

Distracted by privacy? – Erfassung von Blickbewegungen zur Evaluation der Gebrauchstauglichkeit einer fahrzeugspezifischen Applikation zur selbstbestimmten Privatheit

Jonas WALTER

*Institut für Arbeitswissenschaft, Technischen Universität Darmstadt,
Otto-Berndt-Straße 2, D-64287 Darmstadt*

Kurzfassung: Während die Vernetzung des Automobils neue Funktionen ermöglicht, droht dem Fahrer gleichzeitig der Verlust der Kontrolle über seine informationelle Selbstbestimmung. In diesem Beitrag wird eine Datenschutzapplikation für das Fahrzeug vorgestellt und die Blickbewegungen während der Nutzung im geparkten Zustand als auch während der Fahrt untersucht. Unter Rückgriff auf Shannon's Informationstheorie wird gezeigt, dass die Blickbewegungen während der Interaktion mit der Applikation in ihrer Systematik von den individuellen Usability-Bewertungen abhängen. Zusätzlich wird die Kompatibilität der Applikation mit einschlägigen Empfehlungen zur visuellen Ablenkung während der Fahrt verglichen.

Schlüsselwörter: Eye-Tracking, Datenschutz, Interface, vernetztes Fahrzeug

1. Datenschutz im Fahrzeug

Mit der Vernetzung von modernen Fahrzeugen werden enorme Datenmengen im Auto erfasst und mit externen Parteien geteilt (Wollenschläger, 2014). Während einerseits neue Funktionen im Auto ermöglicht werden, droht das moderne Automobil andererseits zu einem gläsernen Gefährt zu werden, bei dem der Fahrer die Kontrolle über seine informationelle Selbstbestimmung zu verlieren droht (Karaboga et al., 2015). Ein Großteil der bisherigen Forschung hat Datenschutzprobleme aus einer technischen Perspektive aufgedeckt und entsprechende Gegenmaßnahmen vorgeschlagen (Lu et al., 2011). Die bisherigen Ansätze schaffen es jedoch nicht, das Bewusstsein des Nutzers für die Preisgabe der Daten zu schärfen (FIA, 2016). Die Datenschutzapplikation PRICON bietet hier einen Lösungsansatz, indem der Nutzer in die Lage versetzt wird, seine eigene Datenpreisgabe selbstbestimmt zu kontrollieren (Plappert et al., 2017).

2. PRICON - Eine Datenschutzapplikation für das Fahrzeug

PRICON ist eine Datenschutzapplikation für das vernetzte Auto, mit der die Transparenz des Datenflusses in vernetzten fahrzeugbezogenen Diensten erhöht sowie selbstbestimmte Datenschutzenscheidungen ermöglicht werden sollen. Im Laufe eines mehrstufigen Prozesses ermöglicht die Applikation dabei individuell angepasste Einstellungen, die das selbstgewählte Maß an Datenschutz widerspiegeln. Dabei können sowohl globale Regeln definiert als auch spezifische Einstellungen für einzelne Applikationen festgelegt werden. Der Nutzer wird nach der erstmaligen Anmeldung

dabei im Zuge einer App-Tour mit den Funktionen und der Wirkungsreichweite von PRICON bekannt gemacht. Im Anschluss daran hat er die Möglichkeit entweder eine vordefinierte Datenschutzregel anzuwenden oder sich sein eigenes personalisiertes Datenschutzlevel zu definieren. Die Einstellungen werden durch die Festlegungen der Gültigkeitsdauer der eben gewählten oder selbst erstellten Datenschutzregel abgeschlossen. Wurden die bisher beschriebenen Einstellungen im geparkten Zustand definiert, werden die Datenschutzregeln auch während der Fahrt permanent angewendet. Dabei wird der Fahrer mit einem informativen Hinweis im Fall von App-spezifischen Events (Update oder Neuinstallation) oder durch den Nutzer veranlasste, mit der aktuellen Datenschutzregel inkompatible Events informiert.

