



ICB

Institut für Informatik und
Wirtschaftsinformatik

Stefan Eicker

Thorsten Spies

Markus Tschersich



Einsatz von Multi-Touch beim Softwaredesign am Beispiel der CRC Card-Methode

ICB-RESEARCH REPORT

Die Forschungsberichte des Instituts für Informatik und Wirtschaftsinformatik dienen der Darstellung vorläufiger Ergebnisse, die i. d. R. noch für spätere Veröffentlichungen überarbeitet werden. Die Autoren sind deshalb für kritische Hinweise dankbar.

The ICB Research Reports comprise preliminary results which will usually be revised for subsequent publications. Critical comments would be appreciated by the authors.

Alle Rechte vorbehalten. Insbesondere die der Übersetzung, des Nachdruckes, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen – auch bei nur auszugsweiser Verwertung.

All rights reserved. No part of this report may be reproduced by any means, or translated.

Authors' Address:

Stefan Eicker
Thorsten Spies
Markus Tschersich

Institut für Informatik und
Wirtschaftsinformatik (ICB)
Universität Duisburg-Essen
Universitätsstr. 9
D-45141 Essen
stefan.eicker@icb.uni-due.de
thorsten.spies@icb.uni-due.de
markus@tschersich.eu

ICB Research Reports

Edited by:

Prof. Dr. Heimo Adelsberger
Prof. Dr. Peter Chamoni
Prof. Dr. Frank Dorloff
Prof. Dr. Klaus Echtele
Prof. Dr. Stefan Eicker
Prof. Dr. Ulrich Frank
Prof. Dr. Michael Goedicke
Prof. Dr. Tobias Kollmann
Prof. Dr. Bruno Müller-Clostermann
Prof. Dr. Klaus Pohl
Prof. Dr. Erwin P. Rathgeb
Prof. Dr. Albrecht Schmidt
Prof. Dr. Rainer Unland
Prof. Dr. Stephan Zelewski

Contact:

Institut für Informatik und
Wirtschaftsinformatik (ICB)
Universität Duisburg-Essen
Universitätsstr. 9
45141 Essen

Tel.: 0201-183-4041
Fax: 0201-183-4011
Email: icb@uni-duisburg-essen.de

ISSN 1860-2770 (Print)
ISSN 1866-5101 (Online)

Abstract

Die Class, Responsibility and Collaboration (CRC) Card-Methode wird im Rahmen der Softwareentwicklung als Designmethode insbesondere in agilen Softwareentwicklungsprozessen eingesetzt. Die Anwendung der Methode findet i.d.R. ohne Unterstützung digitaler Medien statt, da für den effizienten Einsatz große Interaktionsflächen benötigt werden. Entsprechende digitale Interaktionsflächen waren aber bislang zu teuer und bildeten keine Alternative zu klassischen Präsentationshilfsmitteln wie z.B. Karteikarten. Dank der großen Fortschritte im Bereich der Multi-Touch-Technologie können aber nun skalierbare digitale Interaktionsflächen mit akzeptablen Investitionen geschaffen werden, die den Anforderungen der CRC-Card-Methode entsprechen.

Der vorliegende Bericht zeigt auf, wie durch die Verwendung von Multi Touch-Systemen die Class, Responsibility and Collaboration Card-Methode auf ein Computersystem übertragen werden kann. Durch die Übertragung wird eine signifikante Produktivitätssteigerung gegenüber der klassischen Methode erreicht.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | EINLEITUNG | 1 |
| 2 | MULTI-TOUCH-TECHNOLOGIE | 2 |
| 2.1 | ANFORDERUNGEN AN MULTI-TOUCH..... | 4 |
| 2.2 | BEFEHLSSEINGABE | 5 |
| 2.3 | TECHNISCHE UMSETZUNGEN | 7 |
| 2.3.1 | <i>Frustrated Total Internal Reflection</i> | 7 |
| 2.3.2 | <i>DiamondTouch</i> | 9 |
| 2.3.3 | <i>SmartSkin</i> | 10 |
| 2.4 | VOR- UND NACHTEILE BEI DER BEFEHLSSEINGABE | 11 |
| 3 | CLASS, RESPONSIBILITY AND COLLABORATION CARDS | 12 |
| 3.1 | DER AUFBAU DER CRC CARDS | 13 |
| 3.2 | DIE ANALYSEGRUPPE..... | 14 |
| 4 | EINSATZ VON MULTI-TOUCH BEI DER CRC CARD-METHODE | 15 |
| 4.1 | EIN- UND AUSGABE | 15 |
| 4.2 | MULTI-USER-BETRIEB | 17 |
| 4.3 | VORTEILE DER UNTERSTÜTZUNG DER CRC CARD-METHODE DURCH MULTI-TOUCH | 20 |
| 5 | FAZIT | 21 |
| 6 | LITERATUR | 22 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| ABBILDUNG 2.1: HP OBSCURA INTERACTION WALL..... | 2 |
| ABBILDUNG 2.2: MICROSOFT SURFACE | 3 |
| ABBILDUNG 2.3: APPLE IPHONE | 4 |
| ABBILDUNG 2.4: BEISPIELE FÜR GESTUREN | 5 |
| ABBILDUNG 2.5: SCHEMATA DER FUNKTIONSWEISE VON FTIR | 8 |
| ABBILDUNG 2.6: BILD DER KAMERA BEI UNTERSCHIEDLICHER DRUCKSTÄRKE..... | 8 |
| ABBILDUNG 2.7: SCHEMATA DES DIAMONDTOUCH | 9 |
| ABBILDUNG 2.8: SKIZZE DER SMARTSKIN-TECHNOLOGIE..... | 10 |
| ABBILDUNG 3.1: AUFBAU DER CRC CARD..... | 13 |
| ABBILDUNG 3.2: ANZAHL DER KOMMUNIKATIONSWEGE IN ABHÄNGIGKEIT DER GRUPPENGROÖÖE | 14 |
| ABBILDUNG 4.1: INTERAKTIONSTECHNIKEN IN DER ZUSAMMENARBEIT VON BENUTZERN..... | 18 |
| ABBILDUNG 4.2: PROTOTYP DES KEEP IN TOUCH..... | 19 |

1 Einleitung

Die Anforderungen an Softwaresysteme steigen immer weiter: Immer komplexere Problemstellungen müssen gelöst werden und die Aufgabengebiete wachsen stetig. Gerade beim Entwurf objektorientierter Softwaresysteme geht durch die entstehende komplexe Objekttyp-Hierarchie die Übersichtlichkeit schnell verloren. „Klassische Computersysteme“ - im vorliegenden Beitrag werden so Computer mit einer indirekten Eingabe durch Maus o.Ä. und Tastatur und Ausgabe über ein Display bezeichnet - bieten keinen adäquaten Ansatzpunkt, um dieses Problem zu entschärfen und damit das aus der Unübersichtlichkeit resultierende Fehlerpotenzial zu verringern. Als Hilfsmittel wurde deshalb die *Class, Responsibility and Collaboration Card-Methode* (CRC Card-Methode) zur Unterstützung des objektorientierten Entwurfs entwickelt. Die Methode sieht vor, dass Klassen und dazugehörige Elemente nach bestimmten Regeln und mit einer festgelegten Notation auf Karteikarten geschrieben werden. Durch das Anheften der Karten an Pinnwände oder Platzierung auf dem Schreibtisch bietet die Methode eine übersichtlichere Darstellung als der begrenzte Platz der Ausgabemedien eines klassischen Computersystems.

Multi-Touch ist ein neuartiges Bedienkonzept für Computersysteme, welches sich in der Haptik und Bedienung wesentlich von den klassischen Computern und Touchscreens unterscheidet: Die Technologie kommt ohne Eingabemedien wie Maus oder Tastatur aus; vielmehr erfolgt die Bedienung der Multi-Touch-Oberflächen auf Tischen oder großflächigen Wänden durch die Nutzung ein oder mehrerer Finger sowie bestimmter Gegenstände.

Auf Basis der Multi-Touch-Technologie können Probleme und Einschränkungen, die bei der Modellierung an klassischen Computern auftreten, verringert oder sogar beseitigt werden. Dies gilt gleichermaßen für die Probleme und Einschränkungen der *Class, Responsibility and Collaboration Card-Methode*. Das Ziel der Forschungsarbeiten, von dem in diesem Beitrag berichtet wird, besteht darin, konkret zu analysieren, wie die Methode über eine Ergänzung durch die Multi-Touch-Technologie verbessert bzw. optimiert werden kann.

