

# Studienausarbeitung

Marcus Rödiger

Multitouch – Technik & Technologien

Marcus Rödiger  
Multitouch – Technik & Technologien

Studienarbeit eingereicht im Rahmen des Masterstudienganges AW1  
im Studiengang Angewandte Informatik  
am Department Informatik  
der Fakultät Technik und Informatik  
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Abgegeben am 30. Juni 2007

**Marcus Rödiger**

**Thema der Bachelorarbeit**

Multitouch – Technik & Technologien

**Stichworte**

Touch, Multitouch, Bildschirm

**Kurzzusammenfassung**

Auseinandersetzung mit dem Thema Toucheingabegeräte und Displays mit dem Focus auf Multitoucheingabegeräte.

**Marcus Rödiger**

**Title of the paper**

Multitouch – Technic & Technologie

**Keywords**

Touch, Multitouch, Display

**Abstract**

Examination with touchinputdevices and displays. Focus on multitouchinputdevices.

## INHALT

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>3</b>
1.1	Kurzfassung .....	3
1.2	Abgrenzung.....	3
1.3	Motivation .....	3
1.4	Szenario .....	3
<b>2</b>	<b>Was ist Single-/Multitouch? .....</b>	<b>4</b>
2.1	Singletouch .....	4
2.2	Multitouch .....	5
2.3	Vorteile der Eingabe mittels Single-/Multitouchdisplay .....	6
<b>3</b>	<b>Historische Entwicklung von Multitouchsystemen.....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Sensortechniken bei Touchsystemen .....</b>	<b>8</b>
4.1	Resistive Technik.....	8
4.2	Kapazitive Technik .....	9
4.3	Oberflächenwellen Technik (SAW).....	9
4.4	Infrarot Technik .....	10
4.5	Optische Technik .....	10
4.5.1	Erfassung von der Seite.....	10
4.5.2	Erfassung von Vorne .....	11
4.5.3	Erfassung von Hinten (Rückprojektion) .....	11
<b>5</b>	<b>Heutiger Stand.....</b>	<b>12</b>
5.1	FloatIng.nuMBERs .....	12
5.2	CityWall .....	13
5.3	Game Burbank Mall .....	13
5.4	iPhone .....	14
5.5	Surface.....	14

<b>6</b>	<b>Ausblick .....</b>	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>Fazit .....</b>	<b>15</b>
<b>8</b>	<b>Quellen .....</b>	<b>16</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Kurzfassung

In dem folgenden Text geht es um Multitouch Eingabegeräte. Er beschreibt die aktuell eingesetzten Techniken von Multitouchgeräten, die historische Entwicklung von Geräten welche Toucheingabe verwenden, den aktuellen Stand der Forschung und er enthält einen Ausblick über die zukünftigen Entwicklungen von Multitouch Systemen.

## 1.2 Abgrenzung

In dem folgenden Text wird sich auf die technische Umsetzung eines Multitouch Systems in Kombination mit einem Anzeigegerät konzentriert. Dabei geht es insbesondere um den Aufbau der Sensorhardware. Nicht Teil dieser Arbeit ist die Betrachtung von Multitouch verwendenden Applikationen und Fragen der Usability. Auf Teile dieses Themas geht Stefan Gehen in seiner Ausarbeitung „Eingabepformance von Multitouch-Displays am Beispiel von Spielen“ detaillierter ein.

## 1.3 Motivation

Der Forschungsbereich für Eingabegeräte von Computersystemen ist genauso alt wie die Systeme selber. Jedoch hat sich in den letzten Jahrzehnten die Eingabe mittels Tastatur und Maus, in den Kernbereichen durchgesetzt. Insbesondere das Paradigma der Eingabe mit nur einer Maus und einem dazugehörigen Mauszeiger ist in vielen Bereichen fest verankert. Dieses Paradigma könnte in weiten Bereichen von den immer besser werdenden Multitouchsystemen verdrängt werden. Die Eingabe mit mehr als einem Zeigerelement und die Möglichkeit Objekte auf einem Display direkt berühren zu können, bilden Stärken von Multitouchsystemen, welchem diesem das Potenzial geben könnten sich in vielen Anwendungsbereichen zu etablieren. Daher besteht mit diesem Text das Bestreben, einen Überblick über den aktuellen Stand der Technik von Multitouch Systemen zu geben und weitere Forschungsgebiete und Ansätze aufzuzeigen.

