



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Ausarbeitung

Stefan Gehn

Intuitive Gesten für Multitouch-Displays

*Fakultät Technik und Informatik
Studiendepartment Informatik*

*Faculty of Engineering and Computer Science
Department of Computer Science*

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Grundlagen	4
2.1	Multitouch als Eingabemedium	4
2.2	Flüssige Interaktion durch Gesten	4
2.3	Interaktion ohne Betriebsmodi	5
2.4	Physikbasierte Interaktion	5
3	Masterarbeit	7
3.1	Bibliothek	7
3.1.1	Architektur	8
3.2	Testanwendung	9
3.2.1	Umzusetzendes Gestenrepertoire	9
3.2.2	Wahl der Geste für bestimmte Aktionen	10
3.2.3	Anwendungsszenarien	10
3.3	Evaluation der Anwendung	10
3.3.1	Rotation & Translaton	10
3.3.2	Verschieben mehrerer Objekte	11
3.4	Auswertung der Evaluation	12
3.5	Risiken	12
4	Fazit	13
	Literaturverzeichnis	14

1 Einleitung

Die Multitouchtechnik hält mittlerweile Einzug in vielen Geräten und Anwendungsbereichen. Prominente Beispiele sind das Apple iPhone sowie Microsoft Surface. Diese ermöglichen eine Form der Mensch-Maschine-Interaktion, die für viele Anwender intuitiv erscheint.

Der Grund für die oftmals überragende Akzeptanz von Multitouchsystemen wie den beiden zuvor genannten ist jedoch nicht immer eindeutig. Es stellt sich die Frage, ob die neuen Hardwareeigenschaften und die damit veränderte Eingabe allein verantwortlich für diese Akzeptanz sind oder ob es dafür noch andere Gründe gibt. Sowohl die Abkehr vom reinen WIMP Paradigma¹ und die damit einhergehende Veränderung der Benutzeroberfläche als auch der Einsatz von bereits bekannten Gesten könnte einen Einfluss auf die Akzeptanz von Multitouchsystemen haben.

Ziel der nachfolgend beschriebenen Masterarbeit soll die Evaluation und Bewertung der zuvor genannten Gesten sein. Es ist zu klären, welche Arten von Gesten für den Anwender intuitiv erscheinen und woran sich Intuitivität von Gesten festmacht. Weiterhin wird zu überprüfen sein, ob und in welchem Umfang die Wahl der verwendeten Multitouchtechnik einen Einfluss auf die Intuitivität von Gesten hat und welche Eigenschaften von Gesten personalisierbar sein sollten, damit das Gesamtsystem von einer möglichst breiten Benutzerbasis verwendet werden kann.

Die nachfolgende Arbeit gliedert sich in drei Teile. Zu Anfang werden in Kapitel 2 grundlegende Begriffe erläutert. In Kapitel 3 wird daraufhin der Aufbau der Masterarbeit näher beschrieben sowie in 3.5 auf Seite 12 mögliche Risiken genannt, die die genannten Ziele gefährden könnten. Abschließend werden die Ergebnisse der Ausarbeitung in Kapitel 4 noch einmal kurz zusammengefasst.

¹WIMP: Windows, Icons, Menus and Pointers

2 Grundlagen

Im Folgenden sollen verwendete Techniken und Begriffe erläutert werden. Dabei werden verwendete und wünschenswerte Techniken sowie Arbeitsprinzipien erläutert sowie Bezüge zu anderen Arbeitsgebieten hergestellt.

2.1 Multitouch als Eingabemedium

Die Eingabe erfolgt beim Multitouchdisplay, ähnlich wie bei traditionellen Touchdisplays, ohne weitere Hilfsmittel und wird mit der Ausgabe kombiniert. Diese Kombination entspricht eher dem Interaktionsverständnis des Menschen, da reale Objekte zumeist mit einer oder beiden Händen manipuliert werden. Der Abstand zwischen dem zu manipulierenden Objekt und der Hand wird durch den Wegfall eines Eingabehilfsmittels verkürzt.

