



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Seminar-Ausarbeitung

Jörn Sidentopp

**Mobile Usability-Suite
for Android Devices**

Jörn Siedentopp

Mobile Usability-Suite for Android Devices

Seminar-Ausarbeitung eingereicht im Wintersemester 2010/2011
im Studiengang Master of Science Informatik
am Department Informatik
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Professor: Prof. Dr. Olaf Zukunft
Gutachter: Prof. Dr. rer. nat. Kai von Luck
& Prof. Dr. rer. nat. Gunter Klemke

Abgegeben am 28. Februar 2011

I. Inhaltsverzeichnis

I. Inhaltsverzeichnis.....	3
1. Motivation	4
2. Ziel der Arbeit.....	4
2.1. Allgemeine abstrakte Ziele	5
2.2. Konkretes technisches Ziel.....	6
3. Schlussfolgerungen aus Vorarbeiten.....	7
3.1. Literaturstudie.....	8
3.2. Projekterkenntnisse	9
4. Architektur und Komponenten.....	10
5. Vorgehensbeschreibung.....	12
6. Risiken und deren Einschätzung.....	13
7. Zusammenfassung.....	13
II. Literatur.....	15

1. Motivation

Desktoprechner sind heutzutage in jedem Haushalt zu finden und ihre Usability ist gut erforscht. Die starke Weiterentwicklung der Geräte führt dazu, dass diese immer kleiner und leistungsstärker werden. Als Folge sind so vielerlei mobile Kleingeräte wie Smartphones in den Alltag gelangt [1]. Durch das schnelle Wachstum sind hier viele verschiedene und spezielle Bedienkonzepte zu finden. Die Bewertung der Bedienkonzepte geschieht heutzutage rein subjektiv, da die Usability-Evaluation den Entwicklungen im mobilen Bereich noch nicht gerecht wird.

Aus dieser Relevanz und dem existierenden Mangel entstand mein Wunsch, diese Lücke mit einem smarten repräsentativen Untersuchungsverfahren inklusive eines praktischen Tools zu füllen.

2. Ziel der Arbeit

Meine Masterthesis soll die etablierten theoretischen Verfahren der Usability-Untersuchungen von feststehenden Computern auf Mobile übertragen. Der Schwerpunkt liegt hier auf der Usability-Feldstudie [2]. Am Ende soll eine einsatzfähige Software-Suite¹ stehen. Diese besteht aus einer grundsätzlichen Zweiteilung: dem mobilen, erfassenden Part und dem stationären, beobachtenden Part.

Der folgende Abschnitt beschreibt die allgemeinen und abstrakten Ziele der Thesis. Im darauffolgenden Abschnitt wird dann auf die technischen Einzelheiten eingegangen.

¹ „eine organisierte Sammlung (von z. B. Software, siehe Programmpaket [...])“ [39]

2.1. Allgemeine abstrakte Ziele

Der maßgebliche Unterschied zwischen einem stationären und einem mobilen Nutzungsszenario ist der Kontext. Bei stationärer Computernutzung ist der Kontext (z.B. in einem Büro) auf die Rechnerarbeit ausgerichtet. Bei der mobilen Nutzung bewegt sich der Nutzer mit dem Gerät in einem unbekanntem Umfeld, welches oftmals das Gegenteil von optimaler Arbeitsatmosphäre ist. Beispielhaft ist hier das Schreiben von Kurznachrichten, während eine Straße überquert wird, oder das „Twittern“ während der Autofahrt.

So muss bei mobilen Usability-Studien der Kontext, gleich den traditionellen Forschungsfeldern Mensch, Computer und Interaktion, berücksichtigt werden. Durch die Wichtigkeit des Kontextes sind die Ergebnisse eines Labortests hier viel stärker divergierend zu den realen Ergebnissen aus einer Feldstudie, als dies beim Labortest eines stationären Systems ist.

