



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Seminararbeit

Philipp Roßberger

Flüssige Interaktionstechniken für kollaboratives
Arbeiten

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Koppelungsgrade kollaborativer Arbeit	4
3	Forschungslandschaft Objektausrichtung/-rotation	6
3.1	Gruppeninteraktion an Tischen	6
3.2	Objektausrichtung als Kollaborationshilfsmittel	7
3.3	Objektausrichtung auf Tabletops	8
3.3.1	3 Degrees of Freedom (DOF)	9
3.3.2	Umgebungsbasiert	9
3.3.3	Situationsbasiert	9
3.3.4	2 DOF mit Physiksimulation	9
3.3.5	Diskussion	10
4	Physikbasierte Interaktionstechniken	12
4.1	Rotate'N Translate (RNT)	12
4.2	BumpTop	13
4.3	Ausblick	15
5	Zusammenfassung	16
	Literaturverzeichnis	17

1 Einleitung

Viele verschiedene Arten von Software, wie z. B. Grafik- oder CAD-Programme, erfordern ein Verschieben und Drehen von Objekten. Diese Interaktionstechniken werden bei den meisten gebräuchlichen Bedienoberflächen als separate Funktionen zur Verfügung gestellt und müssen daher sequentiell ausgeführt werden.

In der Realwelt werden Rotationen und Translationen von Gegenständen dagegen meist simultan ausgeführt. Bei der Zusammenarbeit mehrerer Personen an einem Tisch kommt es häufig vor, dass Objekte auf der Arbeitsfläche verschoben und gedreht werden, damit sie von der Gruppe oder einem Individuum besser betrachtet werden können. Eine Kombination von Drehen und Verschieben findet in diesem Szenario z. B. dann statt, wenn ein Mitglied der Arbeitsgruppe mit einer anderen oder mehreren Personen über einen Gegenstand auf der Tischfläche diskutieren will.

In den letzten Jahren gab es verstärkte Forschungsbemühungen bei der Entwicklung von Arbeitsräumen, die ein besonders effektives Zusammenarbeiten mehrerer Personen mit digitalen Dokumenten erlauben. Diese werden als Collaborative Workspaces (CW) bezeichnet und sind in der Regel mit großflächigen, vertikal und horizontal angebrachten Anzeigeflächen ausgestattet. Horizontale Anzeigeflächen werden als Tabletops bezeichnet, da sie häufig in Tische eingelassen bzw. darauf projiziert werden.

Die vorliegende Arbeit konzentriert sich auf Forschungsarbeiten, die ein flüssiges Arbeiten mit Objekten speziell auf Tabletops in CW-Umgebungen erlauben. Wie in Abschnitt 3.2 gezeigt wird, gibt es dabei unterschiedliche Ansätze. Die in Kapitel 4 erläuterten physikbasierten Techniken scheinen dabei besonders viel versprechend zu sein.

Zunächst wird diese Ausarbeitung jedoch in Kapitel 2 auf Koppelungsgrade kollaborativer Arbeit eingehen und sich dann in Abschnitt 3.1 mit eng gekoppelter Kollaboration an realen Tischen beschäftigen. Dabei nimmt die Ausrichtung von Objekten eine spezielle Rolle ein (siehe 3.2) und ist somit ein entscheidender Faktor zur Bewertung bisher entwickelter Interaktionstechniken für kollaborative Arbeit in CW-Umgebungen und an Tabletops im Speziellen.

2 Koppelungsgrade kollaborativer Arbeit

Je nach Aufgabentyp erfordert die Ausführung kollaborativer Arbeit eine mehr oder minder enge Zusammenarbeit mehrerer Personen. Es kann daher zwischen lose und eng gekoppelter Kollaboration unterschieden werden. Diese beiden Koppelungsgrade werden in diesem Kapitel näher beschrieben.

Laut [Pinelle u. a. \(2006\)](#) gibt es bei Gruppenarbeit an Tischen gewisse Aufgaben, die ein hohes Maß an Kommunikation und Koordination erfordern. Dazu zählen z. B. Brainstorming-Sitzungen oder Projektplanungsaktivitäten. Bei diesen Tätigkeiten besteht eine starke Abhängigkeit unter den Mitgliedern der Arbeitsgruppe, weil diese fortlaufend miteinander kommunizieren müssen, um gemeinschaftliche Entscheidungen treffen zu können. Man kann hierbei von eng gekoppelter Kollaboration sprechen.

