



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

AW2 Ausarbeitung

Marcus Rödiger

Aktuelle Forschungen im Bereich
Touchbildschirmssysteme

Marcus Rödiger
Aktuelle Forschungen im Bereich
Touchbildschirmssysteme

AW2 Ausarbeitung eingereicht im Rahmen der Veranstaltung AW2
im Studiengang Master Of Science Informatik
am Department Informatik
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Erster betreuender Professor : Prof. Dr. rer. Kai von Luck
Zweiter betreuender Professor : Prof. Dr. Gunter Klemke

Abgegeben am 1. März 2009

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
1 Einleitung	5
1.1 Vision	5
2 Related concurrent work	7
2.1 Erkennung von Gesten an einem Leuchttisch	7
2.1.1 Erfassung mittels resistiver Oberfläche	8
2.1.2 Erfassung mittels IR-Lichtschranken	9
2.1.3 Erfassung mittels IR-Kamera	9
2.2 Natural User Interface (NUI)	10
2.2.1 Fragestellungen	11
2.2.2 weiterführende Fragestellungen	13
3 Fazit	15
3.1 Ausblick	15
Literaturverzeichnis	16

Abbildungsverzeichnis

2.1	iPhone von Apple	8
2.2	Multitouch mit IR-Kamera	10
2.3	DynAmbient Oberfläche von Philipp Rossberger	11
2.4	Zusammenschieben durch Handkanten	12
2.5	PoolShape von Uta Hinrichs	13

1 Einleitung

Computer sind heutzutage allgegenwärtig, so wie es Mark Weiser in seiner Arbeit voraus gesehen hatte. [Weiser \(1999\)](#) Es gibt kaum einen Lebensbereich, in dem Computer nicht angetroffen werden. Deshalb ist es in der heutigen Zeit noch wichtiger geworden dem Menschen einfach zu nutzende und leicht zu verstehende Methoden und Techniken zur Verfügung zu stellen, um bei der Kommunikation mit diesen Geräten zu unterstützen. Dabei tritt der Computer an sich immer weiter in den Hintergrund. Das klassische grafische User Interface wird von einem „natürlichen“ vom Benutzer intuitiv zu bedienenden Interface ersetzt.

Die Forschung im Bereich der „natürlichen“ Mensch-Computer-Interaktion bringt in den letzten Jahren eine Reihe von neuen Ansätzen und Ideen hervor. Gängige Konzepte wie die klassische Kombination aus Tastatur, Maus und Bildschirm könnten dadurch erweitert oder gar gänzlich abgelöst werden. Ein spezielles Konzept in diesem Zusammenhang ist die Verwendung von berührungsempfindlichen Bildschirmen - so genannten Touchbildschirmen zur Ein- und Ausgabe. Diese Bildschirme geben dem Benutzer die Möglichkeit auf natürliche Weise mit dem Computer zu interagieren. Grund genug sich mit einem möglichen Szenario dieser neuen Technik auseinander zu setzen und einen Blick in den aktuellen Stand der Forschung zu wagen.

1.1 Vision

Für Touchbildschirme gibt es eine ganze Reihe von interessanten Einsatzgebieten. Sei es als große Powerwall [Peltonen u. a. \(2008\)](#) oder kleine Touchdisplays für Mobiltelefone.¹ Die hier vorgestellte Vision soll sich jedoch auf einen Tisch beziehen, welcher über einen in die Tischplatte integrierten Bildschirm und eine berührungsempfindliche Oberfläche verfügt. Ausgewähltes Anwendungsszenario ist hierbei ein digitaler Leuchttisch (oder auch Licht- oder Fototisch genannt) zur Betrachtung und Auswahl von Fotos auf Basis dieser Touchtechnologie. Der Tisch soll nach Möglichkeit durch mehrere Personen bedient werden können, um so die Gruppenarbeit zu fördern. Für den Benutzer soll die Anwendung des Tisches intuitiv zu bedienen und leicht zu verstehen sein. Ziel ist es ein Kommunikationssystem zu

¹<http://www.apple.com/de/iphone/>

schaffen, welches vom Benutzer nur ein geringes Maß an Einarbeitung erfordert und seine Arbeit trotzdem effektiv unterstützt.

Normale Leuchttische existieren bereits seit vielen Jahren im Bereich der Printmedien und werden dort vor allem zur Auswahl von Bildern aus einer Bilderserie eingesetzt. Die Bilder liegen hierbei als Abzüge auf Papier vor und werden zur Auswahl manuell auf dem Tisch verteilt.

