

Schlussbericht für das BMBF-Forschungsvorhaben



Personalisierte, **adaptive**, **kooperative** Systeme
für automatisierte Fahrzeuge

der BMW AG

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

1 Inhaltsverzeichnis

I. Kurzdarstellung zum Projekt PAKoS	3
1. Aufgabenstellung.....	3
2. Voraussetzungen unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde	4
3. Planung und Ablauf des Vorhabens	4
4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde.....	6
5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	7
II. Eingehende Darstellung	7
1. Verwendung der Zuwendung und erzielte Ergebnisse	7
1.1. Darstellung der Aktivitäten und Beteiligungen im Projektverlauf	7
1.2. Kurze Darstellung der inhaltlichen Beiträge.....	8
1.3. Referenzen	17
2. Wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	18
3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	18
4. Nutzen und Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans	18
5. Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen.....	18
6. Erfolgte oder geplanten Veröffentlichungen der Ergebnisse.....	18

I. Kurzdarstellung zum Projekt PAKoS

Automatisierte Fahrzeuge werden den Fahrer zukünftig nicht nur entlasten, sondern streckenweise sogar ganz von der Fahrverantwortung befreien. Dennoch wird es immer wieder Situationen geben, in denen das Fahrzeug die Kontrolle an den Fahrer zurückgeben wird, beispielsweise wenn die Autobahn verlassen werden soll oder die Spurführung in einer Baustelle ein automatisiertes Durchfahren nicht erlaubt. Sowohl bei diesen Übergaben als auch während der Nutzung der automatisierten Fahrfunktionen ist es das Ziel, die Interaktion zwischen dem Menschen und dem automatisierten Fahrzeug optimal zu gestalten. In PAKoS wurde als Lösungsansatz die Entwicklung eines an den Menschen adaptierenden Systems verfolgt.

Grundlage ist dabei die Beobachtung des Fahrzeuginnenraums und die darauf basierende Erkennung des Fahrerzustands. Führt er beispielsweise gerade eine fahrfremde Tätigkeit durch, die seine Übernahmebereitschaft ggf. beeinflusst? Diese Information kann in ein Nutzerprofil gespeist und zur Anpassung der Automation genutzt werden. Durch die Übertragbarkeit des Nutzerprofils auf verschiedene Fahrzeuge können personalisierte Parameter übernommen werden. In Situationen der Übergabe der Fahrzeugkontrolle werden shared control-Ansätze im Projekt gestaltet und untersucht, um den Fahrer optimal zu unterstützen.

Durch die Entwicklung eines sicheren, ganzheitlichen und durchgängigen Konzeptes für eine individualisierte und personalisierte Kooperation zwischen Fahrer und automatisiertem Fahrzeug kann eine Grundbedingung für die Zulassung zukünftiger hochautomatisierter Fahrzeuge geschaffen werden.

1. Aufgabenstellung

Um das Ziel des Verbundvorhabens, die Entwicklung und Umsetzung eines personalisierten Kooperationsmanagers, der die Interaktion zwischen Mensch und automatisiertem Fahrzeug optimiert, zu erreichen wurden im Projekt vier Teilbereiche (Abbildung 1) bearbeitet:

1. Erkennung des Nutzerzustandes: Um die Fahrerverfügbarkeit abschätzen und damit auch berücksichtigen zu können, ist die Erfassung des Innenraums und das Erkennen und Verstehen des Fahrerzustands insbesondere der durchgeführten fahrfremden Tätigkeiten Voraussetzung.
2. Personalisierung und Nutzerprofilbildung: Dieser Teilbereich umfasst die Umsetzung eines elektronischen, portablen Fahrerprofils, das die individuellen Leistungs- und Komfortparameter des Fahrers enthält und auf einem persönlichen Device wie dem Smartphone des Nutzers gesichert wird.
3. Personalisierte Adaption und Kooperation der Automation: Über kooperative Ansätze soll zum einen in Übergabeszenarien eine verständliche und kontext- und nutzeradäquate Handlungsunterstützung erzielt werden. Andererseits sollen die im Fahrerprofil hinterlegten Informationen zusätzlich für die Adaption von Grundeinstellungen sowie des Verhaltens von Fahrerassistenzsystemen für das hochautomatisierte Fahren verwendet werden.
4. Gestaltung kooperativer Interaktions- und Nutzerschnittstellenkonzepte: Es soll für die fahrkooperativen Szenarien erforscht werden, wie (Zustands-) Information bzw. Handlungsanweisungen zwischen den beiden Kooperationspartnern Mensch und Maschine multimodal ausgetauscht werden können, um gemeinsame Handlungen oder Übergaben zu unterstützen sowie präferierte Handlungsalternativen zu forcieren.

Diese vier Bausteine der Kooperation sollten prototypisch in einem Demonstrator umgesetzt und erlebbar gemacht werden. Begleitende Studien zur Gebrauchstauglichkeit sowie eine abschließende Nutzerstudie dienen der zielgerichteten Entwicklung der geschilderten Umfänge.

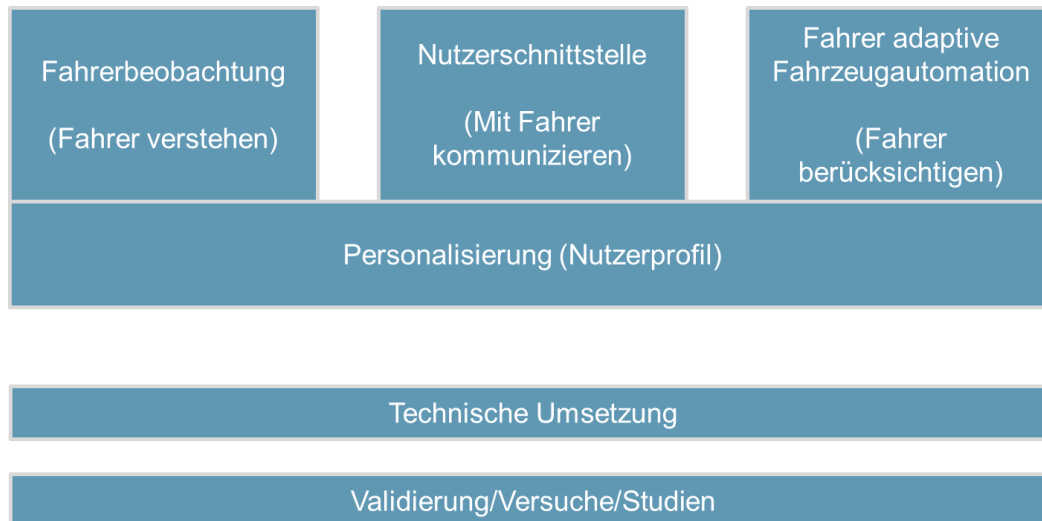


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Teilbereiche des Projekts

2. Voraussetzungen unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Die Entwicklung von Fahrfunktionen mit höheren Automatisierungsgraden, die den Fahrer über weite Strecken entlasten, in bestimmten Situationen jedoch eine Rück-Übernahme der Fahrzeugführung erfordern, sowie die zunehmende Nutzung neuartiger Mobilitätskonzepte wie Car-Sharing, stellen neue Herausforderungen an die Gestaltung der Nutzerschnittstellen und Interaktion. Die Systeme müssen mit dem jeweiligen Menschen kooperieren und dabei sein individuelles Leistungsvermögen berücksichtigen. Sowohl Fahrer als auch Fahrzeug benötigen ein weitreichendes Verständnis des jeweilig anderen und wirken auf dessen Handlungsmöglichkeit ein. Voraussetzung für die Berücksichtigung der Fahreraufmerksamkeit ist daher die Erfassung und Interpretation der Fahreraufmerksamkeit. Auch auf der Handlungsebene können kooperative regelungstechnische Ansätze dazu beitragen, die Transitionen sicherer und komfortabler zu gestalten. Die Personalisierbarkeit von Fahr- und Infotainment-Funktionen mittels einer App ermöglicht darüber hinaus die Berücksichtigung individueller Bedürfnisse – auch in verschiedenen Fahrzeugen wie z.B. im Falle von Car-Sharing.

