rendert die empfangenen Daten, so dass sie auf dem angeschlossenen Display angezeigt werden können.

Durch die strikte Trennung der einzelnen Module ist das System leicht erweiterbar und offen für zukünftige Technologien. So können neue Eingabeprotokolle wie EMS und MMS genauso leicht integriert werden wie neue Displaykonzepte (Laserprojektion etc).

4.3 Hello.Wall mit ViewPort

Ambient Displays übermitteln einem Menschen Informationen durch Veränderung von Licht und Tönen oder Bewegung von Objekten. Der Mensch muss dabei dem Display nicht seine vollständige Aufmerksamkeit schenken, sondern bekommt die Informationen beiläufig mit. Die Hello.Wall [17] (Abbildung 10) ist ein solches Display, welches mit Lichtmustern arbeitet und speziell für den Einsatz an gemeinschaftlichen Plätzen in Organisationen gedacht ist. Während Besucher das Display eher für ein Lichtkunstwerk halten, können die Mitarbeiter über visuelle Codes, also einer bestimmten Anordnung oder Menge von Lichtpunkten, Informationen erhalten. So erhalten sie beispielsweise Aufschluss über atmosphärische Parameter, z.B. wieviele Leute sich noch im Gebäude befinden. In Verbindung mit einem speziellen mobilen Endgerät, dem sogenannten ViewPort, können zudem Lichtmuster dekodiert, Informationen heruntergeladen oder

Zeichen an das Display gemalt werden. Da das ViewPort ein persönliches Gerät ist, eignet es sich auch um z.B. persönliche Nachrichten zu empfangen, die über die Hello.Wall angekündigt werden.



Abbildung 10. (Links) Die Hello.Wall. (Mitte) Interaktion mit einer Zelle. (Rechts) Viewport. [17]

Abbildung 11 zeigt den Aufbau eines Prototyps der Hello.Wall und des ViewPorts. Das System benutzt zwei verschiedene Arten von RFID-Transpondern und -Lesern mit unterschiedlicher Reichweite. Im oberen Bereich der Wall befinden sich 124 runde Zellen, die das eigentliche Display ausmachen. Jede kann durch LEDs einzeln beleuchtet werden und besitzt einen RFID-Transponder für Leser mit geringer Reichweite. Im unteren Bereich finden sich ein PC, ein WLAN-Access Point zur Kommunikation mit den Viewports sowie ein RFID-Leser mit großer Reichweite. Der Viewport ist ähnlich wie ein PDA aufgebaut. Er besitzt ein berührungsempfindliches Displays und einen WLAN-Adapter zum Datenaustausch mit der Hello.Wall. Durch den eingebauten RFID-Leser mit kurzer Reichweite kann der ViewPoint jede einzelne Zelle, vor der er sich mit geringen Abstand befindet, eindeutig identifizieren. Und durch den RFID-Transponder im mobilen Gerät kann die HelloWall vorbeilaufende Benutzer mit Viewports über mehrere Meter erkennen und entsprechend reagieren.

Diese Architektur mit den verschiedenen RFID-Lesern lässt den Bereich vor einer Hello.Wall in 3 verschiedene Interaktionszonen unterteilen, wie es Abbildung 11 (rechts) zeigt. Falls sich alle Benutzer mit ihren Viewports außerhalb der Reichweite der Sensoren bewegen, die Hello.Wall jedoch sichtbar ist, spricht man von der *Ambient Zone*. Das Display zeigt hierbei ein sogenanntes Standby-Muster an, welches allgemeine Informationen repräsentiert, unabhängig von Personen. Zum Beispiel könnte man über die Anzahl der leuchtenden Punkte auf die Menge der sich noch im Gebäude befindlichen Mitarbeiter schließen. Bewegt sich eine Person näher am Display vorbei, so dass ihr Viewport von dem RFID-Leser in der Hello.Wall erfasst werden kann, ändert sich das Stand-By-Muster in ein Mitteilungs-Muster und man befindet sich in der *Notification-Zone*. Das angezeigte Muster ist nun speziell für die vorbeigehende Person oder eine Gruppe, zu der die Person gehört, ausgelegt. Es kann auch geheim sein, so dass nur diese Leute wissen was es bedeutet. Gibt es weitere Informationen zu dem Muster, z.B.

eine eingegangene Nachricht, wird diese automatisch auf dem ViewPort angezeigt. Mit dem kleinen mobilen Gerät kann man sich auch Hilfe zu bestimmten Mustern anzeigen lassen, Informationen downloaden oder zwischen mehreren Mustern blättern. Stellt man sich nun direkt vor das Display befindet man sich in der *Cell Interaction Zone*. Man kann nun mit Hilfe des ViewPorts mit jeder einzelnen Zelle interagieren, sozusagen Informationen herauslesen oder dort hinterlassen.