Der Einsatz von Multitouchdisplays als Eingabemedium erlaubt weiterhin eine Nutzung sowohl der gesamten Hand anstatt eines einzelnen Fingers zur Eingabe, als auch die Interaktion mit beiden Händen gleichzeitig. Bei Letzterem legt bei der Interaktion mit realen Gegenständen die nicht-dominante Hand üblicherweise die Aktion bzw. das Kommando fest. Die dominante Hand steuert parallel dazu die eigentliche Aktion [vgl. [Lank u. a., 2006](#)]. Bei der Nutzung beidhändiger Interaktionsmuster auf Multitouchhardware sollte dies beachtet und entsprechend umgesetzt werden.

2.2 Flüssige Interaktion durch Gesten

Da der Begriff der "Geste" nicht immer eindeutig von dem der "Bewegung" unterschieden wird, seien an dieser Stelle zwei mögliche Definitionen gegeben:

"A gesture is a motion of the body that contains information. Waving goodbye is a gesture. Pressing a key on a keyboard is not a gesture because the motion of a finger on its way to hitting a key is neither observed nor significant. All that matters is which key was pressed" [aus [Kurtenbach und Hulteen, 1990](#)].

Im Vergleich dazu bezeichnet [Harling und Edwards \[1997\]](#) auch Handhaltungen, die über einen gewissen Zeitraum beibehalten werden, als Geste.

Wenn man beide Definitionen zusammen betrachtet, so können Gesten sowohl als Interpretation einer Bewegung oder mehrerer parallel ausgeführter Bewegungen (zum Beispiel mit beiden Händen) als auch als Interpretation der Abwesenheit einer Bewegung angesehen werden. Der

einfache Tastendruck auf einer Maus wird daher nicht als Geste gewertet. Das Ziehen und Loslassen von Objekten mit Hilfe der Maus kann dagegen schon als Geste angesehen werden. Im Kontext des Multitouch bezeichnet der Begriff der "Geste", ähnlich wie im Kontext der Eingabe per Maus, alle Bewegungen, die über das simple Zeigen mit einem Finger hinausgehen.

Die Interaktion durch Gesten kann eine geringere Einarbeitungszeit für den Anwender im Vergleich zur Maus erzielen, da viele Gesten bereits aus anderen Bereichen bekannt sind. Um dies auch praktisch zu erreichen, sollten Gesten für die Mensch-Maschine-Interaktion realen Gesten nachempfunden sein und zur jeweiligen Anwendungsaktion "passen".

2.3 Interaktion ohne Betriebsmodi

Durch die Nutzung von Multitoucheingabe in Verbindung mit Gesten kann eine Umschaltung zwischen Werkzeugen in Teilbereichen einer Anwendung wegfallen. Dies erlaubt einen nahtlosen Übergang zwischen unterschiedlichen Aktivitäten und sollte daher eine flüssige Bedienung der Anwendung ermöglichen.

Ein Beispiel hierfür ist der Wechsel zwischen einem Zeichenstift und der Radierfunktion in einer Grafikanwendung. Durch entsprechende Gesten wie zum Beispiel das "Wischen" mit der ganzen Hand kann eine zuvor gemacht Zeichenoperation rückgängig gemacht werden, ohne dabei das eigentliche Zeichenwerkzeug wechseln zu müssen. Der Einsatz von Multitouchtechnik und Gesten bietet für dieses Szenario einen Vorteil gegenüber der realen Welt, da dort ein Werkzeugwechsel hätte stattfinden müssen.

2.4 Physikbasierte Interaktion

Die Kombination von virtuellen Objekten mit physikalischen Eigenschaften und einer gestenbasierten Eingabe, ermöglicht eine Annäherung der virtuellen an die reale Welt. Insbesondere bei der Abbildung realer Objekte auf virtuellen Desktops bietet sich dieses Verfahren an. Da die physikalischen Eigenschaften realer Objekte dem Benutzer bekannt sind, kann er dieses Wissen bei der Interaktion mit virtuellen Gegenständen ausnutzen. So können beispielsweise Objekte durch anschieben über eine größere Strecke bewegt werden.

