

# **Gestaltung eines Notfallassistenzsystems bei medizinisch bedingter Fahruntfähigkeit**

Dipl.-Ing. Peter Mirwaldt, Dr.-Ing. Arne Bartels, Dr.-Ing. Thanh-Binh To,  
Dipl.-Ing. Patrick Pascheka

Volkswagen AG, Konzernforschung Fahrerassistenz und integrierte Sicherheit

Brieffach 17770, 38436 Wolfsburg, peter.mirwaldt@volkswagen.de

Tel.: +49-5361-896-2310, Fax: 49-5361-9530-2310

Prof. Dr.-Ing. Karsten Lemmer

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.,  
Institut für Verkehrssystemtechnik

Lilienthalplatz 7, 38118 Braunschweig

Dipl.-Ing. Robert Huhle, Prof. Dr.-Ing. habil. Hagen Malberg,  
Dr.-Ing. Sebastian Zaunseder

Technische Universität Dresden, Institut für Biomedizinische Technik

Helmholzstraße 10, 01069 Dresden

## **Zusammenfassung**

Jüngst vorgestellte Fahrerassistenzsysteme sollen den Fahrer bei medizinisch bedingter Fahruntfähigkeit durch eine automatische Fahrfunktion des Fahrzeugs unterstützen. Bekannt sind Ergebnisse zur Funktionsgestaltung des automatischen Fahrzeugs sowie bezüglich der Fahrerzustandserkennung, insbesondere im Bereich Herzschlagerkennung. Neu in diesem Beitrag ist ein Top-Down-Ansatz zur Bestimmung der im Fahrzeug potentiell auftretenden medizinischen Notfälle. Darauf aufbauend werden mögliche Biosignale zur Detektion dieser Krankheiten definiert. Speziell zur Erkennung der Herzrate wird der derzeitige Stand der Technik zu möglichen Sensoren mit der Prämisse einer kontaktlosen Anbindung im Fahrzeug vorgestellt und deren Leistungsfähigkeit evaluiert. Im zweiten Teil wird auf rechtliche Hintergründe zur Einführung eines solchen Nothalteassistenzsystems eingegangen, da das System eine Schlüsselrolle zur Einführung von vollautomatischen Fahrfunktionen einnimmt. Darauf aufbauend werden mögliche Anforderungen an die Umsetzung der Funktion abgeleitet, insbesondere hinsichtlich der Gestaltung der automatischen Fahrfunktion.

## 1. Motivation

Innovative Fahrerassistenzsysteme werden mit dem Ziel entwickelt, den Fahrer in sicherheitsrelevanten Situationen zu unterstützen, die Fahrt komfortabler zu gestalten, den Verkehrsfluss zu verbessern und das Autofahren ökologischer sowie wirtschaftlicher zu gestalten [1]. Aus Unfallstatistiken [Abbildung 1] geht hervor, dass 94% der tödlichen Verkehrsunfälle in Deutschland auf menschliche Fehleinschätzungen oder mentale Faktoren zurückzuführen sind. Während derzeit sowohl marktreife Lösungen als auch Forschungsprojekte hauptsächlich Fehleinschätzungen des Fahrers adressieren (z.B. Spurhalte-, Notbrems-, Fahrzeugstabilisierungssysteme), hat sich die Überwachung von mentalen Faktoren erst vor ein paar Jahren in Serienprodukten etabliert. Seriensysteme zur sogenannten Fahrerzustandsüberwachung beschränken sich derzeit auf die Überprüfung der Aufmerksamkeit des Fahrers [2] oder geben eine Pausenempfehlung bei Müdigkeit aus [3,4].

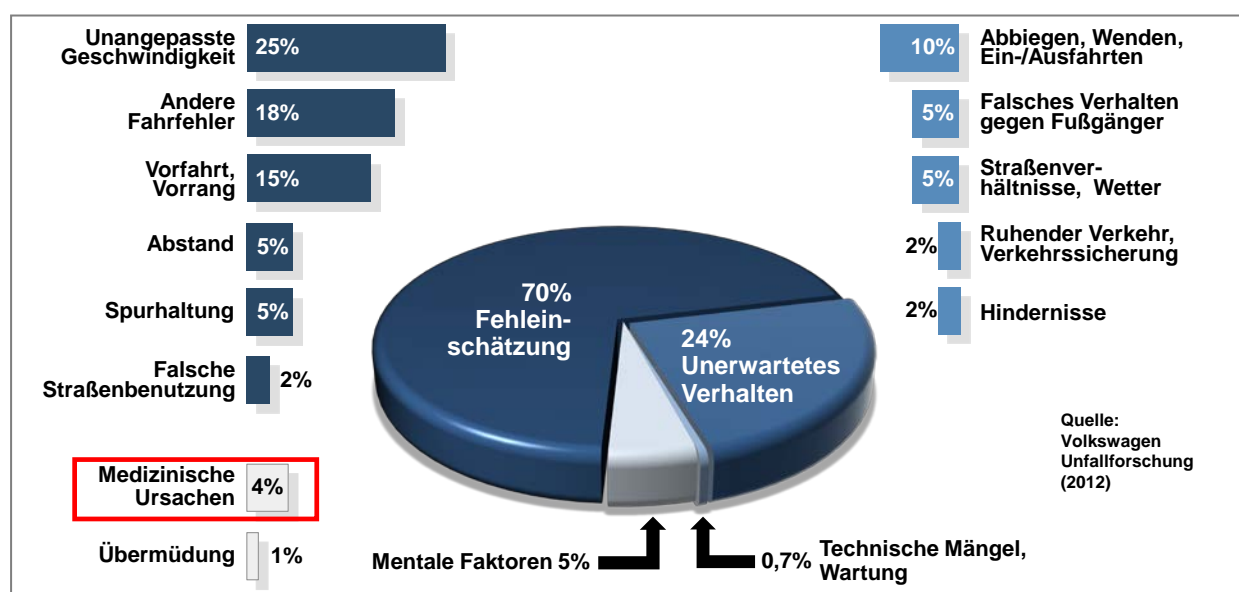


Abbildung 1: Mind. 4% aller tödlichen Unfälle in Deutschland haben medizinische Gründe [5].

Aus Abbildung 1 wird ersichtlich, dass 4% aller tödlichen Verkehrsunfälle durch medizinisch bedingte Insuffizienzen des Fahrers verursacht werden. Dies mag im Vergleich zu den anderen Unfallursachen zunächst gering erscheinen, allerdings sprechen drei Indikatoren dafür, dass aktuell und zukünftig diese Gruppe einen größeren Anteil am Gesamtunfallgeschehen ausmacht.

1. Die Dunkelziffer der durch medizinische Fahrunfähigkeit verursachten tödlichen Verkehrsunfälle ist wahrscheinlich höher, da nicht jeder Unfalltote obduziert wird. Häufig bleiben Herzinfarkte und Ohnmachtsanfälle (Synkopen) als Unfallursache unbekannt [6].
2. Betrachtet man den demographischen Wandel in Deutschland, werden im Jahr 2050 über 30% der Bevölkerung älter als 65 Jahre sein, während es 2005 ca. 19% waren [7]. Die Anzahl älterer Verkehrsteilnehmer im Straßenverkehr wird somit zunehmen womit auch eine Zunahme von medizinisch bedingten Kontrollverlusten am Steuer zu erwarten ist.

3. Die medizinische Versorgung in Deutschland wird immer besser. Somit nehmen immer mehr Menschen mit medizinischen Problemen aktiv am Straßenverkehr teil [8].

Sowohl für Privat- als auch für Berufsfahrer gilt, dass sie beim Vorliegen bestimmter kardiovaskulärer, also das Herz oder die Gefäße betreffende, Erkrankungen für eine begrenzte Zeit zur Teilnahme am Straßenverkehr nicht befugt sind. Derzeit sind herzkranken Patienten nur dann zum Führen eines Fahrzeugs berechtigt, wenn sechs Monate nach dem Erleiden der Krankheit keine Herzrhythmusstörungen verbleiben. Drastischer ist die Situation bei den geschätzten 120.000 Trägern von mobilen Defibrillatoren. Während Privatfahrer nach bis zu sechs Monaten wieder zum Führen des Fahrzeugs berechtigt sind, bleibt es Berufsfahrern gänzlich verboten [9]. Nothalteassistenzsysteme inklusive Vitaldatenüberwachung könnten in diesem Bereich Abhilfe leisten. Dabei kann ggf. sogar auf die Kommunikationsmöglichkeiten medizinischer Geräte zurückgegriffen werden, beispielsweise auf die Bluetooth-Schnittstellen bei implantierten Defibrillatoren. Die ärztliche Meldepflicht zur Fahrtauglichkeit von Patienten wird diesbezüglich ebenfalls stärker an Bedeutung gewinnen, da sich eine zunehmende Anzahl an Patienten am Rande einer Fahruntauglichkeit befinden wird [9].