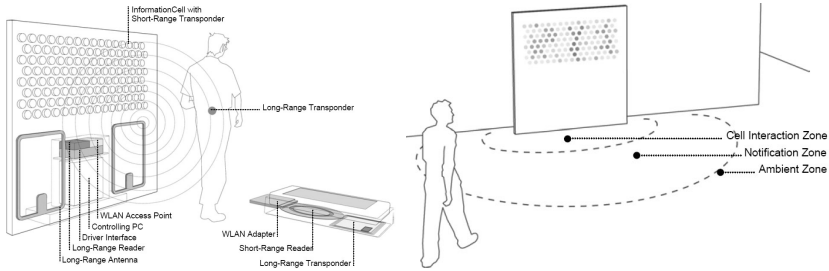


Abbildung 11. (Links) Kommunikations- und Sensorinfrastruktur von Hello.Wall und Viewport. (Rechts) Die drei Interaktionszonen. [17]

Die Hello.Wall wurde 2002 auf einer Ausstellung vorgestellt und für Umfragen sowie zum Spielen benutzt. Das Stand-By-Muster bestand aus der Anzeige des aktuellen Standes der Befragungen. Interessierte Besucher bekamen einen Viewport und näherten sich dem Display. Sobald sie in die Notification Zone eintraten wurde auf der Hello.Wall ein Muster angezeigt, welches den Besucher aufforderte seinen Blick auf den Viewport zu richten. Dort wurde eine Willkommensnachricht angezeigt, es gab eine kurze Einführung in die Lichtmuster und schließlich wurde gefragt ob man an der Abstimmung teilnehmen will. Nach jeder Frage zeigte das Display dann den neuen Stand der Befragung und einen wandernden Lichtpunkt als Feedback für die Eingabe. Nach der letzten Frage bedankte sich die HelloWall mit einem Muster, welches an ein lachendes Gesicht erinnert. Der ViewPort lud den Besucher auf ein Memory-Spiel ein. Dabei wurden zufällig Punkte auf dem Display beleuchtet, die jeweils für eine Memorykarte standen. Der Besucher betrat die Interaction-Zone und konnte mit dem Viewport die Karten "aufdecken", indem er das Gerät einfach nahe genug an die jeweilige Zelle hielt. Das zugehörige Bild wurde dann auf dem Viewport angezeigt. Da die Zellen unabhängig sind konnten auch mehrere Besucher gleichzeitig spielen.

4.4 Mobile Interaktion mit Hermes Office und Photo Displays

Das Hermes System wurde an der Universität Lancaster entwickelt und besteht aktuell aus zwei verschiedenen Arten von Displays. Die *Hermes Office Displays* sind kleine Bildschirme, die in Gebäuden vor jeder Bürotür angebracht werden.

