
A touch of future – Einsatzbereiche für Multi-Touch-Anwendungen

2

Joachim Machate, Anna Schäffler und Sigrid Ackermann

2.1 Einleitung

Von der Kalender-App auf dem Smartphone über den virtuellen Rezepte-Guide auf dem Tablet bis zum touch-sensitiven Laborbuch: Interaktive Anwendungen verändern unser Verhalten und unser Leben. In zahlreichen Bereichen eröffnen Multi-Touch-Anwendungen neue Möglichkeiten und Erlebniswelten.

Wer auf der Design Week 2012 in Mailand den „Club of the Future“ der niederländischen Brauerei Heineken besuchte, konnte beispielsweise schon einmal einen Blick darauf werfen, wie das Samstagabend-Programm der Zukunft aussehen könnte: Eine meterlange Multi-Touch-Bar lud mit einer grafischen Animation zur Interaktion ein und reagierte nicht nur auf Touch-Gesten der Bargäste, sondern auch auf Berührungen durch speziell gestaltete Heineken-Flaschen [76]. Sobald eine Flasche auf bestimmten Flächen der Bar platziert wurde, löste dies eine visuelle Kettenreaktion im Grafikmuster aus oder signalisierte eine neue Bestellung. Die Installation erfüllte so gleich drei Funktionen: Sie animierte Bargäste zur Interaktion (auch untereinander), gab Bestellinformationen an das Barpersonal weiter und sorgte während der Wartezeit mit spielerischen Interaktionen für Kurzweil [76, 80]. Die Grundidee ist nicht neu: Bereits 2006 entwickelte das Londoner Studio Mindstorm

J. Machate (✉)
Weinstadt-Endersbach, Deutschland
e-mail: jmachate@acm.org

A. Schäffler
Vaihingen an der Enz, Deutschland
e-mail: mail@helloanna.de

S. Ackermann
User Interface Design GmbH, Ludwigsburg, Deutschland
e-mail: sigrid.ackermann@uid.com

Multitouch Ltd. das Konzept „iBar“, mit dem sich jede Theke in eine interaktive Werbe- bzw. Spielfläche, Speisekarte oder künstlerische Installation mit Multi-Touch-Funktion verwandeln lässt [55].

Was noch vor einigen Jahren nach Zukunftsmusik klang, macht die Multi-Touch-Technologie der Gegenwart inzwischen längst möglich. Ob Restaurant- oder Messebesuch, interaktive Exponate, Maschinensteuerung oder Städteplanung – ob spielerisch oder aufgabenorientiert, mobil oder statisch: Multi-Touch-Anwendungen haben Freizeit- und Arbeitsräume erobert und bieten zahlreiche spannende Möglichkeiten für Visualisierung und Interaktion. Dieser Beitrag schafft einen Überblick über die Anwendungsbereiche, die bislang für den Einsatz von Multi-Touch erschlossen wurden und zeigt anhand zahlreicher Beispiele auf, welche vielfältigen und spannenden Möglichkeiten sich durch Multi-Touch eröffnen.

2.2 Überblick

Mit dem Finger über den Bildschirm wischen, Daumen und Zeigefinger in der sogenannten Pinch-Geste auseinanderziehen oder einfach mit dem Finger einen Screen an einem bestimmten Punkt berühren: Heutzutage sind dies etablierte Gesten im Umgang mit IT-basierten Produkten. Mit Wischbewegungen lassen sich Objekte verschieben oder Anwendungen ein- beziehungsweise ausblenden. User „blättern“ mittels Gesten in Medienverzeichnissen und -angeboten oder lassen sich per Zoom Details anzeigen, wie in Abb. 2.1 deutlich wird. Die beschriebenen Interaktionen zählen zum Standard-Repertoire aktueller Interaktionsmechanismen. In den meisten Kulturkreisen hat die Verwendung von Gesten längst Einzug gehalten im alltäglichen Umgang mit elektronischen Verbrauchsgütern – eine Erfolgsgeschichte in der Entwicklung des Mensch-Maschine-Dialogs. Diese ist vergleichbar mit dem Übergang von der auf Tastatureingabe beschränkten Interaktion zur direkten Manipulation mittels Maus oder anderer Zeigeinstrumente. Gesten im Umgang mit computerbasierten Systemen zu verwenden wird damit zur Selbstverständlichkeit. Mit jeder neuen Generation von Smartphones, Tablets oder Spielkonsolen ändern sich so die Erwartungen der Nutzer an die User Experience¹ künftiger Produkte. Neben den bekannten Usability-Kriterien und wachsenden Anforderungen an die visuelle Ästhetik tritt nun die Wahl des Interaktionsmediums mit in den Vordergrund bei der Gestaltung der User Experience.

¹ Der Begriff „User Experience“ beschreibt die umfassende Erfahrung und das Erlebnis eines Nutzers bei der Interaktion mit einem Produkt, einem Dienst oder einer Einrichtung und stellt damit inhaltlich eine Erweiterung des „Usability“-Begriffs dar [65].

Abb. 2.1 Touch-Geste zur Interaktion (COSALUX 2013)



2.2.1 Zurück in die Zukunft: Ein Blick auf die Entwicklung von Multi-Touch

Interaktion mit Gesten muss erlernt werden – ähnlich wie die Anwender bei der Einführung grafischer Benutzeroberflächen in den 80er-Jahren den Umgang mit dem Zeigegerät „Maus“ erlernen mussten. Durch die Beschränkung auf einige wenige, leicht erlernbare Gesten können Ausführung und Verwendung der Gesten schnell erfolgreich umgesetzt und wiederholt werden.

Die Geschichte Touch-basierter Anwendungen reicht zurück bis Mitte der 60er-Jahre [12]. In der breiten Öffentlichkeit gehören Touchscreens im Bereich Selbstbedienungsautomaten und Informationskioske seit vielen Jahren zum Alltag. Während hier die Gestik auf das Darauf-Zeigen und Antippen eines auf einem Bildschirm dargestellten Objektes beschränkt ist, bieten Multi-Touch-Anwendungen neue Formen der Interaktion. Diese ermöglichen in Analogie zur direkten Manipulation mittels Zeigeeinstrumenten (Maus, Trackball, etc.) eine direkte dynamische Rückkoppelung zwischen Bewegung und Objektveränderung. Multi-Touch bezeichnet die Fähigkeit eines berührungssensitiven Mediums, gleichzeitig an mehreren, mindestens zwei Positionen, Berührung wahrzunehmen. So bieten bereits Touchpads als Eingabemedium Interaktionen mittels zwei oder mehreren Fingern [21], die damit die beschränkten Zeige- und Bewegungsinteraktionen von herkömmlichen Computer-Mäusen erweitern. Typische Touchpad-Gesten sind das Scrolling mit einem oder mehreren Fingern als Ersatz für das Scrollen via Mausrad, aber auch das Pinching (Verkleinern) und Spreading (Vergrößern) als Zoom-Funktion oder Rotating mittels Daumen und Zeigefinger [84].

Mit der Einführung von Apples iPhone im Jahr 2007 und der darauf erfolgten kontinuierlichen Weiterentwicklung und Verbreitung von Smartphones ist die Nutzung von Touchscreens nicht nur im Bereich der Telekommunikation, IT und Consumer Electronic zu einer wahren Erfolgsgeschichte geworden. Mit dem Einsatz von Touchscreens verschwindet die Notwendigkeit, ein dediziertes Zeigeeinstrument zu nutzen. Die größer werdenden Oberflächen der Touchscreens erweitern Multi-Touch um Mehr-Finger-, Mehr-Hände- und

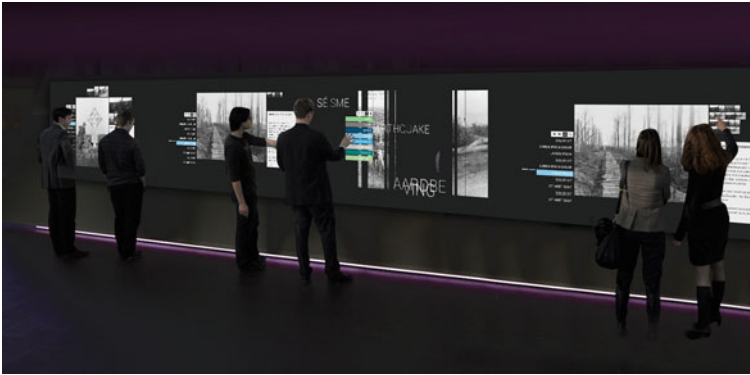


Abb. 2.2 Großflächige Wall-Anwendung durch Verbindung mehrerer Touchscreens (COSALUX 2013)

Mehr-User-Interaktion. So können Gesten aus unterschiedlichen Quellen parallel erkannt und interpretiert werden und das System ist in der Lage, mit entsprechenden Aktionen in Echtzeit auf die gestischen Interaktionen zu reagieren.

2.2.2 (Fast) unbegrenzte Möglichkeiten: Plattformen für Multi-Touch

Egal ob Smartphone-Apps, Tablet Computer, Notebooks, PCs für das Büro oder daheim, öffentliche Automaten oder Museumsinstallationen: Interaktionen via Berührung und Bewegung sind gefragt. Plattformen und Geräte, die das ermöglichen, hielten in den letzten Jahren Einzug in unterschiedlichste Lebensbereiche und eroberten Alltag und Arbeit. Mit den zur Verfügung stehenden Technologien, auf die Uwe Laufs und Christopher Ruff im Kapitel „Aufbau von Multi-Touch-Systemen“ in diesem Buch (siehe Abschn. 7.2) näher eingehen, sind auch den Größendimensionen von Multi-Touch-Anwendungen kaum mehr Grenzen gesetzt: Das Spektrum reicht vom handlichen Smartphone und Eingabegeräten, wie Touchpads, über Touch-Tables verschiedener Größenordnungen, bis zu überdimensionalen Touch-Walls. Letzteres erforscht die Queensland University of Technology (QUT) in Brisbane, Australien, mit „The Cube“ [72]. Hierbei handelt es sich um eine der weltweit größten Multi-Touch-Flächen, die zur interaktiven Erkundung wissenschaftlicher Themen und Forschungsprojekte animiert. 14 HD-Projektoren und über 40 Multi-Touch-Bildschirme erzeugen eine beeindruckende, interaktive Wandfläche und ein einzigartiges Erlebnis für die Besucher [72]. Ein spannendes Projekt dieser Größenordnung kündigt auch Bastian von Jazebowski, Projektmanager bei der Agentur COSALUX aus Offenbach am Main an, das in Abb. 2.2 gezeigt ist: Für ein Erinnerungsmuseum in Belgien wird eine Wand aus fünf jeweils 50 Zoll großen Touchscreens konstruiert, die zur Erfassung der Eingaben mit einem großen Infrarot-Rahmen verbunden sind.

Doch nicht immer ist ein Graphical User Interface (GUI) erforderlich. Inzwischen sind Produkte auf dem Markt, die eine Multi-Touch-Interaktion mit rein physikalischen Objekten ermöglichen. Im Bereich Home Automation verbirgt sich hinter der Produktserie „sento“ des belgischen Lichtschalter-Herstellers basalte ein Schaltersystem, das auf Multi-Touch reagiert und in Abschn. 2.4.5 näher beschrieben wird.

Filme wie „Minority Report“ oder „Iron Man“ zeigen um eine Dimension erweiterte Entwicklungen, an welchen im realen Leben schon längst getüftelt wird: die Interaktion im virtuellen oder holografischen Raum. Einen spannenden Gehversuch unternahm hier beispielsweise das Studio Obscura Digital aus San Francisco im Jahr 2008 mit dem „VisionAire Interface“ [67]: Das System erkennt die Handbewegungen des Nutzers und erlaubt so die Interaktion mit holografisch projizierten Objekten. Realisiert wurde dies durch die Kombination des Standard-Multi-Touch-Frameworks von Obscura Digital und des Systems „Musion Eyeliner“ [62], das holografische 3D-Video-Projektionen ermöglicht. Das Ergebnis, das unter anderem auf YouTube dokumentiert ist [66], stellt ein beeindruckendes Beispiel dafür dar, wie On-Stage-Präsentationen zukünftig noch spannender gestaltet werden könnten. Ob „Multi-Touch“ jedoch für Anwendungen dieser Art noch eine adäquate Bezeichnung ist, wäre allerdings zu prüfen – schließlich fehlt hier eine berührbare Fläche, wie sie bei Tablets und Tables zu finden ist. Möglicherweise wäre also eine Bezeichnung wie „Multi-Swoosh“ [38] treffender.

