

Bachelorarbeit

Touchscreen-basierte Bedienkonzepte am Beispiel eines Bedienpanels für Frequenzumrichter

Christian Ehrenfeld

7. April 2014



Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau
Technische Fakultät
Institut für Informatik

Eingereichte Bachelorarbeit gemäß den Bestimmungen der Prüfungsordnung der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg für den Studiengang Bachelor of Science (B. Sc.) Informatik vom 19.05.2009.

Bearbeitungszeitraum

07.01.2014 – 07.04.2014

Gutachter

Prof. Dr. Hannah Bast

Betreuer

Dipl. Ing. Richard Gottschalk

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich diese Abschlussarbeit selbständig verfasst habe, keine anderen als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel verwendet habe und alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten Schriften entnommen wurden, als solche kenntlich gemacht habe. Darüber hinaus erkläre ich, dass diese Abschlussarbeit nicht, auch nicht auszugsweise, bereits für eine andere Prüfung angefertigt wurde.

(Christian Ehrenfeld)

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
1 Einführung	3
1.1 Übersicht	4
1.2 Verwandte Arbeiten	4
2 Anwendungsbedienung durch Berührung	5
2.1 Touchscreen-Technologien	5
2.1.1 Resistiv	5
2.1.2 Kapazitiv	6
2.1.3 Infrarot	7
2.1.4 Surface Acoustic Wave (SAW)	8
2.2 Single-Touch und Multi-Touch	9
2.3 Gestengesteuerte Anwendungen	10
2.4 Eingabeschnittstellen	12
2.4.1 Buxton's 3-state Modell	12
2.4.2 Bildschirm-Tastaturen	13
2.5 Einsatzbereiche	16
3 Anforderungen an Benutzeroberflächen	19
3.1 Visuelles Feedback und Aufforderungscharakter	19
3.2 Objektgröße und die Fehlerrate bei der Bedienung	22
3.3 Touch-Bedienbarkeit von Standardkomponenten	23
3.4 Richtlinien für die Touch-Bedienbarkeit von Benutzeroberflächen	25
4 Die Anwendung _____	27
4.1 Technische Voraussetzungen	27
4.2 Die Benutzeroberfläche	28
4.3 Bedienbarkeit auf dem Touchscreen	30
4.4 Anpassung der Benutzeroberfläche	30
4.5 Benutzerstudie	34
4.5.1 Die Testvoraussetzungen	34
4.5.2 Die Testdurchführung	34
4.5.3 Die Testergebnisse	35
5 Diskussion	39

Danksagung	41
Abbildungsverzeichnis	43
Abkürzungsverzeichnis	45
Literaturverzeichnis	47

Zusammenfassung

Diese Abschlussarbeit behandelt die Besonderheiten der Bedienung von berührungsempfindlichen Anzeigen. Es wird gezeigt welche Möglichkeiten touch-bedienbare Anzeigen durch ihre direkte Steuerung bieten und welchen Einschränkungen sie unterliegen. Für das Gestalten von Benutzeroberflächen für Touchscreens werden bewährte Methoden geschildert und der Unterschied zu Benutzeroberflächen, die mit Maus und Tastatur bedient werden, gezeigt. Auf der Grundlage dieser Erkenntnisse wurde die bestehende Benutzeroberfläche der Anwendung _____, welche für die Bedienung mit der Maus und Tastatur konzipiert wurde, so optimiert, dass diese auf einem Bedienpanel mit einem Touchscreen verwendet werden kann. Anschließend wurde eine Benutzerstudie durchgeführt um Bedienbarkeitsprobleme bei der Benutzung des Bedienpanels in Erfahrung zu bringen und beheben zu können.

1 Einführung

Berührungsempfindliche Anzeigen haben in der Gesellschaft in den letzten Jahren eine hohe Akzeptanz erreicht. Ihre Erfindung reicht bis in die 1960er Jahre zurück und wird seit dieser Zeit immer weiter verbessert [1]. Sie eröffnen dem Anwender eine neue Art der Interaktion: Interaktive Elemente einer Benutzeroberfläche können durch die Berührung mit einem Stift oder dem Finger selektiert werden, was den Einsatz von weiteren Eingabegeräten wie Mäusen oder Tastaturen überflüssig machen kann. Diese Art der Interaktion wird direkte Steuerung genannt, weil der Anwender die Elemente nicht über einen Mauszeiger bedienen muss, sondern auf der Anzeige selbst auswählen kann.

Die Vor- und Nachteile dieser Eingabemethode wurden bereits vielfach untersucht. Einer der am häufigsten genannten Vorteile ist die leichte Erlernbarkeit der Bedienung, da die direkte Interaktion als natürlich empfunden wird [2]. Shneiderman nennt als weiteren Vorteil, dass die Koordination zwischen der Hand und den Augen einfacher sei als die zwischen den Augen und einer Maus [3]. Einen Nachteil den der Ersatz einer Tastatur durch eine berührungsempfindliche Anzeige hat, ist das Fehlen einer haptischen Rückmeldung.

Heutige Einsatzgebiete von berührungsempfindlichen Anzeigen sind unter anderem Tablet-PCs, Smartphones, Kiosksysteme¹ und Navigationsgeräte. Eine Studie der International Data Corporation (IDC) zeigt, dass diese Technologie zu einem festen Bestandteil der Gesellschaft geworden ist [4]. Darin wird gesagt, dass der Absatz von Tablet-PC's den von portablen PC's wie Laptops bereits überstiegen hat und in naher Zukunft den von herkömmlichen PC's übersteigen wird [4].

Dieser Trend bedeutet, dass Anwendungen immer häufiger auf Touchscreens bedient werden und somit eine Touch-Bedienbarkeit von ihnen gefordert wird. Um diese zu gewährleisten, muss eine Benutzeroberfläche vollständig ohne eine Maus oder Tastatur bedienbar sein. Bei der Gestaltung von bedienbaren Elementen, mit denen der Anwender interagiert, spielt die Präzision der Eingabe mit dem Finger eine wichtige Rolle. Diese ist im Vergleich zu der Eingabe mit einer Maus, welche eine Präzision von 1x1 Pixel (px) hat, wesentlich ungenauer [5]. Auch die Touchscreen-Technologie, auf der eine Anwendung ausgeführt wird, hat Einflüsse auf ihre Bedienbarkeit [6]. Das wichtigste Merkmal ist hierbei die Anzahl der Berührungspunkte, die das Touchscreen zeitgleich erkennen kann [6].

¹Kiosksysteme sind in der Öffentlichkeit montierte PC-Terminals.

1.1 Übersicht

Kapitel 2 beschäftigt sich mit den verschiedenen Technologien, welche für die Realisierung von Touchscreens eingesetzt werden und welchen Einfluss diese auf die Bedienbarkeit von Anwendungen haben. Des Weiteren wird gezeigt, wie Anwendungen auf Touchscreens ohne weitere Eingabegeräte bedient werden können und welche Möglichkeiten sich daraus für die Entwicklung von Benutzeroberflächen ergeben.

Nachdem in Kapitel 2 die Grundlagen für die Bedienung von Anwendungen auf Touchscreens geschildert wurden, werden in Kapitel 3 die Anforderungen geschildert die von Benutzeroberflächen erfüllt werden müssen um diese Art der Bedienung unterstützen zu können. Hierbei wird gezeigt welche Unterschiede bei der Gestaltung von Benutzeroberflächen für Touchscreens und PC's zu beachten sind, welche im Anschluss als Richtlinien für die Touch-Bedienbarkeit von Benutzeroberflächen zusammengefasst werden.

Das vierte Kapitel zeigt an einem praktischen Beispiel, wie die aus Kapitel 2 und Kapitel 3 gewonnenen Erkenntnisse umgesetzt werden können. Dazu wird eine bestehende Benutzeroberfläche, welche für die Bedienung mit der Maus ausgelegt ist angepasst, sodass diese auch auf einem Touchscreen bedient werden kann.

1.2 Verwandte Arbeiten

In den letzten Jahren wurden einige Arbeiten auf dem Gebiet der Benutzerinteraktion mit Touchscreens veröffentlicht. Die Interaktion mit Touchscreen wird dem Bereich der *Human-Computer-Interaction* zugeordnet. Diese beschäftigt sich mit der Interaktion von Menschen (Anwendern) mit Computern, die für ihre Bedienung eine Benutzerschnittstelle anbieten [7].

Speziell für die Interaktion mit Touchscreens ist die Arbeit von Ben Shneiderman und Andrew Sears von Bedeutung [8] [3] [9] [10]. Ben Shneiderman hat den Begriff der *Direct Manipulation* geprägt, unter dem man das direkte Bedienen von Elementen mit der Hand versteht [8]. In ihrer gemeinsamen Arbeit haben Shneiderman und Sears unterschiedliche Techniken vorgestellt, die bei der Bedienung von Touchscreens zum Einsatz kommen [11]. Dazu gehören verschiedene Selektions-Techniken, der Einsatz von Bildschirm-Tastaturen und das verwenden von Gesten [11] [9].

2 Anwendungsbedienung durch Berührung

In diesem Kapitel werden verschiedene Technologien dargestellt die für die Umsetzung von berührungsempfindlichen Anzeigen genutzt werden. Es wird gezeigt welche Unterschiede zwischen den Technologien bestehen und welche Bedeutung diese für die Bedienung haben. Darüber hinaus werden gängige Methoden für die Bedienung von Anwendungen auf berührungsempfindlichen Anzeigen erläutert.

2.1 Touchscreen-Technologien

Bei der Realisierung von berührungsempfindlichen Anzeigen wird zwischen verschiedenen Technologien unterschieden. Zu den gängigsten Technologien zählen unter anderem *Resistiv*, *Kapazitiv*, *Infrarot* und *SAW (Surface Acoustic Wave)*. Diese vier Technologien werden im Folgenden näher beschrieben.

2.1.1 Resistiv

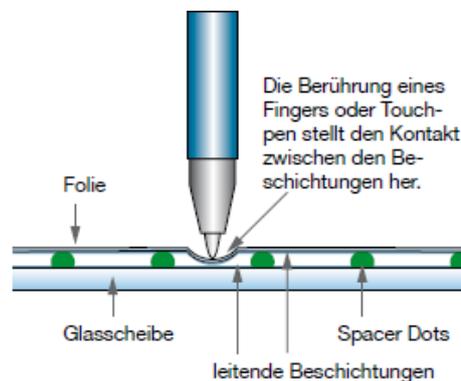


Abbildung 2.1: Querschnitt eines resistiven Touch-Panels (*Quelle: Primecube - Multitouch in industriellen Anwendungen - 2011*)

Berührungsempfindliche Anzeigen die auf resistiver Technologie basieren, bestehen aus zwei übereinanderliegenden Schichten. Zwischen diesen Schichten befindet sich

ein schmaler Abstand. Die obere Schicht ist flexibel und kann durch Druck gebeugt werden. Die untere Schicht ist fest, sodass bei Druck auf die obere Schicht ein Kontakt zwischen diesen beiden Schichten entsteht (Abbildung 2.1). Die Innenseite beider Schichten ist mit einem leitfähigen Substrat beschichtet, meistens Indium-Zinnoxid [12]. Um die Position des Druckpunktes zu ermitteln wird auf der unteren Schicht eine Spannung angelegt die vom oberen Rand zum unteren Rand linear abfällt. Über die obere Schicht kann dann die Spannung im Druckpunkt gemessen werden, woraus die Y-Koordinate berechnet wird [12]. Im Anschluss wird das Verfahren wiederholt, mit der Änderung, dass die Spannung von links nach rechts linear abfällt. Aus der Spannung im Druckpunkt wird dann die X-Koordinate berechnet. Laut Rügheimer erfolgt *"der Wechsel der Spannung und die Positionsbestimmung [...] in so schnellem Wechsel, dass auch kürzeste Berührungen erfasst werden"* [13]. Da die Positionserkennung über einen Druck auf die Anzeige erfolgt, kann die Eingabe über einen Finger oder ein beliebiges geeignetes Objekt wie einen Stift erfolgen. Auch das Tragen von Handschuhen behindert die Eingabe nicht.

Resistive Anzeigen werden wegen ihrer Robustheit in Kiosksystemen bevorzugt eingesetzt, da diese meist öffentlich montiert sind. Weitere Einsatzgebiete sind unter anderem mobile Geräte wie Smartphones und Tablet-PCs, die Steuerung industrieller Anlagen oder Navigationsgeräte. Ein Vorteil dieser Technologie ist, dass sie die Bedienung mit einem beliebigen Objekt zulässt. Ein Nachteil der Technologie ist der Verschleiß durch die mechanische Beanspruchung.

2.1.2 Kapazitiv

Bei kapazitiven Touchscreens wird zwischen oberflächen-kapazitiven und projiziert-kapazitiven Touchscreens unterschieden.

Oberflächen-kapazitive Touchscreens Bei dieser Technologie wird die Glasoberfläche der Anzeige auf der Rückseite beschichtet. Für die Beschichtung wird ein Material verwendet, das elektrische Ladung speichern kann [12], wie beispielsweise Metalloxyd. An die Beschichtung wird eine Wechselspannung angelegt, sodass ein gleichmäßiges elektrisches Feld entsteht. Wird die Anzeige mit einem leitenden Gegenstand berührt, so führt dies zu einem Ladungsverlust. Dieser kann an den vier Ecken der Anzeige gemessen werden (Abbildung 2.2) und wird in die Position der Berührung umgerechnet.