*„[...]evaluations conducted in field settings can reveal problems not otherwise identified in laboratory evaluations.“
(Kellar et al. 2005: 279 nach [2])*

Die optimale Kombination aller vier Bereiche soll in meiner Masterthesis diskutiert und evaluiert werden. Insbesondere die starke Kontextberücksichtigung bietet viele Herausforderungen, da die Kontext-Erfassung und Auswertung ohne eine Veränderung desselbigen kaum möglich ist. Eine naheliegende Möglichkeit bietet hier das Auswerten aller Sensoren des mobilen Gerätes, um Rückschlüsse auf die aktuelle Umweltsituation des Nutzers zu ziehen. Hier ist der Nutzer unbeeinflusst (bis auf das Wissen, dass er sich in einem Test befindet), allerdings ist der Aufwand sehr groß und die Ergebnisse sehr ungenau.

Ein weiterer wichtiger Faktor bei den heutigen mobilen Geräten mit geringer Rechenleistung und begrenzter Akkulaufzeit ist die Performance und Energieeffizienz. Die Rechenleistung beeinflusst die Performance des Nutzers unmittelbar, und wurde so auch in DIN 6385 für Ergonomie festgeschrieben.

*„... to optimise human well-being and overall system performance “
(DIN EN ISO 6385, 2004)*

Bei starker Beeinflussung der Performance verändert sich das Nutzerverhalten direkt. Dies heißt für das geplante umfassende Protokollieren aller vier Bereiche einer Usabilitystudie: Das System muss dabei gänzlich unbeeinflusst bleiben.

2.2. Konkretes technisches Ziel

Die geplante technische Umsetzung setzt auf das Android-Betriebssystem der Open Handset Alliance [3]. Die Wahl fiel auf das quelloffene, freie, linuxbasierte Betriebssystem für mobile Geräte, da viele benötigte Funktionen von Haus aus integriert sind. So ermöglicht die Quelloffenheit, dass das System als solches angepasst werden kann um die benötigten Logging-Funktionen energieeffizient, performant und nahtlos zu integrieren. Durch direkte Systemerweiterungen können auch vorhandene Sicherheitsmechanismen umgangen werden, um an Stelle von einzelnen Anwendungen das Gesamtsystem zu erfassen. Des Weiteren ist Android das „[...] Most Popular Operating System in U.S.“ im Oktober 2010 [4].

Die konkrete Implementierung auf der mobilen Android Plattform sieht vor, dass alle nötigen Bereiche Mensch, Maschine, Interaktion und Kontext live erfasst und an einem entfernten Rechner beobachtet werden können. Hierzu soll der Nutzer mittels Metriken und Fakten erfasst werden. Die Metriken sollen klären, wie sich der Nutzer akut fühlt, was allerdings mit Nutzerbeeinflussung durch Messgeräte verbunden ist und daher auf Grund der Kontext-Nicht-Veränderung zurückgestellt werden soll. Die Fakten wie das Alter und Geschlecht und Weitere können klassisch per Fragebogen erfasst werden und sind somit für die geplante Implementierung nicht relevant.

Bei der Erfassung der Technologie soll jede noch so gering erscheinende Hardware erfasst werden, da dies eventuell von Bedeutung sein kann. Dazu wird auf „*NDroid*“ zurückgegriffen [5], auf welches im Kapitel Vorgehensbeschreibung genauer eingegangen

wird. Hier ist immer die Performance des Gerätes wichtig. Somit werden eventuell einzelne Teile ausgelassen, wenn die Erfassung zu stark die Performance beeinflusst.

Die Erfassung der Interaktion des Nutzers stand im Vordergrund des Masterprojekts 2. Hier wurde allerdings auf der Anwendungsschicht gearbeitet, welches viele Nachteile brachte. Die Idee ist hier, diese Implementierung systemnaher umzusetzen. Die erzielten Ergebnisse müssen einzeln überprüft, angepasst und übernommen werden.

3. Schlussfolgerungen aus Vorarbeiten

Die Einarbeitung in das Thema mobile Computing (bzw. mobile Usability) im AW-1 Seminar zeigte, dass die reine Übertragung von bekannten Eingabemethoden auf den mobilen Bereich oft zu Problemen führt [6]. So ist die Benutzbarkeit einer eingeblendeten Tastatur auf einem kleinen Touchscreen eines Mobilgerätes unbefriedigend. Aus dieser Überlegung entstand eine Forschung über spezielle Eingabemöglichkeiten für mobile Geräte, die die Mobilität als zusätzlichen Input nutzen und nicht als Beschränkung empfinden.