## 1.4 Szenario

Die erste Frage welche sich stellt lautet. In welchen Bereichen kann die Eingabe mittels Multitouchdisplay nützlich sein. Als Szenario wird hier eine Umgebung im Kontext des Collaborative Workplace angenommen. Das Beispiel ist ein fiktiver Leitstand für Rettungseinsätze bei mittleren und großen Einsätzen. Dieser Leitstand soll allen Einsatzgruppen wie Polizei, Technisches Hilfswerk oder

Feuerwehr gleichzeitig zur Verfügung stehen und sie bei ihrer Arbeit unterstützen. Die Anforderung an einen solchen Raum und das in ihm enthaltene Equipment sind sehr speziell. Im Folgenden sollen die wichtigsten Anforderungen aufgelistet werden.

- Für alle Personen leicht zugängliche Eingabegeräte.
- Leichte Bedienung ohne große Einarbeitung/Schulung.
- Eingabe möglichst ohne zusätzliche schwerfällige Eingabegeräte wie z.B. Maus oder Joystick.
- Benutzung der Geräte auch in Schutzanzügen. (z.B. dicken Handschuhen)



Die Benutzung von multitouchfähigen Bildschirmen in diesem Rettungsleitstand wäre eine Möglichkeit, die gestellten Anforderungen dieses Szenarios Ganz oder zumindest annähernd Komplet zu erfüllen. Die mögliche Lösung ist die natürliche Eingabe mittels multitouchfähige Standdisplays oder Tischbildschirme.

## 2 Was ist Single-/Multitouch?

Single- und Multitouchgeräte sind Geräte zur Mensch zu Computer Eingabe. Durch Kombination mit Ausgabedispays wird daraus ein komplettes interaktives Ein-/Ausgabeobjekt zwischen Mensch und Maschine.

### 2.1 Singletouch

Singletouch oder einfach nur Touch bedeutet die Eingabe über eine Fläche mit berührungsempfindlichen oder Positionsbestimmenden Sensoren. Das heißt ein Sensorfeld erkennt auf einer meist rechteckigen Fläche die zweidimensionale Position bzw. den Druckpunkt eines Objektes. Objekte sind bei Touch meistens die Finger des Benutzers. Zur Verbesserung der Genauigkeit wird teilweise auch ein spezieller minenloser Stift verwendet mit dem das Sensorfeld berührt wird. Einige Modelle von Touchfeldern können neben der Position auch die Druckstärke und Orientierung des Objektes messen und so die Eingabe des Benutzers flexibler gestalten. Singletouch hat im Gegensatz zu Multitouch die Eigenschaft nur eine Position (zum Beispiel nur einen Finger des Benutzers) auf dem Sensorfeld zurzeit erfassen zu können. Dadurch kann zum Beispiel immer nur ein

Button zurzeit selektiert werden und mehrere Personen an so einem Touchfeld können ihre Eingabe nicht gleichzeitig durchführen. Singletoucheingabefelder und Singletouchdisplays sind in vielen Bereichen bereits etabliert. Fast jedes moderne Notebook besitzt ein Singletoucheingabefeld zur „Simulation“ der Mauseingabe. Ein anderes Beispiel sind neuere Fahrkartenautomaten, welche über einen berührungsempfindlichen Bildschirm verfügen. Über das Sensorfeld kann der Benutzer die von ihm gewünschte Fahrkarte auswählen oder erweiterte Informationen abrufen.



## 2.2 Multitouch

Multitouch enthält dieselben Eigenschaften wie Singletouch. Jedoch ist Multitouch nicht nur auf die Erkennung einzelner Punkte beschränkt. Das Sensorfeld von Multitouchgeräten ist in der Lage zwei oder auch mehr Druckpunkte bis hin zu ganzen Flächen von Objekten gleichzeitig zu erfassen. Dadurch ist eine neue Form der Eingabe, weg vom Paradigma der Eingabe ausschließlich mit Maus und Tastatur, möglich. Die Eigenschaft mehrere Punkte gleichzeitig zu erfassen macht es darüber hinaus möglich mit mehreren Benutzern gleichzeitig an einem Eingabefeld zu arbeiten. Zum Beispiel um einen in einem Tisch eingelassenen Multitouchbildschirm.



Von zweifach oder auch Doublemultitouch wird gesprochen, wenn vom System die Position maximal zwei Punkten gleichzeitig erfasst werden können.