Im Folgenden werden zunächst die Grundlagen der Multi-Touch Technologie und existierende Umsetzungsmöglichkeiten vorgestellt sowie die Vorgehensweise der

Class, Responsibility and Collaboration Card-Methode beschrieben. Im Anschluss daran werden die Vor- und Nachteile der verschiedenen Umsetzungsmöglichkeiten betrachtet, um dann zu bewerten, wie durch den Einsatz von Multi-Touch ein Mehrwert für den Prozess des Softwaredesigns entstehen kann.

2 Multi-Touch-Technologie

Mit der Forschung im Bereich *Multi-Touch* wurde im Jahre 1984 begonnen (siehe [Buxt2007]). Seit dem sind große Anstrengungen unternommen worden, um die Technik, die Bedienung (insb. die *Gestures*) und die Interaktion mit der Umwelt zu verbessern. Inzwischen können Multi-Touch-Geräte als wandfüllende Interaktionsflächen (siehe Abbildung 2.1), als Oberflächen von Tischen (siehe Abbildung 2), oder als Displays von mobilen Geräten (siehe Abbildung 2.3) verwendet werden.



Abbildung 2.1: HP Obscura Interaction Wall¹

Der Wortteil Multi von Multi-Touch bezieht sich darauf, dass mit Hilfe der Technologie mehrere Koordinaten auf einer grafischen Benutzeroberfläche zeitgleich bestimmbar sind. Entsprechend können mehrere Personen mit ihren Fingern über eine gemeinsame Oberfläche parallel und gemeinsam an einem Computersystem agieren. Abhän-

¹ Quelle: [Obsc2007]

gig von der verwendeten Technik können dabei vom System auch die verschiedenen Benutzer identifiziert werden.



Abbildung 2.2: Microsoft Surface²

Alternativ zu den Fingern können bei verschiedenen Multi-Touch-Techniken auch Gegenstände (z.B. Mobiltelefone, digitale Kameras, Pinsel etc.) auf der Oberfläche erkannt werden. Dadurch kann neben der reinen Befehlseingabe auch ein Datenaustausch stattfinden.

Bei Multi-Touch-Systemen findet die Eingabe nicht über indirekte Zeigermedien wie Mäuse, Trackballs oder Touchpads statt. Wie der zweite Wortbestandteil *Touch* beschreibt, wird die Eingabe vielmehr über die Berührung des Displays getätigt. Im Gegensatz zu einfachen Touchscreens besteht für den Benutzer von Multi-Touch-Geräten dadurch die Möglichkeit, nicht nur mit einem, sondern auch mit mehreren Fingern beider Hände sowie auch mit den Handflächen mit dem Gerät zu interagieren.

Im Folgenden wird kurz diskutiert, welche Charakteristika ein Multi-Touch-Gerät besitzen sollte und welche Möglichkeiten der Befehlseingabe durch Finger oder anderer Gegenstände bestehen. Anschließend wird eine Auswahl von Ansätzen zur techni-

² Quelle: [Micr2007]

schen Realisierung der Charakteristika beschrieben. Schließlich werden die Vor- und Nachteile der Benutzereingabe mit Multi-Touch skizziert.



Abbildung 2.3: Apple iPhone³

2.1 Anforderungen an Multi-Touch

An Multi-Touch-Geräte sind bezüglich der technologischen Umsetzung verschiedene Anforderungen zu stellen; diese können unterteilt werden in Anforderungen, die unabdingbar sind, und Anforderungen, deren Umsetzung zwar nicht zwingend notwendig sind, die aber einen großen Mehrwert für die Arbeit mit Multi-Touch-Systemen generieren.

Zu den zwingenden Anforderungen ist zu zählen, dass die Technologie mehrere simultane Berührungen auf der Oberfläche wahrnehmen kann. Des Weiteren dürfen Objekte, die auf der Oberfläche liegen, zu keinen Fehleingaben führen, und die Eingabe muss auch ohne Hilfsmittel wie Zeigergeräten, Stiften etc. möglich sein. Für einen vom Benutzer akzeptierten regelmäßigen Gebrauch ist es darüber hinaus entschei-

³ Quelle: [Applo]

dend, dass das Gerät nicht ständig kalibriert werden muss. Schließlich setzt die breite Nutzung einen moderaten Preis voraus.

Zu den nicht zwingend zu erfüllenden Anforderungen gehört beispielsweise, dass das System die Benutzer unterscheiden kann, die die jeweiligen Punkte der Oberfläche berühren (siehe [DiLe2001, S. 220]).

2.2 Befehlseingabe

Wie von Moscovich (siehe [Mosc2006, S. 1775]) angesprochen, wird bei den meisten grafischen Benutzerschnittstellen nur die Position der Hand als Eingabe verwendet. Mit der Multi-Touch Technologie können zusätzlich auch bestimmte Bewegungsmuster der Finger – sog. Gestures – und die Kombination von Positionen mehrerer Finger zur Befehlseingabe genutzt werden.

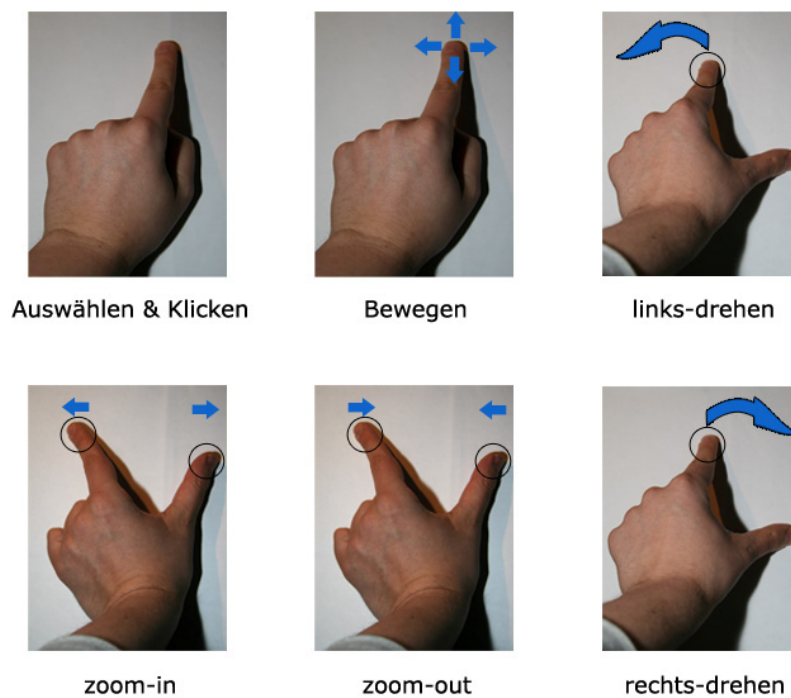


Abbildung 2.4: Beispiele für Gesturen⁴

⁴ Quelle: in Anlehnung an [KPKL2007, 393]

Mit *Gestures* können verschiedene Befehle mit denselben Fingern eingegeben werden. Unterschiedliche, dem System beigebrachte Bewegungsmuster repräsentieren dabei die unterschiedlichen Eingaben. Die Interaktion mit dem Multi-Touch-Gerät kann dabei mit einer Hand oder mit beiden Händen erfolgen. Mit einer Hand können Befehle wie Zoom-in, Zoom-out, Linksdrehen, Rechtsdrehen sowie Anwählen und Drag&Drop ausgeführt werden (siehe [KPKL2007, S. 393]); dazu werden Finger zusammengeführt oder mit ihnen Kreisbewegungen ausgeführt (vgl. Abbildung 2.4).

Die Möglichkeiten der Befehlseingabe mit einer Hand sind allerdings als eingeschränkt zu bewerten. So können z.B. der Zoom-in- und der Zoom-out-Befehl nur entsprechend des Abstands zwischen dem Daumen und dem Zeigefinger des Benutzers ausgeführt werden. Bei größeren Displays müsste deshalb die Bewegung mehrmals ausgeführt werden, um den gewünschte Zoom-Level zu erreichen. Bei der bimanuellen Interaktion kann die Eingabe dagegen 1:1 erfolgen. Kim et al. (siehe [KPKL2007, 394]) zeigen, dass mit beiden Händen außerdem Befehle eingegeben werden können, die mit einer Hand oder einem einfachen Eingabemedium nicht oder nur sehr umständlich zu realisieren wären.

Abhängig davon, wie die beiden Hände miteinander agieren, kann die bimanuelle Interaktion in symmetrische und asymmetrische Aktionen kategorisiert werden (siehe [Mosc2006, 17]): Bei symmetrischer Interaktion arbeiten die beiden Hände zusammen. Dies ist z.B. der Fall, wenn ein Objekt durch beide Hände größer gezogen wird. Wenn die Hände dagegen wie z.B. beim Ordnen verschiedener Objekte auf der Arbeitsfläche unabhängig voneinander agieren, wird dies als asymmetrische Interaktion bezeichnet.

