



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Seminararbeit

Philipp Roßberger

Tabletop-Arbeitsflächen in Collaborative
Workspaces

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Co-located Collaborative Workspaces	4
2.1	Interactive Walls	5
3	Tabletops	6
3.1	Forschungskontext und Hintergrund	6
3.2	Ergonomie- und Gestaltungskriterien	8
3.2.1	Territorialität	8
3.2.2	Orientierung von Objekten	10
4	Kritik und Ausblick	14
4.1	Multi-touch Interaktion	14
4.2	Simulation der Reibungsphysik	15
4.3	Thesis outline	15
4.3.1	Ziele der Masterarbeit	15
4.3.2	Konzeptionelle und technologische Umsetzung	15
4.4	Zusammenfassung	16
	Literaturverzeichnis	18

1 Einleitung

Tische sind seit langer Zeit ein wichtiges Hilfsmittel für viele kollaborative Aktivitäten von Menschen. Unter Kollaboration versteht man die gegenseitig unterstützende Zusammenarbeit mehrerer Einzelpersonen. Beispiele dafür sind Planungs- und Design Tätigkeiten, Besprechungen oder auch Freizeitbeschäftigungen wie Brett- oder Kartenspiele.

Aufgrund der steigenden Präsenz von Computern in allen Lebensbereichen sind viele Menschen zunehmend mit digitalen Dokumenten konfrontiert. Diese werden in Form von Texten, Tabellenkalkulationen, Grafiken oder Bildern häufig in erster Instanz digital erstellt und verteilt. In der Forschung gibt es deshalb zunehmend Bemühungen den Zugriff auf digitale Dokumente auch im Kontext kollaborativer Tätigkeiten an Tischen zu erleichtern. Dazu werden grossformatige Anzeigeflächen eingesetzt, die entweder durch Projektion oder in Form von eingelassenen Flachbildschirmen die Funktionalität herkömmlicher Tischplatten erweitern. Die Forschung bezeichnet diese Art horizontaler Anzeigeflächen als Tabletops.

Tabletops bilden ein zentrales Element im Gesamtbild zukünftiger computergestützter Arbeitsumgebungen, die sich nach Vorstellungen der Informatikforschung äusserlich primär durch eine Vielzahl grossflächiger, horizontaler und vertikaler Displays auszeichnen wird. Man nennt diese Arbeitsumgebungen Collaborative Workspaces.

Diese Seminararbeit hat das Ziel, Aspekte des Themenschwerpunkts Tabletops zu erläutern, welche den Ausgangspunkt für die geplante Masterarbeit des Autors darstellen. Die folgenden Ausführungen gliedern sich in drei Schwerpunkte. Zunächst folgt in Abschnitt 2 eine Einführung in das Forschungsfeld Collaborative Workspaces und deren Bestandteile.

Der zweite Abschnitt dieser Ausarbeitung (Abschnitt 3) beschäftigt sich mit Tabletops. Dabei werden nach einer Einordnung der Thematik in den Forschungskontext einige Ergonomie- und Gestaltungskriterien erläutert, die bei der Entwicklung von Tabletop-Systemen von grosser Bedeutung sind. Ferner werden verschiedene Konzepte beschrieben, die für die Interaktion mit Dokumenten auf Tabletops entwickelt wurden.

Der abschliessende Teil 4 dieser Seminararbeit beschreibt Schwächen bisher entwickelter Techniken zur Translation und Reorientierung von Objekten auf Tabletop-Systemen. Darauf aufbauend werden Verbesserungsvorschläge erläutert, deren Umsetzung das Ziel der Masterarbeit des Autors sind. Konkret soll durch Simulation physikalischer Reibungskräfte auf Tischen ein intuitiv bedienbares Tabletop-Programm entwickelt werden.

2 Co-located Collaborative Workspaces

Unter einem Collaborative Workspace versteht man eine computergestützte Arbeitsumgebung, die für die projektorientierte Zusammenarbeit mehrerer Personen konzipiert ist. Bei einem Co-located Collaborative Workspace (CCW) befinden sich die zusammen arbeitenden Personen physisch im selben Raum. Beispiele für diese Art von Arbeitsräumen sind u.a. das vom Fraunhofer Institut entwickelte i-LAND (Streitz u. a., 1999) (siehe Abb. 2.1) und der iRoom (Fox u. a., 2000) der Universität Stanford (Abb. 2.2).



Abb. 2.1: Die iLand Arbeitsumgebung des Fraunhofer Instituts.



Abb. 2.2: Der iRoom (Fox u. a., 2000) der Universität Stanford

Ein CCW beinhaltet in den meisten Fällen verschiedenartige, grossformatige Anzeigeflächen. Diese sind häufig mit berührungssensitiven Oberflächen ausgestattet. Dies erlaubt eine direkte Interaktion des Benutzers mit den angezeigten digitalen Dokumenten ohne zusätzlich notwendige Eingabegeräte wie z. B. Maus oder Trackball. Ferner wird in CCWs versucht, die Präsenz von Computerhardware zu reduzieren: der Anwender soll primär die Anzeigeflächen wahrnehmen ohne von den dahinter stehenden Computersystemen abgelenkt zu werden. Damit folgen CCWs dem Ubiquitous Computing¹ Gedanken (Weiser, 1991), der von Mark Weiser als „the age of calm technology, when technology recedes into the background of our lives“ (Weiser, 1996) beschrieben wird.

