



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Seminararbeit

Philipp Roßberger

Physikbasierte Interaktion im Collaborative
Workspace

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Motivation	4
2.1	Virtuelle Arbeitsfläche	4
2.2	Objektmanipulationstechniken	6
2.3	Flüssige Interaktion	7
3	Physikbasierte Interaktion	8
3.1	Ziele der Masterarbeit	9
3.1.1	Applikation mit physikbasierter Interaktion	9
3.1.2	Applikationsevaluation	10
3.1.3	Auswertung der Evaluationsergebnisse	11
3.2	Risiken	11
4	Zusammenfassung und Ausblick	12
4.1	Zusammenfassung	12
4.2	Ausblick	12
	Literaturverzeichnis	14

1 Einleitung

Bedienoberflächen aktueller Computerbetriebssysteme von Microsoft oder Apple werden als Desktops (zu dt. Schreibtische) bezeichnet. Trotz ihres Namens weisen diese hinsichtlich ihrer Bedienbarkeit lediglich geringe Ähnlichkeit zu Schreibtischen und Tischoberflächen aus der physischen Realwelt auf.

Gegenstände auf realen Tischen lassen sich stapeln, rotieren und reagieren entsprechend ihrer physikalischen Eigenschaften auf Einwirkung von Kräften: z.B. können durch Anstoßen Papierdokumente verschoben werden. Sobald sie sich in Bewegung befinden kollidieren diese unter Umständen mit anderen Objekten auf der Arbeitsfläche. Dagegen ist es auf einem herkömmlichen Computerdesktop lediglich möglich Objekte entlang eines starren Rasters zu verschieben.

Aktuelle Forschungsarbeiten im Bereich der Human Computer Interaction (HCI) prognostizieren eine zunehmende Bedeutung von Computersystemen und -anwendungen, die von mehreren Personen simultan über berührungssensitive großformatige Anzeigeflächen bedient werden. Diese Arbeitsumgebungen nennt man Collaborative Workspaces (CW). Tabletops, in Tische eingelassene Displays, sind integrale Bestandteile von CWs.

Bei Gruppenarbeit an realen Tischen kann häufig beobachtet werden, dass Personen Objekte in die Richtung anderer Gruppenteilnehmer drehen und verschieben, um eine Diskussion anzuregen. Bei der Arbeit mit digitalen Objekten in einem CW sollte diese Interaktionstechnik daher ebenso möglich sein.

Die Entwicklung einer intuitiv verständlichen Technik zum simultanen Verschieben und Rotieren von Objekten auf Tabletops ist das Ziel der Masterarbeit des Autors. Diese Ausarbeitung stellt die geplanten Bestandteile der Masterarbeit vor.

Nach Erläuterung der Beweggründe, die zur Wahl des Themas geführt haben (Kapitel 2), wird in Kapitel 3 eine physikbasierte Interaktionstechnik vorgestellt, die im Laufe der Masterarbeit entwickelt und evaluiert werden soll. Diese soll den Anforderungen an eine intuitiv bedienbare Technik zur simultanen Rotation und Translation von Objekten auf Tabletops genügen. Abschließend wird in Kapitel 4 neben einer Zusammenfassung der Inhalte dieser Ausarbeitung ein Ausblick auf Erweiterungsmöglichkeiten der vorgestellten physikbasierten Interaktionstechnik gegeben.

2 Motivation

Die folgenden drei Abschnitte stellen zentrale Motivationskriterien als Begründung für die Wahl des Thesisthemas dar. Dazu zählt die Nutzbarkeit von Monitoren innerhalb eines CWs als zusammenhängende virtuelle Arbeitsfläche, der Bedarf an speziellen Objektmanipulationstechniken für Computersysteme, die über Touch-Folien bedient werden und die Gewährleistung einer flüssigen, kollaborationsfördernden Interaktion mit Objekten in CW-Umgebungen.

2.1 Virtuelle Arbeitsfläche

Wie in (Köckritz, 2007) beschrieben, können mehrere Monitore innerhalb eines CWs unter Einsatz geeigneter Software als zusammenhängende virtuelle Arbeitsfläche benutzt werden (siehe Abb. 2.1). Die Arbeitsfläche setzt sich dabei aus den Anzeigebereichen der per Software verbundenen Monitore im CW zusammen.

