

Die Berührungsdauer eines Button-Klicks bei stationären Touchscreens

Martin Seeger, Tobias Stein, Bernd-Burkhard Borys, Ludger Schmidt

Fachgebiet Mensch-Maschine-Systemtechnik, Universität Kassel

Zusammenfassung

Touchscreens werden zunehmend in alltäglichen Geräten eingesetzt, wobei das Gefühl konventioneller Tasten verloren geht. Eine künstlich generierte haptische Rückmeldung kann nur während der Zeit vermittelt werden, in der ein Finger auf der Touchscreen-Oberfläche verweilt. Mit Hilfe von 53 Versuchsteilnehmern und über 5600 einzelnen Button-Klicks wurde die Berührungsdauer für unterschiedliche Einflussfaktoren von stationären Touchscreens (Neigung, Buttongröße sowie Nutzerposition) ermittelt. Die Ergebnisse zeigen eine durchschnittliche Berührungsdauer von 169 ms sowie eine minimale Berührungsdauer von 80 ms auf einer Touchscreen-Oberfläche. Die Berührungsdauer ist sowohl von der Neigung eines Touchscreens als auch von der Buttongröße abhängig und liefert Erkenntnisse für die Gestaltung einer wahrnehmbaren haptischen Rückmeldung von stationären Touchscreens.

1 Einleitung

Berührungsempfindliche Bildschirme (Touchscreens) werden zunehmend in mobilen Geräten wie Smartphones oder Tablet-PCs, aber auch in stationären Systemen im öffentlichen Bereich wie Fahrkartenautomaten oder Infoterminals eingesetzt. Im Vergleich zu mechanischen Tastaturen weisen Touchscreens den Nachteil auf, dass die über den Tastsinn vermittelte haptische Rückmeldung und das gewohnte Gefühl von mechanischen Tasten verloren gehen. Die Eingabe auf einer Touchscreen-Oberfläche ist schwieriger und kann in Folge zu einer geringeren Eingabegeschwindigkeit führen (Hoggan et al. 2008).

Um diesem Problem zu begegnen, werden bei Systemen mit Touchscreens fühlbare Rückmeldungen in Form von Vibrationen erzeugt, woraus eine schnellere Eingabe von Texten sowie eine geringere Fehlerzahl resultiert (Brewster et al. 2007). Die Wahrnehmung einer haptischen Rückmeldung in Form von Vibrationen wird bei einem mobilen Gerät durch die Hand ermöglicht, welche das Gerät umfasst. Bei den Fingern, welche bei der Interaktion mit einem Touchscreen bei mobilen Geräten in Berührung kommen (Stein et al. 2015), ist die Wahrnehmung der haptischen Rückmeldung nur bei dem Verweilen des Fingers auf dem

Touchscreen möglich. Bei stationären Touchscreens eröffnet sich die Problematik, dass eine haptische Rückmeldung nur durch die Finger, welche den Touchscreen berühren, vermittelt werden kann. Für die Realisierung einer wahrnehmbaren haptischen Rückmeldung bei stationären Touchscreens ist somit die minimale Berührungsdauer ein limitierender Faktor.

Der vorliegende Beitrag zeigt die Ergebnisse einer Studie zur Ermittlung der Berührungsdauer eines Button-Klicks auf einer simulierten stationären Touchscreen-Oberfläche. Mit Hilfe einer elektrisch leitenden Touchscreen-Oberfläche und den elektrischen Eigenschaften der Haut wurde mit 53 Versuchsteilnehmern und über 5600 einzelnen Button-Klicks die Berührungsdauer für unterschiedliche Einflussfaktoren von stationären Touchscreens (Neigung, Buttongröße und Nutzerposition) ermittelt.

2 Hintergrund und Ziele

Für die Gestaltung einer haptischen Rückmeldung existieren bereits Normen und Richtlinien (ISO 9241-920), Vorschläge für die Modulation von Frequenz und Amplitude sowie Muster- und Zeitparameter (Jones & Sarter 2008). Die minimale Zeit einer haptischen Rückmeldung bei stationären Touchscreens wird durch Randbedingungen wie die Dauer zur Ermittlung der Fingerposition (Bhalla & Bhalla 2010), der systeminternen Verarbeitung (Ng et al. 2012), der Umsetzung durch die Aktorik (Kaaresoja et al. 2014) sowie eingeschränkte Interaktionsmöglichkeiten z. B. eine geringe Darstellungsqualität (Domhardt & Schmidt 2012) limitiert.

