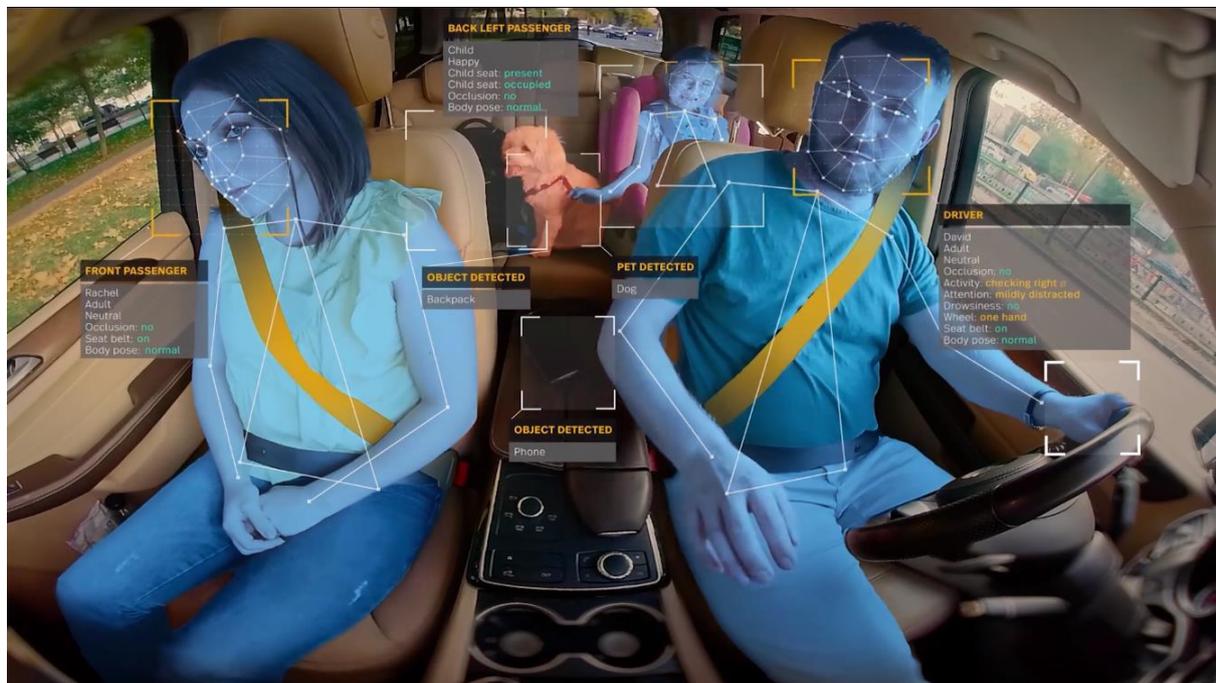


# In-Cabin Sensing Systeme

Untersuchung des Verkehrssicherheitspotentials von Sensorik im Fahrzeuginnenraum in Bezug auf die aktive, passive und tertiäre Fahrzeugsicherheit



ÖAMTC

Österreichischer Automobil-, Motorrad- und Touring Club

Konsumentenschutz & Interessenvertretung

Wien, 30.11.2022

**Mitarbeiter:**

Dipl.-Ing. Felix **Etl**

[felix.etl@oamtc.at](mailto:felix.etl@oamtc.at)

Dipl.-Ing. David **Nosé**

[david.nose@oamtc.at](mailto:david.nose@oamtc.at)

Christoph **Schönlechner**

[christoph.schoenlechner@oamtc.at](mailto:christoph.schoenlechner@oamtc.at)

**Projektpartner:**

- Extern: ADAC eV.

- Intern: -

**Zeitraumen:** März 2022 bis November 2022

## Inhaltsverzeichnis

1. Aufgabenstellung .....	4
2. Unfallstatistik und Potential .....	4
3. Testprodukte .....	7
3.1. Sony Dephtsensing Solutions.....	8
3.2. Ford .....	9
3.3. DTS/XPERI .....	10
3.4. Bosch.....	11
4. Testkriterien .....	13
5. Ergebnisse .....	15
5.1. Sony Depthsensing Solutions.....	16
5.2. Ford .....	16
5.3. DTS/XPERI .....	18
5.4. Bosch.....	19
6. Fazit .....	21
7. Verzeichnisse.....	23
7.1. Tabellenverzeichnis.....	23
7.2. Abbildungsverzeichnis.....	23

## 1. Aufgabenstellung

Seit 2018 verunglückten auf Österreichs Freilandstraßen 74% der Getöteten und 49% der Schwerverletzten. Fast als jeder Zweite dieser Verkehrsunfälle war die Folge eines Lenkers mit mangelnder Verkehrstüchtigkeit (Alkohol, Drogen, Übermüdung, körperliches Unvermögen) oder eines unachtsamen bzw. abgelenkten Fahrers. Insbesondere Systeme für die Sensierung des Fahrzeuginnenraums (In-Cabin Sensing (ICS)) bringen ein hohes Potential mit sich, diese Unfälle zu vermeiden, da sie in der Lage sind, einen müden, abgelenkten und nicht-ansprechbarer Lenker zu erkennen.

Um die Verkehrssicherheit nachhaltig zu steigern, werden im Zuge der **General Safety Regulation 2** (GSR 2) verschiedene Fahrzeugsicherheitssysteme europaweit für die Typgenehmigung vorgeschrieben. Hierzu gehören seit 6. Juli 2022 (für neue Fahrzeugmodelle) bzw. ab Juli 2024 (für alle neu zugelassenen Fahrzeuge) Systeme, die die Müdigkeit des Fahrers bewerten. Ab Juli 2024 bzw. 2026 müssen die Fahrzeuge über ein weiteres System verfügen, welches den Fahrer warnt, sobald er abgelenkt ist. Neben den gesetzlichen Anforderungen überprüft auch das Konsumentenschutzprogramm Euro NCAP ab 2023 in verschiedenen Testszenarien, ob die Innenraumsensorik einen abgelenkten, müden und gesundheitlich beeinträchtigten Fahrer erkennen kann.

## 2. Unfallstatistik und Potential

Auf Basis des realen Unfallgeschehens soll retrospektiv das Wirksamkeitspotential von In-Cabin Sensing Systemen ermittelt werden, um abschätzen zu können, wie viele Unfälle in Zukunft durch den flächendeckenden Verbau der Systeme vermieden werden können. Da in der Pkw-Flotte in Österreich noch keine Systeme verbaut sind, die den zukünftigen Anforderungen der Gesetzgebung und des Konsumentenschutzes entsprechen, wird ein generalisiertes System definiert. Das ICS System für die Unfalldatenauswertung basiert auf den Vorgaben der zukünftigen gesetzlichen und konsumentenschutzrechtlichen Anforderungen und erfüllt folgende Punkte:

- Detektion von Müdigkeit, Ablenkung und körperlichen Unvermögens
- Unabhängig von Witterungs- und Umgebungsbedingungen (Tag, Nacht, Regen, Schnee, Sonnenschein etc.)
- Keine Einschränkungen bzgl. der körperlichen Eigenschaften der Insassen (jung/alt, dick/dünn, männlich/weiblich, groß/klein)
- Aktiv ab Geschwindigkeiten von ca. 60 km/h bzw. auf Außerorts-Straßen (Landstraße, Autobahn)

- Einsetzbar auf mehrspurigen, geteilten Straßen mit und ohne Mittelstreifen auf geraden und kurvigen Strecken

Für eine realistische Abschätzung des Unfallvermeidungspotentials gilt es die vier Faktoren **Relevanz, Effizienz, Marktdurchdringung und Nutzungsgrad** des ICS Systems zu bestimmen.

Die Relevanz gibt an, wie viele der betrachteten Unfälle im Wirkungsbereich des Systems liegen und damit in der Theorie maximal vermieden werden können. Die Basis zur Ermittlung des Faktors Relevanz bilden die Unfälle mit Personenschaden innerhalb der amtlichen Statistik (Statistik Austria) der Jahre 2018 bis 2022.