## 2.3 Vorteile der Eingabe mittels Single-/Multitouchdisplay

Die Vorteile der Eingabe mittels Single oder Multitouchfähigem Display im Gegensatz zur konventionellen Eingabe mittels Maus, ist die leichte und unkomplizierte Benutzung des Systems. Hände bzw. Finger sind natürliche Werkzeuge des Menschen, welche er täglich benutzt und trainiert. Durch den Wegfall von Eingabegeräten wie Maus oder Joystick und die direkte Antwort auf die Eingabe des Benutzers mittels des unter dem Sensorfeld liegenden Bildschirms wird eine direktere Interaction zwischen dem Benutzer und der Maschine erreicht. Die bessere Möglichkeit physikalische Eigenschaften bei der Eingabe zu simulieren lässt die Objekte auf dem Bildschirm für den Benutzer realer erscheinen. Ein Beispiel sind Fotosammlungen, welche auf dem Touchdisplay angezeigt werden und durch einfache und natürliche Gesten verschoben, gedreht, vergrößert oder verkleinert werden können. Durch die Abbildung realer, physikalischer Eigenschaften und der Verzicht auf zusätzliche Eingabegeräte ist es auch Benutzern ohne Vorkenntnisse möglich, intuitiv die Benutzung von Touchdisplays zu erlernen. Multitouch bietet darüber hinaus erweiterte natürliche Eingabemöglichkeiten wie zum Beispiel das Dehnen von Objekten mit zwei Fingern oder die Erkennung von Objektflächen.

## 3 Historische Entwicklung von Multitouchsystemen

Im folgenden Abschnitt wird ein kleiner Auszug der historischen Entwicklung von Multitouchsystemen gegeben. Eine umfangreichere Liste gibt es unter **[BILL BUXTON]**.

- Das wohl erste Eingabegerät, welches im weitesten Sinne als Multitoucheingabegerät bezeichnet werden kann ist die heute zu jedem PC gehörende Tastatur. Eine Tastatur ist ein Feld aus Drucksensoren, welche bei Betätigung eine bestimmte Aktion auslösen. (z.B. einen Buchstaben schreiben.)
- **1982: Flexible Machine Interface** (Nimish Mehta , University of Toronto).  
Benutzung einer gefrorenen Glasscheibe mit Kamera zum Malen von Bildern.
- **1983: Video Place / Video Desk** (Myron Krueger)  
Erkennung des Umrisses von Hand und Finger durch ein kamerabasiertes Bildmustererkennungssystem.
- **1985: Multi-Touch Tablet** (Input Research Group, University of Toronto)  
Kapazitives Multitouchtablet mit der Erkennung mehrerer Punkte gleichzeitig.
- **1985: Multi-Touch Screen** (Bell Labs, Murray Hill NJ)  
Multitouch Display aufgesetzt auf einem CRT-Monitor zum Manipulieren von grafischen Objekten
- **1991: Digital Desk** (Pierre Wellner, Rank Xerox EuroPARC, Cambridge)  
Multitouchdisplay mit optischen und akustischen Sensoren und Bildprojektion von Oben.
- **1995: Graspable/Tangible Interfaces** (Input Research Group, University of Toronto)

Display mit Erkennung von Objekten auf der Oberfläche

- **1995/97: Active Desk** (Input Research Group / Ontario Telepresence Project, University of Toronto)  
Rückprojektionsdisplay mit Handerkennung
- **1997: The Haptic Lens** (Mike Sinclair, Georgia Tech / Microsoft Research)  
Druckempfindliches System mit der Unterstützung von Flächen
- **2001: Diamond Touch** (Mitsubishi Research Labs, Cambridge MA)  
Erkennung von unterschiedlichen Personen, Gesten und Druck.
- **2003: Jazz Mutant** (Bordeaux France)  
Transparentes Multitouch Display. Kommerziell
- **2004: TouchLight** (Andy Wilson, Microsoft Research)  
Rückprojektionswand mit Kameraerfassung
- **2005: Jeff Han** (NYU)  
Optische Rückprojektionstechnik für sehr große Displays mit Infrarottechnik
- **2005: Toshiba Matsusita Display Technology** (Tokyo)  
LCD-Display mit einem Schattensensor pro Pixel
- **2007: Apple iPhone**  
Kapazitives Multitouch Mobiltelefon. Fast gänzlicher Verzicht auf normale Tasten.
- **2007: Microsoft Surface Computing**  
Multitouch Rückprojektionstisch mit Infrarotkameras. Zusätzlich erkennt der Tisch Objekte welche auf den Tisch gelegt werden in Position und Ausrichtung.