Ein von den medizinischen Aspekten unabhängiger Motivator für die Entwicklung von Nothalteassistenzsystemen bei plötzlicher, medizinisch bedingter Fahruntauglichkeit ergibt sich durch die rechtliche Betrachtung von vollautomatischen Fahrfunktionen. Bei aktuellen Fahrerassistenzsystemen, wie z.B. Spurhalteassistenz oder ACC (Adaptive Cruise Control), muss der Fahrer die Funktionseingriffe der Fahrerassistenzsysteme stetig überwachen. Vollautomatische Fahrfunktionen unterscheiden sich definitionsgemäß dadurch, dass der Fahrer die Systeme nicht stetig überwachen muss und Nebentätigkeiten zugelassen werden. Wenn der Fahrer nicht mehr fahrfähig ist, kann die Überwachungsfunktion nicht mehr gewährleistet werden. Unter diesem Gesichtspunkt ergeben sich haftungs- und zulassungstechnisch neue Fragestellungen [10].

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Notfallassistenzsysteme bei medizinisch bedingter Fahruntauglichkeit aus mehreren Gründen an Bedeutung gewinnen werden. Derzeit beschäftigen sich unterschiedliche Forschungsprojekte mit einzelnen Bestandteilen, die zur Realisierung eines solchen Systems nötig sind. Diese lassen sich in folgende Bereiche untergliedern und werden in den folgenden Kapiteln genauer beschrieben:

- Fahrerzustandserkennung: Messung von Biosignalen im Fahrzeug
- Fahrfunktion: Umsetzung einer automatischen Fahrfunktion
- Recht: Klärung der rechtlichen Grundlagen zur Einführung eines Nothalteassistenzsystems

Bisher wenig betrachtet wurde die interdisziplinäre Zusammenführung dieser Bereiche zur Gesamtfunktion. Hinsichtlich der Fahrerzustandserkennung gilt es zu identifizieren, welche medizinischen Notfälle auftreten und wie sie sensorisch erfasst werden können. Für die Umsetzung einer automatischen Fahrfunktion gilt es die aus rechtlicher Sicht ableitbaren Anforderungen zu identifizieren, zumal dieses System eine Schlüsselrolle bei der Zulassungsfähigkeit von vollautomatischen Fahrfunktionen einnehmen kann.

Ziel dieser Arbeit ist es, einen Beitrag zur querschnittlichen Zusammenführung der eben genannten Schwerpunkte zur Realisierung eines Nothalteassistenzsystems zu leisten. Hierfür wird in Kapitel 2 zunächst auszugsweise auf den aktuellen Stand der Technik zu Notfallassistenzsystemen und rechtlichen Aspekten zum automatischen Fahren eingegangen. In Kapitel 3 werden Potentiale zur kontaktlosen Erkennung von medizinisch bedingter Fahruntfähigkeit eruiert und ein Einblick in verfügbare Sensoren gegeben. In Kapitel 4 wird auf die rechtlichen Aspekte für ein automatisches Notfallassistenzsystem eingegangen, woraus sich Anforderungen an die Gestaltung eines solchen Systems ableiten lassen, die in Kapitel 5 betrachtet werden. Diese beschränken sich zunächst auf das Szenario einer Autobahnfahrt. Kapitel 6 schließt diese Arbeit mit einem Fazit sowie einem Ausblick ab.

## **2. Stand der Technik zu Notfallassistenzsystemen**

Im Rahmen des BMBF geförderten Projekts SmartSenior beschäftigt sich die BMW Group Forschung und Technik mit der Umsetzung einer automatischen Fahrfunktion für Autobahnen, die das Fahrzeug automatisch auf den Standstreifen befördern soll, sobald der medizinische Notfall einmal erkannt wurde [11]. Dazu wurde ein Ansatz vorgestellt, wie eine geeignete Funktionsarchitektur hinsichtlich Entscheidungsfindung, Bahnplanung und -regelung aussehen kann. Im Rahmen desselben Projekts wurde außerdem untersucht, wie nachfolgende Verkehrsteilnehmer zu einem kooperativen Verhalten auf Autobahnen motiviert werden können. Ziel der Studie war es, durch gezielte Warnelemente Lücken neben dem Fahrzeug mit medizinischem Notfall zu vergrößern, um anschließend automatisch einen Fahrstreifenwechsel durchführen zu können [12].

Im jüngst erschienenen Abschlussbericht hat sich die BASt-Projektgruppe „Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung“ bereits mit der haftungsrechtlichen Situation in unterschiedlichen Szenarien (Teil-, Voll- und Hochautomatisierung) auseinandergesetzt, als Sonderfall wurde auch der Nothalteassistent betrachtet. Dort wurde hervorgehoben, dass der verschuldensunabhängigen Haftung des Halters für die vom Fahrzeug ausgehende Betriebsgefahr eine hohe Bedeutung zukommt, da der Fahrer – sofern er seine bevorstehende Fahruntauglichkeit nicht vorhersehen müssen – mangels Verschuldens für entstehende Schäden nicht haftet. Darüber hinaus wurden die Grundsätze einer Haftung des Herstellers für Fehler in Konstruktion und Instruktion herausgestellt [10]. Aus einer Betrachtung der Einflussfaktoren auf die Betriebsgefahr sowie der Verkehrssicherungspflichten des Herstellers lassen sich Forderungen an die Systemgestaltung und -überwachung seitens des Herstellers ableiten.

## **3. Medizinisch-technische Aspekte der Erkennung von medizinischen Notfällen**

### *Ausgangssituation*

Um für ein Nothalteassistenzsystem gemäß einem Top-Down-Ansatz die geeignete Sensorik zur Erfassung des Fahrerzustandes zu identifizieren, müssen mindestens die folgenden drei Fragen beantwortet werden:

1. Welche medizinisch bedingten Notfälle, die einen Kontrollverlust des Fahrzeugführers hervorrufen, können sich im Fahrzeug ereignen?
2. An welchen Merkmalen und Symptomen kann ein medizinischer Notfall erkannt werden?

### 3. Welche im Fahrzeug integrierbaren Sensoren eignen sich für ein Nothalteassistenzsystem?

#### *Medizinisch bedingte Notfälle und deren messtechnische Erfassung*

Zur Beantwortung der Fragen in medizinisch relevanten Situationen gilt es zunächst den Anteil an medizinisch bedingten Unfällen mit Todesfolge anhand aktueller Studien zu spezifizieren. Eindeutige Zahlen dazu finden sich derzeit allerdings nur schwer, da die Opfer vieler Unfälle keiner Obduktion unterzogen werden [6]. Eine englische Studie aus dem Jahr 1998 hat 2000 Unfälle in Großbritannien untersucht, mit dem Ergebnis, dass 38% der Unfälle auf epileptische Anfälle zurückzuführen sind. Den zweitgrößten Anteil mit ca. 21% machen die plötzlichen Blackouts (Synkopen) aus [13]. Trotz dieser Zahlen wird darauf hingewiesen, dass Arrhythmien wahrscheinlich die Hauptursache für das Eintreten einer Fahrunfähigkeit ausmachen.

In einer weiteren Quelle aus Japan aus dem Jahr 2008 (Tabelle 1) wurden 34 Unfälle untersucht. Die Ursachen für das Versterben der Fahrzeugführer wurden anhand von Obduktionen bestimmt. Es wurde nachgewiesen, dass in 32 der 34 Unfälle kardiovaskuläre Ursachen für das Eintreten des medizinischen Notfalls ursächlich waren [6].

<b>Todesursache</b>	<b>Anzahl der Fälle</b>
Ischämische Herzerkrankungen	22
Zerebrovaskuläre Erkrankungen	5
Erkrankungen der Aorta (Aortenaneurismen)	5
Leberzirrhose	1
Lungentuberkulose	1

Tabelle 1: Medizinische Ursachen für Unfälle mit Todesfolge [6].

