

Natürliche Blickfolgen vor einer Fahrt im Fahrzeug

Bastian Hinterleitner, Leonie Gauer

Audi Electronics Venture GmbH

Zusammenfassung

Um bei einer immer größer werdenden Menge an Funktionen im Fahrzeug den Fahrer bei der Interaktion besser unterstützen zu können, kann es sinnvoll sein die Bereiche erfassen zu können, auf denen seine Aufmerksamkeit liegt. Hierfür kann ein Gaze-Tracking System verwendet werden, welches Blicke eines Fahrers analysieren und direkt auf unterschiedliche Bereiche im Fahrzeug übertragen kann. In dieser Studie wurden Blickfolgen vor einer Fahrt untersucht. Ziel der Untersuchung war es, das Blickverhalten eines Fahrers vor einer Bedienung im Fahrzeug herauszufinden, um ihn bei zukünftigen Handlungen besser unterstützen zu können. Dabei ergab sich eine eindeutige Unterscheidung der Aufmerksamkeitsbereiche zwischen Interaktionen in der Mittelkonsole und Interaktionen im Fahrerbereich (Lenkrad, Sitz, Tür). Darüber hinaus ließen sich unterschiedliche vertikale oder horizontale Blickfolgen für verschiedene Interaktionen mit dem Fahrzeug erkennen.

1 Einleitung

Mit dem Einzug des Internets in das Fahrzeug steigen die Funktionen, die dem Fahrer zur Verfügung stehen weiter an. Die daraus resultierende Fülle an Möglichkeiten ist immer schwerer zu überblicken und zu kontrollieren. Zusätzlich gibt es im Fahrzeug unterschiedliche Bereiche, die verschiedene Interaktionen erlauben. So gibt es meist eine Teilung zwischen Infotainmentfunktionen im Mitteldisplay, fahrtrelevante Funktionen im Kombiinstrument und Einstellungen von Fahrzeugelementen wie Sitz und Spiegel auf den Fahrer im Sitzbereich oder an der Tür.

Um dem Fahrer die Interaktion mit dem Fahrzeug zu erleichtern, ist es deshalb ratsam ihm Vorschläge zu unterbreiten, wie er im Moment mit dem Fahrzeug interagieren kann. Diese Vorschläge sollten möglichst genau auf die aktuellen Bedürfnisse des Fahrers abgestimmt sein. Um diese herauszufinden gibt es bereits unterschiedliche Ansätze. Einerseits kann das Fahrzeug die Gewohnheiten des Fahrers lernen und dementsprechend antizipieren, was das nächste Ziel des Fahrers ist oder zu welcher Situation er welche Einstellungen im Fahrzeug bevorzugt. Ein anderer Ansatz ist die Analyse des aktuellen Verhaltens des Fahrers, um

herauszufinden, auf welcher Aufgabe gerade sein Fokus liegt und welches Ziel er damit erreichen möchte. Dazu kann vor allem die Blickrichtung des Fahrers einen wesentlichen Beitrag leisten, denn so kann in Echtzeit die Region im Fahrzeug ermittelt werden, auf der gerade der visuelle Fokus des Fahrers liegt.

Ziel dieser Studie ist es daher, zu untersuchen, welche Blickfolgen ein Fahrer in einem Fahrzeug vor dem Beginn der tatsächlichen Fahraufgabe zeigt. In diesem Setting können unterschiedliche Systeme vom Fahrer bedient werden, ohne dass das Blickverhalten durch eine tatsächliche Fahrt beeinflusst wird.

Die Blickfolgenanalyse fand erstmals in der Cockpitgestaltung bei Flugzeugen Anwendung. Dabei wurde untersucht, wie Piloten Informationen im Cockpit aufnehmen und ob daraus eine kognitive Belastung ableitbar ist (Glaholt, M. G., 2014).