Die Effizienz überführt die Theorie in die Praxis und legt fest, wie viele der maximal vermeidbaren Unfälle unter realen Bedingungen adressiert werden können. Mögliche Einschränkungen entstehen z.B. durch fehlende Fahrbahnmarkierungen oder Witterungseinflüssen.

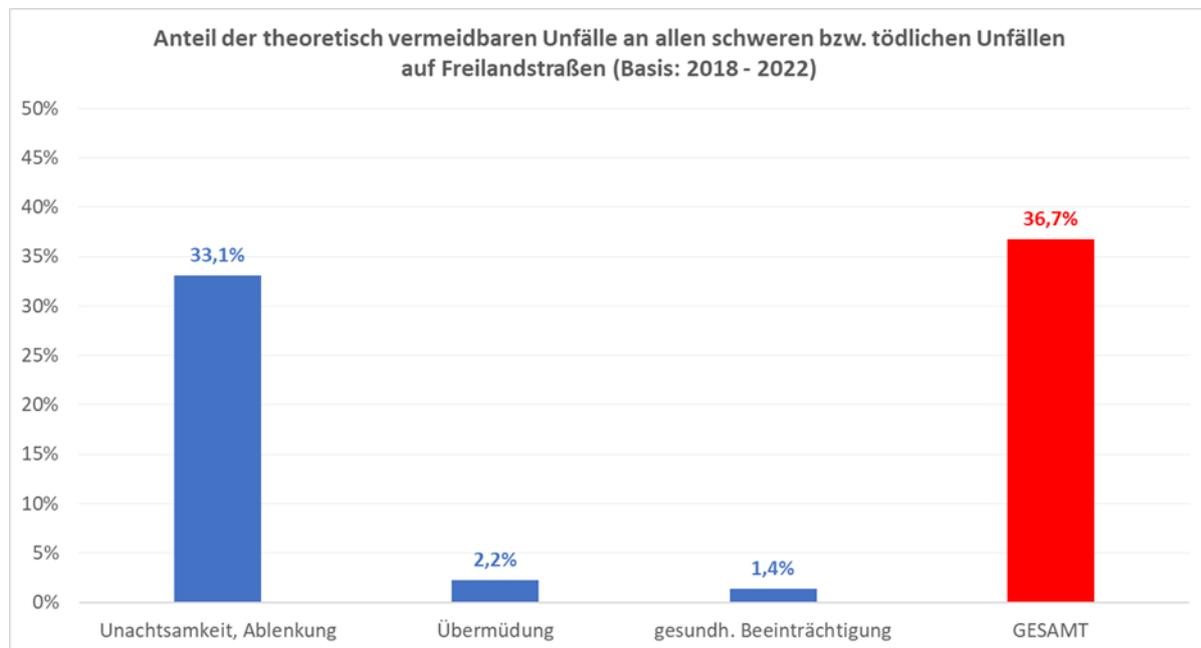
Da neue Systeme nur in Neufahrzeugen verbaut werden, wird mit dem Faktor Marktdurchdringung bewertet, wie sich die Ausstattung des Bestandes mit dem System über die Zeit entwickelt. Hierbei spielen gesetzliche und konsumentenschutzrechtliche Anforderungen an die Pkw-Flotte eine große Rolle.

Der Faktor Nutzungsgrad gibt dagegen an, wie häufig der Lenker das System einsetzt. Einen Einfluss auf den Nutzungsgrad hat beispielsweise, wenn der Lenker das System nicht selbst einschalten muss, sondern diese ab Beginn der Fahrt automatisch aktiv ist. Bei dieser Methode wird jedoch nicht die Art der Rückmeldung des Systems an den Fahrer berücksichtigt. Denn zu frühe und häufige Warnungen werden zu einer geringeren Akzeptanz führen und so zu einem geringeren Nutzungsgrad.

In einem ersten Schritt werden die Verkehrsunfälle nach ihrer Ortslage gefiltert. Da das ICS System erst ab Geschwindigkeiten von mehr als 60 km/h aktiv ist, liegen nur Unfälle außerhalb geschlossener Ortschaften im Wirkungsbereich des Systems. In einem zweiten Schritt wird nach dem Hauptunfallverursacher gefiltert. Das System kann nur Unfälle vermeiden, die von einem Fahrer eines Fahrzeugs der Klasse N1, N2, N3, M1, M2 oder M3 verursacht wurde. Im letzten Schritt der Datenbankanalyse wurden die Parameter Unfalltyp, Unfallursache, Wirkzusammenhang und Verkehrstüchtigkeit des Lenkers verwendet, um relevante Unfälle, bei denen Müdigkeit, Ablenkung und körperliches Unvermögen unfallursächlich waren, zu erhalten. Aus Abbildung 1 ist ersichtlich, wie viele der Verkehrsunfälle auf Außerorts-Straßen

von Pkw-, Bus- und Lkw-Lenkern infolge von Ablenkung, Müdigkeit und körperlichen Unvermögens verursacht wurden.

Abbildung 1: Der durch ICS Systeme theoretisch adressierbare Anteil an Unfällen auf Autobahnen und Freilandstraßen

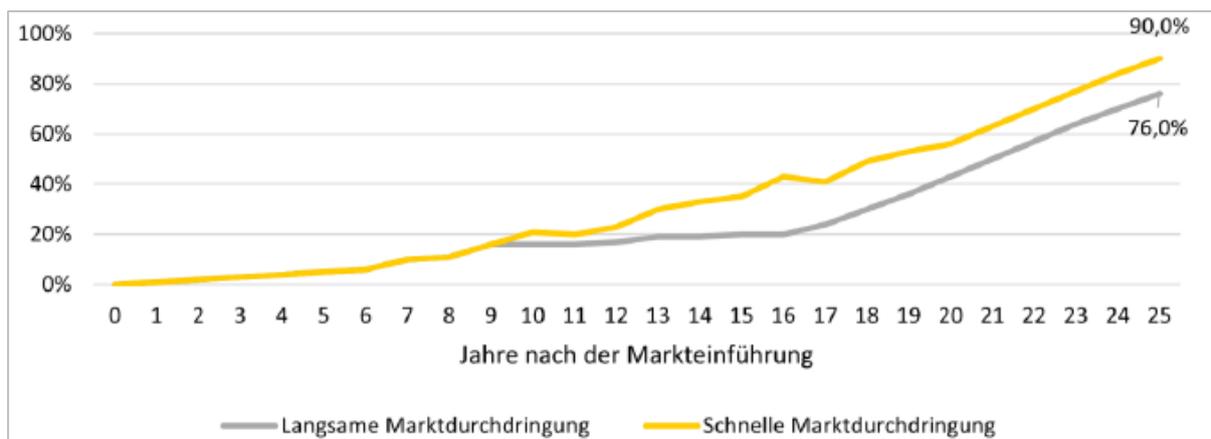


Quelle: Statistik Austria; ÖAMTC Unfallforschung

Für die Bestimmung des Faktors Effizienz ist eine retrospektive Analyse unter realen Bedingungen erforderlich. Da dies derzeit nicht möglich ist, werden Annahmen aus der GDV Studie „Automatisiertes Fahren“ zu Hilfe genommen und auf das ICS System appliziert. In Bezug auf die Funktionsweise ähnelt das System einem Notbremsassistenten, dessen Effizienz auf 40 % angesetzt wird. Während der Notbremsassistent mittels der Sensorik den Bereich vor dem Fahrzeug betrachtet, fokussiert sich das ICS System auf den Fahrzeuginnenraum, welcher konkrete Abmessungen und Grenzen hat. Deshalb wird ein Wert von 50 % für die Effizienz festgelegt, welcher sich aufgrund des technologischen Fortschritts in den nächsten 25 Jahren auf 75 % erhöhen wird.