Während vorangegangenen Arbeiten bereits das Gesamtkonzept von PRICON vorgestellt (Plappert et al., 2017) sowie explizit die Usability des gewählten Interfaces mit Hilfe der System Usability Scale (SUS; Brooke, 1996) untersucht (Walter & Abendroth, 2017) haben, soll in dieser Arbeit die Analyse des Blickverhaltens im Fokus stehen.

2.1 Eye-Tracking, Workload und Systematik der Blickbewegungen

Eye-Tracking ist eine geeignete Methode zur Erfassung der visuellen Aufnahme und des Vergleichs von Informationen (Goldberg et al., 2002). Mit dieser psychophysiologischen Methode zur Erfassung der Augenbewegungen lassen sich unter anderem die Allokation von räumlicher Aufmerksamkeit ableiten und somit Rückschlüsse auf die Aufnahme und den Vergleich von Informationen ziehen (Coco, 2009).

Dies wird sich unter anderem in Usability-Studien zum Nutzen gemacht, wo Eye-Tracking ein etabliertes Werkzeug ist (Poole & Ball, 2006). Ein wichtiges Kriterium des Usability-Konzepts ist Effizienz. Die Effizienz eines Interfaces ist dabei eng mit dem Ausmaß des Workloads des Nutzers assoziiert, sodass der Workload bei der Nutzung eines Systems mit sinkender Effizienz des Systems zunimmt (Jordan, 1998). Tole und Kollegen (1982) konnten in einer Studie an Piloten zeigen, dass sich das Workload-Niveau auf die Systematik der Blickbewegungen niederschlägt. Unter hohem Workload nahm die Zufälligkeit der Blickbewegungen zu. Wie oben erwähnt ist ein zentrales Usability-Kriterium eng mit dem Workload während der Nutzung eines Systems verbunden. Daher wird aus den genannten Befunden die erste Hypothese für die Blickbewegungen während der Nutzung von PRICON abgeleitet:

- H1. Die Usability-Werte korrelieren mit dem Ausmaß an Systematik der Blickbewegungen. Ein hoher Usability-Wert ist mit einem systematischeren Blickverhalten verbunden.

2.2 Ablenkung und Blickabwendung von der Straße

Als Datenschutzapplikation für das Fahrzeug gelten auch für PRICON einschlägige Empfehlungen und Anforderungen an das zulässige Ausmaß an (visueller) Ablenkung. Die National Highway Transport and Safety Association (NHTSA) empfiehlt, dass bei 87,5 % der Teilnehmer maximal 15 % der Blickabwendungen von der Straße während der Interaktion mit dem Interface länger als zwei Sekunden dauern. Die Gesamtdauer der Blickabwendung soll bei mind. 87,5 % der Teilnehmer maximal zwölf Sekunden betragen (NHTSA, 2012). Hier soll erfasst werden, ob PRICON den Empfehlungen gerecht wird. Entsprechend lauten die zweite und dritte Hypothese:

- H2. Mindestens 87,5 % der Teilnehmer (~ elf von zwölf) dauern maximal 15 % der Blickabwendungen von der Straße während der Interaktion mit PRICON während der Fahrt länger als zwei Sekunden.
- H3. Bei mindestens 87,5 % der Teilnehmer (~ elf von zwölf) beträgt die Gesamtdauer der Blickabwendungen von der Straße während der Interaktion mit PRICON weniger als zwölf Sekunden.

3. Methoden

Zur Beantwortung dieser Fragestellungen wurde eine Eye-Tracking-Studie im Fahr-simulator des Instituts für Arbeitswissenschaft der Technischen Universität Darmstadt durchgeführt.

3.1 Stichprobe

N = 19 Teilnehmer/innen nahmen an der Studie teil. Aufgrund einer unzureichenden Qualität der Eye-Tracking-Daten wurden sieben Teilnehmer/innen ausgeschlossen. Hier werden die Daten von N = 12 Teilnehmer/innen ($M(\text{Alter}) = 28,25$; $sd(\text{Alter}) = 11,75$; 5 Frauen) an der Fahrsimulatorstudie berichtet. Alle Teilnehmer verfügten über ein intaktes oder korrigiertes Sehvermögen.