Projiziert-kapazitive Touchscreens Bei projiziert-kapazitiven Touchscreens werden zwei Lagen mit parallelen, leitenden Bahnen angebracht. Die Linien der ersten Lage liegen normal zu den Linien der zweiten Lage (Abbildung 2.3). An die einzelnen Linien wird eine Spannung angelegt, sodass die Kreuzungspunkte der Linien aus den beiden Lagen wie ein Kondensator wirken. Wird die Anzeige berührt, ändert sich die Kapazität der Kondensatoren die unterhalb des Berührungspunktes liegen.

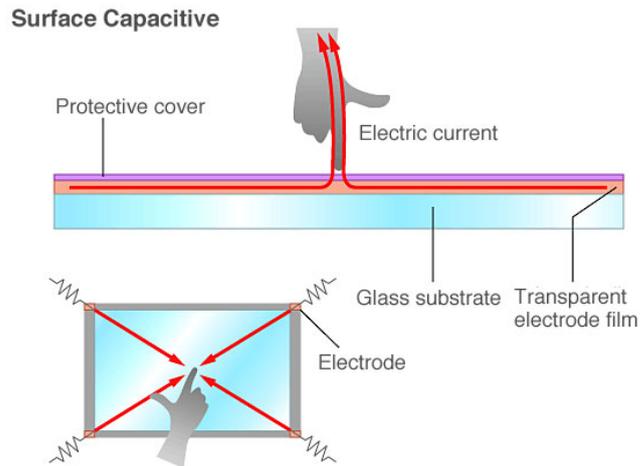


Abbildung 2.2: Querschnitt eines oberflächen-kapazitiven Touchscreen. Durch die Berührung der Oberfläche wird dem elektrischen Feld Ladung entzogen. (Quelle: http://www.eizo.com/global/library/basics/basic_understanding_of_touch_panel/ [Abgerufen am: 23.01.2014])

Anhand der Lage der Kondensatoren deren Kapazität sich geändert hat, wird die Position der Berührung berechnet [12] [14] [15].

Vorteile projiziert-kapazitiver Touchscreens sind die Fähigkeit mehrere Berührungen auf der Anzeige registrieren zu können (Multitouch) und die exaktere Bestimmung der Position einer Berührung im Vergleich zu anderen Technologien [15].

Im Gegensatz zu der resistiven Touchscreen Technologie können kapazitive Touchscreens mehrere Berührungspunkte zeitgleich erkennen. Der Nachteil von kapazitiven Touchscreens ist, dass sie nur auf die Berührung mit einem elektrisch leitfähigen Objekt reagieren.

2.1.3 Infrarot

Infrarot Touchscreens haben an den Rändern der Anzeige Infrarot-Sender-Empfänger Paare. Diese sind kurz vor der Anzeige angebracht, sodass sich unmittelbar vor der Anzeige ein Raster von Infrarotstrahlen ausbreitet (Abbildung 2.4). Bei einer Berührung der Anzeige werden diese Infrarotstrahlen unterbrochen, was der Infrarot-Empfänger registriert. Anhand der Position des Infrarot-Empfängers wird die Position der Berührung berechnet. Um eine Berührung zu signalisieren ist es bei Infrarot-Touchscreens nicht notwendig die Anzeige direkt zu berühren, es reicht oft aus den Finger oder ein geeignetes Objekt wie einen Stift in die Nähe der Anzeige zu bringen, sodass die Infrarotstrahlen unterbrochen werden [12]. Infrarot Touchscreens können bis zu zwei Berührungen zeitgleich erkennen [16] und können mit

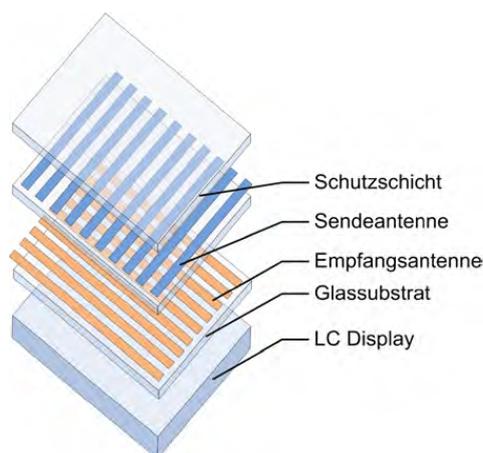


Abbildung 2.3: Anordnung der leitenden Linien bei einem projiziert-kapazitivem Touchscreen (Quelle: Bader, C. - *Entwicklung eines virtuellen Eingabegeräts für Multitouch Screens* - 2008)

einem beliebigen Objekt bedient werden. Problematisch für den Außeneinsatz von Infrarot Touchscreens ist, dass das Umgebungslicht die Bedienung beeinträchtigen kann [12].

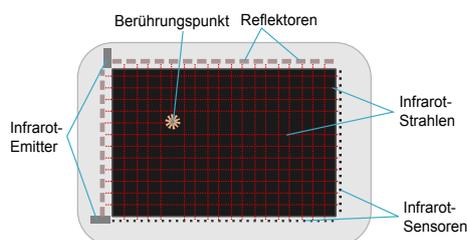


Abbildung 2.4: Erkennen einer Berührung bei einem Infrarot Touchscreen.

2.1.4 Surface Acoustic Wave (SAW)

Bei der SAW-Technologie sind an einem vertikalen und einem horizontalen Rand der Anzeige Ultraschallreflektoren angebracht. An den gegenüberliegenden Rändern befinden sich Ultraschallsensoren. Die Reflektoren werden von einem Ultraschalltransmitter beschallt und reflektieren die Ultraschallwellen in Richtung der Empfänger. Über der Anzeige breitet sich so ein Raster von Ultraschallwellen aus. Die Empfänger wandeln die Ultraschallwellen in ein elektrisches Signal um, das für die Messung der Amplitude der Ultraschallwellen genutzt wird. Wird die Anzeige berührt, ändert sich die Amplitude der berührten Ultraschallwellen (Abbildung 2.5). Die Änderung

dieser Amplitude wird von den Ultraschallempfängern registriert. Anhand der Position des Empfängers, der eine Berührung registriert hat, wird die Position der Berührung berechnet [12]. SAW Touchscreens sind in der Lage bis zu zwei Berührungen zeitgleich zu erkennen [17]. Schmutz und Wasser können sich negativ auf ihre Funktion auswirken.

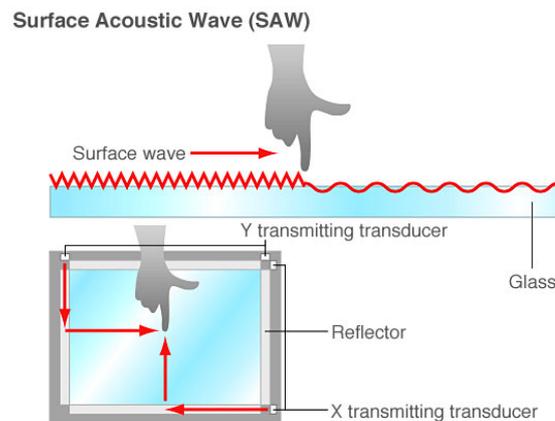


Abbildung 2.5: Die Amplitude der Ultraschallwelle ändert sich bei Berührung. (Quelle: http://www.eizo.com/global/library/basics/basic_understanding_of_touch_panel/)

2.2 Single-Touch und Multi-Touch

Ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal der gezeigten Touchscreen Technologien ist die Anzahl der Berührungspunkte die zeitgleich erkannt werden können. Technologien wie resistives Touch erkennen meistens einen Berührungspunkt zur selben Zeit, was auch als Single-Touch bezeichnet wird [6]. Single-Touch ermöglicht es bereits Anwendungen komplett über das Touchscreen zu bedienen. Klassische Eingabegeräte wie die Maus und die Tastatur können durch Single-Touch-fähige Touchscreens ersetzt werden. Mausklicks werden hierbei durch die Berührung des Bildschirms ersetzt. Die Tastatur wird durch eine softwareseitige Komponente ersetzt. Hierbei wird auf dem Bildschirm eine virtuelle Tastatur eingeblendet, welche durch Berührung des Bildschirms bedient wird.

Die Erweiterung von Single-Touch ist Multi-Touch [6]. Hierbei kann das Touchscreen zwei Berührungspunkte zeitgleich erkennen. Ein Vertreter dieser Technologie ist das kapazitive Touchscreen. Das Erkennen einer zweiten Berührung bietet dem Anwender weitere Eingabemöglichkeiten. Durch Multi-Touch ist es beispielsweise möglich zwei Bedienelemente gleichzeitig zu steuern. Neben der einfachen Berührung des Bildschirms sind auch komplexe Gesten möglich, die das Bedienen einer

Anwendung leichter und intuitiver machen [18].

Das Erkennen von mehr als zwei Berührungspunkten wird Multi-Touch All-Point genannt [6]. Diese Technik ist vor allem bei großen Touchscreens von Bedeutung die von mehreren Anwendern gleichzeitig bedient werden (Abbildung 2.6).



Abbildung 2.6: Microsoft's Surface. Ein Touch-Table der von mehreren Personen gleichzeitig bedient werden kann. (Quelle: <http://www.windows-faq.de/2010/03/26/administrator-handbuch-fur-microsoft-surface/>)

2.3 Gestengesteuerte Anwendungen

Durch den Verzicht auf die Maus und die Tastatur fehlen dem Anwender auf einem Touchscreen verschiedene Funktionen für die Navigation einer Anwendung, wie beispielsweise das Scrollen mit der Maus und der Rechtsklick.

Als Ersatz hierfür haben sich auf dem Touchscreen die Gesten durchgesetzt. Durch sie kann die fehlende Funktion von Maus und Tastatur nicht nur ersetzt, sondern auch erweitert werden. Welche Gesten zu der Bedienung einer Anwendung eingesetzt werden können, hängt maßgeblich von dem verwendeten Touchscreen ab. Einige Gesten sind darauf angewiesen, dass das Touchscreen Multi-Touch fähig ist und können somit nicht auf einem Single-Touch-fähigen Touchscreen verwendet werden.

Tabelle 2.1 listet die gängigsten Gesten auf und gibt eine kurze Erklärung.

Berührung Die Berührung ist die einfachste Art der Interaktion mit einem Touchscreen. Sie wird hauptsächlich für die Selektion verwendet [18]. Eine Berührung wird von Single- und Multi-Touch-fähigen Touchscreens erkannt.



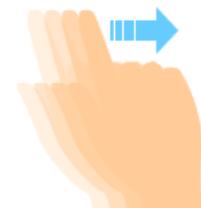
Halten Bei dem Halten berührt der Anwender den Bildschirm und hält die Berührung für einen kurzen Zeitraum aufrecht. Das Halten wird unter anderem dazu genutzt um dem Anwender erweiterte Optionen anzubieten oder ergänzende Informationen einzublenden [19]. Das Halten kann auf Single- und Multi-Touch-fähigen Touchscreens verwendet werden.



Zoomen Das Zoomen beschreibt die Größenveränderung von Objekten. Hierzu berührt der Anwender den Bildschirm mit dem Zeigefinger und dem Daumen und bewegt diese für eine Vergrößerung auseinander oder für eine Verkleinerung zusammen [18]. Da für diese Geste zwei Berührungspunkte erkannt werden müssen, muss das Touchscreen Multi-Touch fähig sein.



Wischen Eine Wischgeste wird durchgeführt, indem der Anwender den Bildschirm berührt und den Berührungspunkt horizontal oder vertikal über den Bildschirm bewegt. Das Wischen wird oft verwendet um in einer Anwendung zu scrollen oder zwischen mehreren Seiten zu blättern [18]. Wischgesten können auf Single- und Multi-Touch-fähigen Geräten verwendet werden.



Rotieren Das Rotieren wird verwendet um Objekte zu drehen [19]. Hierbei berühren Zeigefinger und Daumen den Bildschirm und drehen um einen gemeinsamen Angriffspunkt. Das Rotieren erfordert die zeitgleiche Erkennung von zwei Berührungspunkten und ist daher nicht auf Single-Touch Geräten verfügbar.



Tabelle 2.1: Übersicht über häufig verwendete Gesten.

2.4 Eingabeschnittstellen

Touchscreens ermöglichen es, dank der direkten Steuerung, Geräte von Eingabemedien wie Tastaturen oder Mäusen zu entkoppeln. Bekannte Vertreter solcher Geräte sind Tablets und Smartphones. Auf diesen Geräten wird die Eingabeschnittstelle durch Software realisiert. Für Anwendungsentwickler bedeutet dies eine höhere Flexibilität, da die Verwendung einer fest vorgegebenen Eingabeschnittstelle entfällt. Viel mehr können Entwickler die Eingabeschnittstelle frei gestalten und an ihre Anwendung anpassen.

In diesem Abschnitt werden gängige Eingabeschnittstellen für Touchscreens gezeigt und diskutiert. Außerdem wird ein Ausblick auf die Möglichkeiten gegeben, die durch den Einsatz von Touchscreens entstehen.