Im nächsten Schritt gilt es den Faktor Marktdurchdringung zu bestimmen. Hierfür werden zwei Szenarien, eine schnelle und eine langsame Durchdringung des Fahrzeugbestandes, skizziert. Die beiden Grenzszenarien setzen sich aus Umfragewerten zur Ausstattung von Neu- und Bestandsfahrzeugen (DAT-Report), aus dem zeitlichen Verlauf der Ausstattungsquote von Fahrerassistenzsystemen im Bestand (Elektronischen Stabilitätsprogramm (ESP), Spurhalteassistent, Reifendrucksensor) und der Entwicklung des Fahrzeugbestandes nach der gesetzlichen Verpflichtung zum Verbau der Systeme zusammen.

Abbildung 2: Anteil der Bestandsfahrzeuge, die im Verlauf von 25 Jahren nach der Markteinführung über ein ICS-System verfügen



Quelle: ADAC; ÖAMTC

Zuletzt wird noch der Nutzungsgrad des ICS System bestimmt. Da das System laut GSR „Default On“ sein muss, wird von einem Nutzungsgrad von 95 % ausgegangen. Dies bedeutet, dass das System immer aktiv ist, außer der Fahrer deaktiviert es absichtlich. Daraufhin ist das System für die restliche Fahrt ausgeschaltet, jedoch mit dem nächsten Zündzyklus automatisch wieder an.

Unter Berücksichtigung der Marktdurchdringung, der Effizienz und des Nutzungsgrades der ICS Systeme ist ein **Unfallvermeidungspotential von 13% bis 24% in 25 Jahren** nach der Markteinführung in Bezug auf Außerorts-Unfälle realistisch.

Tabelle 1: Unfallvermeidungspotential von ICS-Systemen auf Basis der Unfälle auf Autobahnen und Freilandstraßen 25 Jahre nach Markteinführung

Unfallursache	Relevanz	x	Marktdurchdringung	x	Effizienz	x	Nutzungsgrad	=	Unfallvermeidungspotential
Unachtsamkeit, Ablenkung	33,1%	x	76% / 90%	x	50% / 75%	x	95%	=	11,7% / 20,8%
Übermüdung	2,2%	x	76% / 90%	x	50% / 75%	x	95%	=	0,8% / 1,4%
Gesundheitliche Beeinträchtigung	1,4%	x	76% / 90%	x	50% / 75%	x	95%	=	0,5% / 0,9%
<b>Gesamt</b>	<b>36,7%</b>	<b>x</b>	<b>76% / 90%</b>	<b>x</b>	<b>50% / 75%</b>	<b>x</b>	<b>95%</b>	<b>=</b>	<b>13,3% / 23,5%</b>

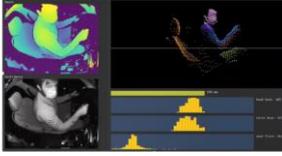
Quelle: ADAC; ÖAMTC

### 3. Testprodukte

Bei diesem Konsumentenschutzprojekt handelt es sich um eine Studie und keinen Vergleichstest. Demzufolge wurden Gespräche mit verschiedenen Firmen der Automobilindustrie geführt. Die vier Hersteller Sony, Ford, DTS/XPERI und Bosch erklärten sich bereit, uns ihre Systeme im Rahmen einer Demo bzw. Testfahrt vorzuführen. Die vier In-

Cabin Sensing Systeme, deren Einsatz- und Funktionsbereiche sowie die verwendete Sensorik kann nachstehender Abbildung entnommen werden.

Abbildung 3: Übersicht der zur Verfügung gestellten vier In-Cabin Sensing Systeme

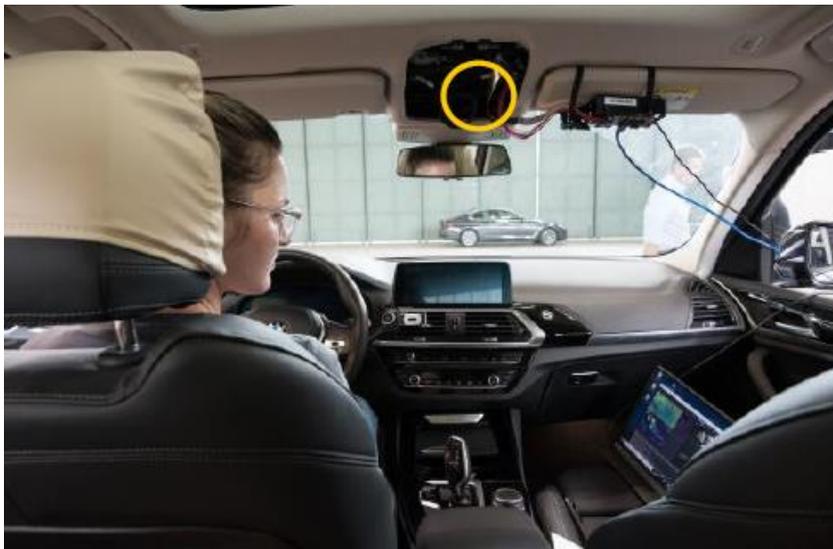
Sony	Ford (Testfahrzeug)	DTS/XPERI	Bosch
Passive Fahrzeugsicherheit	Aktive Fahrzeugsicherheit	Aktive Fahrzeugsicherheit	Aktive Fahrzeugsicherheit
iToF-Kamera: 2D-Infrarot-Bild + 3D-Tiefeninformationen	DMS an der Lenksäule Infrarot-Kamera	OSM am Dachmodul Infrarot-Kamera	OSM am Rückspiegel Infrarot-Kamera + Radar Demo: Verknüpfung mit FCW
			

Quelle: ADAC; ÖAMTC

### 3.1. Sony Dephtsensing Solutions

Sony stellte sein ICS System Ende Juni 2022 vor. Aus der Sicht des Fahrers befindet sich das Kamerasystem im Dachmodul und ist auf den Fahrer ausgerichtet.

Abbildung 4: Innenraum und Montageort des ICS Systems im Demo-Fahrzeug von Sony Dephtsensing Solutions

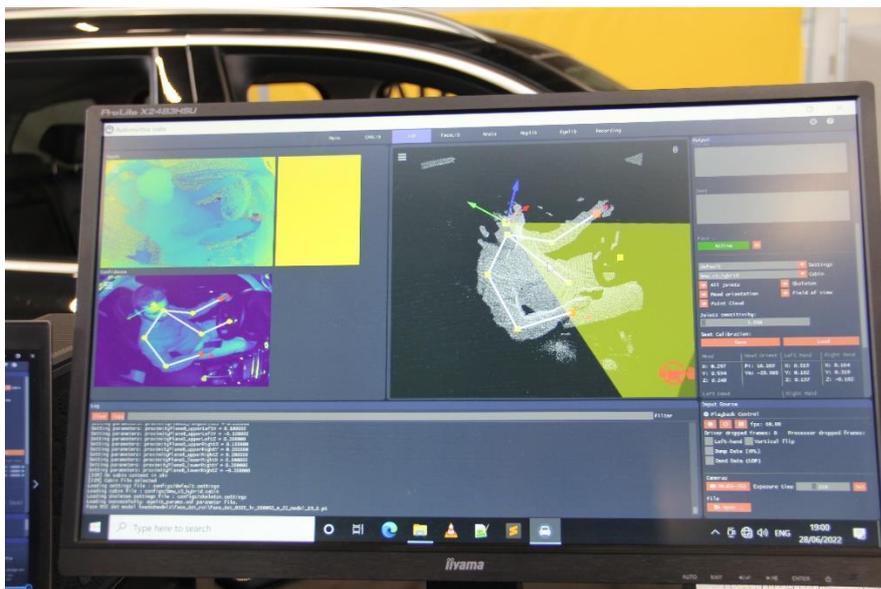


Quelle: ADAC e.V.