Die ersten interaktionsbezogenen Analysen mit Fahrzeugsystemen gab es mit dem Einzug von displaybasierten Navigationssystemen im Fahrzeug. Antin et.al. (1990) untersuchten dabei die Unterschiede zwischen displaybasierten und papierbasierten Karten. Dabei wurden unterschiedliche Blickbereiche definiert und die relative Blickdauer der Fahrer auf jeden Bereich errechnet. Zusätzlich wurden Übergangswahrscheinlichkeiten von einem Blickbereich in einen anderen analysiert. So können Blickfolgen auf Basis von Wahrscheinlichkeiten ermittelt werden. Auch Dingus (1995) verwendete diese Analysemethode fünf Jahre später, um Blickfolgen bei der Benutzung von zwei unterschiedlichen Navigationsgeräten zu vergleichen.

Derartige Analysen der Blickverteilung und der Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen unterschiedlichen Bereichen werden in dieser Studie ebenfalls angewandt, um die Aufmerksamkeitsbereiche des Fahrers zu analysieren und die wahrscheinlichsten Blickfolgen vor einer Interaktion mit dem Fahrzeug zu berechnen. Im Gegensatz zu bestehender Literatur befasst sich diese Studie ausschließlich mit der Interaktion Fahrer-Fahrzeug im Stand.

2 Studie

Um ein natürliches Blickverhalten eines Fahrers vor der Fahrt untersuchen zu können wurden Versuchsteilnehmer mit einem Head-Mounted Eye-Tracker ausgestattet. Mit diesem sollten sie in ein Kompaktklasse-Fahrzeug einsteigen und sich bis zum Lösen der Handbremse fahrbereit machen. Die aufgezeichneten Blickdaten und Interaktionen mit dem Fahrzeug wurden ausgewertet und typische Blickfolgen vor einer Interaktion mit fahrrelevanten Systemen analysiert.

2.1 Studienteilnehmer

Für den Test wurden 20 Personen vor einem Einkaufscenter akquiriert. Die Probanden mussten vor der eigentlichen Studie einen demographischen Fragebogen ausfüllen und wurden nach Geschlecht, Alter, Fahrleistung pro Jahr¹ und Automarke des eigenen Fahrzeugs gefragt (vgl. Tabelle 1). Probanden ohne Führerschein durften nicht teilnehmen, um eine realistische Testsituation zu garantieren. Außerdem wurde darauf geachtet, dass die Hälfte der Teilnehmer mit der verwendeten Systembedienung vertraut war. Da in einer Audi-Limousine getestet wurde, sollten folglich 10 Probanden Audi-Fahrer sein. Die restlichen Probanden fuhren regelmäßig VW (3), Opel (3), Seat (2), Toyota (1) oder Fiat (1).

Eigenschaft	Anzahl
Stichprobengröße	20
Geschlecht	12 männlich, 8 weiblich
Alter	18 – 76 Jahre (m=35,9; d=14,61)
Fahrleistung <12000km/Jahr	7
Fahrleistung 12000-25000km/Jahr	7
Fahrleistung >25000km/Jahr	6

Tabelle 1: Verteilung der Probanden

2.2 Testumgebung

Als Testfahrzeug wurde ein Audi verwendet. Dieser bietet ausreichend Funktionen, um das gesamte Spektrum der Interaktion vor einer Fahrt abzudecken. Zusätzlich verfügt er nicht über eine zu gehobene Ausstattung, um für die meisten Probanden eine gewohnte Fahrzeugumgebung sicherzustellen.

Zur Aufzeichnung der Blicke des Probanden wurde ein Tobii Pro Glasses 2 Blickverfolgungssystem verwendet. Hierbei handelt es sich um eine Brille, welche durch eine mittig angeordnete Kamera das Sichtfenster des Trägers filmt und durch Infrarotbeleuchtung und –kamera seine Augenbewegungen verfolgen kann.

Zusätzlich wurde auf dem Armaturenbrett auf der Beifahrerseite vor der A Säule eine Digitalkamera platziert, welche auf den Probanden gerichtet war und die Interaktionen zusätzlich zu der Tobii Brille filmte. Dies war nötig, um auch Körpergesten und Bedienhandlungen zu erfassen, welche sich nicht im Blickfeld des Blickverfolgungssystems befinden.