2.4.1 Buxton's 3-state Modell

Die Maus wird bei Desktop-Anwendungen als Zeigergerät verwendet. Mit ihr kann ein Anwender beispielsweise Selektionen vornehmen oder navigieren. Buxton hat das *3-state* Modell vorgestellt, das die Zustände bei der Bedienung mit einer Maus darstellt (Abbildung 2.7) [20]. In Zustand 1 ist die Maus einsatzbereit und überträgt eine Bewegung an die jeweilige Anwendung. Wird die Maus angehoben wechselt der Zustand zu Zustand 0. In diesem Zustand kann die Maus bewegt werden, ohne dass sie die Bewegung an die Anwendung weiterleitet. Dies wird genutzt um die Maus neu zu positionieren. Wird die Maus wieder abgelegt geht der Zustand wieder in Zustand 1 über. Zustand 2 wird erreicht wenn die Maustaste gedrückt wird. Dieser Zustand kann einer Anwendung signalisieren, dass der Anwender eine Aktion ausführen möchte [20].

Da Touchscreens den Einsatz einer Maus überflüssig machen, ist es nicht notwendig einen Mauszeiger oder Ähnliches auf dem Bildschirm einzublenden. Durch die direkte Steuerung ändert sich das Zustandsmodell für Touchscreens, wie es Buxton für die Bedienung mit der Maus definiert hat [20]. Zustand 1, in dem der Anwender mit der Maus den Zeiger auf dem Bildschirm navigiert, entfällt. Sobald der Anwender den Bildschirm berührt, befindet er sich in Zustand 2 des *3-state* Zustandsmodells. Das Zustandsmodell für die Bedienung eines Touchscreens ist in Abbildung 2.8 dargestellt. Zustand 0 ist der Anfangszustand, in dem das Touchscreen keine Berührung registriert. Berührt der Anwender das Touchscreen, wechselt der Zustand zu Zustand 1 [20]. Eine auf dem Touchscreen aktive Anwendung kann dieses Signal als Eingabe verarbeiten. Für Multitouch fähige Touchscreens muss das Zustandsdiagramm erweitert werden. Kann ein Touchscreen n Berührungen erkennen, so hat das Zustandsdiagramm $n+1$ Zustände.

Das Fehlen des Mauszeigers auf Touchscreens muss von Anwendungsentwicklern berücksichtigt werden. So können Funktionen wie der sogenannte *Hover-Effekt* nicht genutzt werdend. Bei dieser Funktion erfährt ein Objekt eine optische Änderung sobald der Mauszeiger sich über diesem Objekt befindet (Abbildung 3.2).

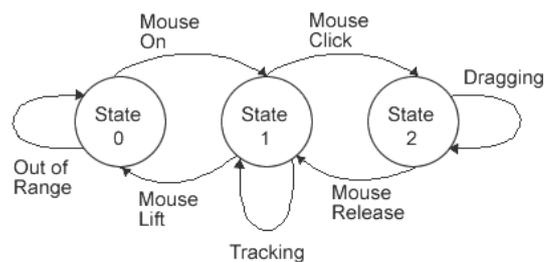


Abbildung 2.7: Buxton's 3-state model. (Nach William Buxton [20])

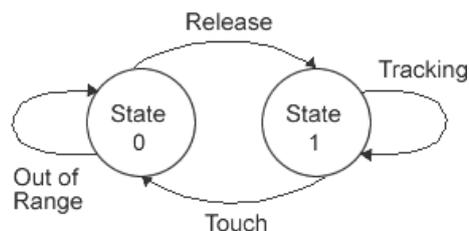


Abbildung 2.8: Zustandsmodell für die Bedienung mit Touch. (Nach William Buxton [20])

2.4.2 Bildschirm-Tastaturen

Bildschirm-Tastaturen bieten auf Touchscreens die Möglichkeit physikalische Tastaturen zu ersetzen. Sie profitieren von der direkten Steuerung eines Touchscreens. Sears konnte zeigen, dass eine Bildschirmtastatur auf einem Touchscreen zu einer höheren Tippquote führt als auf einem PC [10]. In seiner Studie verglich Sears die Bildschirmtastatur auf dem PC und dem Touchscreen auch mit einer physikalischen Tastatur, welche die höchste Tippquote erreichte [10].

Bei der Verwendung einer Bildschirmtastatur haben verschiedene Faktoren einen Einfluss auf ihre Bedienbarkeit. Im Folgenden werden die Einflüsse des Tastaturlayouts, der Tippstrategie und der Touchscreen-Technologie beschrieben.

Tastaturlayout Das Layout einer Tastatur beschreibt die Anordnung ihrer Tasten. Es kann maßgeblich darüber entscheiden, wie schnell mit der Tastatur getippt werden kann. Das Standard Tastaturen-Layout für lateinische Buchstaben ist die Qwertz-Anordnung¹ (Abbildung 2.9). Während das Layout bei physikalischen Tastaturen fest ist, kann auf Bildschirm-Tastaturen ein dynamisches Layout implementiert werden. Durch die weite Verbreitung des Qwertz-Layouts besteht unter Anwendern eine hohe Vertrautheit mit diesem. MacKenzie und Zhang haben eine Studie durchgeführt, welche die Auswirkung dieser Vertrautheit gemessen

¹Die genaue Anordnung ist länderspezifisch. In englischsprachigen Ländern spricht man von der Qwerty-Anordnung.

hat [21]. In ihrem Experiment haben sie Probanden auf zwei unterschiedlichen Bildschirm-Tastaturen einen Text schreiben lassen und die Schreibgeschwindigkeit (Worte pro Minute, wpm) gemessen. Eine der Bildschirm-Tastaturen verfügte über das gewohnte Qwertz-Layout², bei der anderen Tastatur wurde die Tastenanordnung nach jedem Tippen in zufälliger Reihenfolge neu verteilt [21]. In ihrer Auswertung konnten sie eine signifikant schlechtere Tippgeschwindigkeit auf der Tastatur mit der zufälligen Tastenanordnung feststellen. Während die Tippgeschwindigkeit bei dem Qwertz-Layout bei etwa 20 wpm lag, wurden auf dem Layout mit der zufälligen Tastenanordnung nur etwa 5,4 wpm gemessen [21]. Die Ergebnisse der Studie veranschaulichen die Auswirkung der Vertrautheit mit einem Tastatur-Layout auf die Bedienbarkeit von Bildschirm-Tastaturen.



Abbildung 2.9: Das Qwertz-Tastaturlayout.

Tippsstrategie Unter der Tippsstrategie versteht man die Schritte, die notwendig sind, um ein Zeichen einzugeben. Schneiderman und Sears haben drei mögliche Varianten vorgestellt, die *land-on* Strategie, die *first-contact* Strategie und die *lift-off* beziehungsweise *take-off* Strategie [5] [11]. Bei der *land-on* Strategie wird der erste Kontaktpunkt ausgewertet. Entspricht dieser einer Taste, wird ein Tastendruck signalisiert und somit ein Zeichen eingegeben, andernfalls passiert nichts [11]. Die *first-contact* Strategie wertet im Vergleich zu *land-on* nicht nur den ersten Kontaktpunkt aus, sondern verfolgt die Berührung des Bildschirms solange bis diese eine Taste erreicht. Nach der Berührung einer Taste wird der Tastendruck signalisiert [11]. Bei der *lift-off* Strategie kann der Anwender den Bildschirm berühren und den Berührungspunkt über eine Taste bewegen. Wird die Berührung unterbrochen und der Berührungspunkt befindet sich über einer Taste, wird der Tastendruck signalisiert [11]. Der Vorteil der Strategien *land-on* und *first-contact* sind ihre Erweiterbarkeit um die Möglichkeit das Halten einer Taste zu simulieren. Wenn die Berührung bei diesen beiden Strategien nicht nach dem ersten Signalisieren eines Tastendrucks unterbrochen wird, ist es möglich so lange weitere Tastendrucke zu signalisieren wie die Berührung anhält. Dies würde das Halten einer Taste simulieren. Bei der *lift-off* Strategie ist dieses Verhalten nicht möglich, da der Tastendruck erst dann signalisiert wird wenn

²Da die Studie in Kanada durchgeführt wurde, kam tatsächlich ein Qwerty-Layout zum Einsatz.

die Berührung unterbrochen wird.

Die *lift-off* Strategie hat im Gegenzug den Vorteil, dass sie eine präzisere Selektion einer Taste zulässt. Der Anwender kann den Berührungspunkt nach einem ersten Kontakt so lange ändern bis er in einer gewünschten Position ist ohne einen Tastendruck auszulösen. Wenn die erste berührte Taste bei *land-on* oder *first-contact* nicht die gewünschte ist, wird dennoch ein Tastendruck signalisiert.

Touchscreen-Technologie Bei schnellem Tippen ist ein Unterschied zwischen Multi-Touch und Single-Touch erkennbar. Varcholik et al. konnten in einer Studie feststellen, dass man auf einem Touchscreen das Multi-Touch unterstützt tendenziell schneller schreibt als auf einem Single-Touch-fähigen Touchscreen [22].

Multi-Touch ermöglicht es außerdem Funktionen zu implementieren die von dem Drücken einer zweiten Taste abhängen. Ein Beispiel hierfür ist das Halten der Shift-Taste, welches zwischen Groß- und Kleinschreibung umschaltet. Damit diese Funktion genutzt werden kann ist es notwendig weitere Tasten drücken zu können, während die Shift-Taste gedrückt bleibt. Eine zu Single-Touch kompatible Alternative dieses Verhaltens ist, nach dem Drücken der Shift-Taste den Zustand zwischen Groß- und Kleinschreibung für das nächste Zeichen zu wechseln. Nach der Eingabe dieses Zeichens wechselt der Zustand automatisch wieder zurück.

Bildschirm-Tastaturen bieten einem Anwender im Gegensatz zu physikalischen Tastaturen keine nutzbare haptische Rückmeldung [23]. Die Auf- und Abbewegung einer Taste auf einer physikalischen Tastatur ist bei der Bedienung deutlich spürbar und vermittelt dem Anwender eine Rückmeldung der Eingabe. Auf einem Touchscreen fühlt ein Anwender lediglich den Widerstand des Bildschirms, der nicht in Zusammenhang mit dem Druck einer Taste steht. Auch die Kanten der Tasten einer physikalischen Tastatur dienen dem Anwender als Rückmeldung und können für die Orientierung auf der Tastatur genutzt werden. Um das Fehlen dieser Hilfsmittel zu kompensieren gibt es Versuche dem Anwender von Bildschirm-Tastaturen eine akustische Rückmeldung oder eine Rückmeldung durch Vibration zu geben [23] [24].

Ein Vorteil von Bildschirm-Tastaturen ist ihr dynamischer Aufbau. Es ist beispielsweise möglich das Tastatur-Layout bei Bedarf anzupassen, was unter anderem bei internationalen Anwendungen sehr wichtig ist. Dies ermöglicht auch den Einsatz von individuellen Eingabemöglichkeiten wie das von Sears, Kochavy und Schneiderman vorgestellte *Reduced Input Data Entry (RIDE)* [9]. Diese Eingabemethode ist dann sinnvoll, wenn es eine begrenzte Möglichkeit an Eingaben gibt, beispielsweise bei der Suche nach einem Namen in einer Datenbank. Die Tastatur zeigt zunächst alle verfügbaren Zeichen an. Nach dem Eingeben eines Zeichens, wird verglichen zu welchen möglichen Eingaben die aktuelle Eingabe korrespondiert. Daraus kann ermittelt werden welche Zeichen in der nächsten Eingabe zulässig sind. Alle Zeichen bis auf die Zulässigen werden dann für die nächste Eingabe ausgeblendet [9]. Eine beispielhafte Anwendung dieses Verfahrens wird in Abbildung 2.10 gezeigt. Das

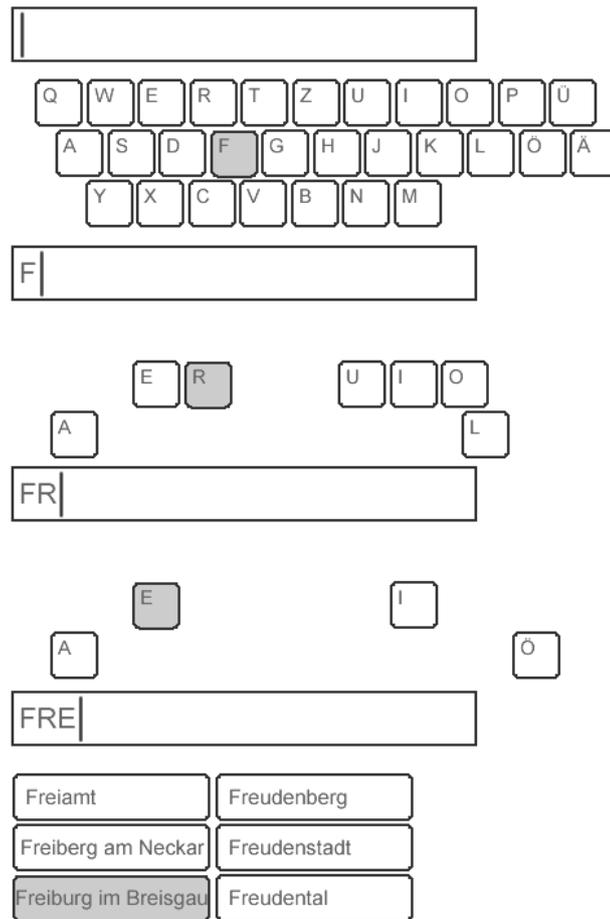


Abbildung 2.10: Anwendung des RIDE Verfahrens. (Nach Andrew Sears, Yoram Kochavy, Ben Shneiderman [9])

gezeigte Verfahren beruht auf der dynamischen Natur der Eingabemethode und ist daher nicht mit einer physikalischen Tastatur realisierbar.