Demgegenüber stehen Aktivitäten, wie Schreiben oder Programmieren, bei denen sich die Gesamtaufgabe auf einzelne Mitglieder der Gruppe verteilen lässt. Obwohl alle für ein gemeinsames Ziel arbeiten, kann jeder seinen Teil relativ unabhängig von den anderen erledigen. Dies ist möglich weil das Gemeinschaftsziel mehr oder minder genau vorab definiert werden kann. In diesem Fall ist lediglich eine lose gekoppelte Kollaboration nötig. Im Gegensatz zu eng gekoppelter Kollaboration ist es nicht unbedingt erforderlich, dass sich die Mitglieder der Arbeitsgruppe in einem Raum befinden, da die Kommunikation z. B. über Telefon, Email oder Chat erfolgen kann.

Zusammenfassend kann also zwischen Aufgabentypen unterschieden werden, die entweder eine enge oder eine lose gekoppelte Kollaboration erfordern. In [Tabelle 2.1](#) sind Kriterien aufgeführt, anhand derer die zwei Koppelungsgrade kollaborativer Arbeit grob unterscheiden lassen.

Im folgenden Kapitel wird der Teilaspekt „Interaktion“ näher betrachtet. Bei eng gekoppelter Kollaboration interagieren Gruppenmitglieder u.a. mittels aufgabenrelevanter Objekte (z. B. Papierdokumente) miteinander. Dabei spielt die Ausrichtung der Objekte eine besondere Rolle, wie in [3.2](#) erläutert wird.

Tab. 2.1: Koppelungsgrade kollaborativer Arbeit

	Lose Koppelung	Enge Koppelung
Aufgabentypen	Schreiben, Programmieren	Brainstorming, Projektplanung
Teilbarkeit	gut	schlecht
Kommunikationsbedarf	niedrig	hoch
Interaktion	niedrig	hoch
Abhängigkeit	gering	hoch
Räumliche Nähe	nicht erforderlich	erforderlich

3 Forschungslandschaft

Objektausrichtung/-rotation

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit Arbeiten aus dem Forschungsumfeld der Objektausrichtung/-rotation auf Tischen und Tabletop-Systemen. Zunächst werden im folgenden Abschnitt 3.1 häufig verwendete Gruppeninteraktionstechniken an gewöhnlichen Tischen vorgestellt. Bei diesen Techniken nimmt die Ausrichtung von Objekten eine besondere Rolle ein, wie in Abschnitt 3.2 beschrieben wird. Aufgrund dieser Erkenntnis wurden eine Reihe von Rotationstechniken für Tabletop-Systeme entwickelt, die in Teil 3.3 klassifiziert werden.

3.1 Gruppeninteraktion an Tischen

Wie Liu u. a. (2006) beschreiben, können bei kollaborativer Arbeit mehrerer Personen an gewöhnlichen Tischen eine Reihe von häufig auftretenden Verhaltensmustern beobachtet werden. Dazu zählen die in den Abbildungen 3.1 - 3.4 gezeigten Interaktionstechniken.



Abb. 3.1: Anfordern eines entfernten Objekts. Abb. aus Liu u. a. (2006)



Abb. 3.2: Greifen nach entferntem Objekt. Abb. aus Liu u. a. (2006)



Abb. 3.3: Verlagerung des Arbeitsbereichs in die Tischmitte. Abb. aus Liu u. a. (2006)



Abb. 3.4: Ein Gruppenmitglied initiiert eine Diskussion über ein Objekt. Abb. aus Liu u. a. (2006)

Bei näherer Betrachtung der gezeigten Situationen fällt auf, dass die Arbeitsfläche von der Arbeitsgruppe in Teilbereiche zerlegt wurde. Wie Scott (2005) beschreibt, lassen sich dabei persönliche Arbeitsbereiche, Gruppenarbeitsbereiche und Ablageflächen unterscheiden, die als *personal*, *group* und *storage territories* bezeichnet werden. Persönliche Arbeitsbereiche umschließen in der Regel einen halbkreisförmigen Bereich direkt vor den Personen an der Arbeitsfläche, während sich Gruppenarbeitsbereiche meist in der Mitte des Tisches befinden und damit für alle gleichermaßen gut erreichbar sind (siehe Abb. 3.3).

