

Markus Nitsche, Daniel Klinkhammer, Harald Reiterer

# Be-Gehbare Interaktion: Dynamische Persönliche Bereiche für Interaktive Tische

## Walkable Interaction: Dynamic Personal Spaces for Interactive Tabletops

Tabletop\_multi-touch\_user tracking\_natural user interface

**Zusammenfassung.** Multitouch-Tische sind eine vielversprechende Technologie um Gruppenarbeit zu unterstützen. Jedoch gibt es dabei viele Faktoren und Prozesse, die es zu berücksichtigen gilt. Dazu zählt unter anderem die Einteilung des Arbeitsbereiches in unterschiedliche Territorien, sowie die Anwendung von Koordinationsmechanismen zur Konfliktlösung. Des Weiteren hat die bisherige Forschung gezeigt, dass für unterschiedliche Aufgabentypen unterschiedliche räumliche Arrangements um einen Tisch bevorzugt werden. Um diese Aspekte zu adressieren wird das Konzept der Dynamischen persönlichen Bereiche (DPB) vorgestellt. Basierend auf einem integrierten Tracking-System werden den Benutzern dynamische Arbeitsbereiche zur Verfügung gestellt, welche den Bewegungen der Nutzer folgen und somit Arbeits- und Gruppenprozesse unterstützen. Aufbauend auf dieser technischen Umsetzung wird eine Evaluation vorgestellt die untersucht, welche Auswirkungen die Anwendung eines solchen Systems auf die Benutzer hat.

**Summary.** Interactive tabletops are a promising technology for supporting group work. However, there are many influences and processes that need to be considered. Amongst them is the segmentation of the workspace into different territories, as well as the application of coordination mechanisms for conflict resolution. Furthermore, prior research has revealed that people prefer different spatial arrangements around a table depending on the task type at hand. In order to address these issues, the concept of Dynamic Personal Spaces is introduced. Based on an integrated tracking system, users are provided with dynamic workspaces which follow the user's movements and thereby support work- and group processes. Besides the technical implementation, an evaluation will be presented which analyzes the effects of such a system onto the users.

### 1. Einleitung und Motivation

Vor nicht einmal 20 Jahren wurde mit dem DigitalDesk der erste interaktive Schreibtisch vorgestellt (Wellner, 1993). Dieser ermöglichte es dem Benutzer, physische und digitale Dokumente auf verschiedene Arten zu manipulieren und zu kombinieren. Vergleicht man die grundlegenden Systemkomponenten von damals - ein Schreibtisch, eine Kamera, ein Projektor und ein Computer - mit modernen Multitouch-Tischen von heute, so scheint es als ob sich in diesen 20 Jahren nicht viel verändert hätte. Doch diese Schlussfolgerung ist natürlich voreilig: neben der kontinuierlich steigenden Performanz moderner Computer leistete vor allem die Entwicklung von leistungsfähigen

Multitouch-Technologien einen entscheidenden Beitrag zur Evolution interaktiver Tische.

Multitouch-Systeme im Allgemeinen (horizontale und vertikale Displays, mobile Geräte, ...) erlauben die direkte Manipulation digitaler Artefakte und ermöglichen somit eine intuitivere und natürlichere Art der Bedienung. Sie spielen somit eine wichtige Rolle im Übergang von klassischen Benutzerschnittstellen (Graphical User Interface, GUI) zu natürlicheren Interaktionsparadigmen (Natural User Interface, NUI). Eine besondere Rolle kommt hier den Multitouch-Tischen zu. Der Tisch als klassischer Einrichtungsgegenstand spielt in den vielfältigsten Situationen eine wichtige Rolle - beim Essen, beim Arbeiten, beim Spielen, alleine oder in der Gruppe. Diese Eigenschaften übertragen sich natürlich auch auf Multi-

touch-Tische, und so ist es nicht verwunderlich dass solche Systeme Gegenstand vielfältiger Forschungsvorhaben sind. Diese umfassen zum Beispiel die Unterstützung kreativer Gruppentätigkeiten (Geyer et al., 2011), die Kombination mit physischen Objekten (Tangible User Interface, TUI) (Jetter et al., 2011) oder die Verwendung in Szenarien des Ubiquitous Computing (Wei et al., 2011). Vor allem aber wird der Multitouch-Tisch als ein bedeutendes Mittel zur Unterstützung von Gruppenaktivitäten verstanden. Dass sich Gruppen um einen Tisch versammeln ist ein alltäglicher, natürlicher Vorgang. Ein Tisch ermöglicht einer Gruppe das Anordnen und Teilen von Dokumenten sowie das gemeinsame Arbeiten an ihnen; er erlaubt eine variable Positionierung der Gruppenmitglieder abhängig von deren Anzahl und Aufgabe; und er ermöglicht Augenkontakt und eine direkte Kommunikation zwischen den beteiligten Perso-

nen. Aufgrund dieser Eigenschaften ist es ein Bestreben vieler Wissenschaftler, diese Möglichkeiten auf einen interaktiven Tisch zu übertragen, sie zu verbessern und zu erweitern.

