

Unterstützung der Touchinteraktion durch Annäherungserkennung auf Smartphones.

Jan-Hendrik Wolf
Matrikelnummer: 2616233
Mainstraße 36
28199 Bremen
⌚ 0151 15530761
✉ mail@jan-wolf.de

Universität Bremen
Digitale Medien B. Sc.
Sommersemester 2014

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	5
1.1. Gegenwärtiger Stand der Technik mobiler Endgeräte	7
1.1.1. Hardware	7
1.1.2. Software	8
1.2. Bisherige Leitfäden für Bedienelemente	9
1.3. Lösungsansätze mittels Annäherungserkennung	10
1.3.1. Schaltflächenerkennung	10
1.3.2. Tabellenhervorhebungen	11
1.3.3. Fingerpositionsmarkierungen	11
1.3.4. Vorhersage der Touchposition	11
2. Methodik	13
2.1. Testpersonen	13
2.2. Apparat	14
2.2.1. Test 1: Listenauswahl	14
2.2.2. Test 2: Präzisionstest	18
2.2.3. Ausbalancieren von Gewöhnungseffekten	19
2.2.4. Kalibrierung der Annäherungserkennung	19
2.2.5. Fragebögen	21
2.2.5.1. Personenfragebogen	21
2.2.5.2. System Usability Scale	21
2.2.5.3. Qualitativer Fragebogen	22
2.3. Prozedur	22
2.4. Design	24
3. Ergebnisse	25
3.1. Test 1: Listenauswahl	25
3.2. Test 2: Präzisionstest	25
4. Diskussion	26
4.1. Vergleich zu den bisherigen Leitfäden	26
4.2. Ausblick	26
5. Fazit	27
A. Anhang	28
A.1. Studieninformationen	29
A.2. Personenfragebogen	30
A.3. Bewertungsbögen	32

Literaturverzeichnis	39
-----------------------------	----

Zusammenfassung

Zusammenfassung der GESAMTEN Arbeit. NICHT INS INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung

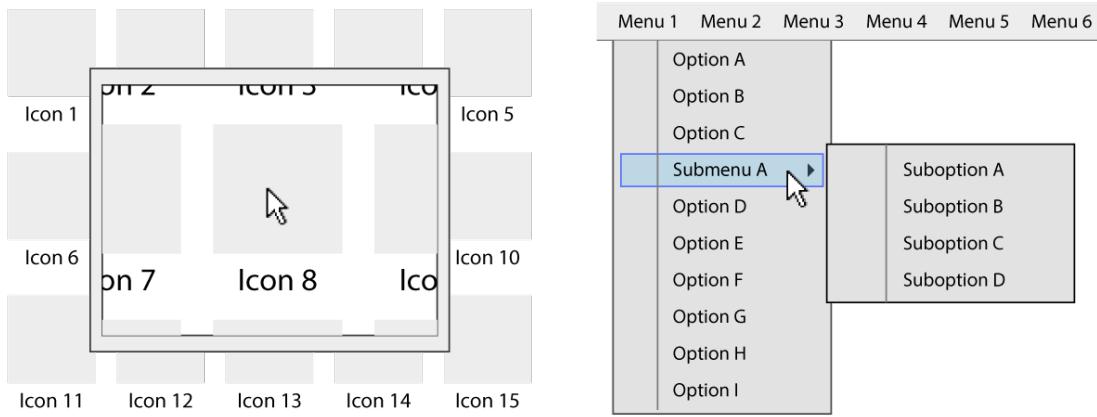
Im Alltag wird die Entwicklung des „Ubiquitous computing“ für viele Anwender zunehmend sichtbar. Viele periphere Geräte, wie z.B. in Bereichen der Haussteuerung, Überwachungstechnik und dem Unterhaltungsbereich beinhalten mittlerweile Computerchips, die sich über Smartphones vieler unterschiedlicher Hersteller konfigurieren und steuern lassen. Das Smartphone ist somit als Steuerungszentrale im „Internet der Dinge“ ein wichtiger Bestandteil geworden.

Daher ist es nicht verwunderlich, dass stetig neue Geräte dieser Art für unterschiedlichste Zielgruppen auf den Markt gebracht werden. Mittlerweile bieten sogar etablierte Hersteller bekannter Seniorenhandys Varianten in Form von Smartphones an.[4] Mit Einsteigergeräten, wie z.B. dem „Google One“[2], werden auch Menschen mit geringem Einkommen angesprochen. Durch diese stetige Verbreitung nimmt gleichzeitig die Wichtigkeit einer adäquaten Interaktion auf mobilen Endgeräten zu.

Aufgrund der Tatsache, dass Anwender von den bisher weit verbreiteten Desktop-PCs und Laptops an große Bedienoberflächen mit umfangreichen Funktionen gewöhnt sind, besteht die Herausforderung auf mobilen Endgeräten auch darin, Anwendungen auf kleineren Bildschirmen ähnlich funktional auszustatten. Dies erfordert eine effiziente Ausnutzung der verfügbaren Bildschirmfläche.

Im Bezug auf die Eingabe zählt bei Desktop-PCs und Laptops die Maus und Tastatur zu den etablierten Eingabegeräten. Mobile Endgeräte sind jedoch nur dann besonders sinnvoll, wenn keine zusätzlichen Eingabegeräte nötig sind. Damit das Mitführen eines zusätzlichen Eingabegerätes entfällt, erfolgt die Interaktion auf vielen mobilen Endgeräten hauptsächlich über die Fingerberührungen unter Mitnutzung zusätzlicher Sensoren, wie z.B. Neigungs- und Lichtsensoren. Zudem stellt sich der Finger als intuitives Eingabegerät heraus und erleichtert damit das Anwählen von Schaltflächen auf dem Bildschirm. Ab einer bestimmten Schaltflächengröße erhöht sich jedoch die Fehlerrate der Interaktion.[9]

Grund hierfür ist der fehlende Mauscursor als indirektes Eingabegerät. Während die Position des Mauszeiger die Position der Interaktion definiert, weicht die Position



(a) Zusätzliche, visuelle Ebene: Bildschirmlupe (b) Selektion ohne Ausführung: Menüauswahl

Abbildung 1.1.: Schematische Darstellung für „Hovering“ als Interaktionsform.

des Fingers von der Position der Interaktion meist leicht ab, da der Finger eine größere Berührungsfläche besitzt. Zusätzlich verdeckt der Finger durch dessen Größe kleine Schaltflächen, wohingegen der Mauszeiger weiterhin eine präzise Selektion ermöglicht. Um diesem sogenannten „Fat-Finger-Problem“[3] entgegenzuwirken, ist die Mindestgröße der Bedienelemente auf diesen Bildschirmen im Vergleich zu Bedienelementen für Mausinteraktionen auf vielen Systemen vergrößert worden.[13] Ein weiterer Vorteil der Mausinteraktion gegenüber der Interaktion durch Berührung ist der Umstand, dass die aktuelle Position des Mauscursors auch vor dem Klicken auf die Bedienoberfläche sichtbar ist. Die Positionierung und der Klick mittels des Mauszeigers kann somit unabhängig voneinander erfolgen. Dies ermöglicht das Schweben des Mauszeigers über einer Schaltfläche und wird als „Hovering“ (engl. „Schweben“) bezeichnet. Auf Laptops und Desktop-PCs ist dies eine gängige Interaktionsform und wird meist verwendet, um die Eigenschaften von Objekten auf dem Bildschirm, wie z.B. das Aussehen, zu verändern. Durch derartige Eigenschaftsänderungen kann der Anwender das Objekt beispielsweise leichter als Schaltfläche identifizieren. Abbildung 1.1 zeigt zwei Anwendungsbeispiele, die diese Interaktionsform nutzen.

Bisher war es jedoch nicht möglich, dass sogenannte „Hovering“ in das Repertoire der Interaktionsformen mobiler Endgeräte zu übernehmen. Dies änderte sich nachdem Sony im Mai 2012 erstmals ein Smartphone mit integrierter Annäherungserkennung für den gesamten Markt veröffentlichte. In einigen nativen Anwendungen von Sony war es nun möglich, diese Interaktionsform auch für Fingerberührungen zu verwenden.[5] Die Verbreitung und Integration der Annäherungserkennung ist

bisher jedoch lediglich in einem kleinen Teil der Geräte erfolgt.

In der vorliegenden Bachelorarbeit soll untersucht werden, ob visuelle Hover-Effekte auf berührungsempfindlichen Endgeräten mit integrierter Annäherungserkennung die Usability von Bedienelementen im Bezug auf Geschwindigkeit und Präzision verbessern können und auf diese Weise eine beschleunigte Integration dieser Technologie gerechtfertigt werden kann. Um die visuelle Darstellung der Bedienoberfläche nicht essentiell zu verändern oder zu überlagern, werden die Untersuchungen insofern konkretisiert, sodass auf zusätzliche, visuelle Ebenen verzichtet wird.

