

Haltungserfassung zur Anpassung mobiler Nutzungsschnittstellen

Timo Henrich, Christian Plegge, Martin Westhoven, Thomas Alexander

Human Factors, Fraunhofer FKIE

Zusammenfassung

Die Kenntnis und Berücksichtigung des Fokus der visuellen Aufmerksamkeit ermöglicht die Adaption von Nutzungsschnittstellen. Während dieser in stationären Systemen z. B. durch Blickbewegungsmessungen relativ präzise bestimmt werden kann, ist dies auf Mobilgeräten, bedingt durch die Dynamik der Körperbewegungen des Nutzers, nicht immer möglich. Es wird ein Verfahren zur Abschätzung des Fokus der visuellen Aufmerksamkeit aus Informationen zur Körperhaltung in einem Verbundsystem aus Smartglasses und am Unterarm getragenen Smartphone vorgestellt. Das Verfahren zielt auf eine schnelle und robuste Erkennung im Gehen und im Stehen ab, ohne die Verwendung zusätzlicher Hardware. Das Ziel einer ergonomischen, praktikablen Lösung wird durch Kombination von Lageinformationen der genutzten Geräte mit bekannten, anatomischen Bewegungslimitationen des Menschen erreicht. In Abhängigkeit zur gewählten Parametrisierung beträgt die durchschnittliche Erkennungsrate des Verfahrens rund 98%.

1 Einleitung

Mobile Applikationen sind längst im privaten als auch beruflichen Alltag vieler Menschen verankert. Bei der Nutzung konkurrieren sie mit parallel ausgeführten Tätigkeiten um die Aufmerksamkeit des Nutzers (Oulasvirta et al., 2005). Hierdurch kann der Nutzer überlastet und seine Leistungsfähigkeit beeinträchtigt werden.

Durch eine auf die jeweils ausgeübte Tätigkeit abgestimmte Nutzungsschnittstelle kann dieser Gefahr entgegen gewirkt werden. Eine wesentliche Rolle spielen hierbei die verwendeten Mobilgeräte, häufig auch Smart Devices genannt. Neben Smartphones gewinnen auch neue Geräteklassen wie Smartglasses¹ oder Smartwatches² an Bedeutung.

Smartphones ermöglichen die Ein- und Ausgabe komplexer Daten, binden dabei aber die visuelle Aufmerksamkeit des Nutzers. Smartwatches verfügen über ähnliche, aber auf Grund

¹ http://www.bitkom.org/de/markt_statistik/64026_76148.aspx

² http://www.bitkom.org/de/markt_statistik/64050_77281.aspx

der kleineren Bauart reduzierte Funktionen. Sie werden typischerweise wie eine Armbanduhr in Handgelenknähe getragen. Smartglasses erleichtern dem Nutzer die Verteilung seiner visuellen Aufmerksamkeit zwischen Umgebung und Display. Die vergleichsweise geringe Auflösung aktueller Geräte begrenzt jedoch die Informationsdarstellung. Zudem sind die verfügbaren Eingabemethoden nicht für umfangreiche und komplexe Daten geeignet. Darüber hinaus sind kooperative Aspekte zu berücksichtigen: Smartphones können prinzipiell für die Interaktion mit mehreren Menschen z. B. zur Visualisierung und zum Datenaustausch verwendet werden. Demgegenüber erlauben Smartglasses bauartbedingt nur einen Benutzer, was bei sensiblen Daten wünschenswert sein kann. In Abhängigkeit von der ausgeführten Tätigkeit, können durchaus beide Fähigkeiten zeitgleich benötigt werden.

Durch Kombination verschiedener Geräte in einer mobilen Applikation können deren jeweilige Vorteile genutzt und evtl. Schwächen bzgl. der Gebrauchstauglichkeit kompensiert werden (Santosa & Wigdor, 2013). Die hierdurch gesteigerte Komplexität des Systems muss bei der Gestaltung der Nutzungsschnittstelle berücksichtigt werden. Bei Betrachtung eines Systems aus Smartglasses und -phone kann bspw. letzteres als Eingabegerät verwendet werden, ohne dass es hierfür zwangsläufig betrachtet werden muss. Ebenso können, je nach ausgeübter Tätigkeit, Ausgaben über das jeweils besser geeignete Gerät erfolgen.