Dort können sowohl von dem Büroinhaber als auch von Besuchern Nachrichten hinterlassen werden, ähnlich wie man es von den PostIt-Zetteln kennt. In der ursprünglichen Version der Office Displays [18] (Abbildung 12, links) wurden diese Nachrichten vom Besitzer über ein Webinterface eingetragen oder per Mobiltelefon als SMS verschickt und über ein SMS-Gateway an das Display weitergeleitet. Besucher konnten über das berührungsempfindliche Display und einem Stylus, wie bei einem PDA, Texte auf dem Display hinterlassen. Diese wurden dann nach Eingabe vom Display entfernt, waren also für andere Besucher nicht mehr sichtbar. Der Besitzer konnte die Nachrichten dann später wiederum über das Webinterface abrufen. Probleme gab es bezüglich der Sicherheit der Displays. Da diese wegen der direkten Interaktion über ein Touchscreen physisch leicht zugänglich sein mussten wurden mehrere Einheiten gestohlen. Bei der neuen Generation der Hermes Office Displays [19] soll deshalb die Interaktion von Besuchern nur noch über deren persönliche, mobile Endgeräte erfolgen, wie es in Abbildung 12 in der Mitte dargestellt ist. Der Besucher kann mit seinem Mobiltelefon oder seinem PDA eine Nachricht erstellen, über die Tastatur oder bei Geräten mit berührungsempfindlichen Displays sogar handschriftlich (Abbildung 12 Rechts). Dann wird über Bluetooth eine Verbindung mit dem Display aufgebaut und die Nachricht verschickt. Zudem kann sich der Besucher vom Display persönliche Kontaktinformationen (vCards) des Besitzers runterladen. So hat er beispielsweise die Möglichkeit zu einem späteren Zeitpunkt anzurufen, falls er die gewünschte Person nicht angetroffen hat. Die eingeschränkte Reichweite von Bluetooth ist hier sogar ein Vorteil, da der Besucher sich in unmittelbarer Nähe des Displays befinden muss und niemand von einem weiter entfernten Punkt ein Display mit ungewolltem Nachrichten zumüllen kann.



Abbildung 12. (Links) Ein frühes Modell des Hermes Office Displays. (Mitte) Interaktion mit dem Office Display über ein Mobiltelefon. (Rechts) Die hinterlassene Nachricht. [18]

Die *Hermes Picture Displays* [19] sind größer als die Office Displays und befinden sich auf den Korridoren im Gebäude. Sie besitzen ebenfalls eine berührungsempfindliche Bildschirmoberfläche. Per MMS oder Email können Mitarbeiter Bilder und Fotos senden, die dann wie im linken Bild auf Abbildung 13 auf einem bestimmten Display angezeigt werden. Dazu muss der Mitarbeiter regis-

triert sein und die Betreffzeile der Email bzw. die ersten Zeichen der MMS eine eindeutige Kennung des Displays enthalten, z.B. "PUB LOC C FLOOR". Das Display zeigt dann eine Präsentation der von verschiedenen Nutzern gesendeten Bilder. Ausserdem kann es vCards, also persönliche Informationen wie z.B. Name, Email oder Telefonnummer zusammen mit einem Foto des registrierten Mitarbeiters anzeigen. So kann z.B. ein visuelles Mitarbeiterverzeichnis realisiert werden. Auch die Picture Displays sollen durch Bluetooth-Verbindungen zusätzliche Funktionen und Interaktionsmöglichkeiten erhalten, z.B. das Herunterladen von Bildern oder vCards auf das persönliche, mobile Endgerät.

Für die Kommunikation mit den Hermes Displays über Bluetooth werden verschiedene Interaktionsideen und Benutzerschnittstellen untersucht. Als Beispiel werden hier einige Techniken vorgestellt, mit denen ein Nutzer mit einem Mobiltelefon eine vCard zu einem bestimmten Foto herunterladen kann. Bei der *asynchronen Interaktion* kann jeweils nur ein Nutzer eine Verbindung mit dem Display aufnehmen. Eine spezielle Software im Mobiltelefon wird jedoch nicht benötigt, die im Endgerät bereits vorhandene Bluetooth Applikation kann für das Senden und Empfangen von Bildern und vCards genutzt werden. Zuerst muss der Nutzer eine Verbindung mit dem Display aufnehmen. Dazu sucht er mit seinem mobilen Endgerät nach Bluetoothgeräten in seiner Reichweite. Das Display wird gefunden und kann ausgewählt werden. Soll nun ein Bild oder eine vCard heruntergeladen werden wird auf dem Hermes Display einfach das entsprechende Objekt angetippt. Daraufhin sendet das Display die Daten zum Mobiltelefon, wo sie auf eine Nachfrage hin empfangen werden können.