3.2 Material und Apparaturen

Der Versuch fand in einem statischen Fahrsimulator mit einem Blickfeld von 180° statt. Drei hochauflösende Projektoren mit einer Auflösung von 1920 x 1200 Pixel und einer Luminanz von 6000 Lumen kommen dabei zum Einsatz. Das Mockup besteht aus einer originalen Chevrolet Aveo Karosserie. Ein 8 Zoll großer Axure 8 RP Clickdummy wurde auf einem Tablet präsentiert, das an der Mittelkonsole angebracht wurde. Zur Aufzeichnung der Blickbewegungen kam das mobile Eye-Tracking-Brillensystem ETG von SensoMotoric Instruments (SMI) zum Einsatz. Das infrarotbasierte SMI ETG ermöglicht binokulare Blickbewegungsdaten mit einer Frequenz von 30 Hz. Das System verfügt über eine HD Frontkamera (Auflösung: 1280 x 960 Pixel). Die Blickbewegungsaufzeichnung wurde für jeden Probanden mit Hilfe von drei triangulär angeordneten Referenzpunkten kalibriert und anschließend anhand weiterer drei Punkte validiert. Die Blickbewegungen wurden während des kompletten Experiments erhoben. In diesem Paper wird nur der Vergleich einzelner Sequenzen berichtet.

3.3 Aufgabe und Ablauf

Die virtuelle Umgebung bestand aus ländlichen und städtischen Sektionen. Die Teilnehmer starteten auf einer städtischen Straße und wurden zu einem Parkplatz navigiert, wo sie die erste Aufgabe durchführten: „Erstellen Sie sich einen Account in PRICON. Durchlaufen Sie die PRICON-Tour und wählen Sie anschließend ein Datenschutzprofil Ihrer Wahl aus. Stellen Sie Ihr Profil abschließend so ein, dass Sie nach jeder Fahrt erinnert werden.“ Anschließend fuhren die Probanden zurück auf die Straße, verließen die Stadt und fuhren über eine ländliche, kurvige, einspurige Straße. Sobald die Teilnehmer eine bestimmte Position auf der ländlichen Straße erreicht hatten, wurden sie aufgefordert, eine Applikation aus PRICON heraus zu öffnen. Eine Fehlermeldung mit Interaktionsaufforderung erschien, da diese Applikation mit dem

gewählten Datenschutzprofil nicht vereinbar war. Nach mehreren Kilometern endeten die Fahrt auf einem Parkplatz am Fahrbahnrand. Im Anschluss an die Fahrt füllten die Probanden die System Usability Scale (Brooke, 1996) aus.

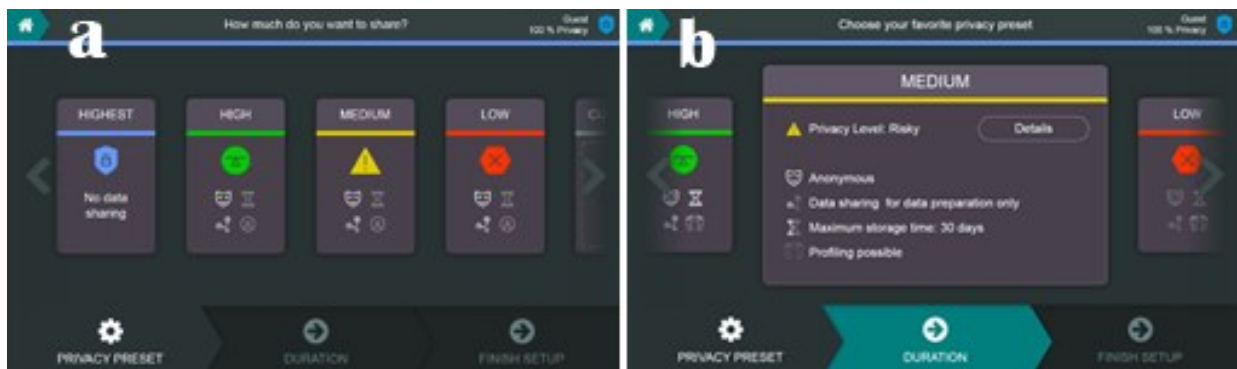


Abbildung 1: Screenshots der Datenschutzapplikation PRICON. A) Datenschutzprofil Übersicht. B) Datenschutzprofil „Medium“ ausgewählt.