Im folgenden Projekt 1 entstand eine konkrete Implementierung eines dynamischen Peephole Interfaces, welches die Bewegung des mobilen Gerätes als Input zur Steuerung nutzt. Hierbei fiel auf, dass die internen Sensoren mobiler Geräte (bzw. dem verwendeten HTC Desire [7]) sehr vielen Schwankungen unterliegen. Eine vergleichende Untersuchung mit herkömmlichen Verfahren war nur eingeschränkt möglich, da kein etabliertes Verfahren oder Tool existiert, welches eine allgemeingültige mobile Usability-Untersuchung erlaubt.

Im AW-2 Seminarvortrag und dem folgenden Projekt 2 wurde versucht, diesen Mangel mit einer eigenen Implementierung zu beheben. Durch die Bedeutung des Nutzungskontextes, die auch im AW-2 Seminarvortrag gezeigt werden konnte [8], war das Ziel in Projekt 2 eine Erfassung der Nutzerinteraktion zu erstellen, die diesen und seinen Kontext nicht beeinflusst beziehungsweise überhaupt eine Feldstudie im realen Kontext ermöglicht. Dies wurde als Android-Anwendung umgesetzt. Hier wurden

schnell die Grenzen des Möglichen erreicht, da jede Anwendung in Android in einer Sandbox läuft und so starken Beschränkungen unterliegt. Diese verhindert, dass die Anwendungen den Nutzer ausspähen oder das System schädigen. Dadurch ist es leider auch nicht möglich, alle Interaktionen des Nutzers zu erfassen. Aus Sicherheitsaspekten ist dies verständlich, für Usability-Forschungen allerdings ein Hindernis. Ein Ausweg sollte hier ein angepasstes Android-Betriebssystem bieten.

3.1. Literaturstudie

Im Bezug auf neue Arten der Interaktion mit mobilen Geräte stellte Yee schon 2003 fest, dass neue Methoden „besser“ sein können als die reine Übertragung von alten Konzepten [9]. Das Ergebnis von Yee ist allerdings mit Vorsicht zu genießen. Die vergleichende Untersuchung von 45 Forschungsarbeiten [10] zeigt nämlich, dass diese so unterschiedlich durchgeführt werden, dass ein Vergleich kaum möglich ist geschweige denn die Ergebnisse in Bezug gesetzt werden dürfen. Weiter bewiesen Coursaris & Kim, dass der Kontext im mobilen Bereich sehr relevant ist, allerdings kaum bis gar nicht berücksichtigt oder erfasst wird [11].

Eine weitere wichtige und leicht nachvollziehbare Erkenntnis in Bezug auf den Kontext des Nutzers ist die Wichtigkeit der sozialen Akzeptanz. So erarbeiteten Rico & Brewster, dass die Akzeptanz von gestenbasierender Steuerung stark von der Umgebung und den Personen der Umgebung abhängt [12]. Diese Erkenntnis scheint auf den ersten Blick für die Implementierung eines Tools für Usability-Tests weniger interessant. Überträgt man die Erkenntnis aber, liegt der Schluss nahe, dass der Nutzer auch durch zum Beispiel einen auffälligen Testaufbau in seinem Nutzerverhalten beeinflusst wird.

Die theoretischen Arbeiten werden durch die praktische Umsetzung eines „toolbasierten Vorgehensmodell“ von Dennis Krannich abgeschlossen [13]. Dieses auf einem Prototyp basierende Vorgehensmodell eröffnet die Möglichkeit während der Entwicklung auf der Basis von HTML-Prototypen das geplante Interface iterativ zu evaluieren und weiter zu entwickeln. Der grundsätzliche Aufbau durch einen Server, einen Beobachter und ein unverändertes Handy ermöglicht gute Ergebnisse. Allerdings ist durch die reine

Testbarkeit von HTML-Prototypen kein Testen der fertigen Software möglich. Auch ist die Nutzung von Touch- und Wisch-Gesten bei aktuellen Geräten (wie dem iPhone oder Android-Smartphones) nur rudimentär implementiert.