Das System arbeitet mit einem Sensor, der auf einer indirekten Laufzeitmessung (Indirect Time of Flight (iToF)) basiert. Dabei wird die Szene mit moduliertem IR-Licht beleuchtet und die

Phasenverzögerung des zurückkehrenden Lichts gemessen, nachdem es von den Objekten in der Szene reflektiert worden ist. Die Phasenverzögerung wird dann in eine Entfernung umgerechnet. Zusätzlich zu einem herkömmlichen 2D-Infrarot-Bild der Szene gibt die iToF-Kamera auch ein Tiefenbild aus, das den Entfernungswert jedes Pixels in der Szene angibt. Das 2D-IR-Bild wird zur Erkennung der Blickrichtung und der Kopfneigung eingesetzt. Das 3D-Tiefenbild hingegen kann zur Messung von Entfernung, Haltung, Volumen und Größe der Objekte und Personen in der Szene verwendet werden.

Abbildung 5: Funktionsweise und Detektionen des Systems von Sony



Quelle: ADAC e.V.

Mit dem vorgestellten ICS System können vor allem Anwendungsfälle in der passiven Fahrzeugsicherheit realisiert werden.

### 3.2. Ford

Ford stellte Ende Juli ein Prototypen-Fahrzeug mit einem In-Cabin Sensing System für Testfahrten zur Verfügung. Im Gegensatz zu den anderen drei Systemen war es möglich, das System von Ford im realen Straßenverkehr zu untersuchen. Es handelt sich hierbei um ein Driver Monitoring System, das oberhalb der Lenksäule angebracht ist.

Abbildung 6: Infrarot-Kamera und Funktionsweise des Driver Monitoring System eines Testfahrzeugs von Ford



Quelle: ADAC e.V.

Die verwendete Infrarot-Kamera ist dabei auf den Kopf des Fahrers ausgerichtet. Sobald der Blick des Fahrers nicht nach vorne auf die Straße gerichtet ist, wird er nach einer gewissen Zeit mittels einer Warnung im Instrumentencluster darauf hingewiesen.

### 3.3. DTS/XPERI

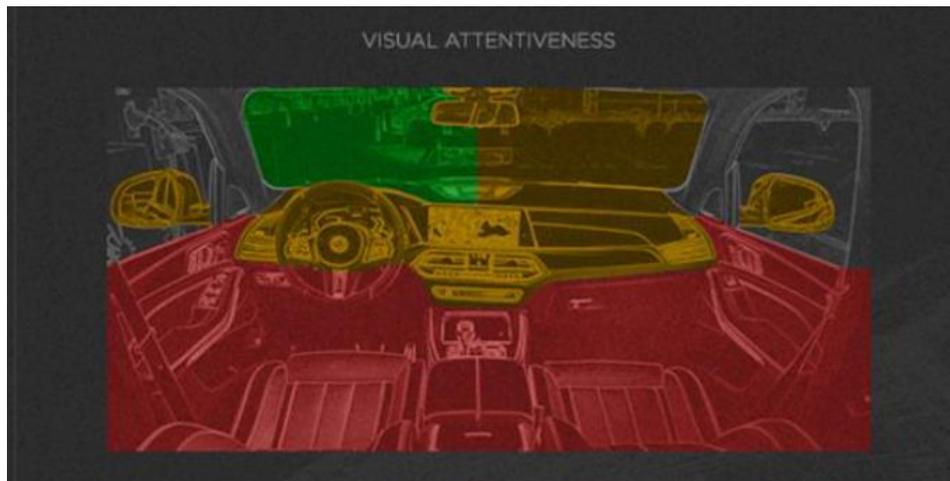
Die Demo des In-Cabin Sensing System von DTS, welche eine Marke der XPERI Corporation ist, fand Mitte Oktober statt. Das ICS System besteht aus einer Infrarot-Kamera, welche am Dach-/ Beleuchtungsmodul im Fahrzeuginnenraum befestigt ist. Durch die Montageposition im Fahrzeug kann die Kamera nicht nur die beiden Insassen in der ersten Sitzreihe erfassen, sondern auch bedingt die der zweiten Sitzreihe. Die Sitze in der ersten Sitzreihe verdecken Teile, abhängig von der Sitzposition der Insassen sogar die komplette zweite Sitzreihe.

Durch die Nutzung einer Infrarot-Kamera ist das System robust gegen variierende Lichtverhältnisse außerhalb und innerhalb des Fahrzeugs. Da es sich um eine 2D-Kamera handelt, können keine Tiefeninformationen verarbeitet werden.

Das System von DTS/XPERI fokussiert sich vor allem auf die aktive Sicherheit und die damit verbundenen gesetzlichen und konsumentenschutzrechtlichen Anforderungen. Neben Komfortfunktionen liegt die Aufgabe des ICS Systems darin, einen müden und abgelenkten Fahrer zu erkennen. Für die Ablenkungserkennung wird der vordere Bereich des Fahrzeuginnenraums aus Fahrersicht in drei Bereiche eingeteilt: Grüner, oranger und roter Bereich.

Der grüne Bereich umfasst den Sichtbereich des Fahrers durch die Windschutzscheibe. Der orange Bereich befindet sich ebenfalls auf Höhe der Windschutzscheibe und beinhaltet für die Fahraufgabe relevante Sichtfelder, wie den Rückspiegel oder die Außenspiegel. Das rote Feld umfasst den vorderen Bereich der Fahrgastzelle unterhalb des Armaturenbretts.

Abbildung 7: Einteilung des Fahrzeuginnenraums in einen grünen, gelben und roten Bereich zur Detektion eines abgelenkten Lenkers



Quelle: DTS/XPERI

### 3.4. Bosch

Die letzte Demo fand Ende Oktober in Renningen bei Bosch statt. Erste Serienfahrzeuge wurden von Bosch bereits mit einer Innenraumsensierung ausgestattet. Für die Realisierung eines In-Cabin Sensing Systems stehen eine Fahrerkamera, eine Insassenkamera, ein Innenraumradar und die dazugehörige Recheneinheit zur Verfügung. Je nach Anforderungen des Fahrzeugherstellers wird auf Basis der technischen Bestandteile ein ICS System zusammengestellt. Im Rahmen der Demo wurde ein Occupant Status Monitoring System untersucht, welches auf einer 2D-Nahinfrarot-Kamera, die am Rückspiegel befestigt ist, basiert.

Da die Kamera im Nahinfrarot-Bereich arbeitet, ist das ICS System weitgehend unabhängig von den Lichtverhältnissen außerhalb und innerhalb des Fahrzeugs. Neben den Infrarot-Kameras können im Fahrzeuginnenraum auch ein oder mehrere Radarsensoren montiert werden. Mindestens ein Radarsensor ist aus Sicht von Bosch nötig, um die Anforderungen von Euro NCAP ab 2023 zur Child Presence Detection (Warnung des Fahrers bei unbeaufsichtigten Kindern im Fahrzeug) vollumfänglich erfüllen zu können. Mit dem Radarsensor kann die Atmung (Heben und Senken der Brust) von Personen (wie zum Beispiel einem Säugling in der Babyschale) detektiert werden. Durch den Cabin Sensing Radar können außerdem weitere Funktionalitäten wie z.B. eine Sitzbelegungserkennung oder eine Einbruchwarnung im Fahrzeug realisiert werden. Die Informationen aus Radarsensor und Kamera können fusioniert und so in Zukunft weitere Einsatzbereiche insbesondere in Bezug auf die Gesundheit realisiert werden.

Abbildung 8: Fahrzeuginnenraum des Demo-Fahrzeugs von Bosch inklusive des ICS Systems



Quelle: ADAC e.V.

Die Driver Monitoring Kamera von Bosch bestimmt die Kopfposition, die Augenöffnung und Blickrichtung des Fahrers und kann dadurch sicherheitsrelevante Aktivitäten des Fahrers wie Ablenkung, Müdigkeit und körperliches Unvermögen eruieren.