Unabhängig von der Interaktion mit Fingern oder Händen besteht bei manchen technischen Umsetzungen von Multi-Touch-Systemen die Möglichkeit, Befehle über Gegenstände, die auf die Oberfläche des Gerätes gelegt werden, zu realisieren. So sind z.B. digitale Stempel verfügbar, die bestimmte Objekte auf der grafischen Oberfläche erzeugen, und Pinsel, mit denen über entsprechende Anwendungen auf dem Display gemalt werden kann.

2.3 Technische Umsetzungen

2.3.1 Frustrated Total Internal Reflection

Die auf dem Phänomen der Frustrated Total Internal Reflection (FTIR) basierende technische Umsetzung von Multi Touch wird von Trümper (siehe [Trüm2007, 1]) in die Kategorie der optischen Sensorik eingeordnet. Ein Beispiel aus der Praxis für diese Art der Realisierung von Multi-Touch ist das *Microsoft Surface* (siehe [Micr2007]): Mit geringem technischem Aufwand und niedrigen Hardwarekosten können durch das Surface große horizontale und vertikale Multi-Touch-Oberflächen verwirklicht werden, die frei skalierbar sind. Positiv zu bewerten ist hierbei insbesondere, dass diese Umsetzungsmöglichkeit auch bei gewölbten Oberflächen eingesetzt werden kann.

Die technische Umsetzung erfolgt (vgl. auch Abbildung 2.5), indem entlang des Rands einer Plexiglasscheibe werden Infrarot (IR) LEDs angebracht. Wenn das Licht der LEDs unter einem bestimmten Winkel auf die Schnittstelle zwischen der Plexiglasscheibe und der Luft trifft, wird es innerhalb der Scheibe reflektiert. Bei anderen festen Materialien, wie z.B. Fingern, die die Scheibe berühren, können diese internen Reflexionen frustriert werden und strahlen von den Fingern nach unten hin ab. Eine Videokamera, die unterhalb der Scheibe angebracht ist, nimmt dieses abgestrahlte IR-Licht auf und bildet es wie in Abbildung 2.6 gezeigt ab: Die weißen Flecken symbolisieren in der Abbildung die Stellen, an denen ein Kontakt mit der Glasplatte besteht. Diese werden vom System in die entsprechenden Koordinaten umgewandelt und können dann von der Software verarbeitet werden. Unterhalb bzw. hinter der Plexiglasscheibe befindet sich ein Beamer (vgl. noch einmal

Abbildung 2.5), der die grafische Benutzeroberfläche auf die Rückseite der Plexiglasscheibe projiziert. Kamera und Beamer werden so justiert werden, dass die entsprechenden Koordinaten übereinander liegen.

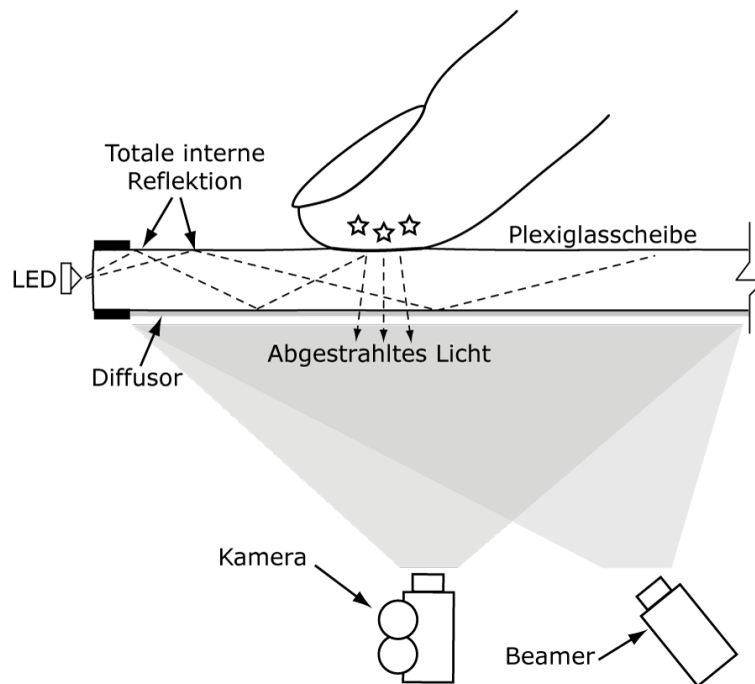


Abbildung 2.5: Schemata der Funktionsweise von FTIR⁵

Als Nachteile der Frustrated Total Internal Reflection ist zu bewerten, dass keine Eingaben durch Stifte möglich sind, und dass keine Informationen über die Stärke des Drucks übertragen werden (siehe [Han2005, 1]). Auch kann es durch Rückstände von Fingerabdrücken zu Fehleingaben kommen; dieses Problem lässt sich allerdings nach neueren Forschungsergebnissen durch den Einsatz von IR-LEDs mit verschiedenen Wellenlängen minimieren (siehe [Trüm2007, 2]).



Abbildung 2.6: Bild der Kamera bei unterschiedlicher Druckstärke⁶

⁵ Quelle: in Anlehnung an [Han2005, 1]

⁶ Quelle: [SGHB2007, 206]

2.3.2 DiamondTouch

Der *DiamondTouch* wird in die Kategorie der kapazitiven Sensorik eingeordnet (siehe [Trüm2007, 3]); er kann als einziges System bei der Eingabe verschiedene Benutzer unterscheiden. Um die Position der Finger bei der Eingabe zu bestimmen, wird jeder Teil der DiamondTouch-Oberfläche mit einem eindeutigen elektrischen Signal versorgt. Wenn ein Benutzer die Oberfläche berührt, wird wie in Abbildung 2.7 dargestellt ein Stromkreis über den Stuhl oder über eine Bodenplatte geschlossen, auf dem bzw. auf der sich der Benutzer befindet. Receiver, die in den Stromkreis eingebunden und jeweils einem Benutzer zugeordnet sind, können über das Signal und den Stuhl bzw. die Bodenplatte genau lokalisieren, an welcher Position „ihr“ Benutzer die Oberfläche berührt hat. Diese Information geben die Receiver an das angeschlossene Computersystem weiter (siehe [DiLe2001, 220]).

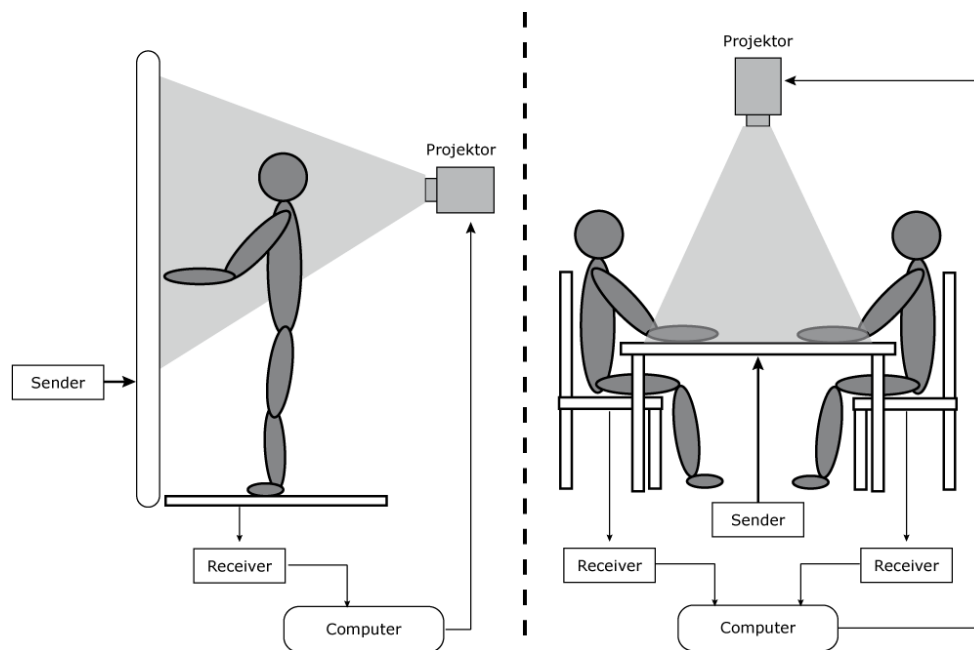


Abbildung 2.7: Schemata des DiamondTouch⁷

Für eine fehlerfreie Funktion des DiamondTouch müssen die Benutzer isoliert voneinander agieren; berühren sich Benutzer, kann das System nicht mehr unterscheiden, welcher von ihnen den entsprechenden Punkt auf der Oberfläche berührt hat. Ein gra-

⁷ Quelle: in Anlehnung an [DiLe2001, 220]

vierenderer Nachteil ergibt sich für das System außerdem dadurch, dass schon bei der Entwicklung entsprechender Anwendungen jeweils festgelegt werden muss, wie viele Benutzer später gleichzeitig mit der Anwendung interagieren können. Dies ist notwendig, weil die Unterscheidung der Benutzer softwareseitig implementiert werden muss. Zudem befindet sich beim DiamondTouch – wie in Abbildung 2.7 skizziert – das Projektionsgerät bei horizontalem Einsatz über bzw. bei vertikalem Einsatz vor der Oberfläche. Die Benutzer verdecken deshalb mit ihren Händen oder ihrem Körper stellenweise das Bild der Oberfläche.