Durch die Verbindung können Anwender Objekte wie z. B. Programmfenster oder Bilder zwischen den Teilbereichen der virtuellen Arbeitsfläche hin und her schieben. Dies verbessert die Kollaborationsfähigkeit der Arbeitsgruppe, da somit auf einfache Weise digitale Objekte zwischen Personen und ihren Arbeitsplätzen ausgetauscht werden können.

Für das Verschieben der Objekte muss dem Anwender eine definierte Interaktionstechnik zur Verfügung stehen. Bei Desktop-Programmen wird hierfür oftmals „Drag & Drop“ eingesetzt. Dabei können Objekte zu allen Bereichen der Anzeigefläche bewegt werden, die mit dem Cursor erreichbar sind. Bei Desktop-Systemen erfolgt die Steuerung des Cursors meist durch eine Maus. Bei Tabletop- und Wallmounted¹-Displays die sich in CW-Umgebungen finden, werden dagegen häufig Touch-Folien zur Steuerung des Cursors benutzt. Dies kann bei großen Displays dazu führen, dass je nach Standort und physischer Konstitution des Anwenders bestimmte Teilbereiche der Anzeigefläche nicht mit dem Finger und daher auch nicht mit Cursor erreichbar sind (siehe Abb. 2.2).

¹vertikal aufrechte, an Wänden montierte

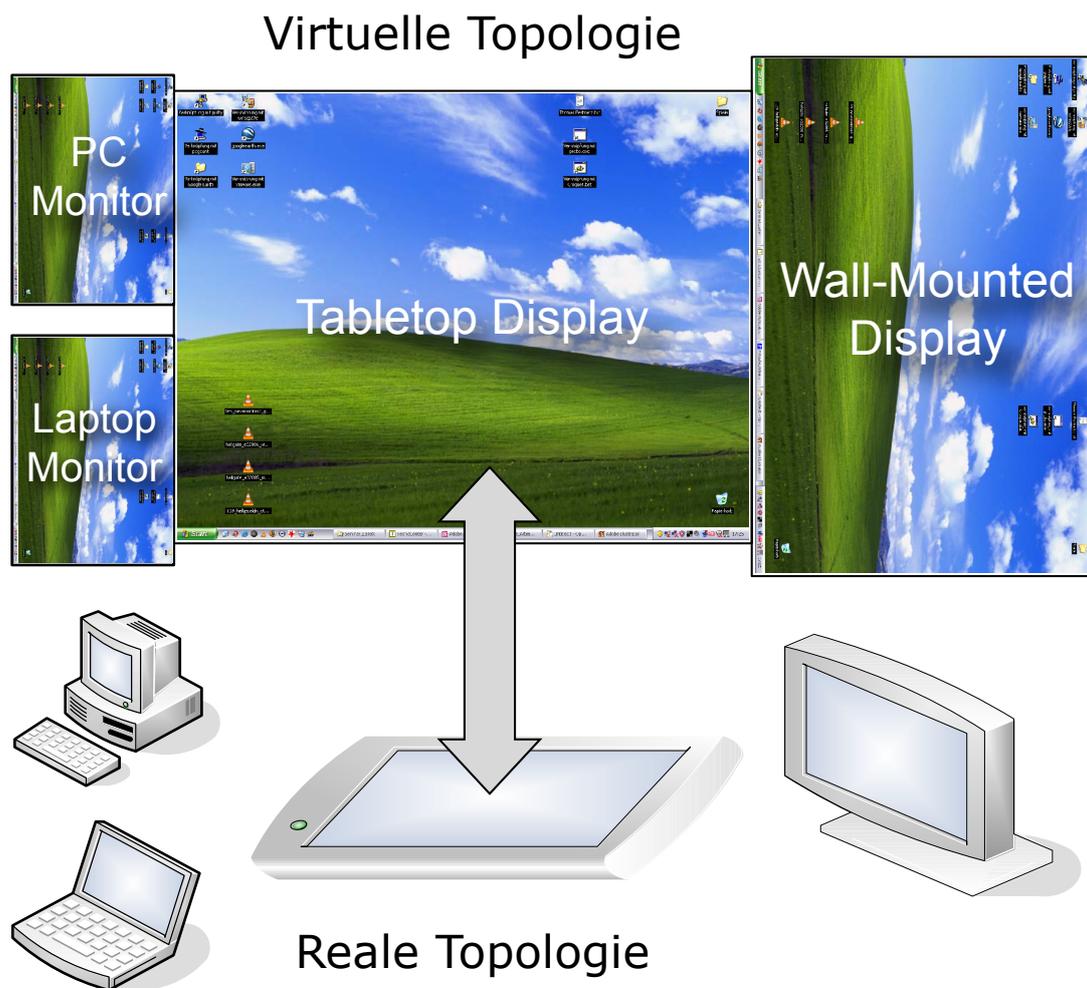


Abb. 2.1: Mögliche virtuelle Konfiguration einer realen Monitortopologie in einem CW. Überarbeitete Abb. aus (Köckritz, 2007).

Um ein Objekt auf einem nicht erreichbaren Bereich der virtuellen Arbeitsfläche zu platzieren oder von dort zu holen, müsste sich der Anwender bei Touch-Interaktion zu dem entsprechenden Anzeigebereich bewegen. Dies ist aus ergonomischen Gründen nicht praktikabel, da Aufgaben, die ein häufiges Verschieben von Objekten erfordern, für die Anwender einen einseitigen Bewegungsaufwand bedeuten würden. Um dem Anwender bequemen Zugriff auf Objekte in entfernten Bereichen der virtuellen Arbeitsfläche zu ermöglichen, ist daher die Entwicklung einer angepassten Interaktionstechnik nötig, wie sie in Abschnitt 3 vorgestellt wird.