Für die Messung der Berührungsdauer eines Fingers auf einer Touchscreen-Oberfläche kann eine vereinfachte Betrachtungsweise einer Touchscreen-Interaktion herangezogen werden. Die Berührungsdauer beginnt bei dem ersten Kontakt eines Fingers mit einer Oberfläche und endet, sobald dieser Finger die Displayoberfläche verlässt (Kaaresoja & Brewster 2010; Popyrev & Maruyama 2003). Der Zeitraum zwischen beiden Zeitpunkten umfasst dabei die Berührungsdauer des Fingers auf der Touchscreen-Oberfläche, welche für eine haptische Rückmeldung bei stationären Touchscreens genutzt werden kann.

Untersuchungen zu den Eigenschaften von virtuellen Buttons zeigen, dass die Tippleistung bei konventionellen Tasten von Mobiltelefonen im Vergleich zu virtuellen Buttons höher ist (Lee & Zhai 2009) bzw. eine Erweiterung durch eine haptische Rückmeldung die Tippleistung verbessert (Hoggan et al. 2008; Brewster et al. 2007). Henze & Poppinga (2012) konnten in Bezug auf die Berührungsdauer basierend auf hunderttausenden Button-Klicks bei mobilen Geräten eine durchschnittliche Zeit von 87 ms mit einer Standardabweichung von 33 ms ermitteln, wobei die Ergebnisse aufgrund von nicht kontrollierten Versuchsbedingungen für stationäre Anwendungen nur eingeschränkt übertragbar sind.

Der Einstellbereich der Neigung für stationäre Touchscreens ist in Abhängigkeit der Position eines Nutzers und der Höhe der Arbeitsfläche zu wählen (Bartha et al. 2013; Davis et al. 2014). Schultz et al. (1998) konnten bspw. bei der Untersuchung unterschiedlicher Neigungen eines Touchscreens keinen präferierten Neigungswinkel für die Interaktion ermitteln. Nach VDI/VDE 3850-3 ist die Neigung eines Touchscreens entsprechend der Aufgaben nach Visualisierungspriorität oder Bedienpriorität zu wählen. Bei Aufgaben mit

Visualisierungspriorität ist eine Anbringung ohne Neigung zu bevorzugen, während bei Aufgaben mit Bedienpriorität eine starke Neigung zu priorisieren ist (VDI/VDE 3850-3).

Es existiert eine Vielzahl von Untersuchungen, die die Eingabe von komplexen Ziffernfolgen auf stationären Touchscreens in Abhängigkeit verschiedener Parameter wie der Position des Nutzers (Chourasia et al. 2013; Colle & Hiszem 2004), der Buttongröße (Schedlbauer 2007) sowie beim Tastaturschreiben auf virtuellen Tastaturen (Sears et al. 1993) analysiert haben. Für die minimale Dauer einer haptischen Rückmeldung bei der Touchscreen-Interaktion bestehen nur Anhaltspunkte. Die Gestaltung einer haptischen Rückmeldung ist nur möglich, wenn die verfügbare Dauer für eine Rückmeldung bekannt ist. Es sind weiter keine Studien bekannt, welche die Berührungsdauer unter den aufgeführten Einflussfaktoren untersuchten.

3 Experimentelle Untersuchung

Für die experimentelle Untersuchung der Berührungsdauer eines Button-Klicks auf einer Touchscreen-Oberfläche wurde ein Versuchsstand konzipiert, welcher in der Höhe sowie der Neigung (auf 10, 20 und 45 Grad aus der Vertikalen nach Hinten) verstellbar war. Diese Winkeleinstellung berücksichtigt die Anforderungen der Neigung nach VDI/VDE 3850-3 in Bezug auf die Bedienpriorität sowie die geneigte Anordnung von Touchscreens in öffentlichen Bereichen wie Fahrkartenautomaten oder Infoterminals. Durch die variable Höhenverstellung soll darüber hinaus gewährleistet werden, dass für alle Versuchsteilnehmer eine vergleichbare Einstellung der Höhe der Touchscreen-Oberfläche ermöglicht wird.

Bei einer realen Touchscreen-Interaktion treten bei der Messung unterschiedliche Störeffekte in Form Verzögerungszeiten bspw. durch die interne Verarbeitung auf (Ng et al. 2012). Aus diesem Grund wurde bei dem Versuchsaufbau auf eine simulierte Touchscreen-Oberfläche im Rahmen eines Laborversuchs zurückgegriffen. Dies bietet die Möglichkeit, Störeffekte wie Lärm oder Erschütterungen zu vermeiden und die minimale Berührungsdauer eines Fingers auf einer Touchscreen-Oberfläche ohne weitere Einflussfaktoren durch eine visuelle, auditive oder haptische Rückmeldung eines realen Systems zu untersuchen.