Ein Großteil dieser Forschungsarbeiten fokussiert sich auf das, was auf dem Tisch passiert. Dazu gehört unter anderem die Entwicklung und Evaluation von neuen oder verbesserten Interaktionstechniken. Aber auch Themen wie Koordinationsmechanismen oder die Aufteilung der Interaktionsfläche in Territorien gehört hierzu. Ein weiterer Teil der Forschung widmet sich den Dingen unter dem Tisch, womit hier hauptsächlich die Entwicklung von Hardwarelösungen gemeint ist. Ein Forschungsbereich der bisher eher spärlich behandelt wurde beschäftigt sich mit dem, was um den Tisch herum passiert: wie positionieren sich Benutzer um einen Tisch und unter welchen Umständen und mit welchen Auswirkungen verändern sich diese Positionen? Wie können diese Vorgänge von Seite des Systems unterstützt werden? An diesen Fragen knüpft der vorliegende Artikel an und beschäftigt sich mit ihnen im Kontext von Territorialität und Kollaboration. Im folgenden Teil werden die relevanten theoretischen Grundlagen näher beleuchtet. Danach wird eine neu entwickelte Hardware- und Softwarelösung zur Erkennung von Nutzern um einen Multitouch-Tisch vorgestellt. Basierend auf dieser Implementierung wurden eine Feld- sowie eine Laborstudie durchgeführt. Der Ablauf sowie die Ergebnisse aus diesen Studien werden dargelegt, bevor der Artikel mit einem Ausblick auf zukünftige Vorhaben schließt.

## 2. Theoretische Grundlagen

### 2.1 Grundlagen der Territorialität

Der Ursprung des Territorialitätsprinzips liegt in der Ethologie, der vergleichenden Verhaltensforschung bei Tieren. In diesem Kontext ist ein Territorium (im Deutschen oftmals auch als Revier bezeichnet) ein feststehendes, begrenztes Areal innerhalb dessen ein Tier oder eine Gruppe von Tie-

ren lebt. Reviere werden typischerweise markiert (zum Beispiel durch Geruch oder Geräusche) und gegenüber fremden Tieren verteidigt. Später wurde dieser Ansatz zur Erklärung von Territorialitätsverhalten durch eine weitere Sichtweise ergänzt. Hediger (1955) betrachtete nicht Territorien als feststehende Gebiete, sondern fokussierte sich auf Bereiche relativ zum Tier. Er erkannte, dass es unterschiedliche Distanzzonen gibt, welche wiederum bei Eindringen eines anderen Tieres unterschiedliche Reaktionen auslösen.

Hall (1966) übertrug dieses Phänomen auf den Menschen und nannte die damit verbundene Forschungsrichtung *Proxemik*. Hall erkannte, dass auch beim Menschen solche Distanzzonen existieren, und dass diese unter anderem von Faktoren wie Geschlecht, sozialem Status und kulturellem Hintergrund abhängig sind. Hall benennt vier Distanzzonen (intim, persönlich, sozial, öffentlich) und verknüpft jede dieser Zonen mit bestimmten psychologischen und physiologischen Reaktionen und Verhaltensweisen. Diese Arbeit bildet die Grundlage für viele weitere Forschungsergebnisse, von denen einige in den nächsten Abschnitten vorgestellt werden sollen.

### 2.2 Territorialität um den Tisch

Wenn man sich mit Gruppenaktivitäten an Tischen beschäftigt, so stellt sich die Frage, inwiefern Territorialität und Proxemik auch hier eine Rolle spielen. Eine aufschlussreiche Forschungsarbeit zu diesem Thema wurde von Robert Sommer (1965) durchgeführt. In einem Fragebogen, der von 151 Psychologiestudenten bearbeitet wurde, fragte Sommer nach der bevorzugten Sitzordnung für Zweiergruppen an einem Tisch bei unterschiedlichen Aufgabentypen. Die Ergebnisse zeigten, dass für unterschiedliche Aktivitäten auch unterschiedliche Sitzordnungen bevorzugt werden. Sommer hat sich diesem Effekt in weiteren Studien gewidmet und kam schließlich zu dem Ergebnis, dass die Anordnung einer Gruppe um einen Tisch von mehreren Faktoren abhängig ist, nämlich von (1) der Aufgabe beziehungsweise Aktivität der Gruppenmitglieder; (2) dem (persönlichen) Verhältnis zwischen Gruppenmitgliedern; (3) der Persönlichkeit der

Gruppenmitglieder; und (4) dem verfügbaren Platz am Tisch (Sommer, 1967).

Die Ergebnisse zeigen also, dass Personen, die in einer Gruppe arbeiten, unterschiedliche Arrangements für unterschiedliche Aufgabentypen bevorzugen. Dies stellt kein Problem für gewöhnliche Tische dar, da jeder seinen bevorzugten Platz frei wählen kann. Bei Multitouch-Tischen hingegen kann die Platzwahl durch das gegebene Interaktionsdesign eingeschränkt sein. Diese Einschränkung kann sich wiederum negativ auf die Zusammenarbeit und die Ergebnisse der Gruppe auswirken. Aus diesem Grund ermöglicht das weiter unten vorgestellte System die flexible Positionierung von Benutzern um den Tisch herum, so dass für unterschiedliche Aufgaben das jeweils optimale Arrangement gewählt werden kann.

### 2.3 Territorialität auf dem Tisch

Im Kontext von Territorialität und Proxemik lassen sich nicht nur Effekte um den Tisch herum beobachten sondern auch Effekte auf dessen Oberfläche. Eine wichtige Publikation in diesem Bereich stammt von Tang (1991), der Gruppenverhalten während dem gemeinsamen Zeichnen an einem Tisch beobachtet und analysiert hat. Dabei wurde festgestellt, dass die Orientierung von Objekten auf dem Tisch eine wichtige Rolle bei der Gruppenarbeit spielt. Durch die Orientierung von Objekten werden Kontextinformationen vermittelt, welche die Koordination von Gruppenaktivitäten unterstützen. Basierend auf seinen Beobachtungen folgert Tang unter anderem, dass ein simultaner Zugriff auf den Arbeitsbereich ein wichtiger Faktor für Kollaboration ist: zum einen erlaubt dies das parallele Arbeiten und somit eine gesteigerte Effizienz; zum anderen dienen die Aktivitäten der Gruppenmitglieder als eine implizite Informationsressource, welche die Gruppe bei der Organisation ihrer Arbeit unterstützt.