3.2 Objektausrichtung als Kollaborationshilfsmittel

Aufgrund ihrer territorialen Zuordnung weisen Objekte auf der Arbeitsfläche eine bestimmte Ausrichtung auf. Zum Beispiel sind die Zeitschriften in den persönlichen Bereichen (siehe Abb. 3.4) so rotiert, dass sie aufrecht vor den Mitgliedern der Arbeitsgruppe liegen. Ferner hält die Person an der linken Tischseite ein Bild so gedreht, dass es von den übrigen Mitarbeitern am Tisch „richtig herum“ betrachtet werden kann. Wie Kruger u. a. (2003) in einer Beobachtungsstudie herausgefunden haben, ist die Orientierung von Objekten auf Tischen für folgende Aspekte wichtig:

Auffassung Objekte die nicht auf dem Kopf stehen, können besser erkannt, betrachtet und gelesen werden.

Koordination Die Ausrichtung signalisiert welche Person gerade mit einem Objekt arbeitet. Ausserdem dient sie zur Abtrennung der unterschiedlichen Arbeitsbereiche (*personal*, *group* und *storage*).

Kommunikation Die Ausrichtung eines Objekts hin zu anderen Mitarbeitern unterstützt die Initiierung einer Gruppendiskussion.

Somit ist anzunehmen, dass die erhaltenen bzw. genommenen Puzzleteile in den Abbildungen 3.1 und 3.2 so ausgerichtet werden, dass sie von der Person links am Tisch optimal verwendbar sind.

Wie eben erläutert scheint die Ausrichtung von Objekten eine unterstützende Wirkung auf die kollaborative Arbeit an Tischen zu haben. Daher sollte es möglich sein, Objekte einfach und mit geringem kognitiven Aufwand drehen zu können. Bei der Entwicklung von Rotationstechniken auf Tabletop-Systemen lassen sich unterschiedliche Ansätze beobachten, die diesen Anforderungen mehr oder weniger gut gerecht werden. Der folgende Abschnitt 3.3 beschreibt einige dieser Techniken.

3.3 Objektausrichtung auf Tabletops

Wie im vorherigen Abschnitt erläutert wurde, spielt die Ausrichtung und Position von Objekten bei kollaborativer Arbeit an Tischen eine wichtige Rolle. Dies trifft folglich ebenso auf Kollaboration an Tabletops zu. Gestaltet sich das Drehen und Verschieben von Objekten auf einem Tabletop als schwierig und erfordert hohen kognitiven Aufwand, beeinträchtigt dies die Kollaborations- und Leistungsfähigkeit der Arbeitsgruppe auf negative Weise.

Abbildung 3.5 zeigt verschiedene Herangehensweisen an die Problematik der Objektrotation und -translation auf Tabletops, die in den letzten Jahren entwickelt wurden.

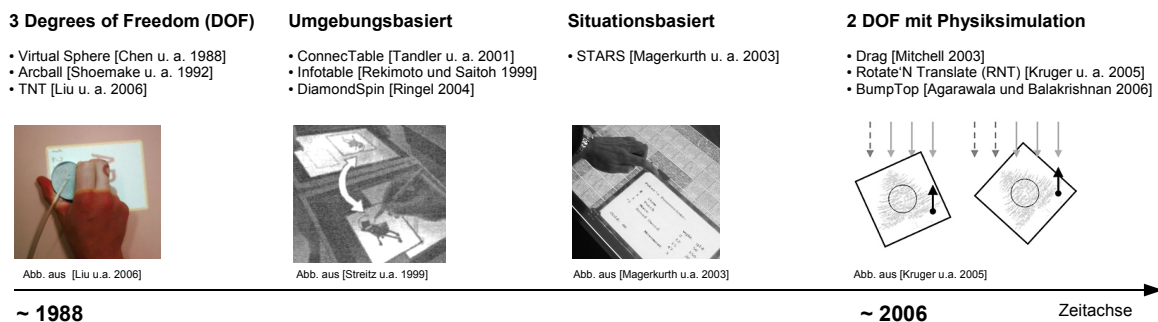


Abb. 3.5: Schwerpunkte der Forschungslandschaft Objektrotation/-translation auf Tabletops. Ferner zeigt die Grafik die ungefähre zeitliche Entwicklung der gesamten Forschungsdomäne.