Insgesamt haben die Studien einen deutlich zu geringen Umfang gemein, um nur auf Basis der ermittelten Ergebnisse ein Notfallsystem zu konzipieren. Medizinisch begründete, theoretisch motivierte Betrachtungen sind aufgrund der momentanen Studienlage unerlässlich [14]. Nachfolgend werden einige Notfälle beschrieben, die aus medizinischer Expertensicht, auch in Anlehnung an die zuvor genannten Quellen, beim Führen eines Fahrzeugs am ehesten zu erwarten sind. Den Krankheiten zugeordnet werden Biosignale, mit denen sie im klinischen Umfeld diagnostiziert werden können. Tabelle 2 stellt diese Übersicht über Krankheiten und den zugeordneten Biosignalen dar und beinhaltet außerdem eine grobe Einschätzung, mit welcher Güte sich die jeweiligen Krankheiten mit diesen Signalen diagnostizieren lassen. Kardiologische Notfälle beinhalten hierbei unter anderem Herzinfarkte und Herzrhythmusstörungen.

	Kardiologische Notfälle	Epilepsie	Synkope	Zuckerschok	Schlaganfall	Nies- / Migräneanfall	Schläfrigkeit
Elektrokardiogramm (EKG)	+	(+)	+	o	(+)		(+)
Plethysmographie	+	(+)	+	o	(+)		(+)
Blutdruck	+	(+)	+	o	(+)		(+)
Elektroenzephalogramm (EEG)		+			+	o	+
Blutzuckerkonzentration				+			(+)
Hautleitwert							+
Atmung	o	(+)	(+)	o	o	o	o

Tabelle 2: Biosignale zur Detektion medizinischer Notfälle im Fahrzeug gemäß Information aktueller Studien und klinischer Einschätzungen: + gut erkennbar, (+) erkennbar, o weniger gut erkennbar.

### *Detektionsstrategien für das Auto - Beispiel Herzinfarkt*

Die in Tabelle 2 gegebene Abschätzung besitzt zunächst Relevanz für den klinischen Bereich. Im Hinblick auf eine Nutzung im Auto sind medizinisch begründete Überlegungen bezüglich der Machbarkeit unerlässlich, ggf. entsprechende Methoden zu entwickeln und zu validieren. Exemplarisch kann diesbezüglich der Umgang mit dem Herzinfarkt herangezogen werden: Gemäß einer aktuellen Studie ist dem Herzinfarkt (Bestandteil der kardiologischen Notfälle) eine besonders große Bedeutung bezüglich des Auftretens von Unfällen zuzuordnen [9].

Das Auftreten eines Herzinfarkts bzw. Ischämien (Minderversorgung des Herzmuskels mit Blut, welche als Vorläufer des Infarkts betrachtet werden kann; während Infarkte mit irreversiblen Schäden verbunden sind, können ischämische Veränderungen vollkommen reversibel sein; eine Erkennung im frühen Stadium ist daher besonders wünschenswert) wird meistens durch graduell stärker werdende Schmerzen im Brustbereich im Zeitraum von mehreren Minuten angekündigt. In der Folge des Eintretens des Infarktes kann es ferner zur Kurzatmigkeit sowie zunehmendem Schwitzen kommen. Der Herzinfarkt lässt sich, mitunter auch wenn subjektiv noch keinerlei Schmerzempfinden vorliegt (stille Ischämie), klassisch anhand von verschiedenen Änderungen in der Morphologie des EKG erkennen. Die Elektrokardiographie ist die diagnostisch wichtigste und weitverbreitetste Methode zur Herzdiagnostik. Beim traditionellen, kontaktgebundenen EKG werden auf der Körperoberfläche Potentialunterschiede gemessen, die durch die elektrische Erregungsausbreitung im Herzen hervorgerufen werden (1924, Nobelpreis der Medizin an W. Einthoven). Die Erfassung einer Ischämie anhand morphologischer Veränderungen des EKG bedarf im Allgemeinen allerdings eines mehrkanaligen, qualitativ hochwertigen EKG. Ob dies im fahrenden Auto unter vertretbarem Aufwand überhaupt gewährleistet werden kann, werden zukünftige Forschungen zeigen. Alternative Erfassungsmethoden sind für ein Fahrernotfallsystem daher von Interesse.

Durch entsprechende Schlagdetektion kann die Herzrate (HR) bestimmt werden. Diese ist die Voraussetzung für die Analyse der Herzratenvariabilität (engl. heart rate variability - HRV). Der zeitliche Verlauf der Herzrate, das Tachogramm, bildet dazu die Basis. Verschiedene Studien belegen, dass das Auftreten von Ischämien auch mit Veränderungen der Herzratenvariabilität (HRV) einhergehen [15,16]. Die Erfassung dieser ist in Anbetracht der im Auto vorliegenden, erschwerten Bedingungen wesentlich realistischer als ein zur morphologischen Analyse geeignetes EKG. Die Nutzbarkeit der HRV gegenüber der klinisch akzeptierten Nutzung des EKG stellt damit ein Thema zukünftiger medizinischer Forschungen dar.

Gerade am Herzinfarkt lassen sich so die Denkweisen erkennen, welche auch bezüglich weiterer Notfälle zu verfolgen sind: medizinisches Wissen muss im engen interdisziplinären Abgleich mit messtechnischen Möglichkeiten/Entwicklungen genutzt werden, um zu alltagstauglichen Lösungen zu kommen.

Schon heute lässt sich dabei feststellen, dass der Analyse der Herzaktivität aufgrund der zu erwartenden medizinischen Notfälle (HR und HRV spielen bezüglich verschiedener relevanter Notfälle eine große Rolle, beispielsweise sind Synkopen durch das Ausbleiben von Herzschlägen gekennzeichnet) und den messtechnischen Möglichkeiten eine zentrale Rolle zukommen wird. Dies spiegelt sich in den heute verfolgten messtechnischen Konzepten wieder, welche im Folgenden vorgestellt werden.

#### *Sensorik zur kontaktlosen Erfassung der Herzaktivität*

Im folgenden Abschnitt soll der aktuelle Stand der Messtechnik zur Aufnahme der Herzaktivität, besonders im Hinblick auf die Einsetzbarkeit im Fahrzeug, vorgestellt und bewertet werden. Als Anforderungen an eine Sensorik werden die folgenden Bedingungen gestellt:

1. Nichtinvasiv
2. kontaktlos bzw. minimal kontaktgebunden
3. Robust gegen Artefakte (besonders Bewegungen, äußere Kräfte, Umgebungslicht)

Die Entwicklung der kontaktlosen Kardiographie steht schon seit Mitte des zwanzigsten Jahrhunderts im Forschungsinteresse. Dabei wurde zunächst versucht, die Herzaktivität über mechanische Kraft- bzw. Momentensensoren zu messen (Ballistokardiographie – siehe unten). Mit der fortschreitenden Technik zur Messung elektrischer Felder wurde auch die kapazitive Messung für die Kardiographie (cEKG) bekannt, da diese potentiell eine neue Messmethode für den außerklinischen und insbesondere mobilen Einsatz darstellt [17].

Sowohl in Aachen [18] als auch in Seoul, Südkorea [19] wurden zu Forschungszwecken kapazitive Sensoren in Stühle integriert. In beiden Ausführungen wurde eine Anordnung von zwei aktiven Elektroden (in der Sitzlehne) und einer Bezugs Elektrode (in der Sitzfläche) gewählt. Während die Qualität der Ergebnisse unter idealen Bedingungen im stationären Zustand gut war, wurde die Qualität der Messungen stark durch die Kleidungsdicke der Probanden sowie deren Bewegungen auf dem Sitz beeinflusst [18]. Derartige Ergebnisse bestätigten sich auch nach der Installation des Systems in einem Fahrzeug [20].

Ein alternatives Verfahren bildet die sogenannte Ballistokardiographie (BCG). Die BCG basiert auf der indirekten Messung der durch die Herzaktivität entstehenden und auf den Körper übertragenen Kräfte. Die Blutbewegungen treten dabei besonders in longitudinaler Richtung (parallel zum Rückgrat) auf. Die resultierenden Kraftkomponenten können mittels entsprechender Beschleunigungssensoren oder Drucksensoren gemessen werden [21]. Während beim passiven Sitzen eines Rollstuhlfahrers die Detektion der Herz- und der Atmungsaktivität mit dem verwendeten Verfahren möglich ist, besteht bezüglich der Robustheit des Verfahrens (insbesondere bezüglich der Reduktion von Bewegungsartefakten) weiterer Forschungsbedarf. Durch Verwendung mehrerer Beschleunigungs- und Drucksensoren (am Fahrzeugführer und im Fahrersitz) und deren Kombination könnte eine Detektion von Bewegungen erfolgen, die anschließend zur Eliminierung der BCG-Artefakte genutzt werden kann [22].