2.3.3 SmartSkin

Eine weitere Möglichkeit zur Umsetzung von Multi-Touch, die von Trümper ebenfalls in die Kategorie der kapazitiven Sensorik eingeordnet wird (siehe [Trüm2007, 3]), ist das *SmartSkin*. Die Technik findet im *iPhone* und im *iPod Touch* von *Apple* bereits Einsatz in der Praxis (siehe [Applo]).

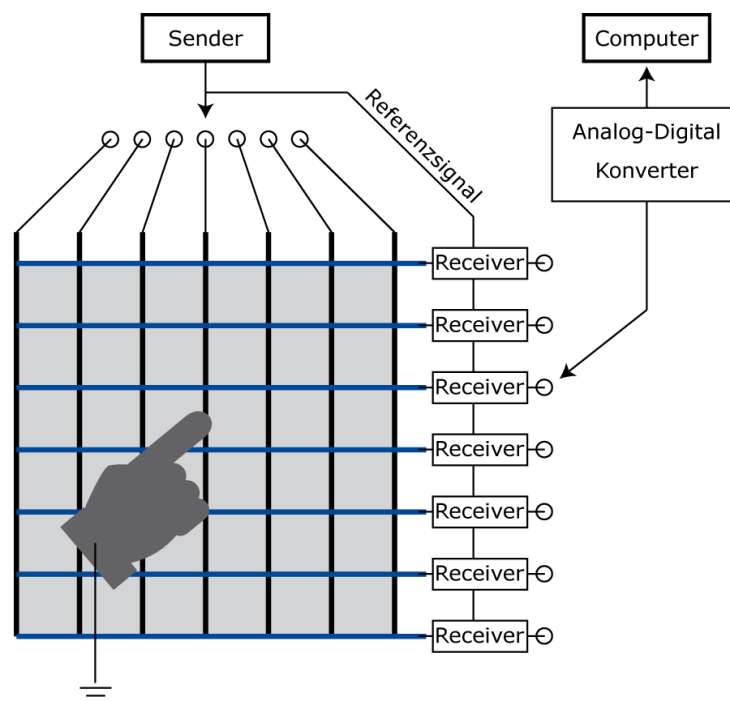


Abbildung 2.8: Skizze der SmartSkin-Technologie⁸

⁸ Quelle: in Anlehnung an [Reki2002, 114]

Technisch ähnelt die SmartSkin-Technik dem DiamondTouch; sie kann aber nicht verschiedene Benutzer identifizieren. Um die Berührungspunkte des Benutzers zu lokalisieren, verlaufen in der Oberfläche vertikal Signalsender und horizontal Empfänger (siehe Abbildung 2.8). Wenn die Oberfläche nicht berührt wird, ist die kapazitive Kopplung an diesen Stellen zwischen Sender und Empfänger hoch. Durch die Erdung des Benutzers sinkt bei Berührung der Oberfläche die Spannung an der entsprechenden Stelle ab. Dieser Spannungsabfall wird von dem System als Eingabe interpretiert; die Genauigkeit liegt dabei für eine 10x10 cm große Oberfläche bei einem Zentimeter.

Ein Vorteil der Technik ist darin zu sehen, dass durch die Verwendung bestimmter Werkstoffe Sender und Empfänger durchsichtig gestaltet und dann vor die Displays gesetzt werden können, wodurch eine bessere Bildqualität entsteht. Außerdem kann durch die SmartSkin-Technik Multi-Touch – wie beim *iPhone* umgesetzt – bei mobilen Geräten eingesetzt werden (siehe [Trüm2007, 3f]).

2.4 Vor- und Nachteile bei der Befehlseingabe

Die Bedienung von grafischen Benutzeroberflächen (Graphical User Interface – GUI) von Computersystemen erfolgt bei klassischen Systemen unimanuell, d. h., es wird jeweils nur ein Punkt ausgewählt. Forlines et al. (siehe [FWSB2007, 650f]) stellen fest, dass die direkte Eingabe über ein Multi-Touch-System, die überwiegend direkt mit den Fingern erfolgt, doppelt so viele Eingabefehler erzeugt wie die indirekte Eingabe mit einer Maus. Dies liegt u.a. daran, dass der Benutzer bei Multi-Touch-Systemen, die eine Frontprojektion besitzen, beim Berühren eines Punktes das Bild der Projektion verdeckt. Eine weitere Ursache ist, dass die Finger beim Berühren der Oberfläche grundsätzlich mehr Koordinaten auswählen als eine Maus. Auch verschiedene Aktionen wie beispielsweise *Drag&Drop*-Aktionen sind mit einem Finger ineffizienter durchzuführen als mit einer Maus.

Andere Ergebnisse ergeben sich für die bimanuelle Eingabe, da sie es erlaubt, Aufgaben auch parallel auszuführen (siehe [Mosc2006, 16]). Sie ist grundsätzlich effektiver als die einhändige Eingabe (siehe [FWSB2007, 654]); die benötigte Zeit für die Lösung von Aufgaben wie Bildlauf und allgemein die Steuerung einer GUI kann reduziert werden (siehe [BuMy1986, 325f]). Dies ergibt sich nach Hinckley et al. (siehe

[HPPP1997, 27ff]) nicht nur durch die parallele Bewegung der Hände, sondern auch durch eine geänderte Denkweise des Benutzers.

Die bimanuelle Eingabe kann analog zur unimanuellen Eingabe direkt oder indirekt ausgeführt werden. In einem Versuchsaufbau mit einer Eingabe über zwei Mäuse wurde festgestellt, dass sich die direkte, bimanuelle Eingabe mit zwei Händen deutlich effektiver gestaltet als die indirekte Eingabe (siehe [FWSB2007, 655]). Die Auswahl eines Punktes mit einer von der linken Hand bedienten Maus (bei einem Rechtshänder) führt zu Verzögerungen, die durch die wenige Übung der linken Hand entstehen. Da Menschen mit ihren beiden Händen im Alltag regelmäßig im Zusammenspiel agieren, ist eine direkte Eingabe auf einer Oberfläche entsprechend ohne Hindernisse und zusätzlicher Übung möglich.

3 Class, Responsibility and Collaboration Cards

Class, Responsibility and Collaboration (CRC) Cards ist eine 1989 von Beck und Cunningham (siehe [BeCu1989, 1ff]) vorgestellte Methode, mit der sowohl Neulingen als auch erfahrenen Programmierern sowie auch Benutzern eine jeweils geeignete Perspektive auf ein objektorientiertes Design geboten werden kann; dadurch können sich alle relevanten Gruppen an der objektorientierten Analyse beteiligen und erhalten ein einheitliches Verständnis über ein objektorientiertes Entwicklungsprojekt.

Die Grundidee der Methode ist sehr einfach: Die relevanten Informationen eines Objektdesigns werden auf einfache Karteikarten geschrieben, die geeignet an eine Wand geheftet bzw. auf einer Schreibtischoberfläche platziert werden.

Ein großer Vorteil der CRC Card-Methode ist darin gesehen, dass auch Personen mit wenig Verständnis für die Objektorientierung in das Objekt design eingebunden werden können; dadurch gehen nicht u.U. wichtige Ideen solcher Personen verloren (siehe [BeCu1989, 5]). Zudem entstehen über die Personalkosten hinaus keine größeren Kosten, da entsprechende Karteikarten sind allgemein verfügbar sind.

Im Folgenden werden der Aufbau der CRC Cards sowie die beteiligten Personengruppe vorgestellt.

3.1 Der Aufbau der CRC Cards

Eine CRC Card wird in drei Bereiche aufgeteilt (vgl. Abbildung 3.1): Im oberen Bereich wird der Name einer Klasse notiert, der zugleich den Titel der Karte darstellt. Bei Erweiterungen der CRC Cards-Methode werden, wie z.B. Wilkinson ausführt (siehe [Wilk1995, 63-68]), auch die übergeordneten Klassen (*Superclass*) in der Titelzeile vermerkt.