Welche Rolle die Orientierung von Objekten bei der Gruppenarbeit spielt wurde von Kruger et al. (2003) weiter untersucht. Die Autoren stellten fest, dass Gruppenmitglieder mit Hilfe der Orientierung von Objekten den Arbeitsraum in unterschiedliche Bereiche einteilen, wobei hier zwei unterschiedliche Bereichstypen

unterschieden werden. Der persönliche Arbeitsbereich (*Personal Space*) befindet sich direkt vor seinem Besitzer und wird dadurch markiert, dass die beinhalteten Objekte zum Besitzer hin ausgerichtet werden. Dies erlaubt es einer Person, individuelle und unabhängige Aufgaben zu bearbeiten. Der Gruppenbereich (*Group Space*) befindet sich an einer zentralen Position, so dass er für alle Gruppenmitgliedern zugänglich ist. Hier werden gemeinsame Ressourcen verwaltet und kollaborative Aktivitäten ausgeführt. Ein dritter Bereichstyp sind die sogenannten Ablagebereiche (*Storage Territories*; Scott, 2003). Diese befinden sich gewöhnlicherweise am Rand des Tisches direkt neben den persönlichen Bereichen und dienen der Aufbewahrung oder Zwischenlagerung von Objekten. Diese drei Bereichstypen dienen als implizite Informationsquelle, da zum Beispiel die Position eines Objektes bereits darüber Auskunft gibt, ob es von einer einzelnen Person reserviert oder aber der Gruppe zugänglich ist. Weiterhin wird die Koordination von Gruppenaktivitäten unterstützt, da zum Beispiel ein Eingreifen in den persönlichen Bereich einer anderen Person durch soziale Protokolle verhindert wird.

## 2.4 Kollaboration und Koordination

Ein wichtiger Aspekt der Kollaboration ist die sogenannte Koppelung (Curling; Tang

et al., 2006). Diese beschreibt die Abhängigkeit zwischen Gruppenmitgliedern beim Bearbeiten einer Aufgabe. Erfordert eine Aufgabe einen hohen Grad an Koppelung, so sind die Aktivitäten der einzelnen Gruppenmitglieder stark voneinander abhängig und erfordern ein hohes Maß an Koordination. Bei niedriger Koppelung hingegen bestehen nur wenige Abhängigkeiten zwischen den Aktivitäten einzelner Gruppenmitglieder, so dass jeder für sich arbeiten kann. Bei komplexeren Gruppenaufgaben ist es häufig so, dass Wechsel zwischen Phasen mit hoher und mit niedriger Koppelung regelmäßig auftreten (Dourish und Bellotti, 1992). Die Art der Koppelung hat wiederum Einfluss auf mehrere Aspekte der Kollaboration. Unter anderem wurde beobachtet, dass sich Gruppenmitglieder näher zueinander positionieren, je höher der Grad an Koppelung ist und umgekehrt (Tang et al., 2006). Des Weiteren zeigten die Autoren, dass ein persönlicher Arbeitsbereich nicht beständig ist sondern sich mit seinem Besitzer "mitbewegt". Diese Erkenntnisse sind ein Hinweis darauf, dass die Bewegung um einen Tisch herum intuitiv stattfindet und als Mittel verwendet wird, um den Ablauf und die Organisation von Gruppenprozessen zu optimieren.

## 2.5 Zusammenfassung

Die vorigen Abschnitte haben gezeigt, dass Benutzer eines Multitouch-Tisches ih-

ren Arbeitsbereich in Zonen einteilen, und dass diese Zonen eine wichtige Rolle bei der Koordination von Gruppenaktivitäten spielen. Weiterhin wurde aufgeführt, dass Menschen für unterschiedliche Aufgabentypen und für unterschiedliche Grade der Koppelung auch unterschiedliche Positionierungen um einen Tisch bevorzugen. Basierend auf diesen beiden Erkenntnissen entstand die Idee der *Dynamischen persönlichen Bereiche* (DPB). Dies sind virtuelle Repräsentationen eines persönlichen Bereiches, die automatisch auf die Anwesenheit eines Benutzers reagieren und seinen Bewegungen um den Tisch folgen. Dieser Ansatz adressiert somit mehrere der zuvor genannten Forschungsergebnisse. Zum Einen entsteht durch DPBs eine automatische Partitionierung des Arbeitsbereiches, welche die Nutzer bei der Koordination von Gruppentätigkeiten unterstützen kann. Zum Anderen erlauben DPBs die einfache Umpositionierung von Benutzern, zum Beispiel beim Übergang von Aktivitäten mit niedriger und hoher Koppelung. Dokumente innerhalb eines DPBs folgen in solch einem Fall automatisch dem Benutzer und richten sich selbstständig zum Nutzer hin aus, wodurch die Effizienz eines solchen Systems gesteigert werden kann. In den folgenden Abschnitten wird die technische Grundlage für DPBs sowie ein konkretes Anwendungsbeispiel erläutert. Danach widmet sich dieser Artikel der Evaluation von DPBs.

## 3. Implementierung

Um DPBs zu realisieren wird ein Trackingssystem benötigt, welches die Positionierung und Bewegung von Benutzern um den Tisch erfasst und auswertet. Die Hardwareimplementierung eines solchen Systems wird kurz im nächsten Abschnitt beschrieben. Danach wird eine Anwendung vorgestellt, die auf diesem System aufbaut und eine mögliche Umsetzung von DPBs präsentiert.