Ein Softwareansatz zur Integration physikalischer Eigenschaften in virtuelle Desktops wurde bereits in [Roßberger \[2007\]](#) vorgestellt. Eine Kombination der dort geplanten Testanwendung mit Gesten auf einem Multitouchdisplay könnte im Evaluationsteil der Masterarbeit umgesetzt werden. Eine Prüfung ob dies durchführbar ist, steht allerdings noch aus.

Ein weiterer Ansatz im Bereich physikbasierter Interaktion stellt BumpTop (siehe [BumpTop](#) sowie [Abb. 2.1](#)) dar, welches aktuell jedoch noch nicht zur Verfügung steht und daher nicht für die praktische Evaluation eingesetzt werden kann.

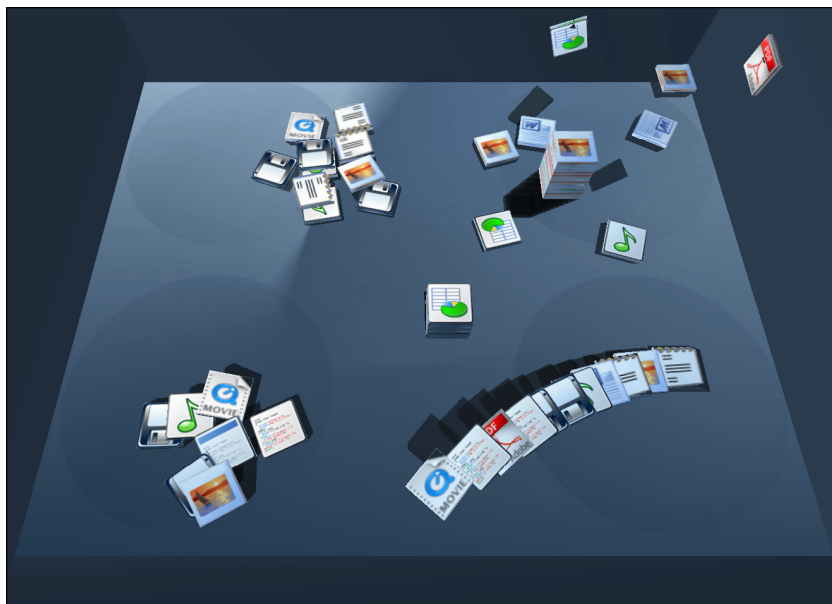


Abbildung 2.1: BumpTop: Physikbasierter Desktop

3 Masterarbeit

Im Rahmen der Masterarbeit sollen die folgenden Teilaufgaben bearbeitet werden:

1. Erstellung einer Bibliothek zur Ansteuerung der Touchhardware (Teilweise Erstellung der Bibliothek aus zeitlichen Gründen als Vorarbeit)
2. Entwicklung einer Testanwendung die Interaktion durch Gesten ermöglicht
3. Evaluation der Testanwendung durch mehrere Personen
4. Bewertung der gewählten Gesten, Einschätzung von Verbesserungsmöglichkeiten

Die einzelnen Bestandteile sowie dazu notwendige Techniken und Vorgehensweisen werden im Folgenden näher erläutert.

3.1 Bibliothek

Da die zur Verfügung stehende Multitouchhardware keine Software mitliefert, wird eine entsprechende Bibliothek benötigt, auf der die Testanwendung dieser Arbeit sowie nachfolgende Arbeiten aufbauen können. Vorarbeiten sowie eine Evaluation der Hardware sind im Rahmen des Projekts durchgeführt worden und in [Gehn \[2008\]](#) dokumentiert. Da sich während der Evaluation ergeben hat, dass die Hardware wenig Gemeinsamkeiten mit den sonst üblichen kamerabasierten Techniken besitzt, lassen sich andere Bibliotheken aus diesem Bereich leider nicht verwenden. Da die Erstellung der Softwarebibliothek nicht ein Hauptziel der Masterarbeit darstellen soll, wird ein Teil des benötigten Leistungsumfangs bereits im Vorfeld implementiert. Während der Durchführung der Masterarbeit soll der Fokus primär auf der Implementation von konkreten Gesten sowie deren anschließender Evaluation liegen.