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Projektvorhaben gliederte sich in folgende Arbeitspakete:

- Anforderungsdefinition und Szenarienanalyse (AP1): In diesem Arbeitspaket wurden zum einen die Anforderungen an die Teilfragestellungen des Projektes definiert, die die Grundlage für alle anderen Arbeitspakete darstellte. Zum anderen wurden diejenigen Szenarien definiert, die in den Teilfragestellungen genutzt wurden.
- Datenerfassung für die Innenraumerfassung (AP2): Die Datensammlung von beispielhaften Handlungen und Ablenkungsszenarien im Innenraum bildete die Grundlage für das Training und Modellieren von Systemen zur Klassifikation von Handlungen und Aktivitäten.

- Nutzerzustandserkennung (Innenraum- & Personenerfassung) (AP3): Ziel dieses Arbeitspaketes war die Erkennung von Personen, deren Handlungen, (komplexeren) Aktivitäten und Situationen im Innenraum.
- Personalisierung & Nutzerprofil (AP4): Dieses Arbeitspaket beinhaltete die Entwicklung eines Nutzerprofils als Ausgangspunkt für eine spätere Personalisierung und Adaption von Funktionen im Fahrzeug
- Adaption der automatisierten Funktionen und Kooperationsfunktionen (AP5): Das Arbeitspaket befasste sich mit der Personalisierung und Adaption von (Fahrerassistenz-) Funktionen im Fahrzeug auf Basis des hinterlegten Nutzerprofils. Zweiter Schwerpunkt waren die Umsetzung von Regelungskonzepten für eine kooperative Fahrzeugübergabe
- Interaktions- und Nutzerschnittstellengestaltung (AP6): Entwicklung und Umsetzung (haptischer und multimodaler) Interaktions- und Nutzerschnittstellenkonzepte
- Kooperationsmanager und Architektur (AP7): Entwicklung einer Referenzarchitektur sowie des Kooperationsmanagers als zentrale Komponenten für die Umsetzung personalisierter und adaptiver Systeme in automatisierten Fahrzeugen
- Fahrzeugintegration (AP8): Integration der in den anderen Arbeitspaketen entwickelten Einzelkomponenten in ein Versuchsfahrzeug
- Nutzerstudien und Evaluation (AP9): Es wurden begleitend Probandenstudien sowohl im Simulator als auch abschließend im Versuchsfahrzeug durchgeführt.
- Technikfolgenabschätzung (AP10): Über den Projektverlauf wurde die fortwährende Auseinandersetzung mit ethischen, rechtlichen und sozialen Implikationen und Diskussion von ELSI-Fragestellungen im Zusammenhang mit den Projektinhalten angestrebt.
- Projektmanagement (AP11)
- Datenschutz und Datensicherheit (AP12): In diesem Arbeitspaket wurden u.a. die datenschutzrechtlichen Anforderungen analysiert.

Abbildung 2 gibt einen guten Überblick über die Verzahnung der einzelnen Arbeitspakete:

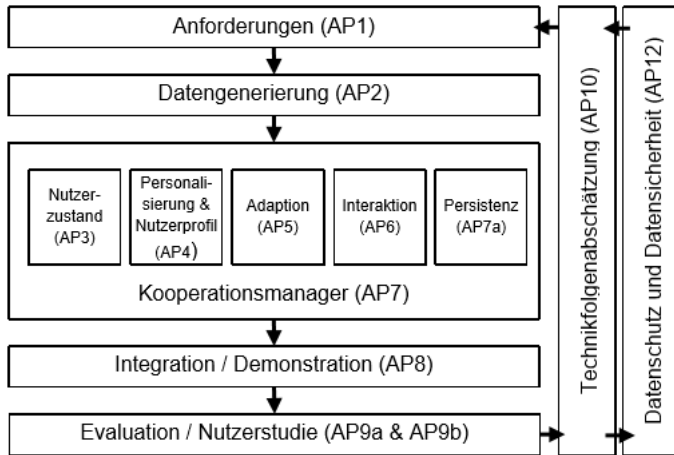


Abbildung 2: Überblick über die Arbeitspakete und deren Zusammenwirken

Die Bearbeitung der Arbeitspakete erfolgte durch ein interdisziplinäres Konsortium aus Forschung und Industrie (Abbildung 3)



Abbildung 3: Übersicht über die Verbundpartner

4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Die Entwicklungen im Bereich des automatisierten Fahrens und im Speziellen der Schritt vom teilautomatisierten zum hochautomatisierten Fahren stellt einen Paradigmenwechsel dar, der sich auch speziell auf die Fahrer-Fahrzeug-Interaktion auswirkt. Während die Personalisierung und Individualisierbarkeit vieler anderer fahrzeugbezogener Funktionen bereits gang und gäbe ist, fehlen derartige Konzepte und Lösungen beim hochautomatisierten Fahren für eine adäquate individuelle Interaktion zwischen Mensch und Maschine. Für die adäquate Gestaltung der Fahrfunktionen und der Kontrollübergabe fehlten zu Projektbeginn aus wissenschaftlicher Sicht Erkenntnisse in den Bereichen der Personalisierung und Unterstützung der Kontrollübergabe an den Fahrer mittels regelungstechnischer Konzepte, die den Fahrer optimal unterstützen. Die Weiterentwicklung der Erfassung und Interpretation des Innenraums ist dafür maßgeblich. Neben den erarbeiteten

Teillösungen der Partner war die Vernetzung dieser zu einem ganzheitlichen Kooperations-Konzept ein weiterer wichtiger Beitrag.

Wie im späteren Teil des Berichts detaillierter ausgeführt konnte die BMW AG im Projekt zu den einzelnen Themen (Personalisierung, verfügbare Sensoren zur Innenraum-Überwachung, Transitionskonzepte) mit Informationen zu aktuellen Konzepten, Anforderungen und verfügbaren Komponenten beitragen.

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die relevanten Erkenntnisse aus anderen (Förder-) Projekten (z.B. Ko-HAF [1]), an denen die BMW AG beteiligt war, wurden sinnvoll in das Projekt eingebracht. Die Projektpartner erhielten außerdem Einblick in die Anforderungen und Prozesse in der Entwicklung von automatisierten Fahrfunktionen. Alle im Rahmen des Projekts erzielten (Zwischen-) Ergebnisse wurden innerhalb der BMW AG stets mit den beteiligten Bereichen diskutiert und Feedback dazu eingeholt.

II. Eingehende Darstellung

1. Verwendung der Zuwendung und erzielte Ergebnisse

1.1. Darstellung der Aktivitäten und Beteiligungen im Projektverlauf

Die BMW AG war im Rahmen zahlreicher Workshops und themenbezogener und regelmäßiger Telefonkonferenzen an der Bearbeitung der einzelnen Teilprojekte beteiligt:

- Am 30.01.2017 fand der PAKoS Projekt-Kick-Off in Karlsruhe am FZI (Forschungszentrum Informatik am Karlsruher Institut für Technologie) statt. Im Rahmen des Kick-Off haben wir uns als Projektpartner vorgestellt und unsere Arbeitsschwerpunkte dargestellt.
- In einem Anforderungsworkshop am 10. und 11.04.2017 an der Technischen Universität München, wurden alle Anforderungen der Projektpartner vorgestellt und anschließend ausgiebig diskutiert.
- Im Nachgang wurden die Szenarien für das Thema Adaptivität vertieft und in weiteren Telefonkonferenzen mit den Partnern abgeglichen. Im Rahmen dieser Anforderungsanalyse wurden bestimmte Verkehrssituationen (Straßentyp, Geschwindigkeitsbereich), Nutzercharakteristika (Fahrerzustand, fahrfremde Tätigkeiten, Systemerfahrung) und mögliche Stories / Use Cases erarbeitet.
- Die BMW AG nahm regelmäßig an Präsentationen von Teilergebnissen (z.B. aus den durchgeführten Studien oder dem Nutzerprofilworkshop) teil, gab dazu Rückmeldung und beteiligte sich an der Diskussion.
- Beim Projekttreffen am 07.11.2018 an der TU München haben mehrere Experten aus verschiedenen Bereichen teilgenommen. Bei diesem Projekttreffen wurde zum einen der aktuelle Stand des gesamten Projektes anhand der verschiedenen Arbeitspakete aufgezeigt

und diskutiert. Zum anderen erfolgte eine erste Grobplanung und Diskussion des in 2019 anstehenden Realfahrzeugversuchs. Die BMW AG gab bei dem Treffen Feedback zu den einzelnen Arbeitspaketen und beteiligte sich bei der Planung der Realfahrzeugstudie hinsichtlich Versuchsplanung, Fragestellung und Machbarkeit.

