

Kognitive Belastung des Fahrers

Messung der Gefahr anhand der Pupillenveränderung

Autofahrer können aus vielen Gründen abgelenkt oder unaufmerksam sein. Die Folgen sind nicht vorhersehbar. Inzwischen gibt es deshalb zahlreiche Driver-Monitoring-Systeme, die die Müdigkeit des Fahrers messen. Das neu entwickelte Pupil-Based-Driver-Monitoring-System von Harman betrachtet das andere Ende des Spektrums: den „High Cognitive Workload“ – eine mentale Überlastung des Fahrers, die ein Auslöser von Unfällen sein kann. Eine Kamera misst dabei Veränderungen der Pupillen. Darauf basierend werden die Werte des High Cognitive Workload berechnet. Eine solche Lösung für das Messen von hohen Erregungszuständen gab es bisher auf dem Markt nicht, erklärt Harman.

AUTOR



Dr. Stefan Marti
ist Vice President Future
Experience bei Harman
in Stanford (USA).

MOTIVATION

Dass Müdigkeit zu gefährlichen Fahrfehlern führen kann, ist schon lange bekannt. Auch Driver-Monitoring-Systeme (DMS) haben sich bislang darauf konzentriert, einen übermüdeten Fahrer zu erkennen. Die Messungen beruhen oftmals auf einer Analyse der Augen- und Augenlidbewegungen, die Perclos (Percentage of eye closure) genannt wird. Was aber passiert am anderen Ende der Skala, wenn sich ein Fahrer im Zustand der Übererregtheit und

der geistigen oder emotionalen Überlastung befindet? Wenn ihm einfach zu viele Dinge gleichzeitig durch den Kopf gehen oder auch, wenn eine komplizierte Fahrsituation ihm zu viel abverlangt?

Aufmerksamkeit im Straßenverkehr ist gut. Wenn diese Aufmerksamkeit jedoch in Überlastung umschlägt, kehrt sich der positive Effekt ins Negative um. Diesen Prozess kann man sich am besten als eine glockenförmige Kurve vorstellen, die bei Erregung erst ansteigt und dann wieder fällt. Dieser Zustand des sog-

nannten High Cognitive Workload verursacht Fahrfehler, genauso wie Müdigkeit, auch wenn das weniger bekannt ist.

KOGNITIVE FÄHIGKEITEN ALS WICHTIGE GRÖSSE IM STRASSENVERKEHR

Generell bezeichnet Cognitive Workload den Grad der mentalen Anstrengung, sozusagen das menschliche Äquivalent zur CPU-Auslastung bei einem Computer. Die „Cognitive Load Theory“ wurde

© Harman



bereits in den späten 1980er-Jahren von John Sweller entwickelt. Auch die Erkenntnis, dass der Cognitive Workload anhand von Pupillenbewegungen messbar ist, existiert schon länger, seit 1996. Die sogenannte Task-invoked Pupillary Response ist eine fluktuierende, mit dem bloßen Auge kaum erkennbare Veränderung der Pupille. Die Ursache dafür ist Aktivität im peripheren Nervensystem. Während bei Kindern dieser Zustand relativ häufig eintritt und sie dadurch auch besonders

gut lernen können, werden viele Erwachsene – und damit auch Autofahrer – aus der Balance gebracht. Eine komplexe Situation wächst ihnen dann schnell „über den Kopf“ und sie können nicht mehr angemessen reagieren.

Im medizinischen Bereich kann man den Cognitive Workload mithilfe von Magnetresonanztomografie (MRT) und Elektroenzephalogramm (EEG) darstellen. Diese Technik ist natürlich für Fahrsicherheitssysteme nicht einsetzbar. Interessant für diesen Bereich wurden

die wissenschaftlichen Erkenntnisse vor ein paar Jahren, als sie durch einen neu entwickelten Algorithmus konkret messbar wurden. Der Cognitive Workload wird seitdem auf einer Skala von 0 bis 1 dargestellt, wobei 0 eine niedrige Belastung und 1 eine hohe Belastung darstellt. Diese Skala heißt Index of Cognitive Activity (ICA).