Dazu wurde die Touchscreen-Oberfläche durch eine elektrisch leitende Folie nachgebildet. Auf dieser Oberfläche wurden drei unterschiedlich große Tastenfelder aufgebracht, für die das Layout einer Telefontastatur gewählt wurde (siehe Abbildung 1 links und rechts oben). Dieses Layout bietet den Vorteil, dass die Tastenanordnung für alle Nutzer bekannt ist und keine Störeffekte z. B. durch das Suchen einzelner Buchstaben auftreten. Bei einer beidhändigen Interaktion auf einer Tastatur (QWERTZ-Layout) ist die Eingabe z. B. von der Erfahrung eines Nutzers abhängig, sodass keine gleichen Bedingungen vorherrschen würden.

Das kleine Tastenfeld auf der linken Seite weist die Größe von 16 x 32 mm auf, wobei ein einzelner Button der Größenordnung einer Smartphone-Tastatur zur Texteingabe mit der Abmessung 5 x 6 mm entsprach. Die Maße des mittleren Tastenfeldes betragen 56 x 43 mm bzw. 18 x 10 mm für einen einzelnen Button (entspricht einer Kassentastatur). Auf der rechten Seite war das größte Tastenfeld mit den Maßen 82 x 110 mm angeordnet, wobei ein Button in Anlehnung an Chourasia et al. (2013) einer Größe von 25 x 25 mm entsprach.

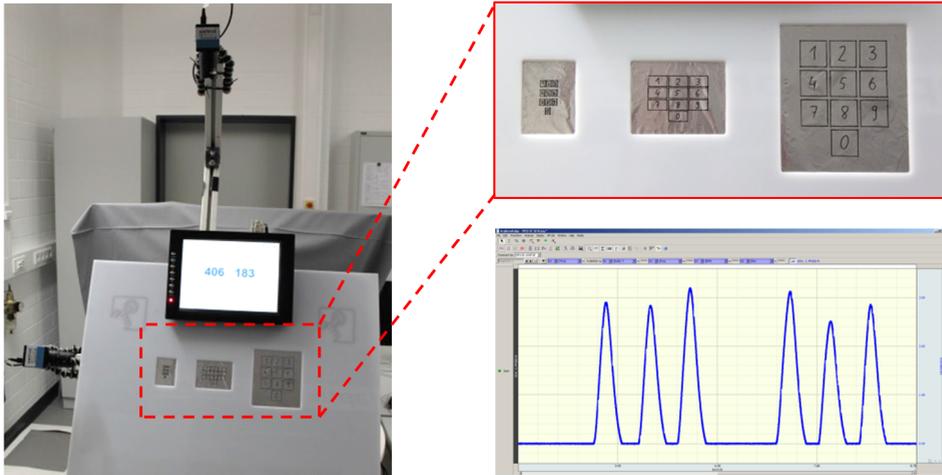


Abbildung 1: Darstellung des Versuchsaufbaus einer nachgebildeten Touchscreen-Oberfläche (links und rechts oben) und eines exemplarischen Ergebnisses der Touchscreen-Interaktion (rechts unten)

Oberhalb der Tastenfelder wurde ein Bildschirm befestigt, auf dem zu Beginn des Versuchs einführende Informationen und die Versuchsaufgabe präsentiert wurden. Des Weiteren wurden zwei Kameras angebracht, welche die Hand des Versuchsteilnehmers von der Seite bzw. von oben inklusive des Tons während des Versuchs aufzeichneten, um bei möglichen Problemen bei der Auswertung eine detaillierte Analyse durchführen zu können.

Die Messung der Berührungsdauer auf einem Button erfolgte indirekt über die Messung des Stromflusses durch die Haut. Dieser wurde über eine Silberchlorid-Elektrode (Durchmesser 10 mm), die der Versuchsteilnehmer in der nicht interagierenden Hand hielt, und der Berührung bei Eingabe auf der leitenden Touchscreen-Oberfläche gemessen. Die Aufzeichnung des Stromflusses erfolgte mit Hilfe des Data Akquisition System (BioPac System Inc.) und der zugehörigen Software (AcqKnowledge) mit einer Abtastrate von 1000 Hz. Die Bestimmung der Berührungsdauer erfolgte abschließend mit MATLAB auf Basis der Zeitdifferenz zwischen dem Beginn des Anstieges des Stromflusses (Fingerkontakt mit der leitenden Oberfläche) und dem Erreichen des Maximums (siehe Abbildung 1 rechts unten).