¹ Weniger als 12000, 12000-25000, mehr als 25000

2.3 Ablauf

Damit die einzelnen Testteilnehmer das gleiche Setting eines Fremdfahrzeugs vorfanden, wurden vor jedem Test die folgenden Einstellungen durchgeführt. Der Sitz wurde so weit wie möglich nach hinten zurück gefahren. Das Lenkrad wurde komplett nach vorne verschoben. Die Außen- und Innenspiegel wurden maximal nach oben verstellt. Die Klimaanlage wurde auf 25° C eingestellt und das Gebläse aufgedreht. Sollte ein Testlauf vorher stattgefunden haben, so wurden zusätzlich die letzten Ziele aus der Navigation gelöscht. Das Radio wurde laut auf einen Radiosender mit klassischer Musik eingestellt.

Daraufhin wurden Besucher des Einkaufszentrums angesprochen und um Teilnahme an dem Test gebeten. Um eine natürliche Interaktion mit dem Fahrzeug nicht zu beeinflussen, wurde behauptet, dass es in dem Test darum ginge Schulterblicke beim Ausparken zu untersuchen. So sollte der Fokus für den Probanden von der Interaktion mit den Fahrzeugsystemen genommen werden. Zusätzlich erklärt das für den Testteilnehmer auch die Nutzung einer Blickbewegung aufzeichnenden Brille. Eine Aufklärung über den tatsächlichen Studieninhalt fand nach dem Test statt.

Nach Unterzeichnen einer Einverständniserklärung zur Erfassung personenbezogener Daten sollte der Proband die Blickbeobachtungs-Brille aufsetzen und wurde zum Fahrzeug geführt. Hier bekam er lediglich die Anweisung sich auf eine Fahrt ohne Pausen nach Würzburg vorzubereiten. Er solle das Fahrzeug komplett so einstellen, wie er es für diese Aufgabe tatsächlich machen würde. Sobald er signalisierte, dass er fahrbereit sei, sollte er Schulterblicke nach rechts und links machen. Dabei sollte er sich so verhalten, als würde er mit dem Fahrzeug zurücksetzen und eine Fahrt beginnen.

Danach wurde die Aufnahme gestoppt und der Proband verabschiedet. Vor der Rekrutierung des nächsten Testteilnehmers wurde das Fahrzeug wieder in den Ursprungszustand versetzt.

2.4 Auswertung

Die Videodaten der einzelnen Probanden wurden analysiert und die Reihenfolge der Interaktionen mit dem Fahrzeug notiert. Im Anschluss wurde addiert, welche Aktion in welcher Reihenfolge wie oft auftrat (also zum Beispiel wie oft als erste Aktion die Tür geschlossen wurde). Daraus konnte die häufigste Reihenfolge von Interaktionen ermittelt werden.



Abbildung 1: Blickorte im Fahrzeug

Zusätzlich zu den Interaktionen wurden die Blickfolgen vor jeder Interaktion analysiert. Ziel dieser Analyse war es, auf Basis der Blicke eine Bedienungsvorgang vorhersagbar machen zu können. Um möglichst viele Blicke betrachten zu können wurden jeweils fünf Sekunden vor einer Interaktion die Blicke auf die vorher festgelegten Areas of Interest (AoI, vgl. Abbildung 1) im Fahrzeug analysiert und somit für jede Interaktion für jede AoI eine Blickhäufigkeit errechnet. Dieser Zeitraum lieferte genug Daten, und vermied gleichzeitig für einen Großteil der Datensätze (76%), dass Blicke miteinander berechnet wurden, die noch zu einer vorherigen Interaktion gehören. Analog zu Antin et.al. (1990) und Dingus (1995) wurden auch die Übergangswahrscheinlichkeiten der Blicke vor jeder Interaktion analysiert.