Abb. 2.2: Erreichbarkeitsprobleme bei großen Anzeigeflächen. Abb. aus (Scott, 2005)

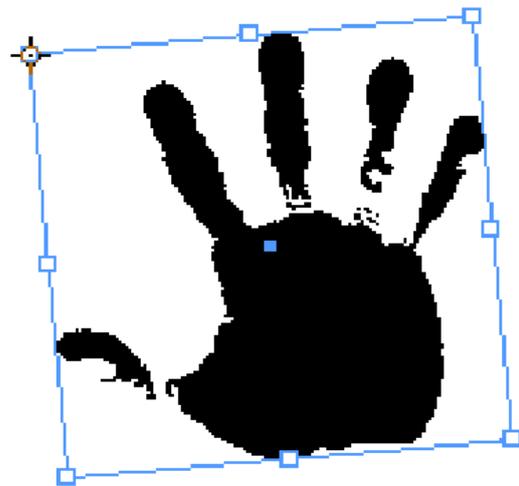


Abb. 2.3: Beispiel für die von Desktop-Anwendungen bekannte „Corner-to-Rotate“-Interaktionstechnik.

2.2 Objektmanipulationstechniken

Auf Desktop-Systemen existieren etablierte Techniken zur Manipulation von Objekten. Eine verbreitete Methode zur Objektrotation ist Corner-to-Rotate (CTR). Wie in Abb. 2.3 zu sehen werden hierbei zur Drehung mehrere, um das Objekt angeordnete quadratische Interaktionsbereiche, benutzt. CRT wird bei vielen Applikationen verwendet, die primär per Maus bedient werden. Die relativ kleinen quadratischen Bereiche können bei Steuerung des Cursors mittels einer Touch-Folie weniger genau getroffen werden, da aus der grösseren Auflagefläche des Fingers eine geringere Selektionspräzision resultiert. Die Nutzung von CRT per Touch-Interaktion erfordert daher eine Vergrößerung der quadratischen Bereiche.

Selbst nach entsprechender Anpassung ist CRT für CW-Szenarien mit Touch-Oberflächen ungeeignet, da die Objektmanipulation auf die quadratischen Interaktionsbereiche beschränkt ist. Dies ist wenig intuitiv, da Menschen bei der Interaktion mit reellen Objekten auf Tischen daran gewohnt sind Drehungen durch Berührung beliebiger Oberflächenpunkte auszulösen.

Weiterhin ist es bei Desktop-Programmen oftmals nötig zwischen verschiedenen Manipulationsmodi wie Verschieben oder Rotieren, über einen expliziten Befehl zu wechseln. Wie im folgenden Abschnitt beschrieben kann durch eine Kombination von Verschieben und Rotieren eine flüssigere Objektinteraktion realisiert werden, bei der ein expliziter Wechsel des Interaktionsmodus nicht nötig ist.