3.1 Versuchsdesign und Stichprobenauswahl

Bei der Interaktion mit einem Touchscreen können unterschiedliche Interaktionsformen von einfachen Klicks bis multiplen Gesten durchgeführt werden. Für die Ermittlung der minimalen Berührungsdauer wurde die alltägliche Interaktionsform eines einfachen Button-Klicks herangezogen, da komplexe Gesten längere Ausführungszeiten und in Folge längere Berührungsdauern aufweisen können (Lee & Zhai 2009).

Stationäre Touchscreens sind u. a. in öffentlichen Umgebungen aufgestellt, wodurch unterschiedliche Nutzergruppen mit diesen Systemen interagieren können. Da jüngere Nutzer bei der Eingabe auf Touchscreens schneller sind (Findlater et al. 2013) und ältere Nutzer im

Vergleich zu jüngeren Nutzern ein geringeres Technikverständnis (Ziefle 2002) sowie ein geringeres Akzeptanzniveau gegenüber neuer Technologien aufweisen können (Nägle & Schmidt 2012), wurden im Rahmen dieser Untersuchung jüngere Teilnehmer mit einer hohen Technikaffinität für die Ermittlung der minimalen Berührungsdauer herangezogen.

Um den Effekt der Einflussfaktoren Position, Neigung und Buttongröße auf die Berührungsdauer zu überprüfen, wurden die Eingaben der Versuchspersonen unter verschiedenen Bedingungen aufgezeichnet. Dazu wurde die Position der Versuchsteilnehmer (sowohl sitzend als auch stehend), die Neigung der Touchscreen-Oberfläche (10, 20 und 45 Grad) sowie die Buttongröße (klein, mittel und groß) variiert. Somit ergaben sich $2 \times 3 \times 3 = 18$ Kombinationen für jeden Versuchsteilnehmer. Für jede Kombination sollten die Versuchsteilnehmer eine Eingabe von Ziffern vornehmen, die in ein Szenario eingebettet war, um eine reale Aufgabe an einem Fahrkartenautomaten, z. B. für die Fahrzieleingabe, zu simulieren.

3.2 Versuchsdurchführung

Nach der Begrüßung und Erläuterung des Versuchsablaufs füllten die Versuchsteilnehmer einen Eingangsfragebogen aus, welcher die Händigkeit nach dem Edinburgh Handedness Inventory (Oldfield 1971) sowie die Technikaffinität nach Karrer et al. (2009) erfasste. Anschließend folgte die Einstellung des Versuchsaufbaus auf die Körpergröße und die Kalibrierung der Messeinrichtungen. Dazu wurde der Versuchsaufbau für jeden Versuchsteilnehmer auf die Höhe des angelegten Ellenbogens und die Mitte der Tastenfelder eingestellt, sodass diese nach Vorgaben der VDI/VDE 3850-3 im Bereich des Greifraumes liegen, um die Versuchsbedingungen vergleichbar zu gestalten und einer Ermüdung vorzubeugen.

In einem ersten Probelauf sollten sich die Versuchsteilnehmer an den Versuchsaufbau gewöhnen und festlegen, mit welchem Finger die Eingaben während des gesamten Hauptversuchs durchgeführt werden sollte. Dies sollte Störeffekte vermeiden, welche z. B. bei wenig genutzten Fingern zu längeren Berührungsdauern auf der Touchscreen-Oberfläche führen könnte, sodass ausschließlich die minimale Berührungsdauer ermittelt wird.

Nach dem Probelauf folgte der Hauptversuch, bei dem sich die Versuchsteilnehmer sechs zufällig ausgewählte Ziffern (in zwei Blöcken mit je drei Ziffern) einprägen und eintippen sollten. Die ausgewählten Ziffern wurden so bestimmt, dass die jeweiligen Tasten nicht aneinandergrenzen. Dadurch wird ein Nutzer veranlasst den Finger vollständig von der Oberfläche abzuheben, sodass sich die Signale für die Auswertung der Berührungsdauer je Button-Klick nicht überlagern (siehe Abbildung 1 rechts unten).

Dieser Ablauf wurde für alle 18 Kombinationen beibehalten. Weiterhin wurden keine Vorgaben zur Eingabegeschwindigkeit gemacht, sodass jeder Versuchsteilnehmer entsprechend seiner natürlichen Geschwindigkeit die Eingabe durchführen konnte. Alle Eingaben wurden alternierend in einer stehenden bzw. einer sitzenden Position durchgeführt, wobei sowohl die Reihenfolge der Neigungswinkel als auch der Buttongröße unter allen Versuchsteilnehmer randomisiert wurden. Die Versuchsdurchführung nahm insgesamt etwa 20 Minuten in Anspruch.