Mein Ansatz sieht vor, die gewonnenen Erkenntnisse über soziale Akzeptanz sowie die weiteren durch Coursaris & Kim beschriebenen Kriterien zu berücksichtigen. Hierzu bietet sich der durch Krannich etablierte verteilte Aufbau an, um das mobile Endgerät performant zu halten. Die mobile Seite ist so zu gestalten, dass der heutige Standard an Touch-Interfaces optimal erfasst wird und zukünftige auf Sensoren basierende Interfaces auch erfassbar sind.

3.2. Projekterkenntnisse

Die Evaluation eines dynamischen Peepholes im Projekt 1 zeigte auf der einen Seite die noch bestehenden technischen Schwierigkeiten auf und auf der anderen Seite wurde deutlich, dass die Forschung an mobilen Interfaces noch sehr am Anfang steht.

Verschiedene Forschungsarbeiten mit Prototypen zeigten, dass die Hardware entweder noch nicht die Möglichkeiten der Bewegungserfassung bot oder zu leistungsschwach für die aufwändigen Algorithmen war ([14], [15], [16], [17]). Dennoch konnte gezeigt werden, dass die Idee der dynamischen Peepholes vielversprechend ist. Eindeutig bewiesen werden konnte diese Behauptung leider nicht, da (wie oben erwähnt) kein einheitliches Testverfahren existiert.

Zur Evaluation des entstandenen Interfaces wurde meist auf ein Labor zurückgegriffen. Die Tests erfolgten so von Umwelteinflüssen abgeschottet in einer künstlich geschaffenen Situation. Wie mehrfach beschrieben ist der reale Kontext allerdings ein bestimmender Faktor und wurde außen vor gelassen.

Im folgenden Projekt war der Schwerpunkt die Entwicklung eines mobilen Usability-Tools. Ohne ein evaluiertes Testverfahren kann die Bewertung einer Interfaceentwicklung nur rein subjektiv erfolgen, welches kein unabhängiges Vergleichen ermöglicht. Die Entwicklung eines Usability-Tools mit dem Android Software

Development Kit (SDK) zeigt einige Probleme auf. Das größte Problem ist die Tatsache, dass für einen Usability-Test mit einer entfernten Beobachtungsstation im Grunde ein Trojaner² erstellt wird. Durch die Sicherheitsfunktionen von Android werden solche Funktionen grundsätzlich verboten und so können nur schwer alle für einen Usabilitytest nötigen Daten erfasst werden. Auch sind so nur einzelne speziell für den Test präparierte Anwendungen testbar, da der Programmcode verändert werden muss. Umgangen werden kann dies nur durch ein angepasstes Android Betriebssystem, welches die nötigen Daten direkt erfasst und verarbeitet. Somit ist nicht nur jede installierte Anwendung testbar, sondern ein grundsätzlicher Systemtest möglich.

4. Architektur und Komponenten

In Figur 1 sind die grundsätzlichen Komponenten der geplanten Usability-Suite dargestellt. Die blauen Komponenten sind die Bereiche, die definitiv umgesetzt werden müssen, um die oben beschriebene Gültigkeit der Testergebnisse zu erhalten.

Gelbe Komponenten stellen Bereiche dar, die entweder technisch nicht ohne Weiteres umsetzbar sind oder nicht zwingend für jeden Test erforderlich sind. So ist das Erfassen des Nutzers mit speziellen Metriken wie der Gestik, Mimik, Reaktion nicht ohne Beeinflussung möglich. Der von stationären Tests bekannte Eye-Tracker oder das Filmen des Gesichts ist im mobilen Einsatz so nicht möglich. Für ein Eye-Tracking müsste der Nutzer z.B. eine Art Brillengestell tragen. Dies ist aus den schon beschriebenen Gründen der sozialen Akzeptanz und der Beeinflussung nicht erwünscht.

Die Integration von Rückschlüssen auf den Kontext und das Live-Screen-Mitschneiden müssen zu Gunsten der Performance und Laufzeit des Akkus einzeln evaluiert werden.