### 3.1 Hardware

Das Trackingssystem, welches die Grundlage für die DPBs bildet, besteht aus einem Array von 96 Infrarot-Distanzsensoren, welche sich unterhalb der Tischplatte eines 65" Multitouch-Tisches

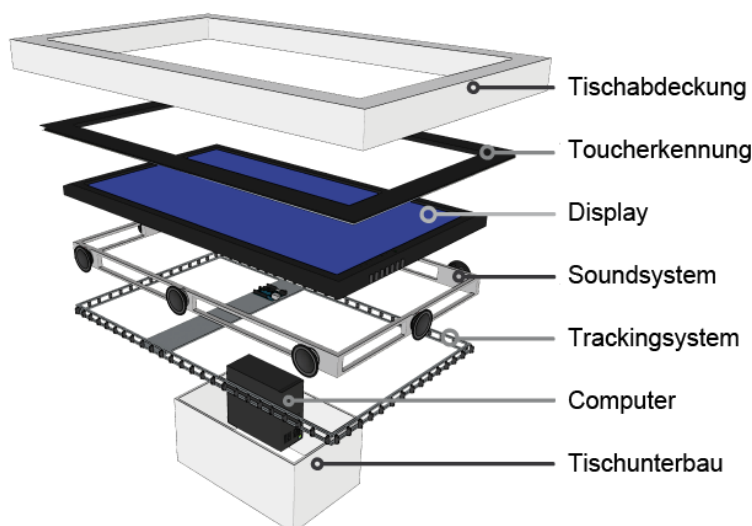


Bild 1: Aufbau des Multitouch-Tisches mit Trackingsystem



Bild 2: Screenshot der Museumsanwendung mit DPBs

befinden (Abbildung 1). Die Sensoren sind mit einem Arduino Uno Microcontroller-Board verbunden, welcher sequentiell die Messwerte jedes einzelnen Sensors liest und diese über eine serielle Verbindung an einen PC schickt. Auf diesem werden die Rohdaten des Sensorarrays von einer C#-Anwendung empfangen und ausgewertet. Die Trackingsoftware erzeugt dabei eine Reihe von Events, welche Informationen zur Anzahl und Position der Benutzer bereitstellen. Andere Anwendungen können diese Events empfangen und darauf aufbauend positions- oder bewegungsbasierte Interaktionen bereitstellen. Das Trackingsystem erlaubt auf diese Weise jeder beliebigen Anwendung, auf die Anwesenheit eines Nutzers zu reagieren

(zum Beispiel mit einer Willkommensbotschaft bei Ankunft) und ermöglicht im Speziellen die Implementierung von DPBs, die sich mit dem Benutzer mitbewegen.

Diese Implementierung hat mehrere Vorteile. Durch die Verwendung von Infrarot-Sensoren ist eine ausreichende Messgenauigkeit gegeben. Des Weiteren sind diese Sensoren sehr robust gegenüber Störungen und äußeren Einflüssen und benötigen keinerlei Kalibrierung. Durch die Anbindung der Sensoren über einen Arduino Microcontroller kann das Trackingsystem per USB an jeden gewöhnlichen PC angeschlossen werden, wo dann eine Windows-Anwendung die Daten auswertet und für andere Anwendungen verfügbar macht.

### 3.2 Anwendungsbeispiel in einem Museumskontext

Ein Multitouch-Tisch mit integriertem Trackingsystem kam im Rahmen einer Langzeitausstellung zur Historie der deutschen Telefonie, welche in einem öffentlichen Bankgebäude stattfand, zum Einsatz. Für dieses Anwendungsszenario wurde eine Anwendung entwickelt, welche mit Hilfe von DPBs die parallele Exploration von Medieninhalten ermöglicht.

Abbildung 2 zeigt einen Screenshot der Anwendung, die aus mehreren visuellen Elementen besteht. Jedes Exponat der Ausstellung ist auf dem Tisch als kreisförmiges Informationselement repräsentiert. Diese befinden sich im Gruppenbereich und sind in drei Cluster unterteilt,



Bild 3: Bewegung eines Nutzers um den Tisch

die unterschiedliche Teile der Ausstellung repräsentieren. Eine weitere Komponente sind die DPBs. Diese erscheinen automatisch sobald sich ein Besucher an den Tisch stellt und folgen dessen Bewegungen um den Tisch herum. Diese Bereiche sind kreisförmig gestaltet und ähneln einer Linse, durch welche der Benutzer auf den Gruppenbereich schaut.

Sobald sich ein Informationselement in einen DPB bewegt, wird dieses hervorgehoben. Durch eine einfache Berührung kann der Besucher dieses Element öffnen und dessen multimediale Inhalte explorieren. Bewegt sich der Besucher um den Tisch, so folgt sein DPB und mit ihm auch die darin enthaltenen Elemente. Bei einer Bewegung um eine oder mehrere Ecken werden die Inhalte automatisch neu ausgerichtet, so dass diese für den Besucher immer aufrecht dargestellt werden (Abbildung 3).

Das hier beschriebene Design wurde aus verschiedenen Gründen gewählt. Erstens können die DPBs als Einstiegspunkt verstanden werden. Da diese Bereiche erst erscheinen wenn ein Benutzer an den Tisch tritt, vermitteln sie eine direkte Verbindung zwischen Benutzer und System. Auf diese Weise können Nutzer dazu motiviert werden, eine Interaktion mit dem System zu initiieren, was ein häufiges Problem in öffentlichen Räumen wie Museen darstellt. Zweitens unterstützen die DPBs auch die Verteilung mehrerer Nutzer um den Tisch. Das System ist so implementiert, dass ein persönlicher Bereich nur dann erscheint wenn auch genügend Platz vorhanden ist. Es konnte beobachtet werden, dass durch diese Einschränkung ein selbstregulierender Prozess stattfindet welcher dazu führt, dass sich Besucher gleichmäßiger um den Tisch verteilen und somit eine größere Anzahl an gleichzeitigen Nutzern ermöglichen (Klinkhammer et al., 2011).