4 Ergebnisse und Diskussion

An der Untersuchung nahmen 53 Versuchsteilnehmer (38 männlich, 15 weiblich) bestehend aus Studenten und Mitarbeitern der Universität Kassel mit einem Durchschnittsalter von 27,6 Jahren ($\pm 7,4$ Jahre) teil. Unter den Versuchsteilnehmern waren entsprechend des Edinburgh Handedness Inventory (Oldfield 1971) fünf Linkshänder und 48 Rechtshänder. Die Technikaffinität nach Karrer et al. (2009) zeigt auf einer fünfstufigen Likert-Skala von eins (trifft gar nicht zu) bis fünf (trifft voll zu) in den einzelnen Kategorien jeweils durchschnittlich, eine Technikkompetenz von 3,9 ($\pm 0,7$), eine positive Einstellung zu Technik von 3,7 ($\pm 0,4$), eine Technikbegeisterung von 3,5 ($\pm 0,7$) sowie eine negative Einstellung zu Technik von 2,6 ($\pm 0,6$), sodass von einer hohen Technikaffinität der Stichprobe ausgegangen werden kann.

4.1 Deskriptive Ergebnisse

Die Auswertung der Berührungsdauern basiert auf 5687 einzelnen Button-Klicks (von 5724, abzüglich 37 fehlerhafter Aufzeichnungen). Die Berührungsdauer für einen Button-Klick ergab über alle Versuche hinweg ohne Berücksichtigung der Einflussfaktoren eine durchschnittliche Dauer von 169 ms (± 56 ms) und einer Spannweite von 80 ms bis 521 ms.

Eine detaillierte Übersicht der einzelnen Berührungsdauer für die jeweiligen Einflussfaktoren ist in Tabelle 1 zusammenfassend dargestellt. Die kürzeste durchschnittliche Berührungsdauer wurde bei stehenden Nutzern auf einer großen Buttongröße bei einer Neigung von 20 Grad (\bar{O} 149 \pm 39) und die längste Berührungsdauer bei stehenden Nutzern bei einer kleinen Buttongröße bei 10 Grad Neigung (\bar{O} 193 \pm 68) festgestellt. Die absolut minimale Berührungsdauer eines Fingers auf der Touchscreen-Oberfläche beträgt 80 ms in einer sitzenden Position bei einer großen Buttongröße und einer Neigung von 45 Grad.

<u>Gesamtinteraktion</u> (\bar{O} 169; \pm 56; min. 80)	<u>sitzende Position</u> (\bar{O} 170; \pm 56)			<u>stehende Position</u> (\bar{O} 168; \pm 55)		
	<u>10°</u> (\bar{O} 171; \pm 57)	<u>20°</u> (\bar{O} 167; \pm 54)	<u>45°</u> (\bar{O} 171; \pm 55)	<u>10°</u> (\bar{O} 170; \pm 58)	<u>20°</u> (\bar{O} 166; \pm 52)	<u>45°</u> (\bar{O} 166; \pm 53)
\bar{O} = Durchschnitt \pm = Standardabweichung min. = minimale Dauer						
<u>kleiner Button</u> (\bar{O} 187; \pm 63)	\bar{O} 186 \pm 63 min. 98	\bar{O} 179 \pm 61 min. 85	\bar{O} 184 \pm 64 min. 91	\bar{O} 193 \pm 68 min. 98	\bar{O} 190 \pm 60; min. 96	\bar{O} 185 \pm 61 min. 92
<u>mittlerer Button</u> (\bar{O} 165; \pm 51)	\bar{O} 169 \pm 58 min. 88	\bar{O} 163 \pm 52 min. 86	\bar{O} 166 \pm 51 min. 94	\bar{O} 167 \pm 52 min. 92	\bar{O} 161 \pm 46 min. 91	\bar{O} 161 \pm 48 min. 88
<u>großer Button</u> (\bar{O} 155; \pm 46)	\bar{O} 160 \pm 50 min. 86	\bar{O} 159 \pm 48 min. 85	\bar{O} 162 \pm 49 min. 80	\bar{O} 150 \pm 44 min. 85	\bar{O} 149 \pm 39 min. 93	\bar{O} 152 \pm 43 min. 90

Tabelle 1: Übersicht der durchschnittlichen Berührungsdauern bei der Touchscreen-Interaktion in Millisekunden