2.2.3 Single Touch „extended“: Was Multi-Touch möglich macht

Während die Single-Touch-Technologie die Erkennung eines einzelnen Berührungspunktes beschreibt, und damit einfache Tap-Gesten mit dem Finger oder Stift ermöglicht, wird der Begriff „Multi-Touch“ für eine touch-sensitive Interaktionstechnologie verwendet, die mehrere Berührungspunkte gleichzeitig erfassen und verarbeiten kann [83]. Als „extended version“ eröffnet Multi-Touch gegenüber Single-Touch also erweiterte Möglichkeiten für die gestenbasierte Interaktion – und das in vielerlei Hinsicht. So ermöglicht die Bedienung mit mehreren Fingern oder Händen eine schnellere Bearbeitung und darüber hinaus direktes, multiples Feedback: Beispielsweise können bei einem digitalen Keyboard mehrere virtuelle Klaviertasten parallel (etwa in Form von Akkorden) betätigt werden, was die gleichzeitige Ausgabe mehrerer Töne zur Folge hat. Das Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO beschreibt in seiner Studie „Multi-Touch – Technologie, Hard-/Software und deren Anwendungsszenarien“ [83] folgende vorteilhafte Eigenschaften:

- Mithilfe von Multi-Touch können visuelle Inhalte direkt manipuliert werden. Dies ermöglicht die Realisierung besonders natürlich und intuitiv bedienbarer Benutzungsschnittstellen. Analog zur Interaktion mit realen Gegenständen können beispielsweise Gesten, wie Drehen, Schieben und „Großziehen“ (Zooming), zur Objektmanipulation

eingesetzt werden. Insofern eignet sich Multi-Touch beispielsweise für Anwendungsszenarien, in denen Nutzer nur wenige bis keine Vorkenntnisse im Umgang mit ähnlichen Systemen mitbringen: etwa Automaten, Terminals oder Kiosksysteme.

- Die Multi-Touch-Technologie eignet sich vor allem für den Einsatz in kollaborativen Umgebungen, bei denen ein System von mehreren Nutzern parallel bedient werden soll. Dies kann im Arbeitsumfeld der Fall sein – etwa wenn mehrere Nutzer innerhalb einer Anwendung agieren – oder auch bei Applikationen mit Multi-User-Funktion, beispielsweise im Messe- oder Ausstellungsumfeld. Eine besondere Herausforderung stellt hier die Gestenauswertung dar, da die Zuordnung von Berührungspunkten zu einzelnen Personen oder Händen je nach Technologie eine Schwierigkeit darstellen kann.
- Die direkte Interaktion mit dem GUI erübrigt den Einsatz weiterer Steuerung- und Eingabegeräte, wie etwa Tastatur, Maus oder Stift. Gleichzeitig ermöglichen einige Multi-Touch-Technologien aber die Schnittstellen-Erweiterung durch echte Gegenstände – sogenannte „Tangibles“, mit deren Hilfe digitale Objekte beeinflusst werden können. Dabei kann prinzipiell jeder Gegenstand verwendet werden, der einen optischen Marker auf der Unterseite besitzt (sogenannte „tagged objects“, vgl. Abschn. 2.5) oder der eindeutig anhand seiner Kontur oder Farbe erkannt werden kann. Ein solches Beispiel für den Einsatz von Tangible Objects ist die Tisch-Anwendung „Reactable“, die in Abschn. 2.4.3 näher beschrieben wird.
- Es besteht außerdem die Möglichkeit, elektronische Geräte via Funkverbindung (z. B. RFID, WLAN oder Bluetooth) mit dem Multi-Touch-System zu verbinden und Daten zu übertragen.

Insgesamt schafft die Möglichkeit, parallel mit mehreren Fingern oder sogar zwei oder mehr Händen auf einer Fläche zu interagieren, eine neuartige User Experience – sei es für einen einzelnen oder sogar mehrere, gleichzeitig interagierende Nutzer („Multi-User“-Anwendungen). Dabei liegt in jedem Fall eine bedeutende Herausforderung in der Definition nachhaltiger Einsatzszenarien, die die Vorteile und exklusiven Möglichkeiten dieser Technologie ausschöpfen – eine Voraussetzung dafür, um einen wirklichen Mehrwert zu erreichen und letztendlich erfolgreich zu sein [63].

Neben den zahlreichen Vorteilen sei, in Bezug auf die Usability, ergänzend das oftmals fehlende visuelle oder haptische Feedback von Multi-Touch zu nennen. Ein Beispiel dafür ist die Tastaturbedienung: Während bei einer echten Tastatur haptisches Feedback durch die Tastenform und -bewegung stattfindet, fehlt diese bei einer virtuellen Tastatur gänzlich – eine „blinde“ Bedienung ist somit fast unmöglich. Haptisches Feedback ist jedoch besonders im industriellen Umfeld von großer Bedeutung, etwa wenn ein Anwender eine Maschine bedienen muss, ohne dabei gleichzeitig auf das Interface zu sehen [83]. Hier wurden inzwischen jedoch Ansätze entwickelt, die in der Lage sind, bestehende „flache“ Systeme durch haptische Elemente zu erweitern: So entwickelte beispielsweise der Linzer Hersteller KEBA speziell für den industriellen Einsatz ein kapazitives Multi-Touch-Panel,

das individuell durch haptische Elemente ergänzt werden kann. Dies ermöglicht eine gezielte Fingerbedienung auch in kritischen Situationen, ohne dass der Nutzer permanent auf den Bildschirm schauen muss [64].

2.3 Multi-Touch-Gesten

In ihrem „Touch Gesture Reference Guide“ beschreiben Craig Villamor, Dan Willis und Luke Wroblewski zehn Basisgesten, die auf allen gängigen Plattformen zu finden sind [93]. Diese Gesten umfassen sowohl Single-Touch-Gesten (Tap, Double Tap, Drag, Flick, Press) als auch Multi-Touch-Gesten (Pinch, Spread, Press and Tap) sowie Gesten, die wahlweise statt als Multi-Touch-Geste mit beiden Händen ausgeführt werden (Press and Drag, Rotate). Diese Basisgesten ermöglichen Objektmanipulationen wie Verschieben, Skalieren, Drehen oder Navigationsaktionen wie Scrollen, Blättern oder Zoomen. Als Zeichengesten lassen sich beispielsweise Häkchen, Fragezeichen oder das Durchkreuzen verwenden, um schnell und intuitiv im Dialog mit der jeweiligen Anwendung zu interagieren. Dass Zeichengesten auch zur Auswahl von Menüoptionen verwendet werden können, zeigen Florian Haag, Tanja Blascheck, Bernhard Schmitz und Michael Raschke am Beispiel des Systems „OctoPocus“ in ihrem Beitrag „Berührungspunkte mit der Visualisierung“ in diesem Buch (siehe „Auswahl von Optionen und Befehlen“ in Abschn. 16.2.3.4). Googles Gesture Search App ermöglicht durch Malen von Buchstaben oder Zeichen auf dem Touchscreen eine schnelle Suche nach Kontakten, Apps, Browser-Lesezeichen oder Musik. Durch Malen weiterer Buchstaben oder Zeichen wird die Trefferliste zügig verfeinert, sodass ein schneller Aufruf der gewünschten Applikation oder des Objekts möglich wird [32].

Obgleich die Durchführung der o. g. Basisgesten auf gleiche Art und Weise erfolgt, unterscheidet sich plattformspezifisch deren Bezeichnung sowie die Zuordnung der durch die Gesten ausgelösten Aktionen. Eine Standardisierung oder Normierung gestenbasierter Interaktion ist bis heute noch nicht erfolgt. Die DIN EN ISO Normenreihe 9241 zur Ergonomie der Mensch-System-Interaktion bietet im Teil 910 eine grundlegende Beschreibung taktiler und haptischer Interaktionen, die auf das Grundverständnis dieser Interaktionsformen zielt [20]. Eine Definition über die durch Gesten ausgelösten Aktionen oder Interpretationen ist darin allerdings nicht zu finden. Einen Ansatz für eine Kategorisierung von Gesten findet sich beispielsweise in einem Beitrag von Pavlovic, Sharma und Huang [70], der auch der in diesem Buch beschriebenen internationalen Studie zur Verwendung von Multi-Touch-Gesten zugrunde liegt (siehe Abschn. 13.3.1). Pavlovic et al. unterscheiden in der Gruppe der beabsichtigt durchgeführten Gesten zwischen manipulativen und kommunikativen Gesten. Kommunikative Gesten werden in Anlehnung an die linguistische Sprechakttheorie in handelnde Gesten (act), mit einer Aufteilung in nachahmende (mimetic) und zeigende (deictic) Gesten, und symbolische Gesten unterteilt. Die von Limbach und Klein beschriebene Studie [11] hatte zum Ziel, herauszufinden, welche intuitiven Gesten Nutzer wählen, um eine

bestimmte Aktion auszulösen – und ob es bei der Wahl der Gesten kulturelle Unterschiede gibt. Als Ausgangsmaterial diente in Analogie zu Wroblewski et al. eine Sammlung von objektbezogenen und navigationsbezogenen Gesten, die im Text der Autoren als Seiten-Aktionen bezeichnet werden. Die in der Studie durch die Studienteilnehmer intuitiv verwendeten Gesten ließen sich im Wesentlichen in Übereinstimmung mit Pavlovic et al. in direkt manipulative Gesten (ein Objekt oder eine Eigenschaft des Objekts, z. B. die Position, wird direkt verändert), symbolische Gesten (z. B. Malen eines Fragezeichens für Aufruf der Hilfe oder von Buchstaben wie „D“ für Delete) sowie Kombinationen aus beiden aufteilen. Dazu gehört beispielsweise die Selektion eines größeren Bereichs oder mehrerer Elemente bei gleichzeitiger Manipulation wie Zooming oder Sortieren.

Eng beieinander in Bezug auf die Häufigkeit bei der Verwendung der Gesten lag vor allem die Wahl der Gesten zur Ausführung richtungsbezogener Aktionen. So wurden für Aktionen wie Scrollen oder Blättern Gesten entweder in die entgegengesetzte oder in die gewünschte Richtung verwendet. Die Problematik hierbei ist vergleichbar mit dem Scrollen oder Blättern per Fernbedienung. Je nach verwendetem kognitivem Modell gebrauchten Nutzer die eine oder die andere Lösung, so dass manche Hersteller von Fernbedienungen ein Umschalten des bevorzugten Modells ermöglichen. Im Modell A schieben Nutzer eine imaginäre Liste unter dem sichtbaren Bereich (Anzeigebereich) hindurch. Im Modell B wird der Anzeigebereich über die anzuzeigenden Daten geschoben. Dies wird anhand eines Beispiels deutlich: In der Ausgangslage zeigt der Anzeigebereich n Elemente an. Um das $n+1$ -ste Element sehen zu können, wird im Modell A eine nach unten gerichtete Aktion oder Geste gewählt, damit sich der Anzeigebereich nach unten bewegt und das $n+1$ -ste Element anzeigt. Bei Modell B wird eine nach oben gerichtete Aktion oder Geste gewählt, damit die Liste nach oben verschoben wird und so das $n+1$ -ste Element im Anzeigebereich zu sehen ist. Die Auswertung der Studiendaten zeigte auch, dass es Gesten gab, die von einer deutlichen Mehrheit der Studienteilnehmer bevorzugt wurde, die sich aber dennoch nicht in der technischen Realisierung bei den Herstellern von Multi-Touch-Lösungen durchsetzen konnten. Dies macht deutlich, dass Intuition bei der Wahl der bevorzugten Geste für eine bestimmte Aktion zeitlichen Veränderungen unterworfen sein kann, die durch technologischen Fortschritt und der sich damit verändernden User Experience im Umgang mit Gesten bedingt werden. Als weitere Erkenntnis aus der Studie ging hervor, dass Kulturkreise die Wahl einer Geste für eine bestimmte Aktion beeinflussen. So wurden symbolische Gesten am häufigsten von chinesischen Teilnehmern verwendet.

Plattform- und herstellerspezifisch sind zwar Gesten und Aktionen festgelegt, eine unabhängige übergreifende Normierung oder Quasi-Standardisierung ist jedoch bisher nicht erfolgt.

2.4 Gesten in Aktion

Ob aufgabenorientiert oder explorativ: Mit Gesten navigieren, Daten explorieren oder Objekte zu manipulieren gilt als selbstverständlich und intuitiv, vor allem bei der Nutzung mobiler Geräte in der Freizeit. Doch welche Möglichkeiten ergeben sich für den Einsatz von Multi-Touch-Technologien und Szenarien im industriellen und professionellen Bereich? Eine umfassende Datenerhebung und Analyse zu Multi-Touch-Technologien sowie Hard- und Software, führte das Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO bereits in den Jahren 2008 und 2009 durch [83]. Neben grundlegenden ausführlichen Beschreibungen und Bewertungen zu Multi-Touch-Plattformen und -Systemen, die auch heute noch Bestand haben, bietet die Studie eine Übersicht zu Anwendungsfeldern sowie Markt- und Anwendungspotenzialen für die Zukunft. Die vom IAO vorgenommene Aufteilung der Anwendungsfelder in Technologie-Demonstratoren, Computerspiele, virtuelle Musikinstrumente, Grafikerstellung und -bearbeitung, Engineering-Anwendungen, Terminalanwendungen sowie Informationsvisualisierung und -bearbeitung diente auch als Ausgangsbasis für die nachfolgende Zusammenstellung von Multi-Touch-Anwendungen.