Im Grunde soll der digitale Leuchttisch dieselbe Funktionalität bieten, nur werden hierbei Abzüge aus Papier durch digitale Fotos ersetzt. Diese digitalen Bilder soll der Tisch dem Benutzer auf übersichtliche Art und Weise anzeigen. Der Benutzer hat nun die Möglichkeit durch Berührungsgesten auf der Bildschirmoberfläche die angezeigten Fotos, wie beim alten Leuchttisch auch, zu manipulieren. Mögliche Manipulationsarten, welche die Gesten auslösen sollen sind:

- bewegen und drehen der Fotos
- verkleinern und vergrößern der Bilder zur näheren Betrachtung
- sortieren, gruppieren und klassifizieren mehrerer Bilder
- Auswahl und Weitergabe der Fotos

Hierbei fällt auf, dass neben den natürlichen Aktionen wie bewegen und drehen, auch in der Realität nur schwer umsetzbare oder nicht mögliche Aktionen hinzukommen. (Zum Beispiel das Vergrößern und Verkleinern von Bildern)

Zur Umsetzung dieser Vision soll als erstes ein Blick in den aktuellen Stand der Forschung geworfen werden und zu evaluieren welche Möglichkeiten der Umsetzung es gibt.

2 Related concurrent work

Zur Realisierung unserer Vision wirft dieser Abschnitt einen Blick in den aktuellen Stand der Forschung und prüft, in wie weit sich die dort vorgestellten Konzepte für unsere Vision nutzen lassen.

Für unsere Vision müssen zwei Forschungsgebiete genauer betrachtet werden. Das eine Gebiet ist die Erkennung von Gesten der Benutzer an einem Leuchttisch durch Berührung. Das andere Gebiet ist die Forschung im Bereich der Natural User Interface (NUI), welche dem Benutzer die Möglichkeit geben sollen mit dem System ohne viel Lernaufwand intuitiv und auf natürliche Weise zu interagieren.

2.1 Erkennung von Gesten an einem Leuchttisch

Ziel dieses Forschungsgebietes ist es, natürliche Gesten der Benutzer als Eingabe zu erkennen und das System entsprechend darauf reagieren zu lassen. Als Beispiel kann die Bewegung und Drehung von Fotos auf dem digitalen Leuchttisch des Benutzers genommen werden. Die Geste hierbei ist, das Platzieren des Fingers auf einem Bild zur Auswahl des Bildes und anschließend das Bewegen des Fingers über die Bildschirmoberfläche bis zur gewünschten Position. Dieses ist eine sehr natürliche Geste, welche auch auf einem echten Leuchttisch durchgeführt werden könnte.

Es gibt viele Methoden, wie Benutzergesten erkannt werden können. Sei es über Marker an den Händen [Vogel und Balakrishnan \(2005\)](#) oder die Auswertung von Tiefenkameras. [Gvili u. a. \(2009\)](#) Hier beschränken wir uns auf Methoden, welche die Gesten mittels der Oberfläche des Leuchttisches erkennen. Im Folgenden werden drei solcher Systeme vorgestellt. Sie nutzen dabei alle dasselbe Prinzip. Sie erkennen die absolute oder relative Lage der Berührungspositionen auf der Bildschirmoberfläche und vergleichen diese mit den Berührungen aus der Vergangenheit. Aus diesen Informationen bilden sie nun Abfolgen, welche dann den jeweiligen Gesten zugeordnet werden. Die einzelnen Systeme unterscheiden sich im Hinblick auf unsere Vision zum Grossteil nur durch den Umfang und die Genauigkeit bei der Bestimmung der Berührungsposition. Dieses führt bei den jeweiligen Systemen zu einer kleineren oder größeren Anzahl möglicher zu erkennender Gesten. Für unsere Vision ist

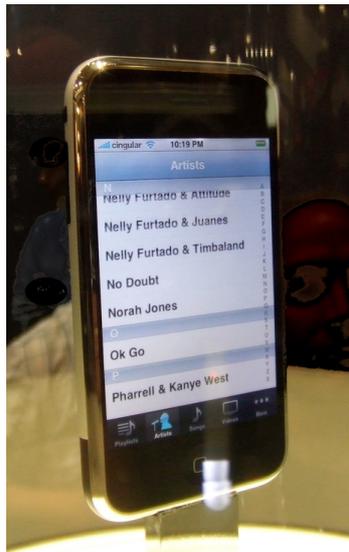


Abbildung 2.1: iPhone von Apple

eine große Anzahl erkennbarer unnatürlicher und vor allem natürlicher Gesten nötig, um damit die geforderten Manipulationen durch den Benutzer durchführen zu können. Die explizite Technik der einzelnen Systeme wird genauer in Rödiger (2007) beschrieben und wird hier nur kurz skizziert.