Im unteren Bereich werden einerseits die *Responsibilities* und andererseits die *Collaborators* aufgelistet: Die Responsibilities beschreiben die Aufgaben und Eigenschaften der jeweiligen Klasse. Sie zeigen, welche Dienste die Klasse anderen Klassen anbietet. Durch das Notieren der Responsibilities können im Designprozess Probleme identifiziert werden, die dann bei der Umsetzung durch entsprechenden Programmcode gelöst werden bzw. gelöst werden müssen.

| | |
|------------------------|---------------|
| Name der Klasse | |
| subclasses | |
| superclasses | |
| | |
| | |
| responsibilities | collaborators |
| | |
| | |
| | |
| | |

Abbildung 3.1: Aufbau der CRC Card⁹

Collaborators sind Klassen, die meist vor- oder nachgelagerte Schritte eines Prozesses abbilden; sie bieten dazu entsprechende Informationen an oder übernehmen einen Teil der Verantwortlichkeiten der durch die CRC Card abgebildeten Klasse (siehe [Börs2005, 357]).

⁹ Quelle: in Anlehnung an [Wilk1995, 32]

Wenn die Karteikarten an eine Pinnwand geheftet werden, können zusätzlich verbindende Linien zwischen den Karteikarten, die die einzelnen Klassen symbolisieren, eingezeichnet werden, um die Abhängigkeiten und Verbindungen zwischen ihnen hervorzuheben.

3.2 Die Analysegruppe

Um eine Analyse des objektorientierten Designs mit Hilfe der CRC Cards-Methode erfolgreich durchzuführen, sind verschiedene Kriterien für die Analysegruppe zu berücksichtigen. Wie Wilkinson ausführt (siehe [Wilk1995, 42]), müssen die Gruppengröße, die Teilnehmer und die Gruppendynamik betrachtet werden.

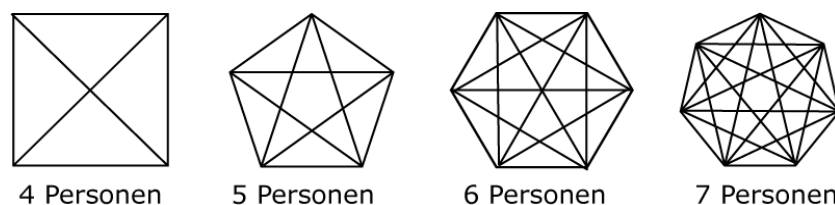


Abbildung 3.2: Anzahl der Kommunikationswege in Abhängigkeit der Gruppengröße¹⁰

Die ideale Gruppengröße für die Anwendung der Methode liegt nach Bröstler bei vier bis sechs (siehe [Börs2005, 357]) und nach Wilkinson bei fünf oder sechs Teilnehmern (siehe [Wilk1995, 42]). Bei mehr als sechs Teilnehmern ergeben sich nach ihren Aussagen Probleme mit den unterschiedlichen Sichtweisen. Auch werden die Teilnehmer bei solchen Gruppengrößen schneller unaufmerksam und es wird eine größere Anzahl an Nebengespräche geführt (siehe [Wilk1995, 42]). Wie Abbildung 3.2 symbolisiert, steigt außerdem mit der Teilnehmerzahl die Anzahl der Kommunikationswege.

Die aktiven Teilnehmer bei der Nutzung der CRC Card-Methode teilt Wilkinson in drei Gruppen ein, die *Domain Experts*, die *Object-Oriented Technology Facilitators* und die *Managers* (siehe [Wilk1995, 44]). Außerdem werden mit den Protokollanten (Scribe) und Beobachtern (Observers) zwei Arten passiver Teilnehmer unterschieden (siehe [Rubi1998, 6f]).

¹⁰ Quelle: in Anlehnung an [Rubi1998, 5]

Die Domain Experts liefern die wichtigsten Beiträge. Sie wissen, welche Funktionen das System besitzen und welche Probleme es lösen soll. Die Managers hingegen haben ihren Schwerpunkt allgemein im Bereich der Objektorientierung. Sie besitzen ein tiefes Verständnis über die CRC-Methode sowie über objektorientierte Modellierungsprozesse und Methoden (siehe [Rubi1998, 6]). Faciliators schließlich leiten die CRC-Sitzung. Sie besitzen in der Gruppe die besten Kenntnisse über objektorientierte Modellierungsprozesse und Methoden. Sie können auch von „außerhalb“ kommen, sind in jedem Fall nicht in vorausgegangene gruppendedynamische Prozesse eingebunden gewesen und können nicht zuletzt deshalb leichter alle Gruppenmitglieder zur produktiven Mitarbeit motivieren.

Auf Seiten der passiven Mitglieder haben die Protokollanten die Aufgabe, aufmerksam zuzuhören und alles zu dokumentieren, was nicht auf den CRC Cards niedergeschrieben wird. Beobachter sind Personen, die später das System auch nutzen werden. Sie sollen sich nicht aktiv am Designprozess beteiligen, was die Faciliators gewährleisten müssen.

4 Einsatz von Multi-Touch bei der CRC Card-Methode

Die CRC Card-Methode wird grundsätzlich ohne Computerunterstützung durchgeführt. Die Teilnehmer der Methode hantieren mit den CRC Cards als physische Objekte. Sie können sie mit Stiften beschreiben, mit ihren Händen drehen und bewegen sowie an einer Wand oder auf einer Tischoberfläche positionieren.

Im Folgenden wird untersucht, wie eine Übertragung der Methode auf ein Multi-Touch-System erfolgen kann. Dazu wird zunächst gezeigt, wie der Benutzer mit den verschiedenen Objekten agieren kann. Im nächsten Schritt wird erläutert, wie die Ausgabe der unterschiedlichen Varianten gestaltbar ist. Schließlich wird darauf eingegangen, wie und auf welche Weise mehrere Personen an dem gleichen System zusammenarbeiten sowie welche Schnittstellen zur Weiterverarbeitung realisiert werden können.

4.1 Ein- und Ausgabe

Durch die Multi-Touch Technologie wird es den Benutzern ermöglicht die CRC Card-Methode auf die gleiche Art und Weise anzuwenden, wie sie klassischerweise ausge-

führt wird. Als großflächige Wand oder als Tischoberfläche bietet Multi-Touch in der Darstellung die gleichen Möglichkeiten. Terrenghi et al. (siehe [TKSI2007, 1160]) zeigen, dass ein großer Teil von Benutzern bei bimanuellen Eingaben an digitalen Geräten im Gegensatz zu physischen Aktionen die Eingabe nur einhändig vollziehen. Dem gegenüber steht jedoch die oben angesprochene Studie von Forlines et al. [FWSB2007, 654], dass eine zweihändige Eingabe eine bessere Performance bietet. Daraus kann geschlossen werden, dass Benutzer im Umgang mit der Multi-Touch-Technologie erst lernen müssen, beidhändig und mit mehreren Fingern zu agieren, um dann aber gegenüber der klassischen CRC Card-Methode durch die Verwendung digitaler Daten eine bessere Performance zu erzielen.

Zur Beschriftung der in der CRC Card-Methode verwendeten Karteikarten muss ein Multi-Touch-System die Texteingabe ermöglichen. Da bei Multi-Touch keine Hardware-Tastatur vorgesehen ist, muss ein anderer Weg der Texteingabe gefunden werden. Möglich ist die Eingabe durch eine virtuelle Tastatur auf dem Display oder durch Spracheingabe.

Bei der Eingabe durch eine virtuelle Tastatur tippt der Benutzer mit seinen Fingern auf Tasten, die auf der Oberfläche des Systems angezeigt werden. Zuvor muss ausgewählt werden, an welche Stelle der eingegebene Text eingefügt werden soll. In einem Langzeittest eines Multi-Touch-Systems über dreizehn Monate haben Wigdor et al. (siehe [WPRE2007, 63]) festgestellt, dass die Eingabe von Text auf einer virtuellen Tastatur gegenüber einer externen Tastatur keine Einschränkungen mit sich bringt.

Bei der Spracheingabe wird der gesprochene Text in die entsprechenden Buchstaben und Zeichen umgewandelt. Dies hat den Vorteil, dass parallel zu der Texteingabe weitere Eingaben getätigt oder auch die Befehlseingabe von Sprache und Fingern kombiniert werden können (siehe [TsGS2006, 76ff]). Nachteilig ist, dass bei einer lauten Umwelt die Texteingabe fehlerhaft sein kann.