Abbildung 9: Funktionsweise des ICS Systems von Bosch bei abgelenktem Fahrer mit Blick aus dem rechten Fenster



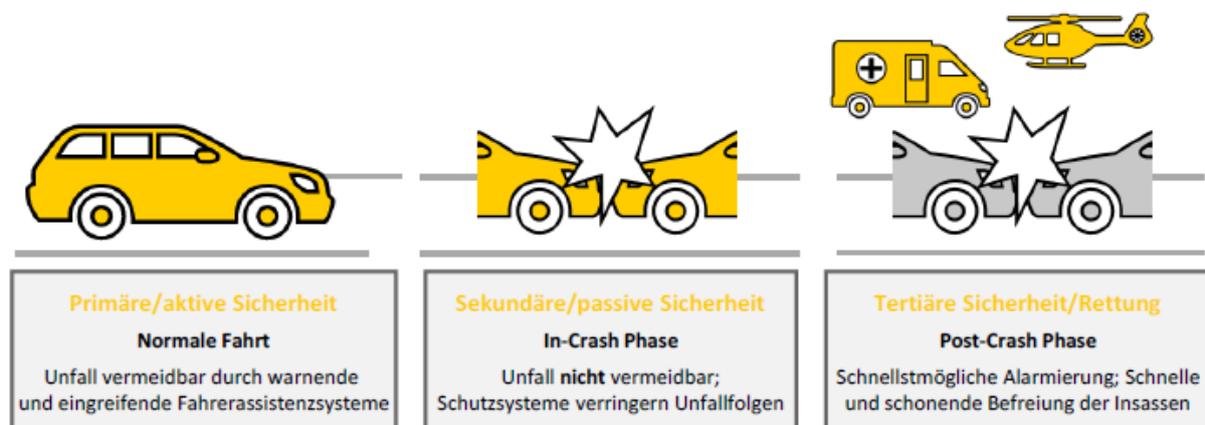
Quelle: ADAC e.V.

Die ICS Systeme von Bosch konzentrieren sich im ersten Schritt auf die aktive Sicherheit bzw. auf die geltenden und kommenden gesetzlichen und Verbraucherschutzrechtlichen Anforderungen. Das ICS System ist außerdem in Lage, nicht nur festzustellen, ob der Fahrer seinen Blick von der Straße abwendet, sondern kann detektieren, dass der Fahrer z.B. aus dem rechten Fenster blickt oder die Navigation auf dem zentralen Bildschirm verfolgt.

#### 4. Testkriterien

Um die vier ICS-Systeme, die zuvor vorgestellt wurden, zu begutachten, wurde ein Testumfang entworfen, der sich in die primäre, sekundäre und tertiäre Fahrzeugsicherheit unterteilen lässt.

Abbildung 10: Einteilung der Fahrzeugsicherheit in drei Phasen: Primäre, sekundäre und tertiäre Fahrzeugsicherheit



Quelle: ADAC; ÖAMTC

Die Aufgabe der primäre bzw. aktive Sicherheit liegt darin, das Unfallereignis durch eine Warnung, durch die Unterstützung des Fahrers und/oder einen Eingriff in die Fahraufgabe zu vermeiden. Zu aktiven Sicherheitssystemen zählen z.B. Notbremsassistenten, Frontkollisionwarner, Spurverlassenswarner oder auch das ESP. Sobald der Unfall nicht mehr vermieden werden kann, beginnt die zweite Phase, in der passive Sicherheitssysteme zum Einsatz kommen. Sicherheitsgurte, Airbags und energieabsorbierende Fahrzeugstrukturen sollen die Verletzungsschwere und die Unfallfolgen verringern. Die tertiäre Sicherheit beginnt, wenn die Phase des Crashes beendet ist. Durch Systeme wie einen automatischen eCall oder das Rettungsdatenblatt soll die Rettung der Insassen aus dem deformierten Fahrzeug so schnell und schonend wie möglich erfolgen.

Die Testkriterien zur Überprüfung des Einsatzes von ICS Systemen in der aktiven Fahrzeugsicherheit basieren auf den geltenden gesetzlichen Anforderungen (GSR) und dem zukünftigen Testprotokoll von Euro NCAP ab 2023. Seit 6. Juli 2022 müssen alle neuen Fahrzeugtypen in der EU über ein „Driver drowsiness and attention warning“ (DDAW) System verfügen. In der delegierten Verordnung (EU) 2021/1341 werden die Anforderungen an diese Systeme zur Typgenehmigung festgehalten. Nach dieser Verordnung muss der Automobilhersteller mit Probandenversuchen nachweisen, dass das DDAW System den Fahrer warnt, sobald er Stufe 7 bzw. 8 auf der Karolinska-Schläfrigkeitsskala (KSS) erreicht hat. Es wird jedoch empfohlen, auch andere Informationen des Fahrverhaltens wie z.B. das Lenkverhalten und die Fahrspurposition bei der Bewertung der Müdigkeit zu berücksichtigen.

Im Zuge des Testprotokolls „Safety Assist Safe Driving“ von Euro NCAP müssen die Fahrzeuge ab 2023 über ein Occupant Status Monitoring System verfügen, welches einen abgelenkten, müden und nicht-ansprechbaren Fahrer erkennen kann, um 2 Punkte in der Box „Safety Assist“ zu erreichen. Die Ablenkung wird dabei in drei Bereiche unterteilt: Lange Ablenkung, kurze/wiederkehrende Ablenkung, Handynutzung.

Die einzelnen Testfälle gliedern sich darüber hinaus in verschiedene Ablenkungsszenarien. Diese können im Zusammenhang mit der Fahraufgabe stehen, wenn der Blick des Fahrers z.B. auf den Seitenspiegel oder das Instrumentencluster gerichtet ist, oder nichts mit der Fahraufgabe zu tun haben, wenn der Fahrer sich den Insassen auf der Rückbank zuwendet. Eine weitere Unterteilung innerhalb des Protokolls findet anhand der Bewegungsform statt. Die Bewegungsform „Owl“ wird von Eule abgeleitet und beschreibt die Blickabwendung des Fahrers, bei welcher der Kopf von der auf die Straße gerichteten Position abweicht.

In Bezug auf die Müdigkeit wird im Euro NCAP Protokoll zwischen Müdigkeit (Drowsiness), Sekundenschlaf (Microsleep) und Schlaf (Sleep) unterschieden. Das ICS System muss erkennen, wenn der Fahrer einen KSS-Wert von mehr als 7 oder ein vergleichbares Maß erreicht (Drowsiness), der Fahrer für bis zu 3 Sekunden die Augen schließt (Sekundenschlaf) oder der Fahrer die Augen für mehr als 3 Sekunden geschlossen hat und damit schläft (Sleep).

Sobald ein müder oder abgelenkter Fahrer entsprechend den vorgestellten Kriterien erkannt wird, soll er eine visuelle und haptische/akustische Warnung erhalten. Im Gegensatz zu den gesetzlichen Anforderungen (delegierten Verordnung (EU) 2021/1341) soll entsprechend dem Euro NCAP Protokoll neben einer Warnung auch ein Eingreifen von Seiten des Fahrzeugs erfolgen.

Zudem dürfen folgende Randbedingungen keinen negativen Einfluss auf die Performance des Systems haben: Belichtung (Tag (100.000 lux) / Nacht (1 lux)), Klare Brillengläser, Sonnenbrillen mit mehr als 70 % Lichtdurchlässigkeit, kurze Gesichtsbehaarung bis zu 20 mm

Länge. Die Untersuchung der Demo-Systeme hinsichtlich der aktiven Fahrzeugsicherheit stellt den größten Testumfang dar.

Abgeleitet von den vergangenen Konsumentenschutzprojekten des ÖAMTC und seinen Partnerclubs wurden weitere Szenarien hinsichtlich der passiven Sicherheit zusammengestellt. In einzelnen Testfällen wurde überprüft, ob das ICS System unterschiedliche Konstellationen des Gurtes erkennen kann, die zu einem erhöhten Verletzungsrisiko des Insassen führen würden. Ebenso wurde überprüft, ob das ICS System die für die Realisierung von adaptiven Rückhaltesystemen notwendigen Informationen liefern kann. Drei Szenarien stammen dagegen aus der Kindersicherheit. Mit diesen kann evaluiert werden, inwieweit das ICS System mögliche Anwendungsfälle eines Child Presence Detection System abdecken und ein Kind ohne notwendigen Kindersitz erkennen kann.