Für jede Usability-Untersuchung ist das Zusammenspiel von Nutzer und System unabdingbar und so sind die Bereiche Interaction und Computer nicht wegzudenken. Hierzu muss auf der mobilen Seite der zu Teilen in Projekt 2 implementierte Logger den

² „versteht man ein Programm, das neben seiner eigentlichen Funktion noch weitere, unbekannte Funktionen aufweist“ [40]

Linux-Kernel erweitern. Für eine optimale Steuerung und das Senden der erfassten Daten soll ein Service dienen. Dieser ist von jeder Android-System-Ebene erreichbar und sollte sehr performant arbeiten können. Auch eine einfache und zentrale Verwaltung der voraussichtlich verteilten Logging-Funktionen ist so gegeben.

Auf der stationären Seite ist eine übersichtliche Darstellung aller Systemzustände sowie der Interaktionen des Nutzers zu schaffen. Dies geschieht entweder durch die Darstellung des Live-Screens oder des Zusammensetzens aller erfassten Daten zu einer Simulation im Emulator von Android.

Da die Systemdaten für die Usability-Forschung auch bei einer Live-Screen-Übertragung erfasst und übergeben werden müssen, bietet sich die Rekonstruktion und Simulation an, um die Performance des mobilen Gerätes zu schonen. Das sichtbare Ergebnis auf der stationären Seite sollte bei der Rekonstruktion somit gleich oder besser dem Live-Bild sein, da keine Bildartefakte durch eine Komprimierung entstehen und das Datenaufkommen der Internetverbindung geringer ausfällt.

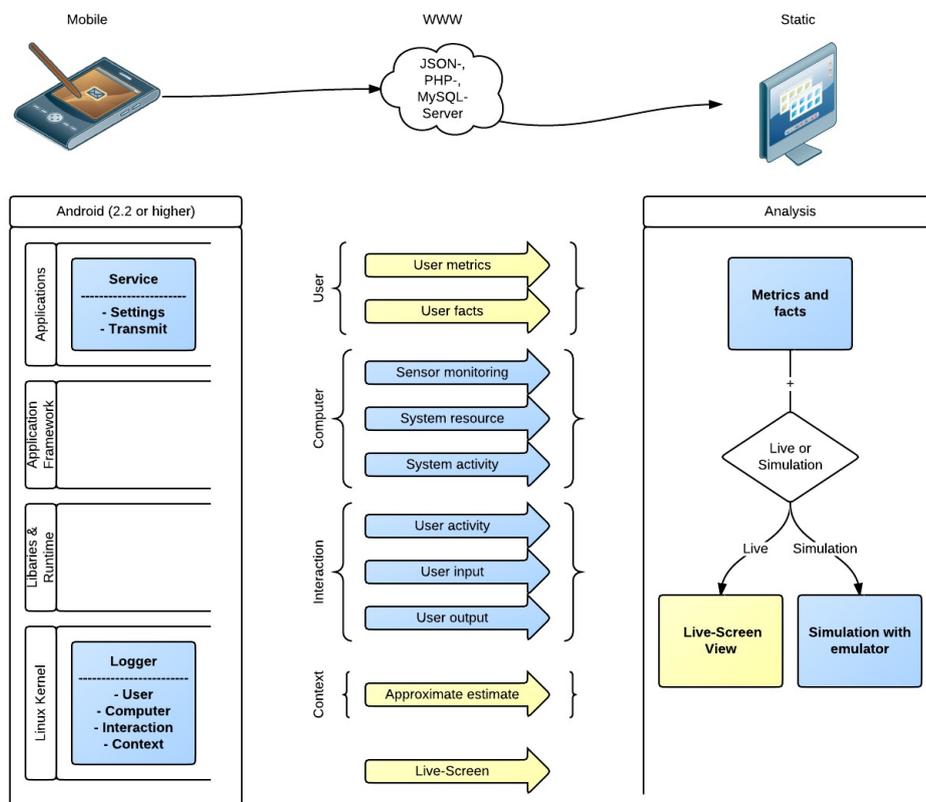


Figure 1 Masterthesis Architektur (Erstellt mit lucidchart.com durch Jörn Siedentopp)

5. Vorgehensbeschreibung

Aufbauend auf meinem letzten Projekt 2 soll dieses aus der Anwendungsschicht in die Kernel-Ebene portiert werden. Da Linux-Kernel-Erweiterungen im Gegensatz zum Android-SDK nicht in Java programmiert werden können, ist hier eine Portierung des Codes nötig. Wünschenswert ist die Übernahme und Weiterverwendung des Transmit- und Settings-Service aus dem Projekt. Das aktuelle Projekt 2 umfasst den im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Interaktions-Teil der Logging-Komponente.