Potenzielle Anwendungen finden sich im professionellen Bereich, etwa bei der Montage und Wartung komplexer Anlagen, sowie bei Rettungs- und Einsatzkräften. Aber auch im privaten Bereich ist ein Einsatz für Navigation oder Sightseeing denkbar.

Sind Smartglasses in einem kombinierten System vertreten, stellt sich das Problem der Überlagerung von Ausgaben bei Betrachtung anderer Geräte. Dadurch können dem Nutzer wichtige Informationen entgehen. Adaptive Nutzungsschnittstellen können die Informationsausgabe situativ anpassen und Überdeckungsprobleme vermeiden. Bspw. könnte die Ausgabe auf dem Smartglass unterbunden werden, wenn der Nutzer ein anderes Gerät betrachtet.

Voraussetzung zur Entwicklung einer solchen Nutzungsschnittstelle ist die Kenntnis bzgl. des Fokus der visuellen Aufmerksamkeit (engl. visual focus of attention, VFOA) (Smith et al., 2008). Die Ermittlung des VFOA muss mit geringer Latenz und im Idealfall ohne Verwendung zusätzlicher Geräte erfolgen. Die dargestellte Lösung betrachtet die relativen Lageinformationen von Smart Devices im Kontext des anatomisch limitierten Bewegungsspielraums des Nutzers. Zur Parametrisierung des Algorithmus wurde eine Messreihe ($n = 12$) durchgeführt.

2 Relevante Arbeiten

Ein typisches Kennzeichen der visuellen Aufmerksamkeit ist die okulomotorisch geregelte Blickrichtung. Die quantitative Erfassung der Augenbewegung wird als Eye-Tracking bezeichnet. Dieses basiert auf unterschiedlichen Verfahren der Bilderkennung (Holmqvist et al., 2011). Qualitativ hochwertige Blickrichtungsinformationen lassen sich i.d.R. nicht mobil erfassen. So benötigen gängige Systeme die feste Anbringung von Aufzeichnungseinheiten, sowie eine Kalibrierung. Ferner erfordert der korrekte Einsatz spezielle Expertise (Holmqvist

et al., 2011). Trotz der Entwicklung hin zu kompakteren und leichter zu bedienenden Systemen, werden diese primär im professionellen Einsatz und der Forschung genutzt. Ursache hierfür sind u.a. die hohen Kosten (Mayr et al., 2009). Ein Anwendungsbeispiel findet sich in aktuellen Samsung Smartphones, welche die Bildschirmhelligkeit herunter regeln, wenn der Nutzer eine Zeit lang nicht auf das Gerät blickt. Hierzu wird jedoch kein Eye-Tracking, sondern eine Gesichtserkennung per Kamera genutzt³.

Bildbasierte Verfahren bringen Probleme mit sich. Sie sind u. A. von der Beleuchtungssituation, dem Fokus und dem Öffnungswinkel der Kamera abhängig. Trotz Betrachtung des Displays kann daher die Erkennung fehlschlagen. In den Bewegungswissenschaften als auch im Feld der Human Activity Recognition kommen optische Ansätze daher allgemein eher in kontrollierten Umgebungen zur Anwendung. Um dynamische Umgebungen abzudecken werden am Körper getragene Inertialsensoren bevorzugt (Bulling et al., 2014; Winter, 2009).

Aufgrund der Abhängigkeit der visuellen Aufmerksamkeit von Augen- und Kopfbewegung (Hacke & Poeck, 2010) besteht ein alternativer Ansatz darin, die Ausrichtung des Kopfes bzw. allgemeiner von Körperteilen des Nutzers zu bestimmen. In der Gang-Analyse gibt es bspw. Ansätze, die kinematische Limitationen von Gelenken nutzen um Gelenkachsen und –positionen durch Inertialsensorik zu bestimmen (Seel et al., 2012). Die Galaxy Gear Smartwatch⁴ ermittelt den VFOA des Nutzers durch Mustererkennung auf den in der Uhr gemessenen Akzelerometriedaten um deren Display bei Bedarf zu aktivieren. Jedoch muss hierfür eine charakteristische Bewegung durchgeführt und eine bestimmte Haltung für eine kurze Zeitspanne eingehalten werden.