2.5 Einsatzbereiche

Die intuitive Bedienung und die Unabhängigkeit von weiteren Eingabegeräten ermöglichen ein großes Einsatzfeld für Touchscreens. Neben den Tablets und Smartphones werden Touchscreens unter anderem auch in Navigationsgeräten, Kiosk-Systemen oder für die industrielle Maschinensteuerung eingesetzt (Abbildung 2.11). Touchscreens machen es auch möglich Geräte teilweise oder auch ganz zu ersetzen. Ein Beispiel hierfür ist in Abbildung 2.12 zu sehen. Hier ersetzt ein Touchscreen ein ganzes Mischpult wie es oft von DJ's verwendet wird.

Durch die intuitive Bedienung profitieren vor allem Anwendungen deren Bedienung



Abbildung 2.11: Beispiele für den Einsatz von Touchscreens. (a) Kiosk-System, (b) Navigationsgerät und (c) Bedienpanel. (Quellen: <http://www.cmb-systeme.de/products/Digital-Signage/Indoor-Kiosksysteme/Kiosksystem-Infoterminal-ISIS.html>, http://www.kenwood.de/products/car/navi/all_in_one/DNX8220BT/, <http://www.drwa-media.de/aco-passavant/pressebild/2012-09-24/aco-haustechnik-nassmuell-touchpanel>)

sich mit einer Maus oder einer Tastatur schwierig gestalten. Hierzu gehören beispielsweise Zeichenprogramme, deren Bedienung auf einem Touchscreen sehr einfach ist. Ein anderes Beispiel für eine Anwendung ist das Piano, das sich auf einem Touchscreen so bedienen lässt wie ein reales Piano und dem Anwender somit ein authentischeres Gefühl bei der Bedienung vermittelt.



Abbildung 2.12: Das Mischpult als Beispiel für den Ersatz eines physikalischen Gerätes durch ein Touchscreen. (Quellen: <http://www.prodjpc.com/alln1-19-dj-touchscreen-djcomputer/>, http://www.amberger-sound.de/main/components/com_virtuemart/shop_image/product/DMX_Mischpult__4a49f71e4400a.jpg)

3 Anforderungen an Benutzeroberflächen

Dieses Kapitel befasst sich mit den Anforderungen die an Benutzeroberflächen für Touchscreens gestellt werden. Es werden vor allem Besonderheiten bei Benutzeroberflächen von Touchscreens beschrieben, die bei Benutzeroberflächen für PC's nicht von Bedeutung sind. Am Ende des Kapitels werden zusammenfassend Richtlinien aufgestellt die für den Entwurf von touch-bedienbaren Benutzeroberflächen zu beachten sind.

3.1 Visuelles Feedback und Aufforderungscharakter

Visuelles Feedback bei Benutzeroberflächen ist eine Eigenschaft die dem Anwender mitteilt, dass sich der Zustand der Anwendung geändert hat. Ein Beispiel für visuelles Feedback ist die Eingabe von Text, bei dem der Anwender nach dem Drücken einer Taste das eingegebene Zeichen auf dem Bildschirm sieht. Visuelles Feedback ist eine Technik welche die Bedienung von Benutzeroberflächen erleichtern kann und teilweise erst möglich macht. Der Verzicht auf visuelles Feedback in dem beschriebenen Beispiel würde bedeuten, dass der Anwender keine Rückmeldung erhalten würde, ob das Zeichen tatsächlich eingegeben wurde oder nicht. Es wäre nicht zu erkennen, ob das eingegebene Zeichen korrekt war oder der Anwender sich vertippt hat. Dies würde die Korrektur einer Eingabe unmöglich machen.

Durch den Verzicht auf eine Maus als Eingabegerät bei einem Touchscreen entfällt auch die Anzeige eines Mauszeigers auf dem Bildschirm. Der Mauszeiger wird von Anwendungen oft als Mittel für visuelles Feedback genutzt. Durch das Ändern des Zeigersymbols kann dem Anwender eine bestimmte Information mitgeteilt werden. Dies kann beispielsweise genutzt werden um dem Anwender mitzuteilen, dass die Anwendung beschäftigt ist oder dass der Anwender eine bestimmte Aktion ausführen kann. Abbildung 3.1 zeigt einige der gängigsten Zeiger-Symbole und ihre zugehörige Bedeutung.

Eine Form von visuellem Feedback bei dem der Mauszeiger involviert ist, ist der *Hover-Effekt*. Hierbei wird dem Anwender visuelles Feedback gegeben, wenn sich der Mauszeiger über einem Objekt befindet. Dies wird unter anderem dazu genutzt, dem Anwender zu zeigen, dass dieses Objekt eine bestimmte Interaktion zulässt. Bei dieser Art des visuellen Feedbacks ist es möglich, dass sich der Mauszeiger ändert oder das Objekt selbst. Ein Beispiel für den *Hover-Effekt* ist in Abbildung 3.2

gegeben.

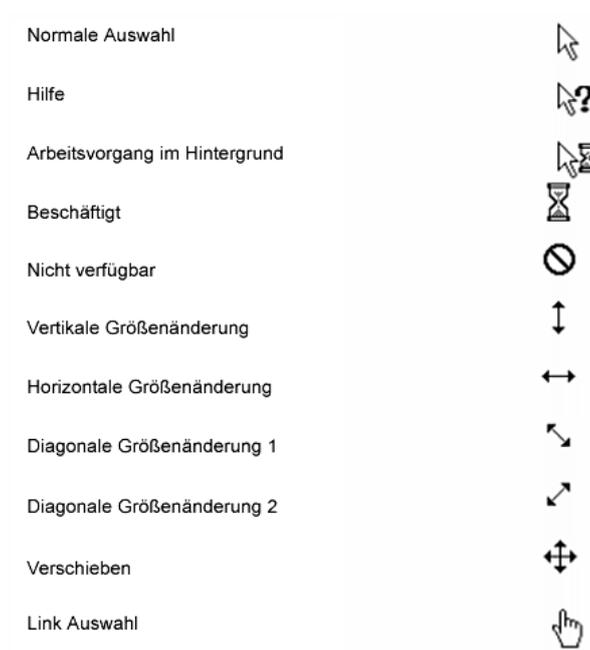


Abbildung 3.1: Die gängigsten Mauszeiger Symbole und ihre Bedeutung. (Quelle: http://www.certiguide.com/apfr/cg_apfr_MouseCursors.htm)

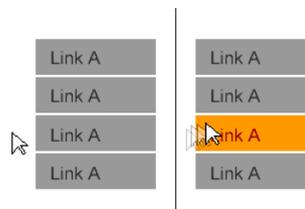


Abbildung 3.2: Ein Beispiel für den Hover-Effekt. Links befindet sich der Mauszeiger außerhalb der Schaltfläche und die Schaltflächen haben ihr normales Aussehen. Rechts befindet sich der Mauszeiger über einer Schaltfläche, welche daraufhin ihr Aussehen geändert hat.

Die Möglichkeit einem Anwender über den Mauszeiger visuelles Feedback zu geben ist auf Touchscreens nicht möglich [25] [19].

Neben dem *Hover-Effekt* erfordert der Einsatz von sogenannten *Tool-Tips* ebenfalls einen Mauszeiger. *Tool-Tips* sind Informationen zu einem Objekt, die eingeblendet werden wenn der Mauszeiger sich über diesem Objekt befindet (Abbildung 3.3).



Abbildung 3.3: Ein Beispiel für einen *Tool-Tip*. Das *Tool-Tip* wird eingeblendet wenn sich der Mauszeiger für einen Moment über einem Objekt befindet.

Auch der Einsatz der Wisch-Geste bedarf zusätzlichem visuellen Feedback. Mit Hilfe der Wisch-Geste kann der Anwender zwischen mehreren Seiten einer Anwendung blättern, die nicht gleichzeitig angezeigt werden können. Um dem Anwender einen Anhaltspunkt zu geben, ob das Wischen in eine bestimmte Richtung möglich ist oder ob in dieser Richtung bereits das Ende erreicht wurde, ist der Einsatz von visuellem Feedback nötig. Sean Rice hat drei verschiedene Techniken für visuelles Feedback bei Wisch-Gesten vorgestellt [26].

Die erste Möglichkeit für visuelles Feedback besteht darin, an den Rändern der Seite eine Vorschau auf die weiteren Seiten zu geben. Wenn keine weitere Seite existiert, wird keine Vorschau angezeigt und dem Anwender dadurch vermittelt, dass ein Wischen in diese Richtung nicht mehr möglich ist (Abbildung 3.4 a).

Bei der zweiten Technik werden während der Wisch-Geste Punkte auf dem Bildschirm angezeigt. Jeder Punkt steht dabei symbolisch für eine Seite. Der Punkt welcher der aktuellen Seite entspricht wird hervorgehoben, um dem Anwender die Navigation zu erleichtern (Abbildung 3.4 b).

Die dritte Technik verwendet Pfeilsymbole an den Rändern des Bildschirms um die Möglichkeit einer Wisch-Geste darzustellen. Wenn der Anwender einen Pfeil am Rand des Bildschirms sieht bedeutet dies, dass in diese Richtung ein Wischen möglich ist (Abbildung 3.4 c).

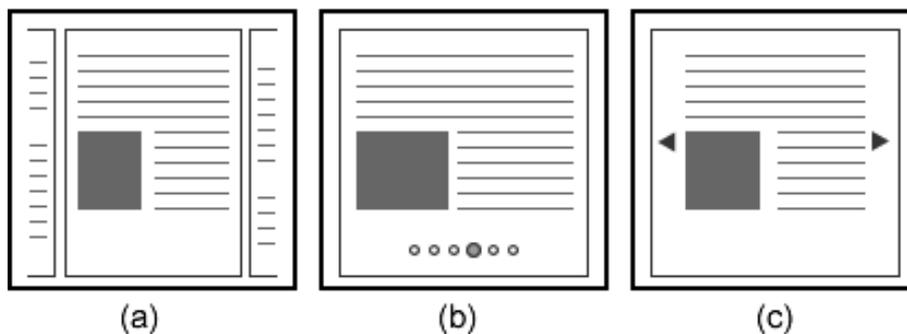


Abbildung 3.4: Drei Techniken für visuelles Feedback bei Wisch-Gesten. (a) Anzeigen einer Vorschau der umgebenden Seiten. (b) Anzeigen von Punkten als Stellvertreter der Seiten. (c) Anzeigen von Pfeilen welche eine mögliche Wischrichtung darstellen.

Neben dem visuellen Feedback spielt bei der Konzeption von Benutzeroberflächen der Aufforderungscharakter von bedienbaren Elementen eine wichtige Rolle. Der Aufforderungscharakter eines Objekts beschreibt wie gut ein Anwender erkennen kann, dass er mit diesem Objekt interagieren kann und welche Interaktion dies ist [7]. Bei dem Einsatz einer Maus kann dem Anwender durch den *Hover-Effekt* suggeriert werden, dass ein Objekt interaktiv ist und beispielsweise angeklickt werden kann. Da diese Möglichkeit bei Touchscreens fehlt, sind touch-bedienbare Benutzeroberflächen darauf angewiesen, dass dieser Aufforderungscharakter von dem Objekt selbst ausgeht. Interaktive Elemente müssen sich demnach von dem Rest der Benutzeroberfläche abheben. Des Weiteren sollte der Anwender durch die Gestalt des Elementes erkennen können, wie er mit ihm interagieren kann [7]. Abbildung 3.5 zeigt den Auffälligkeitscharakter einer Schaltfläche. Schaltflächen sollten so gestaltet werden, dass ein Anwender optische Tiefe erkennen kann [27]. Dies erzeugt den Eindruck, dass die Schaltfläche gedrückt werden kann. Um zusätzlich visuelles Feedback zu erzeugen kann die Schaltfläche bei einem Druck von einer erhabenen Gestalt zu einer abgesenkten Gestalt wechseln (Abbildung 3.5 c) [27].

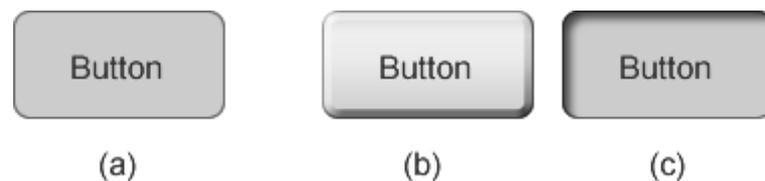


Abbildung 3.5: Der Auffälligkeitscharakter von Schaltflächen. (a) zeigt eine Schaltfläche ohne besonderen Auffälligkeitscharakter. (b) zeigt eine Schaltfläche die ihren Auffälligkeitscharakter durch optische Tiefe steigert. In (c) ist das visuelle Feedback zu erkennen das der Anwender nach dem Drücken der Schaltfläche sieht.

3.2 Objektgröße und die Fehlerrate bei der Bedienung

Da Touchscreens mit dem Finger bedient werden können, spielt die Größe der interaktiven Elemente auf der Benutzeroberfläche eine besondere Rolle. Wie Sears und Shneiderman in einer Studie zeigen konnten, ist im Vergleich zu einem Mauszeiger die Präzision bei der Eingabe mit dem Finger wesentlich geringer [5]. Das bedeutet, dass die Bedienung von kleinen Elementen mit dem Finger zu wesentlich höheren Fehlerraten führt als die Bedienung mit der Maus. Sie konnten feststellen, dass die Bedienung mit dem Finger ab einer Fläche von 4 px pro Seite gleich gut funktioniert

wie mit einer Maus, bei kleineren Flächen wurden mit der Maus wesentlich bessere Ergebnisse erzielt [5].