Wie in der Grafik zu sehen, können vier Ansätze unterschieden werden, die in den folgenden Abschnitten vorgestellt werden.

3.3.1 3 Degrees of Freedom (DOF)

Konventionelle Eingabegeräte wie Mäuse oder Trackballs erlauben eine Bewegung des Cursors in X- und Y-Richtung und verfügen damit über zwei Freiheitsgrade (degrees of freedom). Die gleichzeitige Rotation eines Objekts während einer Translation ist hier nicht möglich, da durch die Bewegung bereits alle Freiheitsgrade ausgeschöpft sind. Dieses Problem umgehen speziell entwickelte Eingabegeräte wie Arcball ([Shoemake, 1992](#)) oder Virtual Sphere ([Chen u. a., 1988](#)), die drei Freiheitsgrade bieten und es damit erlauben Translationen und Rotationen in einer Bewegung zu verbinden. Eine der neueren Arbeiten auf diesem Forschungsgebiet stammt von [Liu u. a. \(2006\)](#) und trägt den Namen TNT. Wie in [Abb. 3.5](#) ganz links zu sehen, kommt bei TNT ein Zylinder als Eingabegerät zum Einsatz. Dieser kann vom Anwender bei einer Bewegung gleichzeitig gedreht werden.

3.3.2 Umgebungsbasiert

Bei umgebungsbasierten Techniken erfolgt die Drehung von Objekten abhängig von bestimmten Rahmenbedingung automatisch. Auf dem InfoTable von [Rekimoto und Saitoh \(1999\)](#) werden Objekte aufrecht zur nächstgelegenen Kante des Tabletops gedreht, wenn sie von einer Person zu sich gezogen werden. Bei DiamondSpin ([Ringel u. a., 2004](#)) werden Gegenstände auf dem Tabletop auch ohne Ziehbewegung immer zur nächstgelegenen Kante rotiert. Dagegen erfolgt die Objektdrehung beim ConnectTable von [Tandler u. a. \(2001\)](#) nach dem Verschieben eines Objekts: die erste Person die das Objekt im Anschluss berührt, wird als Empfänger betrachtet und daher wird das Objekt so rotiert, dass es für diese Person „richtig herum“ steht.

3.3.3 Situationsbasiert

Bei rundenbasierten kollaborativen Tätigkeiten, wie z. B. Spielen, können Objekte automatisch zum aktiven Anwender gedreht werden, wie es beim STARS-System von [Magerkurth u. a. \(2003\)](#) der Fall ist. Diese Technik lässt sich, wie in [Abb. 3.5](#) zu sehen, gut für Brettspiele einsetzen.

3.3.4 2 DOF mit Physiksimulation

Mehrere aktuelle Forschungsarbeiten versuchen den Mangel (siehe Abschnitt [3.3.1](#)) von Eingabegeräten mit 2 Freiheitsgraden (2 DOF) durch Simulation physikalischer Kräfte zu beseitigen. Sowohl Drag ([Mitchell, 2003](#)) als auch Rotate'N Translate (RNT) von [Kruger u. a.](#)

(2005) erzielen durch Berechnung von Reibungskräften (siehe Abb. 3.5 ganz rechts), die bei der Bewegung von Objekten auf Tischflächen auftreten, eine simultane Translation und Rotation von Objekten. Beide Verfahren verwenden dafür speziell entwickelte Algorithmen.

Im Gegensatz dazu kommt beim virtuellen Desktop BumpTop (Agarawala und Balakrishnan, 2006) eine Physik-Engine zur Berechnung der physikalischen Kräfte zum Einsatz. Diese erlaubt es nicht nur Reibungskräfte, sondern auch die Reaktion von Objekten untereinander und mit der Umgebung zu simulieren. Beispielsweise prallen Objekte voneinander ab oder können über die Tischfläche geworfen oder per „Anschubsen“ verschoben werden.

3.3.5 Diskussion

Die in den Abschnitten 3.3.1 - 3.3.3 vorgestellten Ansätze zur Rotation von Objekten auf Tabletops weisen eine Reihe von Nachteilen auf.