## 4. Evaluation

Das Trackingsystem und die darauf aufbauende Software wurde für zwei unterschiedliche Evaluationen genutzt. Im ersten Fall wurden während der Verwendung des Systems in einer Museumsausstellung kontinuierlich Logdaten zur Bewegung und Positionierung von Nutzern

gesammelt. Die Ergebnisse hierzu werden im ersten Teil dieses Abschnittes präsentiert. Des Weiteren wurden die DPBs als solche in einer Laborstudie genauer untersucht. Diese wird eingehend im zweiten Teil dieses Abschnittes besprochen.

### 4.1 Bewegung in einem Museumskontext

Die in Abschnitt 3.2 beschriebene Anwendung kam während einer öffentlichen Langzeitausstellung zum Einsatz. Durch das Speichern von Benutzerinteraktionen sowie den Bewegungen um den Tisch konnte eine große Menge an Daten gesammelt und ausgewertet werden. Insgesamt wurden über einen Zeitraum von einem Jahr 3861 Sessions aufgezeichnet, wobei jeder neue DPB eine neue Session erzeugte. Basierend auf den Daten des Trackingsystems konnte die Bewegung der Benutzer um den Tisch analysiert werden. Diese Analyse ergab, dass ein Besucher im Durchschnitt eine Strecke von 137 cm um den Tisch herum zurück legte ( $SD = 154,34$  cm). Hierbei gilt es zu berücksichtigen, dass aufgrund des Hardwaredesigns (Abstand der Sensoren) sowie der Trackingsoftware (Schwellwert für Mindestmaß an Bewegung) nur Bewegungen ab einer Distanz von circa zehn cm erfasst wurden.

Diese Ergebnisse sind ein erster Hinweis darauf, dass die Benutzer eines Multitouch-Tisches von der Möglichkeit, sich frei um den Tisch zu bewegen, Gebrauch

öffentlichen Bankgebäude statt fand. In Folge dessen gab es zwei sehr unterschiedliche Nutzergruppen, nämlich (a) Bankkunden, die sich zum Beispiel die Wartezeit am Multitouch-Tisch vertreiben, sowie (b) Ausstellungsbesucher, die gezielt mit dem System interagieren um Inhalte detailliert zu explorieren. Die unterschiedlichen Ziele der beiden Nutzergruppen spiegeln sich daher auch in den Logdaten wieder, die auch in anderen Dimensionen (zum Beispiel Session Dauer, Anzahl der Interaktionen) eine breite Streuung aufweisen.

Ein weiteres Problem von Logdaten ist, dass keine Kontextinformationen vorhanden sind. Daher können hier auch keine Aussagen zu den Ursachen und Abläufen von Bewegungen gemacht werden. Diese Faktoren wurden in einer separaten Studie untersucht, welche im folgenden Abschnitt beschrieben wird. Dennoch sind diese Daten ein erster Hinweis darauf, dass die Benutzer eines Multitouch-Tisches von der Möglichkeit, sich frei um den Tisch zu bewegen, Gebrauch machen.

### 4.2 Evaluation der Dynamischen Persönlichen Bereiche

Wie die Logdaten aus der Ausstellung gezeigt haben, findet durchaus Bewegung um einen Multitouch-Tisch statt. Allerdings können diese Daten nicht verraten, welche Voraussetzungen, Motive und



Bild 4: Screenshots der beiden Aufgabentypen (links kollaborativ, rechts kompetitiv)

machen. Aufgrund der hohen Abweichung der Messdaten lässt sich weiterhin vermuten, dass es sowohl Nutzer geben muss, die sich gar nicht bewegen, als auch Nutzer die davon sehr viel Gebrauch machen. Dieser Effekt könnte unter anderem auch dadurch verstärkt worden sein, dass die Ausstellung in einem

Ziele dazu führen, dass sich ein Nutzer um einen Tisch bewegt. Um diese Fragen beantworten zu können wurde eine Laborstudie durchgeführt, welche in diesem Abschnitt eingehend beschrieben wird.