1.1. Gegenwärtiger Stand der Technik mobiler Endgeräte

Zum jetzigen Zeitpunkt ist die Anzahl der mobilen Geräte mit integrierter Annäherungserkennung stark begrenzt. Zudem nutzen die Benutzungsüberflächen auf heutigen Smartphones mit Annäherungserkennung die Möglichkeiten der Technologie nur in vereinzelten Fällen aus. Im Folgenden soll ein kurzer Überblick auf die gegenwärtige Hardware und Software gegeben werden, die diese Annäherungserkennung unterstützt.

1.1.1. Hardware

Bereits im Jahr 1998 erwähnte der Touchpad-Hersteller Synaptics in einem Dokument diverse Spezifikationen zur Annäherungserkennung auf berührungsempfindliche Oberflächen und bestätigte damit die technische Möglichkeit. Die Erkennung funktioniert theoretisch auf allen kapazitiven Oberflächen. Dazu wird die Kapazitätsstärke des jeweiligen Fingers ermittelt und anschließend die ungefähre Entfernung des Fingers zur Oberfläche approximiert.[10]

Die Technologie erlangte jedoch erst im Jahr 2012 die Aufmerksamkeit der Öffentlichkeit. Sony veröffentlichte zu dieser Zeit mit dem Xperia™ sola das erste Smartphone mit Annäherungserkennung und bewarb die Technologie unter dem Namen Floating Touch™.

Zu Beginn des Jahres 2013 brachte als zweiter Hersteller auch Samsung mit dem Galaxy S4 ein Gerät mit ähnlicher Technologie namens AirView™ auf den Markt. Im

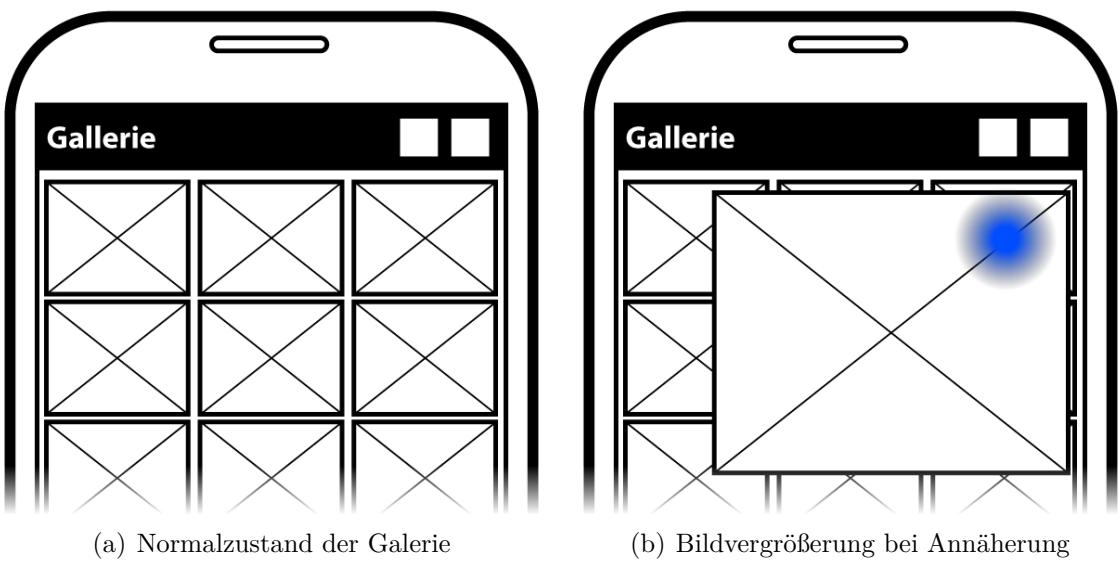


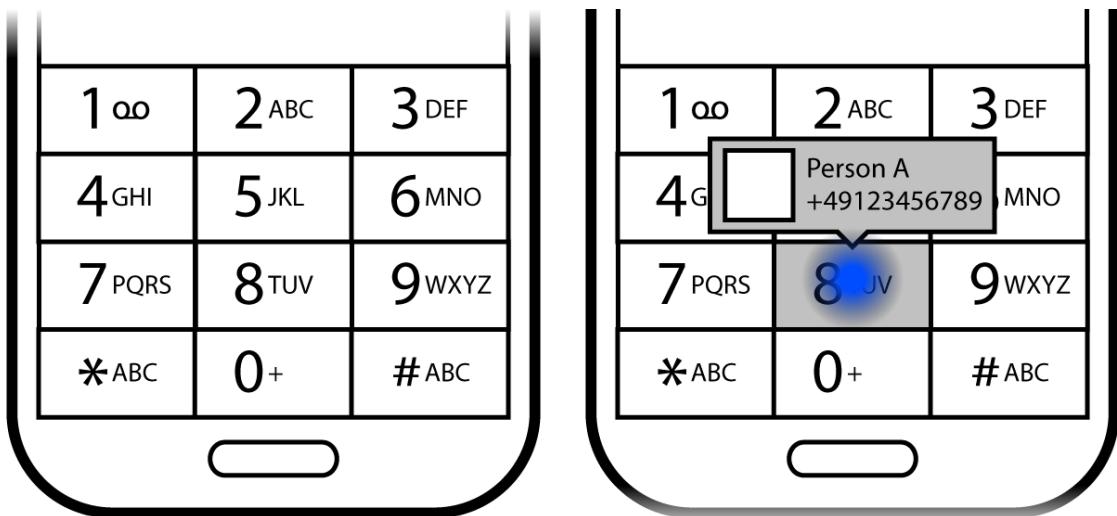
Abbildung 1.2.: Objektvergrößerungen bei Annäherung mit aktiviertem AirViewTM auf einem Samsung Galaxy S4.

Gegensatz zu Sony, integrierte Samsung im Jahr 2014 die Annäherungserkennung auch in das Nachfolgemodell, dem Samsung Galaxy S5.

1.1.2. Software

In mobilen Endgeräten mit integrierter Annäherungserkennung wurden unterschiedliche Ansätze zur Nutzung dieser Technologie in Benutzungsoberflächen verfolgt. Sony verwendete die Technologie, um Hintergrundbilder auf dem Hauptbildschirm während der Fingerannäherung zu bewegen. Zusätzlich wurde der interne Browser des Smartphones angepasst, sodass die Annäherungserkennung auch auf Webseiten verwendet werden konnte. Die auf Webseiten häufig verwendeten und auf Annäherung sensiblen Bedienelementen waren somit erneut im vollen Umfang nutzbar.

Der Hersteller Samsung bietet in dessen Smartphones ebenfalls Anwendungen an, die auf Annäherung reagieren. Sie lassen sich in zwei Arten unterteilen: In der ersten werden Informationen auf kleinem Raum durch Annäherung vergrößert bzw. neu angeordnet, sodass sich die Übersicht für den Nutzer verbessert. Als Beispiel dient hier die Galerieanwendung, siehe Abbildung 1.2. In der Galerie werden Bilder bei Annäherung vergrößert, sodass der Nutzer eine Vorschau erhält. Die zweite Art der Anwendungen zeigen bei Annäherung nicht Vergrößerungen oder detailliertere Ausführungen, sondern zuvor nicht sichtbare Informationen an. Somit können



(a) Normalzustand des Wahlbildschirms

(b) Kurzwahlinformationen bei Annäherung

Abbildung 1.3.: Einblenden zusätzlicher Informationen bei Annäherung auf einem Samsung Galaxy S4 mit aktiviertem AirViewTM.

weitere Zusatzinformationen eingeblendet werden, siehe Abbildung 1.3. Als Beispiel dient der Wahlbildschirm, in der bei Annäherung auf eine aktive Kurzwahltaste der darauf jeweils gespeicherte Kurzwahlkontakt angezeigt wird.

1.2. Bisherige Leitfäden für Bedienelemente

Aufgrund der geringeren Abmessungen mobiler Endgeräte im Vergleich zu statio-nären Geräten und der direkten Bedienung mittels berührungssempfindlicher Bild-schirme, ist die Gestaltung der Bedienelemente ein entscheidendes Kriterium für die reibungslose Interaktion zwischen Mensch und Maschine. Alle Hersteller der popu-lären mobilen Betriebssysteme bieten umfangreiche Leitfäden an, die Empfehlungen für Anwendungsentwickler zur Gestaltung von Bedienelementen darstellen. In diesen Leitfäden werden u.A. Mindestangaben zu Größen und Abständen kommuniziert, siehe Tabelle 1.1. Wohingegen in Leitfäden für Desktop-Computer keine empfohlenen Mindestgrößen genannt werden.