Für die Unterstützung mehrerer gleichzeitiger Benutzer, also für die *synchrone Interaktion*, müssen andere Wege gefunden werden. Bei der ersten Verbindung mit einem Hermes Display wird der Nutzer aufgefordert eine kleine Java-Anwendung auf seinem Mobiltelefon zu installieren. Falls er einverstanden ist, wird diese direkt über die Bluetooth-Verbindung heruntergeladen und ausgeführt. Es gibt mehrere Möglichkeiten für die Implementierung der Anwendung:

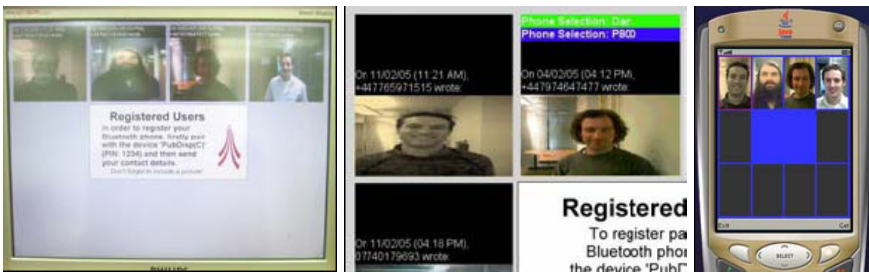


Abbildung 13. (Links) Das Hermes Photo Display mit der Anzeige von Bildern. (Mitte) Farbmethode: Zwei verbundene Benutzer haben gleichzeitig eine vCard ausgewählt. (Rechts) Die Java-Anwendung zeigt Miniaturausgaben der vCard-Fotos. [19]

Bei der Farbmethode wird jedem Nutzer eine zufällige Farbe zugeteilt. Diese erscheint zur Information einerseits auf dem Display des mobilen Gerätes, andererseits wird damit das gerade ausgewählte Bild auf dem Hermes Display hervorgehoben, wie im mittleren Bild auf Abbildung 13 zu sehen. Mit dem Joystick des Mobiltelefons kann nun zwischen den verschiedenen Bildern navigiert werden. Beim Druck auf einen OK-Button wird dann die vCard des aktuell ausgewählten Bildes an das Mobiltelefon übertragen.

Die ID-Methode geht einen einfacheren Weg. Jedes Bild bekommt eine eindeutige ID in Form einer Nummer zugewiesen. Der Nutzer tippt diese ID in die Java-Anwendung auf dem Mobiltelefon und bekommt die entsprechende vCard zugesandt.

Eine dritte Möglichkeit besteht darin, zuerst alle Bilder als Miniaturausgaben an das Mobiltelefon zu übertragen. Abbildung 13 zeigt auf der rechten Seite einen Prototypen. Mittels des Joysticks kann dann wieder das gewünschte Bild ausgewählt werden, woraufhin die entsprechende vCard angefordert wird.

Die synchrone Interaktion ist wegen der nötigen Java-Applikation natürlich fragwürdig bezüglich Benutzerfreundlichkeit, Sicherheit und Vertrauen des Nutzers. Diese Punkte müssen noch genauer untersucht werden.

5 Diskussion und Ausblick

Mobile Geräte wie Mobiltelefone und PDAs schaffen völlig neue Möglichkeiten für Interaktionen mit öffentlichen und halböffentlichen Displays. Vor allem für große, öffentliche Displays, bei denen eine direkte Interaktion aufgrund der Ausmaße und wegen Sicherheitsaspekten bisher nicht möglich war, stellen sie ein interessantes Instrument dar, um die bisher statischen Anzeigen mit interaktiven Anwendungen zu erweitern. Leider gibt es nach meiner Recherche aus diesem Bereich bisher sehr wenige Studien und Forschungsansätze was Anwendungsgebiete betrifft. Das WebWall-System als interessantester Vertreter dieser Gattung kann unter anderem persönliche Texte und Bildergalerien anzeigen. Seine eigene Meinung zu publizieren kann für andere, unbekannte Personen sicherlich interessant sein und ist über die SMS-Schnittstelle auch problemlos möglich. Bei persönlichen Bildern ist das ganze allerdings schon fragwürdiger, vor allem wenn diese vorher über ein Webinterface vorbereitet werden müssen. Vorstellbar wäre hier vielleicht höchstens ein persönliches Portrait zu einer Meinung oder eine Art öffentlicher Fotowettbewerb. Allerdings eröffnen sich durch die Schichtenarchitektur der WebWall und die damit verbundene problemlose Erweiterbarkeit des Systems mit neuen Technologien wie MMS wieder neue, interessante Anwendungsgebiete. Vor allem in Umgebungen mit großen Ansammlungen von Menschen und einem thematischen Schwerpunkt ergeben sich interessante Szenarien. Man stelle sich ein großes Event, z.B. ein Open-Air-Festival vor. Jeder, der im Besitz eines Mobiltelefons mit eingebauter Kamera ist, kann Foto- oder kleine Videoaufnahmen von der Umgebung, von Veranstaltungen und Besuchern machen. Diese werden dann per MMS auf riesige WebWalls transferiert, die sich auf dem Veranstaltungsgelände befinden. Zu jedem Bild könnte auch noch eine Num-