- Zur weiteren Ausplanung der Realfahrzeugstudie wurden zunächst in einem BMW-internen Workshop am 21.11.2018 mögliche Versuchsvarianten diskutiert und hinsichtlich ihrer Wirksamkeit und Machbarkeit bewertet und es wurden die aus BMW Sicht relevanten Forschungsfragen identifiziert und formuliert. (Beispiel: Wie hoch ist die Akzeptanz der Kunden für die Adaption des Fahrstils des automatisierten Fahrzeugs aufgrund ihres eigenen Fahrverhaltens?)
- In weiteren Telefon-Konferenzen am 26.11. und 6.12.2018 wurden die Forschungsfragen der unterschiedlichen Projektpartner vorgestellt und diskutiert. Der u.a. von der BMW AG vorgeschlagene Fokus der Studie wurde von den Projektpartnern bestätigt. Die Partner sammelten mögliche Versuchsstrecken (auch die Testgelände von BMW in Maisach und Aschheim wurden in Erwägung gezogen). Schlussendlich fiel die Wahl jedoch auf das TRIWO Testgelände, wo später auch die Abschlussveranstaltung des Projektes stattfand.
- Am 14. Und 15.11.2019 fand schließlich die Abschlusspräsentation des Projektes – ebenfalls auf dem TRIWO Testgelände in Pferdsfeld statt. Die BMW AG war an beiden Tagen vertreten. Der erste Tag diente der projektinternen abschließenden Ergebnisdarstellung und -diskussion. Am zweiten Tag wurden die Ergebnisse dann öffentlich vorgestellt.

1.2. Kurze Darstellung der inhaltlichen Beiträge

Die BMW AG hat im Projekt und insbesondere bei der Anforderungsdefinition Input zu den Kernthemen Personalisierung, verfügbare Seriensensorik für die Innenraumüberwachung und zum Thema Übernahmezeiten beim hochautomatisierten Fahren geliefert, der im Folgenden detaillierter ausgeführt wird.

Personalisierung & Nutzerakzeptanz

Der Aspekt der Personalisierung von fahrzeugbezogenen Funktionen wird in der Industrie bereits seit einigen Jahren fokussiert. Im Rahmen der zunehmenden Digitalisierung im automobilen Kontext steigern sich einerseits die Möglichkeiten der Individualisierung aber auch die entsprechenden Erwartungen von Seiten der Fahrzeugnutzer. Letzteres ist nicht zuletzt der generellen Digitalisierung und Dynamisierung des persönlichen Umfelds zuzuschreiben, welches sich in den vergangenen Jahren vermehrt in den digitalen bzw. virtuellen Raum erweitert hat. Der Umgang mit CE-Geräten und verschiedenen App-Ökosystemen ist mittlerweile den meisten Menschen vertraut und die allgemeine Technologie-Akzeptanz ist hoch.

Dies spiegelt sich auch im Fahrzeugkontext wieder: so dient die *BMW Connected App* im Zusammenspiel mit dem Digital-Paket *BMW ConnectedDrive* [3] der Übersicht und Ansteuerung verschiedenster Funktionalitäten, die vor einigen Jahre nicht oder nur manuell möglich gewesen wären. Ähnliche Angebote sind bei den meisten Anbietern zu finden. Dabei spielt die Integration eigener CE-Geräte (v.a. Smartphones) und 3rd-Party-Diensten (Spotify, Amazon Prime, etc.) ins

Fahrzeug eine große Rolle: die Nutzer erwarten ständigen Zugriff auf persönliche Daten und Digitale Dienste wie z.B. Telefonie, SMS, Messenger, Videoportale und viele mehr.

Aufgrund der dauerhaften Verwendung der genannten Dienste akzeptieren die meisten Kunden bereitwillig gängige Nutzungsbedingungen wie die Zustimmung zur Sicherung von Daten sowohl auf dem eigenen Smartphone als auch in der Cloud. Generell gilt diese Akzeptanz, solange durch eine solche Datenhaltung ein Mehrwert geboten wird; siehe dazu auch die Billigung von personalisierter Werbung im Internet und auf Smart TVs. Konformität zur Europäischen Datenschutz-Grundverordnung (DSGVo) [4] ist dann gegeben, wenn klar auf den Umfang und Zweck der erhobenen und zu speichernden Daten hingewiesen und die Einwilligung der Nutzer eingeholt wird. Dies gilt natürlich auch für den Fahrzeugkontext und insbesondere für den Umgang mit personenbezogenen bzw. personenbeziehenden Daten im *ConnectedDrive*-Umfeld [5].

Um die grundsätzliche Akzeptanz einer Datenspeicherung im Rahmen der Personalisierung zu überprüfen, wurde 2018 eine Online-Befragung in Deutschland, den USA und China mit jeweils über 150 Teilnehmern durchgeführt. Die zu beantwortende offene Frage lautete: „Welche Ihrer persönlichen Einstellungen sollten hinterlegt sein, wenn Sie das Fahrzeug nutzen?“ Die Teilnehmer waren dabei zwischen 18 und 70 Jahren alt und seit mindestens 3 Monaten und maximal 3 Jahren Besitzer eines BMW-Fahrzeugs als Neu- oder Jahreswagen mit integriertem Navigationsgerät. Der Anteil männlicher Teilnehmer lag im Durchschnitt über die Märkte bei ca. 70%, der Anteil weiblicher Teilnehmer bei ca. 30%. Die Ergebnisse in Form der akkumuliert meistgenannten Kategorien sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Ergebnisse der Personalisierungs-Befragung in Deutschland, USA, China

Markt	# TN	1. Nennung	2. Nennung	3. Nennung	4. Nennung	5. Nennung	6. Nennung
Deutschland	151	Allgemeine Fahrzeug-einstellungen	<u>Fahrerprofil</u>	Entertainment	<i>Keine gewünscht</i>	Navigation	Kontakte
USA	151	Allgemeine Fahrzeug-einstellungen	Entertainment	Kontakte	Navigation	<u>Persönliche Daten</u>	Apps
China	160	Navigation	<u>Persönliche Daten</u>	Kontakte	Allgemeine Fahrzeug-einstellungen	Entertainment	-

Bei Teilnehmern in Deutschland standen hier allgemeine Fahrzeugeinstellungen im Vordergrund, also Aspekte der Sitz- und Lenkradeinstellung, der Klimatisierung und der Farbgestaltung im Innenraum. An nächster Stelle wurden bereits Daten wie Bild und Name, Passwort bzw. Fingerabdruck und die persönliche Maximalgeschwindigkeit genannt. Es scheint hier somit kein Akzeptanzproblem bei personenbezogenen Daten zu geben. In den USA wird ein Vorhalt dieser Daten als weniger wichtig (5. Nennung), in China als gleich wichtig (2. Nennung) gesehen. Bezogen auf die Fahrzeugfunktionen sahen in allen drei Märkten ca. 50% der Teilnehmer eine Personalisierung von Fahrerassistenzsystemen als wichtig bis sehr wichtig an.