Speziell entwickelte, in Abschnitt 3.3.1 beschriebene, 3 DOF-Eingabegeräte sind bisher nicht weit verbreitet und machen die Rotierbarkeit von Objekten von spezieller Hardware abhängig.

Umgebungsbasierte Verfahren (siehe Abschnitt 3.3.2) gehen davon aus, dass es optimal ist, Elemente auf dem Tabletop so zu drehen, dass sie von den Personen, die gerade mit ihnen arbeiten oder denen sie am nächsten sind am besten gesehen werden können. Wie in 3.1 beschrieben ist dies aber nicht immer der Fall. Will ein Anwender z. B. über ein Objekt auf der Arbeitsfläche mit seinen Mitarbeitern diskutieren, sollte dieses so rotiert werden, dass es von den anderen optimal betrachtet werden kann und nicht von der Person die das Objekt zeigt.

Das in 3.3.3 beschriebene Verfahren eignet sich gut für rundenbasierte Interaktion, wie man sie bei Spielen findet. Da viele andere Anwendungen aber ein simultanes Agieren mehrerer Personen erfordern, ist dieser Ansatz nicht universal einsetzbar.

Die abschließend in 3.3.4 vorgestellten physikbasierten Techniken weisen die eben beschriebenen Nachteile nicht auf. Sie sind unabhängig von spezieller Hardware, verzichten auf automatische Rotation und erlauben dem Anwender somit volle Kontrolle. Außerdem lassen sie sich für simultane Interaktion mehrerer Personen einsetzen. Aus diesen Gründen bieten sie sich als universale Technik zur Rotation von Objekten auf Tabletop-Systemen an. Aus der zeitlichen Einordnung der Verfahren in Abb. 3.5 lässt sich erkennen, dass sich der Forschungsfokus in letzter Zeit verstärkt auf physikbasierte Verfahren richtet.

Wie in 3.3.4 beschrieben, unterscheiden sich die entwickelten physikbasierten Verfahren in ihrem Funktionsumfang, der u.a. durch die Art der Physikberechnung bestimmt wird. Das

folgende Kapitel betrachtet daher zwei der vorgestellten Arbeiten näher. Dabei handelt es sich um RNT und BumpTop.

4 Physikbasierte Interaktionstechniken

4.1 Rotate'N Translate (RNT)

Mit RNT kann ein Objekt mithilfe eines Kontaktpunktes in einer Bewegung gleichzeitig rotiert und verschoben werden.

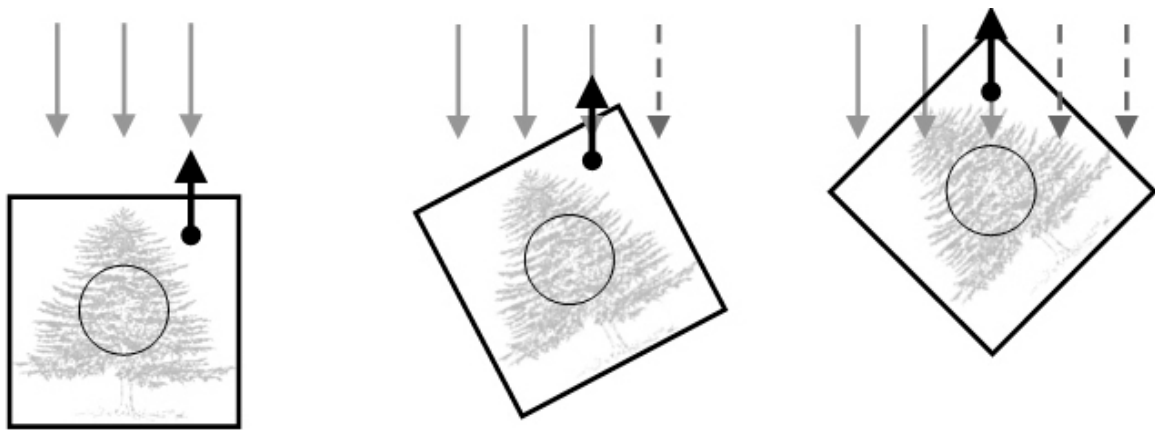


Abb. 4.1: Simultane Rotation und Translation über einen Berührungspunkt bei RNT. Abb. aus [Kruger u. a. \(2005\)](#).