Das zweite Viertel des Loggers auf dem mobilen Gerät soll auf der Arbeit von Miller aufbauen [5]. Durch das von ihm entwickelte Statistik-Android-System ist eine umfassende Protokollierung des Computer-Bereichs gegeben.

NDroid dient zur Erfassung allgemeiner Systemwerte wie die gerade offenen Anwendungen, die Auslastung einzelner Komponenten wie Arbeitsspeicher und CPU, der Ladezustand des Akkus, des GPS-Signals und vielem mehr. NDroid ist eins der ersten einsatzfähigen Monitoring Tools im Bereich der mobilen Datenerfassung, das an der „University of Notre Dame“ in Indiana (USA) entstanden ist. Die Ausrichtung liegt auf der Erstellung aussagekräftigen Statistiken über Smartphones. Eine Kombination aus Kernel-Erweiterungen und -Updates ermöglicht eine systemweite Erfassung. NDroid muss, da es aktuell noch nicht verfügbar ist, einzeln evaluiert und die verwendbaren Teile herausgefunden und integriert werden.

Auf der stationären Seite soll der Beobachter aus Projekt 2 erweitert werden. Dieser bietet grundsätzliche Steuermöglichkeiten und kann mit Hilfe des Android-Emulators die Eingaben des Gerätes rekonstruieren.

6. Risiken und deren Einschätzung

Das hauptsächliche Risiko liegt in der Verwendbarkeit von NDroid. Hier ist eine konkrete Einschätzung schwer, da die API auf Grund der fehlenden Verfügbarkeit nicht überprüft werden konnte. Somit muss jeder einzelne Teil von NDroid evaluiert werden und die Gefahr besteht, dass NDroid grundsätzlich zum Start der Arbeit weiter nicht verfügbar ist.

Die nötige Portierung des existierenden Codes ist ein weiteres großes Risiko. Die Zugriffe auf einzelne Komponenten beziehungsweise ihr Vorhandensein sind unwahrscheinlich. So kann es sein, dass einzelne Teile ganz neu entwickelt werden müssen. Weiter können auf der Linux Kernel-Schicht von Android Restriktionen bestehen, die mir zur Zeit noch unbekannt sind.

Die Arbeiten an einer Kernel-Erweiterung könnte zur Folge haben, dass das entstehende System nicht mehr mit Updates aktualisiert werden kann und so auf dem aktuellen Stand bleiben muss. Da zu Android circa alle drei Monate Systemupdates veröffentlicht werden, kann dies zu einem Problem werden, da das aktuelle System schnell veraltet.

Ein eher schwaches Risiko ist die Performanz und Energieeffizienz der Anwendung. Diese beiden Faktoren sollten berücksichtigt werden, können aber im schlimmsten Fall nur zu einem unerwarteten Test-Ende führen, wonach dieser einer Wiederholung bedarf.

7. Zusammenfassung

Die Entwicklung soll es ermöglichen, mobile Feldtests für die Verbesserung der Usability in der echten, natürlichen Umgebung des Nutzers durchzuführen, ohne diesen dabei zu beeinflussen (Usability- Feldstudie) [13]. Vor diesem Hintergrund sollte die gesamte Entwicklung sehr performant und energieeffizient erfolgen.

Die mit der Entwicklung verbundenen Risiken gefährden den Projekterfolg nicht zwangsläufig, können aber (wenn auch sehr massiv) die Fertigstellung verzögern, da andere oder neue Wege gefunden werden müssen. So sollte es am Ende des Tages ein einsatzfähiges Tool für mobile Usability- Feldstudie geben. Diese sollte durch die Ausrichtung auf neue und sensorbasierte Interfaces zukunftssicher sein und allgemeingültig vergleichbare Ergebnisse liefern.