Eine der größten Herausforderungen für eine verlässliche Messung ist das Licht. Die Intensität des Lichteinfalls verändert die Größe der Pupillen, und

zwar in weit größerem Maße, als dies der Cognitive Workload tut. Dass Menschen beispielsweise bei strahlendem Sonnenschein kleine Pupillen haben, lässt sich mühelos mit dem bloßen Auge erkennen. Allerdings passt sich die Pupille einem Lichtreflex relativ langsam an und benötigt dafür etwa 0,5 s. Die Fluktuation der Pupille aufgrund von High Cognitive Workload findet schneller statt. Den Effekt des Lichts oder anderer Filter kann man seit einigen Jahren durch komplexe Filterung und Signalverarbeitung herausrechnen.

HIGH COGNITIVE WORKLOAD IM DMS-SYSTEM UMGESETZT

Genau dies tut auch das neu entwickelte Pupil-Based-Driver-Monitoring-System. Dieses basiert auf einer Kamera, die mit Infrarot die Veränderungen des Pupillendurchmessers einfängt. Die neue Technik ersetzt die andernfalls notwendigen, komplexen Sensoren, die in den Fahrersitz und das Lenkrad eingebaut sind, oder biometrische Sensoren, die physischen Kontakt mit dem Fahrer benötigen. Stattdessen benötigt das Pupil-Based-Driver-Monitoring-System nur eine kleine, nicht störende Kamera. Diese ist momentan in der Nähe des Lenkrads am Armaturenbrett befestigt, um die Augen des Fahrers im Blick zu haben, **BILD 1**. Während 95 % der Fahrzeit kann sie die Augen des Fahrers zuverlässig lokalisieren und die Pupillenveränderungen überwachen. Diese

Rate reicht völlig aus, um eine Veränderung des Cognitive Workloads zu erkennen und somit den Fahrer zuverlässig während seiner Fahrt zu überwachen. Nachdem es bei dieser Position jedoch vorkommen kann, dass der Fahrer die Kamera bei manchen Bewegungen verdeckt, wird die Kamera in Zukunft eventuell in einem anderen Winkel angebracht, beispielsweise diagonal an der Seite, um noch bessere Ergebnisse zu liefern. Auch von Brillen, Kontaktlinsen oder Sonnenbrillen – solange sie nicht extra verspiegelt sind – lässt sich das System nicht verwirren und liefert richtige Berechnungen.

Im derzeitigen Prototypenstatus finden die Bestimmung des High Cognitive Workloads und die Umrechnung in einen Wert zwischen 0 und 1 noch mithilfe eines PCs statt. Innerhalb der nächsten Monate werden diese Berechnungen jedoch direkt in das DMS-System integriert. Dann ist das Pupil-Based-Driver-Monitoring-System so weit vereinfacht, dass es sich in Harman's Connected Car Platform integrieren lässt.

Die bis jetzt separaten verschiedenen Anwendungsdomains werden in Zukunft in eine neue holistische Automotive Computing Plattform integriert – „Harman's Life-Enhancing Intelligent Vehicle Solution“ (LIVS). Diese wurde erst kürzlich auf der Consumer Electronics Show (CES) in Las Vegas vorgestellt. LIVS integriert alle Funktionen in einer Plattform, und ist für den Fahrer sehr intuitiv zu bedienen. Dazu gehört auch

das Embedded Infotainment, in welches das DMS-System eingebettet wird.