2.1.1 Erfassung mittels resistiver Oberfläche

Bei diesem System erfolgt die Erfassung der Oberflächenberührung mittels zweier auf einem TFT-Monitor aufgebrachter Folien. Diese übereinander liegenden Folien sind leitend und werden durch ein nicht leitendes Substrat getrennt. An beiden Folien liegt eine Prüfspannung an und durch Druck auf eine der Folien wird der Stromkreislauf geschlossen und ein Strom fließt. Aus dem Spannungsverhältnis zum Eckenabstand berechnet das System die Position, an welcher der Druck erfolgt ist. Die Abbildung 2.1 zeigt ein Gerät mit resistiver Oberfläche. Diese Systeme sind bis jetzt auf kleine Bildschirmdurchmesser wie z.B. beim iPhone¹ beschränkt. Außerdem ist es bei diesem System nicht möglich, eine größere Anzahl von Druckpunkten gleichzeitig zu erfassen. Daher ist es für unsere Vision eines großen Leuchttisches mit Mehrbenutzerbedienung nicht geeignet.

¹<http://www.apple.com/de/iphone/>

2.1.2 Erfassung mittels IR-Lichtschranken

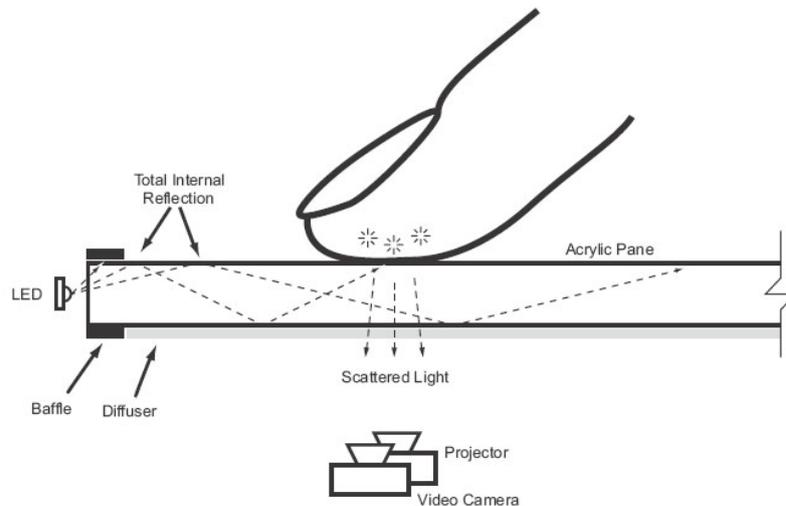
Einen anderen Ansatz verfolgt das System mit IR-Lichtschranken. Dabei wird ein handelsüblicher TFT-Monitor mit einem Aufsatz versehen, welcher an seiner Innenseiten eine Reihe von IR-Lichtschranken in horizontaler und vertikaler Richtung besitzt. Diese Lichtschranken spannen ein Infrarotgitter knapp über der Bildschirmoberfläche auf. Wenn nun ein Objekt, beispielsweise ein Finger, sich der Oberfläche nähert, werden einzelne Lichtschranken unterbrochen. Aus den unterbrochenen Lichtschranken versucht das System nun die Position und Größe des Objektes zu berechnen. Wie in [Rödiger \(2009\)](#) gezeigt, führt dieses Verfahren - bei mehr als einem Berührungspunkt gleichzeitig - zu starken Ungenauigkeiten bei der Bestimmung der exakten Position und Größe einzelner Objekte. Dieses ist für unsere Vision ungeeignet, da wir neben der Mehrbenutzertauglichkeit natürliche Gesten möglichst exakt erfassen wollen und das mit diesem System nicht möglich ist. Dieses System kann sinnvoll eingesetzt werden, wenn zum Beispiel nicht die exakte Position sondern nur die globale Bewegungsrichtung des Benutzers wichtig ist.

2.1.3 Erfassung mittels IR-Kamera

Ein beispielhafter Aufbau dieses Systems wird von Jeff Han beschrieben. [Han \(2006\)](#) Das System besteht dabei aus einer in den Tisch eingelassenen Milchglasscheibe, auf welche das Bild mittels eines Projektors von unten projiziert wird. Die Oberflächenberührung wird hierbei mittels Infrarot-Kameras erfasst. Zu diesem Zweck wird die Glasscheibe von der Seite mit infrarotem Licht bestrahlt. Bei Berührung der Glasscheibe durch den Benutzer von oben, wird an dieser Stelle das Infrarotlicht nach unten zurück geworfen und von den IR-Kameras wahrgenommen. Eine ähnliche Technik verwendet auch der Surface Tisch von Microsoft Research MicrosoftSurface und Systeme anderer Forschungseinrichtungen. [Arbeitsgruppe Digitale Medien \(2009\)](#) Abbildung 2.2 zeigt den prinzipiellen Aufbau dieser Technologie.