Gerade im Bereich der Informationsvisualisierung und interaktiven Exploration von Daten bietet Multi-Touch viel Potenzial und Forschungsbedarf, wie beispielsweise der im November 2011 anlässlich der internationalen ACM-Konferenz zu Interactive Tabletops and Surfaces (ITS) durchgeführte DEXIS-Workshop zeigte [43]. Teilnehmer aus unterschiedlichen Visualisierungsbereichen und Wissenschaftler für Human-Computer-Interaction diskutierten darin Möglichkeiten und Einsatzgebiete für den visuellen Umgang mit Daten auf Multi-Touch-fähigen Geräten. Insbesondere betonten sie aber auch die Notwendigkeit, zu untersuchen, welche Aspekte Menschen motivieren, Daten visuell zu explorieren und wie die zunehmenden Erfahrungen im Umgang hiermit das Verständnis und die Fähigkeiten der Nutzer in der gestenbasierten visuellen Interaktion beeinflussen.

Einen Einblick in die beeindruckenden Einsatzmöglichkeiten für Multi-Touch zeigen die im Folgenden beschriebenen Anwendungsfelder und -beispiele aus unterschiedlichsten Bereichen.

2.4.1 Erkunden, erleben, entdecken: Multi-Touch-Anwendungen für Messe, Ausstellungen und Events

Kataloge am Bildschirm durchblättern, interaktive Quizfragen beantworten, Projektpräsentationen und Firmenwelten digital erkunden und erleben – ob in freier oder gezielter Herangehensweise: Informations- und Kommunikationstechnologien haben in den letzten Jahren die Darstellung von Inhalten in Ausstellungen, Museen oder auf Messen und damit die Besucherpartizipation und die „Visitor Experience“ grundlegend geändert [47]. So können mit Hilfe digitaler Geräte Informationen nicht nur einfacher in verschiedenen Sprachen zur Verfügung gestellt werden, sondern auch multimedial: Die Rezeption von

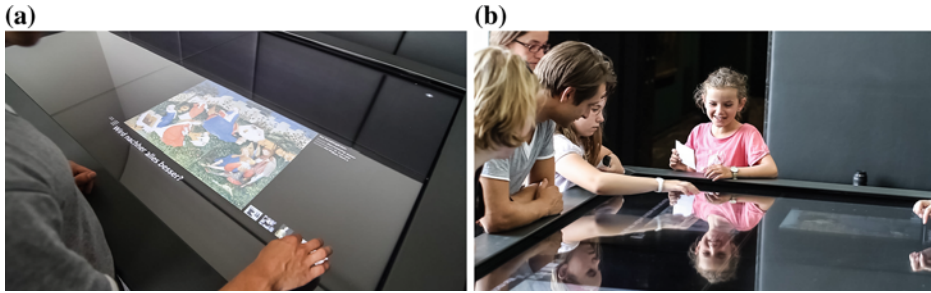


Abb. 2.3 Multi-Touch-Installation im Städel Museum, Frankfurt am Main (COSALUX 2013)

Bild und Text wird durch Sound, Video und Interaktionsmöglichkeiten ergänzt. Darüber hinaus können zum Beispiel via Internet aktuelle Inhalte präsentiert werden [23], wobei auch der Einsatz von Social Media eine nicht unwichtige Rolle spielt. Das Anwendungsszenario einer Konferenz, bei welcher Publikumsreaktionen via Twitter oder Facebook (die nur allzu oft auf Multi-Touch-Devices wie Tablet oder Smartphone abgesetzt werden) in Echtzeit einbezogen und möglicherweise für alle Besucher sichtbar an die Wand projiziert werden, ist nur ein Beispiel für die Integration von Social Media-Aspekten.

Nachdem Bildschirme und Eingabegeräte wie Tastatur, Maus oder Joysticks das Ausstellungs- und Messeumfeld längst erobert haben, eröffnet nun die Multi-Touch-Technologie ganz neue Möglichkeiten für den Einsatz und die Interaktion mit bzw. Exploration von digitalen Inhalten.

Spannende Beispiele finden sich weltweit und in unterschiedlichsten Dimensionen: von der Integration handlicher iPad-Applikationen in Ausstellungen bis zu überdimensionalen Wall-Anwendungen. Ein Paradebeispiel für letztere ist sicherlich „The Cube“, das bereits in Abschn. 2.2.2 Erwähnung fand. Als eine der weltweit größten Multi-Touch-Installationen, die derzeit in erster Linie für universitätseigene Forschungsanwendungen genutzt wird, ermöglicht sie ein Erlebnis der besonderen Art: So kann der Besucher beispielsweise in der Anwendung „Virtual Reef“, die unter der Leitung von Prof. Jeff Jones entwickelt wurde, in einer simulierten Unterwasserwelt in Originalgröße das Ökosystem des Great Barrier Reefs erkunden und großen und kleinen Wasserbewohnern beim Vorbeischwimmen zuschauen – und interagieren. Mittels Multi-Touch können beispielsweise Informationen zu spezifischen Objekten oder Themen aufgerufen werden [73].

Ein herausragendes Beispiel im Bereich der Museumsinstallationen, sowohl was die Interaktionsform mit Multi-User-Funktion als auch die visuelle Ästhetik der Interface-Anwendung anbelangt, ist im Städel Museum in Frankfurt am Main zu finden (siehe Abb. 2.3): Seit Dezember 2011 kann die Sammlung „Alte Meister“ des Kunstmuseums vom Mittelalter bis zur Gegenwart interaktiv von bis zu sechs Personen gleichzeitig auf einem großen Multi-Touch-Tisch (der mit ca. $3,5 \times 1,5$ m der deutschlandweit bisher größte im Museumsbereich ist) erkundet werden. Der Besucher kann sich interaktiv mit emotional

geprägten Fragestellungen, wie „Sehe ich nur, was ich kenne?“ oder „Was macht hässlich?“, auseinandersetzen und sich drehend, zoomend und schiebend durch die Bilder navigieren – und so einen neuen Zugang, abseits der Betrachtung der Werke an der Museumswand, finden [17]. Die Anwendung wurde in Zusammenarbeit mit den Agenturen COSALUX aus Offenbach am Main [16] sowie Orange Hive aus Frankfurt [68] konzipiert und gilt als weltweit bisher einzigartige Installation dieser Art. COSALUX gewann mit seiner Umsetzung für den Multi-Touch-Tisch im Jahr 2012 den renommierten red dot award in der Kategorie „communication design“ [16, 37] und entwickelt darüber hinaus Touch-Terminals mit einer Displaygröße von 52–55 Zoll, die in Formgebung, Farbe, Design und Funktionalität auf individuelle Kundenwünsche abgestimmt werden können und sich beispielsweise auch für den Messeeinsatz eignen. Neben dem Multi-Touch-Tisch für das Städel Museum realisierte COSALUX damit unter anderem ein Touch-Terminal, das als Exponat auf dem Messestand des Bundesministeriums für Bildung und Forschung auf der IFAT 2012 in München zum Einsatz kam [16].

Ein weiteres spannendes Anwendungsbeispiel im Ausstellungsbereich ist das Projekt „Moving Types – Lettern in Bewegung“, das aus einer Zusammenarbeit der Fachhochschule Mainz, Institut für Mediengestaltung (Prof. Anja Stöffler) und der Hochschule für Gestaltung Gmünd (Prof. Ralf Dringenberg) in Kooperation mit dem Gutenberg-Museum entstand: Abb. 2.4 zeigt einen Ausschnitt der Wanderausstellung, die seit dem Frühjahr 2012 im Mainzer Gutenberg-Museum und seit September 2012 in der „Galerie im Prediger“ in Schwäbisch Gmünd gezeigt wurde. Sie reflektiert die Entwicklung der Schrift- und Medienkultur des 20. und 21. Jahrhunderts und zeigt bewegte Typografie und Animationen von über 200 Künstlern und Gestaltern [39]. Zentrum der Ausstellung ist die „Medienlounge“, in der kleine leuchtende Würfel im Raum zu schweben scheinen und codierte Kurzdokumentationen, Erläuterungen oder Filmausschnitte beinhalten, die vom Besucher via iPad abgerufen werden können. Im Jahr 2012 wurde das multimediale Ausstellungskonzept, das auf kleinstem Raum umgesetzt wurde, mit dem red dot design award und dem Design Preis Rheinland-Pfalz ausgezeichnet und bekam 2013 den renommierten iF-Award in der Kategorie „communication design“ verliehen [40, 94].

Neben Ausstellungen und Museen sind auch Messeauftritte oder ähnliche Formen der Unternehmensdarstellung geeignete Plattformen für den Einsatz von Multi-Touch. Ein eindrucksvolles Beispiel in Sachen Markenpräsentation bietet hier die Deutsche Bank in ihrer Zentrale in Frankfurt am Main mit dem „BrandSpace“ – dem ersten öffentlichen Forum weltweit für die Marke einer Bank [19]. Dabei ist der Name Programm: Die Ausstellung führt den Besucher in ein begehbares Markenerlebnis. Das Logo der Deutschen Bank wurde in räumliche Dimensionen übersetzt und anamorph in abstrakte dreidimensionale Architekturformen überführt, die sich nur von bestimmten Positionen als Firmenlogos erschließen. Diese spannende Raumsituation bildet den Rahmen für drei zum Teil ebenfalls durch Anamorphosen gekennzeichnete Medieninstallationen. Unter anderem wird hier die Marke „Deutsche Bank“ via Multi-Touch erfahrbar: Auf einem touch-sensitiven Interface können Fakten zu Geschichte und Gegenwart der Bank explorativ erkundet werden. Ent-

Abb. 2.4 Moving Types –
 Lettern in Bewegung (Mar-
 tina Pipprich 2012)



wickelt wurde der BrandSpace 2011 in einem gemeinsamen Projekt von ART+COM und Coordination, Berlin [9]. Auch in diesem Fall ist das Beispiel ein ausgezeichnetes: Der BrandSpace wurde unter anderem mit dem red dot award 2011 ausgezeichnet und erhielt einen Goldenen und einen Silbernen Löwen auf dem Cannes Lions International Festival of Creativity [18].

Generell werden interaktive Display-Anwendungen im öffentlichen Ausstellungsraum von Besuchern sehr gut angenommen. Zu diesem Ergebnis kommt auch die Studie „Interactive Tables in the Wild – Visitor Experiences with Multi-Touch Tables in the Arctic Exhibit at the Vancouver Aquarium“ [42] von Hinrichs und Carpendale (University of Calgary). Sie untersuchten die Herangehensweise und das Erleben der Besucher in Bezug auf großflächige Multi-Touch-Tische im Ausstellungsraum. Die Studie kommt zu dem Schluss, dass der Einsatz derartiger Medien als Chance begriffen werden kann, Informationen auf eine neuartige und aktivierende Weise zu vermitteln. So können Ausstellungsbesucher die angebotenen Inhalte sowohl individuell als auch gemeinsam explorieren, sich frei darin bewegen oder führen lassen.

2.4.2 Spielend lernen: Multi-Touch im Edutainment- und Gaming-Umfeld

Skateboardfahren, Monster besiegen oder Black Jacken – Spiele-Anwendungen auf Multi-Touch-Geräten sind inzwischen kaum mehr Grenzen gesetzt. Eines der ersten und beliebtesten Multi-Touch-Spiele für das iPhone erschien 2009: „Eliss“ [86]. Der Entwickler Steph Thirion verstand es, die Möglichkeiten, die sich durch Multi-Touch eröffnen, in einem sehr einfachen, und dabei umso kurzweiligeren Spiel aufzuzeigen: Mit geschickten Fingern kann der Nutzer hier Planeten in einem bizarr anmutenden Universum arrangieren. Mit dieser Idee gewann Thirion eine Vielzahl an Preisen. Die reduzierte Grafik erinnert dabei an Spiele aus den Anfängen der Computerspiel-Industrie, wie beispielsweise Tetris, das mittlerweile längst Kultstatus erreicht hat. Im Gegensatz zu den ersten Computerspielen schritt die

Entwicklung von Multi-Touch-Spielen rasend schnell voran, zugleich die Herausforderung nicht nur darin lag, die Eingabe per Multi-Touch optimal einzubinden – sondern vielmehr als Ausgangslage für völlig neue Spielansätze zu nutzen.

Die Umsetzung von Multi-Touch-Spielen auf dem 2010 neu erschienenen iPad von Apple wurde von Fans also mit Spannung erwartet, versprach es doch mit einem größeren Display auch mehr Spielspaß. „Multiponk“ (ehem. „MultiPong“) ermöglichte gleich vier Spielern das klassische „Pong“ gegeneinander zu spielen [25]. Bei anderen Spielen war mitunter der gleichzeitige Einsatz von zehn Fingern gefragt.

Obwohl die Grafiken überzeugen, haben Multi-Touch-Spiele doch auch ihre Einschränkungen. An die Präzision von Maus und Tastatur können sie noch nicht heranreichen und eignen sich daher derzeit, wenngleich es auch Spiele für das PC-Gaming gibt, vor allem für Unterhaltungs-, Strategie- oder Geschicklichkeitsspiele. Gleichzeitig erhöht die Eingabe per Touch und die gemeinsame Interaktion mehrerer User an einem Eingabegerät für diese Spielgenres den Reiz. Diese Tatsache erkannten schnell Franchise-Restaurants, Hotels und der Einzelhandel: Inzwischen sind zunehmend Multi-Touch-Spiele auf größeren Wand-Displays, beispielsweise in Fast-Food-Restaurants, zu finden. So sollen mit deren Anziehungskraft bereits Spieler im Kleinkindalter überzeugt werden.