Anhand des kurzen Auszugs sieht man schon sehr gut, dass die Entwicklungen kurz vor dem Eintritt in den Massenmarkt stehen. Schon alleine der Markteinfluss der beiden Big Player Microsoft und Apple, welche gerade Versuchen ihre Produkte am Markt zu etablieren oder kurz davor stehen, wird zu einer hohen Verbreitung führen.

## 4 Sensortechniken bei Touchsystemen

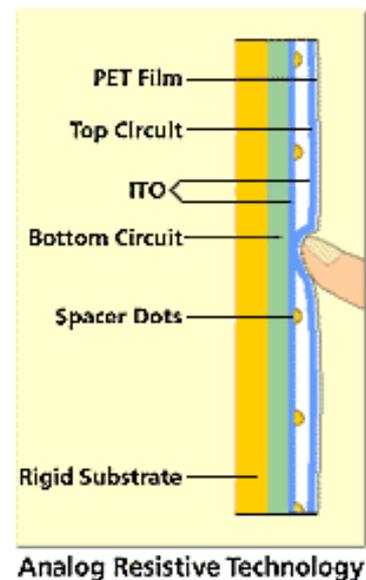
Im folgenden Abschnitt werden die gängigen Techniken zur Positionserfassung gezeigt. Diese sind für Singletouch und teilweise auch für Doubletouch (Erfassung von zwei Punkten) und Multitouch geeignet.

Die gängigen Techniken zur Erfassung der Position von zum Beispiel dem Finger auf einem Feld sind:

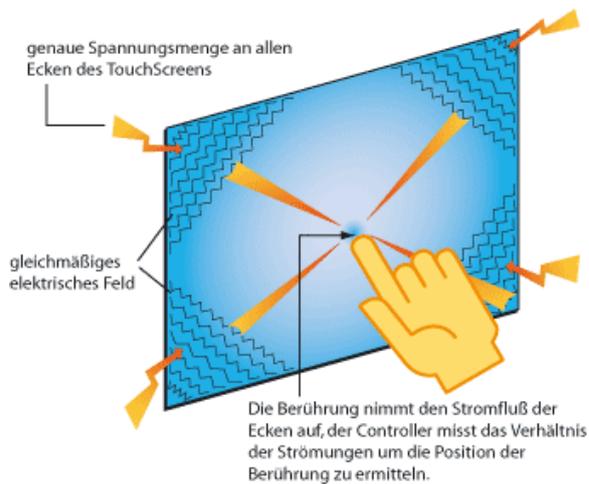
- Resistive Technik
- Kapazitive Technik
- Oberflächenwellen Technik (SAW)
- Infrarot Technik
- Optische Technik

### 4.1 Resistive Technik

Die resistive (Widerstands) Technik basiert auf zwei Strom leitende Folien, welche durch Abstandshalter getrennt parallel angeordnet sind. Beide Folien werden mit einer kleinen Prüfspannung beaufschlagt. Durch Druck auf eine der Folien wird diese gegen die andere Folie gedrückt, der Stromkreislauf geschlossen und ein Strom fließt. Aus dem Spannungsverhältnis zum Eckenabstand berechnet der Controller die Position des Fingers. Baubedingt ist diese Technik so weder Double- noch Multitouch fähig. Bei den meisten Geräten führt die Benutzung des Touchfeldes mit zwei Fingern zu einer Mittelung der Position. Das heißt die gemessene Position ist der Punkt zwischen den beiden wirklichen Druckpunkten. Der Vorteil dieser Technik ist die Robustheit der Folie gegen äußere Einflüsse und Störungen.