Die Bibliothek sollte die folgenden Informationen in Form von Events der Applikation zur Verfügung stellen:

- Position eines einzelnen Druckpunkts
- Umgebendes Rechteck sowie Einzelwerte für mehrere Druckpunkte
- Objektart wie z.B. Finger, Hand oder Handkante

Zusätzlich zu diesen Informationen sollte eine Sammlung von Hilfsmitteln zur Verfügung stehen, mit der möglichst einfach weitere Informationen wie Drehung oder Größenveränderung des umgebenden Rechtecks aus den Eventdaten extrahiert werden können. Auf dieser Informationsbasis aufbauend sollen daraufhin die einzelnen Gesten als Teil der Anwendung implementiert werden.

3.1.1 Architektur

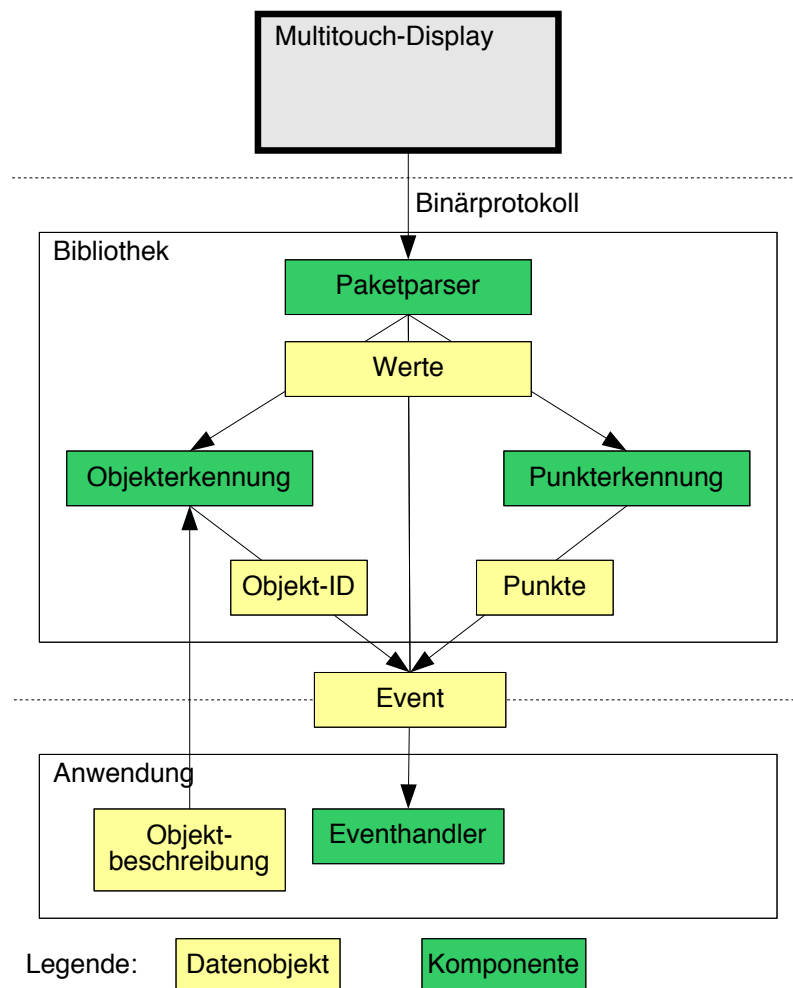


Abbildung 3.1: Grobarchitektur IrTouch-Bibliothek

Abbildung 3.1 zeigt grob den geplanten Aufbau der Architektur, sowie Kernkomponenten der Bibliothek. Die Kernkomponenten Paketparser, Druckpunkterkennung sowie Objekterkennung werden im Folgenden beschrieben.

Paketparser

Der Paketparser dient dem Einlesen und Parsen des seriellen Datenstroms. Fehlerfreie Pakete werden mit einem Zeitstempel versehen und enthalten eine Werteliste, die an nachfolgenden Komponenten weitergereicht wird.

