

FAT 276

m

Literaturanalyse und
Methodenauswahl zur
Gestaltung von Systemen zum
hochautomatisierten Fahren

w

**Literaturanalyse und Methodenauswahl zur
Gestaltung von Systemen zum hochautomatisierten
Fahren**

**Literature Survey and Description of Methods for the
Development of Highly Automated Driving**

Forschungsstelle:

TU München, Lehrstuhl für Ergonomie

Autoren:

Dipl.-Ing. Jonas Radlmayr

Prof. Dr. phil. Klaus Bengler

Das Forschungsprojekt wurde mit Mitteln der Forschungsvereinigung Automobiltechnik e. V. (FAT) gefördert.

Summary

The project provides an extensive outline of research published about investigations on human factors of highly automated driving. Focus is put on publications in books, human factors journals and proceedings of conferences as well as general literature on highly automated driving. Studies are analyzed considering their validity when transferring results and implications for future applications and users as well as a critical look on the methods and the findings in general.

Based on this analysis, further research topics are extracted and defined. During the literature research and the analysis extra focus was put on the following topics:

- the “take-over time” or time budget necessary for a successful take-over process,
- the influence of non-driving related tasks prior to the take-over,
- the human-machine interaction between automation and driving,
- the methods that were applied during the mostly experimental studies.

The critical evaluation of the methodology applied in studies on highly automated driving yielded limitations of past findings and results.

The definitions of Gasser (2012) and the NHTSA (2013) definition on highly automated driving are used for this report. Essential models of human behavior are presented to allow for a classification of the literature and the take-over process. Driver behavior during the take-over process and driver state in general are essential for assessing safety and comfort for future users and developers of highly automated systems. Models on attention (e.g. Horrey, Wickens, & Consalus, 2006) and a more detailed look on vigilance and arousal allow for a potential prediction of driver behavior during highly automated driving and the take-over process.

The analyzed literature shows a focus on explaining driver behavior during take-over processes post hoc, limiting the results for applying them to future applications, since an a priori assessment of driver state including attention and arousal and a prediction of take-over performance is required due to safety and comfort reasons.

Additionally, valuable research was compiled in the report that details an appropriate estimate of the necessary time budget for a successful take-over. Findings show that a general trend can be found, linking more time to a better performance in take-over scenarios, while the different influences and parameters of the take-over need a more complex understanding of the process. This includes findings on the non-driving related tasks prior to the take-over process: while various tasks were evaluated in past studies, all focus on a driver state close to overload considering arousal. In contrast, another worst case take-over process could possibly be found considering maximum “underload”. Future research needs are defined considering driver state, ideally focusing on the evolution of driver state during highly automated driving and the “underload” case and its implication for the take-over performance. In general, the development of a driver state model predicting take-over performance is of high priority.

Considering methods, big differences between studies were found. Especially the assessment of take-over performance differs between the analyzed studies. In addition with different ways of instructing participants during experiments, greatly varying scenarios and highly controlled experimental conditions, the comparisons of results and their implications need to be evaluated critically. Considering the paradigm change in highly automated driving that allows drivers to engulf themselves completely in non-driving related tasks without the need of monitoring the system, provokes an unrealistic driver behavior in highly controlled experimental conditions.

Development of methods used to assess human factors of highly automated driving was found to potentially increase effectiveness and efficiency of future studies on highly automated driving.

The report concludes with narrowing down future research needs to allow for a specific project proposal.

Inhalt

1	Projektübersicht.....	5
1.1	Gesamtziel	5
1.2	Arbeitspakete	5
1.3	Vorgehen.....	6
2	Arbeitspaket 1 – Literaturrecherche.....	6
2.1	Grundlagen Hochautomation.....	6
2.2	Human Factors/Psychologie.....	8
2.2.1	Modelle menschlichen Verhaltens	9
2.2.2	Studien zu Human Factors in Automation.....	16
2.2.3	Studien – Notwendiges Zeitbudget in Übernahmesituationen	20
2.2.4	Studien – Übernahmeaufforderung/Feedback, Fahrfremde Tätigkeiten, Methodische Vorgehensweise, Fahrerverhaltensmodelle/Fahrerverfügbarkeit und Akzeptanz.....	27
2.2.5	Studien – ACC Simulatorstudien vs. FOT Ergebnisse: Implikation für das Hochautomatisierte Fahren	41
3	Arbeitspaket 2 – Ableitung des Forschungsbedarfs	43
4	Arbeitspaket 3 – Methodisches Vorgehen, Arbeitspaket 4 – Empfehlung Forschungsumfang.....	46
5	References	48

Projektübersicht

1.1 Gesamtziel

Ziel des Projekts ist eine umfangreiche und fundierte Darstellung des Stands der Forschung zu hochautomatisierter Fahrzeugführung und der verwendeten Methoden einschließlich der kritischen Prüfung der Validität der Studien hinsichtlich der Übertragbarkeit auf zukünftige potentielle Nutzer, einen eingeschwungenen Systemzustand und von Erkenntnissen aus der Fahrsimulation auf das automatisierte Realfahrzeug. Der sich daraus ergebende Forschungsbedarf wird auf Basis der verfügbaren Literatur extrahiert, strukturiert und Empfehlungen für zukünftige Forschungsschwerpunkte werden abgeleitet, für deren empirische Bearbeitung anschließend Vorschläge zur methodischen Vorgehensweisen entwickelt werden. Anhand des vorgeschlagenen methodischen Vorgehens werden letztlich der Umfang und die erforderlichen Kompetenzen abgeschätzt.