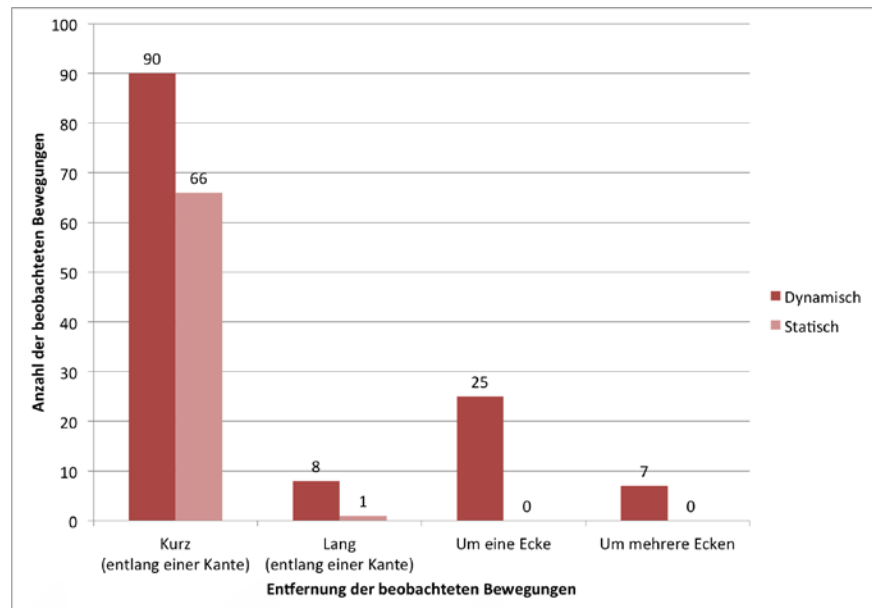
### Aufbau und Durchführung

Die grundlegende Forschungsfrage dieser

Studie war, wie die Anwendung von DPBs die Bewegung von Personen um einen interaktiven Tisch beeinflusst und unter welchen Konditionen solche Bewegungen auftreten. Um diese Frage zu beantworten wurden zwei Bedingungen verglichen. In der ersten Bedingung fanden die Nutzer statische persönliche Bereiche an vordefinierten Positionen vor, die nicht den Bewegungen der Nutzer folgten. In der zweiten Bedingung wurden hingegen dynamische persönliche Bereiche verwendet. Jede Versuchsgruppe à drei Teilnehmer wurde mit nur einer Bedingung konfrontiert (between-subjects design). Dadurch sollte vermieden werden, dass sich Versuchspersonen, die zuerst mit der dynamischen Bedingung konfrontiert wurden, an die Bewegung um den Tisch gewöhnen und dieses Verhalten bei der statischen Bedingung fortsetzen und umgekehrt. An der Studie nahmen insgesamt 36 Personen teil (12 Triaden), davon 19 Frauen und 17 Männer. Das Alter der Probanden lag zwischen 19 und 31 Jahren (Durchschnitt 21,86 Jahre, SD = 2,32 Jahre). Die Studienteilnehmer wurden an der Universität Konstanz angeworben und waren Auszubildende oder Studierende an verschiedenen Fakultäten (ausgeschlossen Informatik).

Jede Versuchsgruppe musste zwei unterschiedliche Aufgaben bearbeiten. Eine kompetitive Aufgabe, bei der jeder Teilnehmer für sich alleine und gegen die anderen arbeitete, sowie eine kollaborative Aufgabe, welche die Zusammenarbeit der Teilnehmer erforderte. Die Anwendung, mit der die Teilnehmer interagierten, bestand aus zwei Grundelementen. Zum einen gab es drei DPBs, wobei jeder DPB eine eindeutige Farbe hatte (rot, grün oder blau) und genau einem Teilnehmer zugeordnet war. Zum anderen gab es insgesamt 21 Informationselemente, die durch drag and drop in einen DPB gezogen werden konnten. Wurde solch ein Element in einen DPB gezogen, so wurde eine Kombination aus drei Symbolen aufgedeckt (entweder ein Flugzeug, einen Stift oder ein Smiley), wobei jeweils ein Symbol rot, eines grün und eines blau war (Abbildung 4). Jedes der 21 Elemente enthielt eine andere Symbol-Farb-Kombination.

Bei der kompetitiven Aufgabe sah



**Bild 5:** Anzahl der beobachteten Bewegungen pro Distanzkategorie für die beiden Versuchsbedingungen

ein Teilnehmer, der ein Element in seinen DPB gezogen hatte, alle drei Symbole. Der Versuchsleiter präsentierte den Teilnehmern eine Symbolkombination (zum Beispiel "rotes Flugzeug, grüner Stift, blauer Stift"), woraufhin die Teilnehmer genau dieses Element finden mussten. Der Teilnehmer, der das Zielobjekt als erstes gefunden hatte bekam einen Punkt und der Gewinner nach 15 Durchgängen erhielt eine zusätzliche Entlohnung.

Bei der kollaborativen Aufgabe sah jeder Teilnehmer nur eines der drei Symbole, nämlich dasjenige, welches die selbe Farbe wie sein DPB hatte. (Abbildung 4 links). Auch hier wurden den Teilnehmern 15 Symbolkombinationen gezeigt, die sie identifizieren sollten. Da jedoch eine einzelne Person immer nur eines von drei Symbolen sah konnte diese Aufgabe nur durch Zusammenarbeit gelöst werden.

Die beiden Aufgaben wurden so ausgewählt, dass sie möglichst unterschiedliche Verhaltensweisen erzeugen würden. Die kompetitive Aufgabe ist eher konflikt- und verhaltensorientiert, da jeder Teilnehmer gegen jeden arbeitet und so schnell wie möglich das gesuchte Element finden will. Die kollaborative Aufgabe hingegen erfordert Zusammenarbeit und Problemlösungsstrategien. Durch die Verwendung zweier so komplementärer Aufgaben konnte ein breites Spektrum an Verhaltensweisen abgedeckt und de-

ren Einfluss auf Bewegungsmuster untersucht werden.

Die Versuchsteilnehmer konnten sich in beiden Bedingungen frei um den Tisch bewegen, wobei dies natürlich nur in der dynamischen Bedingung einen Einfluss auf die Position der DPBs hatte. Die Nutzer konnten dabei auch um einen anderen Teilnehmer herum laufen, um somit die Gesamtkonstellation zu verändern. In diesem Fall wurde in der dynamischen Bedingung der DPB des Nutzers, der seine Position gewechselt hat, an seiner ursprünglichen Position ausgeblendet und an der neuen Position eingblendet. Hierdurch wurde eine Überlappung der Bereiche vermieden, so dass alle Nutzer ungehindert weiter arbeiten konnten.