Das beschriebene Verfahren nutzt ebenfalls Inertialdaten. Jedoch werden mehrere, am Körper verteilte Geräte kombiniert betrachtet um deren Orientierung zueinander zu ermitteln.

3 Vorgehensweise

Die Verwendung der Körperhaltung als Indikator für den VFOA wird erläutert und anschließend deren konkrete Ermittlung sowie der verwendete Algorithmus beschrieben.

3.1 Körperhaltung als Indikator des VFOA

Bezüglich der Körperhaltung besitzt die visuelle Aufmerksamkeit zwei relevante Eigenschaften. Sie hat ihren Ursprung in der Ausrichtung der Sinnesorgane sowie ein Ziel, d. h. den wahrgenommenen Gegenstand. Die Blickrichtung definiert sich durch Kopf- und Augenausrichtung (vgl. Abschnitt 2). Es folgt, dass auch die Kopfposition grobe Blickrichtungsinformationen enthält, mit denen die Ausrichtung des Ursprunges approximiert werden kann. Als Ziele kommen im betrachteten Fall eines Systems, bestehend aus Smartglasses und am Arm getragenen Smartphone, folgende infrage: Smartphone, Smartglasses und Umgebung.

³ <http://www.samsung.com/de/consumer/mobile-device/mobilephones/smartphones/GT-I9300MBDBBT-support>

⁴ <http://www.samsung.com/de/consumer/mobile-device/mobilephones/smartphones/SM-V7000WDABBT-support>

Smartglasses ermöglichen eine in das Sichtfeld des Nutzers eingebettete Informationsdarstellung, während er parallel einen Teil seiner Aufmerksamkeit der Umgebung widmen kann. Daher können die letzten beiden Ziele zusammengefasst werden. Liegt die Aufmerksamkeit des Nutzers in der Umgebung, sind die von den Smartglasses zur Verfügung gestellte Informationen trotzdem sichtbar und Überlagerungen mit der Umgebung potenziell erwünscht. Folglich ist es für eine adaptive Anpassung der Nutzungsschnittstelle der beiden Geräte ausreichend zu wissen, ob in einer Situation das Smartphone betrachtet wird oder nicht.

Die Nutzung unterschiedlicher Smart Devices erfordert je nach Geräteklasse spezifische Körperhaltungen zur Interaktion mit dem jeweiligen Gerät. Die Kombination aus Smartglasses und am Unterarm getragem Smartphone erlaubt die Einteilung der möglichen Körperhaltungen in vier Kategorien. So ist es möglich, dass der Nutzer den Arm durch Innenrotation im Schulter- und Beugung im Ellenbogengelenk zur Interaktion mit dem Smartphone vor dem Körper hält (Abbildung 1, a & c). Darüber hinaus muss unterschieden werden, ob er seinen Blick auf das Smartphone gerichtet hat (Abbildung 1, c) oder der Kopf in eine andere Richtung rotiert ist (Abbildung 1, a & b). Ebenso müssen Körperhaltungen erkannt werden, in denen die Kopfhaltung jener bei der Interaktion mit dem Smartphone ähneln, diese jedoch aufgrund der Ausrichtung des Smartphones nicht stattfinden kann (Abbildung 1, d).