Abbildung 4.1 veranschaulicht das Verfahren. [Kruger u. a. \(2005\)](#) beschreiben die Funktionsweise von RNT wie folgt:

Imagine a current that acts against the object always in direct opposition to the object's movement vector. If the direction of movement changes, so too does the current, maintaining its direct opposition. When the object is stationary, no current exists. As the object is manipulated, the current acts against the object to produce rotational changes, while the movement vector yields positional changes.

Zur Berechnung des Drehverhaltens nutzt der RNT-Algorithmus den Mittelpunkt¹ des Objekts (C), die Position des Cursors zu Beginn (O) und am Anfang der Bewegung (T). Aus einer

¹Der Schwerpunkt ist bei Objekten mit gleichmässiger Masseverteilung gleich dem Objektmittelpunkt.

Translation ergibt sich damit der Translationsvektor OT und der Rotationswinkel θ , wie in Abb. 4.2 zu sehen.

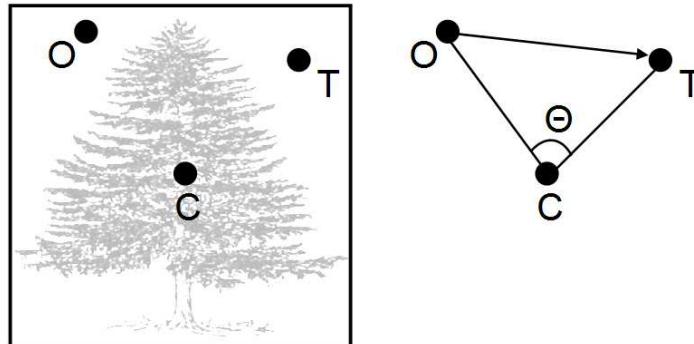


Abb. 4.2: Funktionsweise des RNT-Algorithmus. Abb. aus [Kruger u. a. \(2005\)](#).

RNT wurde anhand mehrerer Aufgaben mit der von Desktopprogrammen bekannten Rotationstechnik Corner-to-Rotate (CTR) verglichen. Bei CTR kann eine Rotation nach einem expliziten Befehl durch Interaktion mit quadratischen Interaktionsbereichen, die an den Ecken des Objekts angezeigt werden, ausgelöst werden. CTR wird z. B. bei vielen Grafikprogrammen eingesetzt.

Beim Vergleich zwischen RNT und CTR hatten Probanden u.a. die Aufgabe, gemeinschaftlich eine Rätselaufgabe an einem Tabletop zu lösen. Bei deren Bearbeitung mussten sich die Versuchspersonen Objekte auf einem Tabletop zuschieben und rotieren. Zusammenfassend ergab sich aus den Untersuchungen, dass bei RNT im Vergleich zu CTR weniger Berührungen eines Objektes nötig sind und dass Objekte über eine kürzere Strecke (gemessen in Pixel) hinweg gehalten werden müssen.

Bei RNT wird die Berechnung physikalischer Kräfte lediglich zur simultanen Rotation und Translation von Objekten genutzt. Das im folgenden Abschnitt vorgestellte BumpTop stellt dem Anwender darüber hinaus einen physikbasierten Desktop zur Verfügung, auf dem Objekte, wie in der Realität, auf die Einwirkung physikalischer Kräfte reagieren.

4.2 BumpTop

BumpTop ([Agarwala und Balakrishnan, 2006](#)) greift die, von aktuellen Betriebssystemen wie Windows oder OS X her bekannte, Desktop-Metapher auf. Datenobjekte werden dabei auf einer abgegrenzten Oberfläche durch grafische Objekte repräsentiert, wie in Abbildung 4.3 zu sehen.



Abb. 4.3: Der virtuelle Schreibtisch BumpTop. Abb. aus [Agarawala und Balakrishnan \(2006\)](#).

BumpTop unterstützt wie RNT simultane Rotationen und Translationen. Dies ist allerdings eher ein Nebenprodukt, welches sich durch den Einsatz einer Physik-Engine² zur Simulation der physikalischen Kräfte auf dem virtuellen Desktop ergibt.