Multi-Touch-Tische bieten aufgrund ihrer Größe erweiterte Möglichkeiten für kooperative Spiele. So wurde 2010 die Multi-Touch-Version des Spiels „Die Siedler von Catan“ für Microsofts Surface (seit 2012: SUR40 mit Microsoft® PixelSense™ [53, 79]) von Vectorform umgesetzt [92]. Als einzige physische Objekte werden hierbei zwei auf den ersten Blick gewöhnliche sechseckige Würfel eingesetzt. Mit Hilfe von Tags erkennt der Multi-Touch-Tisch die Zahl der gewürfelten Augen und zeigt diese an. Alle übrigen Aktionen werden per Drag and Drop vorgenommen.

Multi-Touch-Tische scheinen also gut geeignet für klassische Brettspiele, einzig der immer noch hohe Preis verhindert den Einzug in unsere Wohnzimmer. Allerdings bieten zahlreiche Projekte an Hochschulen weltweit nach wie vor interessante Ausblicke auf die Spieleentwicklung. Hierfür ist noch nicht einmal ein teurer Tisch notwendig, auch mit selbst konstruierten Multi-Touch-Tischen kann man für einen verhältnismäßig günstigen Preis mit der Spieleentwicklung beginnen. Anleitungen kursieren hierzu seit Jahren im Internet. So wurden etwa an der Universität Durham, England, in einem dreijährigen Projekt die Möglichkeiten von Multi-Touch-Tischen im Schulunterricht untersucht, dem „Klassenzimmer der Zukunft“ [22], siehe Abb. 2.5. Über vierhundert Schüler aus zwölf verschiedenen Schulen waren an dem Forschungsprojekt „Star Trek Classroom: the next generation of school desks“ beteiligt, das unter anderem aus eigens gestalteter Software und intelligenten Multi-Touch- und Multi-User-Schultischen bestand. Die Forscher stellten dabei fest, dass sich die mathematischen Fähigkeiten im Vergleich zur herkömmlichen Lernmethode mit Stift und Papier signifikant steigern ließen. Vor allem das gemeinsame Lösen von Fragestellungen half den Kindern, ihr Wissen schnell zu erweitern. Während bei einem passiven Unterricht jeder Schüler sein Wissen für sich behält, erreicht der „Star Trek Classroom“ durch den gleichzeitigen Zugang und das direkte Weitergeben von Erkenntnissen in der

Abb. 2.5 Star Trek Classroom: The next generation of school desks (Durham University)



Gruppe auch eine aktivere Mitarbeit der Schüler. In einer weiteren Interaktion war es dem Lehrer möglich, den einzelnen Gruppen Feedback zu senden oder ihre erarbeiteten Lösungen an andere Tische weiterzuleiten. Zudem waren alle Tische mit dem „main smartboard“ vernetzt, das die Rolle der herkömmlichen Tafel für Klassendiskussionen einnahm. Die Forscher sehen in dieser neuen Form des Schulunterrichts großes Potential. So hilft sie doch, auf die einzelnen Bedürfnisse der Schüler besser einzugehen und sie individuell zu fördern und zu fordern.

Ein weiteres Multi-Touch-Konzept, welches die Arbeit im wissenschaftlichen Umfeld deutlich vereinfacht, wurde von den Absolventen Vitali Fischbein und Jürgen Röhm 2011 im Rahmen einer Bachelorarbeit im Studiengang Informationsdesign an der Hochschule der Medien Stuttgart in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA erarbeitet. Das „Multitouch Lab Journal“ (MLJ) bietet in Form eines in den Arbeitstisch eingelassenen Multi-Touch-Bildschirmes eine Alternative zu den bisherigen Laborbüchern. Gedacht für biochemische Labore, unterstützt es die Wissenschaftler sowohl bei ihren Versuchsaufbauten als auch bei deren gleichzeitiger Dokumentation und Auswertung. Neben der intuitiven Bedienung, die auch komplexere Gesten einschließt, kann das MLJ über optische Markierungen Objekte erkennen und hierzu zusätzliche Informationen anzeigen. Anhand der Verbindung mit weiteren Laborgeräten wird die Dokumentation darüber hinaus vereinfacht. Die Darstellung der Versuche erfolgt graphbasiert, was große Vorteile gegenüber dem bisherigen chronologischen Aufbau von Laborbüchern bietet: Zusammenhänge und Gemeinsamkeiten der Experimente können in einer baumähnlichen Struktur anhand von semantischen Beziehung angezeigt werden. Das MLJ hilft außerdem bei der Organisation des gesamten Labors. So ist es möglich, Einblicke in die Aktivitäten der Kollegen zu erhalten und diese unmittelbar zu kommentieren. Das Fraunhofer IPA ist gegenwärtig dabei, das vielversprechende Konzept in einen Prototypen zu übertragen [60] (Abb. 2.6).

Abb. 2.6 Multitouch Lab
Journal (Jürgen Röhm, Vitali
Fischbein)



2.4.3 So klingt die Zukunft: Multi-Touch-Anwendungen im Musikbereich

Wie in Abschn. 2.2.3 beschrieben wurde, liegt eine der wichtigsten Eigenschaften der Multi-Touch-Technologie in der parallelen Auslösung von Funktionen. Einer der Bereiche, die daraus spannende, kreative Möglichkeiten schöpfen können, ist sicherlich die Musikbranche. Von der Umsetzung digitaler Instrumente – sei es als digitales Piano (z. B. „Virtuoso Piano“, iPhone-App [71]) oder als digitale Gitarre für das Smartphone (z. B. „Guitar: Solo Lite“, Android-App [14]), über Tablet-Apps bis hin zu Tischanwendungen.

Eine der bekanntesten Synergien von Musik und Multi-Touch ist zweifelsohne der Synthesizer „Reactable“, der im Rahmen der „Music Technology Group“ der Universitat Pompeu Fabra in Barcelona, Spanien, von Sergi Jordà, Marcos Alonso, Martin Kaltenbrunner und Günter Geiger entwickelt wurde. Der runde Touch-Table, der speziell für Multi-User-Performances konzipiert wurde, ist mit einem lichtdurchlässigen Tangible Interface ausgestattet, das sowohl per Finger als auch mit eigens entworfenen, geometrisch geformten Figuren (sog. „Tangible Objects“) manipuliert bzw. gesteuert werden kann. Durch Auflegen, Drehen und Verbinden der Objekte können ein oder mehrere Nutzer verschiedene Soundelemente und -effekte kombinieren und so einzigartige, jederzeit veränderbare Kompositionen erzeugen. Dabei stellen die Tangible Objects jeweils unterschiedliche Funktionalitäten dar, beispielsweise in Bezug auf Sound- oder Effekt-Erzeugung – so lassen sich etwa mit quadratischen Objekten spezifische Sounds erzeugen und durch Rotation der Objekte die Frequenz beeinflussen. Sämtliche Vorgänge und Aktionen werden auf dem Tisch durch eine Echtzeit-Visualisierung repräsentiert. Das Projekt wurde bereits 2005 vorgestellt und erregte eine größere Aufmerksamkeit im Jahr 2006 durch die Publikation mehrerer Demo-Videos auf YouTube [4, 61, 75]. Der „Reactable“ erfuhr einen weiteren Popularitätsaufschwung, indem er 2007 von der isländischen Sängerin Björk auf ihrer „Volta“-Welttournee eingesetzt wurde [7]. Nachdem die Table-Anwendung bereits zahlreiche Preise einheimen konnte –

Abb. 2.7 iPad-
Anwendung SAMPLR
(Marcos Alonso 2013)



darunter anno 2008 den „Prix Ars Electronica – Goldene Nica“ in der Kategorie Digital Musics & Sound Art [8] – ist seit 2010 außerdem eine mobile Variante des „Reactable“ als Anwendung für iPad, iPhone und iPod Touch verfügbar [74].

Ebenfalls aus der Feder des Programmierers und Designers Marcos Alonso, der Teil des Entwicklerteams von „Reactable“ war, stammt die iPad-App „SAMPLR“ [5], die in Abb. 2.7 gezeigt ist: Hier kann der Nutzer mittels Multi-Touch-Gesten direkt Einfluss auf die Wellenform einer Melodie oder Klangtextur nehmen und sich so mit Hilfe von sieben Play-modes – beispielsweise „Scratch“ oder „Loop Player“ – durch das Stück navigieren und eigene Kompositionen mit einem Gestenrecorder erschaffen. Dabei kann der Nutzer jederzeit schnell und präzise auf die vollständige Funktionalität eines Instruments einwirken. Während viele andere Apps das Verhalten traditioneller Instrumente zu imitieren versuchen, wurde SAMPLR eigens für Multi-Touch-Geräte entwickelt [6].

Ein weiteres spannendes Beispiel im Bereich der Musikanwendungen ist „QuNeo“: Der 3D-Multi-Touch- und Open-Source MIDI-Controller entspricht der Größe eines iPads und bietet im Vergleich zu ähnlichen Vorgängern oder Wettbewerbern ein erweitertes Touch-Erlebnis. Er ist mit 27 anschlags- und druckempfindlichen Pads, Schiebereglern und Dreh-Sensoren ausgestattet und in der Lage, drei Parameter gleichzeitig zu erkennen. So misst er punktgenau Druck, Geschwindigkeit und Position der Berührung und gibt mittels 251 Multi-Color-LEDs visuelles Feedback zurück [3]. Dabei erlaubt die Multi-Touch-Funktionalität des QuNeo die Bedienung der integrierten Slider, die als Fade- und Effekt-Steuerung genutzt werden können. LEDs fungieren dabei als Indikator für die Fingerposition. Mit zwei Fingern gleichzeitig können beispielsweise Filtereinstellungen vorgenommen werden. Der Controller, der als Projekt von Keith McMillen aus Kalifornien auf der Crowdfunding-Plattform „Kickstarter“ begann [46], ist inzwischen kommerziell erhältlich und kompatibel mit allen gängigen Musiksoftware-Anwendungen.

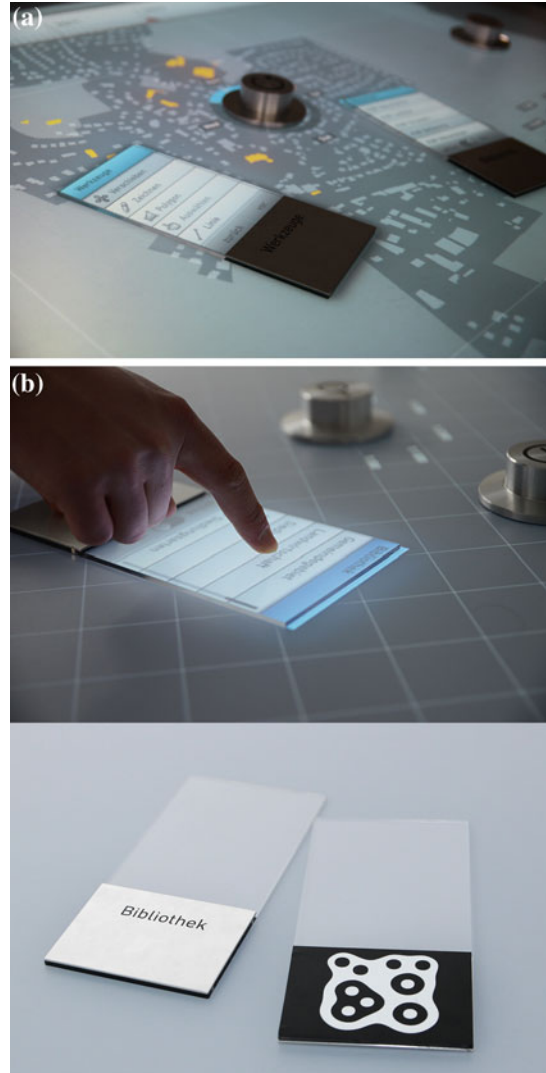
2.4.4 Mit Pinch-to-Zoom in Herz und Niere: Multi-Touch-Anwendungen im Bereich Konstruktion, Analyse und Planung

Im Alltag medizinischer Kliniken und Arztpraxen spielt die medizintechnische Bildakquisition und Analyse eine zentrale Rolle. Insbesondere erfordert die Vorbereitung chirurgischer Eingriffe und Operationen eine sorgfältige Planung. Hierbei helfen 3D-Modelle der betroffenen Organe und geeignete medizinische Bilddatenbanken Ärzten und Chirurgen sowohl bei der Diagnose als auch bei der OP-Vorbereitung. Typische Aktionen, wie Drehen eines Objekts, Zoomen in einzelne Organbereiche oder die Selektion bestimmter Bereiche, gehören zu selbstverständlichen Interaktionen mit bildverarbeitenden Systemen in der Medizintechnik. Da liegt es nahe, dass Navigationsgesten, wie sie durch Multi-Touch-Systeme ermöglicht werden, helfen können, schnell die gewünschten Aktionen durchzuführen. Wie sich das Zusammenspiel unterschiedlicher bildgebender Quellen mit Patientendaten und Analyseverfahren in der Zukunft gestalten und wie dabei mobile Geräte zu einer Flexibilisierung in der Arbeitsweise führen können, untersucht das Fraunhofer-Institut für Bildgestützte Medizin MEVIS in Bremen. In Videos zur Leberchirurgie und Brustkrebsdiagnose wird deutlich, wie Multi-Touch-Systeme in der medizinischen Diagnose die Arbeit von Medizинern unterstützen und effizienter gestalten können [27, 77].