Um überprüfen zu können, ob eine Interaktion des Fahrers mit dem Fahrzeug vorhergesagt werden kann, wurde ein Support-Vector-Machine Machine-Learning Algorithmus² mit den Blickorten vor einer Interaktion angelernet. Dabei sollte aus den Blickbereichen jeweils eine bis vier Sekunden vorher die Interaktion beziehungsweise der Interaktionsort vorhergesagt werden. Es wurden 111 Datensätze zum Trainieren und 30 Datensätze zum Überprüfen verwendet. Dieses Verfahren wurde mehrfach durchgeführt, um eine Vorhersage der einzelnen Interaktion, einer Interaktion in einem von vier Bereichen im Fahrzeug (Mittelkonsole, Windschutzscheibe, Tür, Sitz; basierend auf Kern & Schmidt, 2009) oder einer Interaktion in einem von zwei Bereichen im Fahrzeug (rechts des Lenkrads, links des Mitteldisplays) zu überprüfen.

3 Ergebnisse

Es wurden folgende Interaktionen von den insgesamt 20 Probanden zur Vorbereitung vor einer Fahrt durchgeführt:

- Schließen der Fahrertür (alle 20 Probanden, 100%)
- Einstellen der Sitzposition (alle 20 Probanden, 100%)

² Libsvm (Version vom 20.10.2015) <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm>

- Starten der Zündung (alle 20 Probanden, 100%)
- Einstellen des Innenspiegels (15 Probanden, 75%)
- Anschnallen (14 Probanden, 70%)
- Einstellen der Außenspiegel (14 Probanden, 70%)
- Einstellen der Navigation (13 Probanden, 65%)
- Einstellen der Musik (7 Probanden, 35%)
- Einstellen des Lenkrads (6 Probanden, 30%)
- Einstellen der Klimaanlage (5 Probanden, 25%)
- Einstellen der Lüftung (2 Probanden, 10%)

Dabei ergab sich als häufigste Reihenfolge der Interaktionen:

1. Schließen der Tür
2. Einstellen des Sitzes
3. Anschnallen
4. Starten der Zündung

Da alle Probanden mindestens vier Aktionen ausgeführt haben, ist dies die wahrscheinlichste Reihenfolge. Alle anderen Reihenfolgen sind aufgrund der geringen Stichprobe nicht aussagekräftig.

Die Blicke der Fahrer in den fünf Sekunden vor der Interaktion mit dem Fahrzeug verteilen sich für die vier häufigsten Interaktionen größtenteils um das Lenkrad, jedoch hat jede Interaktion eine spezifische Blickverteilung. So ruht der Blick beim Schließen der Tür zu 17% auf der Tür wohingegen sich der Blick bei Anschnallen und Einstellen des Sitzes hauptsächlich auf den Fahrersitz (26% und 24%) konzentriert. Lediglich beim Starten der Zündung sind die Blicke stärker im Fahrzeuginneren verteilt. Dies lässt darauf schließen, dass der Zündungsknopf erst gesucht werden musste.

Auch die Übergangswahrscheinlichkeiten der Blicke lassen diesen Grund vermuten (vgl. Abbildung 2). Hier kann erkannt werden, dass die Blicke vor dem Starten der Zündung häufig über viele Bereiche im Fahrzeug wandern. Die Prozentzahlen beschreiben die Wahrscheinlichkeiten eines Übergangs von einem Blickort in einen anderen.

Über alle Interaktionen werden bevorzugt die Bereiche um das Lenkrad herum (Sitz, Lenkrad, Licht, Klima, Tür) angesehen, vor allem bei Einstellungen ohne spezielle Anzeige, zum Beispiel in einem Display. Für Interaktionen die im Mitteldisplay stattfinden reduzieren sich allerdings die Blicke auch schon fünf Sekunden vor der Bedienhandlung auf diesen Bereich.

Eine mögliche Vorhersage der einzelnen Interaktionen mit Hilfe eines Machine-Learning Algorithmus konnte nicht bestätigt werden. Bei einem Testdatensatz von 30 Interaktionen wurden lediglich 13,33% (4 von 30) korrekt vorhergesagt. Lässt man den Interaktionsort (Mittelkonsole, Windschutzscheibe, Tür oder Sitz) präzisieren, so erhält man eine Genauigkeit von 43,33% (13 von 30). Erst bei einer Unterscheidung von nur zwei Orten (rechts des

Lenkrads oder links des Mitteldisplays) konnte eine Genauigkeit von 70,00% (21 von 30) erreicht werden.