Besonders attraktiv für die Anwendungen im Fahrzeug sind kamerabasierte Verfahren, da Innenraumkameras zur Fahrerzustandssensoren für eine Vielzahl von Anwendungen, wie z.B. der Kopfpositions- und Lidschlagerkennung, genutzt werden können [2,23]. Im Bereich der Herzschlagerkennung messen kamerabasierte Verfahren Anteile im Spektrum des vom Fahrer reflektierten Lichtes im Gesichtsbereich, deren Intensitätsänderung zur Frequenz des Herzschlags korreliert ist. Dieses Messprinzip weist ein deutlich besseres Verhalten bei Bewegung auf, hat seine Nachteile aber bei Lichtmangel sowie sich stark verändernden Lichtverhältnissen [24].

Magnetisch induktive Methoden basieren auf der Wirkung magnetischer Felder mit wechselnder Amplitude auf leitfähiges Material bzw. Gewebe (siehe auch Induktionsschleifen von Verkehrsampeln). Für die Anwendung zur Messung der Herz- bzw. Atemaktivität wird dabei ausgenutzt, dass sich das Luft- bzw. Blutvolumen im Brustbereich während eines Atemzugs und während eines Herzschlages verändert. Beide Aktivitäten zeigen aber eine unterschiedliche Charakteristik. Während Luft eine geringere Leitfähigkeit als Körpergewebe besitzt, hat Blut gegenüber dem mittleren Körpergewebe eine höhere Leitfähigkeit. Diese Änderungen der mittleren Leitfähigkeit des Brustkorbs kann durch Detektion der Wirbelstrominduktion detektiert werden. Unabhängig von der Anzahl und der Anordnung der Spulen erfordert dieses Verfahren allerdings einen hohen messtechnischen Aufwand und die die zu erwartende Störanfälligkeit besonders im Hinblick auf andere elektromagnetische Felder ist sehr groß [25].

Radarbasierte Verfahren nutzen den bei Relativbewegungen des Untersuchungsobjekts auftretenden Dopplereffekt zur Signalerkennung. Für die Anwendung von Radarstrahlen zur Überwachung der Herzfrequenz stehen im Wesentlichen zwei Möglichkeiten zur Verfügung. Dabei handelt es sich um die Nah- sowie die Fernfeldanwendung. Tavakolian et al. setzten eine Fernfeld-Anordnung zur Erkennung der Herzschlags um [26], Fletcher et al. nutzen eine Nahfeldanalyse [27]. Die Systeme erreichen zur Detektion der Herzfrequenz zunächst zufriedenstellende Resultate, allerdings wirken sich auch hierbei Bewegungen des Fahrers negativ auf die Signalqualität aus. Zudem gilt es zu prüfen, inwiefern sich radarbasierte Verfahren im Fahrzeuginnenraum im Hinblick auf die gesellschaftliche Akzeptanz realisieren lassen.

Die Elektroenzephalographie (EEG) bezeichnet die Messung von Potentialunterschieden, welche durch Hirnströme verursacht und mittels kontaktgebundener Sensorik an der Schädeldecke gemessen werden. Dazu wird eine Vielzahl von Messelektroden entweder direkt auf der Kopfhaut befestigt oder über eine



Haube appliziert. Ein Hersteller hat ein kontaktloses Verfahren entwickelt, um über EEG-Sensoren in Kopfnähe vor eintretender Müdigkeit zu warnen [28].

In Tabelle 3 sind die beschriebenen Verfahren zur kontaktlosen und minimal kontaktgebundenen Messverfahren zur Erfassung der Herzaktivität zusammengefasst. Außerdem wird ein möglicher Einbauort der Sensoren im Fahrzeug aufgezeigt. Es wird ersichtlich, dass eine Farbkamera bei mittlerer Artefaktanfälligkeit eine gute Detektierbarkeit des Herzschlags verspricht.

Sensorik	Möglicher Verbauort	Artefaktanfälligkeit	Detektierbarkeit des Herzschlags	Aufwand für Sensorik
Kapazitiv	Fahrersitz, Gurt	sehr hoch	sehr gut	mittel
Ballistokardiographisch	Fahrersitz	sehr hoch	gut	mittel
Farbkamera	Kombiinstrument	mittel	gut	mittel
Magnetisch induktiv	Fahrersitz, Gurt	sehr hoch	gut	Hoch
Radar	Fahrersitz	hoch	mittel	hoch
EEG	Fahrersitz, Gurt	?	?	hoch

Tabelle 3: Übersicht und Bewertung kontaktloser und minimal kontaktgebundener Messverfahren zur Erfassung der Herzaktivität.

#### 4. Rechtliche Einordnung von automatischen Nothalteassistenzsystemen

Im Rahmen einer rechtlichen Betrachtung automatischer Nothaltesysteme sind zwei Phasen zu unterscheiden: Erstens die Zulassung eines solchen Systems für den öffentlichen Straßenverkehr, also in aller Regel die Erteilung einer Typgenehmigung, zweitens die Haftung für Schäden, die während des Betriebes entstehen.

##### Erteilung einer EG-Typgenehmigung zur Zulassung im öffentlichen Straßenverkehr

Zur Erteilung einer EG-Typgenehmigung verweist die Fahrzeugtypgenehmigungsverordnung (FGV) über die Richtlinie 2007/46/EG auf die UN/ECE-Regelungen<sup>1</sup>. Diese definieren die technischen Anforderungen an genehmigungsfähige Systeme.

Für die Genehmigungsfähigkeit eines automatischen Nothaltesystems stellt insbesondere die ECE-R 79 (Lenkanlagen) momentan eine Hemmnis dar: Im Bereich der Fahrerassistenz-Lenkanlagen sind „korrigierende Lenkfunktionen“<sup>2</sup>, wie sie sich etwa bei Spurhalteassistenten finden, bereits genehmigungsfähig, während

<sup>1</sup> § 4 IV EG-FGV i.V.m. Art. 8 II, 10 und Anhang IV der Richtlinie 2007/46/EG.

<sup>2</sup> ECE-R 79, 2.3.4.2, Lenkfunktionen „für eine begrenzte Dauer“.

„automatische Lenkfunktionen“<sup>3</sup>, beispielsweise eine Park-Lenk-Assistenz, gegenwärtig nur im niedrigen Geschwindigkeitsbereich zulässig sind. In jedem Fall fordert die ECE-R 79 die Übersteuerbarkeit durch bewussten Eingriff des Fahrers<sup>4</sup>. Sie geht insofern konform mit dem Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr von 1968<sup>5</sup>.

Neue Technologien können jedoch gem. Art. 20 der Richtlinie 2007/46/EG auch dann zugelassen werden, wenn sie mit einzelnen UN/ECE-Regelungen unvereinbar sind. Eine Genehmigungsfähigkeit setzt den Nachweis voraus, dass die sicherheits- und umweltrelevanten Standards der entsprechenden Rechtsakte nicht unterschritten werden<sup>6</sup>. In solchen Fällen ist die Erteilung einer vorläufigen Genehmigung durch das Kraftfahrtbundesamt und die Beantragung einer EG-Typgenehmigung bei der Europäischen Kommission möglich. Gegebenenfalls können zudem Einzelrechtsakte geändert oder geschaffen werden [29].

In Winner/Weitzel wurde bereits herausgestellt, dass es zur Zulassung von Systemen zur automatischen Fahrzeugführung eines Nachweises bedarf, dass sich das (auch auf andere Verkehrsteilnehmer einwirkende) Risiko im Vergleich zum bestehenden Risikoniveau zum Zeitpunkt der Produkteinführung nicht erhöhen darf [30]. Diesbezüglich nimmt die automatische Nothalteassistentz innerhalb der Systeme zur automatischen Fahrzeugführung eine Sonderstellung ein: Da der Fahrer im nicht assistierten Vergleichsfall zur Führung des Fahrzeugs (medizinisch bedingt) nicht mehr in der Lage ist, wird durch ein Nothalteassistentzsystem im Vergleich zur unkontrollierten Fahrt kein zusätzliches Risiko geschaffen [10]. Hierzu jedoch sollte die Geschwindigkeit des Fahrzeugs – auch in Hinblick auf die vom Fahrzeug ausgehende Betriebsgefahr – im Verlaufe des Nothaltemanövers nicht erhöht werden.

### **Haftung für Schäden während eines automatischen Nothaltemanövers**

Über die Genehmigungsfähigkeit eines Nothalteassistentzsystems hinaus stellt sich insbesondere die Frage nach der Haftung für Schäden, die während eines automatischen Nothaltemanövers entstehen.