In einer separaten Studie bestätigte ein Großteil der Befragten Interesse an einer Adaption von Fahrerassistenzsystemen mittels Personalisierung. Auch für diesen Zweck wurde die Speicherung persönlicher Daten akzeptiert

Die hier dargestellten Informationen wurden mit den relevanten Fachbereichen der BMW AG und Experten in den Bereichen Marktforschung, Personalisierung, Digitale Dienste und Software-Entwicklung erarbeitet.

Seriensensorik zur Fahrzeuginnenraum-Überwachung

Für die Erfassung von Fahrerzustand und Aktivitäten im Fahrzeuginnenraum werden entsprechende Sensoren herangezogen. In diesem Zusammenhang wurde mit den relevanten Experten der BMW AG die Übersicht in Tabelle 2 zusammengestellt. Diese umfasst grundsätzliche Sensorik, die der Analyse des Insassenverhaltens dienen kann und dabei im Allgemeinen auch in Serienfahrzeugen verfügbar ist. Die Art und der Umfang der serienintegrierten Sensorik wird stets durch einen Kosten-Nutzen-Abgleich festgelegt und kann sich über einen längeren Zeitraum abhängig von neuen technologischen oder produktionstechnischen Entwicklungen ändern. Die Sensorik ist hier in zwei funktionale Kategorien eingeteilt: die Fahrererkennung und die Insassenerfassung.

Die **Fahrererkennung** konzentriert sich auf den Fahrerarbeitsplatz und bietet mehrere Modalitäten in der Datensammlung. Von zentraler Bedeutung ist hier das Kamerasystem, welches nicht nur die aktuelle Kopfposition, Ausrichtung und Blick der Person analysieren, sondern auch eine Identifikation durchführen kann. Die Bilderfassung geschieht entweder im Infrarot-Bereich, einem breiteren (menschensichtbaren) RGB-Spektrum oder aber einer Kombination aus beiden. Ein 3D-Bild lässt sich z.B. mit der *Time-of-Flight*-Technologie bestimmen, dies setzt jedoch einen entsprechend erweiterten Imaging-Sensor voraus. Zusätzlich existieren Sensoren und weiterverarbeitende Komponenten, welche Vitalparameter wie den Herzschlag über Farbänderungen auf der Haut wahrnehmen können. Neben der kamerabasierten Erfassung lässt sich die Anwesenheit einer Person auch über eine Sitzbelegungsmatte erkennen. Über spezifische Detektoren wie z.B. einem kapazitiven Sensor, einer Momentenanalyse oder einem sonstigem Verdeckungserkennung kann festgestellt werden, ob sich Hände am Lenkrad befinden. Zusammen mit der Analyse sonstiger Bedienelemente (Pedalerie, Schalter, Displays, etc.) können hierüber Aussagen über die aktuelle Tätigkeit der fahrenden Person getroffen werden.

Sonstige Passagiere lassen sich mithilfe der **Insassenerfassung** detektieren. Diese greift im Wesentlichen auf die ersten beiden Sensortypen der Fahrererkennung zurück, also auf Kamerasysteme und Sitzbelegungsmatten. Darüber hinaus ist eine Erfassung über spezifische, generell nur den jeweiligen Insassen zugängliche Bedienelemente wie z.B. individuelle Fensterheber möglich.

Für beide Erkennungskategorien gilt, dass der Einsatz von Kamerasystemen im Fahrzeuginnenraum aufgrund der demnächst aktualisierten Anforderungen des EuroNCAP als gegeben angenommen werden kann: diese erfordern u.a. die Integration einer bildbasierten Müdigkeitserkennung. Des Weiteren hält die Anbindung von modernen tragbaren Geräten zur Erfassung von Vitalparameter (Wearables) Einzug in den automobilen Kontext. Die Integration von Geräten wie Smart Watches wird dabei jedoch in der Regel im Rahmen von Sonderausstattungen und nicht in der Serie angeboten und wird an dieser Stelle nicht weiter berücksichtigt.

Tabelle 2: Übersicht relevanter Sensorik in Serienfahrzeugen

Kategorie	Sensor	Erfasste Parameter
Fahrererkennung	Kamera(s)* <i>Infrarot (IR), RGB/Nah-IF, potenziell Time-of-Flight (ToF)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Kopfposition • Blick • (Vitalparameter) • Identifikation

	Sitzbelegung <i>Kapazitive Matte o.ä.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Anwesenheitserkennung
	Lenkrad <i>Kapazitiv, Moment, Verdeckungssensor</i>	<ul style="list-style-type: none"> Hands-On (Vitalparameter)
	Bedienelemente (sekundär) <i>Pedalerie, Konsole, Fensterheber, etc.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Anwesenheits-/Aktivitätserkennung
Insassenerfassung	Kamera(s) <i>RGB, IR</i>	<ul style="list-style-type: none"> Anwesenheitserkennung Aktivitätserkennung
	Sitzbelegung <i>Kapazitive Matte o.ä.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Anwesenheitserkennung
	Bedienelemente (Beifahrerseite)	<ul style="list-style-type: none"> Anwesenheits-/Aktivitätserkennung

* Vermutlich im zukünftigen Serienumfang enthalten aufgrund von Anforderungen EuroNCAP [6,7]

Serienaktuatorik und Assistenz-Systeme

Im Folgenden wird eine Übersicht der zentralen Aktuatorik und Fahrerassistenzsysteme gegeben, welche im Rahmen einer Adaption Potenziale zur Individualisierung bieten. Diese Individualisierung kann einerseits auf Langzeitinformation wie dem generellen Fahrverhalten oder – sowohl ersetzend als auch ergänzend – auf Kurzzeitinformation wie der Aufmerksamkeit und Müdigkeit basieren.

- **Adaptive Cruise Control (ACC):** Eine Tempomat-Einrichtung mit automatischer Abstandshaltung; der Wunsch-Abstand vom Vorderfahrzeug wird in 3 Stufen manuell eingestellt. Alternativ ist eine Individualisierung basierend auf detektierten persönlichen Vorlieben (Fahrparametern) möglich.
- **Notbremsassistent (iBrake):** Eine Assistenzfunktion für die Unterstützung bzw. Auslösung eines Bremsvorgangs bei akuter Annäherung an ein Hindernis oder vorausfahrendes Fahrzeug. Die Dynamik und die Stärke der Bremsung können individuell angepasst werden (siehe auch den Querverkehrsassistenten).
- **Spurverlassenswarner (SVW):** Signalisiert der Fahrerin das unbeabsichtigte Verlassen der Spur bzw. Überfahren der Spurmarkierung. Basierend auf der aufgezeichneten individuellen Spurhaltung ist theoretisch auch hier eine Adaption möglich.
- **Speed Limit Indicator (SLI):** Passive oder aktive Funktion zum Anzeigen von bzw. Reagieren auf Geschwindigkeitsgrenzen basierend auf Navigationsdaten und Schilderkennung. Abhängig vom persönlichen Fahrverhalten kann hier die Dynamik in der automatischen Geschwindigkeitsanpassung gestaltet werden.
- **Längs- und Spurhalte-Assistent (LSA):** Eine Level-2-Assistenzfunktion mit selbstständiger Längs- und Querführung des Fahrzeugs. Abstandshaltung und Längsdynamik können in Abhängigkeit von persönlichen Vorlieben (z.B. dem Beschleunigungsverhalten) individualisiert werden. Im Zusammenspiel mit passenden Überwachungsfunktionen ist hierüber eine Level-3-Funktionalität, also Hochautomatisierung möglich. Übernahmesituation treten auf, wenn die Fahrerin wieder die Kontrolle übernimmt – Grund hierfür sind z.B. unerwartete Verkehrssituationen (welche die Automatisierung überfordern) oder eine erkannte Unaufmerksamkeit oder gar Schlaf bei der überwachenden Person. Die Ausgestaltung und

Parametrierung eben dieser Übernahmesituationen bieten sich im Allgemeinen sehr für eine Personalisierung und Individualisierung an.