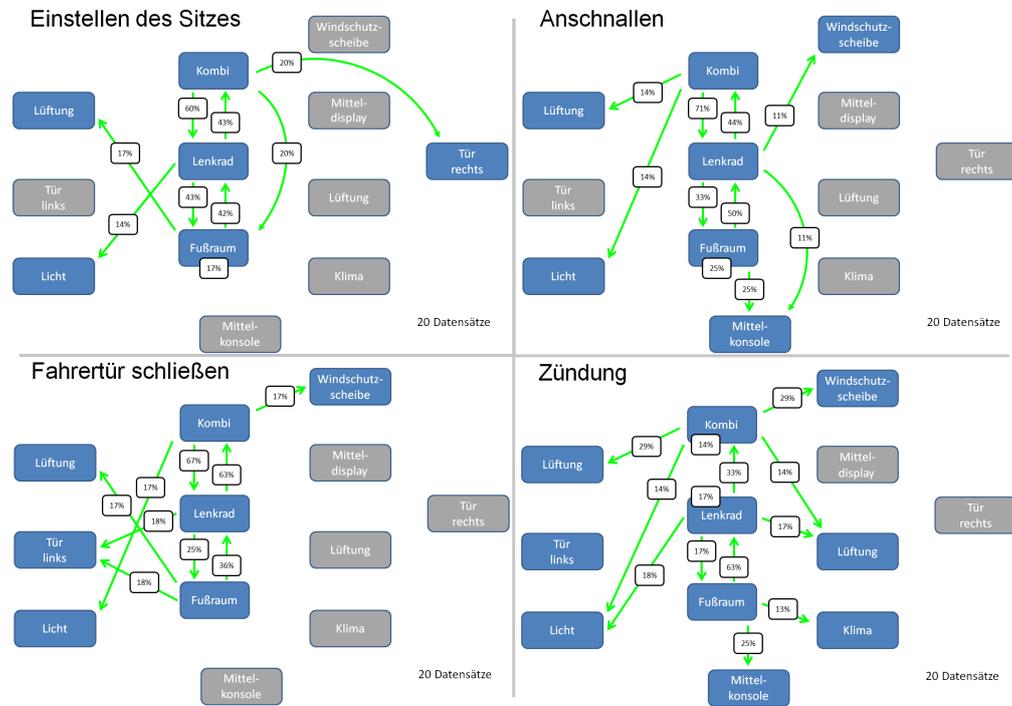


Abbildung 2: Übergangswahrscheinlichkeiten bei Blickfolgen vor einer Interaktion

4 Diskussion

Auch wenn sich durch die Analyse der Blickbereiche und Folgen alle einzelnen Interaktionen mit dem Fahrzeug nicht klar genug voneinander abgrenzen, kann man doch grobe Bedienregionen unterscheiden. So fokussiert sich der Blick auch schon fünf Sekunden vor der Interaktion auf die Bereiche, in denen interagiert wird. Eine Unterscheidung zwischen Bedienung im Mitteldisplay oder am Sitz ist deshalb bedingt möglich. Wie gut einzelne Bereiche voneinander unterschieden werden können und welche Bereiche dafür gewählt werden müssen, sollte im Rahmen einer weiteren Studie näher untersucht werden. Zusätzlich zeigt sich, dass die einzelnen Nutzer für die gleiche Interaktion unterschiedliche Blickfolgen aufweisen. Eine Bessere Vorhersage könnte deshalb möglich sein, wenn man über längere Zeit das Blickverhalten eines einzelnen Nutzers untersucht.

Des Weiteren ist ein direkter Vergleich von lediglich zwei unterschiedlichen Interaktionen sinnvoll. Da die meisten Einstellungen im Mitteldisplay durchgeführt wurden sind diese sehr schwer zu unterscheiden. Ein Vergleich von Aktionen im Mitteldisplay und zum Beispiel an der Tür, versprechen bessere Ergebnisse bei der Vorhersage. Auch könnte ein sequentieller

Machine-Learning Ansatz bessere Resultate erzielen, da dadurch die zeitlichen Abfolgen der Blicke vor einer Interaktion besser berücksichtigt werden können.