2.3 Flüssige Interaktion

Der flüssige Wechsel zwischen Aktivitäten ist ein wichtiges Kriterium für die Konzeption von Applikationen für kollaborative Arbeit auf Tabletop-Systemen wie in ([Scott u. a., 2003](#)) beschrieben:

Technology should not impose excessive overhead on switching between activities performed on a table, such as writing, drawing, and manipulating artifacts [...] For example, paint programs often distinguish between textual and graphical marks, forcing users to explicitly indicate their intention to write or draw. Studies of traditional tabletop design sessions revealed that people do not make this distinction and that they rapidly transition back and forth between writing and drawing [...]

Der im obigen Zitat angesprochene Wechsel zwischen Tätigkeiten wie Schreiben oder Zeichnen kann auf den Übergang zwischen Interaktionsmodi, wie Verschieben und Rotieren, übertragen werden. Ein flüssiger Übergang zwischen diesen Aktivitäten ohne explizit notwendige Auswahl der Manipulationsart (Verschieben oder Rotieren) resultiert in einem geringeren kognitiven Aufwand für den Benutzer. Damit ist der Anwender in der Lage sich besser auf seine tatsächliche Arbeit und die Kommunikation untereinander zu konzentrieren.

Die eben erläuterten Motivationskriterien (Abschnitt [2.1](#), [2.2](#) und [2.3](#)) erfordern die Entwicklung und Evaluation angepasster Interaktionstechniken für CW-Szenarien. Im folgenden Kapitel wird ein möglicher Lösungsansatz präsentiert, der die Basis für die Masterarbeit des Autors bildet.

3 Physikbasierte Interaktion

Auf Basis aktueller Forschungsarbeiten, die in (Roßberger, 2007) beschrieben werden, soll in der Masterthesis des Autors eine Interaktionstechnik entwickelt und evaluiert werden, die u.a. eine intuitive Objektrotation- und translation mithilfe physikalischer Simulation ermöglicht. Diese physikbasierte Interaktion soll dem natürlichen Vorbild weitestgehend ähneln, indem Kräfte simuliert werden, die bei der manuellen Bewegung von Gegenständen auf Tischen auftreten. Zur Veranschaulichung zeigt Abb. 3.1 zwei Manipulationstechniken aus der Realwelt, die mit der geplanten physikbasierten Interaktion möglich sein sollen.

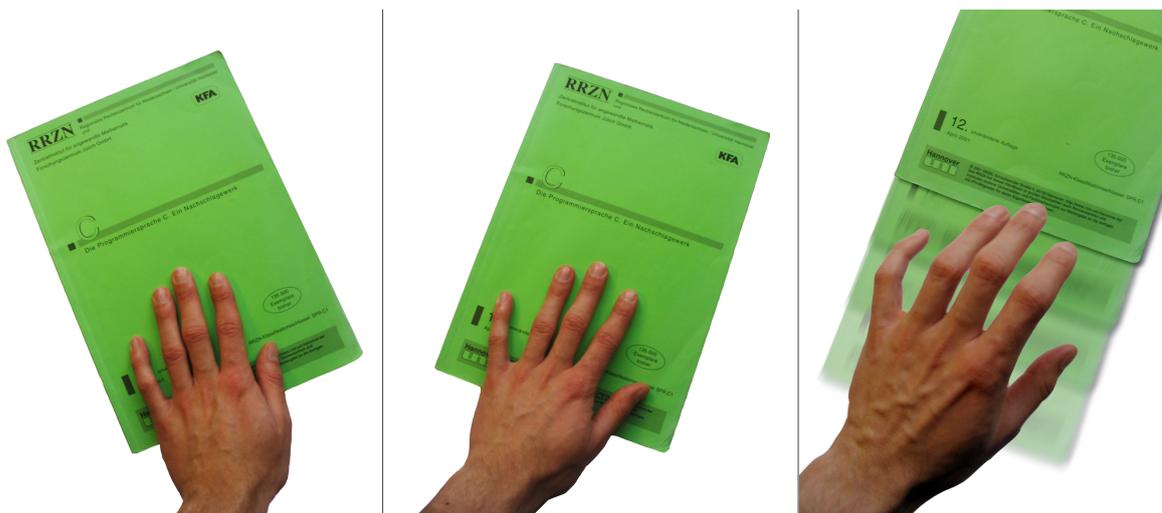


Abb. 3.1: Simultane Translation und -rotation eines Gegenstands (links und mitte). Rechts rutscht ein angestoßenes Dokument über die Tischfläche.