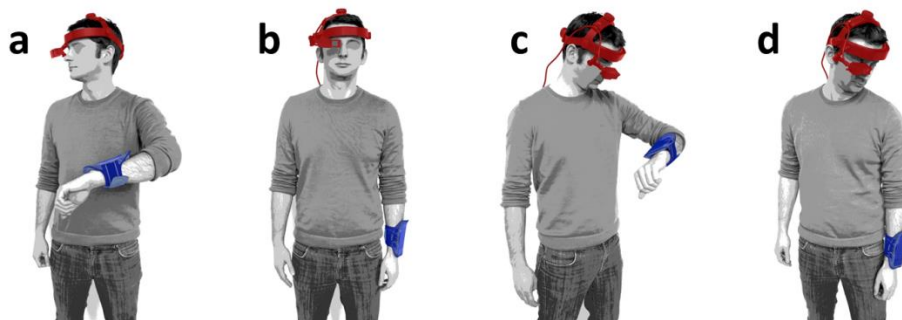


Abbildung 1 Mögliche Körperhaltungen bei Nutzung von Smart Devices

3.2 Erfassung der Körperhaltung durch Geräteorientierung

Körperhaltungen können auf verschiedene Weisen erfasst werden. Der Einsatz markerbasierter, hoch präziser und in den Bewegungswissenschaften etablierter Systeme (z.B. VICON) ist für den mobilen Einsatz i.d.R. nicht zu realisieren. Mobile Systeme verwenden jedoch meist Messverfahren, die ohnehin in Smart Devices integriert sind. Aufgrund der dadurch vereinfachten Überführung des Verfahrens in die Praxis können die Daten direkt durch Smart Devices erhoben werden. Durch die Trageweise der Smart Devices sind Unterarm, respektive Kopf, bereits mit den gerätespezifischen Inertialsensoren versehen. Abbildung 2 veranschaulicht dies für die betrachteten Smart Devices. Die Rohdaten, bestehend aus Akzelerometer-, Gyroskop- und Magnetometerdaten, werden z. B. mittels Kalman-Filtern (Kalman, 1960) zu Rotationsdaten vorverarbeitet. Folglich kann die Rotation der Geräte als Abbild der Rotation der repräsentierten Körperteile betrachtet werden.

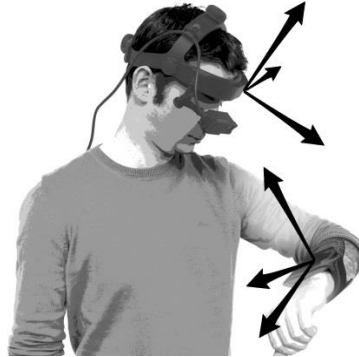


Abbildung 2 Tragweise der betrachteten Smart Devices und deren Orientierung

3.3 Erkennung einer spezifischen Körperhaltung

Die Orientierung im Raum wird in der Regel als Rotation um eine oder mehrere Achsen ausgedrückt. Typische Notationen zur Angabe von Rotationen sind Eulerwinkel oder Quaternionen. Letztere werden verwendet, da Eulerwinkel das Problem des „Gimbal Lock“ hervorrufen können, dem Verlust eines Freiheitsgrads bei Annäherung des Nickwinkels an 90° .

Die Orientierung eines einzelnen Gerätes ist definiert durch die Rotationsquaternion $q_{device} = (x, y, z, w)^T$. Der Rotationsunterschied zwischen Geräten kann durch die Transformationsquaternion $q_{\delta_{1,2}} = q_{device_1}^{-1} * q_{device_2}$ beschrieben werden. Sie gibt die nötige Rotation an, um von der Rotation des ersten zu der des zweiten Gerätes zu gelangen.

q_{Ref} gebe nun eine Rotation zwischen zwei Geräten an, von der bekannt ist, dass wenn sie eingenommen wird der VFOA auf einem bestimmten Gerät des Geräteverbundes liegt. Dann kann für die aktuelle Rotation zwischen den Geräten $q_{aktuell}$ mit einer Metrik der Abstand zur Referenz bestimmt werden. Als Metrik wird hierbei $\phi(q_1, q_2) = 1 - |q_1 \cdot q_2|$ verwendet, wobei „ \cdot “ das Skalarprodukt darstellt. Sie wurde ursprünglich eingesetzt um die Differenz zwischen euklidischen Transformationen zu beschreiben (Kuffner, 2004). Sie weist eine vergleichsweise niedrige Berechnungskomplexität auf (Huynh, 2009).

