

# Aktuelle Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme \*

Paul Pasler  
Reutlingen University  
Paul.Pasler@student.Reutlingen-  
University.DE

## Abstract

Mit Fortschreiten der Technik, verbreiten sich Fahrerassistenzsystemen immer weiter. Auch die Müdigkeitserkennung ist ein solches System. In einem kurzen Überblick, wird die Funktionsweise und verschiedene Umsetzungen von Systemen zur Müdigkeitserkennung vorgestellt. Der Ansatz Erkennung mit Body-Sensorik wird auf seine Umsetzbarkeit im Simulationsumfeld der Reutlingen University evaluiert.

## Schlüsselwörter

Advanced Driver Assistance System (ADAS), Fahrerassistenzsystem, Müdigkeitserkennung

## CR-Kategorien

A.0 [ACM]: Experimentation

## 1 Einleitung

Fristeten Fahrerassistenzsysteme vor wenigen Jahren ein Nischendasein in Oberklassewagen, werden sie immer günstiger und beliebter. So halten sie auch in Mittel- und Kleinwagen Einzug und helfen bei der Vermeidung schwerer Unfälle. Einen Überblick zur aktuellen Entwicklung bei Fahrerassistenzsystemen gibt es in Abschnitt 1.1.

Um ein neues System auszuprobieren, set-

zen Automobilhersteller, wie auch Wissenschaftler, auf Tests in einem Simulator (unter Laborbedingungen), bevor es in echte Fahrzeuge integriert werden. Eine solche Simulationsumgebung, wie sie an der Reutlingen University genutzt wird, wird in Abschnitt 1.3 vorgestellt.

In der vorgestellten Arbeit wird die Müdigkeitserkennung als Vertreter eines Fahrerassistenzsystems näher beleuchtet und verschiedene Umsetzungsvorschläge gegenübergestellt (Kapitel 2). In Kapitel 3 wird ein solches System mit Körpersensoren (EEG, EKG) evaluiert und im Simulationsumfeld der Reutlingen University getestet. Eine Zusammenfassung und weitere Schritte werden in Kapitel 4 beschrieben.

## 1.1 Fahrerassistenzsysteme

- Studie zu Unfällen - [6]

Fahrerassistenzsysteme bieten dem Fahrer zum einen ein Komfortplus oder erhöhen die Sicherheit beim Fahren. So führen Einparkassistent, Geschwindigkeitsregelanlage oder Navigation zu deutlich entspannterem Fahren. Spurhalte-, Spurwechsel- oder Notbremsassistent wiederum unterstützen bei potentiell gefährlichen Manövern. Auch die Müdigkeitserkennung fällt in die zweite Kategorie (mehr dazu in Kapitel 2).

## Überblick und Klassifizierung

Fahrerassistenzsysteme bieten dem Fahrer zum einen ein Komfortplus oder erhöhen die Sicherheit beim Fahren. So führen Einparkassistent, Tempomat oder Navigation zu deutlich entspannterem Fahren. Spurhalte-, Spurwechsel- oder Notbremsassistent wie-

---

Betreuer Hochschule: Prof. Dr. Martinez  
Hochschule Reutlingen  
Natividad.Martinez@Reutlingen-  
University.de

Informatics Inside 2015 II  
Wissenschaftliche Vertiefungskonferenz  
18. November 2015, Hochschule Reutlingen  
©2015 Paul Pasler

derum unterstützen bei potentiell gefährlichen Manövern. Auch die Müdigkeitserkennung fällt in die zweite Kategorie (mehr dazu in Kapitel 2).

Kompaß [10] unterteilt Fahrerassistenzsysteme, gemessen an der Reaktionszeit, in Planung, Führung und Stabilisierung. Hierbei fällt beispielsweise Navigation in die Planungsebene, da die Berechnung der Route mit unter mehrere Minuten brauchen kann. Auf Führungsebene werden dem Fahrer Empfehlungen und Warnungen innerhalb weniger Sekunden mitgeteilt, auf die er dann reagieren kann. Greift das System selbständig in den Fahrprozess ein, muss dies meist innerhalb von Millisekunden geschehen und dient oftmals zur Stabilisierungen, wie beispielsweise bei einem Fahrdynamik-Regelsystem.