Auch Studien zeigen, dass diese Leitfäden durchaus nötig sind. So arbeiten Nut-zer mit Mausinteraktionen gegenüber Berührungsinteraktionen bisher präziser und schneller. Darüber hinaus wird die Interaktion mit der Maus bei Aufgaben, die ge-naue Selektionen benötigen, bevorzugt.[11] Aus diesen Gründen sollen die genannten Untersuchungen in dieser Bachelorarbeit somit auch prüfen, ob die Mindestgrößen

Plattform	Minimale Größe	Empfohlene Größe
Android [8]	7mm	9mm
Apple [1]	7mm	7mm
Windows [7]	7mm	9mm

Tabelle 1.1.: Mindestgrößen von Bedienelementen.

unter Anwendung der Annäherungserkennung verkleinert werden können und die Präzision somit gesteigert werden kann.

1.3. Lösungsansätze mittels Annäherungserkennung

Durch die Annäherungserkennung werden Interaktionen auf einer weiteren Ebene ermöglicht und erweitern somit das Repertoire für den Designer einer Anwendung. Sony und Samsung haben mittlerweile Anwendungszenarios für die Annäherungserkennung demonstriert und damit gleichzeitig interessante Lösungen vorgestellt. Dieser Abschnitt soll diese Palette an Möglichkeiten erweitern und gleichzeitig den Bezug zu den behandelten Tests herstellen.

1.3.1. Schaltflächenerkennung

Das Aussehen einer Schaltfläche variiert zwischen den unterschiedlichen Handymodellen, Betriebssystemen (z.B. iOS, Android) und Gerätetypen. Beispielsweise besitzen Schaltflächen auf einem mobilen Endgerät unter iOS andere Erscheinungsmerkmale als mobile Endgeräte unter Android. Dieser Effekt wird durch die Etablierung des Natural User Interfaces [12] verstärkt, welches die Abgrenzung zu klassischen Schaltflächen aufweicht. Durch Wischgesten innerhalb bestimmter Bildschirmbereiche werden neue Aktionen ausgeführt. Beispielsweise werden für digitale Karten die klassischen Schaltflächen verstärkt durch Zoom- und Wischgesten ersetzt und ähneln damit der analogen Nutzung von Papierkarten.

Die Folge daraus könnten Schaltflächen sein, die für einzelne Nutzer nicht mehr als solche zu erkennen sind. Während auf Geräten mit Mausinteraktion die Listeneinträge bei Überlagerungen mit dem Mauszeiger hervorgehoben werden und damit als

Schaltfläche erkennbar werden, fehlen diese Indikatoren bisher bei Bedienoberflächen für Geräte mit berührungsempfindlichen Bildschirmen. Die Annäherungserkennung könnte diese Lücke direkt füllen und die aktuelle Fingerposition, ähnlich der Mauszeigerposition, in das Erscheinungsbild der Bedienoberfläche einbeziehen.

1.3.2. Tabellenhervorhebungen

Durch die Annäherungserkennung bietet sich ein interessanter Lösungsansatz für eine mögliche Vereinfachung der Orientierung in vielspaltigen Tabellen an. Beim Suchen von einzelnen Einträgen in großen Tabellen ist bei manchen Nutzern zu beobachten, dass einzelne Zeilen mit dem Finger überfahren werden. Vielleicht könnte dieses Verhalten ausgenutzt werden, um den Nutzer in dieser Situation durch das Hervorheben ganzer Tabellenzeilen zu unterstützen. Aus diesem Grund wird im Rahmen dieser Bachelorarbeit eine derartige Tabellenhervorhebungen implementiert und getestet.

1.3.3. Fingerpositionsmarkierungen

In vielen Situationen kann es vorkommen, dass sich mehrere Schaltflächen auf engen Raum nebeneinander stehen, z.B. innerhalb unangepasster Webseiten auf kleinen Bildschirmen oder selektierbare Straßenzüge oder Landesgrenzen in Kartenanwendungen bei großen Maßstäben. Durch die Annäherungserkennung ließe sich die aktuell durch den Finger überflogene Schaltfläche hervorheben (vgl. Schaltflächenerkennung) und dadurch die Selektierung durch den Nutzer eventuell vereinfachen. Eine mögliche Verbesserung der Usability durch Fingerpositionsmarkierungen soll im Rahmen dieser Bachelorarbeit überprüft werden.

1.3.4. Vorhersage der Touchposition

Als Ergänzung zur Fingerpositionsmarkierung wäre mittels der Annäherungserkennung eine Vorhersage der nachfolgenden Touchposition möglich, indem beispielsweise innerhalb eines definierten Radius die Schwebeposition des Fingers die Touchposition korrigiert. Schwebt der Finger eines Nutzer für eine Weile über eine sich hervorhebende Schaltfläche, so würde nach dieser Interpretation selbst eine leicht verfehlte Berührung neben die Schaltfläche ausreichen, um diese auszulösen. Diese

Ergänzung soll ebenfalls in einen der Tests in dieser Bachelorarbeit evaluiert werden, um die Genauigkeit auch bei kleineren Schaltflächen zu erhöhen, die die Mindestgrößen laut der Leitfäden für Bedienelementen unterschreiten.

2. Methodik

In diesem Kapitel wird erläutert, wie die oben genannten Ansätze anhand von verschiedenen Usability-Tests überprüft wurden.

2.1. Testpersonen

Die Prototypen wurden in Usability-Tests von 18 Personen ausgiebig untersucht. Die Personen waren zwischen 20 und 35 Jahre alt (med: 23 Jahre, Ø: 25,5 Jahre). Beide Geschlechter (8 weiblich, 10 männlich) waren ausgewogen am Test beteiligt. Das berufliche Umfeld der Testpersonen konzentrierte sich überwiegend auf den universitären Bereich. Zudem besaßen alle Testpersonen gute Erfahrungen in der Nutzung von Desktop-PCs, Laptops, Tablets oder Smartphones. Die dazugehörige Gewichtung im Bezug auf die Nutzung von Desktop-PCs, Laptops und anderen berührungssempfindlichen Geräten sind in Tabelle 2.1 dargestellt. Lediglich eine Person nahm innerhalb der letzten sechs Monate an Studien zu Interaktionen an Mobilgeräten oder an Studien der Digitalen Medien AG der Universität Bremen teil.

	Desktop-PC	Laptop	Tablet	Smartphone	Sonstige
Weniger als 1x pro Monat	50%	0%	59%	6%	56%
Weniger als 1x pro Woche	0%	6%	24%	0%	22%
Weniger als 1x pro Tag	17%	0%	12%	0%	17%
Mehrmals am Tag	33%	94%	6%	94%	6%
Am häufigsten benutzt	17%	44%	0%	39%	0%

Tabelle 2.1.: Gerätenuutzung der Testpersonen.

2.2. Apparat

Die Testumgebung besteht aus einem Testgerät und der zugehörigen für die Untersuchungen konzipierten Testanwendung.

Bei dem Testgerät handelt es sich um ein Samsung Galaxy S4. Das darauf installierte Betriebssystem basiert auf Android in der Version 4.4 (API-Level: 19). Der kapazitive Touchscreen des Smartphones mit einer Bildschirmdiagonalen von 5 Zoll besitzt eine Auflösung von 1920×1080 Pixeln und unterstützt die Annäherungserkennung. Das Smartphone darf während der Tests von den Testpersonen festgehalten, jedoch nicht von der Tischfläche angehoben werden.

Die Testumgebung beinhaltet als zweite Komponente die Testanwendung, die den Testpersonen unterschiedliche Aufgaben stellt. Die Testanwendung wurde in Java entwickelt und eigens für das Samsung Galaxy S4 konzipiert. Dazu wurde zudem die Bedienoberfläche der Testanwendung auf die entsprechende Bildschirmgröße angepasst und die von Samsung dokumentierte API für AirViewTM in die Testanwendung integriert. Schließlich wurde die Testanwendung mittels des Android-SDKs in Version 19 kompiliert und auf das Gerät installiert. Der Quelltext liegt in digitaler Form auf dem beiliegenden Datenträger dieser Bachelorarbeit vor. Zusätzlich wird an dieser Stelle auch eine installierbare APK-Datei zur Verfügung gestellt.

Innerhalb der Testanwendung wird zu Beginn jeder Testsitzung eine Identifikationsnummer angezeigt, die für die jeweilige Testsitzung bestimmt wurde. Während jeder Testsitzung werden von der Testanwendung alle relevanten Interaktionen des Nutzers protokolliert und mit der zugehörigen Identifikationsnummer in eine auf dem Gerät angelegten Textdatei gespeichert.