Noch einen Schritt weiter in der Interaktion mittels Gesten gehen die Forscher des Fraunhofer FIT. Mit ihrer 3D-Multi-Touch-Umgebung zeigen sie, wie Freihandgesten in Echtzeit in einer hohen Feinauflösung erkannt werden können – und so die Manipulation von Objekten mit beiden Händen und mehreren Fingern ermöglicht wird [26, 34]. Eine berührbare Oberfläche kann somit entfallen, Multi-Touch findet im freien Raum statt und ermöglicht die Exploration von Bilddaten in virtuellen Umgebungen, auf großflächigen Bildschirmen oder in Augmented-Reality-Systemen. Dass der Einsatz von Multi-Touch-Systemen im medizintechnischen Bereich nicht nur Gegenstand aktueller Forschung ist, sondern bereits in der Praxis angekommen ist und angenommen wird, zeigen Systeme zur Dentalbehandlung, wie das Vision U System der Firma Ultradent [88] oder die spezialisierten medizintechnischen Embedded-Lösungen mit Multi-Touch von Herstellern wie ads-tec [1], Hummel [41] oder Penta [59].

Während in der medizinischen Diagnostik neben Bilddaten vor allem Labordaten und Vitaldaten von essentieller Bedeutung sind, stellen CAD-Daten, Konstruktionspläne und Modelle die Grundvoraussetzung für ingenieurwissenschaftliche Konstruktions- und Planungsaufgaben dar. Komplexe Planungsaufgaben wie bei der Verkehrs- oder Städteplanung erfordern einen intensiven Meinungsaustausch der an den Planungsprozessen beteiligten Fach- und Entscheidungsbereiche. Wie dies in der Zukunft bei der Stadtplanung in einem kollaborativen Prozess mit einem Multi-Touch-Tabletop-System auf spielerische Art und Weise aussehen könnte, zeigt der in Abb. 2.8 dargestellte interaktive Prototyp von Studenten der Hochschule für Gestaltung Schwäbisch Gmünd [33]. Hierbei kommen auch physische Objekte zum Einsatz, wie spezielle Drehknöpfe, die auf das Tabletop gelegt und gedreht werden. So stehen unterschiedliche Werkzeuge, wie ein Rotationswerkzeug zum Drehen ei-

Abb. 2.8 Bachelorarbeit
Stadtplanung (Jürgen Graef,
Fabian Gronbach 2011)



nes Kartenausschnitts, ein Zeitleistenwerkzeug zur Simulation von zeitbezogenen Daten wie Bevölkerungsstruktur oder Verkehrsaufkommen, oder ein Zoomwerkzeug zur Auswahl der in der Kartografie üblichen Maßstäbe zur Verfügung. Mit frei auf der Tischoberfläche positionierbaren Scheiben können zudem Menü-Widgets oder Detailinformationen angezeigt und kombiniert werden. Die Reduktion von Karteninformation und Mash-Ups mit Daten aus unterschiedlichen Quellen, wie z. B. dem Katasteramt, illustrieren und unterstützen dabei die an der Planung beteiligten Personen bei ihren Überlegungen und Ideen.

Als Einsteiger-Software für die Welt der 3D-Modellierung gilt SketchUp: Es wurde ursprünglich für den Architekturbereich entwickelt und im Jahr 2006 von Google gekauft, um vor allem Gebäudemodellierungen für Google Earth zu ermöglichen. 2012 verkaufte Google die Software an Trimble Navigation weiter [87]. Ein Ziel in der Entwicklung von SketchUp ist es, die mit professionellen Programmen häufig komplexe Modellierung von 3D-Objekten und Modellen zu vereinfachen und möglichst effizient zu gestalten. Während die Standard-Software noch auf traditionelle Eingabemöglichkeiten und Menüs ausgelegt ist, entstanden ab 2009 prototypische Multi-Touch-Erweiterungen zur Gestensteuerung. Mit MozArt zeigen Anirudh Sharma und Sriganesh Madhvanath, wie sich Spracheingabe zur Funktionsauswahl und Gestensteuerung zur Skalierung und Positionierung von 3D-Objekten kombinieren lassen [81, 82]. Wie auf einem Tabletop bei der Erstellung von Diagrammen, mittels freiem Skizzieren oder strukturiertem Editieren, Ein- und Zweihandgesten mit einer Eingabe per Stift kombiniert werden können, zeigen Mathias Frisch und Raimund Dachzelt in diesem Buch (siehe Kap. 5 „Kombinierte Multi-Touch und Stift-Interaktion: Ein Gesten-Set zum Editieren von Diagrammen“).

Das Stadtplanungsprojekt der HfG Schwäbisch Gmünd hat veranschaulicht, dass Tabletops insbesondere bei planungsintensiven, kollaborativen Aufgaben den Vorteil bieten, dass mehrere Nutzer gleichzeitig mit einem Medium arbeiten und mittels leicht-erlernbarer Finger- und Handgesten direkt am Gestaltungsprozess mitwirken können. Dass dies auch für industrielle Fragestellungen in der Produktionsplanung, bei der Überwachung der Produktionsabläufe am Leitstand oder in der Logistik und Tourenplanung hohes Potenzial für künftige Anwendungsszenarien haben kann, beschreiben Kay Rogge und Thomas Wochinger vom Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA in Stuttgart [78].

2.4.5 Mit Sicherheit berührbar: Multi-Touch-Lösungen für Steuerungsanwendungen

Nicht erst seit der zunehmenden Verbreitung von Multi-Touch-Geräten im Bereich der Telekommunikation und Unterhaltungsmedien gibt es Ideen, Konzepte und Produkte zur Gesten-basierten Steuerung elektronischer Geräte. Eine Idee des seit Ende der 90-er Jahre zunehmenden AAL-Marktes (Ambient Assisted Living) [91] ist es, mittels multi-modaler Interfaces, Barrieren in der Nutzung von Technik für ältere Menschen und Menschen mit besonderen Anforderungen zu überwinden. AAL-Systeme sollen Menschen ein längeres, selbstbestimmtes Leben im eigenen häuslichen Umfeld ermöglichen. Dabei spielen Lösungen und Technologien für Home Automation und Smart Homes eine zentrale Rolle, ebenso wie Anwendungen zum Gesundheitsmonitoring, zur Wahrung der persönlichen Sicherheit oder für soziale Vernetzung und Kontakte. So zeigte das von der EU geförderte Projekt HOME-AOM wie sich mittels Gesten das häusliche Umfeld steuern lassen könnte, z. B. Jalousien schließen, Fenster öffnen, die Heizung regulieren oder die Lautstärke beim

Abb.2.9 Gira HomeServer/
FacilityServer App (Gira,
Giersiepen GmbH &
Co. KG)



TV-Gerät auf stumm schalten [49]. Die Erkennung von Gesten erfolgte mittels speziellem Kamera-Equipment, das die Ausführung der Gesten unabhängig von Bildschirmen oder anderen Eingabegeräten im freien Raum ermöglichte. In Kombination mit der Erkennung gesprochener Sprache ließen sich so Bedienszenarien realisieren, die Nutzern eine Art natürlicher Interaktion ermöglichte. Die in dieser Zeit durchgeführten Projekte und Studien waren noch deutlich entfernt von marktreifen Produkten, zeigten jedoch, dass sich Gesten als weitere für Menschen natürliche Modalität zur Steuerung von Geräten eignen.

Heutzutage stehen eine Reihe von Apps in App-Stores zur Verfügung, die dabei helfen sollen, elektronische Helfer und Gadgets im Haushalt bequem und einfach vom Smartphone oder Tablet aus in der Übersicht zu behalten und zu steuern. Beispiele hierfür finden sich bei fast allen Herstellern von Gebäudesystemtechnik [30, 44]. Neben herkömmlichem Single-Touch zum Aktivieren einzelner Funktionen, finden Multi-Touch-Gesten in den Apps vor allem Verwendung bei der Nutzung von Schieberegler, z. B. zur Regelung von Lautstärke, Helligkeit, Jalousien, für Zooming-Aktionen in Raumübersichten oder bei der Auswertung und Visualisierung von Verbrauchswerten mittels Diagrammen (Abb. 2.9).

Die Möglichkeit durch Home Automation-Apps Smartphones, Tablets oder Phablets direkt als Fernsteuerung und Status-Monitor ortsunabhängig nutzen zu können, verdrängt zunehmend fest montierte Steuereinheiten und Fernbedienungen, die mittels lokaler drahtloser Übertragungstechnologien, wie Infrarot, Bluetooth oder Funk, mit den zu steuernden Einheiten kommunizieren. Die rasant zunehmende Verbreitung derartiger Apps öffnet allerdings auch Sicherheitslücken und damit Möglichkeiten des Angriffs auf die eigene Haustechnik für Malware oder Viren, so dass Themen wie Übertragungssicherheit, Schutz vor Hacker-Angriffen, etc. im Bereich der Home Automation zunehmend an Bedeutung gewinnen.

Aber nicht nur Apps bieten zunehmend Multi-Touch-Anwendungen zur Steuerung elektronischer Geräte und Medien im eigenen Heim. Einen anderen Weg bieten Hersteller

wie Ube mit frei programmierbaren Gadgets wie dem Smart Light Dimmer [36]. Nutzer können eigene Gesten nach Belieben festlegen und den gewünschten Funktionen zuordnen. Mittels IP-Verbindung wird so die Steuerung entsprechend ausgestatteter Geräte, z. B. Garagentor, Rasensprenger oder Außenbeleuchtung, in die mobile Steuereinheit integriert und die gewünschte Funktion oder Statusänderung des Gerätes durch eine entsprechende Geste aktiviert. Ganz ohne Display funktioniert dagegen der Schalter Sentido des mit internationalen Designpreisen mehrfach ausgezeichneten Herstellers basalte [10]. Sentido ist weit mehr als ein simpler Lichtschalter. Je nach Berührungsposition und Geste werden unterschiedliche Funktionen ausgelöst oder kombiniert. Dabei geben die Schalter über eine integrierte mehrfarbige LED-Beleuchtung Feedback zum aktuellen Betriebszustand oder zur jeweils ausgelösten Funktion. Die Ansteuerung der über die Schalter vernetzten Geräte erfolgt mittels Heimbustechologien, wie KNX oder EIB. Je nach Schaltertyp reichen die Steuerungsmöglichkeiten von der Licht- und Temperatursteuerung bis zur umfassenden Raum-Komfort-Steuerung oder Integration der Musikanlage.

Die Verfügbarkeit industriell einsetzbarer Touchscreens trägt nicht nur für Privatanwender, sondern auch im industriellen und medizintechnischen Bereich signifikant zu Änderungen in den Bedienphilosophien und der Gestaltung von Maschinenbediensystemen (auf engl. Human Machine Interface, abgekürzt HMI) bei. Eine wesentliche Voraussetzung für die industrielle Tauglichkeit ist, neben der Zuverlässigkeit und Robustheit in der Bedienung, die Einhaltung der hohen Anforderungen an die Einsatzbedingungen, wie Lichtverhältnisse, Schmutz oder Bediensituation. Am häufigsten finden derzeit noch resistive Touchscreens im industriellen Umfeld Anwendung. Hierfür bringen sie einige vorteilhafte Eigenschaften mit. So erlaubt die drucksensitive Oberfläche beispielsweise eine Bedienung mit Handschuhen. Fällt das Stichwort Multi-Touch, stoßen resistive Touchscreens allerdings an ihre technischen Grenzen. Mit neuen Technologien, wie beispielsweise PCAP (Projected Capacitive Touch) oder Infrarot, hält jedoch Multi-Touch auch Einzug in den industriellen Bereich. Mittels Ziehen, Wischen, Drehen oder Zoomen lassen sich Funktionen auf Staplern, Fahrzeugen, an Maschinen oder Anlagen auslösen. Die Ausführung der Gesten kann sowohl mittels Finger, als auch mit Handschuh oder Spezialstiften erfolgen [2]. Das mit dem iF product design award 2012 ausgezeichnete Prime Cube-Konzept der Firma MSC Tuttlingen GmbH bietet sogar die Wahl von optionalen Multi-Touch-Bedientechnologien für den industriellen Einsatz bis zur Integration berührungsloser Gestenerkennung. Diese ermöglicht freie Bewegungen wie Wischen oder Rotieren [57].