### **Rückmeldung**

Ein Fahrerassistenzsystem kann auf verschiedenste Arten mit dem Fahrer kommunizieren. Es handelt sich um eine klassische HCI-Schnittstelle. Am gebräuchlichsten, auch für sonstige Warnungen, sind schon seit längerem Optische und Akustische Signale. Aber auch Vibrationen in Lenkrad und Sitz zeigen gute Ergebnisse, wenn zwischen Signal und Nachricht ein Zusammenhang besteht (Bspw. Vibriert das Lenkrad bei verlassen der Spur). [2] beschreibt hierzu die verschiedenen Anwendungsgebiete und Unterschiede.

### **Systeme**

Jeder Automobilhersteller entwickelt mittlerweile seine eigenen Fahrerassistenzsysteme. Datenerhebung (Sensoren), Berechnung und Kommunikation werden vom Fahrzeug selbst durchgeführt. Durch die Abschottung des Fahrzeugs sind Fahrzeugdaten nicht öffentlich zugänglich und können nur schwer von Außenstehenden genutzt werden.

Für wissenschaftliche Arbeiten bleibt entweder eine Kooperation mit Automobilherstellern oder das Ausweichen auf andere Devices, wie ein Smartphone und die Nutzung von Daten aus dem Internet (beispielswei-

se Kartendienste). Chen [4] und You [20] verfolgten diesen Ansatz. Smartphone bieten durch ihren hohen Verbreitungsgrad eine günstige Alternative zu eingebauten Systemen, können jedoch nicht auf Daten des Fahrzeugs zugreifen und müssen einfache Daten, wie beispielsweise Geschwindigkeit, selbst berechnen.

## **1.2 Körpersensoren: EEG, EKG**

Körpersensoren messen verschiedenste Werte eines lebenden Körpers, wie den Puls, Temperatur oder Hirnwellen. Meistens werden sie direkt am oder im Körper eingesetzt.

Bei der Elektroenzephalografie (EEG) werden Elektroden auf der Kopfhaut angebracht und damit die Aktivität des Gehirns gemessen. Sie wird in der Medizin für die Diagnose von Epilepsie oder bei Koma-patienten eingesetzt. Zudem findet sie in Schlaflabors Anwendung, um verschiedene Schlafphasen zu erfassen. Der Zusammenhang von Schlaf und Hirnaktivität kann auch bei der Müdigkeitserkennung in Fahrzeugen genutzt werden, um beispielsweise ein drohenden Sekundenschlaf zu erkennen [14].

Das Elektrokardiogramm (EKG) misst die Herzspannungskurve und stellt die Aktivität des Herzmuskels dar. So lassen sich vielfältige Aussagen über den Zustand des Herzens machen. Weiterhin können Herzrhythmus und -frequenz Hinweise auf eine einfallende Müdigkeit des Fahrers geben.

## **1.3 Simulationsumgebung**

- Aufbau des Simulators
- Technische Kommunikation im Fahrzeug / Simulator [11]

## **2 Systeme zur Müdigkeitserkennung**

Müdigkeit senkt die Konzentrationsfähigkeit des Fahrers und kann zu einer erhöhten Reaktionszeit und Fehleinschätzungen führen,

wie es unter anderem der Deutscher Verkehrssicherheitsrat in einem Beschluss von 2009 [5] feststellt. Ursachen können wenig Schlaf, lange Fahrzeiten, Medikamente oder Alkohol sein. Die Müdigkeitserkennung versucht an Hand verschiedener Daten und Sensoren, frühzeitig zu erkennen, ob der Fahrer gerade Anzeichen einer bevorstehenden Müdigkeit zeigt und empfiehlt eine Pause. Dabei soll nicht nur während Micro- oder Sekundenschlaf, sondern schon früher gewarnt werden.