- **Querverkehrsassistent (QVA):** Eine Assistenzfunktion zur Vermeidung von Kollisionen mit querendem Verkehr. Die Dynamik des Bremsverhaltens (also die maximal angelegte negative Beschleunigung) kann aufbauend auf persönlichem Fahrverhalten, Zustand oder Ablenkung adaptiert werden.
- **Driver Attention Control (DAC):** Ein Assistent für Pausenempfehlungen in Abhängigkeit von Fahrdauer, Tageszeit, Lenkverhalten und weiteren individuellen Parametern. Aufgrund des Einbezugs letzterer kann diese Funktion bereits als personalisiert bzw. individualisiert angesehen werden.
- **Sonstige Assistenten:** Zusätzlich zu den genannten Funktionen existieren Parkmanöver- und Rückfahrassistenten, die hier nicht näher betrachtet werden: der Fokus einer Individualisierung bzw. Personalisierung liegt in der Regel auf der eigentlichen Fahraufgabe und dazugehörigen Übernahmesituationen, wie beim LSA beschrieben.

Übernahmezeiten und Einflussvariablen

Bei den nach der Definition der SAE [8] sogenannten Level 3 Systemen (vgl. Abbildung 4) kann sich der Fahrer vollständig von der Fahraufgabe abwenden und sich beispielsweise mit fahrfremden Tätigkeiten beschäftigen. Bei Erreichen einer Systemgrenze muss er jedoch in der Lage sein, die Fahraufgabe wieder zu übernehmen, wohingegen in den gemäß dieser Klassifikation höheren Automatisierungsleveln der Mensch dann auch als Rückfallebene vom System abgelöst wird.

Level	Name	Narrative definition	DDT		DDT fallback	ODD
			Sustained lateral and longitudinal vehicle motion control	OEDR		
Driver performs part or all of the DDT						
0	No Driving Automation	The performance by the <i>driver</i> of the entire DDT, even when enhanced by <i>active safety systems</i> .	<i>Driver</i>	<i>Driver</i>	<i>Driver</i>	n/a
1	Driver Assistance	The <i>sustained</i> and ODD-specific execution by a <i>driving automation system</i> of either the <i>lateral</i> or the <i>longitudinal vehicle motion control</i> subtask of the DDT (but not both simultaneously) with the expectation that the <i>driver</i> performs the remainder of the DDT.	<i>Driver and System</i>	<i>Driver</i>	<i>Driver</i>	Limited
2	Partial Driving Automation	The <i>sustained</i> and ODD-specific execution by a <i>driving automation system</i> of both the <i>lateral</i> and <i>longitudinal vehicle motion control</i> subtasks of the DDT with the expectation that the <i>driver</i> completes the OEDR subtask and <i>supervises</i> the <i>driving automation system</i> .	System	<i>Driver</i>	<i>Driver</i>	Limited
ADS ("System") performs the entire DDT (while engaged)						
3	Conditional Driving Automation	The <i>sustained</i> and ODD-specific performance by an ADS of the entire DDT with the expectation that the DDT fallback-ready user is <i>receptive</i> to ADS-issued requests to <i>intervene</i> , as well as to DDT performance-relevant system failures in other vehicle systems, and will respond appropriately.	<i>System</i>	System	<i>Fallback-ready user (becomes the driver during fallback)</i>	Limited
4	High Driving Automation	The <i>sustained</i> and ODD-specific performance by an ADS of the entire DDT and DDT fallback without any expectation that a <i>user</i> will respond to a <i>request to intervene</i> .	<i>System</i>	<i>System</i>	System	Limited
5	Full Driving Automation	The <i>sustained</i> and unconditional (i.e., not ODD-specific) performance by an ADS of the entire DDT and DDT fallback without any expectation that a <i>user</i> will respond to a <i>request to intervene</i> .	<i>System</i>	<i>System</i>	<i>System</i>	Unlimited

Abbildung 4: Taxonomie der Automatisierungslevels gemäß SAE [8] (DDT: dynamic driving task; OEDR: Object and event detection, recognition, classification, and response; ODD: operational design domain; ADS: automated driving system)

Diese Transition ist natürlich zentraler Gegenstand der Forschung in diesem Bereich und es gibt mittlerweile zahlreiche Studien, die sich mit unterschiedlichen Fragestellungen und Aspekten von Übernahmesituationen beschäftigen. Die BMW AG hat sich im Rahmen von Förderprojekten wie Ko-HAF und natürlich einer Vielzahl interner Studien mit Transitionen befasst u.a. zu folgenden Fragestellungen:

- Wie können Übernahmesituationen überhaupt bewertet werden? Welche Metriken eignen sich, um die die Übernahmezeiten und die Übernahmequalität zu bewerten?
- Welche Szenarien eignen sich zur Untersuchung von Übernahmen?
- Wie entwickelt sich Trust?
- Wie entwickelt sich Müdigkeit während des automatisierten Fahrens und welche Auswirkungen hat diese im Falle von Übernahmesituationen?
- Welchen Einfluss hat das Ausführen verschiedener fahrfremder Tätigkeiten auf die Übernahme?

Marberger et al. [9] beschreiben den Transitionsprozess auf zwei Ebenen: Fahrer und System (vgl. Abbildung 5).

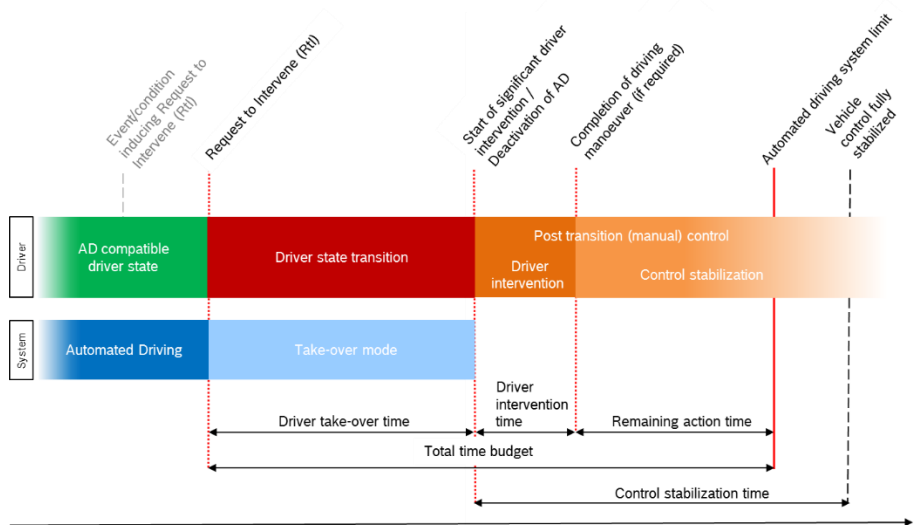


Abbildung 5: Darstellung des Modells einer vom System initiierten Transition vom automatisierten zum manuellen Fahren [9]

Der sogenannte „Request to Intervene“ (Übernahmeaufforderung), den das System bei Erreichen eines Systemlimits ausgibt ist der Referenzpunkt für eine Reihe wichtiger Metriken für die Beschreibung und Bewertung von Transitionen:

- Die Zeitspanne zwischen der vom System ausgegebenen Übernahmeaufforderung und dem Erreichen der Systemgrenze wird als „total time budget“ bzw. „Zeitbudget“ bezeichnet. Dieses Zeitbudget stellt das maximal verfügbare Zeitfenster dar in dem alle notwendigen Handlungen des Fahrers erfolgen müssen.
- Die sogenannte Übernahmezeit (hier „Driver take-over time“) bezieht sich auf die Zeitspanne zwischen der Übernahmeaufforderung und dem ersten Eingriff des Fahrers. In dieser Periode muss der Fahrer die Übernahmeaufforderung wahrnehmen, eventuelle fahrfremde Tätigkeiten beenden oder unterbrechen und sich für eine Reaktion entscheiden.
- Auf die Übernahmezeit folgt die „Driver intervention time“ also die Zeit bis das Fahrmanöver abgeschlossen ist.