Wie in Abbildung 2.2 zu sehen, lassen sich digitale Arbeitsflächen in CCWs anhand ihrer Orientierung unterscheiden: vertikale, also an der Wand angebrachte Anzeigeflächen nennt

¹ubiquitous = allgegenwärtig

man Interactive Walls. Horizontale Interaktionsflächen, die in Tische eingelassen bzw. darauf projiziert werden, heissen Tabletops.

2.1 Interactive Walls

Bei der Interaktion an Interactive Walls neigen Personengruppen zu einer rundenbasierten Arbeitsweise, wie (Russell u. a., 2002) und (Rogers und Lindley, 2004) herausgefunden haben. Dabei interagiert jeweils nur eine Person mit der Arbeitsfläche, während die anderen Gruppenmitglieder sitzen oder zurück treten. Zwei mögliche Gründe für dieses Verhalten finden sich bei (Russell u. a., 2002): zum Einen kann der gesamte Arbeitsbereich nur durch Zurückweichen überblickt werden. Ferner finden es Menschen oft aus sozialen Gründen unbehaglich, Schulter an Schulter nebeneinander zu arbeiten.

Die Situation in Abbildung 2.2 erinnert an Frontalunterricht, wie man ihn an Schulen und bei Hochschulvorlesungen findet. Körperhaltung und Blickrichtung der Mitglieder des Auditoriums unterstreichen, dass die Gruppenkommunikation hier primär über die aktive Person neben der Interactive Wall verläuft. Zu beachten ist ferner, dass die frontal stehende Person aufgrund einer Interaktion mit der Anzeigefläche dem Rest der Gruppe den Rücken zuwendet. Sie ist in dieser Situation blind für Gesichtsmimik und Körperhaltung der anderen Gruppenmitglieder, was dazu führen kann, dass ihr ein Teil der Gruppenkommunikation entgeht.

Interactive Walls eignen sich deshalb nur für bestimmte Anwendungsfelder bei denen rundenbasierte, frontal geprägte Interaktion und Kommunikation keinen Nachteil darstellt. Dies ist z.B. bei Präsentationen oder Brainstorming-Sitzungen der Fall. Für simultanes, paralleles Arbeiten und direkte Gruppenkommunikation sind Tische bzw. Tabletop-Displays jedoch besser geeignet, wie im folgenden Abschnitt 3 näher erläutert wird.

3 Tabletops

Bei Besprechungen in kleineren Gruppen werden Tische gerne als zentrales Element genutzt. Die Gruppierung der Gesprächsteilnehmer rund um den Tisch hat eine Reihe von Vorteilen zu denen u.a. folgende Punkte zählen:

- Alle Gesprächsteilnehmer können leicht Augenkontakt zueinander aufnehmen.
- Dokumente und Objekte, die sich auf dem Tisch befinden sind für alle gut sichtbar.
- Der Tisch dient gleichzeitig als Ablage und Präsentationsfläche.
- Tätigkeiten von anderen Gruppenmitgliedern können beobachtet werden.

Besonders der letzte Punkt spielt für die simultane, gemeinschaftliche Zusammenarbeit mehrerer Personen eine wichtige Rolle, wie Scott in ihrer PhD-These ([Scott, 2005](#)) schreibt:

The ability to monitor the artefacts and the interactions of others [...] helps group members anticipate when assistance may be needed and helps them to understand their collaborators' motivations for actions that they may perform later [...]

Die Analyse von Verhaltensmustern, die Menschen bei der Zusammenarbeit an Tischen zeigen, ermöglicht die Gestaltung ergonomischer Tabletop-Displays und -Software. Erkenntnisse aus Forschungsarbeiten, die sich mit dieser Thematik befassen, sind in den Abschnitten [3.2.1](#) und [3.2.2](#) beschrieben. Zunächst folgt jedoch eine kurze Einführung in den Forschungskontext „Tabletop Displays“.

3.1 Forschungskontext und Hintergrund

Diese Seminararbeit bewegt sich im Forschungskontext der Human-Computer Interaction (HCI), die menschliche Interaktionen mit Computertechnologie untersucht um das Design von Mensch-Maschine-Schnittstellen zu verbessern. Einige Teilgebiete der HCI erforschen, wie menschliche kooperative und kollaborative Aktivitäten durch Computer unterstützt werden können. Man unterscheidet dabei die Tätigkeitsfelder „computer-supported cooperative work (CSCW)“ ([Greenberg, 1991](#)), „computer-supported collaborative learning (CSCL)“

(Hiltz, 1988)) und „computer-supported cooperative play (CSCP)“ (Wadley u. a., 2003). Da sich Tabletop-Displays für Applikationen aus diesen drei Feldern eignen, können sie als Teilgebiete des übergeordneten Forschungskontext „computer-supported collaboration (CSC)“ aufgefasst werden.

Tabletop-Displays eignen sich besonders für Situationen bei denen kleine Arbeitsgruppen (2-6 Personen) an einem Tisch kooperieren. Die Mitglieder der Gruppe befinden sich dabei physisch alle in einem Raum. Abbildung 3.1 veranschaulicht die eben beschriebene kontextuelle Einordnung.