Die Testanwendung ist in zwei unterschiedliche Tests unterteilt und wurde so gestaltet, dass vor jedem Testbeginn eine entsprechende Testbeschreibung angezeigt wird, siehe Abbildung 2.1.

2.2.1. Test 1: Listenauswahl

Die Testanwendung ermöglicht im ersten Test, die Wirkung von Hervorhebungen der Listeneinträge bei Annäherung zu überprüfen, siehe Abbildung 2.2.

Hierzu wird dem Nutzer ein Anweisungsbildschirm mit zwei pseudozufälligen Personeneigenschaften eingeblendet. Nachdem der Nutzer sich die Eigenschaften eingeprägt und anschließend auf „Starten“ gedrückt hat, wird eine mehrspaltige Perso-



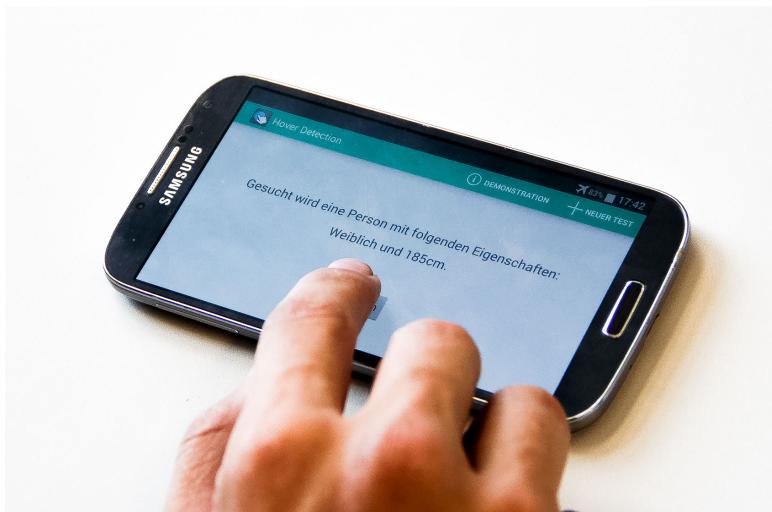
Abbildung 2.1.: Testbeschreibung des ersten Tests.

nenliste mit sieben fiktiven Personen und ihren Eigenschaften angezeigt. Nähert sich der Finger des Nutzers nun einem Listeneintrag, so wird dieser hervorgehoben. Der Test ist so aufgebaut, dass pro Anweisung nur exakt eine Person die gesuchten Eigenschaften besitzt. Der Nutzer hat anschließend eine korrekte Person auszuwählen, indem dabei die Schaltfläche mit dem entsprechenden Personenname (Buchstaben von A-G) berührt wird. Sollte die falsche Schaltfläche berührt werden, so wird der Nutzer mittels einer temporären Texteinblendung (konkret: „Toast-Notification“) über die Falschberührung informiert und erneut die zu suchenden Eigenschaften angezeigt. War die Personenauswahl korrekt, so werden dem Nutzer in weiteren Runden neue Eigenschaften auf dem Anweisungsbildschirm angezeigt. Der Test ist beendet, wenn der Nutzer insgesamt sieben unterschiedliche Anweisungen befolgt hat.

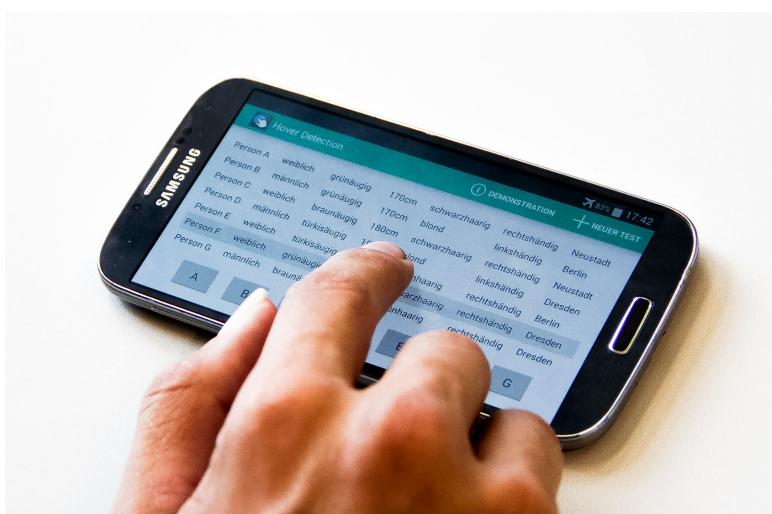
Damit die Auswahlgeschwindigkeiten nicht durch Lerneffekte verfälscht werden, sind bei jeder Anweisung den Eigenschaften innerhalb der Personenliste pseudozufällig anderen Personen zugeordnet.

Um zu überprüfen, ob die Hervorhebungen der Listeneinträge bei Annäherungen einen Einfluss auf die Aufgabenerfüllung gehabt haben, wird der Test ein zweites Mal wiederholt. Bei der Wiederholung wird dann die Annäherungserkennung zu- oder abgeschaltet.

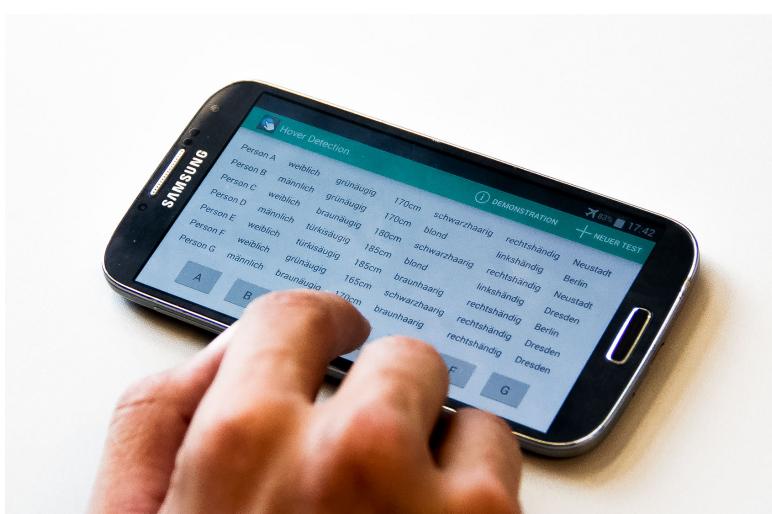
Die Lerneffekte sollen auch bei der Wiederholung durch eine pseudozufällig veränderte Anweisungsreihenfolge gering gehalten werden.



(a) Phase 1: Zu suchende Person wird beschrieben.



(b) Phase 2: Anzeige einer pseudozufälligen Personenliste.

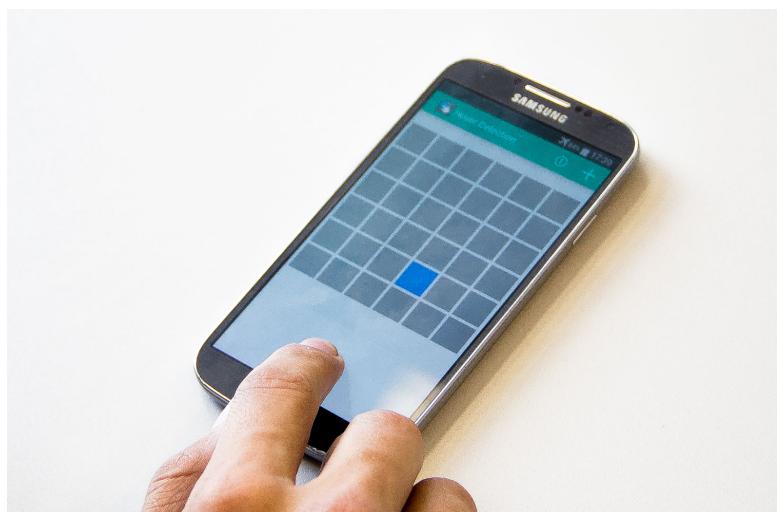


(c) Phase 3: Gesuchte Person in der unteren Leiste auswählen.