Der Vorteil dieses Systems im Hinblick auf unsere Vision ist die feine und präzise Erkennung der Objekte, welche die Bildschirmoberfläche berühren. Durch die Verwendung von hochauflösenden IR-Kameras kann so nicht nur die Lage eines Objektes auf dem Bildschirm erkannt werden, sondern auch die gesamte Berührungsfläche dieses Objektes. Dieses System ist multitouchfähig. Das heißt beispielsweise, dass die Anzahl einzelner Finger, welche die Oberfläche gleichzeitig berühren, nur durch den physikalischen Platz begrenzt ist. Dadurch ist es möglich, mit mehreren Fingern und mehreren Benutzern gleichzeitig mit dem System zu interagieren. Mittels der präzisen Erfassung können natürliche und unnatürliche Gesten der Benutzer sehr gut erkannt werden. Derzeit bringt dieses System jedoch auch einige Nachteile. Der hohe Installations- und Produktionsaufwand des Gerätes, der große

²Bildquelle: [Han \(2005\)](#)

Abbildung 2.2: Multitouch mit IR-Kamera²

benötigte Platz für den Unterbau und der hohe Rechenaufwand der Objekterkennung sind einige dieser Nachteile. Im Hinblick auf unsere Vision sind diese Nachteile jedoch vertretbar. Wenn ein solches System zur Verfügung steht, sollte es für die Realisierung unserer Vision verwendet werden.

2.2 Natural User Interface (NUI)

Ziel bei der Entwicklung des digitalen Leuchttisches ist es, dem Benutzer ein leicht zu bedienendes Interface zu bieten. Es liegt daher nahe die vom Benutzer angewandten Gesten des alten Leuchttisches möglichst auch in der digitalen Variante zu verwenden. Unser digitaler Leuchttisch soll die Abläufe und Gesten eines alten Leuchttisches also möglichst gut nachahmen und um neue Funktionen erweitern. Durch diese Herangehensweise wird der Umstieg vom alten Leuchttisch auf den digitalen Leuchttisch erleichtert. Das ganze kann unter dem Begriff Natural User Interface zusammengefasst werden, dieses Interface soll im Gegensatz zum klassischen grafischen Interface dem Benutzer die Möglichkeit geben, das System mit real existierenden und natürlichen Gesten zu bedienen.

Viele Gruppen beschäftigen sich mit der Frage, wie eine solche natürliche Interaktion aussehen kann. Viele dieser Fragen stellen sich auch bei der Realisierung unserer Vision.

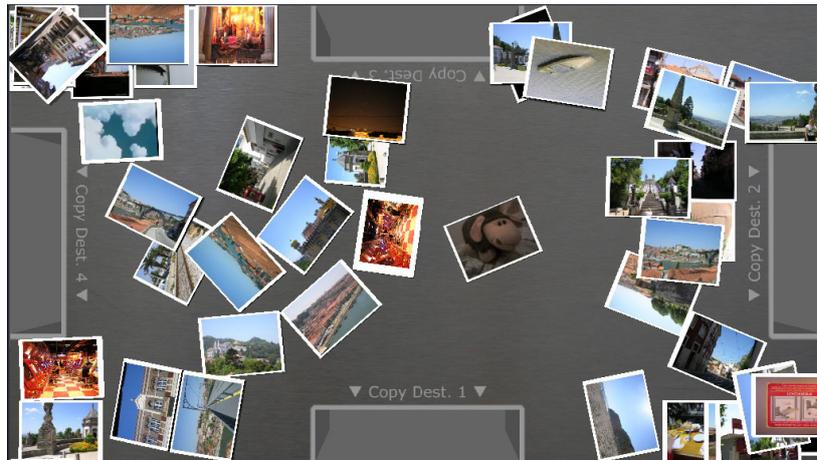


Abbildung 2.3: DynAmbient Oberfläche von Philipp Rossberger⁴

2.2.1 Fragestellungen

Zum einen geht es um die Frage, welche Bauform der digitale Leuchttische erhalten soll. Das Gerät ist nicht zwingend auf eine klassische rechteckige, flache Bauweise beschränkt. In der Arbeit [Benko u. a. \(2008\)](#) wird eine Variante vorgestellt, die Interaktion mit einem Bildschirm in der Form einer Kugel durchzuführen. In [Valli und Linari \(2008\)](#) werden unterschiedliche Bauformen für Touchtable gezeigt und verglichen. Dort wird auch die Kombination mit anderen Eingabeformen wie RFID oder Spracheingabe behandelt. Unsere Vision soll sich erst einmal auf die Toucheingabe beschränken. Im nächsten Schritt kann dann über eine multimodale Interaktion nachgedacht werden.