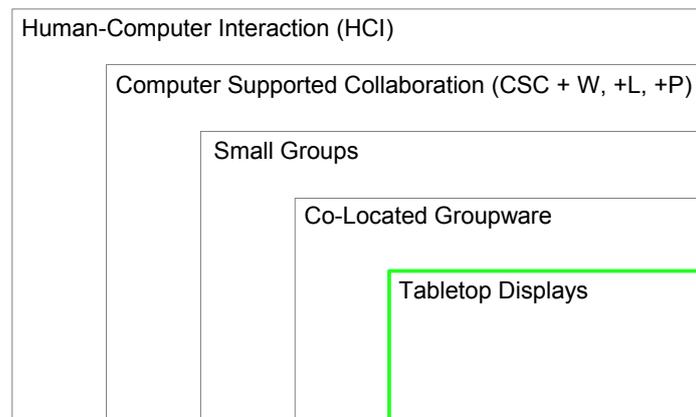


Abb. 3.1: Der Forschungskontext Tabletops. Abb. nach (Scott, 2005).

Herkömmliche Desktop- und Notebook-Computer sind auf die Benutzung durch eine Person ausgelegt, da in der Regel lediglich eine Maus bzw. Tastatur zur Verfügung steht. Entsprechendes gilt auch für die Software, die man auf solchen Systemen findet: weder das Design der Benutzeroberfläche noch die räumliche Verteilung von Objekten auf der Anzeigefläche eignet sich für grossformatige Tabletop-Displays, die von mehreren Personen aus unterschiedlichen Blickwinkeln bedient werden können.

Die Erforschung von Tabletop-Arbeitsflächen und -Software ist ein junges Forschungsfeld (einer der ersten internationalen Workshops zu diesem Thema ist die TABLETOP '06 ¹). Deswegen ist es für Entwickler von Tabletop-Displays und -Software zunächst erforderlich, grundlegende Interaktionsschemata zu verstehen, die sich bei kooperativer Arbeit von Menschen an Tischen beobachten lassen. Darauf aufbauend kann dann die Entwicklung geeigneter Tabletop-Displays und -Software erfolgen, wie (Scott, 2005) beschreibt:

[...] the interface components and interaction techniques that will provide the basic building blocks for tabletop groupware designers must first be developed

¹<http://www.tinmith.net/tabletop2006/>

- similar to interface components such as buttons, sliders, and drop-down menus used in standard desktop applications – before effective tabletop groupware systems can be developed.

Im folgenden Abschnitt 3.2 werden einige der bisher entdeckten Interaktionsmuster und -techniken näher beleuchtet.

3.2 Ergonomie- und Gestaltungskriterien

Personen, die auf Tischoberflächen mit traditionellen Medien (z. B. Stift und Papier) arbeiten, setzen bestimmte Arbeitspraktiken ein. Dazu zählt die Unterteilung der Tischoberfläche in verschiedene Arbeitsbereiche (Ablagen, Sammelplätze) wie in Abschnitt 3.2.1 näher erläutert wird.

Tabletop-Software, die auf der Basis beobachteter Praktiken erstellt wird, hat einen bedeutenden Vorteil: Anwender können gewohnte, an herkömmlichen Tischen erlernte Techniken auch auf Tabletop-Systemen einsetzen. Dadurch fällt der Umstieg auf digitale Tabletop-Displays und -Software leichter.

Die folgenden Unterabschnitte 3.2.1 und 3.2.2 beschreiben zwei der bisher entdeckten und in Tabletop-Systemen implementierten Arbeitstechniken. Darauf aufbauend wird in Abschnitt 4 beschrieben, wie die Interaktion mit Objekten auf Tabletop-Displays weiter verbessert werden kann.

3.2.1 Territorialität

Untersuchungen, die im Rahmen der Arbeiten von (Scott, 2005) und (Scott u. a., 2004) durchgeführt wurden, weisen darauf hin, dass Territorialität, also die räumliche Unterteilung von Tischflächen, eine entscheidende Rolle bei der Kollaboration mehrerer Personen darstellt. Laut Scott lassen sich drei Typen von Territorien identifizieren: *persönliche*, *Gruppen-* und *Ablageterritorien*. Diese unterschiedlichen Bereiche helfen bei der Organisation und Strukturierung der Arbeit. Abbildung 3.2 zeigt die von Scott identifizierten Territorialtypen.

Die räumliche Aufteilung der Arbeitsfläche wurde auch in einer Studie von (Ryall u. a., 2004) beobachtet, bei der unterschiedlich grosse Arbeitsgruppen die Aufgabe hatten, ein Puzzlespiel namens „Magnetic Poetry“ zu lösen. Ziel des Spiels ist das Zusammensetzen eines vorgegebenen Gedichts aus einzelnen Wörtern, die auf einer Tischfläche verteilt sind (siehe Abb. 3.3 links).

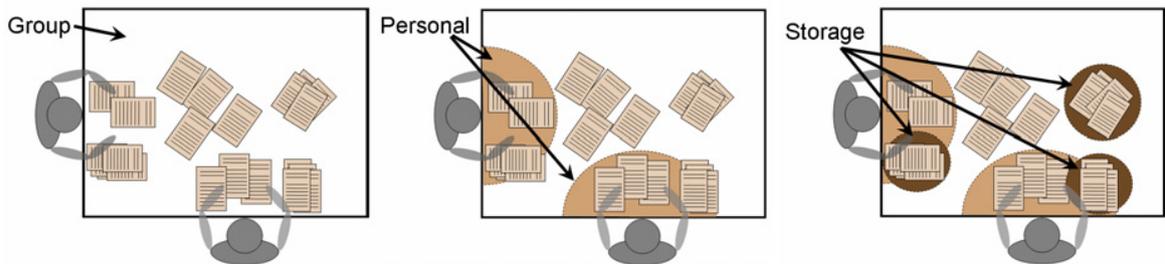


Abb. 3.2: Konzeptuelle Zeichnung dreier Territorialtypen auf Tischen. Abb. aus (Scott, 2005).