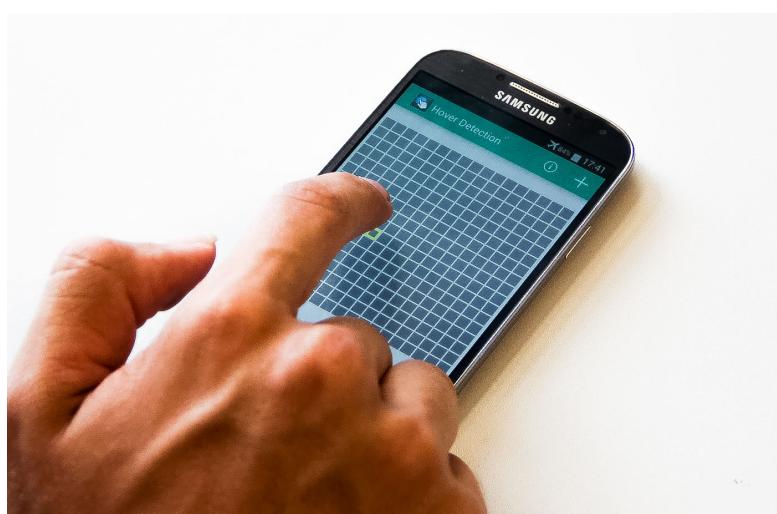
Abbildung 2.2.: Aufbau von Test 1: Drei unterschiedliche Phasen pro Durchgang.



(a) Phase 1: Halten der grünen Schaltfläche.



(b) Phase 2: Blaue Schaltfläche leuchtet pseudozufällig auf.



(c) Phase 3: Berühren der blauen Schaltfläche.

Abbildung 2.3.: Aufbau von Test 2: Drei unterschiedliche Phasen pro Durchgang.

2.2.2. Test 2: Präzisionstest

Die Testanwendung ermöglicht im zweiten Test, die Wirkung von Hervorhebungen auf die empfohlene Mindestgröße von Bedienelementen zu überprüfen, siehe Abbildung 2.3.

Die Bedienoberfläche zeigt einen Anweisungstext an, die den Nutzer auf das Halten der grünen, runden Schaltfläche am unteren Bildschirmrand hinweist. Um diese Schaltfläche zu halten, muss diese berührt und der Finger nicht angehoben werden. Anschließend läuft für eineinhalb Sekunden ein Fortschrittsbalken ab. Die Testanwendung blendet im nächsten Schritt ein quadratisches Gitter mit quadratischen, grauen Schaltflächen ein. Eine graue Schaltfläche wird pseudozufällig von der Testanwendung ausgewählt und blau koloriert. Der Nutzer hat diese Schaltfläche im Anschluss zu berühren. Ist die Annäherungserkennung aktiviert, wird diejenige Schaltfläche aktiviert, die die momentane Fingerschwebeposition überspannt. Wird nun der Bildschirm berührt, so wird dem Nutzer über die Einblendung eines Anweisungsbildschirms die erfolgreiche oder misslungene Berührung mitgeteilt. Die Berührung gilt als erfolgreich, wenn die blaue Schaltfläche als erstes berührt worden ist. Ist die Berührung misslungen, so wird die Kolorierung solange zurückgesetzt, bis der Nutzer die grüne Schaltfläche erneut und für eine zusätzliche Sekunde gehalten hat. Der Nutzer hat anschließend vier weitere Versuche, um die blaue Schaltfläche zu treffen, andernfalls wird der Test vorläufig beendet. Neben den bereits erwähnten Benachrichtigungen, wird bei einer erfolgreichen Berührung dem Nutzer die Erhöhung des Schwierigkeitsgrades signalisiert. Gleichzeitig wird die grüne Schaltfläche wieder am unteren Bildschirmrand eingeblendet und der Nutzer kann den Test im nächsten Schwierigkeitsgrad fortsetzen. Der Test wird beendet, sobald alle Schwierigkeitsgrade von Nutzer bewältigt worden sind.

Die Testanwendung ist so konzipiert, dass beliebig viele Schwierigkeitsgrade und Schaltflächengrößen getestet werden können. Die Größe der Schaltfläche kann für jeden Schwierigkeitsgrad individuell angepasst werden. Die Testanwendung ist so gestaltet, dass neben dem obligatorischen Zeitpunkt der Interaktion sowohl die Position der grünen und blauen Schaltflächen auf dem Bildschirm, als auch die genauen Berührungspunkte auf diesen Schaltflächen selbst protokolliert werden. Im Falle einer eventuellen Formelanwendung nach Fitts [6] sind somit alle Parameter für jeden Versuch und Schwierigkeitsgrad vorhanden oder kalkulierbar.

Um auch in diesem Test die Auswirkungen der Annäherungserkennung zu untersuchen, wird dieser Test ebenfalls wiederholt. Bei diesem Test sind hingegen zwei

Wiederholungen nötig: Während einer Wiederholung werden die Hervorhebungen zu- oder abgeschaltet, in der anderen die softwareseitige Selektionshilfe.

Die softwareseitige Selektionshilfe manipuliert dabei die Eingabe des Nutzers. Anstatt die tatsächliche Berührungspositions des Fingers zu berücksichtigen, wird die Schwebeposition der Annäherungserkennung verwendet. Diese Manipulation wird jedoch nur getätigt, wenn der Positionsunterschied der Schweben- und Berührungsposition XXmm unterschreitet.

2.2.3. Ausbalancieren von Gewöhnungseffekten

 Um etwaige Gewöhnungen an den Tests bzw. andere Beeinflussungen durch vorhergehende Durchgänge auszuschließen, muss die Reihenfolge auf die Testteilnehmer gleichmäßig variiert werden. Hierzu sind die Testpersonen gemäß des Latin Squares in unterschiedliche Gruppen einzuteilen. Aus diesem Grund wurde bei der Konzeption der Testanwendung darauf geachtet, dass die Tests in unterschiedlichen Reihenfolgen gestartet werden können.

Generell erscheinen alle pseudozufälligen Ereignisse nur für den Nutzer rein zufällig. Tatsächlich durchläuft jeder Nutzer in einer bestimmten Gruppe die exakt gleichen Aufgaben. Beispielweise sind die Personeneigenschaften, die Listensortierung und die Anweisungsreihenfolge im ersten Test und die Kolorierung der blauen Schaltfläche im zweiten Test innerhalb einer Gruppe exakt identisch.

2.2.4. Kalibrierung der Annäherungserkennung

Während der Implementierungsphase des Prototyps konnten im Bezug auf die ermittelte Schwebeposition des Fingers auffallende Verschiebungen zur tatsächlichen Fingerposition beobachtet werden. Es war somit anzunehmen, dass bei der Annäherungserkennung noch bestehende Ungenauigkeiten vorliegen. Gleichzeitig kann je nach Anstellwinkel des Fingers der dichteste Punkt zum Bildschirm variieren und möglicherweise eine zusätzliche Ungenauigkeit zur Folge haben. Beim internen Testen des Prototypen zeigten sich teilweise deutliche Unterschiede zwischen den Schweben- und Touchpositionen. Resultierend daraus wurden die kleinen Quadrate im zweiten Test unter Umständen nicht mehr korrekt hervorgehoben, bevor diese schließlich berührt werden würden.