Für den Fall, dass zwei Geräte eingesetzt werden, gilt eine Rotation genau dann als erkannt, wenn $\phi(q_{Ref}, q_{aktuell}) < \varepsilon$, mit $\varepsilon \in [0,1]$ einem festzulegenden Schwellwert. Prinzipiell ist eine Erweiterung des Ansatzes auf mehr als zwei Geräte möglich, allerdings steigt der Berechnungsaufwand quadratisch mit der Anzahl der Geräte, wenn naiv die Rotationsdifferenzen zwischen allen Geräten untereinander betrachtet werden. Der Berechnungsaufwand für eine feste Anzahl von Geräten ist konstant. Auf einem gängigen Smartphone (Galaxy S3 GT-I9300, Samsung) ist die Berechnung in Echtzeit möglich (Durchschnitt $<1\text{ms}$).

4 Messreihe zur Parametrisierung

Durch eine Messreihe wurden Referenzrotationen sowie Schwellwerte für typische Einsatzbedingungen mobiler Applikationen erhoben.

4.1 Apparat

Für die Messreihe wurde ein gängiges Smartphone (Galaxy S3 GT-I9300, Samsung) verwendet, das mittels einer speziellen Halterung am vorderen Unterarm befestigt wurde. Das untere, distale Drittel des Armes besitzt ein relativ homogenes Rotationsverhalten. Daher ist diese Anbringung ähnlich der einer Armbanduhr respektive Smartwatch. Zudem wurde ein Head Mounted Display (Lite-Eye LE-750 A, Lite-Eye Systems) mit angebrachtem Inertialsensor (InertiaCube3, Intersense) verwendet. Deren Steuerung erfolgte über einen Laptop.

Während der Messreihe wurde die Orientierung von Unterarm und Kopf, ausgedrückt durch die jeweiligen Inertialsensordaten, alle 25ms und zusätzlich bei der Eingabe über das Smartphone erfasst. Um die Sensordaten ggf. nachvollziehen zu können, wurden die Durchgänge als Video und mit einem VICON-System (VICON Bonita, Oxford Metrics), dem Goldstandard markerbasierter Bewegungsanalysesysteme (Kugler et al., 2012), aufgezeichnet.

4.2 Aufgabe & Design

Die Aufgabe wurde bewusst einfach gehalten und zielt primär darauf ab, den Nutzer bei Eingabe auf dem am Arm getragenen Smartphone eine entsprechende Körperhaltung einnehmen und das Display fixieren zu lassen. In zufällig permutierten Abständen von 5-7s wurde einer von vier verschiedenen Buchstaben auf einer Leinwand dargestellt. Dieser sollte über eine Softwaretastatur auf dem Smartphone eingegeben werden. Die Anordnung der Tasten wurde vor jeder Eingabe geändert, da so unmittelbar vor der Eingabe das Gerät betrachtet werden musste. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass der VFOA zu diesem Zeitpunkt auf dem Smartphone liegt.

Charakteristisch für mobile Anwendungen ist die Nutzung sowohl im Stehen als auch im Gehen. Es wurden drei verschiedene Geschwindigkeiten untersucht: Stehen (S, 0 km/h), langsames Gehen (L, 2,5 km/h) und Gehen (G, 5 km/h). Alle Teilnehmer absolvierten die Aufgabe unter diesen drei Bedingungen. Durch Verwendung eines Laufbands konnte eine konstante Gehgeschwindigkeit gewährleistet, sowie das VICON-System eingesetzt werden. Beim Gehen wurden die Versuchsteilnehmer gegen Stürze mittels eines Brustgurts gesichert.

4.3 Ablauf

An der Messreihe nahmen 12 Mitarbeiter des Institutes im Alter von 26 bis 39 Jahren teil. 7 davon waren männlich. Die Reihenfolge der durchlaufenen Geschwindigkeiten wurde vollständig permutiert und von jeweils zwei Versuchsteilnehmern durchlaufen. Die Zuordnung zu einer Reihenfolge erfolgte zufällig. Da eine möglichst große Bandbreite an Körperhal-

tungen erfasst werden sollte, wurden die Teilnehmer aufgefordert zwischen zwei Eingaben den Arm wieder in die Ruheposition zu bewegen, d. h. hängen zu lassen.