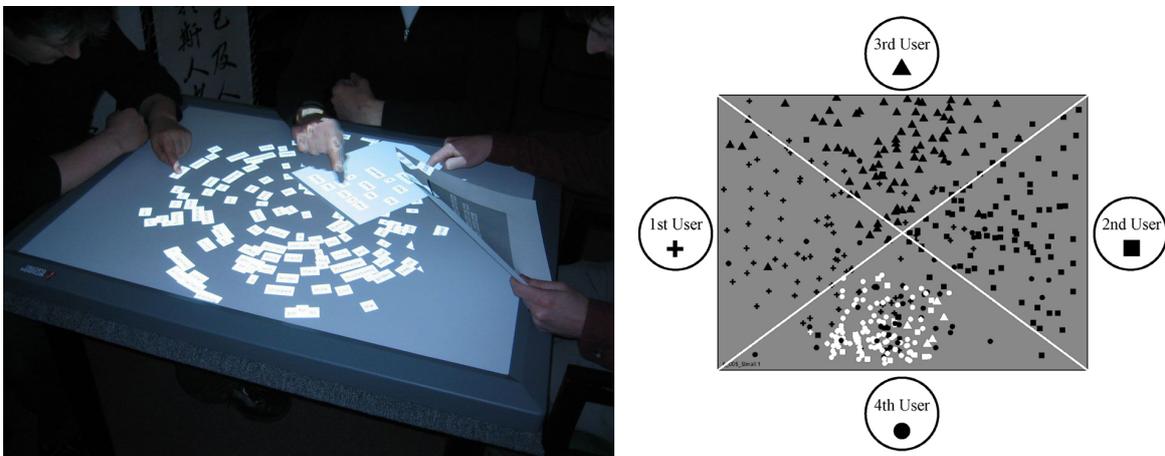


Abb. 3.3: Das „Magnetic Poetry“ Puzzle. Auf dem linken Bild wird das Spiel von drei Personen gelöst. Rechts das Aktivitätenschema einer 4-Personengruppe. Abb. aus (Ryall u. a., 2004).

Das Schema rechts in Abb. 3.3 zeigt die Aktionen der einzelnen Benutzer einer 4er-Arbeitsgruppe während eines Spieldurchlaufs. Jede Markierung (weiße und schwarze Kreise, Quadrate, Kreuze und Dreiecke) entspricht einer Berührung der Tabletop-Oberfläche. Auffällig ist hier, dass die Personen am Tisch dazu neigen nur in einem bestimmten Territorium in ihrer unmittelbaren Nähe zu arbeiten, obwohl alle Bereiche der Tischfläche in Reichweite sind. Interessant sind ferner die weißen Markierungen, die für Interaktionen mit dem Gedichtcontainer² stehen. Die hohe Konzentration dieser Markierungen im unteren Territorium (4th User) zeigt, dass die Verantwortung für den Gedichtcontainer während des Spiels nahezu ausschließlich von einer Person übernommen wurde.

Aus Abbildung 3.3 wird ferner klar, dass Territorialzonen lediglich grob eingrenzbar sind. Wie in (Scott, 2005) beschrieben, unterliegt deren Ausdehnung und Position häufigen Änderungen. Deshalb stellt Scott fest, dass eine fixe Partitionierung der Tabletop-Arbeitsfläche (so geschehen z. B. bei (Shen u. a., 2004)) für das menschliche Territorialverhalten hinderlich sein kann. Die Relokationen der Zonen lassen sich in Abb. 3.3 leider nicht erkennen, da in der Grafik der Zeitpunkt der Interaktionen nicht dokumentiert ist.

3.2.2 Orientierung von Objekten

Dokumente, wie Texte oder Bilder, können je nach ihrer Orientierung im Raum unterschiedlich gut von Menschen erfasst werden. So ist ein Schriftstück z. B. dann besser lesbar, wenn es nicht auf dem Kopf steht. Um derartige orientierungssensitive Objekte optimal zu erfassen, müssen sie vom Betrachter in die richtige Position gedreht werden können.

Entwickler von Tabletop-Systemen haben verschiedene Ansätze zur Lösung dieses Orientierungsproblems entwickelt, bei dem die „richtige“ Ausrichtung von Objekten teilweise automatisiert durch Software erfolgt. In (Kruger u. a., 2003) werden u.a. folgende Herangehensweisen an das Orientierungsproblem beschrieben:

Fixierte Orientierung Objekte können nicht gedreht werden. Dieser Ansatz ist nur sinnvoll, wenn sich alle Personen auf derselben Tischseite befinden. Diese Technik findet z. B. bei (de Bruijn und Spence, 2001) Verwendung.

Umgebungsbasierte automatische Orientierung Objekte werden aufgrund ihrer Position auf dem Tisch automatisch orientiert. Eine Reihe von Systemen (Streitz u. a., 1999), (Shen u. a., 2002) rotieren Informationsobjekte z. B. immer so, dass diese von der nächstgelegenen Tischkante aus optimal betrachtet werden können.

Manuelle Orientierung Die Rotation von Objekten wird vollständig dem Anwender überlassen. Rotationen können dabei mithilfe bestimmter Gesten wie beim ConnectTable

²Sammelstelle für bereits gelöste Teile des Puzzels

(Tandler u. a., 2001) oder Rotations-Icons (Vernier u. a., 2002) ausgelöst werden. Eine weitere Technik sind natürliche Rotations- und Verschiebungsbewegungen wie man sie auch bei der Verwendung klassischer Medien (z.B. Papierblätter) findet (siehe (Kruger u. a., 2005), (Mitchell, 2003)).