Der „driver state transition“ Prozess kann dabei auf verschiedenen Ebenen analysiert werden [9] (vgl. Abbildung 6):

- „Sensory state“: beschreibt , welche sensorischen Informationen der Fahrer in dem Moment wahrnehmen kann und welche für die Erfassung der spezifischen Situation notwendig sind
- „Motoric state“: betrifft die Körperposition und die Verfügbarkeit der Hände für die notwendige Fahreraktion.
- „Cognitive state“: hier spielen kognitiv beanspruchende fahrfremde Tätigkeiten mit herein, die die Übernahmemöglicherweise beeinflussen können.
- Die Faktoren „arousal“ (z.B. Müdigkeit) und „motivational conditions“ (z.B. nicht Unterbrechen-Wollen einer fahrfremden Tätigkeit) könnten im Übernahmeprozess ebenfalls eine Rolle spielen.

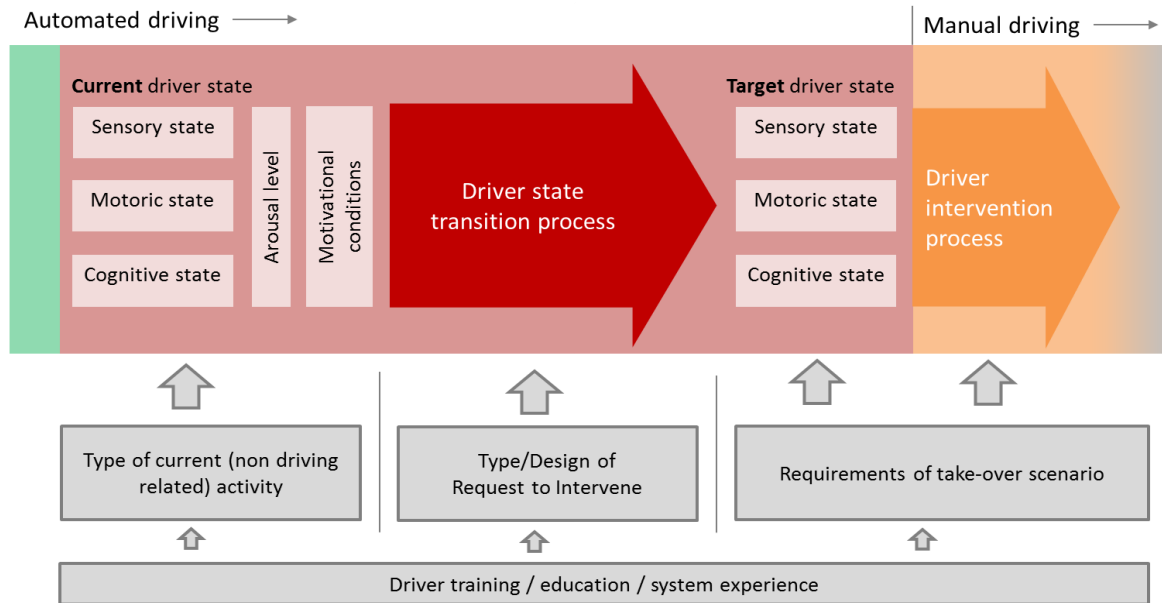


Abbildung 6: Komponenten zur Bewertung der Fahrer Verfügbarkeit im Rahmen des "driver state transition" Prozesses [9]

Jarosch et al. [10] geben anhand des beschriebenen Modells der Fahrer Verfügbarkeit einen Überblick über eine Vielzahl von Studienergebnissen zu unterschiedlichen fahrfremden Tätigkeiten.

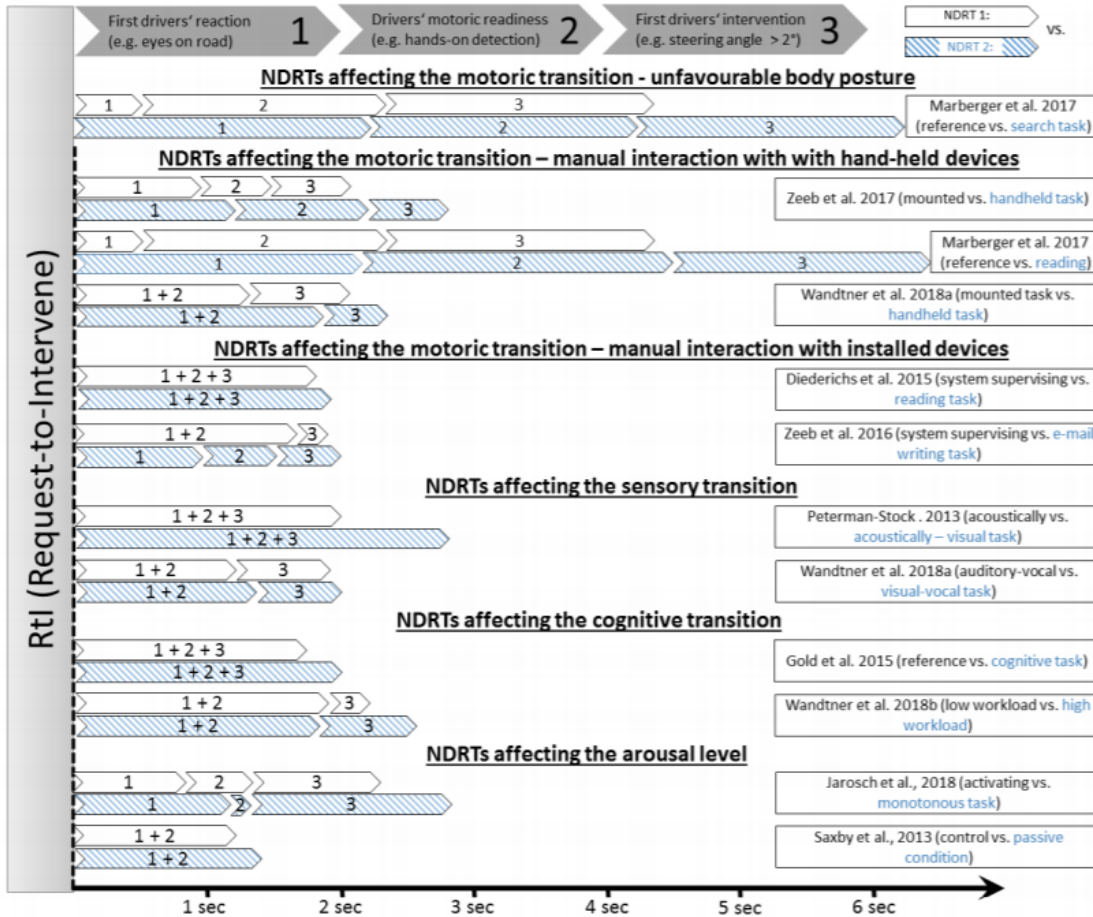


Abbildung 7: Überblick der Reaktionszeiten für verschiedene fahrfremde Tätigkeiten aus ausgewählter Studien

Abbildung 7 stellt eine graphische Zusammenfassung der Ergebnisse bzgl. einzelner Reaktionszeiten von ausgewählten Studien in Abhängigkeit der jeweiligen fahrfremden Tätigkeit dar. Es werden Effekte des Fahrerzustands deutlich, die im Zusammenhang mit den ausgewählten fahrfremden Tätigkeiten stehen. Allerdings zeigt sich auch der Einfluss methodischer Aspekte wie der Testumgebung und des ausgewählten Szenarios, die z.T. in unterschiedlich starken oder sogar fehlenden Effekten resultieren. Vor diesem Hintergrund sehen wir auch eine relativ große Spannweiten in den resultierenden Übernahmezeiten, diese reichen von um die zwei Sekunden bis zu deutlich mehr als sechs Sekunden für die ersten Eingriff durch den Fahrer. Typischerweise verstärken sich die beobachteten Effekte in den weniger kritischen Situationen, in denen die Probanden mehr Zeit für ihre Reaktion haben und werden kleiner wenn sie Situationen kritischer sind und dementsprechend weniger Zeitbudget für eine Reaktion verfügbar ist.