Diese skalierbare Plattform bietet für die Automobilhersteller verschiedene Betriebssysteme und Softwareumgebungen (unter anderem QNX, Genivi, Linux, Android, HTML5) – und hat die Möglichkeit, um weitere Anwendungen und Software-Updates erweitert zu werden. Des Weiteren bietet die Plattform volle externe und interne Konnektivität, mit Mirroring, Bluetooth, WiFi, LTE- und sogar V2X-Lösungen. Somit ist sichergestellt, dass die neue DMS-Lösung leicht als Add-on im oberen Auto-Segment integrierbar ist. Die Möglichkeiten der Konnektivität sind für das Pupil-Based-Driver-Monitoring-System ebenfalls interessant, wie man im unten erläuterten Anwendungsszenario sehen kann.

Als weitere Fortentwicklung ist denkbar, dass die Datenverarbeitung direkt in die Kamera integriert wird: Die Verarbeitung wird dann auf einem Chip nahe der Kamera stattfinden, sodass alles in einem kompakten Gehäuse integriert werden kann, was nicht viel größer sein wird als die eigentliche Kamera. Somit wäre die Lösung auch mobil einsetzbar, und könnte in einem späteren Stadium wie ein GPS-System flexibel in verschiedenen Autos verwendet werden.

DAS AUTO WIRD AUFMERKSAM, WENN DER FAHRER ES NICHT IST

Die einfache, nahtlose Integration in das Embedded-Infotainment-System ist eine

BILD 1 Das Pupil-Based-Driver-Monitoring-System ist nur eine kleine, nicht störende Kamera; diese ist momentan in der Nähe des Lenkrads am Armaturenbrett befestigt, um die Augen des Fahrers im Blick zu haben (© Harman)



Voraussetzung für eine zukünftige flächendeckende Anwendung des DMS. Ein weiterer wichtiger Aspekt betrifft die Reaktionen des Systems. Wenn das Pupil-Based-Driver-Monitoring-System feststellt, dass der Fahrer einer hohen kognitiven Belastung ausgesetzt ist – was kann getan werden, um diese zu verringern? Wenn jemand mit den Gedanken abschweift, ist es am besten, wenn man ihm hilft, sich zu fokussieren.

Mit der neuen Verbindung zwischen dem Pupil-Based-Driver-Monitoring-System und der dynamischen Anpassung des Fahrsystems ist dies jetzt möglich: Normalerweise ist eine Kollisionswarnung als Teil des Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) mit anderen Verkehrsteilnehmern so programmiert, dass sie ein Warnsignal gibt, wenn das andere Auto 2 bis 3 s entfernt ist. Bei einer hohen kognitiven Belastung wird dies künftig angepasst und etwa auf 4 s erhöht. Das ADAS könnte außerdem zusätzlich eine langsamere Geschwindigkeit vorschlagen oder bei passender Straßenlage auch selbst einleiten. Innerhalb des Fahrzeuges passt sich das User Interface automatisch an und reduziert die Elemente im Dashboard um visuelle Elemente, sodass nur das Nötigste angezeigt wird. Auch könnte das Mobiltelefon in Stand-by geschaltet werden. Kurzum: Das Auto selbst wird aufmerksamer, wenn der Fahrer es gerade nicht ist.

Warum erhält der Fahrer aber nicht einfach eine Warnung, dass er gerade zu sehr unter Druck ist? Dies wäre psychologisch gesehen kontraproduktiv. Jeder, der einmal unter Stress versucht hat, sich auf Befehl zu entspannen, weiß, wie unmöglich das ist.

VERBINDUNG MIT ANDEREN DMS-SYSTEMEN

Vielleicht steht der Fahrer zwar nicht unter hoher kognitiver Belastung, sieht aber nicht auf die Straße, weil er gerade sein Handy auf dem Beifahrersitz sucht. Es gibt viele Gründe, warum Menschen im Straßenverkehr Fehler machen – der Effekt ist leider oft der gleiche: Fahrfehler oder im schlimmsten Fall Unfälle. In intelligent vernetzten Auto können mehrere Warnsysteme miteinander kombiniert werden, beispielsweise das vom Pupil-Based-Driver-Monitoring-System verwendete Messen des Pupillen-Durchmessers, das „normale“ Eye Gaze Tra-

cking (sieht der Fahrer gerade auf die Straße oder nicht?) und beispielsweise auch ein System, das die emotionale Erregung eines Fahrers misst. Wer sich gerade schrecklich ärgert oder den Tränen nahe ist, sollte genauso eine Fahrpause einlegen wie jemand, der sehr müde ist.