Die automatische Rotation von Objekten mag auf den ersten Blick komfortabel erscheinen, vernachlässigt in ihrer Konzeption aber einige Aspekte die bei der Rotation von Objekten durch Menschen eine wichtige Rolle spielen. Durch Beobachtungsstudien kollaborativer Arbeit auf gewöhnlichen Tischen wurde von (Kruger u. a., 2003) herausgefunden, dass die Orientierung entscheidend für die Kommunikation und Koordination und die Einrichtung von Gruppenterritorien und persönlichen Arbeitsbereichen (siehe Abschnitt 3.2.1) ist. Ferner dient sie zur Signalisierung von Besitzverhältnissen.

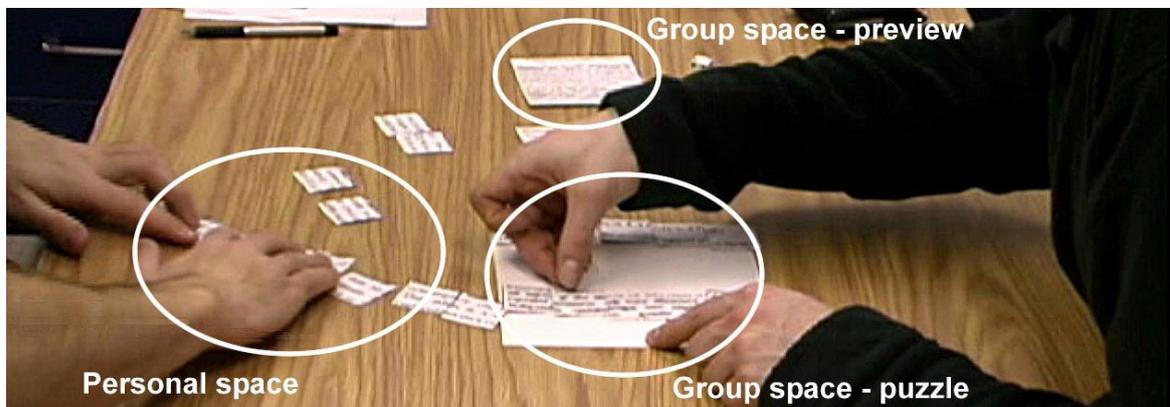


Abb. 3.4: Ein Beispiel für die Definition von persönlichen und Gruppenbereichen mithilfe der Orientierung. Abb. aus (Kruger u. a., 2003).

In Abbildung 3.4 werden die eben beschriebenen Rollen der Objektorientierung deutlich. Im persönlichen Bereich (links im Bild) sind die beschriebenen Textkarten so orientiert, dass sie für Person 1 an der linken Tischseite optimal lesbar sind. Person 1 signalisiert dadurch, dass sie sich für die Karten in diesem Bereich zuständig fühlt und diese temporär in ihren Besitz übergegangen sind.

Im Gruppenbereich in der Mitte des Bildes (Group space - puzzle) sind die Textkarten orthogonal zur Blickrichtung beider Personen orientiert und können damit von beiden gelesen werden. Diese Orientierung kommuniziert implizit den akuten Arbeitsfokus der Gruppe: beide Personen konzentrieren sich auf den Gruppenbereich in der Mitte.

Durch Rotationen werden ferner Transitionen im Arbeitsfokus der Gruppe signalisiert, wie in Abbildung 3.5 zu sehen. In Bild A arbeiten Person 1 (links) und 2 unabhängig voneinander. Durch Rotation einer Karte in Bild B deutet Person 1 an, dass sie zu kooperativer Arbeit



Abb. 3.5: Ein Beispiel für die Verlagerung des Arbeitsfokus. Die Pfeile kennzeichnen die Orientierung der Textkarten. Abb. aus (Kruger u. a., 2003).

übergehen will (z. B. um eine Frage zu klären). Als Reaktion neigt Person 2 den Kopf. Die Kollaboration zwischen beiden Personen ist schließlich in Bild C erfolgreich hergestellt.

Die automatische Rotation von Objekten durch Tabletop-Software kann negative Auswirkungen auf den Arbeitsfluss kollaborierender Personen haben, da sie in bisher existierenden Tabletop-Systemen verläuft, ohne die eben beschriebenen impliziten Bedeutungen der Ausrichtung zu berücksichtigen. Die Bereitstellung manueller Rotationsmechanismen erscheint deshalb sinnvoller.

Laut (Kruger u. a., 2005) setzt eine Grossteil bisher entwickelter Tabletop-Software (z. B. (Shen u. a., 2004), (Streitz u. a., 1999)) bei der Rotation von Objekten auf das von Desktop-Systemen bekannte „corner-to-rotate“-Verfahren (CTR) (siehe Abb. 3.6 links). Hierbei erscheinen nach Auswahl eines Objekts Kreise an dessen Ecken. Nun kann der Anwender durch Interaktion mit den Kreisen das Objekt rotieren. Dabei kann das Objekt allerdings nicht verschoben werden. Drehen und Verschieben sind also geteilte Operationen.