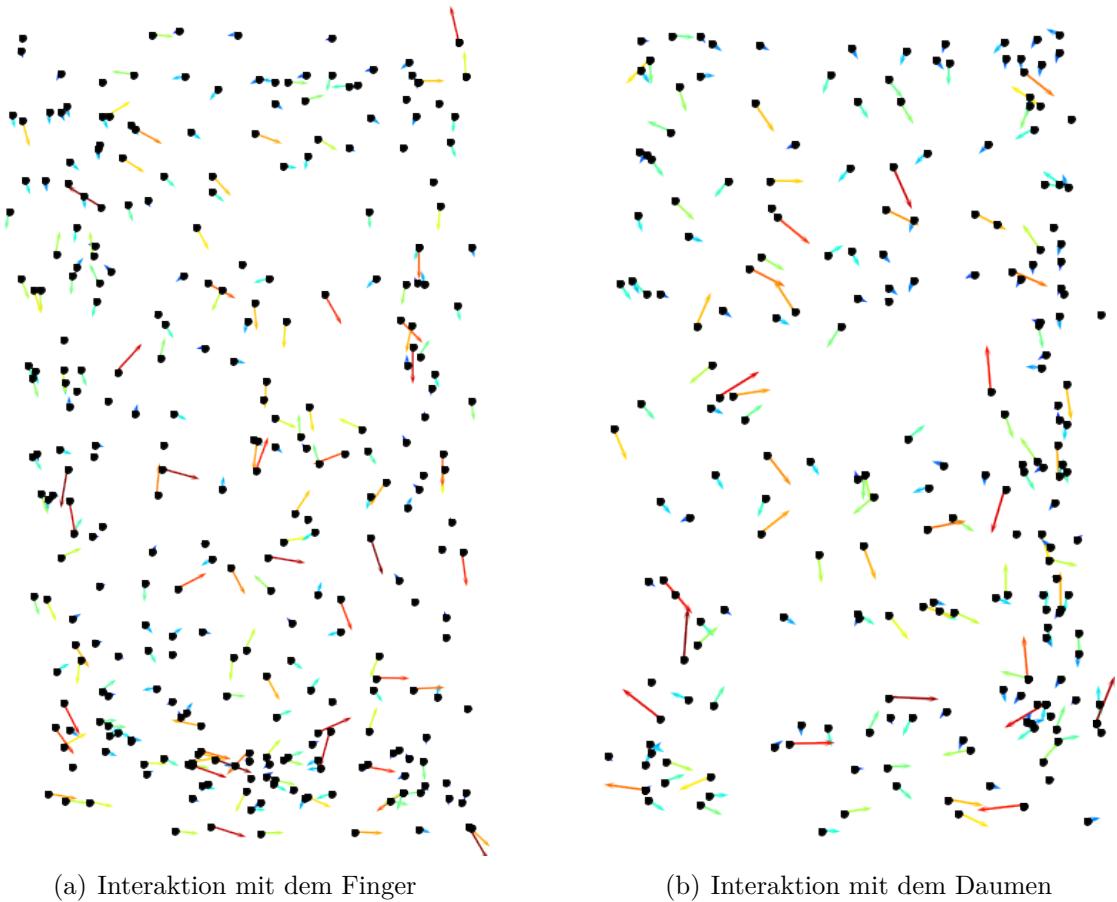


Abbildung 2.4.: Visualisierung der relativen Verschiebungen zwischen der Touch- und Schwebeposition. Die Pfeile inkl. Farbtemperatur deuten die Distanz der Verschiebung an.

Um die Verschiebungen zwischen der Schweben- und Touchposition des Fingers nachzuvollziehen, wurde dem Testprototypen eine zusätzliche Ebene innerhalb der Benutzungsoberfläche hinzugefügt, die die letzte Touch- und Schwebeposition anhand von Kreuzen sichtbar machte. Bei internen Versuchen mit dem Testprototypen wurde deutlich, dass in bestimmten Bereichen die beiden Kreuze nicht aufeinander lagen und die Touch- und Schwebeposition sich somit unterschiedlich stark unterschieden.

Um mögliche Zusammenhänge der Verschiebungen zwischen der Schweben- und Touchposition des Fingers nachzuweisen, wurde eine Testanwendung implementiert, die die letzte Schweben- und Touchposition aufzeichnete. Dabei sollten Nutzer eine Abfolge von verschiedenen Punkten auf dem Bildschirm berühren. Die jeweiligen Schweben- und Touchpositionen waren für die Testperson zu diesem Zeitpunkt nicht sichtbar und wurden erst nach dem eigentlichen Test visualisiert. Anschließend wurden die Werte mittels eines eigens geschriebenen Hilfsprogramms geplottet und ausgewertet.

Die Abbildung 2.5 zeigt die relativen Verschiebungen zwischen der Touch- und Schwebeposition an und verdeutlicht gleichzeitig die teilweise sehr starken Schwankungen beider Werte. Obwohl an mehreren stellen Tendenzen zur Verschiebungsrichtung erkennbar sind, besitzen die Werte dennoch eine große Varianz. Die Möglichkeit die Schwebepositionen auf die Touchpositionen zu verschieben (und andersherum) wären theoretisch möglich, z.B. durch lineare oder polynomiale Regression. Da die Ermittlung dieser Variablen den Umfang dieser Bachelorarbeit jedoch überstiegen hätte, wurde eine Kalibrierung im Rahmen dieses Tests nicht verfolgt.

Stattdessen wurde aus diesem Grund eine weitere Wiederholung des zweiten Tests mit aktivierter Selektionshilfe implementiert.

2.2.5. Fragebögen

Um für die spätere Auswertung genügend Informationen über die jeweilige Testperson zu erhalten, sollen jeder Testperson mehrere Fragebögen ausgehändigt werden.

2.2.5.1. Personenfragebogen

Allgemeine Personeninformationen, wie Alter und Berufsfeld, sollen es ermöglichen, die jeweilige Testpersonen in Personengruppen einzuordnen. Dies ist beispielsweise sinnvoll, wenn sich im Bezug auf die Testergebnisse signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Personengruppen ergeben. Aus diesem Grund wurde für die Studie ein Personenfragebogen angefertigt, siehe Anhang A.2.

Zusätzlich wird nach der Sehstärke, während der Testsitzung getragene Sehhilfen und den Erfahrungen mit berührungsempfindlichen Bildschirmen gefragt. Durch diese Daten können etwaige Probleme während der Testsitzung erklärt werden, z.B. schlechtes Abschneiden durch ungenügende Sehschärfe oder mangelnder Erfahrung. Damit der Testleiter etwaige Störeinflüsse während des Tests aufzunehmen, verfügt der Personenfragebogen zusätzlich über ein entsprechendes Textfeld.

2.2.5.2. System Usability Scale

Der System Usability Scale ist eine verbreitete Möglichkeit die Usability eines Systems zu testen. Somit kann die Usability sowohl allgemein eingeordnet, als auch für jeden Test einzeln verglichen werden. Dies setzt voraus, dass für jeden Test und der

dazugehörigen Wiederholungen ein System Usability Scale angefertigt wird, siehe Anhang A.3.

2.2.5.3. Qualitativer Fragebogen

Der qualitative Fragebogen bestehend aus überwiegend frei beantwortbaren Fragen, soll die positiven und negativen Aspekte erfassen, die die Testperson mittels des System Usability Scales nicht erfassen konnte. Auch Verbesserungsvorschläge oder sonstige Anmerkungen der Testperson können hier aufgenommen werden. Zusätzlich werden für den Ausblick die Testpersonen nach mögliche Anwendungsgebieten gefragt, siehe Anhang A.3.

2.3. Prozedur

Die Studie findet innerhalb eines ruhigen und hellen Raumes statt. Der Testleiter sitzt rechts neben der Testperson an einem Tisch mit ausreichend Platz. Es soll hiermit sichergestellt werden, dass der Test von der Testperson ungestört und bei guten Lichtverhältnissen durchlaufen werden kann.

Jede Testperson hat ausschließlich freiwillig am Test teilzunehmen. Nach Betreten des Raumes erhält jede Testperson etwas zu trinken und wird zu ihrem Wohlbefinden befragt. Im Anschluss wird die Thematik sehr allgemein und knapp beschrieben. Danach wird der Testperson ein Studieninformationsblatt ausgehändigt, dass u.A. Anhaltspunkte über den allgemeinen Ablauf und die Datenverarbeitung enthält, siehe Anhang A.1.

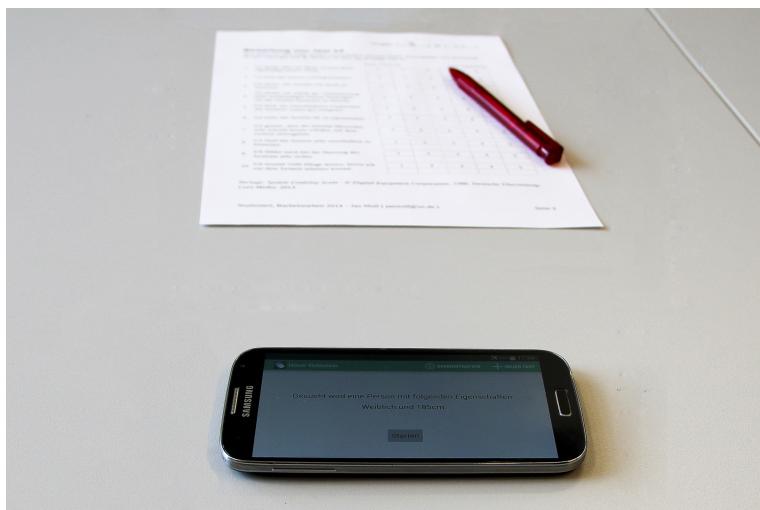
Als nächstes wird ein Personenfragebogen der Testperson überreicht, die diesen direkt und mit ausreichend Zeit auszufüllen hat.

Damit die Testperson mit der Annäherungserkennung vertraut gemacht wird, stellt der Testleiter eine entsprechende Liste zur kurzen Demonstration vor. Die Testperson hat die Möglichkeit mit der Liste bei eingeschalteter Annäherungserkennung zu interagieren.