EINBEZIEHEN DER VERKEHRSLAGE

Der Fahrer ist eine sehr wichtige Komponente für Fahrsicherheit – aber nicht die einzige. Neben einem Auto, das mit smarten Warnsystemen ausgestattet ist, zählt natürlich auch das Verkehrsumfeld. Dieses lässt sich in drei Bereiche einteilen: den Innenraum des Autos, den direkten Verkehr in unmittelbarer Nähe und das gesamte Verkehrsgeschehen im erweiterten Umfeld. Die ersten beiden Bereiche werden vom Pupil-Based-Driver-Monitoring-System heute bereits abgedeckt. Auch für das erweiterte Verkehrsgeschehen gibt es bereits

zukünftige Anwenderszenarien: Mit Geopositioning könnte festgestellt werden, welcher vorausliegende Straßenabschnitt besonders herausfordernd ist. Sei es Stau, eine Baustelle oder einfach eine komplizierte, kurvenreiche Streckenführung – all diese Faktoren würden einen Fahrer mit High Cognitive Workload zusätzlich belasten. Das Navigationsgerät könnte dann dem Fahrer eine andere, einfachere Streckenführung vorschlagen, wenn es mit den Daten aus dem Pupil-Based-Driver-Monitoring-System in Verbindung steht.

P2P-VERBINDUNG ZWISCHEN AUTOS

Ein anderes Szenario geht noch einen Schritt weiter: Ein Peer-to-Peer-Netzwerk (P2P Connection) bezeichnet die gleichberechtigte Kommunikation unter Rechnern. Auch Autos mit smarter Technologie können miteinander kommunizieren – in diesem Kontext sind sie ja



SILVER

BRINGS CODE TO LIFE

Macht Entwicklung direkt erfahrbar

Von Fahrversuch, Prüfstand und HiL verlagern Sie mit **SILVER** Aufgaben einfach auf Windows-PCs. Ihr Steuergerätecode wird automatisiert portiert und Sie erhalten ein virtuelles Steuergerät, mit dem Sie das simulierte Fahrzeug auf dem PC fahren können. Durch die direkte Erlebbarkeit Ihres Codes werden die Entwicklungszyklen extrem verkürzt. Und – wann steigen Sie bei **SILVER** ein?



BILD 2 Der einzige Fokus sind die Pupillen des Fahrers; die einzigen, wenn auch sehr wichtigen und komplex berechneten Daten ergeben einen Wert zwischen 0 und 1 (© Harman)

nichts anderes als Rechner auf vier Rädern. Auch wenn das momentan noch Zukunftsvision ist: Die DMS-Systeme aller Autos, die sich gerade auf einem Straßenabschnitt befinden, könnten Informationen miteinander austauschen. Welche Fahrer sind gerade kognitiv belastet, müde oder unaufmerksam? Befinden sich mehrere dieser Fahrer in einem bestimmten Radius, sodass hier erhöhte Gefahr droht? Die ADAS-Systeme könnten dann entsprechend reagieren. Von diesem Szenario zum intelligenten, selbstfahrenden Auto ist es nicht mehr weit. Dennoch wäre das bereits mit heutiger Technik realisierbar – die relevanten Daten können in die Cloud geladen und dort statistisch verarbeitet werden. Für ein solches Szenario müssten allerdings ausreichend viele Autos mit DMS-Systemen der neuesten Generation ausgestattet sein.