4.4 Ergebnisse

Der Vergleich der Geräteorientierung, gemessen durch die Inertialsensorik, mit der durch das VICON-System gemessenen, ergab keine nennenswerten Unterschiede, weshalb im Weiteren aus Gründen der Anwendungsnähe mit den Daten der Inertialsensoren verfahren wird.

Pro Teilnehmer und Versuchsbedingung wurde zunächst eine Referenzrotation bestimmt. Hierfür wurde jeweils zum Zeitpunkt der ersten drei Eingaben, die Transformationsquaternion zwischen Smartglasses und -phone ermittelt und eine mittlere Rotation bestimmt (Markley et al., 2007). Anhand der so ermittelten Referenzrotation wurden anschließend alle Eingaben, respektive Transformationsquaternionen, bewertet. Die Daten eines Teilnehmers unter der Bedingung G konnten nicht verwendet werden, da die Aufgabenstellung nicht durchgängig befolgt wurde.

Abbildung 3 zeigt exemplarisch die Abstände der Transformationsquaternionen zur ermittelten Referenz für zwei Teilnehmer unter der Bedingung „Gehen“.

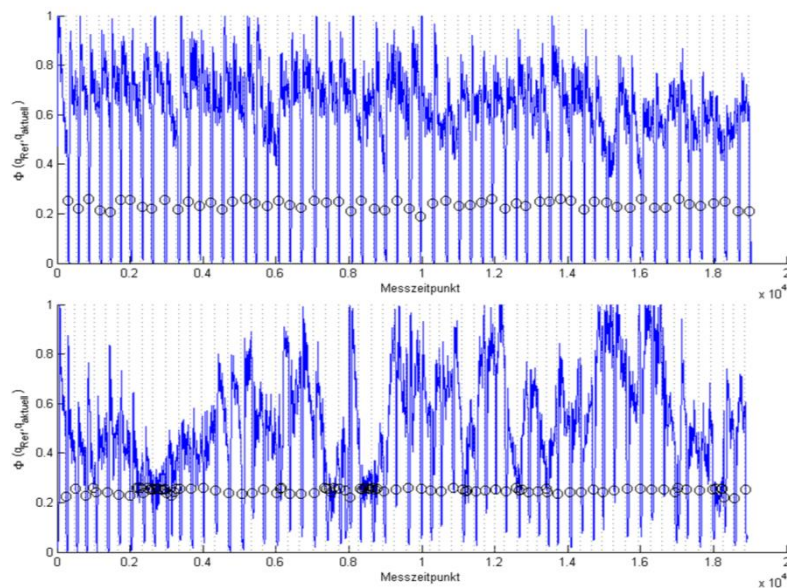


Abbildung 3 Abstand aktuelle Geräteorientierung zur Referenz für zwei Teilnehmer: oben normal, unten verrauscht

Die Qualität der erhobenen Daten hängt von den übrigen Bewegungen des Teilnehmers während des Versuchs ab. Abbildung 3 (unten) zeigt die Daten eines Teilnehmers, der zwischen den Eingaben die Arme stark schwingen ließ. Die Daten sind entsprechend verrauscht. In beiden Fällen ist jedoch zu erkennen, dass sich zum Zeitpunkt der Eingabe (gestrichelte Linie) der Abstand zwischen Transformationsrotation und Referenz deutlich verringert.