Um gesteuert durch die Eingaben des Benutzers eine Interaktion aufzubauen, muss das Multi-Touch-System eine Reaktion auf die Eingaben ausgeben. Dies kann auf unterschiedlichen Wegen geschehen: Primär nutzen Multi-Touch-Systeme die grafische Ausgabe, ohne die eine direkte Eingabe nicht möglich wäre, da der Benutzer sonst keine Orientierung hätte, wo er bestimmte Objekte auswählen kann. Neben der grafischen

Ausgabe können aber auch akustische Signale dem Benutzer ein Feedback auf seine Eingaben geben.

In Abhängigkeit von der Größe des Displays, der Auflösung und Lichtstärke des Beamer oder dem finanziellen Aspekt lassen sich Multi-Touch-Systeme beliebig skalieren. Die Größe geht von mobilen Geräten, wie Apples iPhone mit 3,5 Zoll Bilddiagonale (siehe [Applo]) über Tischoberflächen, wie Microsofts Surface mit 30 Zoll (siehe [Mircr2007]) bis hin zu wandfüllenden, sechzehn mal acht Fuß großen Display-Wänden, wie die *Interaction Wall* von *Opuscula* und *Hewlett Packard* (siehe [Obsc2007]). Für die unterschiedlichen Anwendungsgebiete ist eine entsprechende Größe auszuwählen.

Eine große Wand bietet sich für die CRC Card-Methode am ehesten an. Für die Visualisierung einer aufwendigen Objektstruktur wird viel Platz benötigt, um die einzelnen Karteikarten zu platzieren. Wie bei der klassischen CRC Card-Methoden können bei einer wandfüllenden Displayoberfläche viele Karten positioniert und auch optisch in Gruppen zusammengefasst werden. Durch die Ähnlichkeit zu der klassischen Methode kann auch die angesprochene Eingewöhnungsphase verkürzt werden, weil die Analogie zwischen klassischer und digitaler Ausführung dem Benutzer das Umdenken vereinfacht und die Interaktion beschleunigt. Da in den Analyseprozess der CRC Card-Methode mehrere Personen eingebunden sind, bietet eine große Interaktions- und Ausgabefläche darüber hinaus einen besseren Überblick für alle Beteiligten. Auf kleineren Displays wird schnell der Blick für einzelne Personen verdeckt, was ihre Mitarbeit an dem gemeinsamen Projekt einschränkt.

Akustische Signale können insbesondere genutzt werden, bei Fehlern in der Syntax oder der Semantik sowie beim Verletzen vorher festgelegter Restriktionen die Benutzer auf diese Fehler hinzuweisen. Im Gegensatz zu der klassischen CRC Card-Methode können die Benutzer dadurch schon im Analyseprozess auf mögliche Fehler aufmerksam gemacht werden, was spätere Anpassungen und Verbesserungen vermeidet und so damit Kosten einspart.

4.2 Multi-User-Betrieb

Bei der CRC Card-Methode sind wie angesprochen mehrere Personen in den Analyseprozess eingebunden. Im Folgenden wird beschrieben, wie die Multi-Touch Technolo-

gie ein gemeinsames Arbeiten an den CRC Cards ermöglicht, wie die Benutzer ihren Arbeitsbereich untereinander aufteilen können und welche Möglichkeiten der Kooperation untereinander bestehen.

Behinderungen können aber auch inhaltlich entstehen, wenn mehrere Benutzer an den gleichen Objekten bzw. bei der CRC Card-Methode an den gleichen Klassen arbeiten müssen. Um dies zu vermeiden, können entsprechende Objekte als privat gekennzeichnet werden. Ringel et al. (siehe [RRSF2004, 1441f]) stellen vier Interaktionstechniken vor, wie Benutzer bei einem Multi-Touch-System Objekte als privat oder öffentlich kennzeichnen können (vgl. Abbildung 4.1).

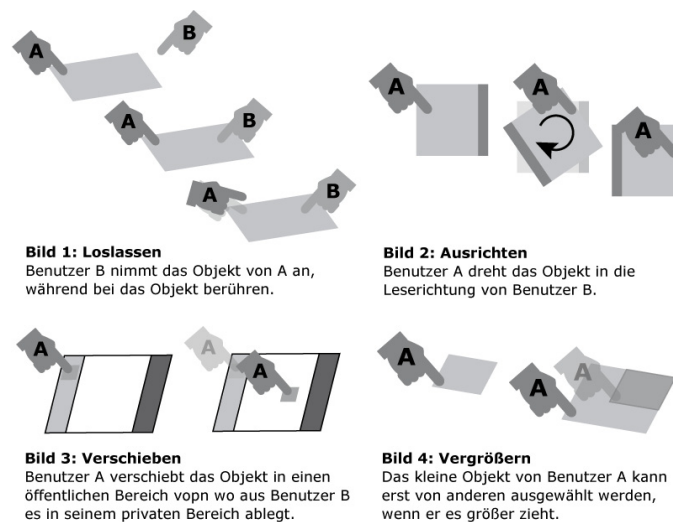


Abbildung 4.1: Interaktionstechniken in der Zusammenarbeit von Benutzern¹¹

Die Multi-Touch Technologie ermöglicht es nicht nur, dass ein Benutzer mit mehreren Fingern Eingaben tätigt. Es können auch mehrere Personen parallel auf derselben Oberfläche agieren. Wie oben beschrieben, besteht bei einigen Technologien zur Realisierung von Multi-Touch auch die Möglichkeit zu unterscheiden, welcher Benutzer die jeweilige Eingabe getätigt hat. Über diese Funktion könnte bei der CRC Card-Methode dem Benutzer, der eine Klasse in der Analyse erstellt, auch direkt die Verantwortlichkeit für diesen Bereich zugeteilt werden. Auch hierbei ist die Analogie zur klassischen CRC Card-Methode zu erwähnen, da entsprechend der klassischen Ausführung der

¹¹ Quelle: in Anlehnung an [RRSF2004, 1442]

Methode bei Multi-Touch die Teilnehmer parallel agieren können, was den Analyseprozess fördert.

Wenn mehrere Benutzer an einem System zeitgleich zusammenarbeiten, muss beachtet werden, wie diese miteinander kooperieren können, ohne sich gegenseitig zu behindern. Solche Behinderungen können physischer Natur sein, indem die Benutzer an der gleichen Stelle oder auf einem kleinen Raum agieren müssen. Solche Probleme können durch ein großes Display sowie dadurch ausgeräumt werden, dass Objekte auf dem Display verschoben werden können. Eine weitere Möglichkeit, Behinderungen zu vermeiden, besteht darin, jedem Benutzer eigene Steuerelemente zur Verfügung zu stellen. Dies wird auch von einem Großteil der Benutzer vor zentralen Steuerelementen bevorzugt (siehe [RPWS2006, 1277]).

Mit den Techniken kann eine klare Abgrenzung zwischen den Arbeitsplätzen der einzelnen Benutzer realisiert werden. Die explizite Zuordnung der Zugehörigkeiten ermöglicht in der Analysephase eine Aufgabenteilung: Verschiedene Kleingruppen können sich jeweils mit einem Teilsystem des Softwareprojektes im Detail beschäftigen, ohne berücksichtigen zu müssen, dass andere Gruppen an den gleichen Klassen arbeiten. Nach Abschluss des Arbeitsschrittes können die Klassen durch die vorgestellten Techniken öffentlich gemacht werden, um anderen Kleingruppen den Zugriff zu ermöglichen.



Abbildung 4.2: Prototyp des Keep in Touch¹²

Die Zusammenarbeit bei der Analyse auf Basis der CRC Card-Methode ist auf einen Ort begrenzt. Durch die Übertragung auf ein Multi-Touch-System besteht die Möglichkeit, dass die Teilnehmer der Analyse sich nicht an einem Ort befinden müssen. Dazu werden die Daten über ein Netz wie das Internet zwischen den Multi-Touch-

¹² Quelle: [Mota2007, 21]

Systemen der Benutzer synchronisiert, die an der Analyse mitarbeiten. Die Zusammenarbeit würde analog zu der skizzierten lokalen Kooperation ablaufen. Mit der Unterstützung weiterer Technologien, wie der *Keep in Touch* (siehe [Mota2007, 21f]), kann ein zeitgleich agierender Benutzer an einem anderen Standort sogar mit einer Silhouette dargestellt werden. Dadurch sieht jeder Benutzer an jedem Standort, an welcher Position gerade gearbeitet wird. Zusätzlich kann mithilfe von *Voice over IP* die Möglichkeit geschaffen werden, sich über Sprachkommunikation auszutauschen und Probleme und Ideen zu diskutieren.