Ein weiterer Punkt, der für unsere Vision zu klären ist, ist die Art der Darstellung und Manipulation der Fotos auf der Oberfläche. Eine Lösung wäre die direkte Umsetzung der Gesten des Benutzers in entsprechende Aktionen auf dem Bildschirm. Daher das Bewegen des Fingers führt zu einer entsprechenden Bewegung des darunter liegenden Bildes. Prototypen dafür wurden bereits in unserem Ambient Labor entwickelt.³

Eine weitere interessante Möglichkeit ist die Kombination dieser Interaktion mit einer 3D - Physik Engine. Diese belegt die einzelnen Bilder mit physikalischen Werten wie Gewicht und Geschwindigkeit. Das erlaubt eine Manipulation auf Grundlage physikalischer Gesetze. Philipp Roßberger zeigt in seiner Arbeit einen guten Ansatz dieser Idee. [Abbildung 2.3](#) zeigt die Oberfläche von Philipp Rossberger aus seiner Masterarbeit. [Roßberger \(2009\)](#) Der dort vorgestellte Prototyp entspricht stark unserem Wunsch auf natürliche Gesten mit einer

³http://www.youtube.com/watch?v=qxi_6J71Qvc

⁴Bildquelle: [Roßberger \(2009\)](#) modifiziert

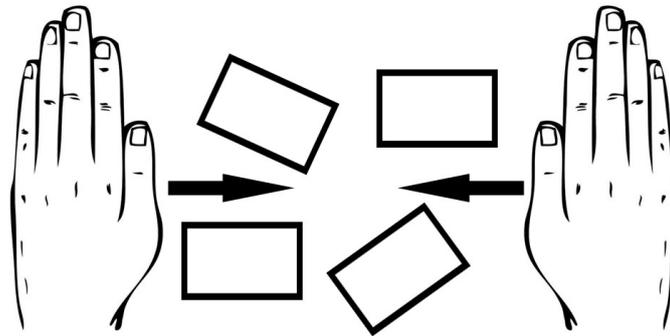


Abbildung 2.4: Zusammenschieben durch Handkanten

natürlichen Reaktion des Systems antworten zu können, daher soll dieses Konzept auch in eine spätere Realisierung der Vision einfließen.

Eine andere Fragestellung ergibt sich, wenn mehrere Benutzer gleichzeitig an unserem Leuchttisch zusammen arbeiten wollen. Diese Vorstellung ist gar nicht so abwegig, da z.B. in der Praxis Fotos für Printmedien meistens von mehreren Personen zusammen ausgewählt werden. Dieses Forschungsfeld nennt sich Computer Supported Collaborative Work und beschreibt die Unterstützung der kooperativen Zusammenarbeit mehrerer Personen. Vorteile dieser Gruppenarbeit mittels Multitouchtables werden in [Hornecker u. a. \(2008\)](#) beschrieben. Im Gegensatz zum senkrecht stehenden Touchbildschirm, bei welchem alle Nutzer vor dem Bildschirm stehen, gibt es bei einem Touchtisch keine zentrale Position, von welcher aus der Bildschirm von den einzelnen Benutzern bedient wird. Alle Benutzer können sich beliebig um den Tisch verteilen und von dort aus interagieren. Eine Ausrichtung der Fotos auf unserem Lichttisch zum Benutzer hin und das Greifen von weit entfernten Fotos erweist sich dadurch als schwierig. Eine Möglichkeit, diese Probleme zu beseitigen, wäre die Fotos in einem Laufband am Bildschirmrand entlang laufen zu lassen. [Carpendale u. a. \(2006\)](#) Alternativ könnten die Ränder auch mit einer Art von Anziehungskraft ausgestattet werden. Die Fotos würden dadurch in der Nähe der Ränder immer zu diesen hin ausgerichtet werden.

Durch die Benutzung der oben beschriebenen Physik Engine können viele der von uns in unserer Vision geforderten Handlungen abgebildet werden. Einige Handlungen des Benutzers können jedoch nicht mehr in ihrer gewohnten Weise durchgeführt werden. Ein Beispiel ist das Aufnehmen mehrerer Fotos und Ablegen auf einen gemeinsamen Haufen. Für diese und andere Handlungen muss ein entsprechender Ersatz geschaffen werden. Aus dem obliegenden Beispiel stellt sich die Frage, wie die gewünschten Fotos auf unserem digitalen Letztisch selektiert werden sollen. Eine Möglichkeit wäre das Umfassen der Bilder mit den Handkanten (Abbildung 2.4), eine andere Variante wäre das Umranden der ausgewählten Fotos mit einer Art Schnur. [Thörnlund \(2007\)](#) Diese die Objekte umgebende Schnur könnte zu einem