## 4.2 Kapazitive Technik

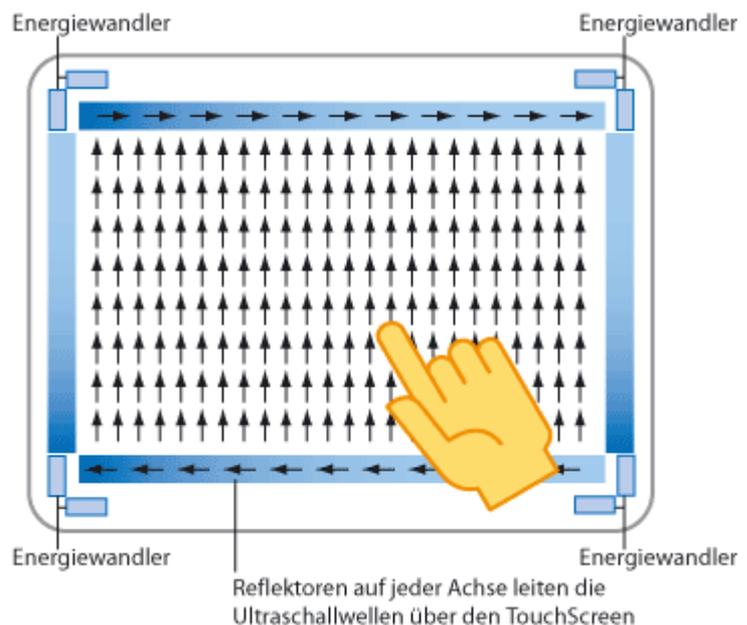


Das Sensorfeld bei der kapazitiven Technik besteht meist aus einer metallisch bedampften Glasscheibe. An den vier Ecken wird eine Rechteckspannung angelegt, welche wie ein Kondensator ein elektrisches Feld erzeugt. Durch Berührung der Scheibe mit dem Finger entsteht ein Ladungstransport und das erzeugte elektrische Feld wird abgebaut. Der entstehende Stromfluss wird an allen vier Ecken gemessen und daraus die Position des Fingers bestimmt. Diese Technik ist sehr präzise und

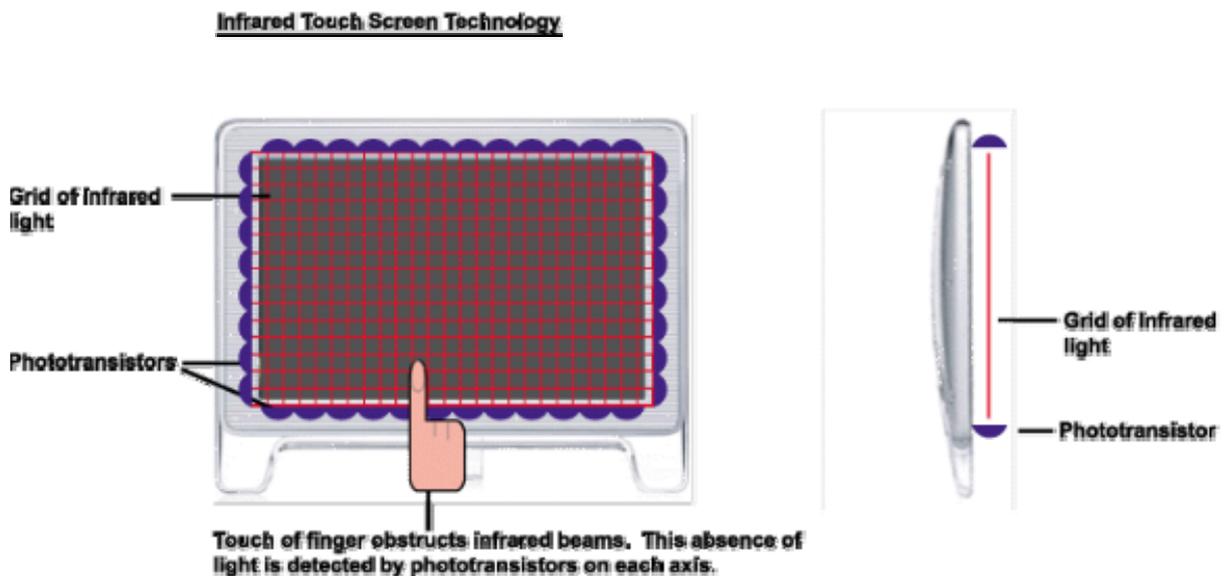
beständig gegen äußere Einflüsse. Jedoch können als Zeigerobjekt nur leitende Gegenstände benutzt werden. Auch diese Technik ist nur bedingt Multitouchfähig.

## 4.3 Oberflächenwellen Technik (SAW)

SAW oder auch Surface Acoustic Wave beschreibt eine auf Ultraschall basierende Technik. Dabei sind in den Ecken jeweils Ultraschallsender angebracht, welche Ihr Signal durch am parallel zum Rand positionierten Reflektorstreifen schicken und so eine Art Ultraschallgitter auf dem Sensorfeld erzeugen. Durch die Berührung des Rasters mit einem Finger wird ein Teil der Oberflächenwellen absorbiert. Der Berührungspunkt wird lokalisiert, indem die zwischen dem Absorbieren und dem Erkennen liegende Zeit vom Controller ausgewertet wird. Diese Technik ist sehr Robust und sehr gut geeignet für Orte an denen hohe Vandalensicherheit erforderlich ist. Jedoch ist es Empfindlich gegen Fremdkörper wie Wasser, Staub oder andere Ultraschallquellen. Die Technik ist nur bedingt Doubletouchfähig. Multitouch ist mit der SAW Technik nicht möglich.