Die Haftung von Fahrer und Halter wird durch das Straßenverkehrsgesetz geregelt: Der Fahrer haftet nur, sofern er einen Schaden vorsätzlich (willentlich und wissentlich) oder fahrlässig (seine Sorgfaltspflicht missachtend) herbeiführt. Kann er sich von einem solchen Verschuldensvorwurf entlasten, haftet er nicht für den entstandenen Schaden<sup>7</sup>.

Im Falle einer Fahruntauglichkeit des Fahrers ist diesem – angenommen, er habe eine bevorstehende Fahruntauglichkeit nicht etwa vorhersehen können und müssen – ein Verschulden nicht vorzuwerfen, sodass eine Fahrerhaftung entfällt [10].

Kommt es dagegen trotz bestehender Fahrtauglichkeit zur Einleitung eines Nothaltemanövers, stellt sich die Frage nach dem Verschulden des Fahrers. Hätte er die Entstehung des Schadens vermeiden können und müssen, verbleibt ein

---

<sup>3</sup> ECE-R 79, 2.3.4.1.

<sup>4</sup> ECE-R 79, 5.1.6.

<sup>5</sup> Art. 8 V, 13 I des Wiener Übereinkommens über den Straßenverkehr von 1968.

<sup>6</sup> Art. 20 der Richtlinie 2007/46/EG.

<sup>7</sup> § 18 StVG.

Verschuldensvorwurf beim Fahrer. Es wird folglich darauf ankommen, wie die Einleitung des Nothaltemanövers dem Fahrer angekündigt und umgesetzt wird, wie es abgebrochen und durch den Fahrerwunsch überstimmt werden kann.

Ist dem Fahrer kein Verschulden vorzuwerfen, haftet verschuldensunabhängig der Halter des Fahrzeugs für Schäden, die bei dem Betrieb des Fahrzeugs entstehen<sup>8</sup>. Er kann sich von seiner Haftung nur ausnahmsweise befreien, etwa beim Vorliegen höherer Gewalt<sup>9</sup>. Ein Haftungsausschluss aufgrund höherer Gewalt kommt im Straßenverkehr jedoch so gut wie nie vor [31].

Zur Zulassung eines Fahrzeugs zum öffentlichen Straßenverkehr ist der Nachweis einer bestehenden Haftpflichtversicherung erforderlich, in der Fahrer und Halter versichert sind<sup>10</sup>. Der Versicherer wird folglich in aller Regel zur Regulierung des Schadens verpflichtet sein. Seine Verpflichtung entfällt gegenüber dem Versicherten nur bei vorsätzlicher Herbeiführung des Schadens, bei Vorliegen grober Fahrlässigkeit ist er zur Reduzierung der Leistung berechtigt<sup>11</sup>.

Es wird deutlich: Im Falle des intendierten Anwendungsfalls, der automatischen Fahrzeugführung im Falle einer Fahruntfähigkeit des Fahrers, wird der Versicherer zur Leistung gegenüber dem haftenden Fahrzeughalter verpflichtet sein – wie er es auch ohne Systemeingriff gewesen wäre. Insoweit ergibt sich bei Eintritt einer Fahruntfähigkeit des Fahrers durch eine automatische Nothalteassistentz keine Änderung der Haftungssituation [10]. Sie birgt jedoch das Potential die Notwendigkeit einer Schadensregulierung zu vermeiden.

#### *Reduzierung der Betriebsgefahr in Notfallsituationen*

Kommt es während eines automatischen Nothaltemanövers zu einem Unfall mit einem anderen Kraftfahrzeug, wird bei Bestimmung der Verursachungsanteile bei unklarem Unfallhergang regelmäßig auf die Betriebsgefahr der Fahrzeuge abgestellt [32]. Die Betriebsgefahr hängt zum einen von der Fahrzeugart ab, - die von einem Lkw ausgehende Betriebsgefahr ist bei gleicher Geschwindigkeit i.d.R. höher als die eines Pkw [33] -, zum anderen kann sie durch Verkehrsregelverstöße, technische Defekte oder risikobehaftete Verkehrsvorgänge (z.B. hohes Tempo, Überholvorgänge) erhöht werden. Die genannten Umstände werden jedoch nur dann berücksichtigt, wenn sie sich nachweislich auf das Unfallgeschehen ausgewirkt haben [34]. Auch eine Fahruntfähigkeit des Fahrers wird als betriebsgefahrerhöhend angesehen, sofern sie sich auf den Unfall ausgewirkt hat<sup>12</sup>.

Zur Verringerung der Betriebsgefahr sollte die Geschwindigkeit während eines Nothaltemanövers zwar verringert werden, es ist jedoch zu vermeiden, das Fahrzeug im eigenen Fahrstreifen in den Stillstand zu bringen. Wegen der großen Gefahr, die etwa von einem auf der Überholspur stehenden Fahrzeug ausgeht, ist das Fahrzeug möglichst auf den Seiten- oder Mittelstreifen zu bringen<sup>13</sup><sup>14</sup>.

---

<sup>8</sup> § 7 StVG.

<sup>9</sup> § 7 II StVG.

<sup>10</sup> § 3 I S. 2 Fahrzeug-Zulassungsverordnung – FZV.

<sup>11</sup> § 81 VVG.

<sup>12</sup> Urteil des BGH, NZV 1995, 145.

<sup>13</sup> Urteil des OLG Brandenburg, BeckRS 2008, 14677

## *Verkehrssicherungspflichten des Herstellers*

Darüber hinaus kann der Hersteller des Systems für Schäden während eines automatischen Nothaltemanövers haftbar gemacht werden, sofern der Nachweis erbracht wird, dass deren Entstehung auf einen Fehler im System zurückzuführen ist<sup>15</sup>.

Im Rahmen seiner Verkehrssicherungspflicht hat der Hersteller alle Maßnahmen zu ergreifen, die nach dem Stand von Erfahrung und Technik möglich und zumutbar sind. Erfüllt der Hersteller diese Verkehrssicherungspflichten nicht, handelt es sich aus produkthaftungsrechtlicher Perspektive um einen Fehler; dieser Fehlerbegriff umfasst mehrere Fehlerquellen vor und nach dem Inverkehrbringen des Produkts: sogenannte Konstruktions-, Fabrikations-, Instruktions- und Produktbeobachtungsfehler [35]. Im Rahmen der technischen Entwicklung dürften insbesondere Konstruktions- und Instruktionsfehler von Bedeutung sein.

Zur Vermeidung von Konstruktionsfehlern hat der Hersteller alle technischen und wissenschaftlichen Erkenntnisse und Möglichkeiten bei der Entwicklung zu berücksichtigen [35]. Die Beachtung einschlägiger Normen ist hierzu zwar notwendig, aber nicht unbedingt hinreichend [36].

Weist ein Produkt jedoch trotz Beachtung aller Vorsichtsmaßnahmen einen Fehler auf, der nach dem Stand von Wissenschaft und Technik zum Produktionszeitpunkt nicht vorhersehbar oder aber unvermeidbar war, entfällt die Haftung des Herstellers – es handelt sich um einen sogenannten „Entwicklungsfehler“ [35].

Daneben kommt den Instruktionsfehlern große Bedeutung zu: Der Benutzer muss über mögliche Gefahrenquellen und Grenzen eines solchen Systems aufgeklärt werden – diese Belehrung ist die Voraussetzung zur Verlagerung eines nicht zu vermeidenden Produktrisikos vom Hersteller auf den Verwender; über solche Gefahren, die im allgemeinen Erfahrungswissen des Benutzerkreises liegen, braucht dieser hingegen nicht belehrt zu werden [35].

Können sich Gefahren für Körper und Gesundheit verwirklichen, genügt es nicht, dem Anwender die möglichen Gefahren im Falle einer Fehlanwendung aufzuzeigen – sie müssen ihm überdies plausibel klar gemacht werden [35]. Auch bei einem automatischen Notfallassistenzsystem könnten sich Gefahren für Körper und Gesundheit verwirklichen, die naturgemäß von einem Fahrzeug bei hohen Geschwindigkeiten ausgehen, sodass es erforderlich erscheint, dem Fahrer mögliche Gefahren plausibel darzustellen.