Die Aufgabe der tertiären Fahrzeugsicherheit liegt darin, eine schnellstmögliche und schonende Rettung der Insassen aus dem deformierten Fahrzeug zu ermöglichen. Hierzu werden heute bereits serienmäßig eCall-Systeme in Fahrzeugen verbaut, die bei einem Unfall den Rettungsdienst verständigen und mit notwendigen Informationen wie GPS-Daten versorgen. In-Cabin Sensing Systeme könnten eingesetzt werden, um noch tiefergehende Informationen über den gesundheitlichen Zustand der Insassen zu übermitteln. Hierzu zählt z.B. die Anzahl der Insassen, das Alter der Insassen, die Herzrate/Atemrate und weitere Indikatoren für die Verletzungsschwere.

## 5. Ergebnisse

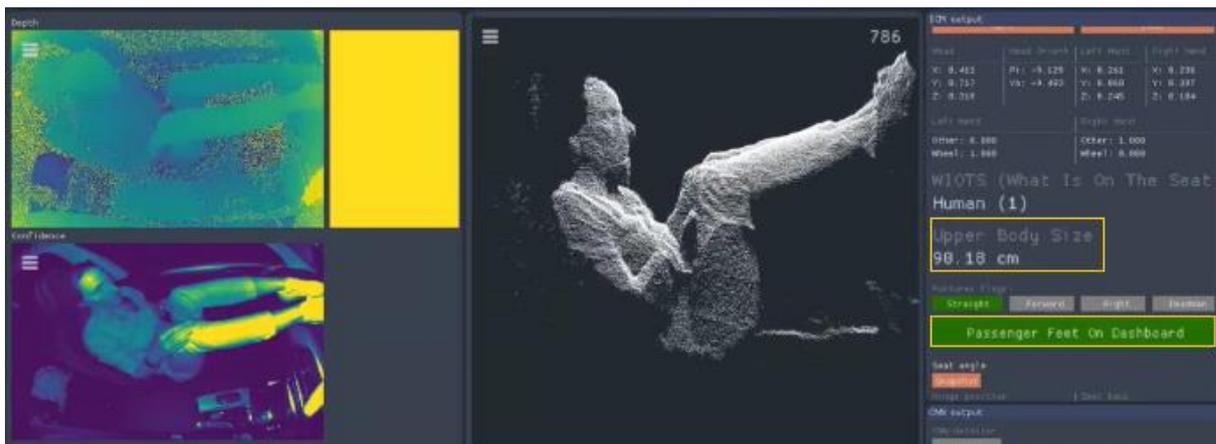
Aufgrund der unterschiedlichen Wirk- und Einsatzbereiche wurden in Abhängigkeit des jeweiligen ICS Systems nur Teile des gesamten Testprotokolls abgeprüft.

Es handelt sich bei vorliegendem Test nicht um einen Vergleich zwischen den Systemen, sondern um die Darstellung der Einsatzmöglichkeiten von ICS Systemen in der primären, sekundären und tertiären Fahrzeugsicherheit. Alle vier Systeme arbeiten mit einer Infrarot-Kamera, welche an unterschiedlichen Orten im Fahrzeuginnenraum montiert werden kann. Liegt der Fokus allein auf dem Fahrer (Driver Monitoring System) wird sie häufig an der A-Säule oder oberhalb der Lenksäule verbaut. Um neben der Blickrichtung des Fahrers auch dessen Körperhaltung und weitere Insassen abdecken zu können, wird der Sensor im Bereich des Dachmodul/Beleuchtungsmodul, am Rückspiegel oder auf dem Armaturenbrett befestigt. Die Hersteller sind darauf bedacht, die Systeme so in den Fahrzeuginnenraum zu integrieren, dass der Fahrer nicht direkt darauf aufmerksam wird.

## 5.1. Sony Depthsensing Solutions

Das ICS System von Sony Depthsensing Solution erstellt auf Basis der von der Kamera erzeugten Informationen eine dreidimensionale Punktwolke des Insassen und des Fahrzeuginnenraums. Hierdurch können Parameter wie der Abstand des Kopfes zur Kopfstütze (Heckaufprall), der Abstand zwischen Schulter und Sitz, das Körpervolumen, die Höhe des Oberkörpers und die Körperhaltung zur Erkennung von „Out-of-Position“ bestimmt werden.

Abbildung 11: ICS System von Sony Depthsensing Solution - Erkennung der Sitzposition "Out-of-Position"



Quelle: Sony

Des Weiteren kann das ICS System von Sony erkennen, ob der Fahrer die Hände am Lenkrad hat. Das Testprotokoll in Bezug auf die primäre/aktive Sicherheit wurde nicht überprüft, da sich Sony einerseits auf Anwendungen in der sekundären und tertiären Sicherheit spezialisiert und andererseits die Kamera hierfür nicht die optimale Position im Fahrzeuginnenraum annimmt. Zudem kann das System Objekte wie ein Mobiltelefon als solches klassifizieren und bei einer Blickzuwendung eine Warnung erzeugen. Umgebungsbedingungen wie Helligkeit oder Sonnenlicht haben nahezu keinen Einfluss auf die Performance des Systems. In Bezug auf die tertiäre Sicherheit ist das ICS System von Sony in der Lage, das Alter der Insassen in Intervallen zu detektieren. Neben den sicherheitsrelevanten Funktionen wirbt Sony damit, dass mittels des iToF Sensors der Fahrer über eine Face-ID identifiziert, das entsprechend hinterlegte Profil geladen und so der Komfort erhöht werden kann.

## 5.2. Ford

Im Gegensatz zu den anderen vorgestellten Systemen war das ICS System von Ford in einem Prototypen-Fahrzeug verbaut und für Testfahrten zu Verfügung gestellt. In allen Testszenarien

der „Long Distraction“ wurde der Fahrer gewarnt. Die Ablenkung „Short Distraction“ liegt nicht im Einsatzbereich dieses ICS Systems, da der Fahrer bei keinem der abgeprüften „Short Distraction“-Szenarien eine Warnung erhielt. Die Szenarien „Phone Use“ sind eine Unterkategorie von „Short Distraction“. Es wurde jedoch überprüft, ob der Fahrer bei den „Phone Use“ Testfälle unter den Bedingungen der „Long Distraction“ eine Warnung erhält. Der Fahrer wurde im Durchschnitt nach circa 5,8 Sekunden mit einem visuellen und akustischen Hinweis gewarnt. Im Rahmen der Testfahrten war es nicht möglich, Müdigkeit repräsentativ abzubilden. In der nachfolgenden Abbildung sind beispielhaft einige der Testfälle im Bereich Ablenkung und Müdigkeit dargestellt, bei denen der Fahrer einen Hinweis im Instrumentencluster erhalten hat.

Abbildung 12: ICS System von Ford - Auszug aus den getesteten Szenarien aus dem Bereich Ablenkung und Fatigue



Quelle: ADAC e.V.

Verschiedene Lichtbedingungen verursachten keinen negativen Einfluss. Auch in verschiedenen Sitzpositionen wurde der Fahrer zuverlässig gewarnt. Eine Sonnenbrille, ein Hut, eine Maske oder auch lange Haare, die die Augen teilweise verdecken, schränkten die Systemperformance nicht ein. Lediglich ein Vollbart begrenzte die Sicht der Kamera auf das Gesicht so stark ein, dass die Systemgrenzen erreicht wurden.

Da das In-Cabin Sensing System von Ford ein Driver Monitoring System ist und sich damit vor allem auf die aktive Sicherheit fokussiert, liegt keines der Testszenarien bezüglich der sekundären und tertiären Sicherheit im Wirkbereich des Systems.