Durch die Verwendung einer physikbasierten Interaktion werden folgende wesentliche Anforderungen erfüllt, die sich aus den Motivationskriterien aus Abschnitt 2 implizit ergeben:

- Durch Anstoßen können Objekte auf entfernte Bereiche der virtuellen Arbeitsfläche verschoben werden und dass diese für den Anwender mit den Fingern erreichbar sein müssen.
- Das Verfahren eignet sich für Touch-Oberflächen da zur Objektmanipulation keine hohe Selektionspräzision wie beim CRT-Verfahren (siehe Abschnitt 2.2) erforderlich ist.

- Ein flüssiger Wechsel zwischen den Interaktionsmodi Translation und Rotation kann mit geringem kognitiven Aufwand durchgeführt werden.

3.1 Ziele der Masterarbeit

Innerhalb der Masterthesis sollen die folgenden Ziele verwirklicht werden, auf die im Folgenden näher eingegangen wird.

1. Entwicklung einer Applikation mit physikbasierter Interaktion
2. Evaluation der Applikation durch Versuchspersonen
3. Bewertung des Nutzens der physikbasierten Interaktion durch Auswertung der Evaluationsergebnisse

3.1.1 Applikation mit physikbasierter Interaktion

Eine Vorbedingung für die Realisierung der letzten beiden Ziele ist die Entwicklung einer Applikation mit physikbasierter Interaktion. Konkret soll eine Software zum Sortieren von Bildern umgesetzt werden, die auf der Anzeigefläche, wie in Abschnitt 3 beschrieben, gedreht und verschoben werden können.

Die Simulation der auftretenden physikalischen Kräfte soll mithilfe einer Physik-Engine erfolgen. Als mögliche Alternativen werden die frei verfügbaren Softwarepakete ODE¹ und Newton² betrachtet.

Theoretisch wäre die Integration der physikalischen Interaktion in die Foto-Applikation auch durch Eigenimplementation der nötigen physikalischen Gesetze vorstellbar. Durch den Einsatz einer Physik-Engine kann dieser Aufwand jedoch entfallen und es ergeben sich ferner wie im Ausblick (Abs. 4) beschrieben, eine Reihe von interessanten Ausbaumöglichkeiten der Applikation. Aus diesen Gründen fiel die Entscheidung zugunsten der Verwendung einer Physik-Engine.

¹<http://www.ode.org/>

²<http://www.newtondynamics.com/>

3.1.2 Applikationsevaluation

Um den Nutzen der physikbasierten Interaktion beurteilen zu können soll ein Vergleichstest durchgeführt werden. Probanden werden hierfür die in Abschnitt 3.1.1 beschriebene Applikation entweder mittels CRT oder physikbasierter Interaktion bedienen. Dabei soll für beide Verfahren gemessen werden, wie oft und über welche Distanz hinweg (in Pixeln gemessen) Objekte berührt werden mussten um die gestellte Aufgabe erfolgreich zu absolvieren.

Folgende Aufgabentypen, die in (Kruger u. a., 2005) Verwendung fanden, könnten bei den Versuchen eingesetzt werden:

Zielpositionierung von Objekten Die Aufgabe besteht in der Positionierung eines Bildes anhand einer definierten Zieltranslation. Wie in Abb. 3.2 zu sehen soll das Bild dabei ausgehend von der ursprünglichen Position in der Tischmitte so bewegt und gedreht werden, dass es sich mit dem Bild auf der linken Tischseite deckt.

Objekt-Passing Hier soll der Anwender ein Bild für einen Mitarbeiter, der sich an einer anderen Tischseite befindet, rotieren und verschieben. Dabei muss das Bild mit einem bestimmten Abstand und Rotationsgrad zur Zielperson ausgerichtet werden wie in Abb. 3.3 zu sehen.