4.2 Ergebnisse bezüglich der Einflussfaktoren

Für die Betrachtung der Interdependenzen der Einflussfaktoren auf die Berührungsdauer bei einem Button-Klick wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung durchgeführt, bei der die Messdaten der sechs einzelnen Button-Klicks analysiert wurden. Die separate Analyse der Einflussfaktoren zeigt einen signifikanten Einfluss der Neigung ($F = 3,608$; $p < 0,05$) sowie einen höchstsignifikanten Einfluss für die Buttongröße ($F = 47,375$; $p < 0,001$) auf die Berührungsdauer. Ein paarweiser Vergleich mittels Bonferroni Post-Hoc-Test zeigt, dass die durchschnittliche Berührungsdauer bei einer Änderung der Neigung von 10 auf 20 Grad signifikant abnimmt. Bei der Buttongröße steigt die durchschnittliche Berührungsdauer von einem großen Button auf einen mittleren Button sowie auf einen kleinen Button höchstsignifikant an (siehe Abbildung 2). Die Position des Nutzers im Verhältnis zur Touchscreen-Oberfläche hingegen zeigt keine signifikanten Unterschiede ($F = 0,177$; $p = 0,675$).

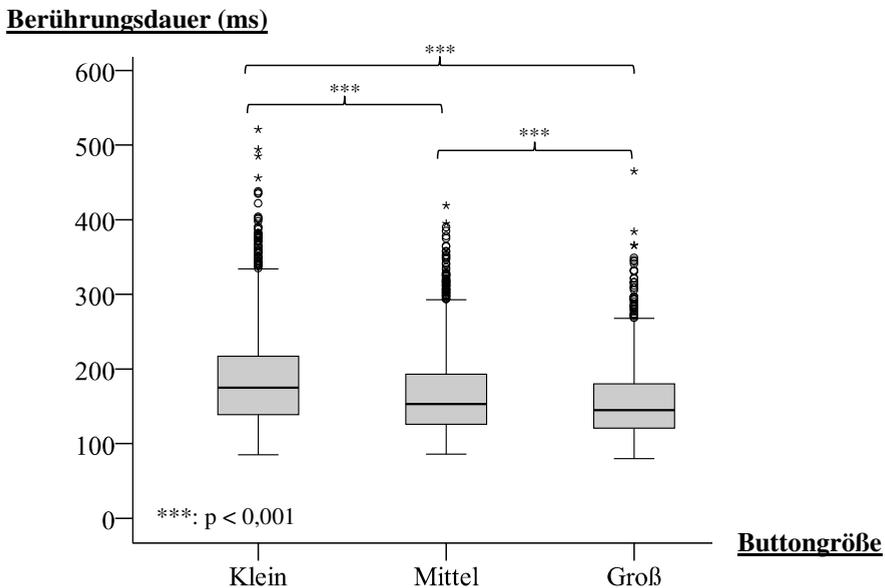


Abbildung 2: Veränderung der Berührungsdauer auf einem Touchscreen in Abhängigkeit der Buttongröße

Die Interaktion zwischen den einzelnen Einflussfaktoren zeigt gleichermaßen einen signifikanten Einfluss auf die Berührungsdauer für die Position und Buttongröße ($F = 4,595$; $p < 0,05$) sowie die Neigung und Buttongröße ($F = 2,907$; $p < 0,05$). Die Interaktion von Position und Neigung ($F = 0,499$; $p = 0,61$) sowie von Position, Neigung und Buttongröße ($F = 0,197$; $p = 0,939$) zeigt hingegen keinen signifikanten Einfluss auf die Berührungsdauer.

Die Ergebnisse für die Berührungsdauern eines Button-Klicks bei einem stationären Touchscreen sind damit vergleichbar zu mobilen Geräten (Henze & Poppinga 2012). Der Einfluss der Buttongröße (Chourasia et al. 2013; Colle & Hiszem 2004) sowie der Neigung

des Touchscreens (Davis et al. 2014) auf die Berührungsdauer eines Fingers auf einer Touchscreen-Oberfläche konnte durch diese Untersuchung gleichermaßen bestätigt werden.