4.3 Vorteile der Unterstützung der CRC Card-Methode durch Multi-Touch

In den vorherigen Abschnitten wurde aufgezeigt, wie die klassische CRC Card-Methode grundsätzlich auf ein Multi-Touch-System übertragen werden kann. Im Folgenden wird skizziert, wie Multi-Touch als ein digitales Computersystem einen weiten Mehrwert gegenüber dem manuellen Einsatz der Methode bietet.

Wie oben beschrieben, werden bei der CRC Card-Methode Karteikarten benutzt, die jeweils eine Klasse mit ihren Aufgaben und Abhängigkeiten repräsentieren. Die Informationen zu den Klassen werden mit einem Stift auf die Karteikarten geschrieben. Weitere Informationen können ergänzt werden, allerdings begrenzt durch den Platz auf den Karteikarten. Nachträgliche Änderungen und Korrekturen können i.d.R. nicht durchgeführt werden, ohne dass die Übersichtlichkeit darunter leidet. Diese Einschränkungen fallen durch den Einsatz eines Computersystems grundsätzlich weg; entsprechende Funktionen sind durch die CRC-Card-Software einfach realisierbar. Gleiches gilt für die Veränderung der Größe, Form und/oder Farbe. Schließlich können zur Verbesserung der Übersichtlichkeit die Karten auch zu Gruppen zusammengefasst oder Aufgabengebieten zugeordnet werden.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil ergibt sich durch die Speicherfunktionen von Computersystemen. Im Gegensatz zum manuellen Einsatz der CRC Card-Methode kann mit den Funktionen der aktuelle Zustand sowie Zwischenschritte gespeichert und jederzeit wieder aufgerufen werden; insbesondere kann das Analysemodell auf einen alten Zustand zurückgesetzt werden. Auch der „Transport“ eines Objektdesigns ist natürlich problemlos möglich; beim manuellen Einsatz der Methode können zwar die

Karteikarten transportiert werden, die Verbindungen sowie die Sortierung und Anordnung würden dabei aber verloren gehen bzw. könnten nur z.B. durch Fotos aufgezeichnet und dann relativ aufwändig rekonstruiert werden. Noch aufwändiger ist - im Gegensatz zum Kopieren und Übersenden der digital gespeicherten Daten - die Vervielfältigung des Designs zur Verteilung an verschiedene Orte oder Personen. Die Multi-Touch-Oberfläche kann zudem auch für andere Zwecke oder für andere Analysen genutzt werden, wenn das Analyseteam nicht am Objektdesign arbeitet. Der Wiederverwendung von Teilen eines Designs steht ebenfalls Nichts im Wege.

Schließlich können die Daten, in denen ein Objektdesign gespeichert wird, von anderen Softwaresystemen weiterverarbeitet werden. Beispielsweise kann die CRC Card-Software über Export-Filter die Klassenstruktur direkt in eine Entwicklungsumgebung transferieren oder auch eine Konvertierung in andere Darstellung wie die Modellierungssprache *Unified Modelling Language* (UML) durchführen.

5 Fazit

„It is just this problem-integrating the cards with larger design methodologies and with particular language environments, that we feel holds the most promise for the future. The need to retain the value of physical interaction points to the need for a new kind of user interface and programming environment as far beyond what we have today as our current systems are beyond the tool-oriented environments of the past.“
[BeCu1989, 5]

Der Beitrag konnte aufzeigen, dass die Multi-Touch-Technologie mit entsprechender Software zweifelsohne das Potenzial besitzt, das von Beck und Cunningham geforderte User Interface zu realisieren und die CRC Card-Methode ohne Einschränkungen der Bedienbarkeit auf ein Computersystem zu übertragen. Zudem ergibt sich durch die digitale Speicherung des Objektdesigns ein wesentlicher Mehrwert, durch den der Analyseprozess vereinfacht und flexibler gestaltet werden kann.

Am Beispiel der CRC Card-Methode konnte auch gezeigt werden, dass mithilfe der Multi-Touch Technologie Aufgaben, die bimanuell ausgeführt werden, mit einer besseren Performance durchgeführt werden können. Analog zur CRC Card-Methode kann auf Basis entsprechender Softwaresysteme Multi-Touch für weitere grafische Modellierungsansätze wie *UML*, das *Entity-Relationship-Modell*, *Geschäftsprozessmodelle*, *Wert-*

schöpfungskettendiagramme oder *Organigramme* nutzbar gemacht werden. Angesichts der stetigen Verbesserung der Technologie und des Preisverfalls kann Multi-Touch deshalb in der Zukunft eine breite Anwendung finden.

6 Literatur

- [Applo] Apple Inc.: **Technical Specifications**. <http://www.apple.com/iphone/specs.html>, Abruf am 2007-12-10.
- [BeCu1989] Beck, Kent; Cunningham, Ward: **A laboratory for teaching object oriented thinking**. ACM, New York, 1989.
- [Börs2005] Börstler, Jürgen: **Improving CRC-Card role-play with role-play diagrams**. In: Conference on Object Oriented Programming Systems Languages and Applications. ACM, San Diego, 2005, S. 356 – 364.
- [BuMy1986] Buxton, William; Myers, Brad A.: **A study in two-handed input**. In: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems. ACM, Boston, 1986. S. 312 – 326.
- [Buxt2007] Buxton, Bill: **Multi-Touch-Systems that I Have Known and Loved**. <http://www.billbuxton.com/multitouchOverview.html>, 2007, Abruf am 2007-12-01.
- [DiLe2001] Dietz, Paul; Leigh, Darren: **DiamondTouch: a multi-user touch technology**. In: Proceedings of the 14th annual ACM symposium on User interface software and technology. ACM, Orlando, 2001, S. 219 – 226.
- [EsRy2006] Esenther, Alan; Ryall, Kathy: **Fluid DTMouse: better mouse support for touch-based interactions**. In: Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces. ACM, Venezia, 2006, S. 112 – 115.
- [FWSB2007] Forlines, Clifton; Wigdor, Daniel; Shen, Chia; Balakrishnan, Ravin: **Direct-Touch vs. Mouse Input for Tabletop Displays**. In: Konferenz on Human Factors in Computing System. ACM, San Jose, 2007, S. 647 – 656.

- [Han2005] Han, Jefferson Y: **Multi-Touch sensing through frustrated total internal reflection**. In: ACM SIGGRAPH 2005 Sketches. ACM, Los Angeles, 2005, o. S.
- [HPPP1997] Hinckley, Ken; Pausch, Randy; Proffitt, Dennis; Patten, James; Kassell, Neal: **Cooperative bimanual action**. In: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems. ACM, Atlanta, 1997, S. 27 – 34.
- [KPKL2007] Kim, Jangwoon; Park, Jaewan; Kim, HyungKwan; Lee, Chilwoo: **HCI (Human Computer Interaction) Using Multi-Touch Tabletop Display**. In: Communications, Computer and Signal Processing, IEEE, Victoria, 2007, S. 391 – 394.
- [Micr2007] Microsoft Cooperation: **Microsoft Surface**. <http://www.microsoft.com/surface/>, 2007, Abruf am 2007-12-10.
- [Mosc2006] Moscovich, Tomer: **Multi-touch interaction**. In: CHI '06 extended abstracts on Human factors in computing systems. ACM, Montréal, 2006, S. 1775 – 1778.
- [Mota2007] Motamedi, Nima: **Keep in touch: a tactile-vision intimate interface**. In: Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction. ACM, Baton Rouge, 2007, S. 21 – 22.
- [Obsc2007] Obscura Digital Inc.: **HP - D5 Conference 2007**. <http://www.obscuradigital.com>, 2007, Abruf am 2007-12-27.
- [RPWS2006] Ringel Morris, Meredith; Paepcke, Andreas; Winnograd, Terry; Stamberger, Jeannie: **Team Tag: exploring centralized versus replicated controls for co-located tabletop groupware**. In: Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems. ACM, Montréal, 2006, S. 1273 – 1282.
- [RRSF2004] Ringel, Meredith; Ryall, Kathy; Shen, Chia; Forlines, Clifton; Vernier, Frederic: **Release, relocate, reorient, resitze: fluid techniques for document sharing on multi-user interactive tables**. In: CHI '04 extended abstracts on Human factors in computer systems. ACM, Wien, 2004, S. 1441 – 1444.