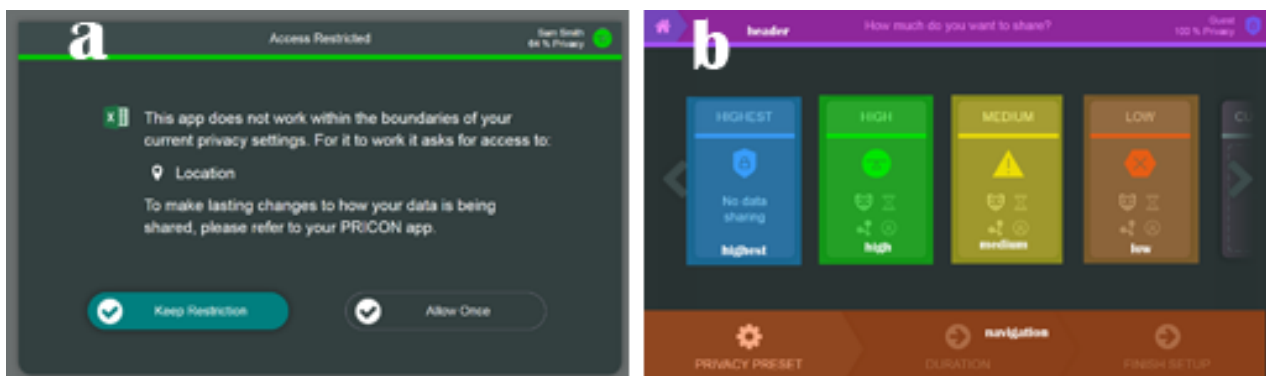


Abbildung 2: A) Screenshot der Datenschutzapplikation PRICON während der Fahrt (Warnmeldung). B) Areas of Interest (AOI) über dem Screen „Datenschutzprofil“. Die AOI sind: highest (blau), high (grün), medium (gelb), low (orange), header (lila) und navigation (rot).

3.4 Datenaufbereitung und Datenanalyse

Entsprechend des Fokus dieses Beitrags wurden gezielt zwei Interaktionssequenzen der Eye-Trackingdaten analysiert. Zur Beantwortung von H1 und H2 war dies die Interaktion mit PRICON im geparkten Zustand während der Auswahl eines Datenschutzprofils („Datenschutzprofil“) sowie die Interaktion mit einer Warnmeldung während der Fahrt zur Beantwortung von H3 und H4 („Fahrsituation“).

Die Blickbewegungsdaten wurden mit der Software iView ETG von SMI aufgezeichnet. Mit Hilfe der Analysesoftware BeGaze von SMI wurden *areas of interest* (AOI) definiert. Für den Screen Datenschutzprofil waren dies die verschiedenen Datenschutzprofile („highest“, „high“, „medium“, „low“), die Navigationsleiste, die Kopfzeile sowie zwei Slider-Elemente („arrows“). Für die Fahrsituation waren dies der PRICON-Screen in der Mittelkonsole sowie die Windschutzscheibe. Anschließend wurden die Fixationen exportiert und mit Matlab Version 9.2 sowie der Statistiksoftware RStudio (Version 1.0.136) analysiert. Zur Identifizierung von einzelnen Fixationen wurde das in iView ETG implementierte Verfahren benutzt.

Alle Hypothesen wurden auf der Basis von *Dwells* getestet. Ein Dwell umfasst alle subsequente Fixationen in einem AOI und endet sobald das AOI verlassen wird. In

dieser Studie werden die mittlere Dauer eines einzelnen Dwells, die Summe aller Dwellauern für ein spezifisches AOI sowie die Anzahl aller Dwells in ein AOI betrachtet. H1 betrifft die Systematik des Blickverhaltens. Mit der *visuellen Entropie* liegt ein Maß vor, das die Zufälligkeit des Blickverhaltens unter Anlehnung an die Informationstheorie (Shannon, 1948) beschreibt. Je systematischer das Blickverhalten, desto geringer die Entropie. Das Maß der visuellen Entropie basiert dabei auf Matrizen mit bedingten Übergangsfrequenzen zwischen den einzelnen AOI, sodass ein Markov-Prozess erster Ordnung entsteht. Die Wahrscheinlichkeit das i-te AOI zu fixieren hängt also von dem derzeitigen Dwell in das j-te AOI ab. Eine detaillierte Beschreibung findet sich in Gilland (2008).