Eine Größe von 23x23 px sollte von einem Element eingehalten werden um als touch-bedienbar zu gelten [19]. Elemente die oft genutzt werden, können für eine erleichterte Bedienbarkeit größer dimensioniert werden. Als Richtwert für die Größe von oft verwendeten Elementen sollten 40x40 px eingehalten werden [19].

3.3 Touch-Bedienbarkeit von Standardkomponenten

Die direkte Steuerung von Touchscreens muss bei der Konzeption von bedienbaren Komponenten berücksichtigt werden. Bei der Berührung eines Touchscreens wird ein Teil des Bildschirms durch die Hand des Anwenders verdeckt. Bedienbare Komponenten und die Benutzeroberfläche müssen daher so gestaltet sein, dass sie trotz der Verdeckung des Bildschirms durch die Hand des Anwenders bedienbar bleiben. Das bedeutet, dass das Bedienen eines Elements nicht von Informationen abhängen darf die bei der Bedienung durch die Hand verdeckt werden. Abbildung 3.6 zeigt ein Beispiel welches diese Regel verletzt (a), beziehungsweise berücksichtigt (b). Bei dem Entwurf von Benutzeroberflächen werden oft Standardkomponenten verwendet. Tabelle 3.1 zeigt einige Standardkomponenten und beschreibt die Besonderheiten bei der Touch-Bedienung dieser Komponenten.

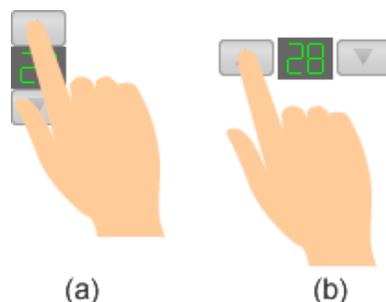


Abbildung 3.6: Verdecken von Informationen bei der Bedienung mit der Hand. In (a) ist erkennbar, dass bei der Bedienung mit der Hand Informationen verdeckt werden die für die Bedienung wichtig sind. Die Lösung in (b) lässt ein Bedienen zu, ohne dass die benötigte Information verdeckt wird.

Button Ein Button wird auf einem Touchscreen durch Tippen bedient. Buttons müssen auf einem Touchscreen für einen Anwender als solche erkennbar sein und müssen ausreichend groß dimensioniert werden um mit einem Finger getroffen werden zu können.



Radiobutton / Checkboxes Radiobuttons und Checkboxes werden durch Tippen bedient. Um auf einem Touchscreen verwendet werden zu können müssen sie ausreichend groß sein um mit einem Finger bedient werden zu können.



Texteingabefeld Das Texteingabefeld benötigt für seinen Einsatz eine Tastatur. Auf Touchscreens ist es daher notwendig auf eine Bildschirmtastatur ausweichen zu können um ein Texteingabefeld verwenden zu können.



Spinbox Die Spinbox kann mit der Tastatur oder den Buttons an ihrem rechten Rand bedient werden. Für eine Verwendung auf einem Touchscreen müssen die Buttons ausreichend groß sein und es muss eine Bildschirm-Tastatur mit numerischer Eingabe verfügbar sein.



Label Das Label dient der Beschriftung und Informationsmitteilung. Da es keine Art der Interaktion zulässt, muss es für den Einsatz auf einem Touchscreen nicht weiter angepasst werden.



Scrollbereich Scrollbereiche werden bei der Bedienung mit der Maus mit dem Scrollrad bedient. Auf Touchscreens wird hierfür die Wisch-Geste verwendet. Die Scrollbalken werden auf Touchscreens oft durch andere visuelle Hilfsmittel ersetzt.

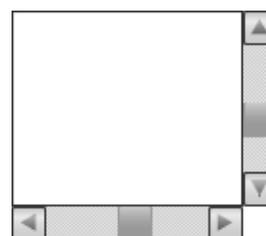


Tabelle 3.1: Übersicht über Standardkomponenten und ihre Touch-Bedienbarkeit.

3.4 Richtlinien für die Touch-Bedienbarkeit von Benutzeroberflächen

Für den Entwurf von touch-bediensbaren Benutzeroberflächen werden nachfolgend einige Richtlinien aufgestellt. Die Richtlinien basieren auf den bisher gewonnenen Erkenntnissen und befassen sich mit den Besonderheiten bei dem Entwurf von touch-bediensbaren Benutzeroberflächen und dienen nicht als Richtlinien für den allgemeinen Entwurf von Benutzeroberflächen.

Einsatz von Gesten Gesten müssen intuitiv zu bedienen sein und sollten der Erwartungshaltung von Anwendern entsprechen. Da Gesten ein verbreitetes Mittel für die Bedienung von Anwendungen auf Touchscreens sind, sind Anwender mit häufig verwendeten Gesten vertraut. Hierzu gehören die Gesten die in Tabelle 2.1 vorgestellt wurden. Auch sollten Gesten in einer konsistenten Weise verwendet werden, das heißt sie sollten in einer Anwendung immer die gleiche Funktion haben [19].

Berücksichtigen der direkten Steuerung Die direkte Steuerung mit einem Finger bei Touchscreens muss bei der Konzeption von Benutzeroberflächen berücksichtigt werden. Dies bedeutet, dass bedienbare Komponenten eine ausreichende Größe besitzen sollten, sodass sie mit einem Finger bedient werden können. Des Weiteren muss gewährleistet sein, dass alle Komponenten trotz der Verdeckung durch die Hand bedienbar bleiben.

Durchgehende Touch-Bedienbarkeit Es muss gewährleistet sein, dass die Voraussetzungen der Touch-Bedienbarkeit für alle eingesetzten Komponenten gegeben sind. Dies bedeutet, dass alle benötigten Eingabeschnittstellen wie beispielsweise Bildschirmtastaturen verfügbar sind und dass alle benötigten Gesten auf dem eingesetzten Touchscreen einsetzbar sind.

Eindeutige Erkennbarkeit der Bedienmöglichkeiten Die von der Anwendung angebotenen Bedienmöglichkeiten müssen für den Anwender klar zu erkennen sein. Die Bedienelemente sollten über einen Aufforderungscharakter verfügen der den Anwender eine mögliche Interaktion erkennen lässt. Des Weiteren sollte der Anwender bei der Bedienung der Anwendung durch visuelles Feedback unterstützt werden, welches die Bedienung erleichtert.

4 Die Anwendung

_____ ist eine von _____ entwickelte Anwendung die bei der Steuerung und Überwachung von Generatoren der _____ ihren Einsatz findet und für die Bedienung auf einem PC ausgelegt ist. Im Rahmen dieser Abschlussarbeit wurde die Benutzeroberfläche von _____ für die Bedienung auf einem Touchscreen optimiert. Für den Test auf einem Bedienpanel wurde ein Prototyp der optimierten Benutzeroberfläche implementiert und eine Benutzerstudie durchgeführt, um eine Rückmeldung über die Bedienbarkeit auf dem Bedienpanel zu erhalten. Für die Optimierung der Touch-Bedienung von _____, wurde zuerst die Benutzeroberfläche auf Touch-Bedienbarkeit analysiert. Anhand der gefundenen Mängel wurden Lösungskonzepte erarbeitet, um diese beseitigen zu können. Die Lösungskonzepte wurden dann in dem Prototypen umgesetzt und auf dem Bedienpanel getestet.

4.1 Technische Voraussetzungen

Für die Entwicklung von _____ wird die Programmiersprache *C++* in Verbindung mit dem Framework *Qt*¹ verwendet. Für die Entwicklung des Prototypen war es daher naheliegend, dieselbe Programmiersprache und das gleiche Framework zu verwenden. Dies ermöglicht ein einfaches Migrieren der im Prototypen verwendeten Konzepte in die eigentliche Anwendung. Das Zielgerät für das der Prototyp entwickelt wurde war ein Open-Frame HMI Bedienpanel der Firma *Garz & Fricke GmbH* mit resistivem Touchscreen, welches Single-Touch unterstützt. Das Bedienpanel hatte eine Bildschirmdiagonale von 8,4" und eine Auflösung von 800x600 px. Der Prozessor des Bedienpanels gehörte zu der Familie *Cortex-A8* der Firma ARM. Auf dem Bedienpanel war das BIOS *RedBoot* vorinstalliert. Bei dem verwendeten Betriebssystem handelte es sich um ein *Embedded-Linux*, das von dem Hersteller zur Verfügung gestellt wurde. Für die Entwicklung wurde die Integrated Developer Environment (IDE) Eclipse auf einem Microsoft [®]Windows [®]7 Betriebssystem eingesetzt. Um den Prototypen auf dem Zielgerät lauffähig zu machen, musste eine Toolchain mit einem Cross-Compiler eingesetzt werden. Die Toolchain wurde auf einem Linux Betriebssystem in einer Virtuellen Maschine ausgeführt und erzeugte Maschinencode für den Cortex-A8 Prozessor des Zielgeräts. Nach dem Kompilieren des Prototypen mit dieser Toolchain konnte dieser auf dem Bedienpanel gestartet und getestet werden.

¹<http://qt-project.org/>

4.2 Die Benutzeroberfläche

Die Benutzeroberfläche von _____ ist in drei Bereiche aufgeteilt (Abbildung 4.1). In dem oberen Teil der Benutzeroberfläche befindet sich eine Statusanzeige und das Firmenlogo. Links befindet sich eine Buttonleiste, welche die wichtigsten Schaltflächen für die Steuerung der Applikation beinhaltet. Diese sind immer eingeblendet, können aber deaktiviert werden wenn sie in dem aktuellen Kontext keine Funktion besitzen. Den Rest der Benutzeroberfläche stellt das Hauptfenster dar, in welchem alle Inhalte angezeigt werden die der Anwender benötigt um einen Generator zu bedienen. Da _____ für die Bedienung unterschiedlicher Generatortypen eingesetzt werden kann, wird der Inhalt des Hauptfensters dynamisch erzeugt.

Für den Aufbau der Benutzeroberfläche verwendet _____ die von *Qt* bereitgestellten Komponenten, auch Widgets genannt. Die Widgets im Hauptfenster sind in drei Spalten angeordnet (Abbildung 4.2). Zu den verwendeten Widgets die von dem Anwender bedienbar sind gehören Buttons, Texteingabefelder, Comboboxen, Spinboxen, Checkboxes und Radiobuttons. Beim Überschreiten der vertikalen Größe des Hauptfensters hat der Anwender die Möglichkeit zu scrollen.

Die Auflösung der gesamten Benutzeroberfläche von *TruControl Power* beträgt 940x700 px. Bei der Verwendung auf einem PC wird die Anwendung in einem Fenster gestartet und mit der Maus und der Tastatur bedient.

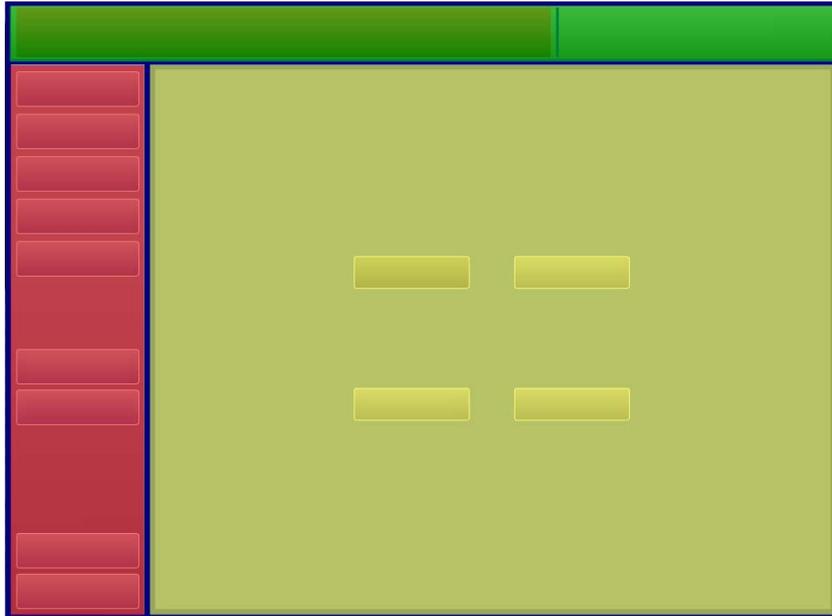


Abbildung 4.1: Die Benutzeroberfläche von _____. Der obere Teil (grün) zeigt das Firmenlogo und bei der Verbindung mit einem Generator eine Statusanzeige an. Links (rot) ist die Buttonleiste zu sehen. In der Mitte (gelb) befindet sich das Hauptfenster.



Abbildung 4.2: Anordnung der Widgets im Hauptfenster in drei Spalten.

4.3 Bedienbarkeit auf dem Touchscreen

Eine erste Verwendung der Benutzeroberfläche auf dem Bedienpanel, ohne eine Änderung an ihr vorgenommen zu haben, hat folgende Mängel bei der Touch-Bedienbarkeit gezeigt. Erstens konnte die Benutzeroberfläche aufgrund ihrer Größe nicht vollständig auf dem Bedienpanel angezeigt werden, da die Benutzeroberfläche eine Auflösung von 940x700 px hatte und das Bedienpanel eine Auflösung von 800x600 px. Weiterhin machte das Fehlen einer Tastatur auf dem Bedienpanel die Verwendung einiger Widgets unmöglich. Die Funktionen der Maus konnten, bis auf die Scrollmöglichkeit, vollständig durch die Touch-Bedienung ersetzt werden.