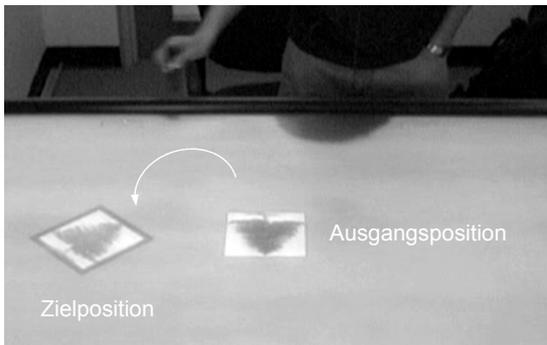


Abb. 3.2: Zielpositionierung von Objekten. Überarbeitete Abb. aus (Kruger u. a., 2005)

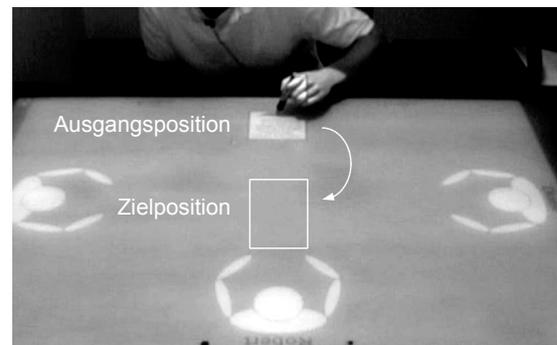


Abb. 3.3: Objekt-Passing (Zuschieben von Objekten). Überarbeitete Abb. aus (Kruger u. a., 2005)

Es wird vermutet, dass beim Einsatz physikbasierter Interaktion eine signifikant geringere Anzahl an Objektberührungen und eine geringere Berührungsstrecke zur Lösung der Aufgaben durch die Versuchspersonen nötig ist.

3.1.3 Auswertung der Evaluationsergebnisse

Auf Basis der Messergebnisse, die sich aus den Versuchen aus Abschnitt 3.1.2 ergeben, soll festgestellt werden, ob die physikbasierte Interaktion dem konventionellen CTR-Verfahren überlegen ist. Dazu wird die Anzahl der Berührungen und die Berührungstrecke verglichen, die zur Absolvierung der Aufgaben durch die Probanden mit CTR bzw. physikbasierter Interaktion benötigt wurden. Ferner sollen die Versuchspersonen angeben, wie sie die physikbasierte Interaktion hinsichtlich subjektiver Kriterien wie Bedienkomfort, Präzision und Erlernbarkeit bewerten.

3.2 Risiken

Bei der Umsetzung der Ziele für die Masterarbeit (siehe Abs. 3.1) werden eine Reihe von Risiken erwartet, die im Folgenden erläutert werden.

Die geplante Foto-Applikation bringt evtl. einen hohen Entwicklungsaufwand mit sich, da hierfür mehrere Software-Bibliotheken miteinander kombiniert werden müssen. Dazu zählen die gewählte Physik-Engine und ein Framework zur Visualisierung der berechneten physikalischen Simulationsergebnisse in „Echtzeit“. Daraus ergibt sich ein relativ hoher Implementations- und Einarbeitungsaufwand, der die zeitgerechte Fertigstellung der Applikation gefährden kann.

Hardwareseitig könnten ferner Probleme mit den Touch-Folien auftreten, falls sich diese aufgrund von technischen Mängeln für „Ziehbewegungen“, die zur gleichzeitigen Translation und Rotation nötig sind, als ungeeignet erweisen sollten. In diesem Fall könnte die Bedienung der Applikation alternativ per Maus erfolgen. Dies dürfte allerdings die Signifikanz der Versuchsergebnisse verringern, da die Nähe zum realen Interaktionsvorbild verloren geht, weil Objektmanipulationen indirekt per Maus und nicht wie geplant direkt mit dem Finger erfolgen müssen.

4 Zusammenfassung und Ausblick

4.1 Zusammenfassung

Diese Arbeit beschreibt das Thema der Masterarbeit des Autors. Dabei handelt es sich um die Entwicklung und Evaluation einer Interaktionstechnik, die durch Simulation physikalischer Kräfte ein simultanes Verschieben und Rotieren von Objekten auf großformatigen Displays in Collaborative Workspaces erlaubt.

Zunächst werden in Abschnitt 2 Motivationskriterien erläutert, welche die Grundlage für die Wahl des Thesisthemas bilden. Neben der Nutzbarkeit von mehreren Monitoren als zusammenhängende Arbeitsfläche erfordert die primäre Bedienung von Computern über Touch-Folien, wie es in CWs häufig der Fall ist, die Entwicklung angepasster Interaktionstechniken.