Punkterkennung

Im Falle von nur einem Wertepaar, lässt sich ein konkreter Druckpunkt aus den Daten extrahieren. Aufgabe der Punkterkennung ist, diesen Druckpunkt über den gesamten Lebenszyklus (z.B. bis der Anwender den Finger vom Display nimmt) eindeutig zu identifizieren.

Eine Erweiterung auf mehrere Druckpunkte sollte bereits im Eventformat vorgesehen werden. Es ist momentan allerdings noch nicht absehbar, ob die zur Verfügung stehende Hardware eine sichere Erkennung mehrerer Druckpunkte garantieren kann (Details siehe [Gehn, 2008, Seite 9]).

Objekterkennung

Ein Merkmal um Gesten voneinander unterscheiden zu können ist die Art des Objekts, mit der eine Bewegung ausgeführt wird. Die Erkennung soll für die Applikation "passend" erfolgen, indem diese die zu erkennenden Objekte über sogenannte Objektdefinitionen festlegt. Als Objektdefinition dient eine Kombination aus mehreren Constraints, die Minima und Maxima für die Anzahl der zuvor geparsten Werte, deren Breite sowie einiger weiterer Eigenschaften festlegt. Einige grundlegende Objektdefinitionen sollen der Bibliothek bereits beiliegen. Das genaue Format der Objektdefinitionen und ob diese im Code oder als textuelle Darstellung (z.B. XML-Dateien) vorliegen ist noch offengelassen.

3.2 Testanwendung

Die für diese Arbeit zu erstellende Testanwendung dient vor allem der nachfolgenden Evaluation und soll daher nur prototypisch umgesetzt werden. Um aus der Evaluation möglichst viele Schlüsse ziehen zu können, muss die Anwendung zwei Anforderungen erfüllen. Zum einen muss ein umfassendes Gestenrepertoire vorhanden sein, zum anderen muss dem Anwender die Wahl einer Geste für eine bestimmte Aktion ermöglicht werden.

3.2.1 Umzusetzendes Gestenrepertoire

Es ist geplant, mehrere Gesten auf ihre Intuitivität zu prüfen. Die folgenden Gestenarten könnten in der Testanwendung umgesetzt werden.

- Zeigegesten zur Auswahl einzelner Objekte
- Verschiebung einzelner Objekte oder "Flick & Catch"-Geste nach [Wu und Balakrishnan \[2003\]](#), falls physikbasierte Interaktion möglich
- Drehung von Objekten oder der gesamten Ansicht
- Zoomen eines Objektes
- Zoomen der gesamten Szenerie

- Mehrfachselektion
- Stapeln von Objekten (ein Sonderfall der Mehrfachselektion)
- Kurzzeitiges Freilegen von verdeckten Objekten

3.2.2 Wahl der Geste für bestimmte Aktionen

Die Wahlfreiheit von Gesten durch den Anwender erlaubt zum einen den direkten Vergleich mehrerer Gesten miteinander, zum anderen kann geprüft werden, welche Geste von den Testpersonen bevorzugt wird. Je nach Testaufbau können dabei verschiedene Aspekte verglichen werden, wie z.B. die mittlere Ausführungsgeschwindigkeit oder auch die Fehlerrate, falls das Testziel nicht im ersten Anlauf erreicht wird.

3.2.3 Anwendungsszenarien

Das tatsächlich umgesetzte Gestenrepertoire ergibt sich aus der Wahl der Testanwendung, da nicht alle Gesten in allen Anwendungsarten Verwendung finden können. Um einen Großteil der oben genannten Gesten auszunutzen, bietet sich eine Interaktion mit zweidimensionalen Gegenständen wie Bildern dar. Dies könnten sowohl digitale Fotos sein als auch abstrakte Icondarstellung wie z.B. in einem Dateimanager. Auch eine Zeichenanwendung mit editierbaren geometrischen Formen, ähnlich einer CAD-Anwendung, wäre denkbar.