### **Überblick und Klassifizierung**

Die Erkennung von Müdigkeit kann auf ganz verschiedene Arten gelöst werden. Ein Ansatz versucht über Körpersignale herauszufinden, ob eine Müdigkeit bevorsteht. Wohingegen mit der Analyse des Fahrverhaltens das Selbe mit Sensoren an und im Auto realisiert wird. Bei der Erkennung über Körpersignale, können wiederum Körpersensoren oder Computer-Vision-Techniken zur Überwachung des Fahrers genutzt werden. Zu unterscheiden ist weiterhin die physische und psychische Müdigkeit, welche sich jedoch beide negativ auf die Fähigkeiten des Fahrers auswirken. Alle Verfahren, die auf Sensoren am Körper, die extra angezogen werden (bspw. ein Pulsmesser am Ohr, EEG) werden als invasive Verfahren bezeichnet.

Allen System gemein ist die Nutzung von Klassifizierungs- bzw. Machine-Learning-Algorithmen. Die gesammelten Daten geben nur Hinweise und sind kein Garant für eine Erkennung von Müdigkeit. Müdigkeitserkennungssysteme wandeln hier auf einem schmalen Grad, da es zum einen um die Verhinderung schwerer Unfälle geht, zum anderen aber ein falsch auslösendes System die Akzeptanz vermindert und im schlimmsten Fall zu einer Deaktivierung führt. Um falsche Erkennungen weiter zu minimieren, werden oftmals mehrere Ansätze kombiniert.

In der Praxis setzen Automobilhersteller wie Daimler [1] und Volkswagen, sowie Automobilzulieferer wie Bosch [7] auf die Analyse des Fahrverhaltens. Insbesondere

Spurhalten und ruckartiges Gegenlenken scheinen ein signifikantes Indiz für beginnende Übermüdung zu sein. Weiterhin sind externe Geräte und einige Apps für Smartphones erhältlich.

### **Stand der Technik**

Wie bereits erwähnt, existieren verschiedene Vorgehen, für die Müdigkeitserkennung im Fahrzeug. Ansätze mit Körpersensoren liefern gute Ergebnisse, müssen jedoch am Körper angebracht werden, was zu einer Beeinträchtigung führen kann.

Bunde and Banerjee [3] zeigten, dass Müdigkeit über die elektrodermale Hautreaktion und Pulsoxymetrie erkannt werden kann. Die elektrodermale Hautreaktion (galvanische Hautreaktion, GSR) misst hierbei die Hautleitfähigkeit und hängt mit der Schweißproduktion zusammen. Bei der Pulsoxymetrie kann, durch ein optische Verfahren, die Sauerstoffsättigung des Blutes gemessen werden. In diesem Fall bedeutet eine geringere Sättigung ein erhöhtes Müdigkeitsgefühl. Diese Werte werden durch Körpersensoren ermittelt und werden mit einem Multi Layer Perceptron (MLP) klassifiziert. Interessant ist zudem der Einsatz von sogenannten Smart-Clothes (E-textiles), welche die Sensoren in der Kleidung eingearbeitet haben und somit zu ein Non-Inversiven Ansatz führen.

Park et al. [12] beschränken sich in ihrer Arbeit auf die Analyse der Pulswelle durch Photoplethysmography (PPG), mit einem eingebauten Sensor am Lenkrad. Dies stellt schon ein größeren Eingriff in die Umgebung des Fahrzeugs dar, als es im Abschnitt zuvor der Fall war. Die Daten der PPG werden mit einer Support Vector Maschine eingeordnet. Es zeigte sich, dass die Ausschlagshöhe des Puls in gute Mittel für die Erkennung von Müdigkeit darstellt. Um die Ergebnisse zu verbessern, wurde die entwickelte Software mit einem zuvor entwickelten visuellen System zur Kopfbewegung gekoppelt.