Zusätzlich könnte man versuchen, Unterschiede zwischen Personengruppen herausfinden. In dieser Studie wurden die Testteilnehmer zwar in unterschiedliche Gruppen auf Basis ihrer Fahrgewohnheiten unterteilt, mit einer Gesamtzahl von zwanzig Probanden lassen sich aber keine statistisch relevanten Aussagen über Unterschiede innerhalb der Stichprobe ableiten. Darüber hinaus könnte überprüft werden, ob die Blickbewegungen bestehen bleiben, wenn ein Fahrer häufiger in das Fahrzeug einsteigt. Dadurch könnten robuste Muster zur Vorhersage für eine Bedienabsicht generiert werden.

Auf Basis dieser Vorhersagen sollte dann ein Konzept entwickelt werden, welches den Fahrer bei der Interaktion mit dem Fahrzeug unterstützen kann. Wird eine Bedienintention erkannt, so können zum Beispiel die dafür nötigen Bedienelemente hervorgehoben werden oder bei eindeutigerer Zuordnung Aktionen teilweise schon automatisiert ausgeführt werden.

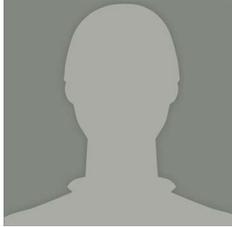
Ein weiterer Untersuchungsbedarf besteht im Blickverhalten während der Fahrt. Hier wurden größtenteils fahrtrelevante Blicke analysiert und nur wenig auf die Interaktion mit dem Fahrzeug eingegangen. Ein Ausstiegsszenario hingegen verspricht eher wenig neue Erkenntnisse, da der Fahrer hier nur in sehr geringem Ausmaß mit dem Fahrzeug interagieren muss.

Danksagung

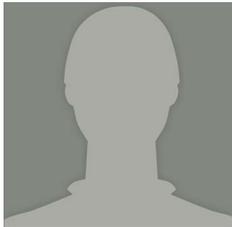
Wir danken Stefan Mayer für die Unterstützung während der Studie und während der Erarbeitung der Publikation und Simon Hurst für das Labeling der Video-Daten.

Literaturverzeichnis

- Antin, J. F., Dingus, T. A., Hulse, M. C., & Wierwille, W. W. (1990). An evaluation of the effectiveness and efficiency of an automobile moving-map navigational display. *International Journal of Man-Machine Studies*, 33(5), 581-594.
- Dingus, T. A. (1995, October). A meta-analysis of driver eye-scanning behavior while navigating. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 39, No. 17, pp. 1127-1131). SAGE Publications.
- Glaholt, M. G. (2014). Eye tracking in the cockpit: a review of the relationships between eye movements and the aviator's cognitive state. *Defence Research and Development Canada, Scientific Report DRDC-RDDC-2014-R153*
- Kern, D., & Schmidt, A. (2009). Design space for driver-based automotive user interfaces. In *Proceedings of the 1st International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications* (pp. 3-10). ACM.

Autoren**Hinterleitner, Bastian**

Bastian Hinterleitner studierte Bachelor und Master Medieninformatik an der Universität Regensburg. Aktuell ist er bei der Audi Electronics Venture GmbH als Doktorand tätig. Zu seinen Hauptaufgaben zählt die Vorentwicklung zu Mensch-Maschine Themen für die Audi AG. Ein besonderer Fokus liegt hierbei auf der Untersuchung von neuartigen und intuitiven Interaktionskonzepten im Fahrzeug.

**Gauer, Leonie**

Leonie Gauer hat Psychologie (B.Sc. & M.Sc.) an der katholischen Universität Eichstätt-Ingolstadt studiert und ist nun als Doktorandin bei der Audi Electronics Venture GmbH tätig. Sie befasst sich dort mit der Vorentwicklung von Mensch-Maschine-Schnittstellen und arbeitet an HMI-Konzeptionen für das automatisierte Fahren.