### 5.3. DTS/XPERI

Zur Detektion eines abgelenkten Fahrers bestimmt das In-Cabin Sensing System von DTS/XPERI die Neigung des Kopfes und die Blickrichtung der Augen. Ist der Blick des Fahrers nicht nach vorne auf die Straße gerichtet, gilt er entsprechend dem Euro NCAP Protokoll als abgelenkt. Das ICS System von DTS/XPERI konnte sowohl die Ablenkung, bei welcher der gesamte Kopf bewegt wird (Owl), als auch die, bei der lediglich die Augen nicht auf die Straße sehen (Lizard), detektieren. Die Daten werden in Echtzeit verarbeitet und analysiert. Sobald ein neuer Zündzyklus beginnt, wird das gesamte System auf null gesetzt.

Abbildung 13: ICS System von DTS/XPERI – Detektion eines abgelenkten Fahrers



Quelle: DTS/XPERI

Das In-Cabin Sensing System von DTS/XPERI kann in Bezug auf die Ablenkung durch ein Mobiltelefon dieses detektieren. Die Erkennung eines Handys führt nicht direkt zu einer Warnung, sondern nur in Kombination mit einer Blickzuwendung zum Telefon bzw. Blickabwendung von der Straße. Lediglich bei zwei der von Euro NCAP vorgegebenen Szenarien konnte keine Ablenkung detektiert werden: Phone held in view of windscreen, Phone mounted in forward views of windscreen. Hier befand sich das Mobiltelefon außerhalb des Abdeckungsbereichs der In-Cabin Sensing Kamera. Das Szenario „Müdigkeit“ konnte im Rahmen der Demo nicht abgeprüft werden. Jedoch konnte dargestellt werden, dass die Kamera die Augenlidöffnung über die Zeit misst und dadurch die Müdigkeit des Fahrers abgeschätzt werden kann.

Umgebungsbedingungen, wie die Helligkeit oder Sonneneinstrahlung, haben nur in Ausnahmefällen einen Effekt auf die Funktionstüchtigkeit des Systems. Zudem hatten verschiedene Verdeckungen des Gesichts keinen Einfluss darauf, ob der Insassen und dessen Blickrichtung erkannt wird. Auch Personen in unterschiedliche Sitzpositionen (kleine Person sitzt weit vorne, große Person weit entfernt vom Lenkrad) können mit dem System aufgrund des großen Öffnungswinkels der Kamera abgedeckt werden. Die Sitzposition des Fahrers und Beifahrers hat jedoch einen Einfluss auf das Sichtfeld der Kamera auf die zweite Sitzreihe.

Das In-Cabin Sensing System von DTS/XPERI fokussiert sich auf die Funktionen eines Driver Monitoring Systems, weshalb das System nur wenige Testszenarien der sekundären und tertiären Sicherheit abdeckt. Das System ist größtenteils in der Lage, die Insassen als Kind oder Erwachsenen zu klassifizieren. Außerdem ist es möglich, dass das Fahrzeug Personen wiedererkennt. In Bezug auf das Testprotokoll können die Szenarien „Not belted“ und „Belt fastened behind the occupant“ erfüllt werden.

Das in-Cabin Monitoring System der Firma DTS/XPERI erlaubt eine umfassende Erkennung des Fahrzeuginnenraumes, welches die Umsetzung verschiedener Komfort- und Sicherheitsfunktionen für den Fahrer und die Insassen ermöglicht, und so einen kundenwerten Mehrwert schafft. Dies gilt vor allem für die primäre Sicherheit. Im Bereich der sekundären und tertiären Sicherheit gibt es hingegen Komplexitäten, die bei der Implementierung von Funktionalitäten im Zusammenhang mit der passiven Sicherheit sowie der allgemeinen Verfügbarkeit zu berücksichtigen sind.

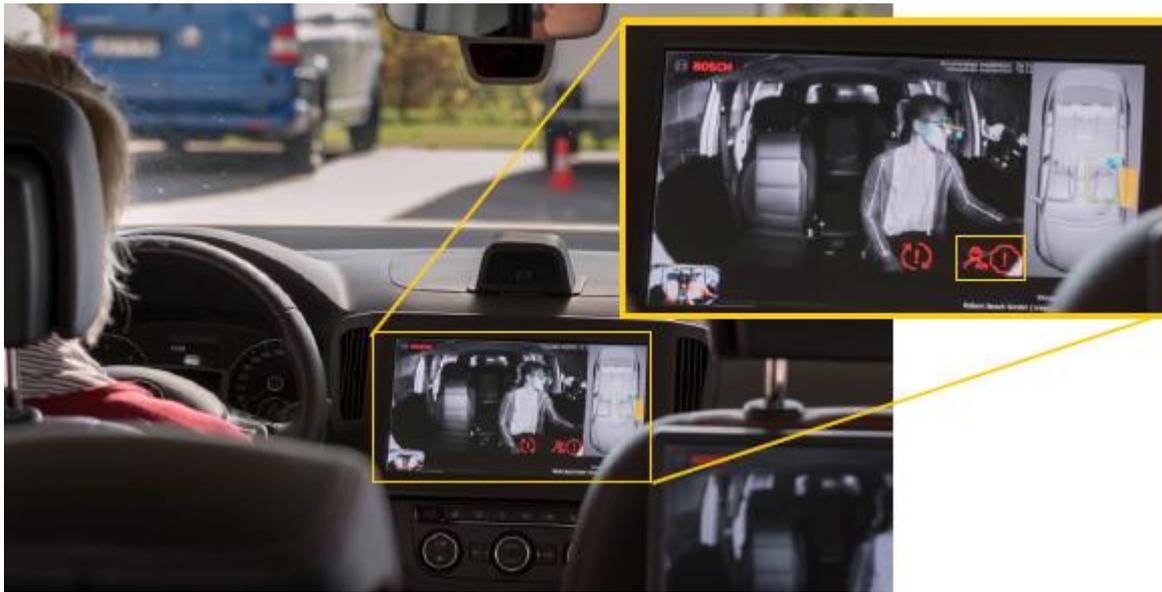
#### **5.4. Bosch**

Das In-Cabin Sensing System von Bosch basiert ebenfalls auf einer Infrarot-Kamera. Mit diesem System zielt Bosch darauf ab, die geltenden und kommenden gesetzlichen und Verbraucherschutzrechtlichen Anforderungen zu erfüllen. Aus diesem Grund liegt der Fokus vorrangig auf der aktiven Sicherheit. Zur Detektion der Ablenkung des Fahrers wird die Neigung des Kopfes und die Blickrichtung der Augen bestimmt (sog. „Gaze Direction“).

Um einen abgelenkten Fahrer zu detektieren, wird der Fahrzeuginnenraum in Zonen unterteilt. Diese Zonen werden als für die Fahraufgabe relevant (z.B. Rückspiegel, Außenspiegel, Cluster, etc.) oder nicht relevant (z.B. Fußraum Beifahrer) klassifiziert.

Aufgrund der eingeschränkten Zeit während der Demo war es nicht möglich, das gesamte Protokoll nach Vorgaben von Euro NCAP zu testen. Es wurden lediglich folgende Hauptkriterien überprüft: Lange Ablenkung, kurze/wiederkehrende Ablenkung, Handynutzung, Owl, Lizard.

Abbildung 14: ICS System von Bosch – Detektion eines abgelenkten Fahrers



Quelle: ADAC e.V.

Obwohl das Szenario „Müdigkeit“ im Rahmen der Demo nicht abgeprüft werden konnte, war ersichtlich, dass die Kamera die Augenöffnung über die Zeit misst und dadurch die Müdigkeit des Fahrers abgeschätzt werden kann.

Umgebungsbedingungen, wie Helligkeit oder Sonneneinstrahlung, haben keinen bzw. nur geringen Effekt auf die Funktionstüchtigkeit des Systems. Das Tragen einer Gesichtsmaske, einer Cap, einer Sonnenbrille oder eines Bartes schränken die Performance des Systems nicht ein. Zudem ist das ICS System von Bosch in der Lage nicht nur ein Handy als Objekt zu detektieren, sondern kann auch einen Kaffeebecher oder einen Müllriegel erkennen. Dadurch können verschiedene Tätigkeiten des Fahrers, die zur Ablenkung führen, spezifiziert werden.