3.3 Evaluation der Anwendung

Da eine Festlegung auf eine bestimmte Testanwendung noch nicht erfolgt ist, werden im Folgenden zwei Testszenarien exemplarisch beschrieben. Hauptaugenmerk bei den Tests soll auf der vom Anwender gewählten Geste, der Fehlerrate von Gesten sowie dem anschließenden informellen Feedback der Testkandidaten liegen.

3.3.1 Rotation & Translaton

Das Testszenario könnte an das in [Liu u. a. \[2006\]](#) verwendete Szenario angelehnt sein. Ziel wäre die Drehung von Objekten in eine bestimmte Lage. Da sowohl [Liu u. a. \[2006\]](#) als auch bereits [Kruger u. a. \[2005\]](#) die Rotation mit der Translation kombiniert haben und die Auswertung dieser Kombination bei beiden positiv ausgefallen ist, sollte in der Testanwendung ein vergleichbares Verhalten umgesetzt werden. Denkbar wäre bei einer Geste mit zwei Fingern z.B. eine Translation anhand des gemeinsamen Schwerpunkts beider Finger.

Als konkrete Gestenausprägungen könnten die drei in [3.2](#) auf der nächsten Seite abgebildeten Varianten verwendet werden:

1. Drehung mit einem Finger an einer der Ecken eines Objekts

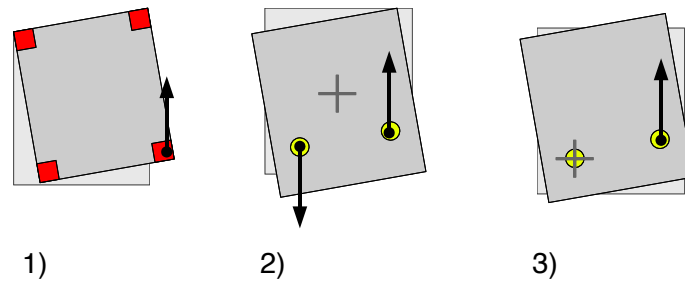


Abbildung 3.2: Rotationsgesten: 1) Drehung an sensiblen Objektecken, 2) Drehung um Objektmittelpunkt, 3) Drehung mit benutzerdefiniertem Drehmittelpunkt

2. Zwei Finger mit dem Objektmittelpunkt als Drehmittelpunkt

3. Zwei Finger mit einem der Finger als Drehmittelpunkt

Die erste Variante dient dabei primär dem Vergleich einer für Mauseingaben optimierten Interaktionstechnik mit zwei auf Multitoucheingabe zugeschnittenen Gesten.

Um die Auswirkung der Drehgeschwindigkeit auf die Nutzerzufriedenheit zu prüfen, sollte diese veränderbar sein. Es könnten entweder Tests mit unterschiedlichen Faktoren für die Drehung eingesetzt werden oder dem Benutzer überlassen werden, für welchen Faktor er sich entscheidet. Letzteres könnte allerdings die Vergleichbarkeit zwischen den einzelnen Testpersonen erschweren, daher wäre die erste Testmethode vorzuziehen. Ein weiterer Aspekt könnte die Drehgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der gestellten Aufgabe sein, da die Genauigkeit der Drehung direkt von dessen Geschwindigkeit abhängt. Es ist noch zu prüfen, ob sich Testszenarien finden lassen, mit denen diese Annahme sinnvoll überprüft werden kann.

3.3.2 Verschieben mehrerer Objekte

Um mehrere Objekte gleichzeitig zu verschieben, muss der Anwender diese normalerweise zuvor auswählen. Alternativen hierzu sind die in [Wu und Balakrishnan \[2003\]](#) vorgestellte "Sweep"-Geste, d.h. das Verschieben aller Objekte mit einer Handkante sowie ein beidhändiges "Sweep" zum Zusammenschieben oder Stapeln von Objekten. Hierzu werden beide Handkanten eingesetzt. Alle drei Varianten sind in [Abbildung 3.3](#) auf der nächsten Seite skizziert.