Tabelle 1 zeigt die Erkennungsraten und Fehlerzahlen. Die Erkennungsrate gibt an, wie viele der Eingabesituationen mit der ermittelten Referenzrotation detektiert worden wären. Die Fehlerzahl gibt die Anzahl der falsch positiven Detektionen außerhalb dieser Situationen an. Erwartungsgemäß steigt die Anzahl letzterer mit einem größeren Schwellwert an. Es werden nur Schwellwerte berichtet, deren Erkennungsrate in allen Bedingungen größer 80% sind und bei denen im Mittel weniger als 15 Fehlerkennungen auftraten. Bedingt durch die Aufgabe ist die Anzahl der möglichen, negativen Erkennungen unbekannt. Zur Ermittlung eines Schwellwerts, der eine gute Erkennungsrate bei geringer Fehleranzahl besitzt, wurde daher die Anzahl der falsch negativen in Relation zur Anzahl der falsch positiven Erkennungen gesetzt. Für die Bedingung S, ist der Quotient für $\varepsilon = 0,17$ am Geringsten. Für die Bedingungen L und G erzielt $\varepsilon = 0,24$ die besten Ergebnisse.

ε		Erkennungsraten [%]			Fehlerzahlen [abs]		
		S	L	G	S	L	G
0,16	Ø	98,45	99,01	97,69	5,17	1,42	1,09
	SD	1,97	2,45	5,64	8,97	2,54	9,71
0,17	Ø	98,73	99,01	97,69	5,67	1,67	7,45
	SD	2,41	2,45	5,63	10,14	3,17	10,64
0,18	Ø	98,59	99,01	98	6,25	1,75	7,45
	SD	2,38	2,45	4,66	11,3	3,31	12,2
0,19	Ø	98,16	99,15	98,15	6,92	1,92	7,91
	SD	2,93	1,98	4,18	13,06	3,78	12,53
0,20	Ø	98,02	99,29	98,46	7,83	3,17	8
	SD	2,97	1,53	3,26	15,13	6,34	16,64
0,21	Ø	98,02	99,29	98,46	8,83	4,17	9,64
	SD	2,88	1,53	3,26	17,08	8,27	16,4
0,22	Ø	97,6	99,44	98,46	9,08	4,92	10,55
	SD	3,66	1,5	2,88	18,08	9,12	18,13
0,23	Ø	97,6	99,58	98,77	9,08	5,67	11,91
	SD	3,65	1,05	2,16	18,64	10,64	21,2
0,24	Ø	97,03	99,72	99,08	8,67	6,75	19,09
	SD	4,69	0,66	1,76	18,83	12,73	22,98
0,25	Ø	96,47	99,58	99,23	9,08	7,5	14,45
	SD	6,44	1,05	1,58	19,56	14,16	25,47

Tabelle 1 Erkennungsraten und Fehlerzahlen bei Anwendung des Algorithmus für verschiedene Schwellwerte

Mögliche Ursachen für die Notwendigkeit eines strengeren Schwellwertes für die Bedingung S können zum einen in der Versuchsaufgabe selbst, aber auch im Unterschied zum durch das Gehen induzierten Bewegungsablauf liegen. So konnte durch die Videoaufzeichnungen für S im Vergleich zu L und G ein größeres Repertoire von Bewegungen festgestellt werden.

Die angegebene Fehleranzahl beinhaltet auch potenziell korrekte Erkennungen außerhalb der eigentlichen Aufgabe. Vereinzelt blickten die Nutzer bspw. zwischen den Eingaben auf die das Smartphone, um die Justierung der Armhalterung zu überprüfen. Die Anzahl falsch positiver Erkennungen ist folglich als „Worst Case“ zu interpretieren.

Die ermittelten Schwellwerte zeigen, dass die Abweichungen zur jeweiligen Referenzrotation für alle Teilnehmer auf einem ähnlichen Niveau liegen. In einem nächsten Schritt soll untersucht werden, ob dies auch auf die individuell ermittelten Referenzrotationen zutrifft.

5 Zusammenfassung & Ausblick

Die Kenntnis des visuellen Fokus der Aufmerksamkeit (VFOA) ist wesentlich, um effiziente Nutzungsschnittstellen zu gestalten, die dem Nutzer die parallele Nutzung einer Anwendung über mehrere Smart Devices erlaubt. Es wurde ein Verfahren vorgestellt, welches die Rotationsdaten der ohnehin genutzten Geräte in Kombination mit Informationen über den anatomischen Bewegungsspielraum zur Vorhersage des VFOA und insbesondere des zurzeit betrachteten Zieles (Smart Device bzw. Umgebung) nutzt.