Die Verkehrssicherungspflichten des Herstellers enden jedoch nicht mit der Inverkehrbringung eines Produktes. Kann von dem Produkt eine Gefahr für den Benutzer oder andere Personen ausgehen, ist der Hersteller zu einer aktiven Produktbeobachtung verpflichtet: Er muss eine Organisation zur Beschaffung und Auswertung von Informationen schaffen, um das System im praktischen Einsatz zu überwachen. Sollten im Rahmen der Produktbeobachtung Fehler erkennbar werden, reichen die erforderlichen Maßnahmen seitens des Herstellers von einer Warnung an

---

<sup>14</sup> Urteil des OLG München, in: NZV 1997, S. 231

<sup>15</sup> § 1 ProdHaftG, § 823 I BGB

die Halter bis zum Rückruf des Fahrzeugs [35]. In Bezug auf Fahrerassistenzsysteme wird von der Pflicht zur aktiven Produktbeobachtung ausgegangen [36,37].

Kurz: Ein Hersteller muss zur Vermeidung von Konstruktionsfehlern alle Maßnahmen ergreifen, die ihm nach dem Stand von Wissenschaft und Technik zur Verfügung stehen. Über verbleibende Gefahren, die ihm zwar bekannt sind, mit den zur Verfügung stehenden Mitteln jedoch nicht zu vermeiden sind, muss der Fahrer des Fahrzeugs in einer für ihn schlüssigen Weise aufgeklärt werden. Zur Identifizierung solcher Fehler, die sich erst nach der Inverkehrbringung zeigen, muss er aktiv Informationen beschaffen und auswerten, um gegebenenfalls erforderliche Maßnahmen einzuleiten. Nur so ist davon auszugehen, dass der Hersteller eines Nothalteassistenzsystems seinen Verkehrssicherungspflichten gerecht wird.

## **5. Anforderungen an ein Nothalteassistenzsystem / Funktionsgestaltung**

Nach der rechtlichen Betrachtung in Kapitel 4 lassen sich neben den zwingend benötigten Änderungen der ECE-Richtlinien für die Zulassung eines solchen Systems weitere Anforderungen an die Funktionsgestaltung ableiten, insbesondere anhand der haftungsrechtlichen Sachlage.

Aus Kapitel 4 lässt sich schlussfolgern, dass im Falle eines Unfalls im Betrieb eines automatischen Nothalteassistenzsystems zur Schadensregulierung die Betriebsgefahr der beteiligten Fahrzeuge ermittelt werden würde. Bislang war es so, dass der Fahrer bzw. der Halter beim manuellen oder assistierten Fahren (z.B. ACC oder Lane-Assist) größtenteils selbst für die Höhe der vor dem Unfall vorliegenden Betriebsgefahr beim Fahren seines Fahrzeugs verantwortlich war, beispielsweise durch die Wahl seiner Geschwindigkeit. Im Falle einer plötzlichen Fahrunfähigkeit würde der Fahrer höchstens die Betriebsgefahr vor dem Eintreten des Notfalls mit beeinflussen. Nach der Aktivierung der Nothalteassistenzfunktion hingegen werden jegliche Handlungen durch das System selbst vorgegeben. Somit ergibt sich eine Beeinflussungsmöglichkeit der Betriebsgefahr durch das System selbst. Zwar ist absehbar, dass im Falle einer Fahrunfähigkeit bei hoher Geschwindigkeit, bspw. bei einer Autobahnfahrt, prinzipiell jede Systemreaktion mit einhergehender Geschwindigkeitsreduktion das Unfallrisiko senkt, allerdings ergeben sich weitere Gestaltungsmöglichkeiten. Im Weiteren werden mögliche Anforderungen für die Gestaltung eines Nothalteassistenzsystems, zunächst beschränkt für das Szenario einer Autobahnfahrt, eruiert.

Zunächst ist leicht absehbar, dass das Fahrzeug nach dem Eintreten des Notfalls in den Stillstand überführt werden sollte. Das durch Ardelt/Kämpchen bereits in einer Fahrfunktion umgesetzte Erreichen des Standstreifens [38] ist dann erstrebenswert, weil der Stillstand des Fahrzeugs auf einem der Fahrstreifen das Unfallrisiko stark erhöhen würde, insbesondere bei geringem Verkehrsaufkommen. Dieser Gedanke lässt sich erweitern auf Situationen, in denen keine Standstreifen vorhanden sind. Dies ist z.B. in vielen Baustellen und einigen Tunneln der Fall. Somit wäre eine automatische Weiterfahrt bis zu Verkehrsabschnitten mit vorhandenem Standstreifen prinzipiell denkbar. Die dafür benötigten Daten könnten aus erweiterten Kartendaten des Navigationssystems extrahiert werden. Automatische Fahrmanöver setzen allerdings eine zuverlässig funktionierende Umfeldsensorik voraus. Für den Fall, dass Umfeldsensordaten korrumpiert sind oder sich nicht korrekt interpretieren lassen, sind geeignete Abbruchszenarien für den Betrieb des Systems zu wählen, die z.B. ein moderates Abbremsen des Fahrzeugs im eigenen Fahrstreifen bis in den Stillstand

beinhalten. Zumindest in Situationen mit erhöhtem Verkehrsaufkommen ist denkbar, dass sich hinter dem Fahrzeug ein Stau bildet und so die Gefahr von Auffahrunfällen gesenkt wird.

Bei der Betrachtung der Betriebsgefahr von Fahrzeugen wurde bereits herausgestellt, dass die Senkung der Fahrzeuggeschwindigkeit von Vorteil ist. Bei der Umsetzung dieser Anforderung für ein automatisches Nothalteassistenzsystem bedeutet dies, dass das Fahrzeug zu keinem Zeitpunkt des Fahrmanövers seine Geschwindigkeit erhöhen sollte, beispielsweise zum Anfahren von Lücken für einen Fahrstreifenwechsel. Für den Fall, dass das automatische Fahrzeug einen automatischen Fahrstreifenwechsel nach rechts plant und sich zu den Fahrzeugen rechts neben ihm positioniert, würde dies bedeuten, dass nur Lücken neben oder hinter ihm in Frage kämen (Abbildung 3). Dies wirft das Problem auf, dass andere Verkehrsteilnehmer sich vermutlich ebenfalls mit dem bremsenden Notfallfahrzeug zurückfallenlassen würden, um das Rechtsüberholverbot einzuhalten. Infolgedessen bestünde die Gefahr, dass sich keine geeigneten Lücken für einen automatischen Fahrstreifenwechsel finden ließen. Abhilfe könnte eine geeignete Warnung der umliegenden Verkehrsteilnehmer erbringen, um sie zu einem kooperativen Verhalten zu motivieren, wie sie bereits zur Vergrößerung von Verkehrslücken bei hoher Verkehrsdichte durch Schwarz/Decke vorgestellt wurde [12].

Betrachtet man nun die Situation, in der ein Notfallfahrzeug auf eine Einfädelmöglichkeit auf den Fahrstreifen rechts neben ihm wartet, so ist eine automatische Reduktion der Geschwindigkeit im eigenen Fahrstreifen im Sinne der Betriebsgefahrreduzierung denkbar, allerdings ergibt sich die Anforderung, das Risiko von Auffahrunfällen nicht signifikant zu steigern. Daraus lässt sich die Anforderung ableiten, dass bestimmte Zielgeschwindigkeiten des Notfallfahrzeugs in Abhängigkeit des aktuellen Fahrstreifens nicht unterschritten werden, falls diese nicht sowieso durch lokal vorgeschriebene zulässige Höchstgeschwindigkeiten vorgegeben sind. Als Richtwert für den rechten Fahrstreifen bietet sich die bauartbedingt mindestens erreichbare Höchstgeschwindigkeit<sup>16</sup> von 60 km/h auf Autobahnen an. Sie könnte allerdings für die anderen Fahrstreifen entsprechend angepasst werden. Situationen, in denen das Notfallfahrzeug bereits vor der Aktivierung der Funktion langsamer fährt, bilden eine Ausnahme. Befindet sich das Fahrzeug bspw. zum Zeitpunkt der Aktivierung in einem Stau, würde es danach nicht wieder auf die Mindestgeschwindigkeit beschleunigen.

Einer weiteren Konkretisierung bedarf die Wahl der geeigneten Zielposition auf Standstreifen für das Fahrzeug bei aktivierter Nothalteassistenzfunktion. Gemäß §15 StVO sind Fahrzeugführer beim Liegenbleiben von Fahrzeug verpflichtet, in ca. 100 m Entfernung hinter dem Fahrzeug ein Warndreieck aufzustellen. Dies ist bei einem Fahrer mit medizinischem Notfall ggf. nicht mehr möglich. Somit ergibt sich die Anforderung an die automatische Fahrfunktion, einen geeigneten Abschnitt zum Halten anzufahren. Möglich Einflussparameter sind z.B. die Fahrbahnkrümmung und Fahrbahnsteigung.