Anschließend wird die Testanwendung konfiguriert. Der Testleiter startet einen neuen Test mit der Angabe der korrekten Testgruppe und notiert dann die in der Testanwendung dargestellte Identifikationsnummer auf die vorhergesehenen Felder auf den Fragebögen. Die Testumgebung wird nun der Testperson übergeben. Die Testperson



(a) Räumlichkeiten der Testsitzung



(b) Testumgebung und Fragebögen



(c) Testperson füllt Personenfragebogen aus

Abbildung 2.5.: Räumlichkeiten, Aufbau und Lichtverhältnisse während der Studie

wird gebeten, die Testbeschreibung durchzulesen und mögliche Fragen zu äußern. Sobald alle Fragen geklärt sind, beginnt die Testperson mit dem ersten Test.

Hat die Testperson den Test absolviert, wird ihr der System Usability Scale überreicht. Die Testperson hat diesen nun nach „Bauchgefühl“ auszufüllen und kann im Anschluss mit der Wiederholung fortfahren.

Wurde auch für erste Wiederholung der System Usability Scale ausgefüllt, leitet der Testleiter den zweiten Test ein. Die Testperson wird erneut gebeten, die Testbeschreibung durchzulesen und mögliche Fragen anzuzeigen. Danach kann die Testperson mit dem Test beginnen. Die Testanwendung ist so konfiguriert, dass in diesem Test von der Testperson bis zu 27 Schwierigkeitsgrade absolviert werden können. Die Schaltflächengröße wurde mit höheren Schwierigkeitsgrad verringert. Insgesamt wird der Test zwei Mal wiederholt und jede Wiederholung ebenfalls mit einem System Usability Scale abgeschlossen.

Wurden alle Tests der Testanwendung vollständig absolviert, befragt der Testleiter die Testperson abschließend gemäß des qualitativen Fragebogens und notiert die gegebenen Antworten für die Testperson auf dem Fragebogen, um eine möglichst ausführliche Rückmeldung zu erhalten.

2.4. Design

Die gesamte Testsitzung ist aufgeteilt in zwei Tests:

Der erste Test prüft auf die unabhängige Variable **Annäherungserkennung** mit den nominalen Zuständen **ausgeschaltet** und **eingeschaltet** und besitzt somit zwei Settings.

Der zweite Test prüft auf zwei unabhängige Variablen, **Schaltflächengröße** und **Annäherungserkennung**. Die unabhängige Variable **Schaltflächengröße** besitzt 27 rationale Zustände, beginnend bei **10mm** und endend bei **1.4mm**. Die unabhängige Variable **Annäherungserkennung** besitzt die nominalen Zustände **ausgeschaltet**, **eingeschaltet** und **eingeschaltet mit Selektionshilfe**. Es handelt sich also bei der gesamten Testsitzung um ein **1x2** und **3x27** Design.

3. Ergebnisse

3.1. Test 1: Listenauswahl

3.2. Test 2: Präzisionstest

4. Diskussion

menschen dachten test1 liste ist schaltfläche

4.1. Vergleich zu den bisherigen Leitfäden

4.2. Ausblick

Multi-Hover-Touch Offset

5. Fazit

Lorem Ipsum hier kommt die Fazipsum.

A. Anhang

A.1. Studieninformationen

Studieninformationen

Bevor mit dem Test begonnen werden kann, lesen sie sich bitte folgende Informationen durch und benachrichtigen sie uns, sobald sie fertig sind.

- Die Studie wird ca. 30 Minuten in Anspruch nehmen.
- Die Studie versucht neue Erkenntnisse im Bezug auf Eingabemöglichkeiten herauszufinden.
- In dieser Studie werden nicht ihre Leistungen untersucht, sondern ausschließlich die Funktionsweise des System. Sollten Schwierigkeiten auftreten, so ist dies durch das System begründet und nicht ihre Schuld.
- Sie dürfen jederzeit Pausen einlegen oder den Test ohne Angabe von Gründen abbrechen.
- Alle Daten werden anonym erhoben und nach wissenschaftlichen Kriterien verarbeitet.
- Sollte ihnen etwas irgendetwas unklar sein, dürfen sie jederzeit Fragen stellen.
- Ablauf:
 - Sie füllen einen Fragebogen zu ihrer Person aus. Dies hilft uns dabei, die Studie vernünftig auszuwerten.
 - Anschließend zeigt ihnen der Testleiter eine kurze Demonstration des Systems.
 - Sie führen den eigentlichen Systemtest durch. Dieser Test ist in mehrere Abschnitte unterteilt. Das System protokolliert alle Eingaben im Hintergrund.
 - Danach wird ihnen ein Fragebogen ausgehändigt. Bitte füllen sie diesen aus.
 - Nach dem Systemtest stellen wir ihnen schließlich allgemeine Fragen zur Bewertung des Systems.
- Hinweise zum Personenfragebogen:
 - Bitte antworten sie so genau wie möglich auf die Fragen.
 - Sollte eine Frage eine Auswahlfrage sein, so ist diese durch eine von ihnen anzukreuzende, eckige Klammer gekennzeichnet.
 - Bei Unklarheiten, fragen sie uns bitte einfach.
- Bitte schalten sie während der Testreihe ihr Handy in den Flug- oder Lautlosmodus.

A.2. Personenfragebogen

Gruppe [_____] ID [_____]

Personenfragebogen

1. Allgemeines

Geschlecht weiblich männlich
Alter _____
Beruf / Fachrichtung _____
Händigkeit Rechtshänder Linkshänder

2. Sehvermögen

Ich bin fehlsichtig. weitsichtig kurzsichtig nein
Ich benutze regelmäßig Sehhilfen. ja nein
Ich trage während des Experiments eine Sehhilfe. ja nein

Wenn vorherige Frage mit ja beantwortet: Die Sehhilfe korrigiert meine Fehlsichtigkeit soweit, dass ich den vorliegenden Fragebogen scharf erkenne. ja nein

Die Stärke der Sehhilfe bzw. meiner Augen beträgt ca. _____ Dioptrien rechts und _____ Dioptrien links.

3. Gerätenutzung

Wie oft nutzen sie folgende Geräte:

	Desktop-PC	Laptop	Tablet	Smartphone	Andere Geräte
Nie oder weniger als einmal im Monat	<input type="checkbox"/>				
Weniger als einmal in der Woche	<input type="checkbox"/>				
Weniger als einmal am Tag	<input type="checkbox"/>				
Mehrmals am Tag	<input type="checkbox"/>				

Anmerkung: Andere Geräte mit berührungsempfindlichen Bildschirmen, z.B. Navigationsgeräte.

Gruppe [_____] ID [_____]

Am häufigsten benutze ich: Desktop-PC Laptop Tablet
 Smartphone Andere Geräte

4. Andere Studieninformationen

Haben sie den letzten 6 Monaten an Studien zu Interaktionen mit Mobilgeräten oder an Studien der Digitalen Medien AG der Universität Bremen teilgenommen?

ja, zu folgenden Themen: _____.
 nein

5. Anmerkungen

Dieses Feld ist ggf. von uns auszufüllen. Bitte lassen sie dieses Feld frei.

A.3. Bewertungsbögen

Gruppe [_____] ID [_____]

Bewertung von Test 1A

Bitte geben sie ohne lange darüber nachzudenken und nach ihrem „Bauchgefühl“ eine Bewertung für den vorherigen Test ab. Kreuzen sie dazu das jeweilige Feld an.

	Starke Ablehnung					Starke Zustimmung					
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	Ich denke, dass ich dieses System gerne regelmäßig nutzen würde.										
2	Ich fand das System unnötig komplex.										
3	Ich denke, das System war leicht zu benutzen.										
4	Ich denke, ich würde die Unterstützung einer fachkundigen Person benötigen, um das System benutzen zu können.										
5	Ich fand, die verschiedenen Funktionen des Systems waren gut integriert.										
6	Ich halte das System für zu inkonsistent.										
7	Ich glaube, dass die meisten Menschen sehr schnell lernen würden, mit dem System umzugehen.										
8	Ich fand das System sehr umständlich zu benutzen.										
9	Ich fühlte mich bei der Nutzung des Systems sehr sicher.										
10	Ich musste viele Dinge lernen, bevor ich mit dem System arbeiten konnte.										

Vorlage: System Usability Scale - © Digital Equipment Corporation, 1986. Deutsche Übersetzung: Core Media, 2013.

Gruppe [_____] ID [_____]

Bewertung von Test 1B

Bitte geben sie ohne lange darüber nachzudenken und nach ihrem „Bauchgefühl“ eine Bewertung für den vorherigen Test ab. Kreuzen sie dazu das jeweilige Feld an.