3. Ergebnisse

Hypothese H1 besagt, dass die Usability-Werte mit dem Ausmaß an Systematik der Blickbewegungen korrelieren. Zur Beantwortung dieser Hypothese wurden die Usability-Werte aus Walter und Abendroth (2017) herangezogen. Für das hiesige Teilnehmerfeld ergab sich ein mittlerer SUS-Wert von $M = 76.25$ ($sd = 7.72$). Zur Bestimmung der Systematik der Blickbewegung wurde für jeden Teilnehmer das Maß der visuellen Entropie für den Screen „Datenschutzprofil“ berechnet. Eine Pearson's Produkt-Moment-Korrelationsanalyse ergab, dass die SUS-Werte signifikant positiv mit den Entropie-Werten korrelierten (*Pearson* $r = .76$, $t(10) = 3.75$, $p < .05$). Ein höherer Usability-Wert war mit einer geringeren Vorhersehbarkeit des nächsten Dwells verbunden.

Mit den Empfehlungen der NHTSA liegen konkrete Vorgaben zum Ausmaß der visuellen Ablenkung von der primären Fahraufgabe durch ein fahrzeuginternes Interface vor. Die Hypothesen H2 und H3 greifen diese Empfehlungen mit Bezug auf die mittlere Dwelldauer (H2) und Gesamtdauer aller Dwells auf ein AOI (H3) auf. Im Durchschnitt dauerten $M = 7,5$ % ($sd = 14,8$ %) aller Dwells fernab der Frontscheibe länger als zwei Sekunden. Drei Teilnehmer (25 %) wiesen bei mind. 15 % ihrer Dwells außerhalb des Bereichs der Windschutzscheibe eine Dauer von mindestens zwei Sekunden auf. Die Gesamtdauer aller Dwells, die nicht in den Bereich der Windschutzscheibe fielen, war im Mittel $M = 8,66$ Sekunden ($sd = 6,03$ Sekunden). Die Gesamtdauer der Dwells überschritt bei zwei Teilnehmern (16,67 %) den von der NHTSA vorgegebenen Grenzwert.

4. Diskussion

In diesem Beitrag wurde das fahrzeugbezogene Datenschutzinterface PRICON kurz vorgestellt und mehrere Fragestellungen mit Bezug auf die Blickbewegungen während der Interaktion untersucht. Vorangegangene Studien konnten sowohl im Luftfahrt- (Tole et al., 1982) als auch im Automobilkontext (Gilland, 2008) zeigen, dass die Systematik der Blickbewegungen mit zunehmenden Workload abnimmt. Da das Konzept der Usability auch den (kognitiven) Aufwand umfasst, wurde in der Hypothese 1 angenommen, dass eine hohe Usability-Bewertung mit einer hohen Vorhersagbarkeit der Blickbewegungen einhergeht. Überraschenderweise zeigte die hiesige Korrelationsanalyse einen genau umgekehrten Zusammenhang. Höhere Usability-Werte waren mit einer geringeren Vorhersagbarkeit der Blickbewegungen verbunden. Eine post-hoc durchgeführte qualitative Analyse der Blickbewegungen zeigte, dass die Teilnehmer mit einem niedrigen Usability-Score den hier untersuchten Screen nur sehr eingeschränkt explorierten. Während solche Teilnehmer mit einem hohen Usability-

Score tendenziell mehrere verschiedene Datenschutzprofile begutachteten, betrachteten und wählten die Teilnehmer mit einem niedrigen Usability-Score mehrheitlich das Datenschutzprofil, das zentral angezeigt wurde (vier von sechs). Entsprechend geht die größere Vorhersagbarkeit der Blickbewegungen für Teilnehmer mit einem niedrigen SUS-Score weniger mit tatsächlich systematischen visuellen Explorationsverhalten, sondern vielmehr mit dem Ausbleiben eines Explorationsverhaltens einher.