Das ICS System von Bosch fokussiert sich auf die Funktionen eines Driver Monitoring und Occupant Monitoring Systems, um die gesetzlichen und konsumentenschutzrechtlichen Anforderungen im Bereich der aktiven Fahrzeugsicherheit zu erfüllen. Demzufolge können derzeit nur wenige Einsatzmöglichkeiten in der sekundären und tertiären Sicherheit abgebildet werden.

Um die Akzeptanz und das Vertrauen der Nutzer in das In-Cabin Sensing System zu erhöhen, bietet Bosch auf Wunsch des Herstellers an, einige Komfortfunktionen zu implementieren. So kann z.B. die Gestaltung des HMI bzw. die Gestensteuerung des Fahrers verbessert werden.

## 6. Fazit

Drei der vier Systeme wurden vordergründig für den Einsatz in der aktiven Sicherheit entwickelt und können bereits heute große Teile des ab 2023 geltenden Euro NCAP Protokolls erfüllen. Die Systeme zeigten lediglich Schwächen, wenn eine spezifische Verdeckung des Gesichtes (z.B. durch langes Gesichtshaar) auftrat oder das Objekt, das zu Ablenkung führt, außerhalb des Abdeckungsbereich des Sensors lag. Das Testszenario „Müdigkeit“ konnte nicht repräsentativ dargestellt werden und wurde daher bei keinem der Systeme überprüft. Da sich steigende Müdigkeit jedoch sehr unterschiedlich bei den Menschen äußert, ist es recht schwierig, diese eindeutig zu detektieren. Zur Verbesserung der Erkennung eines müden Fahrers berücksichtigen die Hersteller neben der Augenlidöffnung häufig weitere Informationen wie Fahrzeit, Uhrzeit oder Lenkverhalten über die Fahrdauer.

Zur Bestimmung der Quelle der Ablenkung können einige der Systeme auch Objekte als solche detektieren. Zu diesen Objekten zählen z.B. Mobiltelefone aber auch Kaffeebecher, Trinkflaschen und Müsliriegel. In Kombination mit einer bestimmten Bewegung (z.B. Kaffeebecher zum Mund führen) kann das System erkennen, um welche Art der Ablenkung es sich handelt und die Kritikalität für die Fahrsicherheit bewerten.

Da sich die Hersteller darauf konzentrieren, die geltenden und kommenden gesetzlichen und Verbraucherschutzrechtlichen Anforderungen in Bezug auf die aktive Sicherheit zu erfüllen, handelte es sich bei den **vier Systeme ausschließlich um direkte Systeme**. Diese Systeme nutzen die Kamera im Innenraum, um Müdigkeit und Ablenkung anhand der Blickrichtung, Augenlidöffnung, Neigung des Kopfes und Körperhaltung zu ermitteln. Indirekte Informationen wie z.B. die Fahrdauer oder das Lenkverhalten werden zur Validierung der Informationen aus der Kamera genutzt.

Gemäß der delegierten Verordnung (EU) 2021/1341 müssen die geltenden datenschutzrechtlichen Gesetze eingehalten werden. Dies war auch bei den untersuchten ICS Systemen der Fall, da keine Bilddaten gespeichert werden, sondern nur indirekte Informationen wie Augenlidöffnung oder Blickrichtung verarbeitet werden. Zudem verlassen die Daten das Fahrzeug nicht. Um jedoch einige der Komfortfunktionen zu ermöglichen, müssen Daten gespeichert werden, wozu die Einwilligung des Fahrers von Nöten ist. Nur durch die Speicherung der Daten, kann die Person als solche erkannt werden und z.B. der Sitz in die passende Position gefahren oder der präferierte Radiosender eingestellt werden.

ICS-Systeme warnen den Lenker lediglich bei Müdigkeit, Ablenkung oder einem körperlichen Unvermögen. Falls dieser nicht rechtzeitig eingreift, können die Unfälle nicht verhindert werden. Aus diesem Grund ist **zu empfehlen, dass ICS Systeme mit**

**Fahrassistenzsystemen verknüpft werden.** Um die Akzeptanz und das Vertrauen der Lenker in die Systeme zu erhöhen, ist die **Rate an Fehlauslösungen so gering wie möglich** zu halten. Die Funktionalität der Systeme darf nicht durch körperliche Eigenschaften der Insassen eingeschränkt werden.

Eine Warnung des In-Cabin Sensing Systems kann den Lenker dabei unterstützen, rechtzeitig eine Pause einzulegen und so Unfälle, die durch Müdigkeit oder Ablenkung begünstigt werden, vermeiden. Jedoch sollte der Lenker nicht auf einen Hinweis des Systems warten, bis er eine Fahrtunterbrechung vornimmt. **Das ICS System ersetzt nicht die aufmerksame Selbstbeobachtung.**

## 7. Verzeichnisse

### 7.1. Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: UNFALLVERMEIDUNGSPOTENTIAL VON ICS-SYSTEMEN AUF BASIS DER UNFÄLLE AUF AUTOBAHNEN UND FREILANDSTRAßEN 25 JAHRE NACH MARKTEINFÜHRUNG .....	7
---	---

### 7.2. Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: DER DURCH ICS SYSTEME THEORETISCH ADRESSIERBARE ANTEIL AN UNFÄLLEN AUF AUTOBAHNEN UND FREILANDSTRAßEN .....	6
ABBILDUNG 2: ANTEIL DER BESTANDSFahrzeuge, DIE IM VERLAUF VON 25 JAHREN NACH DER MARKTEINFÜHRUNG ÜBER EIN ICS-SYSTEM VERFÜGEN .....	7
ABBILDUNG 3: ÜBERSICHT DER ZUR VERFÜGUNG GESTELLTEN VIER IN-CABIN SENSING SYSTEME.....	8
ABBILDUNG 4: INNENRAUM UND MONTAGEORT DES ICS SYSTEMS IM DEMO-FAHRZEUG VON SONY DEPTHSENSING SOLUTIONS .....	8
ABBILDUNG 5: FUNKTIONSWEISE UND DETEKTIONEN DES SYSTEMS VON SONY .....	9
ABBILDUNG 6: INFRAROT-KAMERA UND FUNKTIONSWEISE DES DRIVER MONITORING SYSTEM EINES TESTFAHRZEUGS VON FORD .....	10
ABBILDUNG 7: EINTEILUNG DES FAHRZEUGINNENRAUMS IN EINEN GRÜNEN, GELBEN UND ROTEN BEREICH ZUR DETEKTION EINES ABGELENKTEN LENKERS .....	11
ABBILDUNG 8: FAHRZEUGINNENRAUM DES DEMO-FAHRZEUGS VON BOSCH INKLUSIVE DES ICS SYSTEMS.....	12
ABBILDUNG 9: FUNKTIONSWEISE DES ICS SYSTEMS VON BOSCH BEI ABGELENKTEM FAHRER MIT BLICK AUS DEM RECHTEN FENSTER .....	12
ABBILDUNG 10: EINTEILUNG DER FAHRZEUGSICHERHEIT IN DREI PHASEN: PRIMÄRE, SEKUNDÄRE UND TERTIÄRE FAHRZEUGSICHERHEIT .....	13
ABBILDUNG 11: ICS SYSTEM VON SONY DEPTHSENSING SOLUTION - ERKENNUNG DER SITZPOSITION "OUT-OF-POSITION" .....	16
ABBILDUNG 12: ICS SYSTEM VON FORD - AUSZUG AUS DEN GETESTETEN SZENARIEN AUS DEM BEREICH ABLENKUNG UND FATIGUE .....	17
ABBILDUNG 13: ICS SYSTEM VON DTS/XPERI – DETEKTION EINES ABGELENKTEN FAHRERS .....	18
ABBILDUNG 14: ICS SYSTEM VON BOSCH – DETEKTION EINES ABGELENKTEN FAHRERS ...	20