- [Reki2002] Rekimoto, Jun: **SmartSkin: an infrastructure for freehand manipulation on interactive surfaces**. In: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: Changing our world, changing ourselves. ACM, New York, 2002, S. 113 – 120.
- [Rubi1998] Rubin, David M.: **Softstar Research**. <http://www.softstar-inc.com/Download/Intro%20to%20CRC.pdf>, 1998, Abruf am 2007-10-12.
- [SGHB2007] Smith, J. David; Graham, T. C. Nicholas; Holman, David; Borchers, Jan: **Low-Cost Malleable Surface with Multi-Touch Pressure Sensitivity**. In: Horizontal Interactive Human-Computer Systems, 2007. TABLETOP '07. Second Annual IEEE International Workshop. IEEE, 2007, S. 205 – 208.
- [TKSI2007] Terrenghi, Lucia; Kirk, David; Sellen, Abigail; Izadi, Shahram: **Affordances for manipulation of physical versus digital media on interactive surfaces**. In: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems. ACM, San Jose, 2007, S. 1157 – 1166.
- [Trüm2007] Trümper, Jonas: **Multi-Touch-Systeme und interaktive Oberflächen** im Seminar Human-Computer Interaction im SS 2007 an der TU Berlin. 2007.
- [TsGS2006] Tse, Edward; Greenberg, Saul; Shen, Chia: **GSI Demo: multiuser gesture/speech interaction over digital tables by wrapping single user applications**. In: Proceedings of the 8th international conference on Multimodal interfaces. ACM, Banff, 2006, S. 76 – 83.
- [Wilk1995] Wilkinson, Nancy M.: **Using CRC Cards - An Informal Approach to Object-Oriented Development**. SIGs Books, New York, 1995.
- [WPRE2007] Wigdor, Daniel; Penn, Gerald; Ryall, Kathy; Esenther, Alan; Shen, Chia: **Living with a Tabletop: Analysis and Observation of Long Term Office Use of a Multi-Touch Table**. In: Horizontal Interactive Human-Computer Systems, 2007. TABLETOP'07. Second Annual IEEE International Workshop. IEEE, Newport, United States, 2007, S. 60 – 67.

Previously published ICB - Research Reports

2008

No 24 (August 2008)

Frank, Ulrich: *"The MEMO Meta Modelling Language (MML) and Language Architecture – Revised Version"*

No 23 (Januar 2008)

Sprenger, Jonas; Jung, Jürgen: *"Enterprise Modelling in the Context of Manufacturing – Outline of an Approach Supporting Production Planning"*

No 22 (Januar 2008)

Heymans, Patrick; Kang, Kyo-Chul; Metzger, Andreas, Pohl, Klaus (Eds.): *"Second International Workshop on Variability Modelling of Software-intensive Systems"*

2007

No 21 (September 2007)

Eicker, Stefan; Annett Nagel; Peter M. Schuler: *"Flexibilität im Geschäftsprozessmanagement-Kreislauf"*

No 20 (August 2007)

Blau, Holger; Eicker, Stefan; Spies, Thorsten: *"Reifegradüberwachung von Software"*

No 19 (June 2007)

Schauer, Carola: *"Relevance and Success of IS Teaching and Research: An Analysis of the ‚Relevance Debate‘"*

No 18 (May 2007)

Schauer, Carola: *"Rekonstruktion der historischen Entwicklung der Wirtschaftsinformatik: Schritte der Institutionalisierung, Diskussion zum Status, Rahmenempfehlungen für die Lehre"*

No 17 (May 2007)

Schauer, Carola; Schmeing, Tobias: *"Development of IS Teaching in North-America: An Analysis of Model Curricula"*

No 16 (May 2007)

Müller-Clostermann, Bruno; Tilev, Milen: *"Using G/G/m-Models for Multi-Server and Mainframe Capacity Planning"*

No 15 (April 2007)

Heise, David; Schauer, Carola; Strecker, Stefan: *"Informationsquellen für IT-Professionals – Analyse und Bewertung der Fachpresse aus Sicht der Wirtschaftsinformatik"*

No 14 (March 2007)

Eicker, Stefan; Hegmanns, Christian; Malich, Stefan: "Auswahl von Bewertungsmethoden für Softwarearchitekturen"

No 13 (February 2007)

Eicker, Stefan; Spies, Thorsten; Kahl, Christian: "Softwarevisualisierung im Kontext serviceorientierter Architekturen"

No 12 (February 2007)

Brenner, Freimut: "Cumulative Measures of Absorbing Joint Markov Chains and an Application to Markovian Process Algebras"

No 11 (February 2007)

Kirchner, Lutz: "Entwurf einer Modellierungssprache zur Unterstützung der Aufgaben des IT-Managements – Grundlagen, Anforderungen und Metamodell"

No 10 (February 2007)

Schauer, Carola; Strecker, Stefan: "Vergleichende Literaturstudie aktueller einführender Lehrbücher der Wirtschaftsinformatik: Bezugsrahmen und Auswertung"

No 9 (February 2007)

Strecker, Stefan; Kuckertz, Andreas; Pawlowski, Jan M.: "Überlegungen zur Qualifizierung des wissenschaftlichen Nachwuchses: Ein Diskussionsbeitrag zur (kumulativen) Habilitation"

No 8 (February 2007)

Frank, Ulrich; Strecker, Stefan; Koch, Stefan: "Open Model - Ein Vorschlag für ein Forschungsprogramm der Wirtschaftsinformatik (Langfassung)"

2006

No 7 (December 2006)

Frank, Ulrich: "Towards a Pluralistic Conception of Research Methods in Information Systems Research"

No 6 (April 2006)

Frank, Ulrich: "Evaluation von Forschung und Lehre an Universitäten – Ein Diskussionsbeitrag"

No 5 (April 2006)

Jung, Jürgen: "Supply Chains in the Context of Resource Modelling"

No 4 (February 2006)

Lange, Carola: "Development and status of the Information Systems / Wirtschaftsinformatik discipline: An interpretive evaluation of interviews with renowned researchers, Part III – Results Wirtschaftsinformatik Discipline"

2005

No 3 (December 2005)

Lange, Carola: "Development and status of the Information Systems / Wirtschaftsinformatik discipline: An interpretive evaluation of interviews with renowned researchers, Part II – Results Information Systems Discipline"

No 2 (December 2005)

Lange, Carola: "Development and status of the Information Systems / Wirtschaftsinformatik discipline: An interpretive evaluation of interviews with renowned researchers, Part I – Research Objectives and Method"

No 1 (August 2005)

Lange, Carola: „Ein Bezugsrahmen zur Beschreibung von Forschungsgegenständen und -methoden in Wirtschaftsinformatik und Information Systems“

| Research Group | Core Research Topics |
|--|--|
| Prof. Dr. H. H. Adelsberger Information Systems for Production and Operations Management | E-Learning, Knowledge Management, Skill-Management, Simulation, Artificial Intelligence |
| Prof. Dr. P. Chamoni MIS and Management Science / Operations Research | Information Systems and Operations Research, Business Intelligence, Data Warehousing |
| Prof. Dr. F.-D. Dorloff Procurement, Logistics and Information Management | E-Business, E-Procurement, E-Government |
| Prof. Dr. K. Echte Dependability of Computing Systems | Dependability of Computing Systems |
| Prof. Dr. S. Eicker Information Systems and Software Engineering | Process Models, Software -Architectures |
| Prof. Dr. U. Frank Information Systems and Enterprise Modelling | Enterprise Modelling, Enterprise Application Integration, IT Management, Knowledge Management |
| Prof. Dr. M. Goedicke Specification of Software Systems | Distributed Systems, Software Components, CSCW |
| Prof. Dr. R. Jung Information Systems and Enterprise Communication Systems | Process, Data and Integration Management, Customer Relationship Management |
| Prof. Dr. T. Kollmann E-Business and E-Entrepreneurship | E-Business and Information Management, E-Entrepreneurship/ E-Venture, Virtual Marketplaces and Mobile Commerce, Online-Marketing |
| Prof. Dr. B. Müller-Clostermann Systems Modelling | Performance Evaluation of Computer and Communication Systems, Modelling and Simulation |
| Prof. Dr. K. Pohl Software Systems Engineering | Requirements Engineering, Software Quality Assurance, Software-Architectures, Evaluation of COTS/Open Source-Components |
| Prof. Dr.-Ing. E. Rathgeb Computer Networking Technology | Computer Networking Technology |
| Prof. Dr. A. Schmidt Pervasive Computing | Pervasive Computing, Ubiquitous Computing, Automotive User Interfaces, Novel Interaction Technologies, Context-Aware Computing |
| Prof. Dr. R. Unland Data Management Systems and Knowledge Representation | Data Management, Artificial Intelligence, Software Engineering, Internet Based Teaching |
| Prof. Dr. S. Zelewski Institute of Production and Industrial Information Management | Industrial Business Processes, Innovation Management, Information Management, Economic Analyses |