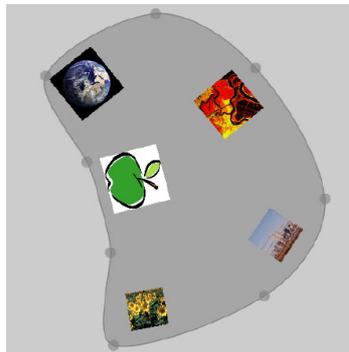


Abbildung 2.5: PoolShape von Uta Hinrichs⁵

Container für Bilder erweitert werden. Einige interessante Ansätze, wie mit einem solchen Kontainerobjekt annähernd natürlich umgegangen werden kann, beschreibt [Hinrichs \(2005\)](#). Dort werden die Fotos in einem Shape-Objekt abgelegt, welches über einzelne Manipulationspunkte am Rand verfügt. Dadurch kann das Objekt und sein Inhalt vergrößert, verkleinert und verschoben werden. (Abbildung 2.5) Diese Ansätze bieten dem Benutzer Möglichkeiten durch neu geschaffene Objekte mit physikalischer Grundlage eine erweiterte Interaktion zu erlauben.

Bei Mehrbenutzersystemen stellt sich abschließend noch die Frage, welcher bzw. von wo der Anwender gerade die Eingabe durchführt. Dieses Problem kann im Ansatz zum Beispiel mittels Näherungssensoren, welche um den Tisch angebracht sind, gelöst werden. [Arbeitsgruppe Digitale Medien \(2009\)](#) Ein anderer Ansatz ist die Anbringung von IR-Lampen über dem Tisch. Durch diese Technik wird der Schatten der Arme des Benutzers erkannt und wodurch auf seine Position am Tisch geschlossen werden kann. [Echtler u. a. \(2008\)](#) Diese Verfahren scheinen für unserer Vision eher unbefriedigend. Daher verzichten wir darauf zu erkennen, welche Person die Tischoberfläche berührt und wo diese genau steht.

2.2.2 weiterführende Fragestellungen

Es gibt noch weitere Fragestellungen, die bei der Realisierung der Vision einer Beantwortung bedürfen.

- Wie soll auf große Mengen Fotos zugegriffen werden und wie werden diese Mengen optimal dargestellt?
- Wie sollten die Fotos am besten in das System eingespielt werden?
- Welche Möglichkeiten soll es geben, die selektierten Bilder weiter zu verarbeiten?

⁵Bildquelle: [Hinrichs \(2005\)](#)

- Wie kann bei der Eingabe mittels Touch ein vernünftiges Feedback erzeugt werden?
- Was sind alternative Darstellungen einer Gruppe von Bildern? (z.B. Bilderbuchmetapher)
- Kann unsere Vision um die Darstellung und Bearbeitung von Videosequenzen erweitert werden? (Senario Videoschittisch)
- Wie muss ein optimales Interface zur Eingabe von Text aussehen?

Die Abgrenzung oder Einbeziehung dieser Fragen ist für die Präzisierung der Vision und die spätere Realisierung im Rahmen einer möglichen Masterarbeit wichtig.

Natural User Interfaces bieten ein großes Potential durch Ihre leichte Bedien- und Begreifbarkeit. Der darauf folgende Schritt ist die Entwicklung hin zu Organic User Interfaces, welche die Grenze zwischen realer und virtueller Welt weiter verwischen. [Holman und Vertegaal \(2008\)](#)

3 Fazit

Resultat dieser Arbeit ist es, dass in dem Bereich multitouch Interaktion mit Tischen bereits eine ganze Menge an Forschung betrieben wird. Wir stehen trotzdem erst am Anfang einer neuen Revolution der Benutzer Interaktion. Vor einigen Jahren wurde dieser Wechsel bereits einmal vom Commandline User Interface zum Graphical User Interface vollzogen. Nun steht der Wechsel zum Natural User Interface vor der Tür. Multitouch als Wandbildschirm oder in Tischform bildet dabei einen Teil dieses Wechsels. Er bietet dem Benutzer die Möglichkeit auf natürliche Weise zu interagieren. Der Computer ist nicht nur allgegenwärtig und in unser tägliches Umfeld integriert. Wir werden auch mit ihm interagieren ohne unmittelbar daran zu denken, dass es sich dabei nur um eine Maschine handelt.

3.1 Ausblick

Im Hinblick auf die mögliche Ausarbeitung sollte die Vision noch genauer definiert und abgegrenzt werden. Solange noch keine geeignete Hardwareplattform zur Verfügung steht, werden nur die grundsätzlichen Fragen im Hinblick auf das Arbeiten an Tischen mit berührungsempfindlicher Oberfläche bearbeitet. Näheres dazu in der Ausarbeitung zur Seminar/Ringvorlesung.