Dennoch gibt es einige Attribute fahrfremder Tätigkeiten, die sich in den betrachteten Studien konsistent auf die Übernahmezeiten ausgewirkt haben. Folgende Kernergebnisse wurden im Rahmen des Projekts Ko-HAF von den Partnern im Konsortium als gemeinsame Key Messages formuliert [1]:

- According to our experiments, the following attributes of NDRTs can increase the take-over time compared to not pursuing NDRTs
 - Holding an object (e.g. a mobile device) in one/both hands
 - Manual interaction (one/both hands) with mobile electronic devices
 - Unusually strong rotations (>90°) of the torso
 - Increased effort or multiple steps needed to fully disengage from a NDRT

- The following attributes of NDRTs show no consistent effects:
 - Visual or visual-motoric tasks (e.g. watching video, reading, texting) without occupation of one/both hands
 - Cognitively demanding NDRTs affecting the cognitive transition
 - Generally, strong interindividual differences were found

Mcdonald et al. [11] führten eine umfangreiche Metaanalyse zu Übernahmesituationen bei teilautomatisierten und automatisierten Systemen (SAE Level 2,3 und 4) durch, die die beschriebenen Ergebnisse weitgehend bestätigen. Bzgl. den Charakteristika fahrfremder Tätigkeiten nennen auch sie das Thema Handbelegung durch Sekundäraufgaben als wichtigen Einflussfaktor, die Befundlage zu anderen Eigenschaften verschiedener fahrfremder Tätigkeiten wie die Modalität ergeben auch in ihrer Analyse keine eindeutigen Befunde. Als weitere signifikante Einflussfaktoren auf die Übernahmezeiten nennen sie ebenfalls das Zeitbudget sowie das wiederholte Erleben von Übernahmesituationen. Eine Reihe weiterer Faktoren spielt dann zusätzlich eine Rolle für die „post-take-over control“-Phase.

Die dargestellten Inhalte flossen in die Definition der Individualisierungs- und Personalisierungs-Szenarien des Projekts ein und wurden bei der Definition der Szenarien sowie der zu erfassenden Aktivitäten des Fahrers berücksichtigt.

1.3. Referenzen

[1] <https://www.ko-haf.de/startseite/>

[2] <https://www.bmwgroup.com/de/innovation/technologie-und-mobilitaet/autonomes-fahren/campus.html>

[3] <https://www.bmw.de/de/topics/service-zubehoer/connecteddrive/bmw-connected-drive-uebersicht.html>

[4] <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Digitale-Welt/europaeische-datenschutzgrundverordnung.html>

[5] <https://www.bmw.de/de/topics/service-zubehoer/connecteddrive/terms-conditions.html>

[6] <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-rewards-explained/attention-assist/>

[7] <https://cdn.euroncap.com/media/30700/euroncap-roadmap-2025-v4.pdf>

[8] SAE, J. (2018). 3016: Taxonomy and definitions for terms related to on-road motor vehicle automated driving systems. Society of Automotive Engineers.

[9] Claus Marberger, Holger Mielenz (Bosch), Frederik Naujoks (IZVW), Jonas Radlmayr, Klaus Bengler (TUM LfE), Bernhard Wandtner (Opel), "Understanding and Applying the Concept of "Driver Availability" in Automated Driving", Proceedings of the 8th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics AHFE 2017, 17. bis 21. Juli 2017

[10] Jarosch, Oliver & Naujoks, Frederik & Wandtner, Bernhard & Gold, Christian & Marberger, Claus & Weidl, Galia & Schrauf, Michael. (2019). The Impact of Non-Driving Related Tasks on Take-over Performance in Conditionally Automated Driving – A Review of the Empirical Evidence.

[11] Mcdonald, Anthony & Alambeigi, Hananeh & Engstrom, Johan & Markkula, Gustav & Vogelpohl, Tobias & Dunne, Jarrett & Yuma, Norbert. (2019). Toward Computational Simulations of Behavior

During Automated Driving Takeovers: A Review of the Empirical and Modeling Literatures. Human Factors The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society. 10.1177/0018720819829572.

2. Wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Durch die Rolle der BMW AG im Projekt fielen fast ausschließlich Personalkosten an.

Kostenart	Ausgaben
Personalkosten	38.650, 04 €
Allg. Verwaltung	2.276,69 €
Sonstige unmittelbare Vorhabenkosten	602,70 €
Gesamtkosten	41.529,42 €

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die BMW AG hatte trotz relativ geringer Umfänge in dem Projekt als Vertreter der Fahrzeughersteller dennoch eine wichtige Rolle. Im Rahmen des Arbeitspakets 1 brachte die BMW AG die Anforderungen aus Kunden- und Nutzerperspektive ein. Insbesondere durch die vorhergehende Mitarbeit in Projekten wie Ko-HAF aber auch aufgrund des Wissens und der Erfahrungen aus der täglichen Forschungs- und Serienentwicklungsarbeit und durch das Hinzuziehen von Experten aus den jeweiligen Fachbereichen konnte die BMW AG jedoch auch zu den übrigen Arbeitspaketen Inputs beisteuern und wertvolles Feedback zu den erzielten Zwischenergebnissen liefern.

4. Nutzen und Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Die BMW AG kann die gewonnen Erkenntnisse und Resultate zum Thema Personalisierung des Fahrzeuges und insbesondere die Personalisierung von Fahrerassistenzsystemen mit entsprechender Weiterentwicklung in die Serienentwicklungsprozesse einfließen lassen und dementsprechend die gewonnenen Kenntnisse aus dem Projekt verwerten. Die Resultate im Bereich Fahrerzustands- und –tätigkeitserkennung werden an die entsprechenden Fachabteilungen kommuniziert, so dass sie bei der Weiterentwicklung des Fahrermodells berücksichtigt werden können. Die Ergebnisse der Studien zur Fahrer-Fahrzeug-Interaktion und zur Akzeptanz adaptiver Fahrerassistenzfunktionen können in der weiteren Entwicklung genutzt werden und so zu einer größeren Akzeptanz sowie zu einer erhöhten Nutzerfreundlichkeit der Systeme beitragen.

5. Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

-

6. Erfolgte oder geplanten Veröffentlichungen der Ergebnisse

Die BMW AG hat im Rahmen des Projekts keinerlei Erfindungsmeldungen / Schutzrechtsanmeldungen angemeldet.