mer angezeigt werden, die als SMS verschickt dazu führt, dass man das jeweilige Bild als MMS auf sein persönliches Mobiltelefon erhält. Vieles ist denkbar, es müsste jedoch aufgrund der Öffentlichkeit des Displays sowohl bei Texten als auch bei Bildern immer eine Kontrollinstanz zwischengeschaltet sein, die gegen das Gesetz verstößende oder beleidigende Inhalte herausfiltert.

Beim Einsatz von mobiler Interaktion mit halböffentlichen Displays zur Erweiterung der direkten Interaktionsmöglichkeit ist vor allem die Mehrbenutzerfunktionalität und der Datenaustausch ein großer Vorteil. Wird nur mit dem berührungsempfindlichen Display gearbeitet, kann meist nur eine Person damit interagieren. Bringt aber jeder Nutzer sein eigenes mobiles Endgerät mit, kann, wie bei dem SharedNotes-System, gleichzeitig gearbeitet werden. Ausserdem können vorbereitete Informationen vom mobilen Endgerät auf das Display gespielt werden und umgekehrt. Durch den Einsatz von Drahtlosnetzwerken wie WLAN oder Bluetooth kann der Vorgang auch weitgehend automatisiert werden. Vor allem das kostengünstige Bluetooth eignet sich hervorragend für den Einsatz mit halböffentlichen Displays, da sich der Nutzer hier normalerweise in unmittelbarer Nähe und damit in Reichweite eines Display-Bluetooth-Moduls befindet. Die geringe Reichweite des Verfahrens kann sogar von Vorteil und gewünscht sein, wie es bei dem Hermes-System der Fall ist.

Displaysysteme, die zwar Interaktionen über mobile Geräte ermöglichen, dafür aber spezielle Geräte benötigen, werden es mit der Akzeptanz bei den Nutzern sicher schwieriger haben. Die Hello.Wall benötigt als Eingabegerät den sogenannten ViewPort. Soll dieser wirklich als persönliches Artefakt dienen, soll also beispielsweise jeder Mitarbeiter einer Firma einen eigenen ViewPort besitzen, wird es schwierig mit der Portabilität. Jede Person besitzt schon ein Mobiltelefon, viele auch einen PDA. Da bedarf es schon großer Vorteile dass man auch noch ein drittes Gerät mit sich herumträgt.

Bei den vorgestellten Interaktionstechniken für Mobiltelefone mit Kameras darf man auf weitere Entwicklungen gespannt sein. Steigt die Prozessorleistung in den Geräten erstmal soweit an, dass bei dem Sweep-Verfahren keine Verzögerungen mehr sichtbar sind (was in absehbarer Zeit sicherlich verwirklicht wird), wird man interessante Anwendungen verwirklichen können. So könnte man sich über das Point&Shoot-Verfahren und einem visuellen Code, in dem eine Bluetoothadresse kodiert ist, mit einem Display verbinden. Daraufhin könnte man mit der Sweep-Technik gegen andere Nutzer beispielsweise Videospiele wie Pacman spielen. Eine denkbare und interessante Anwendung für Umgebungen mit längeren Wartezeiten, wie Flughäfen oder Bahnhöfe. Andere Interaktionstechniken, wie die blinde Texteingabe mit dem PDA, sind zwar ein interessanter Ansatz, aber fragwürdiger in ihrer Durchsetzung. Der Nutzer muss eine völlig neue Technik lernen, die sich gegen altbewährte Verfahren wie die Eingabe über einen Stylus durchsetzen muss. Da nimmt man es wohl eher in Kauf den Blick öfter zwischen PDA und Display zu wechseln. Leider verheimlichen die Autoren hier auch wie sie es schaffen mit vier virtuellen Buttons und 5 Hardware-Buttons auf 26 Buchstaben zu kommen.