Unter Bediensicherheitsaspekten bieten Multi-Touch-Lösungen neue Ansätze für Zweihandbedienszenarien [58], wie beispielsweise die Realisierung von Totmanneinrichtungen und -schaltern. Erst wenn beide Hände eines Anwenders auf dem Bedienpanel liegen, wird zur Sicherheit an gefährlichen industriellen Einzelarbeitsplätzen die gewünschte Funktion ausgelöst. Dies wird beispielsweise im Multi-Touch-System zenon von COPA-DATA (vgl. Abb. 2.10) deutlich, das gezielt für den Einsatz im industriellen Umfeld entwickelt wurde und sowohl als HMI als auch als Prozessleitsystem eingesetzt wird [15]. Sicherheitskritische Aktionen können hier erst durch das zusätzliche Drücken eines Buttons zur Entriegelung

Abb. 2.10 Das Multi-Touch-System „zenon“ erlaubt die Durchführung kritischer Funktionen mittels Zweihandgeste (COPA-DATA GmbH 2013)



Abb. 2.11 „zenon“ ermöglicht die Realisierung von Multi-Touch-Konzepten zur Maschinen- und Anlagenbedienung (COPA-DATA GmbH 2013)



ausgelöst werden. Mit zenon lassen sich einfach bedienbare und innovative Bedienkonzepte für Multi-Touch in der Maschinen- und Anlagenbedienung realisieren (Abb. 2.11).

Mit natürlicher Interaktion zur Steuerung von Robotern beschäftigen sich das Robotics Lab und das New England Robotics Validation and Experimentation Center (NERVE) der Massachusetts Lowell Universität. Dabei spielt neben natürlichsprachlicher Interaktion mit den Robotersteuerungen die Verwendung von Multi-Touch-fähigen Steuereinheiten eine sehr wichtige Rolle. Unter Verwendung des DREAM-Controllers auf dem Microsoft Surface (seit 2012: SUR40 mit Microsoft® PixelSense™) und virtuellen Joysticks auf mobilen iOS-Geräten zeigen die Forscher, wie mehrere Nutzer gleichzeitig kollaborativ autonome Roboter steuern [52, 89]. Mit Hilfe eines den Raum wiedergebenden Kamerabildes, in dem sich die Roboter bewegen, und eines darüber liegenden virtuellen 2-dimensionalen Vektorfeldes, zeigen Jun Kato, Daisuke Sakamoto und andere, wie durch Multi-Touch-Handbewegungen

auf einem Touch Panel Roboter gesteuert werden können [45]. Dabei wird durch Auflegen und Bewegen der Hand auf dem Touch Panel ein künstlicher Vektorstrom erzeugt, dem die Roboter folgen. Solche Interaktionskonzepte eignen sich insbesondere auch für das Anlernen (Teaching) von Robotern, um beispielsweise Fahrwege auf einem Raumplan mit der Hand abzufahren und so den gewünschten Fahrweg zu instruieren. Dies erspart aufwendige Programmierarbeit über entsprechende spezialisierte Kommandosets und ermöglicht einen natürlichen Interaktionsfluss zwischen Mensch und Roboter.

2.4.6 Eintauchen in Daten und Themen: Multi-Touch-Anwendungen im Bereich Informationsvisualisierung

2006 überraschte der Forscher Jeff Han auf der TED Conference das technologiebegeisterte Publikum mit der Demonstration eines Multi-Touch-Screen-Prototypen [85]. Im Internet verbreiteten sich ein halbes Jahr später Videos seiner Vorführung wie ein Lauffeuer und sofort war klar, dass die Entwicklung von Han ein enormes Potenzial hatte. Bald wurde auch der amerikanische Fernsehsender Cable News Network (CNN) auf seine Technologie aufmerksam [13]. Unter anderem setzte CNN seine als „Magic Wall“ bekannte Multi-Touch-Anwendung bei den Präsidentschaftswahlen 2008 ein. Jeff Han hatte seine Idee erfolgreich weiterentwickelt und verhalf dem Sender somit, einen neuen Standard in der Informationsvisualisierung zu setzen. John King, CNNs nationaler Korrespondent, konnte sich nun live in der Sendung durch die Wahlergebnisse zoomen, wischte und tippte sich durch die Bundesstaaten, stellte Prognosen an und ließ sich deren Auswirkungen unmittelbar anzeigen. Neben der Darstellung von Bildern, Diagrammen und weiteren Grafiken beeindruckte insbesondere die intuitive Navigation in digitalem Kartenmaterial – eine nach wie vor beliebte und für Multi-Touch-Demonstrationen gut geeignete Anwendung. Inzwischen wird die Wand unter dem Namen „Multi-Touch Collaboration Wall“ von Hans Firma „Perceptive Pixel“ vermarktet [13]. Unter anderem zählt er auch das Militär zu seinen Kunden [24].

An der Nanyang Technological University in Singapur wurden sogar anhand eines Multi-Touch-Displays Simulationen des astrophysikalischen Universums dargestellt – eine äußerst herausfordernde Aufgabe. Es zeigte sich, dass die Technologie auch zur Navigation in großformatigen und dadurch hochkomplexen 3D-Umgebungen optimal geeignet ist [28].

Die Möglichkeit, mittels Multi-Touch-Display viele Informationen gebündelt darzustellen und zu bearbeiten, ist zunehmend für komplexe Situationen, wie etwa im Bereich des Krisenmanagements, von zentraler Bedeutung. Satelliten und Sensoren sind beim Sammeln der notwendigen Informationen in Katastrophensituationen behilflich [69], doch die immense Menge an eingehenden und sich laufend erneuernden Daten muss auch innerhalb kürzester Zeit ausgewertet werden können. Multi-Touch-Tische und -Wände können hier dem gesamten Team nicht nur einen Überblick verschaffen, sondern auch wichtige Informationen allen zugänglich machen und so die Entscheidungsfindung beschleunigen [48]. Neben der Anwendung während und nach unerwarteten Katastrophen könnten

Multi-Touch-Displays auch für präventive Maßnahmen eingesetzt werden, beispielsweise zur Simulation bei der Planung von Massenveranstaltungen.

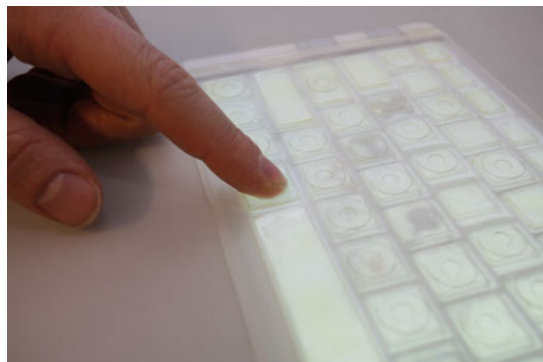
Interaktive Informationsvisualisierungen auf Multi-Touch-Oberflächen werden in Zukunft vermutlich in vielfältigen Arbeitsumfeldern eine zunehmend wichtigere Rolle spielen, zum Beispiel in Beratungs- oder Präsentationssituationen, bei der Planung von Gebäuden und Städten, in Einsatzzentralen oder beim Militär. Noch sind sie allerdings fast ausschließlich als Prototypen der Forschung vorbehalten.

2.5 Multi-Touch extended: Erweiterung durch Tagged Objects

Der Synthesizer „Reactable“, der in Abschn. 2.4.3 näher beschrieben wurde, ist eines der bekanntesten multi-touch-fähigen Tangible User Interfaces. Die Objekterkennung durch die Software erfolgt hier über visuelle Markierungen an der Unterseite der Objekte, sogenannte „Fiducials“. Das Prinzip der optischen Marker kommt inzwischen vielfältig zum Einsatz. Bei Anwendungen auf dem Multi-Touch-Tisch SUR40 mit Microsoft® PixelSense™ (ehem. Microsoft Surface) nutzen die Entwickler die Integration physischer, mit „Tags“ versehener, Objekte, um Figuren oder Würfel einbinden zu können. Die Interaktion mit Objekten erfolgt meist intuitiv, da sie bereits bekannte Metaphern aus dem Alltag aufgreifen.

Die „Tagged Objects“ an Multi-Touch-Tischen haben sich jedoch in erster Linie als Erweiterung zur Eingabemöglichkeit per Touch durchgesetzt. Die Media Computing Group der RWTH Aachen entwickelte hierzu die „SLAP Widgets“ – transparente Tastaturen, Drehknöpfe und Schieberegler aus Silikon und Acryl. Sie können einfach auf dem Tisch abgelegt und dann zur Eingabe genutzt werden. Dabei geben sie zusätzlich noch ein haptisches Feedback, welches Multi-Touch-Tischen bisher fehlte. Die exakte Eingabe wird so deutlich vereinfacht [51] (Abb. 2.12).

Abb. 2.12 Die SLAP Widgets der RWTH Aachen ermöglichen haptisches Feedback bei der Eingabe auf Multi-Touch-Tischen (Lehrstuhl für Informatik 10, RWTH Aachen)



2.6 Ein Quantum Touch: Multi-Touch in Film und Fernsehen

Während im Jahr 1982 an der Universität in Toronto an der Entwicklung eines Multi-Touch-Systems gearbeitet wurde [12], zog der Science-Fiction Film „Tron“ die Kinoszauer in seinen Bann. „Tron“ bot zur damaligen Zeit nicht nur fantastisch anmutende Animationen, er zeigte vor allem einem großen Publikum einen Multi-Touch-Tisch in der Anwendung. Nach der Jahrtausendwende folgten weitere Science-Fiction-Filme, wie „Minority Report“ (2002) und „The Island“ (2005), mit der Darstellung von futuristischen Multi-Touch-Screens. Aber erst gegen Ende des Jahrzehnts wurde die tatsächliche Einbindung der Multi-Touch-Technologie in unseren zukünftigen Alltag für jedermann greifbar.

So erschienen gleich zwei bedeutende Geräte für Endnutzer auf dem Markt: Der erste „Microsoft Surface“ in Tischform war zwar für Privathaushalte noch nicht erschwinglich, Apple-Fans auf der ganzen Welt hingegen fieberten 2007 sehnsüchtig dem iPhone entgegen. Das bot neben einer einfachen Touchanwendung in begrenztem Maße auch Multi-Touch-Anwendungen, beispielsweise für die Zoom-Funktion, und machte so die Technologie einem breiten Publikum zugänglich. Im selben Jahr, in dem der Fernsehsender CNN (s. Abschn. 2.4.6) erstmalig seine „Magic Wall“ zum Einsatz brachte, zeigte auch James Bond in „Ein Quantum Trost“ einen weiteren beeindruckenden Multi-Touch-Tisch im Kino [56]. Zeitnah ließ die US-amerikanische Kriminalserie „CSI:Miami“ das Publikum erahnen, dass auch größere Multi-Touch-Anwendungen nicht mehr lange der Science-Fiction-Welt vorbehalten bleiben würden. Die fiktive Serie ist in der heutigen Zeit angesiedelt und zeigt den spannenden Arbeitsalltag rund um ein Team von Kriminaltechnikern. Unterstützt werden die Protagonisten dabei von einer Vielzahl neuester Technologien. Zentrale Elemente bilden seit Staffel 6 sowohl ein Multi-Touch-Tisch als auch ein -Wanddisplay.

All diese Ereignisse innerhalb einer relativ kurzen Zeitspanne führten zu einer verstärkten Wahrnehmung der Rolle, welche die Multi-Touch-Technologie zukünftig in unserem Alltag spielen könnte. Während die Nutzer anhand ihres iPhones erste Erfahrungen mit Multi-Touch sammelten, wurde ihnen auf CNN die schon realisierten Möglichkeiten eines großen Displays aufgezeigt. Anwendungsszenarien in Serien, wie in „CSI:Miami“, schienen dabei plötzlich sehr nah. Und wer konnte sich da noch sicher sein, dass sie nicht längst stattfanden?

2.7 Test & Touch: Experimentelle Multi-Touch-Anwendungen

In Forschungseinrichtungen weltweit wird nicht nur an der Weiterentwicklung von Software und Hardware gearbeitet – auch neue Interaktionsformen und Anwendungsgebiete für Multi-Touch-Technologien werden untersucht. Hochschulen bieten zudem in optimaler Weise den notwendigen Experimentierraum, den jede neue Technologie benötigt, um in ihrer vollen Bandbreite ausgeschöpft werden zu können.

Abb. 2.13 Biegsame Oberflächen wie das BendDesk der RWTH Aachen bieten neuartige Einsatzmöglichkeiten an Büroarbeitsplätzen (Lehrstuhl für Informatik 10, RWTH Aachen)



Abb. 2.14 Mit Multitoe zeigt das Hasso Plattner Institut, dass Gesten nicht auf Hände beschränkt sein müssen (Kay Herschelmann)



Das Projekt „BendDesk“ der RWTH Aachen verbindet beispielsweise anhand einer gebogenen Acrylfläche den horizontalen Tisch mit dem vertikalen Bildschirm und eröffnet so neue Einsatzmöglichkeiten, beispielsweise an Büroarbeitsplätzen (Abb. 2.13) [50]. Die Idee von interaktiven Displays auf nicht-planaren Flächen ist allerdings nicht neu: Schon 2008 wurde sie in Form der „Sphere“ von Microsoft vorgestellt, einem Multi-User- und Multi-Touch-sensitiven Display in Kugelform, das einen 360-Grad-Zugriff ermöglichte [54]. Inzwischen werden solche kugelförmigen Multi-Touch-Displays erfolgreich vermarktet. Einsatzgebiete finden sich auf Messen, in Museen oder auf Events (Abb. 2.13).