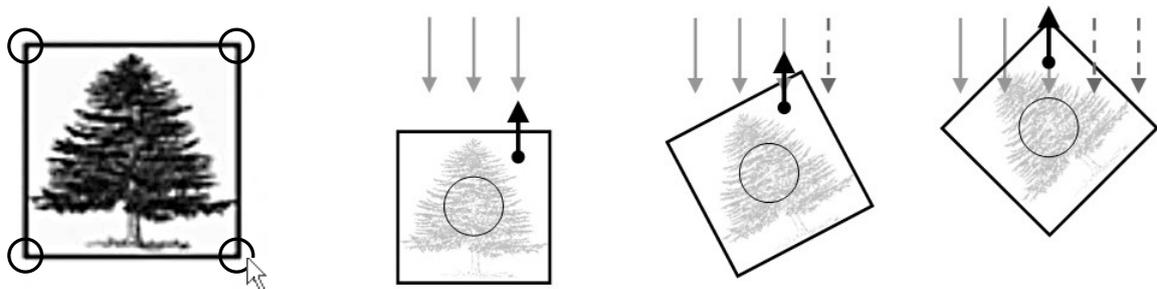


Abb. 3.6: Techniken zur Objektrotation. Ganz links das „corner-to-rotate“-Verfahren. Die drei Bilder daneben zeigen das Prinzip des „Rotate’N Translate“-Verfahrens. Abb. aus (Kruger u. a., 2005).

Im Gegensatz zu CTR geschieht die Rotation beim „Rotate’N Translate“-Verfahren(RNT) von

(Kruger u. a., 2005) nach dem Vorbild traditioneller Interaktion auf normalen Tischen. RNT simuliert dazu mithilfe von „Pseudo-Physik“ die Reibung von Objekten, die an einem Punkt angefasst und über eine horizontale Oberfläche gezogen werden. Abbildung 3.6 zeigt die Funktionsweise von RNT. Das folgende Zitat aus (Kruger u. a., 2005) vergleicht das Verfahren mit der Wirkung einer Strömung in einem Fluss:

Imagine a current that acts against the object always in direct opposition to the object's movement vector. [...] 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.

Die Entwicklung von RNT ist ein wichtiger Schritt zur Verbesserung der Ergonomie auf Tabletop-Systemen. Die Entwickler des Verfahrens haben erkannt, dass es sinnvoller ist Interaktionstechniken von gewöhnlichen Tischen auf Tabletop-Systeme zu übertragen, anstatt diese aus der Welt der Desktop-Systeme zu übernehmen. Trotz positiver Tendenzen weist RNT eine Reihe verbesserungswürdiger Punkte aus. Zum Beispiel wird momentan nur ein Anfasspunkt unterstützt und zur Auslösung der Rotation kann ein Objekt nur an bestimmten Stellen (ausserhalb des Kreises in der Objektmitte, siehe Abb. 3.6) „angefasst“ werden.

Der folgende letzte Abschnitt 4 wird darauf eingehen wie die Ergonomie beim Bewegen und Rotieren von Objekten auf Tabletops nach Vorbild des RNT-Verfahrens weiter verbessert werden kann. Ausserdem wird beschrieben wie die Verbesserungen in der Masterarbeit des Autors konzeptionell und technisch umgesetzt werden können.

4 Kritik und Ausblick

Eine ergonomische Technik zur Orientierung und Verschiebung ist RNT, wie am Ende von Abschnitt 3.2.2 beschrieben. Trotz seiner Vorteile, weist das Verfahren einige Nachteile auf, die im folgenden erläutert werden. Davon ausgehend werden in diesem Kapitel einige Verbesserungsvorschläge beschrieben, die in der vom Autor geplanten Masterarbeit realisiert werden sollen. Dabei wird auch dargestellt, wie deren Umsetzung konzeptionell und technisch erfolgen kann.

4.1 Multi-touch Interaktion

Ein Nachteil von RNT ist die fehlende Möglichkeit ein Objekt an mehreren Stellen gleichzeitig anzufassen. Ein primärer Grund hierfür könnte die mangelnde Verfügbarkeit von Eingabegeräten sein, die multi-touch fähig sind. Ein Gerät das multi-touch (zu deutsch etwa „gleichzeitige Mehrfachberührung“) unterstützt, interpretiert die simultane Bewegung mehrerer Zeigegeräte. Hierbei werden z. B. die Berührungspunkte mehrerer Finger auf einer Oberfläche verfolgt. Die von Han entwickelte FTIR¹-Technologie (Han, 2005) ist ein aktuelles Beispiel für eine berührungssensitive Oberfläche, die multi-touch unterstützt (siehe Abb. 4.1).



Abb. 4.1: Beispiele für multi-touch Interaktionsmöglichkeiten mithilfe der FTIR-Technologie.
Abb. aus (Han, 2005).

Die Interpretation mehrerer Berührungspunkte auf Tabletop-Displays ist sinnvoll, da sie dem natürlichen Vorbild entspricht: beim Interagieren auf Tischflächen benutzen Menschen häufig mehrere Fingern gleichzeitig. Dies kann z.B. dann erforderlich sein, wenn ein Objekt auf

¹frustrated total internal reflection

der Stelle rotiert wird oder mehrere Objekte auf einmal bewegt werden. Ebenso kann es vorkommen, dass ein Dokument von mehreren Personen gleichzeitig angefasst wird.

4.2 Simulation der Reibungsphysik

RNT benutzt einen relativ simplen Algorithmus um die gleichzeitige Bewegung und Rotation von Objekten zu realisieren. Es handelt sich dabei nicht um eine physikalisch korrekte Simulation von Reibung. Die Autoren vergleichen ihr Verfahren eher mit „cartoon physics“ (McCloud, 1994) und „alternate interface physics“ (Perlin und Fox, 1993).