4.4 Anpassung der Benutzeroberfläche

Für die Bedienung auf dem Touchpanel wurde der Anzeigemodus so geändert, dass die Anwendung auf dem Touchpanel im Vollbildmodus startet. Der Mauszeiger konnte aus der Anwendung entfernt werden, weil bei der Bedienung auf dem Touchpanel auf die Maus verzichtet wird. Da es bei _____ möglich ist vertikal zu scrollen wenn die Anzahl der Bedienelemente über den unteren Bildschirmrand hinausgehen, konnte die Benutzeroberfläche vertikal verkleinert werden, ohne dass dabei eine Funktion verloren ging. Die Widgets konnten so ihre ursprüngliche Höhe beibehalten. Um die Breite der Anwendung verringern zu können, wurde das Hauptfenster in zwei Seiten aufgeteilt. Die erste Seite zeigt die linke und die mittlere Spalte an (Abbildung 4.3), die zweite Seite die mittlere und die rechte Spalte (Abbildung 4.4). So hat der Anwender trotz verkleinerter Breite der Benutzeroberfläche die Möglichkeit alle drei Spalten zu sehen. Durch diese Änderung war es auch möglich die Widgets in ihrer Breite etwas zu vergrößern. Um zwischen den zwei Seiten wechseln zu können wurde die Wisch-Geste implementiert. Durch ein Links-Wischen wurde die erste Seite (Spalten eins und zwei) und durch ein rechts-wischen die zweite Seite (Spalten zwei und drei) angezeigt. Um dem Anwender einen Anhaltspunkt darüber zu geben, auf welcher Seite er sich befindet und in welche Richtung er wischen kann, wurde die Technik eingesetzt bei der ein schmaler Ausschnitt der anderen Seite am Seitenrand angezeigt wird. Befindet sich der Anwender auf der ersten Seite ist auf der rechten Seite ein schmaler Streifen von Seite zwei zu sehen (Abbildung 4.3). Auf Seite zwei sieht der Anwender auf der linken Seite einen schmalen Streifen von Seite eins (Abbildung 4.4). Die Wisch-Möglichkeit wurde auch für das vertikale Scrollen implementiert. Der Scrollbalken wurde entfernt und durch eine andere Form von visuellem Feedback ersetzt. Wenn das Scrollen in eine bestimmte Richtung möglich ist, dann wird an dem jeweiligen Rand des Hauptfensters ein Schatten angezeigt der suggeriert, dass das Hauptfenster in dieser Richtung noch weiter reicht. Diese Schatten wurden auch in horizontaler Richtung für die Seitenwechsel eingesetzt (Abbildung 4.3, Abbildung 4.4).

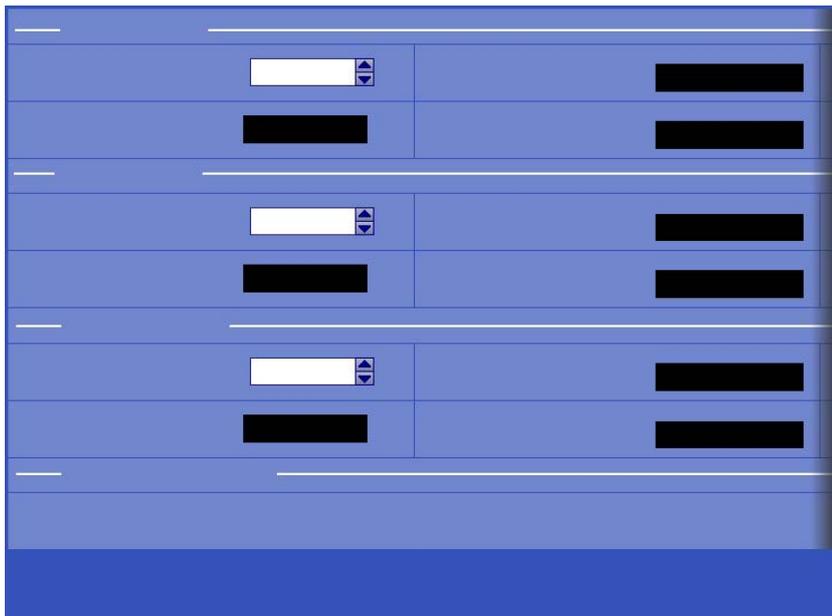


Abbildung 4.3: Im Hauptfenster werden nur 2 Spalten angezeigt. In der Grafik sind die erste und die zweite Spalte zu sehen (Seite 1). Der Schatten und der Ausschnitt von Spalte 3 am rechten Rand zeigen dem Anwender, dass er sich auf Seite 1 befindet und durch eine Wisch-Geste zu Seite 2 wechseln kann.

Da das verwendete Betriebssystem keine native Bildschirmtastatur zur Verfügung stellte, wurde eine Bildschirmtastatur entwickelt die in die Anwendung implementiert wurde. Durch diese Bildschirmtastatur war es möglich alle von _____ eingesetzten Widgets zu bedienen. Die Bildschirmtastatur wurde so konzipiert, dass sie ein einfaches Hinzufügen von Tastaturlayouts zulässt. Für den Proto-typen wurden zwei verschiedene Tastaturlayouts implementiert, das Qwertz-Layout (Abbildung 4.5) welches die alphanumerische Zeicheneingabe ermöglicht und ein Ziffern-Layout (Abbildung 4.6) welches eine numerische Eingabe und die Verwendung von Pfeil-Tasten ermöglicht. Die Pfeil-Tasten werden beispielsweise von Widgets wie der Spinbox benötigt, um ihren Zahlenwert inkrementell zu verändern. Der Bildschirm-Tastatur wurde in einer Liste mitgeteilt, welche Widgets diese benötigen. Sobald eines dieser Widgets den Eingabefokus erhält, wird die Bildschirm-Tastatur automatisch sichtbar. Nach dem Verlust des Eingabefokus verschwindet die Bildschirm-Tastatur wieder automatisch. Für Widgets wie der Spinbox wurde eine Bildschirm-Tastatur mit einem numerischen Layout angezeigt und für Widgets wie dem Texteingabefeld eine Bildschirm-Tastatur mit einem Qwertz-Layout.

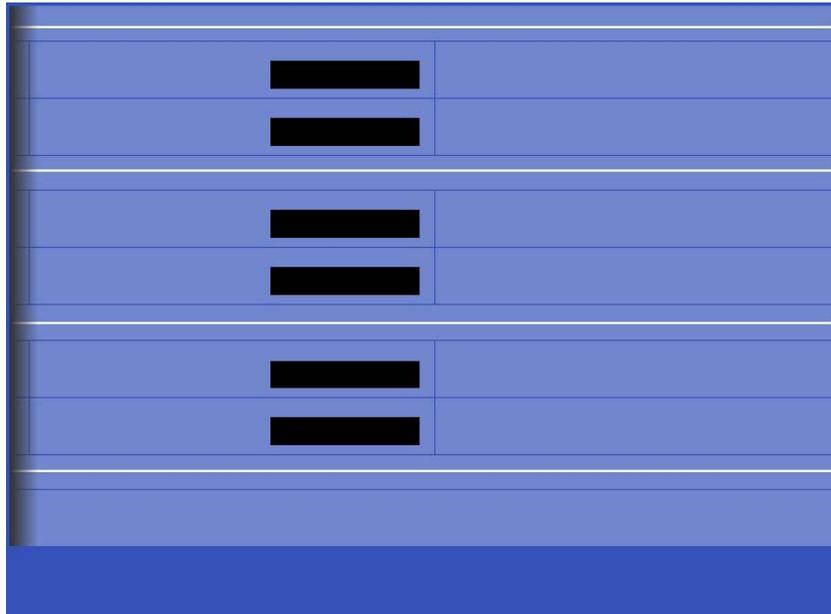


Abbildung 4.4: Die Grafik zeigt die zweite und die dritte Spalte (Seite 2). Am linken Rand ist ein Ausschnitt von Seite 1 und der Schatten zu erkennen, die dem Benutzer anzeigen, dass er nach links scrollen kann.

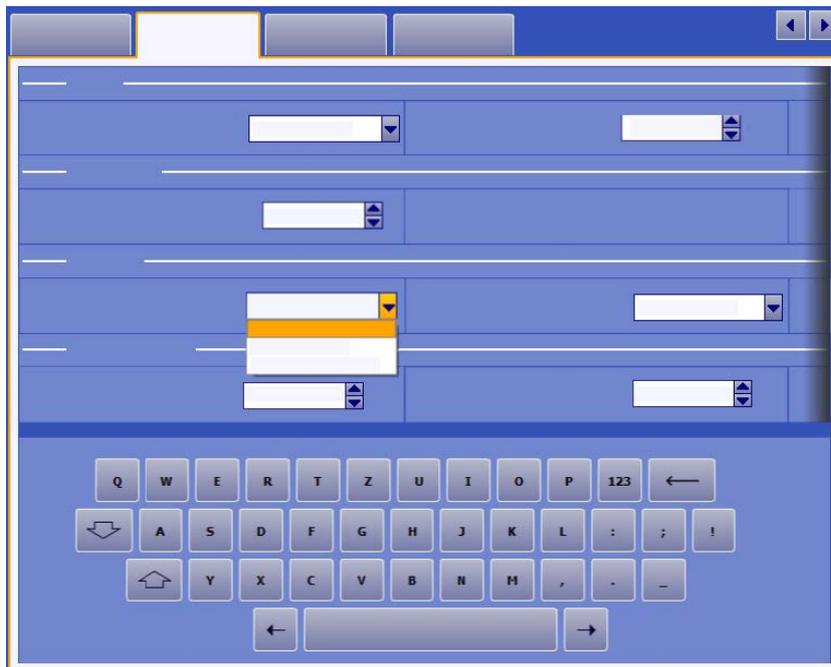


Abbildung 4.5: Die Bildschirm-Tastatur mit dem Qwertz-Layout

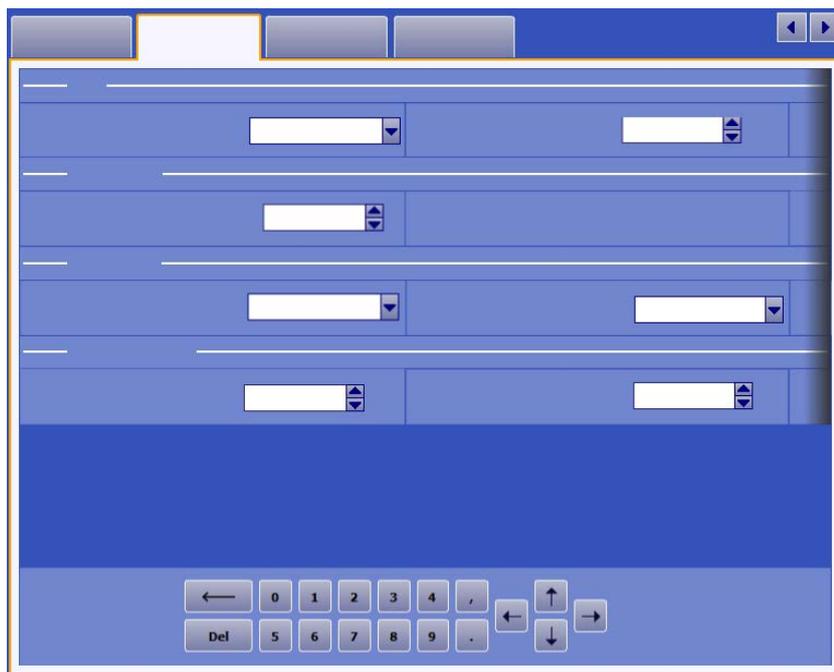


Abbildung 4.6: Die Bildschirm-Tastatur mit dem numerischen Layout

4.5 Benutzerstudie

Um die Bedienbarkeit des Prototypen auf dem Bedienpanel evaluieren zu können wurde eine Benutzerstudie durchgeführt. Neben der Evaluation von Mängeln in der Bedienbarkeit der Benutzeroberfläche wurde auch die Bedienbarkeit der Bildschirm-Tastatur mit drei verschiedenen Tastengrößen und die Bedienbarkeit der Wisch-Geste mit drei verschiedenen Scrollgeschwindigkeiten getestet.

4.5.1 Die Testvoraussetzungen

Für den Test wurden in dem Prototypen drei Tabs implementiert (Abbildung 4.7), bei denen die zu testenden Punkte variierten. Im ersten Tab wurde eine Bildschirm-Tastatur mit einer Tastengröße von 6 mm Seitenlänge verwendet. Der Seitenwechsel wurde dem Anwender durch Scrollen von der aktuellen Seite zu der gewünschten Seite visualisiert. Die Wisch-Geste wurde so eingestellt, dass die Dauer eines Seitenwechsels in etwa 1,5 Sekunden betrug. In dem zweiten Tab wurde die Tastengröße der Bildschirm-Tastatur auf 8 mm Seitenlänge vergrößert und der Seitenwechsel bei einer Wisch-Geste dauerte etwa 1 Sekunde. In Tab drei hatten die Tasten der Bildschirm-Tastatur eine Seitenlänge von 10 mm. Die benötigte Zeit für einen Seitenwechsel betrug weniger als 0,5 Sekunden. Dies bedeutete, dass nach einer Wischgeste die Seite umgehend gewechselt wurde, sodass ein Scrollen kaum erkennbar war.