Literatur

1. Pirch, M., Thyges, M., Kemsas, G., Landschreiber, A.: Strictly Public - Transmediale 04. <http://www.strictlypublic.org/projekte/transmediale04/transmediale.html> (2004)
2. Damm, C.H.: The Knight Project. <http://www.daimi.au.dk/~knight/tour.html> (2005)
3. SMART Technologies Inc.: SMART Board interactive whiteboards. <http://www.smarttech.com> (2004)
4. 3M: 3M Touch Systems. <http://www.microtouch.com> (2005)
5. Matsushita, N., Rekimoto, J.: Holowall: designing a finger, hand, body, and object sensitive wall. In: Proceedings of UIST. (1997) 209–210
6. Elrod, S., Bruce, R., Gold, R., Goldberg, D., Halasz, F., Janssen, W., Lee, D., McCall, K., Pedersen, E., Pier, K., Tang, J., Welch, B.: Liveboard: A large interactive display supporting group meetings, presentations and remote collaboration. In: Proc. of CHI-92, Monterey, CA (1992) 599–607
7. Virtual Ink Coporation: mimioBoard. <http://www.mimio.com> (2005)
8. Ballagas, R., Rohs, M., Sheridan, J., Borchers, J.: Byod: Bring your own device. In: UbiComp 2004 Workshop on Ubiquitous Display Environments, Nottingham, UK (2004)
9. Winter, M.A.: Vier von fünf Deutschen nutzen ein Handy. <http://www.teltarif.de/arch/2005/kw14/s16758.html> (2005)
10. Ballagas, R., Rohs, M., Sheridan, J.G., Borchers, J.: Sweep and point & shoot: Phocam-based interactions for large public displays. In: CHI '05: Extended abstracts of the 2005 conference on Human factors and computing systems, Portland, Oregon, USA, ACM Press (2005)
11. Kort, T., Cozza, R., Maita, K., Tay, L.: PDA Market Has Record First Quarter, Growing 25 Percent. <http://www.heise.de/newsticker/meldung/59305> (2005)
12. Tandler, P., Magerkurth, C.: Interactive walls and handheld devices - applications for a smart environment. <http://www.ipsi.fraunhofer.de/ambiente/collabtablewallws/papers/Magerkurth,%20IPSI,%20pospaper.pdf> (2002)
13. Rekimoto, J.: Pick-and-drop: A direct manipulation technique for multiple computer environments. In: ACM Symposium on User Interface Software and Technology. (1997) 31–39
14. Greenberg, S., Boyle, M., Laberge, J.: PDAs and Shared Public Displays: Making Personal Information Public, and Public Information Personal. *Personal and Ubiquitous Computing* **3** (1999)
15. Ferscha, A., Vogl, S.: Pervasive web access via public communication walls. In: *Pervasive*. (2002) 84–97
16. Ferscha, A., Kathan, G., Vogl, S.: Webwall - an architecture for public display www services. <http://www2002.org/CDROM/alternate/701/index.html> (2002)
17. Streit, N., Prante, T., Röcker, C., Alphen, D.V., Magerkurth, C., Stenzel, R., Plewe, D.: Ambient displays and mobile devices for the creation of social architectural spaces: Supporting informal communication and social awareness in organizations. In O'Hara, K., Perry, M., Churchill, E., Russel, D., eds.: *Public and Situated Displays: Social and Interactional Aspects of Shared Display Technologies*, Netherlands, Kluwer Academic Publisher (2003) 387–409
18. Cheverest, K., Fitton, D., Dix, A., Rouncefield, M.: Exploring situated interaction with ubiquitous office door displays. In Viller, S., Wyeth, P., eds.: *Proceedings of the 2003 Australasian Computer-Human Conference*, Canberra, CHISIG (2003) 74–83

19. Cheverest, K., Dix, A., Fitton, D., Kray, C., Rouncefield, M., Salsis-Lagoudakis, G., Sheridan, J.G.: Exploring mobile phone interaction with situated displays. In: PERMID Workshop Pervasive 2005. (2005)