Das in Abb. 2.14 gezeigte Projekt „Multitoe“ ermöglicht ein in der Theorie unbegrenzt großes Display auf dem Boden und startete im Herbst 2009 als Forschungsprojekt am „Human Computer Interaction Lab“ des Hasso Plattner Instituts. Dabei kann „Multitoe“ mehrere Nutzer gleichzeitig an ihren Schuhabdrücken erkennen, ihnen folgen und zwischen normalem Gehen und Eingabegesten unterscheiden. Anhand der Balance der Füße ist es „Multitoe“ sogar möglich, die Kopfrichtung des Nutzers zu bestimmen [35].

Mit Hilfe der Steuerungshardware Kinect von Microsoft können auch elastische Oberflächen als Ein- und Ausgabemedium dienen. Ein Team des Media Labs des Massachusetts Institute of Technology (MIT) erstellt unter der Leitung von Dhairya Dand das Multi-Touch-Konzept „Obake“, das sowohl auf Druck als auch auf Zug reagiert. Die flexible Silikonoberfläche ermöglicht so die Navigation innerhalb des projizierten Bildes. Um „Obake“ nutzen zu können entstanden auch neue Gesten, wie beispielsweise die Geste „S bend“, welche das gleichzeitige Ziehen und Drücken an zwei verschiedenen Punkten beinhaltet [31].

Experimentelle Multi-Touch-Projekte führen zu immer mehr und komplexeren Gestensets. Gesten, welche uns inzwischen in unserem Alltag nicht mehr ungewöhnlich erscheinen, inspirierten Gabriele Meldaiyte, Studentin des Royal College of Art, zur Gestaltung ihres Projekts „Multi-Touch Gestures“. Sie konservierte hierfür die fünf Gesten, welche wir zur Bedienung eines Smartphones verwenden, indem sie sie zurück in interaktive, dreidimensionale Objekte aus Holz und Acryl übertrug [29].

2.8 Fazit und Ausblick

Mit der Einführung von Apples iPhone und dem Microsoft Surface (seit 2012: SUR40 mit Microsoft® PixelSense™) erfuhr die (Multi-)Touch-Welt 2007 einen starken Aufschwung [12]. Seitdem wuchs nicht nur das mediale Interesse an der Technologie, vielmehr hielt sie Einzug in unseren Alltag und veränderte in wenigen Jahren auch unser Interaktionsverhalten. Mittlerweile verwenden die meisten Nutzer Multi-Touch-Gesten intuitiv, selbst das jüngste Publikum, wie auf humorvolle Weise im YouTube-Video „A Magazine is an iPad that does not work“ [90] deutlich wird. Die Gesten – von Pinch über Spread bis zu Swipe – werden intuitiv eingesetzt, ob am eigenen Smartphone oder am Interface des Fahrkartenautomaten. Darauf zurückführend, kommen Multi-Touch-Interaktionen inzwischen zunehmend in Produktentwicklungen zum Einsatz, die sich somit vom Screen gelöst haben und gänzlich ohne Graphical User Interface auskommen – etwa wie das in Abschn. 2.4.5 beschriebene Lichtschaltersystem aus dem Hause basalte [10]. Multi-Touch hat mittlerweile zahlreiche Freizeit- und Arbeitsbereiche erobert, vom Museumsbesuch bis hin zur industriellen Anwendung – die in diesem Beitrag vorgestellten Beispiele sind nur einige wenige, die das breite Spektrum spannender Einsatzmöglichkeiten zeigen. Ob die Multi-Touch-Technologie eines Tages gewohnte Eingabequellen, wie Maus oder Tastatur, gänzlich ersetzen wird, ist jedoch fraglich und hängt sicherlich eng mit der Auswahl dafür geeigneter Anwendungsszenarien zusammen. Fest steht nur, dass die Reise noch lange nicht beendet ist und die Welt der Gesten jede Menge Raum für Experimente lässt: So stehen schon längst neue Technologien in den Startlöchern, wie etwa die Gestensteuerung im freien Raum – ob beispielsweise via Microsoft Kinect oder sogar in Interaktion mit holografischen Objekten (vgl. Abschn. 2.2.2). Was wir bisher vor allem aus Zukunftsszenarien in Film und Fernsehen

kannten (vgl. Abschn. 2.6), hält Einzug in unser Wohnzimmer und macht ihn fühlbar für jedermann: den „Touch of Future“.

Literatur

1. Ads-tec GmbH: ads-tec mit Multi-Touch PCs auf der conhIT 2012 in Berlin. Pressemitteilung 04/2012. <http://www.perspektive-mittelstand.de/ads-tec-mit-Multi-Touch-PCs-auf-der-conhIT-2012-in-Berlin/pressemitteilung/52100.html> (2012). Zugriffen: 19. Mai 2013
2. Ads-tec: Terminals – x86-Performance im Monitorformat. Broschüre Terminals Ausgabe 02/2013. Ads-Tec, Leinfelden-Echterdingen (2013)
3. Albright-Hanna, A. (WIRED): Keitch McMillen QuNeo – touch me three times. <http://www.wired.com/reviews/2013/02/quneo/> (2013). Zugriffen: 22. Mai 2013
4. Alonso, M. marcosalono: Reactable: basic demo #1. <http://www.youtube.com/watch?v=0h-RhyopUmc> (2006). Zugriffen: 22. Mai 2013
5. Alonso, M.: SAMPLR. <http://www.samplr.net> (2013). Zugriffen: 22. Mai 2013
6. Alonso, M.: Samplr – touch the music. <https://itunes.apple.com/de/app/samplr-touch-the-music/id560756420?mt=8> (2013). Zugriffen: 22. Mai 2013
7. Andrews, R. (WIRED): ReacTable Tactile Synth Catches Björk's Eye – and ear. http://www.wired.com/entertainment/music/news/2007/08/bjork_reacTable (2007). Zugriffen: 22. Mai 2013
8. Ars Electronica Linz GmbH: 2008 Prix Gewinner: digital musics & sound art. <http://www.aec.at/prix/winners/2008-prix-gewinner-digital-musics-sound-art/> (2008). Zugriffen: 22. Mai 2013
9. ART+COM AG: ANAMORPHIC LOGOS – Deutsche Bank, 2011. <http://www.artcom.de/projekte/projekt/detail/anamorphic-logos> (2013). Zugriffen: 22. Mai 2013
10. Basalte: Sentido. <http://www.basalte.be/#/DE/products/sentido/> (2013). Zugriffen: 02. Mai 2013
11. Burmester, M., Koller, F., Höflacher, C.: Touch it, move it, scale it – multitouch. User Interface Design GmbH. <http://www.uid.com/de/aktuelles/publikationen/burmester-m-hoeflacher-c-koller-f-touch-it-move-it-scale-it-multitouch.html> (2009). Zugriffen: 25. Feb. 2013
12. Buxton, B.: A touching story: a personal perspective on the history of touch interfaces past and future. In: Society for Information Display (SID) Symposium Digest of Technical Papers, May 2010, Bd. 41(1), Session 31, S. 444–448. ACM (2010)
13. CNN.com/technology: The inventor behind CNN's election 'Magic Wall'. <http://edition.cnn.com/2008/TECH/11/04/magic.wall/> (2009). Zugriffen: 14. Mai 2013
14. Coding Caveman: Guitar: Solo Lite. https://play.google.com/store/apps/details?id=com.codingcaveman.SoloTrial&feature=search_result#?t=W251bGwsMSwxLDEsImNvbS5jb2RpbmdjYXZlbWFuLlNvbG9UcmhbcjJd (2013). Zugriffen: 22. Mai 2013
15. COPA-DATA: zenon mit Multi-Touch. <http://www.copadata.com/de/industrien/hot-topics/hmi-und-scada-multi-touch-anwendungen-mit-zenon.html?PHPSESSID=5770609ea46353191e32ca8882c9f5de> (2013). Zugriffen: 09. Mai 2013
16. COSALUX GmbH: Touch-Terminal – Intuitives haptisches Informationserlebnis. <http://www.touch-terminal.net>, <http://www.touch-terminal.net/bmbf-geht-auf-die-reise-singapore-water-week-02-04-juli-2012/?lang=de> und <http://www.touch-terminal.net/bmbf-auf-ifat-messe-in-munchen-07-11-mai-2012/?lang=de>. (2013) Zugriffen: 22. Mai 2013
17. Danek, S. (PAGE): In Touch mit der Kunst. http://www.page-online.de/emag/kreation/artikel/in_touch_mit_der_kunst (2012). Zugriffen: 22. Mai 2013

18. Deutsche Bank AG: Deutsche Bank auf dem Werbefestival in Cannes erstmals mit zwei Löwen ausgezeichnet. https://www.db.com/medien/de/content/3862_4170.htm (2012). Zugriffen: 22. Mai 2013
19. Deutsche Bank AG: The BrandSpace. <http://the-brandspace.de/> (2012). Zugriffen: 22. Mai 2013
20. DIN EN ISO 9241-910:2011-11.: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 910: Rahmen für die taktile und haptische Interaktion, Deutsche Fassung. Beuth-Verlag, Berlin (2011)
21. Duckheim, T.: Gestensteuerung – eine Untersuchung über Marktsituation und Potenzial. http://winwiki.wi-fom.de/index.php/Gestensteuerung_-_Eine_Untersuchung_%C3%BCber_Marktsituation_und_Potential#Begriffsdefinition_Gestensteuerung (2010). Zugriffen: 22. Mai 2013
22. Durham University News: Star Trek Classroom: the next generation of school desks. <http://www.dur.ac.uk/news/newsitem/?itemno=15991> (2013). Zugriffen: 17. Mai 2013
23. Expectare Deutschland GmbH: Berliner Ausstellungen entdecken Multitouch. <http://www.expectare.com/expectare/museen-ausstellungen/>. Zugriffen: 22. Mai 2013
24. Fastcompany: Penenberg, A.L.: Can't touch this. <http://www.fastcompany.com/58472/cant-touch> (2013). Zugriffen: 15. Mai 2013
25. Fingerlab Creative tools and games for iO: Multiponk. <http://www.fingerlab.net/website/Fingerlab/Multipong.html> (2011). Zugriffen: 19. Mai 2013
26. Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT: 3D-Multi-Touch-Umgebung – System gehorcht auf Fingerzeig – Softwaresteuerung durch Gesten. <http://www.fit.fraunhofer.de/de/fb/cscw/projects/3d-multi-touch.html> (2010). Zugriffen: 19. Mai 2013
27. Fraunhofer-Institut für Bildgestützte Medizin MEVIS: Material & Downloads Audio & Filme. <http://www.mevis.fraunhofer.de/material-downloads/audio-filme.html> (2013). Zugriffen: 19. Mai 2013
28. Fu, C.-W., Goh, W.-B., Allen, J.N.: Multi-touch techniques for exploring large-scale 3D astrophysical simulations. http://web.mysites.ntu.edu.sg/cwfu/public/Shared%20Documents/multitouch_nav/paper/multitouch_nav.pdf (2012). Zugriffen: 19. Mai 2013
29. Gabriele Meldaiyte: <http://www.gabrielemeldaiyte.com/project/multi-touch-gestures>. Zugriffen: 14. Apr. 2013
30. Gira: Gira HomeServer/FacilityServer Apps für iPhone, iPod touch und iPad. <http://www.gira.de/service/presse/artikel.html?a2cid=1419> (2013). Zugriffen: 28. Apr. 2013
31. Gizmo Envy: Obake stretchy touchscreen concept lets you pinch, prod and pummel data. <http://www.gizmoenvy.com/2013/04/23/obake-stretchy-touchscreen-concept-lets-you-pinch-prod-and-pummel-data> (2013). Zugriffen: 13. Mai 2013
32. Google Inc.: Google gesture search. <http://www.androidpit.de/de/android/market/apps/app/com.google.android.apps.gesturesearch/Google-Gesture-Search> (2013). Zugriffen: 28. Apr. 2013
33. Gronbach, F., Graef, J.: Stadtplanung – Bachelorthesis, HfG Schwäbisch Gmünd, Wintersemester 2010/2011. <http://vimeo.com/20788782> (2011). Zugriffen: 19. Mai 2013
34. Hackenberg, G.: 3D multi-touch prototype for augmented and virtual reality. <http://www.youtube.com/watch?v=Tw1mXjMshJE> (2010). Zugriffen: 19. Mai 2013
35. Hasso Plattner Institut: Multitoe. <http://www.hpi.uni-potsdam.de/baudisch/projects/multitoe.html> (2013). Zugriffen: 12. Mai 2013
36. Heater, B.: Ube WiFi Smart Dimmer to receive customized multitouch gesture. Engadget. <http://www.engadget.com/2013/03/10/ube-wifi-smart-dimmer> (2013). Zugriffen: 28. Apr. 2013
37. Hegel, M. (Städel Museum): Punktlandung: Multitouch-Screen im Städel erhält renommierten Red Dot Design-Award. <http://blog.staedelmuseum.de/verschiedenes/punktlandung-multitouch-screen-im-stadel-erhalt-rennomierten-red-dot-design-award> (2012). Zugriffen: 22. Mai 2013