4.5.2 Die Testdurchführung

Bei der Benutzerstudie wurden die subjektiven Eindrücke der Probanden analysiert. Die Benutzerstudie wurde nach dem *Think-aloud protocol* durchgeführt [28]. Bei dieser Vorgehensweise werden die Probanden bei der Bedienung einer Benutzeroberfläche beobachtet [28]. Die Probanden werden dazu aufgefordert ihre Eindrücke und Gedanken bei der Anwendung laut zu äußern [28]. Die beobachtende Person notiert die Äußerungen der Probanden [28].

In dieser Benutzerstudie hatten die Probanden vor Beginn des Tests einige Minuten Zeit, um sich mit dem Bedienpanel vertraut zu machen und die Touch-Bedienung zu erproben. Anschliessend wurde den Probanden eine Liste mit den Aufgaben aus Tabelle 4.1 gegeben, welche sie der Reihe nach auf dem Prototypen (Abbildung 4.7) durchführen sollten. Die Aufgaben wurden auf den drei Tabs ausgeführt und waren tatsächlichen Aufgaben bei der Bedienung von _____ nachempfunden. Nach dem Beenden der Aufgaben füllten die Probanden einen Fragebogen aus, in dem die Tastengröße der Bildschirm-Tastatur und die Geschwindigkeit der Wisch-Geste in den drei Tabs bewertet wurde. Für die Bewertung dieser Eigenschaften wurde eine Likert-Skala mit fünf Punkten verwendet.

Die Testgruppe bestand aus 3 Probanden. Laut Nielsen ist diese Größe bereits ausreichend um einen erheblichen Teil der Bedienbarkeitsprobleme festzustellen [29].

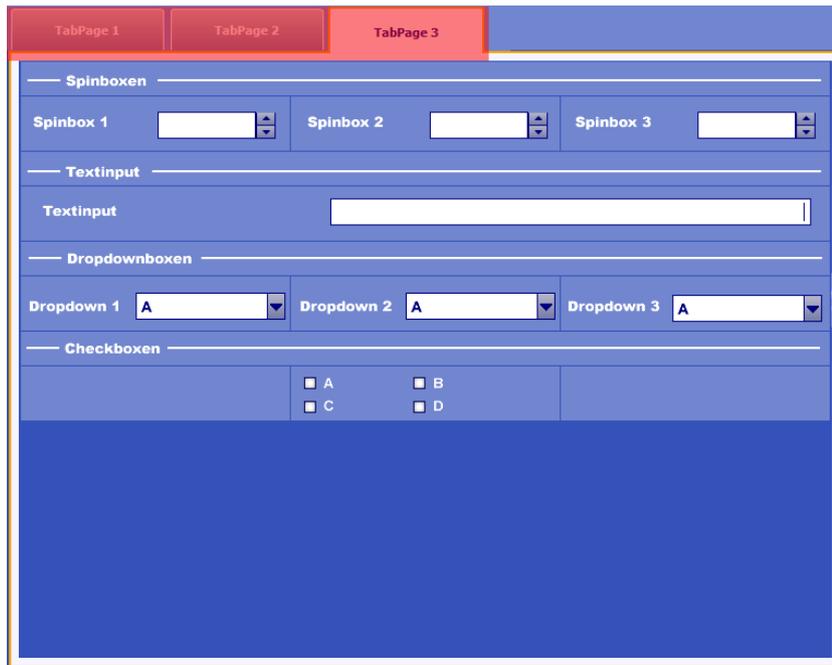


Abbildung 4.7: Der Prototyp der Benutzeroberfläche für das Bedienpanel. Der rot markierte Bereich zeigt die drei Tabs. Die Grafik zeigt die Benutzeroberfläche mit drei Spalten um alle Widgets darstellen zu können. Auf dem Bedienpanel hatte die Benutzeroberfläche zwei Spalten wie in 5.4 beschrieben.

Alle Probanden hatten Erfahrung in dem Umgang mit Touchscreens und waren mit der Anwendung _____ vertraut. Die Testgruppe bestand aus zwei männlichen Probanden und einer weiblichen Probandin.

Bei der Durchführung dieser Aufgaben musste der Anwender die Bildschirmtastatur mit dem numerischen Layout verwenden (Spinboxen), die Bildschirmtastatur mit dem Qwertz-Layout (Texteingabe) und Elemente durch Berührung bedienen (Checkboxes). Dies stellte sicher, dass die Probanden alle nötigen Funktionen für die Bedienung von _____ testeten.

4.5.3 Die Testergebnisse

Die Tendenzen der protokollierten Aussagen der Probanden sind in Abbildung 4.8 dargestellt. Die Auswertung der Aussagen ergab fünf signifikante Einschränkungen bei der Bedienung des Prototypen auf dem Bedienpanel, welche im Folgenden beschrieben sind.

Zu kleine Checkboxes Die Checkboxes waren für die Bedienung durch eine Berührung zu klein. Die Selektion einer Checkbox fiel allen Probanden schwer und

Spinboxen	
#1	Setzen Sie Spinbox 1 auf den Wert 5.
#2	Setzen Sie Spinbox 2 auf den Wert 10.
#3	Setzen Sie Spinbox 3 auf den Wert 50.
Texteingabe	
#4	Tragen Sie in das Texteingabefeld den Wert " _____ " ein.
Dropdown	
#5	Setzen Sie die erste Dropdownbox auf den Wert "B".
#6	Setzen Sie die erste Dropdownbox auf den Wert "C".
#7	Setzen Sie die erste Dropdownbox auf den Wert "D".
Checkboxes	
#8	Haken Sie die Checkboxes "A", "B", "C" und "D" ab.

Tabelle 4.1: Aufgabenstellung für die Durchführung der Benutzerstudie.

erforderte in den meisten Fällen mehrere Anläufe. Um dieses Problem zu beheben, müssen die Checkboxes in einer für die Touch-Bedienung angebrachte Größe dimensioniert werden. Eine Mindestgröße von 23x23 px sollte eingehalten werden (siehe 4.2).

Fehlende Enter-Taste auf der Bildschirm-Tastatur Bei der Eingabe von Zeichen mit der Bildschirm-Tastatur wurde von allen Probanden eine Enter-Taste vermisst. Um eine Eingabe zu bestätigen war es erforderlich die Anwendung außerhalb der Bildschirm-Tastatur zu berühren, was diese auch schloss. Die Enter-Taste sollte die Funktion haben die Bildschirm-Tastatur zu schliessen und bei Widgets wie der Spinbox den eingetragenen Wert zu übernehmen.

Anzeigen der Bildschirm-Tastatur bei der Bedienung der Spinbox Buttons Bei der Bedienung der Spinbox über die Widget-Buttons wurde die Bildschirm-Tastatur angezeigt ohne eine Funktion zu haben, das heisst es konnten keine Zeichen eingegeben werden. Dies war erst möglich nachdem das Eingabefeld der Spinbox berührt wurde und diese den Fokus übernahm. Eine mögliche Lösung wäre die Deaktivierung der Widget-Buttons der Spinbox auf dem Touchpanel, da die Pfeiltasten der Bildschirm-Tastatur diese Funktion übernehmen.

Pfeil-Tasten- und Ziffern-Tasten-Konflikt in der Spinbox Sobald die Pfeiltasten der Bildschirmtastatur bei einer Spinbox verwendet wurden, verlor diese den Eingabefokus und es konnte keine Zifferneingabe mehr gemacht werden. Um die Zifferneingabe der Bildschirm-Tastatur wieder verwenden zu können, musste das Eingabefeld der Spinbox erneut berührt werden, damit diese den Eingabefokus übernahm. Das Problem könnte dadurch gelöst werden, indem die Spinbox den Fokus auch nach dem Benutzen der Pfeiltasten beibehält.

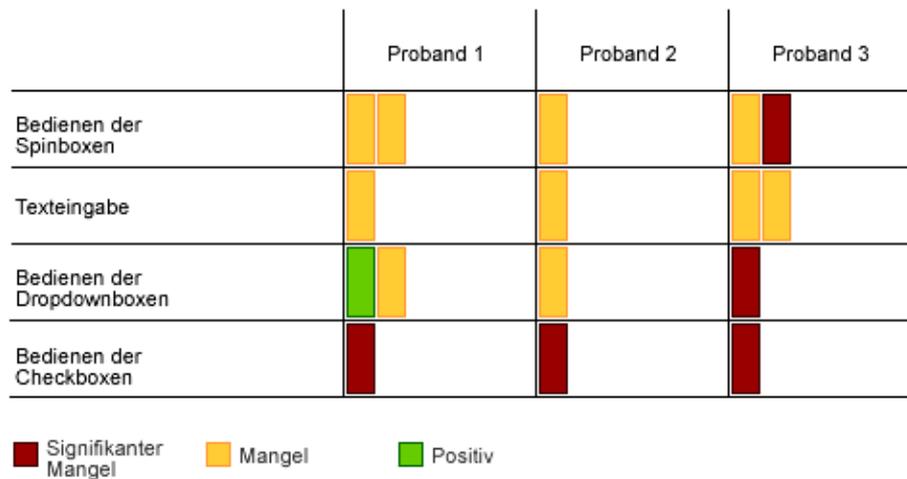


Abbildung 4.8: Überblick der Aussagen die bei der Benutzerstudie gesammelt wurden. Jeder Balken entspricht einer Aussage eines Probanden. Die farbliche Markierung zeigt, ob der Proband bei der Ausführung der Aufgabe auf ein Problem gestoßen ist. Die Probanden konnten zu jeder Aufgabe beliebig viele Aussagen machen.

Unübersichtliches 2-Spalten Layout Das Verwenden von drei Spalten und die Anzeige von nur zwei Spalten in Zusammenhang mit dem Wechsel zwischen zwei Seiten wurde als unübersichtlich empfunden. Um dieses Problem zu beheben könnte die dritte Spalte in die ersten beiden integriert werden, sodass es insgesamt nur noch zwei Spalten gibt und nur noch eine Seite angezeigt werden muss.

Die Auswertung des Fragebogens ergab, dass die Bildschirm-Tastatur mit den Tasten von 10 mm Seitenlänge die höchste Akzeptanz unter den Anwendern fand (Abbildung 4.9). Dieses Ergebnis entspricht den Erkenntnissen aus Kapitel 4.2. Bei der Wisch-Geste konnte festgestellt werden, dass die schnelle Scrollgeschwindigkeit von den Anwendern als angenehmer empfunden wurde als die langsame (Abbildung 4.10).

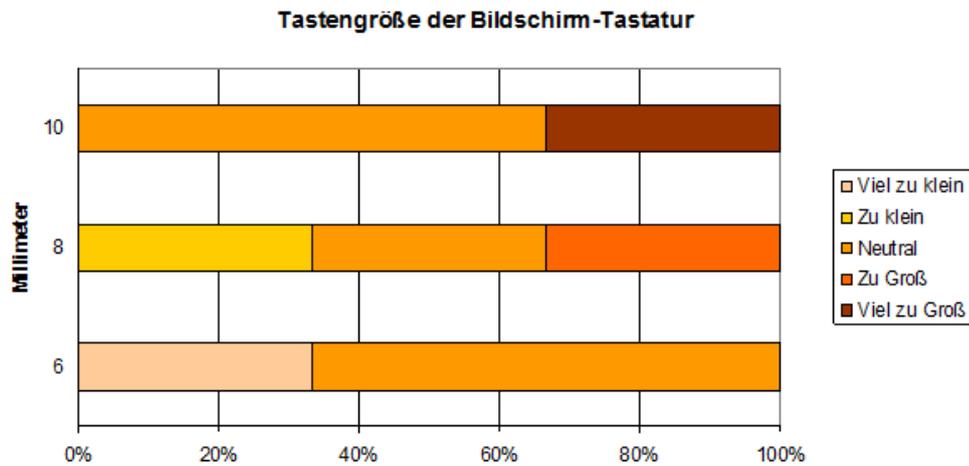


Abbildung 4.9: Resultat der Probandenumfrage zur Tastengröße der Bildschirm-Tastatur. Die Tastengröße von 6 mm wurde teilweise als zu klein empfunden. Die Tastengröße von 10 mm wurde überwiegend als angenehm zu bedienen empfunden.

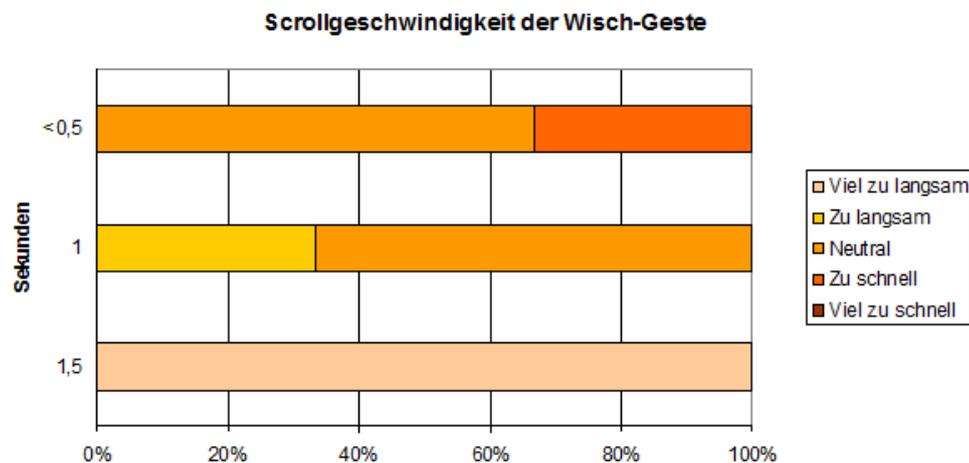


Abbildung 4.10: Resultat der Probandenumfrage zur Scrollgeschwindigkeit der Wisch-Geste. Der Seitenwechsel mit einer Dauer von 1,5 Sekunden wurde von allen Probanden als zu langsam empfunden. Die Seitenwechsel mit der Geschwindigkeit von 1 Sekunde und <0,5 Sekunden wurden überwiegend als angenehm empfunden.