Bei BumpTop besitzt jedes Objekt auf der Bedienoberfläche physikalische Charakteristiken, wie Masse, Größe und Oberflächenbeschaffenheit, die im Kontakt mit dem Untergrund oder anderen Objekten in einem Reibungskoeffizienten resultiert. Ferner können Objekte miteinander kollidieren und dadurch bei entsprechend hoher Geschwindigkeit und Masse andere Objekte verschieben.

Wie die Autoren beschreiben, waren Probanden in der Lage die Bedienung von BumpTop größtenteils selbst zu erlernen. Viele Interaktionstechniken wurden von den Versuchspersonen „spielerisch“ entdeckt, ohne explizit darauf aufmerksam gemacht worden zu sein. Dazu zählt z.B. die Möglichkeit Objekte zu stapeln, aufeinander zu häufen oder durcheinander werfen zu können. Dies ist vermutlich darin begründet, dass es durch die physikbasierte Interaktion möglich ist, Interaktionstechniken aus der Realwelt auf den virtuellen BumpTop-Schreibtisch zu übertragen. Dies verringert die Einarbeitungszeit bei der Benutzung und kann als Vorteil physikbasierter Bedienoberflächen betrachtet werden.

²NovodeX Physics SDK (<http://www.novodex.com>).

4.3 Ausblick

Die in den Abschnitten 4.1 und 4.2 beschriebenen Vorzüge physikbasierter Interaktionstechniken sprechen für eine Fortsetzung der Forschungsbemühungen auf diesem Gebiet. Weil die dabei verwendeten Interaktionstechniken aus der Realwelt stammen und somit nahezu allen potentiellen Anwendern bekannt sein sollten, stellt sich die Frage, warum physikbasierte Interaktionstechniken bei der Bedienung von Computersystemen nicht weiter verbreitet sind.

Ein Grund dafür besteht sicherlich in dem erhöhten Leistungsbedarf, den eine naturgetreue Simulation physikalischer Kräfte auf Computern mit sich bringt. Wie die Verbreitung von 3D-Grafikkarten in den letzten Jahren, könnte auch der Durchbruch physikbasierter Interaktion durch die rasch voranschreitende Entwicklung bei Computerspielen beschleunigt werden. Bei vielen aktuellen Spieletiteln, wie z. B. Half-Life 2 oder Cellfactor, nimmt die realitätsnahe Darstellung einer physikbasierten Spieleumgebung einen hohen Stellenwert ein, weil hierdurch der Immersionsgrad und die Glaubwürdigkeit des Spiels weiter erhöht werden kann. Aus diesem Grund gibt es inzwischen spezielle Hardware-Beschleunigerkarten³ die den Prozessor bei der Berechnung physikalischer Effekte entlasten.

Aufgrund der stetig wachsenden Leistungsfähigkeit von Computersystemen für den Endanwender, der zunehmenden Verbreitung von spezieller Hardware zur Physikbeschleunigung und der leicht zu erlernenden Bedienbarkeit, haben physikbasierte Interaktionstechniken gute Chancen ein integraler Bestandteil zukünftiger Bedienoberflächen zu werden.

³siehe <http://www.ageia.com/>

5 Zusammenfassung

Diese Arbeit beschreibt Forschungsarbeiten aus dem Bereich der Human Computer Interaction. Der Fokus liegt dabei auf flüssigen Interaktionstechniken, die speziell für den Einsatz in CW-Umgebungen entwickelt wurden.

Zunächst werden in Kapitel 2 unterschiedliche Koppelungsgrade kollaborativer Arbeit erläutert. Dabei wird zwischen lose und eng gekoppelter Kollaboration unterschieden.

Ein Beispiel für eng gekoppelte Kollaboration ist die Zusammenarbeit mehrerer Personen an Tischen. Dabei greifen Arbeitsgruppen auf bestimmte Interaktionstechniken zurück, die in 3.1 vorgestellt werden. Bei diesen Techniken nimmt das Verschieben und Drehen von Gegenständen auf der Arbeitsfläche einen wichtigen Stellenwert ein, wie in 3.2 gezeigt wird.

Beim Versuch zufrieden stellende Techniken zur Rotation und Translation von Objekten auf Tabletops zur Verfügung zu stellen, wurden in den letzten Jahren unterschiedliche Ansätze entwickelt, die in 3.3 vorgestellt werden.