Literaturverzeichnis

- [Albinsson und Zhai 2003] ALBINSSON, Pär-Anders ; ZHAI, Shumin: High precision touch screen interaction. In: *CHI '03: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. New York, NY, USA : ACM, 2003, S. 105–112. – ISBN 1-58113-630-7
- [Arbeitsgruppe Digitale Medien 2009] ARBEITSGRUPPE DIGITALE MEDIEN: *Mixed Reality Table Website*. Universität Bremen (Veranst.), 2009. – URL <http://medien.informatik.uni-bremen.de/research/hci/mrt/>
- [Benko u. a. 2008] BENKO, Hrvoje ; WILSON, Andrew D. ; BALAKRISHNAN, Ravin: Sphere: multi-touch interactions on a spherical display. In: *UIST '08: Proceedings of the 21st annual ACM symposium on User interface software and technology*. New York, NY, USA : ACM, 2008, S. 77–86. – ISBN 978-1-59593-975-3
- [Benko u. a. 2006] BENKO, Hrvoje ; WILSON, Andrew D. ; BAUDISCH, Patrick: Precise selection techniques for multi-touch screens. In: *CHI '06: Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems*. New York, NY, USA : ACM, 2006, S. 1263–1272. – ISBN 1-59593-372-7
- [Carpendale u. a. 2006] CARPENDALE, Sheelagh ; ISENBERG, Tobias ; SCOTT, Stacey D. ; HINRICHS, Uta ; MIEDE, Andre ; KRUGER, Russell ; HABELSKI, Stefan ; INKPEN, Kori: Collaborative Interaction on Large Tabletop Displays. In: *Adjunct Proceedings of the ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work 2006 (CSCW'06)*, ACM Press, November 2006
- [Dietz und Leigh 2001] DIETZ, Paul ; LEIGH, Darren: DiamondTouch: a multi-user touch technology. In: *UIST '01: Proceedings of the 14th annual ACM symposium on User interface software and technology*. New York, NY, USA : ACM, 2001, S. 219–226. – ISBN 1-58113-438-X
- [Echtler u. a. 2008] ECHTLER, Florian ; HUBER, Manuel ; KLINKER, Gudrun: Shadow tracking on multi-touch tables. In: *AVI '08: Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces*. New York, NY, USA : ACM, 2008, S. 388–391. – ISBN 0-978-60558-141-5

- [Gehn 2008a] GEHN, Stefan: Evaluation einer infrarotbasierten Multitouch-hardware / Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg. URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master07-08-proj/gehn/report.pdf>, 2008. – Forschungsbericht
- [Gehn 2008b] GEHN, Stefan: Intuitive Gesten für Multitouch-Displays / Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg. URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master07-08-aw/gehn/bericht.pdf>, 2008. – Forschungsbericht
- [Gvili u. a. 2009] GVILI, Ronen ; KAPLAN, Amir ; OFEK, Eyal ; YAHAV, Giora: *Depth keying*. 3DV Systems Ltd. (Veranst.), 2009. – URL <http://www.3dvsystems.com/technology/DepthKey.pdf>
- [Han 2005] HAN, Jefferson Y.: Low-cost multi-touch sensing through frustrated total internal reflection. In: *UIST '05: Proceedings of the 18th annual ACM symposium on User interface software and technology*. New York, NY, USA : ACM, 2005, S. 115–118. – ISBN 1-59593-271-2
- [Han 2006] HAN, Jefferson Y.: Multi-touch interaction wall. In: *SIGGRAPH '06: ACM SIGGRAPH 2006 Emerging technologies*. New York, NY, USA : ACM, 2006, S. 25. – ISBN 1-59593-364-6
- [Hinrichs 2005] HINRICHS, Uta: Interface Currents: Supporting Co-located Work on Tabletop Displays / Department of Computer Science, University of Calgary, Canada. URL http://www.utahinrichs.de/uta/uploads/Publications/Publications/Hinrichs_2005_currentSketch.pdf, February 2005 (2005-773-04). – Forschungsbericht
- [Holman und Vertegaal 2008] HOLMAN, David ; VERTEGAAL, Roel: Organic user interfaces: designing computers in any way, shape, or form. In: *Commun. ACM* 51 (2008), Nr. 6, S. 48–55. – ISSN 0001-0782
- [Hornecker u. a. 2008] HORNECKER, Eva ; MARSHALL, Paul ; DALTON, Nick S. ; ROGERS, Yvonne: Collaboration and interference: awareness with mice or touch input. In: *CSCW '08: Proceedings of the ACM 2008 conference on Computer supported cooperative work*. New York, NY, USA : ACM, 2008, S. 167–176. – ISBN 978-1-60558-007-4
- [Loviscach 2007] LOVISCACH, Joern: Two-finger input with a standard touch screen. In: *UIST '07: Proceedings of the 20th annual ACM symposium on User interface software and technology*. New York, NY, USA : ACM, 2007, S. 169–172. – ISBN 978-1-59593-679-2
- [Moscovich und Hughes 2006] MOSCOVICH, Tomer ; HUGHES, John F.: Multi-finger cursor techniques. In: *GI '06: Proceedings of Graphics Interface 2006*. Toronto, Ont., Canada, Canada : Canadian Information Processing Society, 2006, S. 1–7. – ISBN 1-56881-308-2