## Ergebnisse

Da die Analyse von Bewegungsmustern während des Studienverlaufs nicht möglich ist wurden die Studien auf Video aufgezeichnet und danach codiert. Um die Bewegungsmuster von Teilnehmern besser auswerten zu können, wurden diese basierend auf der zurückgelegten Distanz in verschiedene Kategorien eingeteilt. Hierbei wurde zum einen zwischen kurzen (maximal ein Schritt) und langen Bewegungen entlang einer einzigen Tischkante, sowie zwischen Bewegungen um eine oder mehrere Ecken unterschieden. Bewegungen um Ecken wurde gesondert

codiert, da hierdurch eine komplett neue Konstellation der Benutzer entsteht und diese Art von Positionswechsel daher eine besondere Rolle spielt. In allen Kategorien war die Anzahl der Bewegungen in der dynamischen Bedingung höher als in der statischen (Abbildung 5). Des Weiteren wurde auch zwischen permanenten und temporären Bewegungen unterschieden. Temporäre Bewegungen sind solche, bei denen sich die betreffende Person in einem einzigen Bewegungsablauf von ihrer Position entfernt und danach gleich wieder an diese zurückkehrt (zum Beispiel um kurzfristig ein entferntes Element auf dem Tisch zu erreichen). In der statischen Bedingung sind 52,24% der Bewegungen temporär, während es im dynamischen Setting nur 20,77% sind.

Weiterhin wurde untersucht, mit welcher Zielsetzung sich eine Person bewegt hat. Hier wurden vier Kategorien unterschieden: (1) interaktionsbezogen (Bewegung findet statt um ein Element zu erreichen oder um eine bessere Ausgangsposition für die Aufgabenbearbeitung zu erlangen); (2) personenbezogen (Bewegung findet statt, um einer anderen Person Platz zu machen); (3) off-topic (Bewegung, die nicht direkt mit der Aufgabe verbunden ist, zum Beispiel ein Abwenden vom Tisch um sich die Nase zu putzen); und (4) nicht zuordenbare Bewegung (Kategorie kann nicht eindeutig festgestellt werden). In beiden Bedingungen war der Großteil der Bewegungen interaktionsbezogen (Insgesamt: 59,90% interaktionsbezogen; personenbezogen: 0,01%; off-topic: 18,27%; nicht zuordenbar: 21,32%).

Zuletzt wurde untersucht, welche Art von Ereignis einer Bewegung vorhergeht. Bei diesen sogenannten *Auslösern* wurden zwei Dimensionen unterschieden: der *Ursprung* eines Bewegungsauslösers konnte intrinsisch oder extrinsisch sein. Intrinsisch bedeutet, dass eine Person selbst entscheidet sich zu bewegen, während extrinsisch bedeutet, dass eine andere Person die Bewegung auslöst. Dies kann zum Beispiel der Fall sein wenn Person A vorschlägt, Person B solle sich umpositionieren, oder aber wenn Person A Person B zur Seite drückt. Zusätzlich wurden zwei *Kommunikationsarten* der Auslöser unterschieden. Diese war entweder ver-

bal (zum Beispiel Person A fordert Person B auf, sich zu bewegen) oder nonverbal (die Person wechselt ihren Standort ohne Erklärung oder Aufforderung).

Die Auswertung dieser Auslöser ist im gegebenen Kontext von besonderer Bedeutung. Eine große Mehrheit von Bewegungen wurde vom Auslöser des Typs "intrinsisch nonverbal" begleitet (94,62% in der dynamischen Bedingung, 100% in der statischen). Dies bedeutet, dass die Versuchsteilnehmer Bewegungen von sich aus ausgeführt haben und dass sie diese Bewegung nicht gegenüber den anderen Gruppenmitgliedern kommunizierten. Dies lässt vermuten, dass das Bewegen um den Tisch von den Teilnehmern als ein "natürlicher" Prozess wahrgenommen wird der nicht einer zusätzlichen verbalen Rechtfertigung bedarf. Die Tatsache, dass Bewegungen als gewöhnlich und alltäglich wahrgenommen werden spricht für den Ansatz der DPBs, da diese solche Prozesse auf einfache Weise unterstützen.

### Zusammenfassung

Anhand der Daten aus der ersten Studie konnte abgeleitet werden, dass sich Benutzer eines Multitouch-Tisches prinzipiell DPBs zu Nutzen machen um sich während der Interaktion um den Tisch herum zu bewegen. Allerdings sind diese Ergebnisse nur ein erster Schritt dieses Forschungsvorhabens, da sie nichts über die Ursachen und Abläufe der Bewegungen aussagen. In der darauffolgenden Laborstudie wurden diese Sachverhalte näher untersucht. Hier zeigte sich zum Einen, dass sich Benutzer des DPB-Systems mehr bewegen als solche die mit einem statischen System interagieren. Zum Anderen ließ die Analyse der Auslöser erkennen, dass die Mehrheit der Bewegungen ohne äußere Einflussnahme (intrinsisch) und ohne begleitende Rechtfertigung (nonverbal) statt fand. Beide Erkenntnisse weisen also darauf hin, dass Positionsänderungen ein natürlicher Bestandteil von Gruppeninteraktionen an einem Tisch sind und diese daher von interaktiven Systemen explizit unterstützt werden sollten.

## 5. Ausblick und Fazit

Lange Zeit wurden Computerbenutzer

von Systemdesignern auf zwei Eigenschaften reduziert: Augen zum Sehen und Finger zum Tippen. In den letzten Jahren jedoch scheint sich dieses Bild zu wandeln, unter anderem begünstigt durch neue technische Möglichkeiten, aber auch aufgrund neuer Sichtweisen auf den Menschen und seine Arbeitsweise. Produkte wie die Nintendo Wii und Microsoft Kinect sind ein exzellentes Beispiel für diesen Wandel. Andererseits besteht die Reduzierung auf Augen und Finger weiterhin fort, sogar bei vielen Vertretern der Natural User Interfaces, die oft auf Touchscreens basieren. Der Bereich der Tangible User Interfaces (TUI) geht einen Schritt weiter, indem die Finger nicht mehr nur zum (an-)tippen, sondern zum greifen und manipulieren verwendet werden. Dennoch darf man nicht vergessen, dass der menschliche Körper noch viele andere Eigenschaften besitzt, die man sich zunutze machen kann, und dass die Möglichkeiten für neue Interaktionstechniken noch lange nicht ausgeschöpft sind.