5 Diskussion

In dieser Abschlussarbeit wurden Bedienkonzepte für touch-bedienbare Benutzeroberflächen beschrieben und in der Implementierung einer Anwendung umgesetzt. Bei der Umsetzung wurden unter anderem eine Bildschirm-Tastatur und die Wisch-Geste implementiert. Eine anschließende Benutzerstudie gab Aufschluss über die Bedienbarkeit der Anwendung und zeigte vorhandene Mängel. Es konnte festgestellt werden, dass bei der Touch-Bedienung vor allem die Größe der bedienbaren Elemente eine Rolle spielt. Waren diese zu klein, führte dies zu einer hohen Fehlerrate bei der Bedienung und somit zu einer schlechten Bedienbarkeit. Durch das Verwenden der Gestensteuerung konnten fehlende Funktionen der Maus ersetzt werden. Hierbei wurde festgestellt, dass ein zügiges Reagieren der Anwendung zu einem besseren Bedienbarkeitsempfinden der Anwender führt. Die Bedienung der Bildschirm-Tastatur hat sich als intuitiv gezeigt. Ein Problem das hierbei auftrat war, dass die Bestätigung der Eingabe durch die Berührung der Anwendung außerhalb der Bildschirm-Tastatur erfolgte. Dieses Problem wurde aber nicht durch die Touch-Bedienung verursacht und konnte durch das Hinzufügen einer Enter-Taste behoben werden.

Die Anwendung war mit den vorgenommenen Änderungen auf dem Touchscreen vollständig bedienbar. Die Texteingabe konnte mit der Bildschirm-Tastatur vorgenommen werden, wobei diese ihr Layout an das Eingabefeld anpasste. Die Wisch-Geste ermöglichte ein einfaches Navigieren durch die Anwendung. Durch einfache Berührung oder Nutzung der Bildschirmtastatur war es möglich alle verwendeten Bedienelemente zu benutzen.

Eine mögliche Erweiterung der Touch-Bedienbarkeit wäre die Implementierung weiterer Gesten. Da für die Anwendung ein resistives Touchscreen verwendet wurde das Single-Touch unterstützte, konnten nur Gesten eingesetzt werden für die lediglich ein Berührungspunkt notwendig war. Für die Anwendung wäre die Implementierung der Zoom-Geste denkbar, bei der das Hauptfenster den gesamten Inhalt des Touchscreens einnimmt. Damit könnte das Problem des als unübersichtlich empfundenen 2-Seiten-Layouts gelöst werden. Dieses wurde verwendet weil die Bedienelemente anderenfalls zu klein geworden wären. Um diese Funktion mit der Zoom-Geste zu lösen müsste jedoch ein Bedienpanel verwendet werden das Multi-Touch unterstützt. Um diese Funktion auf einem Single-Touch Touchscreen einzusetzen, müsste eine andere Geste, die mit nur einem Berührungspunkt verwendbar ist, implementiert werden. Eine mögliche Alternative zu dem Einsatz von Gesten wäre beispielsweise ein Schalter in Gestalt eines Buttons mit welchem das Hauptfenster vergrößert beziehungsweise erweitert werden könnten.

Danksagung

Einen besonderen Dank möchte ich an Prof. Dr. Hannah Bast richten, die es mir ermöglicht hat meine Bachelorarbeit in der _____ zu schreiben. Vielen Dank für Ihre Unterstützung!

Weiter möchte ich mich bei Dr. Ulrich Heller und Richard Gottschalk für die tolle Unterstützung und die gute Betreuung bei meiner Arbeit bedanken.

Auch bei meinen Korrekturlesern Vanessa und Chris möchte ich mich bedanken. Ihr wart mir eine wertvolle Hilfe!

Zum Abschluss bedanke ich mich bei meinen Eltern, die mich auf meinem Weg immer unterstützt haben. Ohne euch wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen!

Abbildungsverzeichnis

2.1	Querschnitt eines resistiven Touch-Panels	5
2.2	Querschnitt eines oberflächen-kapazitiven Touchscreen	7
2.3	Anordnung der leitenden Bahnen bei einem projiziert-kapazitivem Touchscreen	8
2.4	Erkennen einer Berührung bei einem Infrarot Touchscreen.	8
2.5	Die Amplitude der Ultraschallwelle ändert sich bei Berührung.	9
2.6	Microsoft's Surface. Ein Touch-Table der von mehreren Personen gleichzeitig bedient werden kann.	10
2.7	Buxton's 3-state model. <i>(Nach William Buxton [20])</i>	13
2.8	Zustandsmodell für die Bedienung mit Touch. <i>(Nach William Buxton [20])</i>	13
2.9	Das Qwertz-Tastaturlayout.	14
2.10	Anwendung des RIDE Verfahrens. <i>(Nach Andrew Sears, Yoram Kochavy, Ben Shneiderman [9])</i>	16
2.11	Beispiele für den Einsatz von Touchscreens.	17
2.12	Das Mischpult als Beispiel für den Ersatz eines physikalischen Gerätes durch ein Touchscreen.	17
3.1	Die gängigsten Mauszeiger Symbole und ihre Bedeutung.	20
3.2	Ein Beispiel für den Hover-Effekt.	20
3.3	Ein Beispiel für einen <i>Tool-Tip</i>	21
3.4	Drei Techniken für visuelles Feedback bei Wisch-Gesten.	21
3.5	Der Auffälligkeitscharakter von Schaltflächen.	22
3.6	Verdecken von Informationen bei der Bedienung mit der Hand.	23
4.1	Die Benutzeroberfläche von _____	29
4.2	Anordnung der Widgets im Hauptfenster in drei Spalten.	29
4.3	Im Hauptfenster werden nur 2 Spalten angezeigt.	31
4.4	_____ - Seite 2	32
4.5	Die Bildschirm-Tastatur mit dem Qwertz-Layout	32
4.6	Die Bildschirm-Tastatur mit dem numerischen Layout	33
4.7	Der Prototyp der Benutzeroberfläche für das Bedienpanel.	35
4.8	Überblick der Aussagen die bei der Benutzerstudie gesammelt wurden.	37
4.9	Resultat der Probandenumfrage zur Tastengröße der Bildschirm-Tastatur.	38

4.10 Resultat der Probandenumfrage zur Scrollgeschwindigkeit der Wisch-
Geste. 38

Abkürzungsverzeichnis

"	Zoll
BIOS	Basic input output system
HMI	Human-Machine-Interaction
IDC	International Data Corporation
IDE	Integrated Development Environment
mm	Millimeter
PC	Personal Computer
px	Pixel
RIDE	Reduced Data Input Entry
SAW	Surface Acoustic Wave
wpm	Worte pro Minute

Literaturverzeichnis

- [1] F. Ion, “From touch displays to the surface: A brief history of touchscreen technology.” Webseite, 2013. Verfügbar unter: <http://arstechnica.com/gadgets/2013/04/from-touch-displays-to-the-surface-a-brief-history-of-touchscreen-technology/> [zuletzt abgerufen 13.01.2014].
- [2] C. Forlines, D. Wigdor, C. Shen, and R. Balakrishnan, “Direct-touch vs. mouse input for tabletop displays,” in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '07, (New York, NY, USA), pp. 647–656, ACM, 2007.
- [3] B. Shneiderman, “Touch screens now offer compelling uses,” *Software, IEEE*, vol. 8, no. 2, pp. 93–94, 1991.
- [4] IDC Corporate USA, “Idc forecasts worldwide tablet shipments to surpass portable pc shipments in 2013, total pc shipments in 2015.” Webseite, 2013. Verfügbar unter: <http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS24129713> [zuletzt abgerufen 09.01.2014].
- [5] A. Sears and B. Shneiderman, “High precision touchscreens: design strategies and comparisons with a mouse,” *International Journal of Man-Machine Studies*, vol. 34, no. 4, pp. 593 – 613, 1991.
- [6] C. Mathema, “Multi-touch all-point touchscreens: The future of user interface design,” tech. rep., Cypress Semiconductor, July 2009.
- [7] A. Dix, J. E. Finlay, G. D. Abowd, and R. Beale, *Human-Computer Interaction (3rd Edition)*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice-Hall, Inc., 2003.
- [8] B. Shneiderman, “Direct manipulation: A step beyond programming languages,” *Computer*, vol. 16, pp. 57–69, Aug. 1983.
- [9] A. Sears, Y. Kochavy, and B. Shneiderman, “Touchscreen field specification for public access database queries: Let your fingers do the walking,” in *Proceedings of the 1990 ACM Annual Conference on Cooperation*, CSC '90, (New York, NY, USA), pp. 1–7, ACM, 1990.
- [10] A. Sears, “Improving touchscreen keyboards: Design issues and a comparison with other devices,” *Computers*, vol. 3, pp. 253–269, 1991.
- [11] A. Sears, C. Plaisant, and B. Shneiderman, “A new era for touchscreen applications: High precision, dragging icons, and refined feedback,” *Advances in human-computer interaction*, vol. 3, 1991.

-
- [12] M. R. Bhalla and A. V. Bhalla, “Article:comparative study of various touch-screen technologies,” *International Journal of Computer Applications*, vol. 6, pp. 12–18, September 2010. Published By Foundation of Computer Science.
- [13] H. Rügheimer, “So funktioniert ein touchscreen.” Webseite, 2009. Verfügbar unter: <http://www.connect.de/ratgeber/resistiv-touch-durchdruck-377205.html> [zuletzt abgerufen 21.01.2014].
- [14] H. Rügheimer, “So funktioniert ein touchscreen.” Webseite, 2009. Verfügbar unter: <http://www.connect.de/ratgeber/kapazitiv-display-als-kondensator-377871.html> [zuletzt abgerufen 21.01.2014].
- [15] S. Kolokowsky and T. Davis, “Touchscreens 101: Understanding touchscreen technology and design,” tech. rep., Cypress Semiconductor, June 2009.
- [16] D. Spath, A. Weisbecker, U. Laufs, M. Block, J. Link, A. Ardilio, A. Schuller, and J. Bierkandt, eds., *Studie Multi-Touch : Technologie, Hard-/Software und deren Anwendungsszenarien*. Fraunhofer IAO, Stuttgart, 2009.
- [17] T. E. Corporation, “Intellitouch plus surface acoustic wave,” tech. rep., Tyco Electronics Corporation, June 2011.
- [18] Apple Inc., *iOs Human Interface Guidelines*, pp. 38–40. Apple Inc., 2013.
- [19] Intel Corporation, “Designing for ultrabook devices and touch-enabled desktop applications,” tech. rep., Intel Corporation, 2012.
- [20] W. Buxton, “A three-state model of graphical input,” in *Proceedings of the IFIP TC13 Third Interational Conference on Human-Computer Interaction, INTERACT '90*, (Amsterdam, The Netherlands, The Netherlands), pp. 449–456, North-Holland Publishing Co., 1990.
- [21] I. S. MacKenzie and S. X. Zhang, “An empirical investigation of the novice experience with soft keyboards,” *Behaviour & Information Technology*, vol. 20, no. 6, pp. 411–418, 2001.
- [22] P. D. Varcholik, J. J. L. Jr., and C. E. Hughes, “Establishing a baseline for text entry for a multi-touch virtual keyboard,” *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 70, no. 10, pp. 657 – 672, 2012. Special issue on Developing, Evaluating and Deploying Multi-touch Systems.
- [23] S. P. Parikh and J. M. Esposito, “Negative feedback for small capacitive touch-screen interfaces: A usability study for data entry tasks,” *Haptics, IEEE Transactions on*, vol. 5, no. 1, pp. 39–47, 2012.
- [24] I. S. MacKenzie and R. W. Soukoreff, “Text entry for mobile computing: Models and methods,theory and practice,” *Human-Computer Interaction*, vol. 17, no. 2-3, pp. 147–198, 2002.
- [25] S. Ludwig, “Touch screen usability best practices when designing automation user interfaces (ui).” Webseite, 2013. Verfügbar unter: <http://www.progea.us/scada-blog/bid/349598/touch-screen-usability-best->

- practices-when-designing-automation-user-interfaces-ui [zuletzt abgerufen 31.03.2014].
- [26] S. Rice, “Affording horizontal swipes on touchscreens, verfügbar unter: <http://uxpatterns.org/affordances/affording-horizontal-swipes-on-touchscreens/> [zuletzt abgerufen 01.04.2014],” Aug. 2013.
- [27] Extron Electronics, “The extron guide to graphical user interface design,” tech. rep., Extron Electronics, 2010.
- [28] J. Nielsen, “Thinking aloud: The #1 usability tool, verfügbar unter: <http://www.nngroup.com/articles/thinking-aloud-the-1-usability-tool/> [zuletzt abgerufen 04.04.2014],” Jan. 2012.
- [29] J. Nielsen, “Why you only need to test with 5 users, verfügbar unter: <http://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/> [zuletzt abgerufen 04.04.2014],” Mar. 2000.