	Starke Ablehnung					Starke Zustimmung					
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	Ich denke, dass ich dieses System gerne regelmäßig nutzen würde.										
2	Ich fand das System unnötig komplex.										
3	Ich denke, das System war leicht zu benutzen.										
4	Ich denke, ich würde die Unterstützung einer fachkundigen Person benötigen, um das System benutzen zu können.										
5	Ich fand, die verschiedenen Funktionen des Systems waren gut integriert.										
6	Ich halte das System für zu inkonsistent.										
7	Ich glaube, dass die meisten Menschen sehr schnell lernen würden, mit dem System umzugehen.										
8	Ich fand das System sehr umständlich zu benutzen.										
9	Ich fühlte mich bei der Nutzung des Systems sehr sicher.										
10	Ich musste viele Dinge lernen, bevor ich mit dem System arbeiten konnte.										

Vorlage: System Usability Scale - © Digital Equipment Corporation, 1986. Deutsche Übersetzung: Core Media, 2013.

Gruppe [_____] ID [_____]

Bewertung von Test 2A

Bitte geben sie ohne lange darüber nachzudenken und nach ihrem „Bauchgefühl“ eine Bewertung für den vorherigen Test ab. Kreuzen sie dazu das jeweilige Feld an.

	Starke Ablehnung					Starke Zustimmung					
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	Ich denke, dass ich dieses System gerne regelmäßig nutzen würde.										
2	Ich fand das System unnötig komplex.										
3	Ich denke, das System war leicht zu benutzen.										
4	Ich denke, ich würde die Unterstützung einer fachkundigen Person benötigen, um das System benutzen zu können.										
5	Ich fand, die verschiedenen Funktionen des Systems waren gut integriert.										
6	Ich halte das System für zu inkonsistent.										
7	Ich glaube, dass die meisten Menschen sehr schnell lernen würden, mit dem System umzugehen.										
8	Ich fand das System sehr umständlich zu benutzen.										
9	Ich fühlte mich bei der Nutzung des Systems sehr sicher.										
10	Ich musste viele Dinge lernen, bevor ich mit dem System arbeiten konnte.										

Vorlage: System Usability Scale - © Digital Equipment Corporation, 1986. Deutsche Übersetzung: Core Media, 2013.

Gruppe [_____] ID [_____]

Bewertung von Test 2B

Bitte geben sie ohne lange darüber nachzudenken und nach ihrem „Bauchgefühl“ eine Bewertung für den vorherigen Test ab. Kreuzen sie dazu das jeweilige Feld an.

	Starke Ablehnung					Starke Zustimmung					
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	Ich denke, dass ich dieses System gerne regelmäßig nutzen würde.										
2	Ich fand das System unnötig komplex.										
3	Ich denke, das System war leicht zu benutzen.										
4	Ich denke, ich würde die Unterstützung einer fachkundigen Person benötigen, um das System benutzen zu können.										
5	Ich fand, die verschiedenen Funktionen des Systems waren gut integriert.										
6	Ich halte das System für zu inkonsistent.										
7	Ich glaube, dass die meisten Menschen sehr schnell lernen würden, mit dem System umzugehen.										
8	Ich fand das System sehr umständlich zu benutzen.										
9	Ich fühlte mich bei der Nutzung des Systems sehr sicher.										
10	Ich musste viele Dinge lernen, bevor ich mit dem System arbeiten konnte.										

Vorlage: System Usability Scale - © Digital Equipment Corporation, 1986. Deutsche Übersetzung: Core Media, 2013.

Gruppe [_____] ID [_____]

Bewertung von Test 2C

Bitte geben sie ohne lange darüber nachzudenken und nach ihrem „Bauchgefühl“ eine Bewertung für den vorherigen Test ab. Kreuzen sie dazu das jeweilige Feld an.

	Starke Ablehnung					Starke Zustimmung					
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	Ich denke, dass ich dieses System gerne regelmäßig nutzen würde.										
2	Ich fand das System unnötig komplex.										
3	Ich denke, das System war leicht zu benutzen.										
4	Ich denke, ich würde die Unterstützung einer fachkundigen Person benötigen, um das System benutzen zu können.										
5	Ich fand, die verschiedenen Funktionen des Systems waren gut integriert.										
6	Ich halte das System für zu inkonsistent.										
7	Ich glaube, dass die meisten Menschen sehr schnell lernen würden, mit dem System umzugehen.										
8	Ich fand das System sehr umständlich zu benutzen.										
9	Ich fühlte mich bei der Nutzung des Systems sehr sicher.										
10	Ich musste viele Dinge lernen, bevor ich mit dem System arbeiten konnte.										

Vorlage: System Usability Scale - © Digital Equipment Corporation, 1986. Deutsche Übersetzung: Core Media, 2013.

Gruppe [_____] ID [_____]

Zusätzliche Fragen

Was hat Ihnen besonders gut bei der Nutzung der Systeme gefallen?

Was hat Ihnen bei der Nutzung der Systeme nicht gefallen?

Haben Sie sonstige Anmerkungen oder Verbesserungsvorschläge? Haben Sie Ideen zu möglichen Anwendungsgebieten von Annäherungserkennung?

Empfanden Sie die Hervorhebungen der Einträge bei Annäherung in der Liste als hilfreich?

Sehr hinderlich	Eher hinderlich	Neutral	Eher hilfreich	Sehr hilfreich

Empfanden Sie die Hervorhebungen der Quadrate beim Auswählen als hilfreich?

Sehr hinderlich	Eher hinderlich	Neutral	Eher hilfreich	Sehr hilfreich

Danksagung

Hiermit möchte ich mich bei allen Personen herzlich bedanken, die mich während der Anfertigung dieser Bachelorarbeit unterstützt haben.

Besonders bedanken möchte ich mich bei...

- Frederic Pollmann für
- Nina Runge für
- Prof. Dr. Rainer Malaka und Dr.-Ing. Dennis Krannich für
- allen Testteilnehmern meiner Studie für
- meinen Korrekturlesern für
- meiner Familie für

Literaturverzeichnis

- [1] Apple Inc. ios human interface guidelines: Layout. <https://developer.apple.com/library/ios/documentation/UserExperience/Conceptual/MobileHIG/LayoutandAppearance.html>, 2014. Abrufdatum: 09.08.2014.
- [2] Andreas Brohme. Android one: Google startet seine billig-smartphone-offensive. <http://www.spiegel.de/netzwelt/gadgets/android-one-google-soll-billig-smartphone-bald-praesentieren-a-989376.html>, 2014. Abrufdatum: 04.09.2014.
- [3] Raju B.I. Dandekar, K. and M.A. Srinivasan. 3-d finite-element models of human and monkey fingertips to investigate the mechanics of tactile sense. *Journal of biomechanical Engineering*, 125:682–691.
- [4] Doro Deutschland. Doro liberto 810. <http://www.dorodeutschland.de/Produkte/Mobiltelefone-und-Zubehor/Doro-Liberto-810/>, 2014. Abrufdatum: 24.08.2014.
- [5] Dante D’Orazio. Sony xperia sola’s ‘floating touch’ screen technology explained. <http://www.theverge.com/2012/3/14/2871193/sony-xperia-sola-floating-touch-hover-event-screen-technology>, 2012. Abrufdatum: 07.08.2014.
- [6] I. Scott MacKenzie. Fitts’ law as a research and design tool in human-computer interaction. *Hum.-Comput. Interact.*, 7(1):91–139, 1992.
- [7] Microsoft Corporation. Windows app development: Guidelines for targeting. <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/apps/hh465326.aspx>, 2014. Abrufdatum: 06.08.2014.
- [8] Open Handset Alliance™. Android developers: Metrics and grids. <http://developer.android.com/design/style/metrics-grids.html>, 2014. Abrufdatum: 09.08.2014.

- [9] Farzan Sasangohar, I Scott MacKenzie, and Stacey D Scott. Evaluation of mouse and touch input for a tabletop display using fitts' reciprocal tapping task. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, volume 53, pages 839–843. SAGE Publications, 2009.
- [10] Inc. Synaptics. Synaptics touchpad interfacing guide (510-000080-a, second edition). <http://www.synaptics.com/sites/default/files/ACF126.pdf>, 1998. Abrufdatum: 18.08.2014.
- [11] Charlotte Travis and Pietro Murano. A comparative study of the usability of touch-based and mouse-based interaction. *Int. J. Pervasive Computing and Communications*, 10(1):115–134, 2014.
- [12] Daniel Wigdor and Dennis Wixon. *Brave NUI World: Designing Natural User Interfaces for Touch and Gesture*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA, 1st edition, 2011.
- [13] Liana Kiff Zhao Xia Jin, Tom Plocher. Touch screen user interfaces for older adults: button size and spacing. In Constantine Stephanidis, editor, *Proceedings of the 4th international conference on Universal access in human computer interaction: coping with diversity (UAHCI'07)*, pages 933–941. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2007.

Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Die Arbeit wurde keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Bremen, 19. September 2014

Jan-Hendrik Wolf