Mit den hier vorgestellten dynamischen persönlichen Bereichen kann unser Interaktionsrepertoire um eine weitere Facette erweitert werden. Dieser Lösungsansatz unterstützt die freie Bewegung um einen Multitouch-Tisch, indem er Benutzer automatisch erkennt und ihnen einen persönlichen Arbeitsbereich bereitstellt. Er kann weiterhin dazu dienen, Gruppenarbeit effizienter zu gestalten und Einstiegshürden zu verringern. Zwar sind die hier vorgestellten Lösungen noch Grundlagenarbeit, die weiteren Möglichkeiten dieser Lösung sind jedoch vielfältig. So kann man sich zum Beispiel ein System vorstellen, das basierend auf der relativen Positionierung von Benutzern unterschiedliche Funktionen anbietet und somit unterschiedliche Aufgabentypen unterstützt. Wie dynamische persönliche Bereiche die Gruppenarbeit an Multitouch-Tischen einfacher und effizienter machen können ist daher auch Fokus von kommenden Forschungsvorhaben.

### Literatur

Dourish, P. and Bellotti, V. (1992). Awareness and coordination in shared workspaces. In Proceedings of the 1992 ACM conference on Computer-supported cooperative work,

- CSCW '92, pages 107–114, New York, NY, USA. ACM.
- Geyer, F., Pfeil, U., Höchtl, A., Budzinski, J., and Reiterer, H. (2011). Designing reality-based interfaces for creative group work. In Proceedings of the 8th ACM Conference on Creativity and Cognition, Atlanta, USA, C&C'11, pages 165–174. ACM Press.
- Hall, E. T. (1966). The hidden dimension. Doubleday, Garden City, NY, USA.
- Hediger, H. (1955). Studies of the Psychology and Behaviour of Captive Animals in Zoos and Circuses. Butterworths Scientific Publications, London, UK.
- Jetter, H.-C., Gerken, J., Zöllner, M., Reiterer, H., and Milic-Frayling, N. (2011). Materializing the query with facet-streams: a hybrid surface for collaborative search on tabletops. In Proceedings of the 2011 annual conference on Human factors in computing systems, CHI'11, pages 3013–3022, New York, NY, USA. ACM.
- Klinkhammer, D., Nitsche, M., Specht, M., and Reiterer, H. (2011). Adaptive personal territories for co-located tabletop interaction in a museum setting. In Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, ITS '11, pages 107–110, New York, NY, USA. ACM.
- Kruger, R., Carpendale, S., Scott, S. D., and Greenberg, S. (2003). How people use orientation on tables: Comprehension, coordination and communication. In Proceedings of the 2003 international ACM SIGGROUP conference on Supporting group work, GROUP '03, pages 369–378, New York, NY, USA. ACM.
- Scott, S. D. (2003). Territory-based interaction techniques for tabletop collaboration. In Conference Companion of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '03, pages 17–20. ACM.
- Sommer, R. (1965). Further studies of small group ecology. *Sociometry*, 28(4):337–348.
- Sommer, R. (1967). Small group ecology. *Psychological Bulletin*, 67(2):145–152.
- Tang, J. C. (1991). Findings from observational studies of collaborative work. *International Journal of Man-Machine Studies*, 34(2):143–160.
- Tang, A., Tory, M., Po, B., Neumann, P., and Carpendale, S. (2006). Collaborative coupling over tabletop displays. In Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems, CHI '06, pages 1181–1190, New York, NY, USA. ACM.

- Wei, J., Wang, X., Peiris, R. L., Choi, Y., Martinez, X. R., Tache, R., Koh, J. T. K. V., Halupka, V., and Cheok, A. D. (2011). Codine: an interactive multi-sensory system for remote dining. In Proceedings of the 13th international conference on Ubiquitous computing, UbiComp'11, pages 21–30, New York, NY, USA. ACM.

- Wellner, P. (1993). Interacting with paper on the digitaldesk. *Commun. ACM*, 36:87–96.



1



2



3

**1 Markus Nitsche** hat vor kurzem sein Masterstudium im Studiengang Information Engineering mit dem Schwerpunkt Interactive Systems an der Universität Konstanz abgeschlossen. Zuvor absolvierte er den Bachelor-Studiengang Medieninformatik an der Hochschule Furtwangen. Während seiner Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter der Arbeitsgruppe Mensch-Computer Interaktion an der Universität Konstanz beschäftigte er sich vor allem mit der Entwicklung von Natural User Interfaces für den Einsatz in öffentlichen Räumen wie Messen und Museen.  
fitsch@gmail.com

**2 Daniel Klinkhammer** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Arbeitsgruppe Mensch-Computer Interaktion an der Universität Konstanz. Zuvor absolvierte er den Master Studiengang Information Engineering mit dem Schwerpunkt Mensch-Computer Interaktion. Innerhalb seiner Promotion beschäftigt er sich mit dem Themengebiet der Distributed User Interfaces und fokussiert hierbei die Kollaboration um großflächige Multitouch-Tische.  
daniel.klinkhammer@uni-konstanz.de

**3 Prof. Dr. Harald Reiterer** studierte und promovierte an der Universität Wien im Fach Betriebsinformatik. Er habilitierte an der Universität Wien im Fachgebiet Mensch-Computer Interaktion und leitet seit 1997 an der Universität Konstanz eine gleichnamige Arbeitsgruppe. Einer seiner Forschungsschwerpunkte liegt in der Entwicklung eines neuen Konzeptes namens Blended Interaction zur Unterstützung der Interaktion zwischen dem Menschen und dem Computer.  
harald.reiterer@uni-konstanz.de