Auf Basis der Motivationskriterien wird in Kapitel 3 eine physikbasierte Interaktionstechnik vorgestellt. Diese ermöglicht ein gleichzeitiges Verschieben und Rotieren und erlaubt damit eine flüssige Interaktion mit digitalen Objekten. Der Autor erwartet durch den Einsatz dieser Interaktionstechnik eine Verbesserung der Kollaborationsfähigkeit von Arbeitsgruppen in CW-Szenarien.

Um den Nutzen physikbasierter Interaktion testen zu können, ist die Entwicklung einer Foto-Applikation geplant, deren Funktion in Abschnitt 3.1.1 beschrieben wird. Diese Applikation soll nach den in Teil 3.1.2 vorgeschlagenen Verfahren evaluiert werden. Dabei soll herausgefunden werden, ob eine physikbasierte Interaktion traditionellen Objektrotations- und translationsverfahren überlegen ist.

Abschließend beschreibt Abschnitt 3.2 Risiken, die nach Meinung des Autors die in 3.1 formulierten Ziele der Masterarbeit gefährden könnten.

4.2 Ausblick

Die simultane Rotation und Translation von digitalen Objekten demonstriert beispielhaft den Nutzen physikbasierter Interaktion. Der Einsatz einer Physik-Engine zur Simulation der Rei-

bung anstatt der Verwendung eines „massgeschneiderten“ Algorithmus ermöglicht es Objekte mit physikalischen Parametern, wie Dichte, Dimension und Oberflächenbeschaffenheit, zu versehen. Diese reagieren entsprechend ihrer Parametrisierung auf einwirkende Kräfte. Weiterhin kann mithilfe der Physik-Engine das Verhalten von Objekten bei Kollisionen relativ realitätsnah simuliert werden.

Diese Möglichkeiten erlauben es, weitere Interaktionstechniken aus der Realwelt zu übernehmen. Beispielsweise können Objekte andere Objekte beim Ineinanderprallen je nach Masse und Oberflächenhaftung verschieden stark verschieben. Damit ist es Anwendern möglich, mehrere Objekte gleichzeitig zu bewegen. Vorstellbar ist ferner eine physikalische Parametrisierung der Objekte anhand von Meta-Daten. Ein Objekt, das eine große Datei repräsentiert, könnte z. B. mit einer großen Masse versehen werden. Bilddateien mit verschiedenen Abmessungen könnten entsprechende Dimensionen erhalten.

Ferner wäre es durch Simulation physikalischer Kräfte vorstellbar, die Aufmerksamkeit der Anwender auf bestimmte Bereiche des CW zu lenken. Dateien die neu in den CW eingebracht werden, könnten bei ihrem ersten Auftauchen auf der Anzeigefläche eine Erschütterung auslösen, um die Benutzer auf sich hinzuweisen.

Zusammenfassend erlaubt der Einsatz einer Physik-Engine Interaktionsformen und Reaktionen starrer Körper auf Kräfte nachzuahmen, wie es Anwender aus der Realwelt vertraut ist. Ein entsprechend modellierter physikbasierter CW kann somit intuitiv bedient werden und trägt damit zur Steigerung der Leistungsfähigkeit von Arbeitsgruppen in CW-Umgebungen bei. Die Entwicklung und Evaluation eines physikbasierten CW ist damit ein interessantes Thema für Forschungsarbeiten jenseits des hier vorgestellten Themas der Masterarbeit des Autors.

Literaturverzeichnis

- [Köckritz 2007] KÖCKRITZ, Oliver: *Virtueller Collaborative Workspace mit Remote Windows*. Seminararbeit. Februar 2007. – noch nicht erschienen
- [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 SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. New York, NY, USA : ACM Press, 2005, S. 601–610. – ISBN 1-58113-998-5
- [Roßberger 2007] ROSSBERGER, Philipp: *Flüssige Interaktionstechniken für kollaboratives Arbeiten*. Seminararbeit. Februar 2007. – noch nicht erschienen
- [Scott u. a. 2003] SCOTT, S. ; GRANT, K. ; MANDRYK, R.: *System Guidelines for Co-located Collaborative Work on a Tabletop Display*. 2003. – URL citeseeer.ist.psu.edu/scott03system.html
- [Scott 2005] SCOTT, Stacey D.: *Territoriality in Collaborative Tabletop Workspaces*, University of Calgary, Dissertation, March 2005