II. Literatur

- [1] Thomas Stölzel, Matthias Hohensee, and Michael Kroker. (2011, Feb.) Smartphones - Die App-Industrie im Umbruch. [Online]. <http://www.wiwo.de/technik-wissen/die-app-industrie-im-umbruch-456912/>
- [2] Dennis Krannich, Mobile Usability Testing: ein toolbasiertes Vorgehensmodell zum Rapid-Prototyping und Usability-Testing von mobilen Systemen im originären Benutzungskontext, 2010, Dissertation.
- [3] Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. (2011, Feb.) Android (Betriebssystem). [Online]. [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Android_\(Betriebssystem\)&oldid=85623119](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Android_(Betriebssystem)&oldid=85623119)
- [4] The Nielsen Company. (2010, Oct.) Android Most Popular Operating System in U.S. Among Recent Smartphone Buyers. [Online]. http://blog.nielsen.com/nielsenwire/online_mobile/android-most-popular-operating-system-in-u-s-among-recent-smartphone-buyers/
- [5] Christopher Miller et al., "An Integrated Monitoring System for Smartphones," in *PhoneSense 2010*, Zurich, USA, 2010.
- [6] Jörn Siedentopp. (2010, Februar) <http://informatik.haw-hamburg.de>. [Online]. <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master09-10-aw1/siedentopp/bericht.pdf>
- [8] Jörn Siedentopp. (2010, Feb.) Mobile Usability Testing for Innovative Mobile Interfaces. [Online]. <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master2010-aw2/siedentopp/bericht.pdf>
- [7] HTC Desire - Einfach alle anderen hinter sich lassen. [Online]. <http://www.htc.com/de/product/desire/specification.html>
- [9] Ka-Ping Yee, "Peephole displays: pen interaction on spatially aware handheld computers," in *Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, 2003, pp. 1-8.
- [10] Constantinos K. Coursaris and Dan J. Kim, "A Research Agenda for Mobile Usability," in *Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, 2007, pp. 2345-2350.

- [11] K. Coursaris Constantinos and Dan J. Kim, "A Qualitative Review of Empirical Mobile Usability Studies," , Acapulco, Mexico, 2006, pp. 2885-2897.
- [12] Julie Rico and Stephen Brewster, "Usable gestures for mobile interfaces: evaluating social acceptability ," in *Conference on Human Factors in Computing Systems*, vol. 28, New York, 2010, pp. 887-896.
- [13] Dennis Krannich, *Mobile Usability-Testing: Ein toolbaisertes Vorgehensmodell zum Rapid-Prototyping und Usability-Testing von Mobilien Systemen im orgininären Benutzungskontext*. Bremen, Germany: E-LIB Universität Bremen, 2010, Dissertation.
- [14] Sumit Mehra, Peter Werkhoven, and Marcel Worrying, "Navigating on Handheld Displays: Dynamic versus Static Peephole Navigation," in *Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 2006, pp. 448 – 457.
- [15] Leonard Martin Ah Kun, Kuo-Hung, Marsden, Lee Lee, and Gary Marsden, "Peepholes with no strings Attached: Using Image Processing as Input in Camera-phones," in *Proceedings of the 2007 annual research conference of the South African institute of computer scientists and information technologists on IT research in developing countries*, vol. 226, Port Elizabeth, South Africa, 2007, pp. 1-8.
- [16] Miscook Sohn and Geehyuk Lee, "ISeeU: Camera-based User Interface for Handheld Computer," in *Proceedings of the 7th international conference on Human computer interaction with mobile devices & services*, vol. 111, Salzburg, Austria, 2005, pp. 299 – 302.
- [18] Marcel Worrying, Peter Werkhoven, and Sumit Mehra, "Navigating on handheld displays: Dynamic versus static peephole navigation," *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, vol. 13, no. 4, pp. 448 - 457, Dezember 2006.
- [17] Michael Rohs and Georg Essl, "Sensing-based Interaction for Information Navigation on Handheld Displays.," in *Proceedings of the 9th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services*, vol. 309, 2007, 2007, pp. 387-394.
- [19] Christian Wagner, *Mobile Usability Test für Pervasive Games*. Hamburg, Hamburg, Germany: Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, 2008.
- [20] Jörn Siedentopp, *Interfacerevolution bei Videospielekonsolen: Entwicklung von Heuristiken zur Gestaltung revolutionärer Interfaces*. Hamburg, Hamburg, Germany: Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, 2009.
- [21] Ben Shneiderman, *User interface design*, Übers. aus dem Amerikan. von Jürgen Dubau & Arne Willner ed., Jürgen Dubau and Arne Willner, Eds.