In seiner Masterthesis (Mitchell, 2003) präsentiert Mitchell „Drag“, eine Technologie, die auf einer genaueren Physiksimulation als RNT beruht. Wie bei RNT interpretiert Drag dennoch lediglich einen Anfasspunkt. Untersuchungen von Mitchell ergaben ferner, dass Anwender Probleme bei der Verwendung von Drag hatten, weil sie das Verhalten des Mechanismus schlecht einschätzen konnten.

4.3 Thesis outline

4.3.1 Ziele der Masterarbeit

Die beschriebenen Ansätze zur simultanen Translation und Rotation von (Mitchell, 2003) und (Kruger u. a., 2005) sollen in der Masterarbeit des Autors in zweifacher Hinsicht verbessert werden. Erstens sollen bei der Interaktion mit Objekten mehrere Berührungspunkte gleichzeitig interpretiert werden. Zweitens soll die Interaktion mit Dokumenten auf dem Tabletop stärker dem natürlichen Vorbild ähneln. Anstatt lediglich die Reibung auf Tischflächen zu simulieren, ist geplant eine vollständige Physik-Engine zur Simulation von Reibungs- und Berührungskräften einzusetzen.

4.3.2 Konzeptionelle und technologische Umsetzung

Die Verwendung mehrerer gleichzeitiger Eingaben soll durch den Einsatz einer multi-touch fähigen berührungssensitiven Folie erfolgen. Die von der Folie gemeldeten Berührungen werden im nächsten Schritt von einer speziellen Tabletop-Software empfangen und interpretiert, deren Entwicklung Aufgabe des Autors ist.

Nach Empfang der Berührungspunkte gestaltet sich deren Interpretation folgendermaßen: zunächst wird für jeden Berührungspunkt ein Kraftvektor instantiiert, der auf Objekte im

Tabletop-Arbeitsbereich wirkt. Jedes Objekt im Arbeitsbereich verfügt über physikalische Eigenschaften wie Dimension, Gewicht und einer daraus resultierenden Reibung. Da durch mehrere simultane Berührungspunkte auf der Folie, mehrere Kräfte gleichzeitig auf ein Objekt wirken können, wird erwartet, dass die Verschiebung und Rotation gegenüber Drag oder RNT präziser und ergonomischer erfolgen kann.

Durch geeignete Interpretation der Eingaben kann ferner die Stärke der Richtungskräfte auf ein Objekt ermittelt werden. So ist es vorstellbar, dass mit wohl dosierten „Schubsbewegungen“ Objekte zwischen Anwendern am Tisch hin- und hergeschoben werden können. Dabei können Objekte natürlich miteinander kollidieren und entsprechend Auseinanderdriften. Ob dieses Verhalten Vorteile bei der Benutzung der Software mit sich bringt, muss evaluiert werden.

Es ist geplant, die Simulation der Physik mit einer frei verfügbaren Physik-Engine wie z. B. ODE² oder Newton³ zu realisieren, wie sie auch bei Computerspielen eingesetzt wird. Dies hat den Vorteil, dass keine Zeit für die Implementierung physikalischer Algorithmen investiert werden muss und Auswirkungen der physikalischen Simulation auf das Anwenderverhalten umfangreicher untersucht werden können.

Für die graphische Benutzeroberfläche ist der Einsatz der 3D-Softwarebibliothek OpenSG⁴ geplant. Diese hat den Vorteil, dass sie die Tabletop-Arbeitsfläche auf mehreren Bildschirmen aus unterschiedlichen Blickwinkeln anzeigen kann. Damit kann z. B. die Anzeige ohne grossen Aufwand auf zwei nebeneinander liegenden Tabletop-Displays verteilt und damit ein grösserer Arbeitsbereich realisiert werden.

4.4 Zusammenfassung

Der Schwerpunkt dieser Arbeit sind Tabletop-Systeme, die einen zentralen Bestandteil von Collaborative Workspaces bilden (siehe Kapitel 2). Nach einer kurzen Einführung in den Forschungskontext Tabletops (Abschnitt 3) werden zwei Ergonomiekriterien näher erläutert, die bei der Entwicklung von Tabletop-Systemen eine wichtige Rolle spielen. Dazu zählt die territoriale Aufteilung der Tischfläche, wie in Teil 3.2.1 beschrieben wird: Menschen neigen bei der Arbeit an Tischen dazu, bestimmte Segmente der Arbeitsfläche für eigenständige Arbeiten, Ablagen und kollaborative Tätigkeiten zu reservieren. Diese Angewohnheit wird als Territorialität bezeichnet.

Die territoriale Zuordnung von Objekten wird maßgeblich durch deren Orientierung ausgedrückt. Es existieren u.a. automatische und manuelle Verfahren zur Reorientierung von

²<http://www.ode.org>

³<http://www.newtondynamics.com/>

⁴<http://www.opensg.org/>

Dokumenten auf Tabletops. Die automatische Orientierung von Objekten kann sich jedoch nachteilig auf den Arbeitsfluss an Tabletop-Systemen auswirken, weil implizite Bedeutungen der Ausrichtung nicht berücksichtigt werden, wie in Abschnitt [3.2.2](#) erläutert wird. Manuelle Interaktionstechniken sind daher automatisierten Reorientierungsverfahren überlegen.