- [Peltonen u. a. 2008] PELTONEN, Peter ; KURVINEN, Esko ; SALOVAARA, Antti ; JACUCCI, Giulio ; ILMONEN, Tommi ; EVANS, John ; OULASVIRTA, Antti ; SAARIKKO, Petri: It's Mine, Don't Touch!: interactions at a large multi-touch display in a city centre. In: *CHI '08: Proceeding of the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. New York, NY, USA : ACM, 2008, S. 1285–1294. – ISBN 978-1-60558-011-1
- [Rahimi 2008] RAHIMI, Mohammed A.: Multitouch: Out of the shelf. Gestenbasierte Interaktion für verfügbare Applikationen / Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg. URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master08-09-aw1/rahimi/bericht.pdf>, 2008. – Forschungsbericht
- [Ringel u. a. 2004] RINGEL, Meredith ; RYALL, Kathy ; SHEN, Chia ; FORLINES, Clifton ; VERNIER, Frederic: Release, relocate, reorient, resize: fluid techniques for document sharing on multi-user interactive tables. In: *CHI '04: CHI '04 extended abstracts on Human factors in computing systems*. New York, NY, USA : ACM, 2004, S. 1441–1444. – ISBN 1-58113-703-6
- [Roßberger 2009] ROSSBERGER, Philipp: *Physikbasierte Interaktion in kollaborativen computergestützten Umgebungen*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Diplomarbeit, 2009. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/arbeiten/master/rossberger.pdf>
- [Rödiger 2007] RÖDIGER, Marcus: Multitouch - Technik & Technologien / Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg. URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master2007/roediger/bericht.pdf>, 2007. – Forschungsbericht
- [Rödiger 2009] RÖDIGER, Marcus: Optimierungsstrategien für IR-Touchsysteme / Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg. 2009. – Forschungsbericht
- [Sears 1989] SEARS, Ben: High Precision Touchscreens: Design Strategies and Comparisons with a Mouse / University of Maryland (College Park, Md.). URL <http://hdl.handle.net/1903/360>, 1989. – Forschungsbericht
- [Shen u. a. 2004] SHEN, Chia ; VERNIER, Frédéric D. ; FORLINES, Clifton ; RINGEL, Meredith: DiamondSpin: an extensible toolkit for around-the-table interaction. In: *CHI '04: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. New York, NY, USA : ACM, 2004, S. 167–174. – ISBN 1-58113-702-8
- [Thörnlund 2007] THÖRNLUND, Michael: Gesture analyzing for multi-touch screen interfaces / Lulea University of Technology. URL <http://epubl.ltu.se/1404-5494/2007/30/LTU-HIP-EX-0730-SE.pdf>, 2007. – Forschungsbericht

- [Valli und Linari 2008] VALLI, Alessandro ; LINARI, Lorenzo: Natural interaction sensitive-table. In: *CHI '08: CHI '08 extended abstracts on Human factors in computing systems*. New York, NY, USA : ACM, 2008, S. 2315–2318. – ISBN 978-1-60558-012-X
- [Vogel und Balakrishnan 2005] VOGEL, Daniel ; BALAKRISHNAN, Ravin: Distant freehand pointing and clicking on very large, high resolution displays. In: *UIST '05: Proceedings of the 18th annual ACM symposium on User interface software and technology*. New York, NY, USA : ACM, 2005, S. 33–42. – ISBN 1-59593-271-2
- [Vogt 2008] VOGT, Matthias: Multitouch-Steuerung moderner Computersysteme / Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg. URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master08-09-aw1/vogt/bericht.pdf>, 2008. – Forschungsbericht
- [Weiser 1999] WEISER, Mark: The computer for the 21st century. In: *SIGMOBILE Mob. Comput. Commun. Rev.* 3 (1999), Nr. 3, S. 3–11. – ISSN 1559-1662
- [Wolfe u. a. 2008] WOLFE, Christopher ; SMITH, J. D. ; GRAHAM, T. C. N.: A low-cost infrastructure for tabletop games. In: *Future Play '08: Proceedings of the 2008 Conference on Future Play*. New York, NY, USA : ACM, 2008, S. 145–151. – ISBN 978-1-60558-218-4