In Bezug auf den Versuchsaufbau und die Versuchsdurchführung müssen einzelne Aspekte für die Betrachtung der Ergebnisse berücksichtigt werden. Die Annahme, dass das Tippen mit einem präferierten Finger zu den minimalen Berührungsdauern führt, konnte im Rahmen dieser Untersuchung nicht explizit überprüft werden. So ist anzunehmen, dass beim Schreiben eines Textes auf einer Tastatur (QWERTZ-Layout) oder bei Spiel-Applikationen kürzere Berührungsdauern auftreten könnten. Da der Versuchsaufbau bei dieser Untersuchung ohne eine haptische Rückmeldung auf einer simulierten Touchscreen-Oberfläche durchgeführt wurde, besteht die Möglichkeit, dass bei der Interaktion mit einem realen Touchscreen unter realen Bedingungen abweichende Berührungsdauern erzielt werden.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Dass durch eine haptische Rückmeldung die Tippleistung gesteigert und gleichzeitig die Fehler reduziert werden können, wurde bereits empirisch belegt (Hoggan et al. 2008). Für die Gestaltung einer wahrnehmbaren haptischen Rückmeldung bei stationären Touchscreens ist die minimale Berührungsdauer maßgeblich, da nur innerhalb dieses Zeitraums eine haptische Rückmeldung vermittelt werden kann. In der vorliegenden Untersuchung konnte die Berührungsdauer unter unterschiedlichen Einflussfaktoren (Neigung, Buttongröße sowie Position des Nutzers) experimentell ermittelt werden. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen eine durchschnittliche Berührungsdauer eines Button-Klicks von 169 ms (± 56 ms) und eine minimale Berührungsdauer von 80 ms über alle Versuchsbedingungen hinweg.

Für eine wahrnehmbare Rückmeldung von stationären Touchscreens können aus dieser Untersuchung Gestaltungsempfehlungen abgeleitet werden. Sofern eine haptische Rückmeldung unabhängig von der Anbringung bei einem stationären Touchscreen realisiert werden soll, muss diese innerhalb der minimalen Berührungsdauer erfolgen, während unter Berücksichtigung der Buttongröße oder Neigung des Touchscreens bzw. deren Kombination die Dauer der Rückmeldung moduliert werden kann. Da bei stationären Touchscreens eine haptische Rückmeldung ausschließlich über die Touchscreen-Oberfläche vermittelt werden kann, muss die Aktorik bspw. Vibrationen innerhalb der minimalen bzw. durchschnittlichen Berührungsdauer auf der Touchscreen-Oberfläche applizieren können.

Für eine Gestaltung einer haptischen Rückmeldung von Touchscreens sind weiterführende Untersuchungen notwendig, welche die Einschränkungen dieser Untersuchung betrachten. In diesem Zusammenhang sollte überprüft werden, inwieweit eine haptische Rückmeldung einen Einfluss auf die Berührungsdauer hat und welche Ausprägungen z. B. Frequenz und Amplitude einer haptischen Rückmeldung für die Interaktion mit einem realen Touchscreen aufweisen sollte. Für eine wahrnehmbare haptische Rückmeldung sollten gleichermaßen die beidhändige Interaktion sowie weitere mobile Anwendungsfelder berücksichtigt werden. Die Erkenntnisse der vorgestellten Untersuchung können einen Beitrag dazu leisten, eine wahrnehmbare haptische Rückmeldung für Touchscreens zu realisieren.

Die experimentelle Untersuchung erfolgte im Rahmen des Projektes InterHapt (www.interhapt.de), welches aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 16SV6376 gefördert wird.

Literaturverzeichnis

- Bartha, M. C., Meingast, M., Purvis, C. R., Kokot, D. & Allie, P. (2013). Modeling a display adjustment range for standing and keyboarding for touchscreen computer users. *Proceedings of the 57th Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 57 (1), 1358–1361.
- Bhalla, M. R. & Bhalla, A. V. (2010). Comparative study of various touchscreen technologies. *International Journal of Computer Applications*, 6 (8), 12–18.
- Brewster, S. A., Chohan, F. & Brown, L. M. (2007). Tactile feedback for mobile interactions. In: Rosson, M. B. (Hrsg.): *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York: ACM. S. 159–162.
- Chourasia, A. O., Wiegmann, D. A., Chen, K. B., Irwin, C. B. & Sesto, M. E. (2013). Effect of sitting or standing on touch screen performance and touch characteristics. *The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 55 (4), 789–802.
- Colle, H. & Hiszem, K. (2004). Standing at a kiosk: effects of key size and spacing on touch screen numeric keypad performance and user preference. *Ergonomics*, 47 (13), 1406–1423.
- Davis, K. G., Hammer, M. J., Kotowski, S. E. & Bhattacharya, A. (2014): An ergonomic comparison of data entry work using a keyboard vs. touch screen input device while standing and sitting. *Journal of Ergonomics*, 4 (7), 1–8.
- Domhardt, M. & Schmidt, L. (2012). Analyse technologieabhängiger Interaktionsmöglichkeiten bei berührungsempfindlichen Anzeigen. In: *Useware 2012: Mensch - Maschine - Interaktion. VDI-Berichte 2179*. Düsseldorf: VDI-Verlag. S. 1-11 im Nachtrag.
- Findlater, L., Froehlich, J. E., Fattal, K., Wobbrock, J. O. & Dastyar, T. (2013). Age-related differences in performance with touchscreens compared to traditional mouse input. In: Mackay, W. E., Brewster, S. & Bødker, S. (Hrsg.): *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York: ACM. S. 343–346.
- Henze, N. & Poppinga, B. (2012). Measuring latency of touch and tactile feedback in touchscreen interaction using a mobile game. In: *Proceedings of the 3rd International Workshop on Research in the Large*. New York: ACM. S. 23–26.
- Hoggan, E., Brewster, S. A. & Johnston, J. (2008). Investigating the effectiveness of tactile feedback for mobile touch-screens. In: Burnett, M., Constabile, M. F., Catarci, T., Ruyter, B. de, Czerwinski, M. & Lund, A. (Hrsg.): *Proceedings of the 26th Annual CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York: ACM. S. 1573–1582.
- ISO 9241-920 (2009). *Ergonomics of human-system interaction - Part 920: Guidance on tactile and haptic interactions*.
- Jones, L. A. & Sarter, N. B. (2008): Tactile displays: Guidance for their design and application. *The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 50(1), 90–111.