KEIN BIG-BROTHER-SZENARIO

Außerdem wäre es dafür noch eine ganz andere Hürde zu überwinden: Gerade in Deutschland werden solche Szenarien oft mit „Big Brother“ gleichgesetzt und der Angst vor einer unkontrollierbaren Datenspur, die man online hinterlässt. In diesem Fall ist die Furcht jedoch unbegründet, da Daten des Pupil-Based-

Driver-Monitoring-Systems nur anonymisiert in der Cloud verwendet würden. Des Weiteren „beobachtet“ die Kamera nicht den Fahrer oder hat die Möglichkeit, Bilder vom Auto-Innenraum zu senden. Der einzige Fokus – im wahren Sinne des Wortes – sind die Pupillen des Fahrers. Die einzigen – wenn auch sehr wichtigen und komplex berechneten – Daten ergeben einen Wert zwischen 0 und 1, **BILD 2**. Die Kamera des Pupil-Based-Driver-Monitoring-Systems hat überhaupt nicht die Möglichkeiten zur Überwachung, dafür aber die Möglichkeit, mittelbar Unfälle zu verhindern. Aktuell sendet das Pupil-Based-Driver-Monitoring-System außerdem überhaupt keine Daten in die Cloud oder speichert Bilddaten, die gesamte Berechnung findet lokal statt.

SEMIAUTONOMES FAHREN WIRD SEHR GESCHÄTZT

Die immer smarter werdenden DMS- und ADAS-Systeme sind Schritte auf einem Weg, der schließlich zu selbstfahrenden Autos führt. Laut einer aktuellen Studie der puls Marktforschung GmbH äußert zwar fast jeder zweite Befragte Skepsis beim Thema autonomes Fahren. Jedoch ist der Anteil der Befürworter im Vergleich zum Jahr 2012 von 22 auf 32 %

gestiegen. Weit größer ist die Akzeptanz bereits für das semiautonome Fahren: Dieses bevorzugen 43 %, während 49 % für das herkömmliche Fahren sind. Dies zeigt, dass intelligente DMS- und ADAS-Systeme bereits viele Befürworter haben, die die Vorteile zu schätzen wissen.

Wer die Vorteile schätzt, muss sie allerdings zuerst kennen und ausprobieren: Laut einer anderen Studie, dem „2015 Drive Report“ von J. D. Power, für die Autokäufer in den USA befragt wurden, haben 20 % der Neuwagenkäufer die Hälfte der Funktionen noch nie ausprobiert. Allerdings unterscheiden die Autofahrer zwischen Ad-ons aus verschiedenen Bereichen. Der Toter-Winkel-Warner, der Spurassistent oder die Kollisionswarnung wird durchaus favorisiert. Wie oft bei neuen Technologien ist also auch hier Information gefragt, in diesem Fall durch Autohändler und Medien. Je mehr sich smarte DMS-Systeme durchsetzen, desto sicherer wird Autofahren.

LITERATURHINWEISE

- [1] Sweller, J.: Cognitive load during problem solving: Effects on learning. In: Cognitive Science 12 (Juni 1988)
- [2] Granholm, E.; Ranholm, E.; Anholm, E.; Asarnow, R. F.; Sarkin, A.; Andrew, J.; Dykes, K. L.: Pupillary responses index cognitive resource limitations. In: Psychophysiology 33 (Juli 1996)
- [3] Method and apparatus for eye tracking and monitoring pupil dilation to evaluate cognitive activity. Online: <http://www.google.com/patents/US6090051>
- [4] Marshall, S.: The index of cognitive activity: Measuring cognitive workload. In: Proc. 7th Conference on Human factors and power plants, (2002), S. 7-5
- [5] Puls-Marktforschung: Autonomes Fahren „Guck mal – freihändig“, 2015
- [6] Golem.de: Autokäufer nutzen Assistenzsysteme oft nicht. Online: <http://www.golem.de/news/studie-autokaeufer-nutzen-assistenzsysteme-oft-nicht-1508-115977.html>



READ THE ENGLISH E-MAGAZINE
 Test now for 30 days free of charge:
www.ATZelektronik-worldwide.com