## 4.4 Infrarot Technik

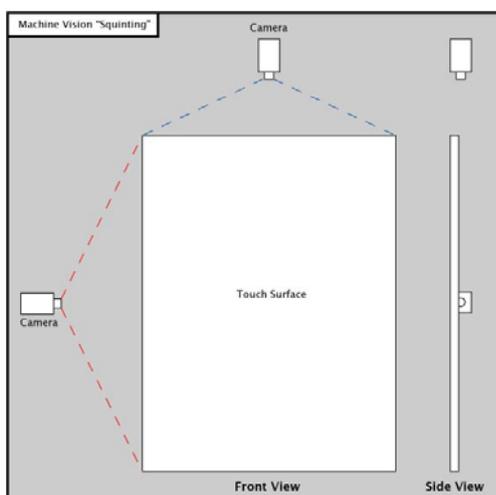


Bei der Infrarottechnik werden am Rand Infrarotdioden Sender und Empfänger platziert, welche ein Raster aus infrarotem Licht knapp über der Oberfläche erzeugen. Durch Messung der Unterbrechung der Infrarotstrahlen wird die Fingerposition bestimmt. Diese Technik ist Wasserdicht und für raue Umgebungen geeignet. Durch nacheinander Messen von jeweils nur einem Infrarotsignal in horizontaler und vertikaler Richtung beherrscht diese Technik Doubletouch, jedoch kein Multitouch.

## 4.5 Optische Technik

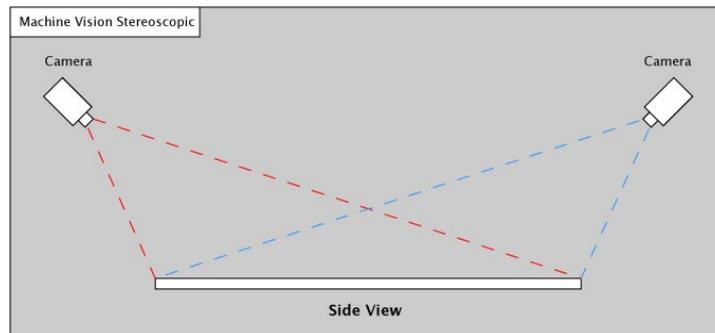
Bei den auf optische Verfahren basierenden Techniken wird die Position mittels einer oder mehrerer Kameras erfasst. Die Erfassung erfolgt dabei entweder von den Seiten, von Vorne oder von Hinten.

### 4.5.1 Erfassung von der Seite



Bei diesem Verfahren werden zwei Kameras knapp oberhalb der Ebene des Sensorfeldes platziert, einmal für die horizontale und einmal für die vertikale Achse. Der Hintergrund der Kameras hat eine neutrale Farbe. Wenn ein Objekt mit einer anderen Farbe erfasst wird, wird daraus jeweils die Position auf dem Sensorfeld berechnet. Eine präzisere Möglichkeit ist die Platzierung von jeweils vier 90° Kameras in den Ecken.

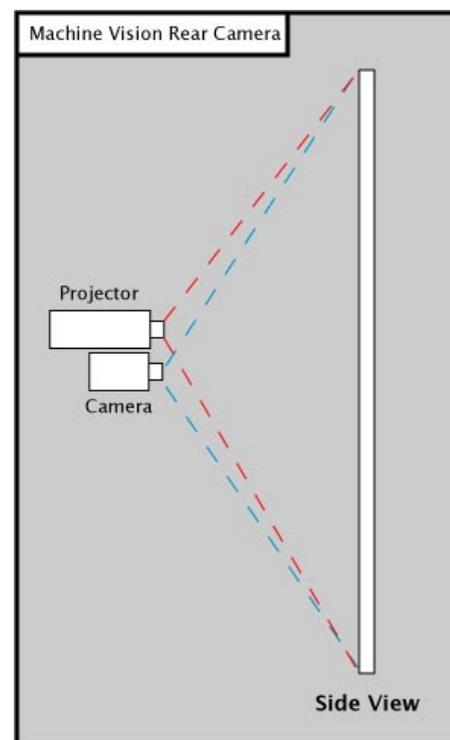
#### 4.5.2 Erfassung von Vorne



Bei diesem Verfahren werden eine oder mehrere Infrarotkameras über dem Sensorfeld platziert. Die Kameras erfassen den Temperaturunterschied des Fingers bzw. der Hand und errechnen mittels Bildmustererkennung die Position auf dem Sensorfeld. Diese Technik hat den Vorteil, dass sie einfach zu Realisieren ist. Jedoch wird der Abstand der Hand zum Sensorfeld nicht erfasst, wodurch zum Beispiel das Schweben über einem Button schon zu seiner Aktivierung führt.