Die erste der drei Varianten ist erneut an der traditionellen Interaktion per Mauseingabe angelehnt. Diese zeichnet sich durch eine Zweiteilung der Aufgabe aus. Die zu bewegenden Objekte müssen zuerst ausgewählt werden, bevor eine Bewegung aller Objekte möglich ist. Eine Randbedingung für diesen Test ist, dass das Auswählen mehrerer Objektgruppen nacheinander dadurch ermöglicht werden sollte, dass ein kurzzeitiges berühren der freien Arbeitsfläche eine zuvor gemachte Selektion aufhebt.

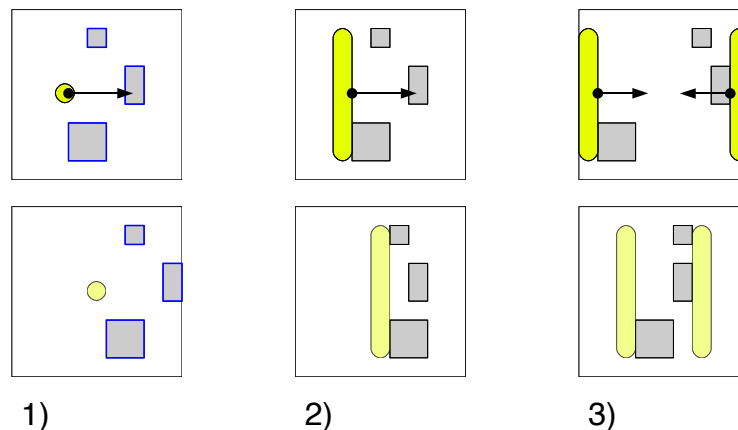


Abbildung 3.3: Verschiebung mehrerer Objekte: 1) Selektion & Verschiebung mit einem Finger, 2) Mehrfachverschiebung per "Sweep" mit Handkante 3) Stapeln per "Sweep" mit zwei Handkanten

3.4 Auswertung der Evaluation

Aus den Messwerten der in 3.3 beschriebenen Evaluation der Gesten soll festgestellt werden, welche der Gesten bei Vorhandensein von Gestenalternativen am häufigsten verwendet wurden. Falls die Tester in zwei Gruppen aufgeteilt werden und eine Testgruppe über die vorhandenen Gesten informiert wird, so kann geprüft werden, ob die Wahl der Geste per Intuition eine Andere wäre, als wenn die Gesten zuvor vorgestellt werden würden. Desweiteren soll eine informelle Evaluation erfolgen. Diese kann über einen kurzen Fragebogen im Anschluss an den praktischen Test erfolgen. Der Schwerpunkt soll dabei auf dem subjektiven Empfinden über die Intuitivität liegen. Dies kann sich sowohl auf Eingabekomfort als auch auf die Genauigkeit der Eingabe beziehen.

3.5 Risiken

Die Wahl der Multitouchtechnik könnte einen größeren Einfluss auf die Testergebnisse haben, als die eigentlichen Unterschiede der Gesten zueinander. Da aktuell keine weitere Technik zur Verfügung steht, ist ein Vergleich identischer Gesten auf unterschiedlicher Hardware im Rahmen der Masterarbeit nicht umsetzbar. Es muss daher genau unterschieden werden, ob ein Problem während der Evaluation durch die Hardware oder die Software bedingt ist. Tests mit unterschiedlichen Softwareversionen könnten dieses Risiko zumindest teilweise mindern.

Ein weiteres Risiko stellt die Erstellung der Bibliothek im Vorfeld der Arbeit dar. Der eventuell hohe Aufwand für die Implementation der Bibliothek könnte eine Verlagerung des Schwerpunkts der Arbeit auf die Implementation nach sich ziehen. Die eigentliche Gestenevaluation könnte dadurch vernachlässigt werden. Ein frühzeitiges Vorbereiten der Bibliothek soll dieses Risiko soweit wie möglich minimieren.

4 Fazit

Die vorliegende Arbeit beschreibt zentrale Bestandteile der Masterarbeit des Autors. Ziel der Arbeit ist der Vergleich sowie die Bewertung verschiedener Gesten, die auf Multitouchhardware möglich sind. Diese können für viele Anwendungsfelder einen Vorteil gegenüber anderen Eingabemethoden bieten.