- Kaaresoja, T. & Brewster, S. (2010). Feedback is... late: measuring multimodal delays in mobile device touchscreen interaction. In: Gao, W., Lee, C.-H., Yang, J., Chen, X., Eskenazi, M. & Zhang, Z. (Hrsg.): *International Conference on Multimodal Interfaces and the Workshop on Machine Learning for Multimodal Interaction*. New York: ACM. Artikel 2.
- Kaaresoja, T., Brewster, S. & Lantz, V. (2014). Towards the temporally perfect virtual button: Touch-Feedback simultaneity and perceived quality in mobile touchscreen press interactions. *ACM Transactions on Applied Perception*, 11(2), S. 1–25.
- Karrer, K., Glaser, C., Clemens, C. & Bruder, C. (2009). Technikaffinität erfassen: der Fragebogen TA-EG. In: Lichtenstein, A. (Hrsg.): *Der Mensch im Mittelpunkt technischer Systeme. 8. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme. VDI Fortschritt-Berichte: Reihe 22, Mensch-Maschine-Systeme*. Düsseldorf: VDI-Verlag. S. 194–199.
- Lee, S. & Zhai, S. (2009). The performance of touch screen soft buttons. In: Olsen, D. R., Arthur, R. B., Hinckley, K., Morris, M. R., Hudson, S. & Greenberg, S. (Hrsg.): *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York: ACM. S. 309–318.
- Nägler, S. & Schmidt, L. (2012). Computer acceptance of older adults. *Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation*, 41 (1), 3541–3548.
- Ng, A., Lepinski, J., Wigdor, D., Sanders, S. & Dietz, P. (2012). Designing for low-latency direct-touch input. In: Miller, R., Benko, H. & Latulipe, C. (Hrsg.): *Proceedings of the 25th annual ACM symposium on User interface software and technology*. New York: ACM. S. 453–464.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*, 9 (1), 97–113.
- Popyrev, I. & Maruyama, S. (2003). Tactile interfaces for small touch screens. *Proceedings of the 16th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, 5(2). 217–220.
- Schedlbauer, M. (2007). Effects of key size and spacing on the completion time and accuracy of input tasks on soft keypads using trackball and touch input. *Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 51 (5), 429–433.
- Schultz, K. L., Batten, D. M. & Sluchak, T. J. (1998). Optimal viewing angle for touch-screen displays: Is there such a thing? *International Journal of Industrial Ergonomics*, 22 (4-5), 343–350.
- Sears, A., Revis, D., Swatski, J., Crittenden, R. & Shneiderman, B. (1993). Investigating touchscreen typing: the effect of keyboard size on typing speed. *Behaviour & Information Technology*, 12 (1), 17–22.
- Stein, T., Seeger, M., Borys, B.-B. & Schmidt, L. (2015). Untersuchung des Nutzungsverhaltens bezüglich haptischer Rückmeldung bei mobilen Endgeräten mit Touchscreens. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.): *Bericht zum 61. Arbeitswissenschaftlichen Kongress*. Dortmund: GfA-Press. S. 1-6 (C.2.23).
- VDI/VDE 3850 (2004): *Nutzergerechte Gestaltung von Bediensystemen für Maschinen - Blatt 3: Dialoggestaltung für Touchscreens*.
- Ziefle, M. (2002). The influence of user expertise and phone complexity on performance, ease of use and learnability of different mobile phones. *Behaviour & Information Technology*, 21 (5), 303–311.