#### 4.5.3 Erfassung von Hinten (Rückprojektion)

Bei diesem Verfahren wird durch die Seiten einer speziell behandelten Glasscheibe Licht geschickt. Bei Berührung mit dem Finger wird an dieser Stelle das Licht zerstreut und tritt so an der Hinterseite der Scheibe aus. Die Hinterseite der Glasscheibe wird mit einer Infrarotkamera erfasst, welche die Reflektionen erkennt und mittels Bildmustererkennung die Position des Fingers errechnet. Dieses Verfahren ist voll multitouchfähig. Es dient ebenso zur Erfassung von auf der Scheibe liegender Objekte und Flächen. Die Erfassung von Hinten wird meistens mit einem Rückprojektionsprojektor kombiniert.



## 5 Heutiger Stand

Die im vorherigen Kapitel vorgestellten Techniken haben alle Stärken und Schwächen. Die resistive und kapazitive Technik findet bereits bei Singletouchdisplays kommerzielle Anwendung. Die meisten Techniken sind modifiziert zweifach Touch fähig, jedoch ist nur die optische Technik ist derzeit voll Multitouch fähig und kann auch Objekte und Flächen erkennen. Firmen und Forschung arbeiten an nicht optischen Multitouchtechniken. Informationen aus den Firmenlaboren sind schwer zu bekommen und wenn dann meist nur auf direkte Anfrage. Multitouch wird bereits in wenigen experimentellen oder kommerziellen Produkten verwendet, das folgende Kapitel soll einige Beispiele

### 5.1 FloatIng.nuMBErs



FloatIng.nuMBErs ist ein Kunstprojekt aus dem Jahr 2004 im jüdischen Museum Berlin. Es bestand aus einem neun Meter langen multitouchfähigen Tisch, auf welchem mit Großprojektoren das Bild projiziert wurde. Auf den Tisch wurden hunderte Zahlen projiziert, welche als Kontinuum über die Tischfläche strömen. Nach dem Zufallsprinzip treten einzelne Ziffern an die Oberfläche des Zahlenstroms. Die Benutzer konnten nun durch Berührung dieser Zahlen Information in Form von Bild, Ton oder Video, welche mit dieser Zahl zusammen hingen abrufen.

## 5.2 CityWall



Die CityWall ist eine Schaufensterkonstruktion in der Innenstadt von Helsinki. Auf den großen Rückprojektionsbildschirmen wird Eventbezogener multimedialer Kontent wie Bilder oder Videos von Festivals angeboten. Diese können dann mittels multitouch Eingabe sortiert, selektiert und angeschaut werden. Alternativ werden Medien aus großen Kommunitis wie Flickr oder YouToube angeboten.

## 5.3 Game Burbank Mall

In der Mall im Zentrum von Burbank Los Angeles wird zur Unterhaltung ein Videobild mit unterschiedlichen Spielen auf den Boden des Mallganges projiziert. Die Spieler können durch Veränderung ihrer Position mit dem Spiel interagieren. Zum Beispiel durch das Treten auf fliegende Ballons diese zum Platzen bringen. Die Positionserfassung erfolgt ausschließlich von Oben.



## 5.4 iPhone



Das iPhone der Firma Apple Computer Inc. Verfügt als erstes Mobiltelefon über ein Double- bzw. Multitouchfähiges Display. Bis auf eine Hauptmenütaste wurde komplett auf realen Tasten verzichtet. Alle sonstigen Eingaben geschehen über den Eingabebildschirm. Als einzige Doubletouchanwendung läuft auf dem Gerät eine Mobile Version der Google Earth Software. In diesem Routenplaner kann mittels Gesten mit einem oder zwei Fingern die Karte verschoben, vergrößert, verkleinert oder gedreht werden. Das iPhone ist das erste multitouchfähige Gerät für den Massenmarkt.

## 5.5 Surface



Der Surface von der Firma Microsoft ist ein Tisch mit in die Tischplatte eingebautem multitouchfähigem Bildschirm. Die Erfassung basiert auf die Erfassung von Objekten mittels fünf Infrarotkameras von Hinten. Der Tisch kann neben Fingern auch auf dem Tisch liegende Objekte wie Mobiltelefone erkennen. Der Tisch wird am Ende des Jahres 2007 an ausgewählte Partner zu Testzwecken ausgeliefert und richtet sich eher an Hotels und Läden mit randalierfreier Umgebung.