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel Personalisierte, adaptive kooperative Systeme für automatisierte Fahrzeuge - PAKoS Schlussbericht	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Paradies Svenja Bade Florian Buchner Martin	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.12.2019
	6. Veröffentlichungsdatum Juni 2020
	7. Form der Publikation Dokument
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft Petuelring 130 80788 München	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen 3004/68322
	11. Seitenzahl 18
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. Literaturangaben 11
	14. Tabellen 2
	15. Abbildungen 7
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), 53170 Bonn	

18. Kurzfassung

1. Derzeitiger Stand von Wissenschaft und Technik

Die Entwicklungen im Bereich des automatisierten Fahrens und im Speziellen der Schritt vom teilautomatisierten zum hochautomatisierten Fahren stellt einen Paradigmenwechsel dar, der sich auch speziell auf die Fahrer-Fahrzeug-Interaktion auswirkt. Während die Personalisierung und Individualisierbarkeit vieler anderer fahrzeugbezogener Funktionen bereits gang und gäbe ist, fehlen derartige Konzepte und Lösungen beim hochautomatisierten Fahren für eine adäquate individuelle Interaktion zwischen Mensch und Maschine. Für die adäquate Gestaltung der Fahrfunktionen und der Kontrollübergabe fehlten zu Projektbeginn aus wissenschaftlicher Sicht Erkenntnisse in den Bereichen der Personalisierung und Unterstützung der Kontrollübergabe an den Fahrer mittels regelungstechnischer Konzepte, die den Fahrer optimal unterstützen. Das Verständnis des Fahrerzustands stellt dabei eine zentrale Anforderung dar.

2. Begründung/Zielsetzung der Projekt

Das Ziel des Verbundvorhabens war die Optimierung der Interaktion zwischen Mensch und automatisiertem Fahrzeug. Zu diesem Zwecke sollte ein sicheres, ganzheitliches und durchgängiges System entwickelt werden, das sich an den Menschen adaptiert und so eine individualisierte und personalisierte Kooperation zwischen Fahrer und automatisiertem Fahrzeug ermöglicht.

3. Methode

Um diese Zielsetzung zu erreichen wurden im Rahmen des Projekts folgende vier Teilbereiche bearbeitet.

1. Erkennung des Nutzerzustandes: Um die Fahrer Verfügbarkeit abschätzen und damit auch berücksichtigen zu können, ist die Erfassung des Innenraums und das Erkennen und Verstehen des Fahrerzustands insbesondere der durchgeführten fahrfremden Tätigkeiten Voraussetzung.
2. Personalisierung und Nutzerprofilbildung: Dieser Teilbereich umfasst die Umsetzung eines elektronischen, portablen Fahrerprofils, das die individuellen Leistungs- und Komfortparameter des Fahrers enthält und auf einem persönlichen Device wie dem Smartphone des Nutzers gesichert wird.
3. Personalisierte Adaption und Kooperation der Automation: Über kooperative Ansätze soll zum einen in Übergabeszenarien eine verständliche und kontext- und nutzeradäquate Handlungsunterstützung erzielt werden. Andererseits sollen die im Fahrerprofil hinterlegten Informationen zusätzlich für die Adaption von Grundeinstellungen sowie des Verhaltens von Fahrerassistenzsystemen für das hochautomatisierte Fahren verwendet werden.
4. Gestaltung kooperativer Interaktions- und Nutzerschnittstellenkonzepte: Es soll für die fahrkooperativen Szenarien erforscht werden, wie (Zustands-) Information bzw. Handlungsanweisungen zwischen den beiden Kooperationspartnern Mensch und Maschine multimodal ausgetauscht werden können, um gemeinsame Handlungen oder Übergaben zu unterstützen sowie präferierte Handlungsalternativen zu forcieren.

Die Rolle der BMW AG war es, die Anforderungen aus Kunden- und Nutzerperspektive in die jeweiligen Teilbereiche einzubringen. Darüberhinaus lieferte die BMW AG inhaltliche Beiträge zu den Themen Personalisierung & Nutzerakzeptanz, Seriensensorik zur Fahrzeuginnenraum-Überwachung, Serienaktuatorik und Assistenz-Systeme und Übernahmezeiten und Einflussvariablen.

4. Ergebnis

Im Rahmen des Projekts wurden folgende Konzepte und technische Lösungen entwickelt und in einem Demonstrationsfahrzeug prototypisch umgesetzt:

- Handlungserkennung zur Analyse des Fahrers
- Personalisiertes und portables Nutzerprofil
- Design von kooperativen Interaktions- und Nutzerschnittstellenkonzepten
- Kooperative Fahrzeugautomation für die gemeinsame Fahrzeugführung während der Übergabe und Anpassung der hochautomatisierten Fahrt

In Studien konnte gezeigt werden, dass sowohl die Akzeptanz aber auch die Sicherheit durch das Konzept gesteigert werden kann.

5. Schlussfolgerung/Anwendungsmöglichkeiten

Die Projektergebnisse sind eine wichtige Grundlage für die Gestaltung der Mensch-Technik-Interaktion in zukünftigen hochautomatisierten Fahrzeugen.

19. Schlagwörter

Hochautomatisiertes Fahren, Personalisierung, Fahrer-/Innenraumerfassung, Kooperation

20. Verlag

21. Preis

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. type of document (e.g. report, publication) Final report
3. title Personalized, Adaptive, Cooperative Systems for Autonomous Vehicles Final Report	
4. author(s) (family name, first name(s)) Paradies Svenja Bade Florian Buchner Martin	5. end of project 31.12.2019
	6. publication date Juni 2020
	7. form of publication Document
8. performing organization(s) (name, address) Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft Petuelring 130 80788 München	9. originator's report no.
	10. reference no. 3004/68322
	11. no. of pages 18
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. no. of references 11
	14. no. of tables 2
	15. no. of figures 7
16. supplementary notes	
17. presented at (title, place, date) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), 53170 Bonn	

1. State-of-the-Art of Science and Technology

The progress in the area of driving automation and more specifically the step from partial automated driving to conditional or highly automated driving constitutes a substantial change which also has an impact on the interaction between the driver and the vehicle. While it is already common practice for many other car related functions that they can be personalized and adapted to the driver's individual needs, such concepts and solutions are still missing for the human-machine-interface for highly automated driving. Moreover at the beginning of the project there was only few scientific knowledge about personalization and how we can support the driver in an optimal way in takeover situations with cooperative control concepts. Understanding the driver state is a crucial prerequisite in order to be able to achieve that.

2. Motivation and Goals

The aim of the PAKoS project was the improvement of the interaction between the human and the automated vehicle. In order to reach that goal a holistic and integrated adaptation concept should be developed and implemented to enable an personalized and individually optimized cooperation between driver and the automated vehicle.

3. Approach

In order to meet these challenges, four work packages ("APs") were introduced:

1. Detection of the driver state: Observing the interior of the car and the driver state recognition and understanding especially of what he or she does (i.e. non-driving related task) is a crucial requirement for being able to estimate his or her availability and offer adequate support.
2. Personalization and user profiles: This work package comprises the implementation of a digital driver profile which contains the driver's individual performance and comfort parameters and is saved on a personal device such as the user's smartphone.
3. Personalized adaptation and cooperative automation: Cooperative approaches shall be used to provide adequate support of the user's intervention in takeover situations. The information contained in the user profile can be used to adapt basic parameters as well as the behavior of the driver assistance systems for highly automated driving.
4. Design of shared control and user interface concepts: The goal is to investigate how human and machine can cooperate by exchanging information about the current state or necessary intervention. Multiple modalities can be used to support cooperative actions or takeovers and to promote favored interventions.

The role of BMW AG was to integrate the requirements from a customer and user perspective into the respective work packages. In addition, BMW AG gave inputs on the following the topics:

- personalization & user acceptance
- status quo regarding available sensors and actuators
- Research results on takeover-times and relevant factors

4. Results

In the above-mentioned work packages, the following concepts and solutions were developed and realized as a prototype in a demo vehicle:

- Driver behavior recognition
- Personalized and transferrable user profile
- Design of cooperative interaction and user interface concepts
- Shared vehicle control supporting transitions and individual adaption

User studies showed an increase in acceptance as well as in safety of the applied concepts and solutions.

5. Conclusion and Applications

Summing up, the results achieved in PAKoS are an important basis for the future design of human-machine interaction for highly automated driving.

19. keywords

Highly automated driving, conditional automated driving, personalization, driver/interieur observation, cooperation, shared control

20. publisher

21. price