Der RNT-Mechanismus ist ein Beispiel für eine manuelle Interaktionstechnik. Das Verfahren zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass es die gleichzeitige Translation und Rotation von Objekten erlaubt. Technisch ist das Verfahren durch die Simulation physischer Reibungskräfte auf horizontalen Oberflächen realisiert.

Trotz der Vorteile von RNT weist das Verfahren eine Reihe von Nachteilen auf, deren Behebung Ziel der Masterarbeit des Autors ist, wie im letzten Teil dieser Seminararbeit beschrieben wird.

Literaturverzeichnis

- [de Bruijn und Spence 2001] BRUIJN, Oscar de ; SPENCE, Robert: Serendipity within a Ubiquitous Computing Environment: A Case for Opportunistic Browsing. In: *UbiComp '01: Proceedings of the 3rd international conference on Ubiquitous Computing*. London, UK : Springer-Verlag, 2001, S. 362–370. – ISBN 3-540-42614-0
- [Fox u. a. 2000] FOX, Armando ; JOHANSON, Brad ; HANRAHAN, Pat ; WINOGRAD, Terry: Integrating Information Appliances into an Interactive Workspace. In: *IEEE Computer Graphics and Applications* 20 (2000), Nr. 3, S. 54–65. – ISSN 0272-1716
- [Greenberg 1991] GREENBERG, Saul: Computer-supported cooperative work and groupware: an introduction to the special issues. In: *Int. J. Man-Mach. Stud.* 34 (1991), Nr. 2, S. 133–141. – ISSN 0020-7373
- [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 Press, 2005, S. 115–118. – ISBN 1-59593-271-2
- [Hiltz 1988] HILTZ, Starr R.: Collaborative learning in a virtual classroom: highlights of findings. In: *CSCW '88: Proceedings of the 1988 ACM conference on Computer-supported cooperative work*. New York, NY, USA : ACM Press, 1988, S. 282–290. – ISBN 0-89791-282-9
- [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
- [McCloud 1994] MCCLOUD, Scott: *Understanding Comics: The invisible art*. Harper Paperbacks, 1994

- [Mitchell 2003] MITCHELL, G. D.: *Orientation on Tabletop Displays*. Burnaby, British Columbia, Canada, Simon Fraser University, M.Sc. Thesis, 2003
- [Perlin und Fox 1993] PERLIN, Ken ; FOX, David: Pad: an alternative approach to the computer interface. In: *SIGGRAPH '93: Proceedings of the 20th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*. New York, NY, USA : ACM Press, 1993, S. 57–64. – ISBN 0-89791-601-8
- [Rogers und Lindley 2004] ROGERS, Yvonne ; LINDLEY, Siân E.: Collaborating around vertical and horizontal large interactive displays: which way is best? In: *Interacting with Computers* 16 (2004), Nr. 6, S. 1133–1152
- [Russell u. a. 2002] RUSSELL, Daniel M. ; DREWS, Clemens ; SUE, Alison: Social Aspects of Using Large Public Interactive Displays for Collaboration. In: *UbiComp '02: Proceedings of the 4th international conference on Ubiquitous Computing*. London, UK : Springer-Verlag, 2002, S. 229–236. – ISBN 3-540-44267-7
- [Ryall u. a. 2004] RYALL, Kathy ; FORLINES, Clifton ; SHEN, Chia ; MORRIS, Meredith R.: Exploring the effects of group size and table size on interactions with tabletop shared-display groupware. In: *CSCW '04: Proceedings of the 2004 ACM conference on Computer supported cooperative work*. New York, NY, USA : ACM Press, 2004, S. 284–293. – ISBN 1-58113-810-5
- [Scott 2005] SCOTT, Stacey D.: *Territoriality in Collaborative Tabletop Workspaces*, University of Calgary, Dissertation, March 2005
- [Scott u. a. 2004] SCOTT, Stacey D. ; SHEELAGH, M. ; CARPENDALE, T. ; INKPEN, Kori M.: Territoriality in collaborative tabletop workspaces. In: *CSCW '04: Proceedings of the 2004 ACM conference on Computer supported cooperative work*. New York, NY, USA : ACM Press, 2004, S. 294–303. – ISBN 1-58113-810-5
- [Shen u. a. 2002] SHEN, Chia ; LESH, Neal B. ; VERNIER, Frederic ; FORLINES, Clifton ; FROST, Jeana: Sharing and building digital group histories. In: *CSCW '02: Proceedings of the 2002 ACM conference on Computer supported cooperative work*. New York, NY, USA : ACM Press, 2002, S. 324–333. – ISBN 1-58113-560-2
- [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 Press, 2004, S. 167–174. – ISBN 1-58113-702-8
- [Streitz u. a. 1999] STREITZ, Norbert A. ; GEISSLER, 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
- [Vernier u. a. 2002] VERNIER, F. ; LESH, N. ; SHEN, C.: *Visualization techniques for circular tabletop interfaces.* 2002. – URL citeseer.ist.psu.edu/vernier02visualization.html
- [Wadley u. a. 2003] WADLEY, Greg ; GIBBS, Martin ; HEW, Kevin ; GRAHAM, Connor: Computer Supported Cooperative Play, 'Third Places' and Online Videogames. In: *Proceedings of the Thirteenth Australian Conference on Computer Human Interaction (OzChi 03)*, 2003, S. 238–241
- [Weiser 1991] WEISER, Mark: The Computer for the Twenty-First Century. In: *Scientific American* 265 (1991), S. 94–104
- [Weiser 1996] WEISER, Mark: *Ubiquitous Computing.* Webseite. 1996. – URL <http://www.ubiq.com/ubicomp/>