Neben den Ansätzen mit Körpersensoren, existieren weitere Ansätze die mit Hilfe von Kameras den Fahrer und die Straße beobachten. Zhang et al. [21] stellen hierzu eine Applikation mit der Verbindung eines Farb- und Tiefenbildes vor. Mit Hilfe einer Microsoft Kinect werden sowohl die Kopfpose, als auch die Augenstatus bestimmt. Um das System robuster zu gestalten, wird aus dem Farbbild, zusätzlich zum Vorhandenen, das Tiefenbild berechnet.

Mit der CarSafe App entwickelten You et al. [20] ein visuelles System zur Überwachung des Fahrers und der Straße. Hierfür genügt ein aktuelles Smartphone. Die App deckt hierbei neben der Müdigkeitserkennung auch andere Gefahrensituation (beispielsweise zu dicht Auffahren) ab. Es werden eine Analyse des Fahrers (Kopfpose und Augenstatus), sowie der Fahrweise kombiniert und der Fahrer gewarnt. Kamerabasierte Systeme sind angenehm für den Fahrer, da er keine weitere Hardware (Sensoren) installieren muss. Jedoch ist eine Kamera optischen Grenzen unterworfen, was den Einsatz bei Nacht oder schlechtem Wetter erschwert. Für eine Müdigkeitserkennung mit Smartphone, aber ohne Kameraeinsatz, könnte beispielsweise die App V-Sense [4] genutzt werden, da sie lediglich eingebaute Sensoren nutzt.

TODO EEG

Subasi [16]

Wilson [19]

Khalifa [9]

Vuckvic [18]

Huang [15]

Johnson et. al [8] nutzen EEG.

Lin et al. [17] Ronzhina et al. [13] evaluieren den Flicker-Fusion Test

### 3 Evaluation einer Müdigkeitserkennung im Simulationsumfeld

- Unterschiede / Einschränkungen echtes Fahrzeug / Simulator

- Versuchsaufbau
- Ergebnis / Evtl. Prototyp

## 4 Fazit

- Weitere Schritte

## Literatur

- [1] D. AG. Attention assist, 2008. Available at <http://media.daimler.com/dcmedia/0-921-658892-49-1147698-1-0-0-0-0-1-117.html>, accessed: 2015-08-13.
- [2] E. Bertoldi and L. Filgueiras. Multimodal advanced driver assistance systems: An overview. In *Proceedings of the 2Nd International Workshop on Multimodal Interfaces for Automotive Applications*, MIAA '10, pages 2–5, New York, NY, USA, 2010. ACM.
- [3] M. M. Bundeled and R. Banerjee. Detection of fatigue of vehicular driver using skin conductance and oximetry pulse: A neural network approach. In *Proceedings of the 11th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services*, iiWAS '09, pages 739–744, New York, NY, USA, 2009. ACM.
- [4] D. Chen, K.-T. Cho, S. Han, Z. Jin, and K. G. Shin. Invisible sensing of vehicle steering with smartphones. In *Proceedings of the 13th Annual International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services*, MobiSys '15, pages 1–13, New York, NY, USA, 2015. ACM.
- [5] D. V. e. V. Müdigkeit im straßenverkehr, 2009. Available at [http://www.dvr.de/dvr/vorstandsbeschluesse/vm-ft\\_muedigkeit.htm](http://www.dvr.de/dvr/vorstandsbeschluesse/vm-ft_muedigkeit.htm), accessed: 2015-08-13.
- [6] M. Feld, C. A. Müller, and T. Schwartz. 2nd multimodal interfaces for automotive applications (miaa 2010). In *Proceedings of the 15th International Conference on Intelligent User Interfaces*,

IUI '10, pages 441–442, New York, NY, USA, 2010. ACM.