Bonn: mitp-Verlag, 2002, vol. III.

- [22] Donald A. Norman, *Dinge des Alltags: gutes Design und Psychologie für Gebrauchsgegenstände*. Frankfurt/Main [u.a.]: Campus-Verlag, 1989.
- [23] Jakob Nielsen. (2009, Juli) Mobile Usability (Jakob Nielsen's Alertbox). [Online]. <http://www.useit.com/alertbox/mobile-usability.html>
- [24] John Murphy, Jesper Kjeldskov, Steve Howard, Graeme Shanks, and Elizabeth Hartnell-Young, "The converged appliance: "I love it. but I hate it"," in *17th Australia conference on Computer-Human Interaction*, Narrabundah, 2005.
- [25] Leonard Martin Ah Kun, Kuo-Hung Lee, and Gary Marsden, "Peepholes with no strings attached: using image processing as input in camera-phones," in *2007 annual research conference of the South African institute of computer scientists and information technologists on IT research in developing countries*, New York, 2007, p. 8.
- [26] Takeo Igarashi and Ken Hinckley, "Speed-dependent automatic zooming for browsing large documents," in *13th annual ACM symposium on User interface software and technology*, New York, 2000, pp. 139 - 148.
- [28] George W. Fitzmaurice, Shumin Zhai, and Mark H. Chignell, "Virtual reality for palmtop computers," *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*, vol. 11, no. 3, pp. 197 - 218, Juli 1993.
- [27] Yves Guiard, Michel Beaudouin-Lafon, Julien Bastin, Dennis Pasveer, and Shumin Zhai, "View size and pointing difficulty in multi-scale navigation," in *Working conference on Advanced visual interfaces*, New York, 2004, pp. 117 - 124, nach [15].
- [29] Patrick Baudisch and Ruth Rosenholtz, "Halo: a technique for visualizing off-screen objects," in *SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, New York, 2003, pp. 481 - 488.
- [30] Niels H. Bakker, Peter O. Passenier, and Peter J. Werkhoven, "The effects of head-slaved navigation and the use of teleports on spatial orientation in virtual environments (VE)," *Human Factors*, vol. 45, pp. 160-169, 2003, nach [15].
- [31] Apple Inc. (2010, Juni) Technische Daten des iPhone 4. [Online]. <http://www.apple.com/de/iphone/specs.html>
- [32] Wikipedia contributors. (2010, Februar) Wikipedia, The Free Encyclopedia. [Online]. http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Six_degrees_of_freedom&oldid=343828509

- [33] IDC. (2010, Februar) IDC. [Online].
<http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS22196610>
- [34] Wikipedia-Autoren. (2010, Januar) Wikipedia. [Online].
[http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Gebrauchstauglichkeit_\(Produkt\)&oldid=68835402](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Gebrauchstauglichkeit_(Produkt)&oldid=68835402)
- [35] Radio Hamburg. (2010, Februar) Radio Hamburg. [Online].
<http://www.radiohamburg.de/content/view/full/176979>
- [36] Pinch Media. (2009, Februar) Pinch Media Blog. [Online].
<http://www.pinchmedia.com/appstore-secrets/>
- [38] Billiger-Telefonieren.de. iPhone von Apple: Infos zum Kulthandy iPhone. [Online]. <http://www.billiger-telefonieren.de/iphone/>
- [37] *DIN ISO EN 9241-11.*
- [39] Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. (2010, Nov.) Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. [Online].
<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Suite&oldid=81455430>
- [40] DATACOM Buchverlag GmbH. Trojaner. [Online].
<http://www.itwissen.info/definition/lexikon/Trojaner-trojan.html>