## 6 Ausblick

Neben der Optimierung der heutigen Techniken, wird auch an einer Reihe weiter Forschungsgebieten gearbeitet. Beispiele dafür sind die Erkennung der Fingerposition im freien Raum. (Inspiriert vom Kinofilm Minority Report). Oder die Entwicklung eines Eingabefeedbacks für den Benutzer um die Eingaben zu bestätigen. Erreichbar zum Beispiel durch Änderung der Oberflächenbeschaffenheit. Ober auch die Forschung nach einer Möglichkeit den Abstand des Fingers vom Sensorfeld zu

erfassen um so zum Beispiel eine dreidimensionale Eingabe zu ermöglichen.

## 7 Fazit

Es wurde gezeigt, dass multitouchfähige Bildschirme möglich sind und bereits in wenigen Bereichen Anwendung finden. Diese Bereiche sind relativ gering und eher von Akademischer Natur. Durch den ersten Einstieg von BigPlayern wie Apple und Microsoft wird die Richtung in eine kommerzielle Verwertung aufgezeigt. Dadurch werden wahrscheinlich auch andere Forschungsgruppen und Hardwareproduzenten angetrieben, mehr in die Entwicklung von Multitouchsystemen zu investieren. Jedoch steht noch ein großer Schritt im Bereich der Personal Computer bevor. Das Entfernen vom Paradigma der klassischen Eingabe mittels nur einem Cursor/Pointer wie mit der Maus hin zur Eingabe mit mehreren gleichzeitig wirkenden Eingabepunkten, erfordert ein Starkes Umdenken bei den heutigen Anwendern. Letztendlich wird sich Multitouch mindestens in Bereichen etablieren, wo es auf schnell zu Erfassende intuitive Bedienung ankommt und nicht so sehr auf Präzision der Eingabe.

Mögliche eigene Ansatzpunkte für die nächste Zukunft sind der eigene Bau oder Aufbau eines multitouchfähigen Bildschirms, die Entwicklung einer einfachen Prototypischen Anwendung, die Betrachtung weiterer Hardware alternativen und die Betrachtung den entstehenden Softwareseitigen Problemen bei Multitouch- und Multiuserbetrieb.

Insbesondere der letzte Punkt wirft interessante Fragen auf.

- Welcher Finger/Welche Hand/Welche Person berührt gerade den Bildschirm?
- Welche Orientierung hat das jeweilige Zeigerobjekt?
- Wie soll die Anzeige bei Multiuserbetrieb ausgerichtet werden?
- Wie werden Objekte/Flächen effektiv erfasst?
- Wie können Gesten effizient erfasst werden?
- Wie können mehrere Multitouch Displays effizient mit einander Interagieren?

Diese und andere Fragen sind lohnenswerte Ansätze weitere in diesem Zukunftsgebiet Forschung zu betreiben.

## 8 Quellen

[Bill Buxton] – Microsoft Research - Multi-Touch Systems that I Have Known and Loved

<http://www.billbuxton.com/multitouchOverview.html>

City Wall Helsinki

<http://citywall.org/pages/about>

Jefferson Y. Han - Low-cost multi-touch sensing through frustrated total internal reflection

<http://doi.acm.org/10.1145/1095034.1095054>

Jefferson Y. Han – Research Site New York University

<http://cs.nyu.edu/~jhan/ftirtouch>

Perceptive Pixel – Company from J. Y. Han

<http://www.perceptivepixel.com>

Mitsubishi Electric Research Laboratories MERL –DiamondSpace

<http://www.merl.com/projects/dspace/>

Wikipedia - Touchscreen

<http://de.wikipedia.org/wiki/Touchscreen>

Microsoft Surface – Commercial Touchtable

<http://www.microsoft.com/surface>

DiamondTouch: a multi-user touch technology

<http://doi.acm.org/10.1145/502348.502389>

ELO Touchsystems – How it Works

<http://www.elotouch.com/Products/Touchscreens/default.asp>

DELTA COMPONENTS

[http://www.delta-components.com/products/touchscreen\\_technologie.htm](http://www.delta-components.com/products/touchscreen_technologie.htm)

VISAM Prozesstechnik - Touchscreen Technologien

[http://www.visam.de/04\\_service/touch.php](http://www.visam.de/04_service/touch.php)

AT&T Store Burbank, Los Angeles (iPhone Picture)

Burbank Mall, Los Angeles (Game Pictures)