- [7] R. B. GmbH. Bosch driver drowsiness detection, 2012. Available at <http://www.bosch-presse.de/presseforum/details.htm?txtID=5037>, accessed: 2015-08-13.
- [8] R. R. Johnson, D. P. Popovic, R. E. Olmstead, M. Stikic, D. J. Levendowski, and C. Berka. Drowsiness/alertness algorithm development and validation using synchronized EEG and cognitive performance to individualize a generalized model. *Biological psychology*, 87(2):241–250, May 2011.
- [9] K. Khalifa, M. Bedoui, R. Raytchev, and M. Dogui. A portable device for alertness detection. In *Microtechnologies in Medicine and Biology, 1st Annual International Conference On. 2000*, pages 584–586, 2000.
- [10] K. Kompaß. Fahrerassistenzsysteme der zukunft – auf dem weg zum autonomen pkw? In V. Schindler, editor, *Forschung für das Auto von Morgen*, pages 261–285. Springer Berlin Heidelberg, 2008.
- [11] D.-I. E. Mayer. Serielle bussysteme im automobil, 2008. Online verfügbar unter <http://vector.com/portal/medien/cmc/press/PressReport-SerielleBussysteme-DE.pdf>; Besucht am 21.07.2015.
- [12] H. Park, S. Oh, and M. Hahn. Drowsy driving detection based on human pulse wave by photoplethysmography signal processing. In *Proceedings of the 3rd International Universal Communication Symposium, IUCS '09*, pages 89–92, New York, NY, USA, 2009. ACM.
- [13] M. Ronzhina, K. Bubnik, M. Gajdos, J. Kolarova, P. Honzik, and I. Provaznik. Use of eeg for validation of flicker-fusion test. In *Proceedings of the 4th International Symposium on Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologies, ISABEL '11*, pages 35:1–35:5, New York, NY, USA, 2011. ACM.
- [14] e. a. Santamaria J. The eeg of drowsiness in normal adults. *j clin neurophysiol.*, 1987.
- [15] R. S.Huang, C. Kuo, L.-L. Tsai, and O.-C. Chen. Eeg pattern recognition-arousal states detection and classification. In *Neural Networks, 1996., IEEE International Conference on*, volume 2, pages 641–646 vol.2, Jun 1996.
- [16] A. Subasi. Automatic recognition of alertness level from eeg by using neural network and wavelet coefficients. *Expert Syst. Appl.*, 28(4):701–711, May 2005.
- [17] C. teng Lin, R. cheng Wu, S. fu Liang, W. hung Chao, Y. jie Chen, and T. ping Jung. Eeg-based drowsiness estimation for safety driving using independent component analysis. *IEEE Trans. Circuits Syst. I, Reg. Papers*, pages 2726–2738, 2005.
- [18] A. Vuckovic, V. Radivojevic, A. C. Chen, and D. Popovic. Automatic recognition of alertness and drowsiness from {EEG} by an artificial neural network. *Medical Engineering & Physics*, 24(5):349 – 360, 2002.
- [19] B. Wilson and T. Bracewell. Alertness monitor using neural networks for eeg analysis. In *Neural Networks for Signal Processing X, 2000. Proceedings of the 2000 IEEE Signal Processing Society Workshop*, volume 2, pages 814–820 vol.2, 2000.
- [20] C.-W. You, N. D. Lane, F. Chen, R. Wang, Z. Chen, T. J. Bao, M. Montes-de Oca, Y. Cheng, M. Lin, L. Torresani, and A. T. Campbell. Carsafe app: Alerting drowsy and distracted drivers using dual cameras on smartphones. In *Proceeding of the*

*11th Annual International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services*, MobiSys '13, pages 13–26, New York, NY, USA, 2013. ACM.

- [21] L. Zhang, F. Liu, and J. Tang. Real-time system for driver fatigue detection by rgb-d camera. *ACM Trans. Intell. Syst. Technol.*, 6(2):22:1–22:17, Mar. 2015.