Letztendlich wurde die Konformität von PRICON mit den Vorgaben der NHTSA zur Blickabwendungen von der Straße untersucht. Dabei zeigte sich, dass die Warnmeldung während der Fahrt zu längeren Blickabwendungen als empfohlen führt. Aufgrund der relativ kleinen Teilnehmeranzahl (NHTSA-Empfehlung: N = 24) fallen einzelne Ausreißer jedoch stärker ins Gewicht, sodass das Verpassen der Vorgaben durch einen Ausreißer bedingt gewesen sein kann. In der Tat findet sich ein Teilnehmer, der auffällig oft besonders lange den Blick von Straße abwendet (50 % aller Blickabwendungen > 2 Sekunden, durchschnittliche Blickabwendungsdauer: 24,77 Sekunden), sodass bei diesem kleinen Sample das Verpassen der NHTSA-Empfehlungen möglicherweise auf die hohe Gewichtung einzelner Ausreißer zurückzuführen ist.

6. Literatur

- Brooke J (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, 189(194): 4-7.
- Coco MI (2009). The statistical challenge of scan-path analysis. In *Human System Interactions*, 2009. HSI'09. IEE: 372-375.
- FIA (2016). Europe, The Middle East and Africa (2016): What Europeans Think about Connected Cars. Retrieved June 3, 2017 from http://www.mycarmydata.eu/wp-content/themes/shalashaska/assets/docs/FIA_survey_2016.pdf
- Gilland J (2008). *Driving, eye-tracking and visual entropy: Exploration of age and task effects*. University of South Dakota.
- Goldberg JH, Stimson MJ, Lewenstein M, Scott N, Wichansky AM (2002). Eye tracking in web search tasks: design implications. In *Proceedings of the 2002 symposium on Eye tracking research & applications*. ACM: 51-58.
- Jordan PW (1998). *An introduction to usability*. CRC Press.
- Karaboga M, et al (2015). *Das versteckte Internet: zu Hause–im Auto–am Körper*. White Paper. Schriftenreihe Forum Privatheit und selbstbestimmtes Leben in der digitalen Welt. Eggenstein: Stober.
- Kleberger P, Olovsson T, Jonsson E (2011). Security aspects of the in-vehicle network in the connected car. *Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, 2011. Baden-Baden: IEEE, 528 – 533.
- Lu,R, Lin X, Luan TH, Liang X, Shen X (2011). Pseudonym Changing at Social Spots: An Effective Strategy for Location Privacy in VANETs. *IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY* 61(1): 86-96.
- National Highway Traffic Safety Administration. (2012). *Visual-manual NHTSA driver distraction guidelines for in-vehicle electronic devices*. Washington, DC.
- Plappert C, et al (2017). A Privacy-aware Data Access System for Automotive Applications. In *15th ESCAR Embedded Security in Cars Conference*, Düsseldorf.
- Poole A, Ball LJ (2006). Eye tracking in HCI and usability research. *Encyclopedia of human computer interaction* 1: 211-219.
- Shannon CE (1948). A mathematical theory of communication. *Bell System Technical J.* 27: 379–423.
- Tole JR, Stephens AT, Harris RL, Ephrath AR (1982). Visual scanning behavior and mental workload in aircraft pilots. *Aviation Space and Environmental Medicine* 53: 54–61.
- Walter J, Abendroth B (2018). Losing a Private Sphere? A Glance on the User Perspective on Privacy in Connected Cars. In *Advanced Microsystems for Automotive Applications 2017*. Cham.: Springer, 237-247.
- Wollschläger D (2014). Das vernetzte Fahrzeug Voraussetzungen, Anforderungen und Perspektiven. *ATZelektronik* 9(4): 10-15.

Danksagung: Diese Arbeit wurde im Zuge des durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Projekt „SeDaFa“ erstellt.