Durch eine Versuchsreihe wurde eine Parametrisierung für das Verfahren sowohl für die Nutzung im Stehen, langsamen und normalen Gehen ermittelt. Auf den erhobenen Daten kann der visuelle Fokus der Aufmerksamkeit mit ca. 98% Genauigkeit bestimmt werden.

Künftig soll das Verfahren validiert und generalisiert werden. Das Verfahren und die ermittelte Parametrisierung sollen zur Gestaltung einer geräteübergreifenden, konsistenten Nutzungsschnittstelle für eine mobile Applikation verwendet werden. Neben der Informationsausgabe sollen auch Eingabemethoden in Abhängigkeit des VFOA adaptiert werden. So kann z. B. die Toucheingabe von Smartphones optimiert werden, um die Steuerung von via Smartglasses dargestellten Nutzungsschnittstellen zu ermöglichen.

Literaturverzeichnis

- Bulling, A., Blanke, U., & Schiele, B. (2014). A Tutorial on Human Activity Recognition Using Body-worn Inertial Sensors. *ACM Comput. Surv.*, 46(3), 33:1–33:33.
- Hacke, W., & Poeck, K. (2010). *Neurologie: mit... 83 Tabellen*. Springer.
- Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H., & Van de Weijer, J. (2011). *Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures*. Oxford University Press.
- Huynh, D. Q. (2009). Metrics for 3D rotations: Comparison and analysis. *Journal of Mathematical Imaging and Vision*, 35(2), 155–164.
- Kalman, R. E. (1960). A new approach to linear filtering and prediction problems. *Journal of basic Engineering*, 82(1), 35–45.
- Kuffner, J. J. (2004). Effective sampling and distance metrics for 3D rigid body path planning. In *Robotics and Automation, 2004. Proceedings. ICRA'04. 2004 IEEE International Conference on* (Vol. 4, pp. 3993–3998). IEEE.
- Kugler, P., Schlarb, H., Blinn, J., Picard, A., & Eskofier, B. (2012). A wireless trigger for synchronization of wearable sensors to external systems during recording of human gait. In *Engineer-*

ing in Medicine and Biology Society (EMBC), 2012 Annual International Conference of the IEEE (pp. 4537–4540). IEEE.

Markley, F. L., Cheng, Y., Crassidis, J. L., & Oshman, Y. (2007). Averaging quaternions. *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, 30(4), 1193–1197.

Mayr, E., Knipfer, K., & Wessel, D. (2009). In-sights into mobile learning: An exploration of mobile eye tracking methodology for learning in museums. In G. Vavoula, N. Pachler, & A. Kukulska-Hulme (Eds.), *Researching mobile learning: Frameworks, tools and research designs* (pp. 189–204). Oxford, England: Peter Lang.

Oulasvirta, A., Tamminen, S., Roto, V., & Kuorelahti, J. (2005). Interaction in 4-second bursts: the fragmented nature of attentional resources in mobile HCI. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 919–928). New York, NY, USA: ACM.

Santosa, S., & Wigdor, D. (2013). A field study of multi-device workflows in distributed workspaces. In *Proceedings of the 2013 ACM international joint conference on Pervasive and ubiquitous computing* (pp. 63–72). New York, NY, USA: ACM.

Seel, T., Schauer, T., & Raisch, J. (2012). Joint axis and position estimation from inertial measurement data by exploiting kinematic constraints. In *2012 IEEE International Conference on Control Applications (CCA)* (pp. 45–49).

Smith, K., Ba, S. O., Odobez, J.-M., & Gatica-Perez, D. (2008). Tracking the visual focus of attention for a varying number of wandering people. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, 30(7), 1212–1229.

Winter, D. A. (2009). *Biomechanics and Motor Control of Human Movement* (4th ed.). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Kontaktinformationen

Timo Henrich, Christian Plegge, Martin Westhoven, Thomas Alexander
timo.henrich|christian.plegge|martin.westhoven|thomas.alexander@fkie.fraunhofer.de
Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie FKIE
Fraunhoferstraße Str. 20
53343 Wachtberg