---

<sup>16</sup> § 18 StVO.

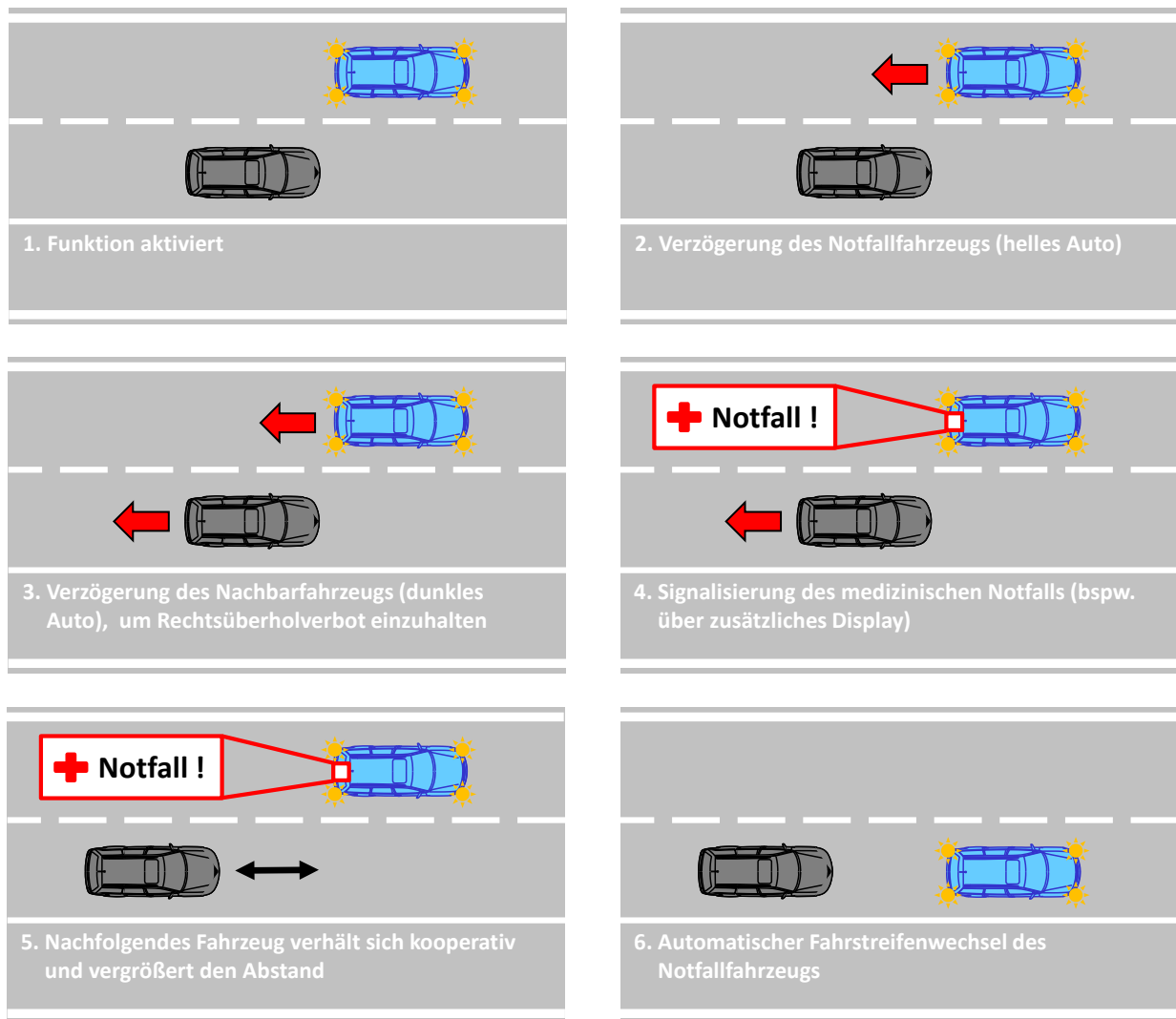


Abbildung 3: Aufforderung anderer Verkehrsteilnehmer zu einem kooperativen Verhalten, in Anlehnung an [12].

Ein bislang unbeachteter Punkt ergibt sich bei der maximalen Fahrzeit des automatischen Systems. Ergibt sich z.B. im Zuge eines erhöhten Verkehrsaufkommens keine Möglichkeit für einen Fahrstreifenwechsel, wird der stationäre Zustand gehalten, solange kein Abbruchkriterium den Versuch des Fahrstreifenwechsels beendet. In diesem Zusammenhang gilt es zu überlegen, ob die maximale Fahrzeit des Manövers begrenzt und ggf. durch ein gezieltes Abbremsen im eigenen Fahrstreifen abgebrochen wird.

Nicht betrachtet wurden bislang Anforderungen an das HMI (Human Machine Interface) zur Umsetzung des beschriebenen Systems. Anforderungen an Anzeigen sowie die Bedienung von Fahrerassistenzsystemen wurden in dem EU geförderten Projekt „RESPONSE“ definiert, die im sogenannten „Code of Practice“ (CoP) zusammengefasst sind [39]. Hierbei ergeben sich u.a. Anforderungen an die Beherrschbarkeit von Fahrerassistenzsystemen. Erholt sich der Fahrer bspw. nach der Aktivierung der Funktion wieder und möchte die Funktion abbrechen, so muss die Funktion jederzeit vom Fahrer übersteuert werden können. Für den Funktionsabbruch eines Nothalteassistenzsystems läge die Betätigung des Bremspedals oder das Aufbringen eines Lenkmoments in Anlehnung an andere Fahrerassistenzsysteme nahe. Allerdings ergibt sich hierbei das Problem, dass der Fahrer aufgrund einer

möglichen Bewusstlosigkeit ggf. im Fahrersitz zusammensackt und unbewusst ein Lenkmoment aufbringen sowie ggf. das Bremspedal betätigen könnte, was zum Abbruch der Funktion führt. Für diesen Fall ist eine Kopplung der Funktion mit dem Gurtstraffer oder eine andere Form der Deaktivierung, wie z.B. durch Drücken des Warnblinkschalters, denkbar.

Zusammenfassen lassen sich diese möglichen Anforderungen als Gestaltungsmaßnahmen für ein automatisches Nothalteassistenzsystem auf Autobahnen wie folgt:

- Automatische Weiterfahrt und Durchführung von automatischen Fahrstreifenwechseln zum Anfahren des Standstreifens für eine risikominimale Anhalteposition des Fahrzeugs.
- Abbruchstrategien bei Systemversagen vorsehen, wie z.B. bei nicht vorhandenen Fahrbahnmarkierungen.
- Keine automatische Erhöhung der Fahrzeuggeschwindigkeit nach der Aktivierung der Funktion.
- Warnstrategien vorhalten, um andere Verkehrsteilnehmer zu einem kooperativen Verhalten zu motivieren.
- Einhaltung von fahrstreifenabhängigen Mindestgeschwindigkeiten, um nachfolgende Verkehrsteilnehmer nicht zu gefährden.
- Berücksichtigung von Kartendaten zur Wahl von geeigneten Haltemöglichkeiten. Vermeidung eines Nothalts hinter Kuppen oder engen Kurven, da kein Warndreieck aufgestellt werden kann.
- Wahl eines geeigneten Bedienkonzepts zur Sicherstellung der Übersteuerbarkeit der Funktion. Dabei sind Fehlabbrüche aufgrund der Bewusstlosigkeit des Fahrers zu vermeiden.

## **6. Fazit / Ausblick**

Zusammenfassend wurde gezeigt, dass für die Auslegung eines Nothalteassistenzsystems bei medizinisch bedingter Fahrunfähigkeit eine interdisziplinäre Betrachtung wertvoll ist. Die für ein solches System unumgängliche, robuste Detektion von medizinischen Notfällen bedarf einer Analyse der im Fahrzeug auftretenden Erkrankungen. Dabei hat sich herausgestellt, dass insbesondere kardiovaskulären Notfällen beim Führen eines Fahrzeugs eine große Bedeutung zuzuordnen ist. Ein im Fahrzeug realistisch messbares Signal zur Detektion von kardiovaskulären Notfällen ist die Herzratenvariabilität. Verschiedene kontaktlose Messverfahren zur Messung dieses Signals wurden vorgestellt, wobei unter anderem bereits für kamerabasierten und kapazitiven Verfahren vielversprechende Ergebnisse in der Literatur aufgezeigt wurden. Insbesondere kamerabasierte Verfahren bieten zudem weitere Möglichkeiten hinsichtlich der Fahrerzustandserkennung, beispielweise zur Detektion von Müdigkeit oder Abgelenktheit. Neben der Weiterentwicklung dieser Sensoren sowie der geeigneten messtechnischen Algorithmen ist unter anderem eine geeignete Evaluierung der Sensoren im Fahrzeug durchzuführen, um eine Aussage über die Leistungsfähigkeit dieser Ansätze sowie möglicher Störeinflüsse während des Betriebs treffen zu können.