Ein Forschungszweig der den Einsatz von Interaktionstechniken erlaubt, die man auch bei der Kollaboration an realen Tischen findet, sind physikbasierte Interaktionstechniken. Zwei Forschungsarbeiten aus diesem Bereich namens RNT und BumpTop werden am Ende dieser Ausarbeitung in Kapitel 4 näher beschrieben.

Literaturverzeichnis

- [Agarawala und Balakrishnan 2006] AGARAWALA, Anand ; BALAKRISHNAN, Ravin: Keepin' it real: pushing the desktop metaphor with physics, piles and the pen. In: *CHI '06: Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems*. New York, NY, USA : ACM Press, 2006, S. 1283–1292. – ISBN 1-59593-372-7
- [Chen u. a. 1988] CHEN, Michael ; MOUNTFORD, S. J. ; SELLEN, Abigail: A study in interactive 3-D rotation using 2-D control devices. In: *SIGGRAPH '88: Proceedings of the 15th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*. New York, NY, USA : ACM Press, 1988, S. 121–129. – ISBN 0-89791-275-6
- [Kruger u. a. 2003] KRUGER, Russell ; CARPENDALE, Sheelagh ; SCOTT, Stacey D. ; GREENBERG, Saul: How people use orientation on tables: comprehension, coordination and communication. In: *GROUP '03: Proceedings of the 2003 international ACM SIGGROUP conference on Supporting group work*. New York, NY, USA : ACM Press, 2003, S. 369–378. – ISBN 1-58113-693-5
- [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
- [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 the 2006 conference on Graphics interface*. Toronto, Ont., Canada, Canada : Canadian Information Processing Society, 2006, S. 25–32. – ISBN 1-56881-308-2
- [Magerkurth u. a. 2003] MAGERKURTH, C. ; STENZEL, R. ; PRANTE, T.: *STARS – a ubiquitous computing platform for computer augmented tabletop games*. 2003. – URL citeseer.ist.psu.edu/magerkurth03stars.html
- [Mitchell 2003] MITCHELL, G. D.: *Orientation on Tabletop Displays*. Burnaby, British Columbia, Canada, Simon Fraser University, M.Sc. Thesis, 2003
- [Pinelle u. a. 2006] PINELLE, David ; GUTWIN, Carl ; SUBRAMANIAN, Sriram: *Designing Digital Tables for Highly Integrated Collaboration / University of Saskatchewan*. 2006. – Forschungsbericht

- [Rekimoto und Saitoh 1999] REKIMOTO, Jun ; SAITOH, Masanori: Augmented surfaces: a spatially continuous work space for hybrid computing environments. In: *CHI '99: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. New York, NY, USA : ACM Press, 1999, S. 378–385. – ISBN 0-201-48559-1
- [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 Press, 2004, S. 1441–1444. – ISBN 1-58113-703-6
- [Scott 2005] SCOTT, Stacey D.: *Territoriality in Collaborative Tabletop Workspaces*, University of Calgary, Dissertation, March 2005
- [Shoemake 1992] SHOEMAKE, Ken: ARCBALL: a user interface for specifying three-dimensional orientation using a mouse. In: *Proceedings of the conference on Graphics interface '92*. San Francisco, CA, USA : Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1992, S. 151–156. – ISBN 0-9695338-1-0
- [Streitz u. a. 1999] STREITZ, Norbert A. ; GEISLER, Jörg ; HOLMER, Torsten ; KONOMI, Shin'ichi ; MÜLLER-TOMFELDE, Christian ; REISCHL, Wolfgang ; REXROTH, Petra ; SEITZ, Peter ; STEINMETZ, Ralf: i-LAND: an interactive landscape for creativity and innovation. In: *CHI '99: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. New York, NY, USA : ACM Press, 1999, S. 120–127. – ISBN 0-201-48559-1
- [Tandler u. a. 2001] TANDLER, Peter ; PRANTE, Thorsten ; MÜLLER-TOMFELDE, Christian ; STREITZ, Norbert ; STEINMETZ, Ralf: Connectables: dynamic coupling of displays for the flexible creation of shared workspaces. In: *UIST '01: Proceedings of the 14th annual ACM symposium on User interface software and technology*. New York, NY, USA : ACM Press, 2001, S. 11–20. – ISBN 1-58113-438-X