Zu Anfang werden in Kapitel 2 grundlegende Begriffe geklärt sowie mögliche Vorteile genannt, die Multitouch gegenüber anderen Eingabemethoden bieten kann. Außerdem werden mögliche Berührungspunkte mit anderen Entwicklungsbereichen gezeigt.

Im Anschluss wird in Kapitel 3 auf den konkreten Aufbau der Masterarbeit näher eingegangen. Beginnend mit der Entwicklung einer Bibliothek zur Nutzung der Hardware, werden mögliche Szenarien für eine Testanwendung beschrieben, sowie darauf aufbauende Testmöglichkeiten. Als Testszenario wird eine zweidimensionale Anwendung angestrebt, welche die in 3.2.1 genannten Gesten bestmöglichst ausnutzt. In 3.3 werden anschließend zwei mögliche Vergleiche von Gesten sowie der dabei zweckmäßige Testablauf ausgeführt.

Abschließend werden in 3.5 mögliche Risiken genannt, welche die in der Einleitung beschriebenen Ziele gefährden könnten. Als Hauptrisiko werden hierbei Hardwareeinschränkungen genannt.

Literaturverzeichnis

[BumpTop] : *BumpTop*. – URL <http://www.bumptop.com>

[Gehn 2008] GEHN, Stefan: *Evaluation einer infrarotbasierten Multitouchhardware*. 2008.
– URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master07-08-proj/gehn/report.pdf>

[Harling und Edwards 1997] HARLING, Philip A. ; EDWARDS, Alistair D. N.: Hand Tension as a Gesture Segmentation Cue. In: *Proceedings of Gesture Workshop on Progress in Gestural Interaction*. London, UK : Springer-Verlag, 1997, S. 75–88. – ISBN 3-540-76094-6

[Kruger u. a. 2005] KRUGER, Russell ; CARPENDALE, Sheelagh ; SCOTT, Stacey D. ; TANG, Anthony: Fluid integration of rotation and translation. In: *CHI '05: Proceedings of the SIG-CHI conference on Human factors in computing systems*. New York, NY, USA : ACM, 2005, S. 601–610. – ISBN 1-58113-998-5

[Kurtenbach und Hulteen 1990] KURTENBACH, G. ; HULTEEN, Eric A.: *The Art of Human-Computer Interface Design*. Kap. Gestures in Human-Computer Communication, S. 309–317, Addison-Wesley, 1990

[Lank u. a. 2006] LANK, Edward ; RUIZ, Jaime ; COWAN, William: Concurrent bimanual stylus interaction: a study of non-preferred hand mode manipulation. In: *GI '06: Proceedings of Graphics Interface 2006*. Toronto, Ont., Canada, Canada : Canadian Information Processing Society, 2006, S. 17–24. – ISBN 1-56881-308-2

[Liu u. a. 2006] LIU, Jun ; PINELLE, David ; SALLAM, Samer ; SUBRAMANIAN, Sriram ; GUTWIN, Carl: TNT: improved rotation and translation on digital tables. In: *GI '06: Proceedings of Graphics Interface 2006*. Toronto, Ont., Canada, Canada : Canadian Information Processing Society, 2006, S. 25–32. – ISBN 1-56881-308-2

[Roßberger 2007] ROSSBERGER, Philipp: Physikbasierte Interaktion im Collaborative Workspace / Hochschule für angewandte Wissenschaften Hamburg. URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master06-07/rossberger/report.pdf>. – Zugriffsdatum: 2008-02-20, 2007. – Seminararbeit

[Wu und Balakrishnan 2003] WU, Mike ; BALAKRISHNAN, Ravin: Multi-finger and whole hand gestural interaction techniques for multi-user tabletop displays. In: *UIST '03: Proceedings of the 16th annual ACM symposium on User interface software and technology*, ACM Press, 2003, S. 193–202. – ISBN 1-58113-636-6