38. Herrman, J.: Massive multitouch hologram is like microsoft surface without the surface. <http://gizmodo.com/5033040/massive-multitouch-hologram-is-like-microsoft-surface-without-the-surface> (2008). Zugegriffen: 20. Mai 2013
39. HfG Hochschule für Gestaltung Schwäbisch Gmünd: MOVING TYPES – Lettern in Bewegung. http://www.hfg-gmuend.de/MOVING_TYPES_%E2%80%93_Lettern_in....html (2012). Zugegriffen: 22. Mai 2013
40. HfG Hochschule für Gestaltung Schwäbisch Gmünd: Punktlandung: Moving Types erhält red dot design award. http://www.hfg-gmuend.de/Punktlandung_Moving_Types_e..._2.html#highlight:moving.types (2012). Zugegriffen: 22. Mai 2013
41. Higgelke, R.: Touchscreens bei Medizinprodukten – Sicher und intuitiv bedienen. Medizin und Elektronik. http://www.medizin-und-elektronik.de/it-in-der-klinik/article/94725/0/Sicher_und_intuitiv_bedienen/ (2013). Zugegriffen: 19. Mai 2013
42. Hinrichs, U., Carpendale, S.: Interactive tables in the wild – visitor experiences with multi-touch tables in the Arctic exhibit at the Vancouver Aquarium. http://openexhibits.org/wp-content/uploads/papers/studyReport_VancouverAquarium.pdf (2011). Zugegriffen: 22. Mai 2013
43. Isenberg, P., Carpendale, S., Hesselmann, T., Isenberg, T., Lee, B. (Hrsg.): Proceedings of the Workshop on Data Exploration for Interactive Surfaces DEXIS 2011, Research Report No. 0421, Research Centre Saclay – Île-de-France, Orsay (2012)
44. Jung: Smart Control IP. <http://www.jung.de/1990/produkte/neuheiten/smart-control-ip/> (2013). Zugegriffen: 28. Apr. 2013
45. Kato, J., Sakamoto, D., Inami, M., Igarashi, T.: Multi-touch interface for controlling multiple mobile robots. In: CHI 2009, 4 – 9 April 2009, Boston. ACM. Isbn: 978-1-60558-247-4 (2009)
46. Keith McMillen Instruments (Kickstarter): QuNeo, 3D multi-touch open source MIDI & USB pad controller. <http://www.kickstarter.com/projects/kmi/quneo-multi-touch-open-source-midi-and-usb-pad-con> (2012). Zugegriffen: 22. Mai 2013
47. Klinkhammer, D., Reiterer, H.: Blended Museum – Perspektiven für eine vielfältige Besuchererfahrung. i-com 7(2), 4–10 (2008)
48. Laufs, U., Zibuschka, J., Roßnagel, H., Engelbach, W.: Entwurf eines Multi-touch-Systems für die organisationsübergreifende Zusammenarbeit in nicht-operativen Phasen des Notfallmanagement. <http://www.user.tu-berlin.de/komm/CD/paper/061531.pdf> (2011). Zugegriffen: 12. Mai 2013
49. Machate, J., Bekiaris, E., Nikolaou, S.: Control it by gestures: results from a wizard of oz experiment in a smart home environment. In: Bühler, C., Knops, H. (Hrsg.) Assistive Technology on the Threshold of the New Millenium, S. 136–141. IOS Press, Amsterdam (1999)
50. Media Computing Group: BendDesk: Press releases: Short introduction by campushunter. <http://hci.rwth-aachen.de/benddesk> (2013). Zugegriffen: 17. Mai 2013
51. Media Computing Group: SLAP: Silicone Illuminated Active Peripherals. <http://hci.rwth-aachen.de/slap> (2013). Zugegriffen: 17. Mai 2013
52. Micire, M., McCann, E., Desai, M., Tsui, K.M., Norton, A., Yanco, H.A.: Hand and finger registration for multi-touch joysticks on software-based operator control units. In: Proceedings of the IEEE International Conference on Technologies for Practical Robot Applications, Woburn, Apr. (2011)
53. Microsoft™: The power of pixelsense™. <http://www.microsoft.com/en-us/pixelsense/pixelsense.aspx> (2012). Zugegriffen: 6. Juni 2013
54. Microsoft Research: Sphere: a multi-touch interactive spherical display. <http://research.microsoft.com/en-us/um/people/benko/projects/sphere> (2013). Zugegriffen: 12. Mai 2013
55. MINDSTORM – Mindstorm Multitouch Ltd.: iBar. <http://www.mindstorm.com/product/ibar>. Zugegriffen: 15. Mai 2013
56. MK Twelve: Quantum of Solace – FX REEL. <http://mk12.com/MKXII/portfolio/james-bond-quantum-of-solace-fx-reel/#> (2013). Zugegriffen: 15. Apr. 2013

57. MSC Tuttlingen GmbH: Flyer News Ausgabe 2012. http://www.primecube.de/fileadmin/user_upload/pdf_de/de_neuheiten_2012.pdf (2012). Zugriffen: 19. Mai 2013
58. MSC Tuttlingen GmbH: Produkt- und Anwendungsbeispiele Panel-PC mit Multitouch. <http://www.primecube.de/de/servicecenter/technik/multitouch/panel-pc-mit-multitouch.html> (2011). Zugriffen: 19. Mai 2013
59. Müller, H.: Knopflos glücklich – Multitouch-Systeme: Bedienkomfort und neue Nutzungsoptionen für aseptische Bereiche. *Medizin & Technik*. <http://www.medizin-und-technik.de/dossier-endoprothesen/-/article/33568401/35335187?returnToFullPageURL=back> (2011). Zugriffen: 19. Mai 2013
60. Multitouch Lab Journal: GIT Labor-Fachzeitschrift 2011, H. 7, S. 452–453. GIT Veralg GmbH & Co. KG, Darmstadt (2011)
61. Music Technology Group: Universitat Pompeu Fabra Barcelona: Reactable. <http://mtg.upf.edu/project/reactable?p=History>. Zugriffen: 22. Mai 2013
62. Musion: Musion Eyeliner. <http://www.musion.co.uk>. Zugriffen: 2. Juni 2013
63. Nebe, K., Fischer, H., Klomp maker, F., Jung, H.: Multitouch-, Be-Greifbare- und Stiftbasierte-Interaktion in der Einsatzlageplanung. In: Eibl, M. (Hrsg.) *Mensch & Computer 2011 – 11. fachübergreifende Konferenz für interaktive und kooperative Medien*, S. 263–273. Oldenbourg, München (2011)
64. Niederhuber, C.: Bedienpanel – Multitouch-Technologie mit haptischen Elementen vereint. <http://www.etz.de/2279-0-Bedienpanel+Multitouch-Technologie+mit+haptischen+Elementen+vereint.html> und http://www.etz.de/files/e20223zfe_keba.pdf (2012). Zugriffen: 22. Mai 2013
65. Nielsen Norman Group: User experience (UX) – our definition. <http://www.nngroup.com/about-user-experience-definition/> (2013). Zugriffen: 6. Juni 2013
66. Obscura Digital, Inc. (patcon96): Obscura VisionAire interface. http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=egAl6sNMaqE (2008). Zugriffen: 20. Mai 2013
67. Obscura Digital, Inc.: New VisionAire technology from Obscura. <http://interactive-vision.blogspot.de/2008/08/new-visionaire-technology-from-obscura.html> (2008). Zugriffen: 20. Mai 2013
68. Orangeth: Stadel Museum Clips. <http://www.behance.net/gallery/STAEDEL-MUSEUM-CLIPS/7439579> (2013). Zugriffen: 15. Juli 2013
69. Paelke, V., Nebe, K., Klomp maker, F., Jung, H.: Multi-touch interaction for disaster management. http://www.geomatik-hamburg.de/geoviz11/abstracts/25_geoviz_paelke.pdf (2009). Zugriffen: 19. Mai 2013
70. Pavlovic, V.I., Sharma, R., Huang, T.S.: Visual interpretation of hand gestures for human-computer interaction: a review. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* **19**(7), 677–695 (1997)
71. Peter, B.: Virtuoso Piano Free 2 HD. <https://itunes.apple.com/de/app/virtuoso-piano-free-2-hd/id304075989?mt=8> (2010). Zugriffen: 22. Mai 2013
72. Queensland University of Technology (QUT): The cube. <http://www.thecube.qut.edu.au/about/> (2013). Zugriffen: 20. Mai 2013
73. Queensland University of Technology (QUT): Virtual reef. <http://www.thecube.qut.edu.au/projects/virtual-reef.php> (2013). Zugriffen: 20. Mai 2013
74. Reactable Systems: Reactable mobile. <https://itunes.apple.com/de/app/reactable-mobile/id381127666?mt=8> (2013). Zugriffen: 22. Mai 2013
75. Reactable Systems: reactable. <http://www.reactable.com>. Zugriffen: 22. Mai 2013
76. Red Paper Heart Inc.: Heineken interactive bar – touch-table designs for MiniVegas. <http://redpaperheart.com/work/heinekeninteractivebar> (2012). Zugriffen: 20. Mai 2013
77. Ritter, F., Al Issawi, J., Harz, M., Benten, S., Schilling, K.J.: Combining mobile devices and medical workstations for diagnostic readings of medical images. *I-com* **1**, 2–9 (2013)

78. Rogge, K., Wochinger, T.: Multi-Touch in Logistik und Auftragsmanagement. In IT & Production. http://www.it-production.com/index.php?seite=einzel_artikel_anzicht&id=53332 (2010). Zugegriffen: 19. Mai 2013
79. SAMSUNG: Interaktives Multi-Touch-Display mit Objekterkennung. <http://www.samsung.com/de/consumer/notebooks-displays/large-format-displays/surface-2/LH40SFWTGC/EN> (2013). Zugegriffen: 6. Juni 2013
80. Schreuder, R. (Pyramus): Interactive multi-touch bar for Heineken ODE. <http://www.behance.net/gallery/Heineken-Interactive-Bar-brand-activation/4539051> (2012). Zugegriffen: 15. Mai 2013
81. Sharma, A., Madhvanath, S.: MozArt: an immersive multimodal CAD system for 3D modeling. <http://anirudh.me/cms/files/media/Mozart%20Multimodal%20CAD%20Anirudh%20Sharma%20SriG.pdf> (2011). Zugegriffen: 22. Mai 2013
82. Sharma, A., Mozart: multimodal CAD modeling. <http://vimeo.com/18988094> (2011). Zugegriffen: 22. Mai 2013
83. Spath, D., Weisbecker, A. (Hrsg.): Multi-Touch Technologie, Hard-/Software und deren Anwendungsszenarien. Studie Fraunhofer IAO, überarbeitete Version, April 2010. Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation, Stuttgart (2010)
84. Synaptics, Inc.: Windows 8 – Synaptics Gesture Suite™ windows 8 for touchPad™. <http://www.synaptics.com/solutions/technology/windows8> (2012). Zugegriffen: 20. Mai 2013
85. TED: Jeff Han zeigt seinen bahnbrechenden Touchscreen. http://www.ted.com/talks/jeff_han_demos_his_breakthrough_touchscreen.html (2006). Zugegriffen: 12. Mai 2013
86. Thirion, S.: Presents Eliss. <http://www.toucheliss.com> (2009). Zugegriffen: 19. Mai 2013
87. Trimble: SketchUp. <http://www.sketchup.com/intl/de/index.html> (2012). Zugegriffen: 22. Mai 2013
88. Ultradent Dental-Medizinische Geräte GmbH & Co. KG: Multimediasystem Vision U. <http://www.ultradent.de/de/produkte/behandlungseinheiten/multimediasystem-vision-u.html> (2013). Zugegriffen: 19. Mai 2013
89. UMass Lowell Robotics Lab: Collaborative control of simulated robots using Microsoft Surface & Apple iPad. <http://www.youtube.com/watch?v=rHI7kkLI5Q&list=PL2965B075CD017BB4> (2011). Zugegriffen: 09. Mai 2013
90. UserExperiencesWorks: <http://www.youtube.com/watch?v=aXV-yaFmQNk> (2011). Zugegriffen: 23. Mai 2013
91. VDE: Smart Home zählt 2025 zum gehobenen Lebensstandard. Pressemitteilung 20/2013 des VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. (2013)
92. Vectorform: A new frontier for „The Settlers of Catan“. <http://blog.vectorform.com/2010/08/02/a-new-frontier-for-the-settlers-of-catan> (2013). Zugegriffen: 19. Mai 2013
93. Villamor, C., Willis, D., Wroblewski, L.: Touch gesture reference guide. <http://www.lukew.com/touch/> (2010). Zugegriffen: 25. Feb. 2013
94. z zg Zentrum für Zeitbasierte Gestaltung, Fachhochschule Mainz, Fachhochschule Mainz / Institut für Mediengestaltung, Hochschule für Gestaltung Schwäbisch Gmünd: MOVING TYPES. <http://www.moving-types.de>. Zugegriffen: 22. Mai 2013



Multi-Touch

Interaktion durch Berührung

Schlegel, Th. (Hrsg.)

2013, VIII, 396 S. 212 Abb., Hardcover

ISBN: 978-3-642-36112-8