Anhand einer rechtlichen Einordnung derartiger Notfallassistenzsysteme wurden außerdem mögliche Anforderungen an die Umsetzung der Funktion für automatische Fahrzeuge abgeleitet. Insbesondere für die Fahrstrategie und das HMI gilt es diese Anforderungen in geeigneten Algorithmen im Fahrzeug umzusetzen.



## Literaturverzeichnis

- [1] H. Wallentowitz, D. Ehmanns, D. Neunzig, M. Weilkens, Sicherheitsanalyse der Systeme zum Automatischen Fahren, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen F 35, 2001.
- [2] Lexus Deutschland, Gesichtsfeldmonitor, <http://www.lexus.de/range/ls/key-features/safety/safety-driver-monitoring-system.aspx>, 2012.
- [3] Volkswagen AG, Müdigkeitserkennung, [http://www.volkswagen.de/de/models/Der\\_neue\\_Tiguan/highlights.fallback.s7\\_layer.suffix.html/features~2Feditorial\\_highlights~2FTiguan\\_SR~2FAssistenzsysteme~2Fmuedigkeitserkennung/selection=5.html?frontend-debug=true](http://www.volkswagen.de/de/models/Der_neue_Tiguan/highlights.fallback.s7_layer.suffix.html/features~2Feditorial_highlights~2FTiguan_SR~2FAssistenzsysteme~2Fmuedigkeitserkennung/selection=5.html?frontend-debug=true), 2012.
- [4] Daimler AG, Attention Assist, <http://www.daimler.com/dccom/0-5-1210218-49-1210332-1-0-0-1210228-0-0-135-0-0-0-0-0-0-0.html>, 2012.
- [5] Volkswagen AG Unfallforschung, Tödliche Verkehrsunfälle in Deutschland (Hochrechnung aus GIDAS-Datenbank), 2012.
- [6] Y. Motozawa, M. Hitosugi et al. Kido, Sudden death while driving a four-wheeled vehicle: an autopsy analysis, Tochigi, Japan, 2008.
- [7] H. Ehmen, Fahrleistungsrelevante Parameter im Alter, 2010.
- [8] Gesundheitsreport 2011: So krank ist Deutschland: Informationen der Techniker Krankenkasse, TK Medienservice, 2011.
- [9] H. Klein, A. Krämer, B. Pieske et al., Fahreignung bei kardiovaskulären Erkrankungen: Positionspaper, 2010.
- [10] T. Gasser, C. Arzt, M. Ayoubi, A. Bartels et al., Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung. BAST-Reihe "Fahrzeugtechnik" BAST-F-83, Wirtschaftsverlag NW - Verlag für neue Wissenschaft GmbH, 2012.
- [11] P. Waldmann, N. Kaempchen, M. Ardelt, F. Homm, Der Nothalteassistent – abgesichertes Anhalten bei plötzlicher Fahrunfähigkeit des Fahrzeugführers, 2010.
- [12] F. Schwarz, R. Decke, Kooperatives Verhalten bei Nothalt-Manövern: Verhaltenswirksamkeit und Verständlichkeit von Anzeige Konzepten und Fahrmanövern, BMW Group Forschung und Technik, München, in: VDI-Berichte, S. 327–336, 2011.
- [13] M.C. Petch, Driving and heart disease, in: European Heart Journal, S. 1165–1177, 1998.
- [14] R. Huhle, H. Malberg, et al., Studie zur Analyse von medizinisch bedingten Nottfällen in Fahrzeugen: Studie für das Projekt VW Safe-Stop, Dresden, 2011.
- [15] L.G. Gamero, J. Vila, F. Palacios, 'Wavelet transform analysis of heart rate variability during myocardial ischaemia, in: Medical and Biological Engineering And Computing, S. 72–78, 2002.
- [16] S. Zaunseder, Anwendungs- und prozessorientierte Verarbeitung elektrokardiographischer Langzeitaufnahmen zur Ischämiedetektion: Dissertation, 2011.
- [17] M. Czaplik et al, Clinical proof of practicability for an ECG device without any conductive contact, in: Biomedizinische Technik/Biomedical Engineering, S. 291–300, 2010.
- [18] A. Aleksandrowicz, S. Leonhardt, Wireless and Non-contact ECG Measurement Systeme - the "Aachen SmartChair", in: Acta Polytechnica, S. 68–71, 2007.
- [19] Y. Lim, K.K. Kim, K.S. Park, ECT measurement on a chair without conductive contact, in: IEEE Transactions on Bio-Medical Engineering, S. 956–959, 2006.
- [20] B. Chamadiya, S. Heuer, U. Hofmann, M. Wagner, Towards a capacitively coupled electrocardiography system for car seat integration, 2008.

- [21] J. Lekkala, M. Paajanen, EMFi-new electret material for sensors and actuators, in: Electrets, 1999. ISE 10. Proceedings. 10th International Symposium, S. 743–746, 1999.
- [22] J. Kim, J. Hong et al., Wireless biomedical signal monitoring device on wheelchair using noncontact electro-mechanical film sensor, in: Conference Proceedings: Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, S. 574–577, 2007.
- [23] P.E. Meinhold, Psychologie des Lidschlags: Inaugural-Dissertation, 2005.
- [24] M.-Z. Poh, D. McDuff, R. Picard, Non-contact, automated cardiac pulse measurements using video imaging and blind source separation, Cambridge, Massachusetts, 2010.
- [25] M. Steffen, K. Heimann, Bernstein, N., S. Leonhardt, Multichannel simultaneous magnetic induction measurement system (MUSIMITOS), in: Physiological Measurement, S. 291–306, 2008.
- [26] K. Tavakolian, F.M. Zadeh, Y. Chuo et al., Development of a Novel Contactless Mechanocardiograph Device, in: International Journal of Telemedicine and Applications, S. 5, 2008.
- [27] R. Fletcher, S. Kulkarni, Clip-on wireless wearable microwave sensor for ambulatory cardiac monitoring, in: Engineering in Medicine and Biology Society, S. 365–369, 2010.
- [28] Neurosky - Brain Wave Sensors for Everbody, <http://www.neurosky.com/Business/WhatWeDo.aspx>, 2012.
- [29] Kraftfahrt-Bundesamt, Merkblatt zur Erteilung von Mehrstufen-Typgenehmigungen für Fahrzeuge nach der Richtlinie 2007/46/EG, 2007.
- [30] H. Winner, A. Weitzel, Quo vadis, FAS, in: Handbuch Fahrerassistenzsysteme, S. 658–667, 2012.
- [31] B. Heß, Die Haftung im Straßenverkehr - Quotelung I, NJW-Spezial 537, 2007.
- [32] Metz, Der Anscheinsbeweis im Straßenverkehrsrecht, NJW-Spezial 2806, 2008.
- [33] Buschbell, MAH Straßenverkehrsrecht §23 Rn. 177., 2009.
- [34] H. Garbe, Die zivilrechtliche Haftung beim Verkehrsunfall, JuS 287, 2004.
- [35] H. Kullmann: Produkthaftung für Verkehrsmittel - Die Rechtsprechung des Bundesgerichtshofes, NZV 1 ff., 2002.
- [36] C. Bewersdorf, Zulassung und Haftung bei Fahrerassistenzsystemen im Straßenverkehrs 144, 2005.
- [37] Vogt, Fahrerassistenzsysteme: Neue Technik - Neue Rechtsfragen?, NZV 135 (159), 2003.
- [38] M. Ardelt, P. Waldmann, N. Kämpchen, Hochautomatisierte Spurwechselmanöver zukünftiger Assistenz- und Sicherheitssysteme in komplexen Verkehrssituationen: Fully Automatic Lane Change Maneuvers for Advanced Safety Systems in Complex Traffic Situations, BMW Group Research and Technology, Munich, Germany, in: 19. Aachener Kolloquium Fahrzeug- und Motorentechnik, 2010.
- [39] Code of Practice for the Design and Evaluation of ADAS, [http://www.prevent-ip.org/en/prevent\\_subprojects/horizontal\\_activities/response\\_3/](http://www.prevent-ip.org/en/prevent_subprojects/horizontal_activities/response_3/), 2012.