1.2 Arbeitspakete

Die Arbeitspakete des Projekts sind zum besseren Verständnis des Vorgehens und der Ergebnisse nochmals eingefügt.

ARBEITSPAKET 1 – Literaturrecherche

In einer tiefgreifenden Literaturrecherche wird der Stand der Forschung zur hochautomatisierten Fahrzeugführung (2000 - 2014) ermittelt. Die Erkenntnisse werden folgenden exemplarischen Themenblöcken zugeordnet:

- Notwendiges Zeitbudget in Übernahmesituationen
- Einfluss fahrfremder Tätigkeiten
- Gestaltung der Übernahmeaufforderung
- Methodik

Die Literatur wird dabei nicht nur gesammelt, sondern auch hinsichtlich ihrer Gemeinsamkeiten untereinander, Limitationen und Generalisierbarkeit bewertet. Widersprüchliche Ergebnisse werden differenziert dargestellt.

ARBEITSPAKET 2 – Ableitung des Forschungsbedarfs

Basierend auf den Ergebnissen aus Arbeitspaket 1 wird anhand der Limitationen der aktuellen Studien und auf Basis ihrer Erkenntnisse der weitere Forschungsbedarf (Gestaltung und Methoden) ermittelt und strukturiert.

ARBEITSPAKET 3 – Vorschlag Methodischer Vorgehensweisen

Zur Vorbereitung zukünftiger Forschungsvorhaben im Bereich der hochautomatisierten Fahrzeugführung werden Vorschläge zur methodischen Vorgehensweise entwickelt, die jeweils spezifisch zur Fragestellung die limitierenden Faktoren aus Arbeitspaket 1 berücksichtigen und den Anforderungen nach Betrachtung eines eingeschwungenen Systemzustands genügen. Die dabei

betrachteten Fragestellungen leiten sich aus dem Forschungsbedarf in Arbeitspaket 2 ab.

ARBEITSPAKET 4 – Empfehlung Für Forschungsumfang

Durch Kenntnis der limitierenden Faktoren aus Arbeitspaket 1, sowie dem Forschungsbedarf und dem methodischen Vorgehen aus Arbeitspaket 2 und 3 werden die Umfänge für mögliche Forschungsstrategien abgeschätzt und die für die erfolgreiche Durchführung nötigen Kompetenzen der forschenden Institute und methodischen Entwicklungen prognostiziert.

ARBEITSPAKET 5 – Berichtlegung und Dokumentation

Arbeitspaket 1 bis 4 werden im Arbeitspaket 5 dokumentarisch begleitet und der Projektteil 1 durch einen umfassenden Bericht abgeschlossen. Der Bericht beinhaltet sämtliche Erkenntnisse aus den Arbeitsumfängen und wird dem Auftraggeber zur weiteren Verwendung zur Verfügung gestellt.

Soweit rechtlich möglich werden die verwendeten Quellen als *.pdf in Form einer Datenbank zur Verfügung gestellt.

1.3 Vorgehen

Die Literaturrecherche basiert auf umfassender Recherche in diversen Fachjournals, Conference Proceedings, Tagungsbänden, Dissertationen und Fachbüchern. Als Beispiele für Journals bzw. publizierende Fachorganisationen seien hier IEEE, Human Factors, Cognition Technology and Work, Transportation Research Board und Applied Ergonomics genannt. Konferenzbeiträge sind beispielsweise entnommen aus der Tagung Fahrerassistenz, Annual Meeting HFES, AutoUI, AHFE, etc.

Sogenannte „Key Publications“ mit hohem Bekanntheitsgrad und Nutzen zum Thema wurden als Basis für die Recherche verwendet und aufbauend auf Autor, Titel und Inhalt weiterrecherchiert.

Arbeitspaket 1 – Literaturrecherche

1.4 Grundlagen Hochautomation

Die Literaturrecherche soll den Forschungsbedarf für Hochautomatisiertes Fahren feststellen und analysieren. Dabei ist es von grundlegender Bedeutung, welche Definition für „Hochautomatisiertes Fahren“ verwendet wird, um Versuchsplan und Ergebnisse der Studien in Relation zueinander zu setzen. Insbesondere wird in diesem Projekt eine Abgrenzung zum Teilautomatisierten Fahren – z.B. nach Definition der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), (Gasser, 2012) – getroffen. Abbildung 1 zeigt eine Zusammenfassung der Stufen zwischen manuellem und vollautomatisiertem Fahren. Dabei grenzt sich die Hochautomation zur Teil- bzw. Vollautomation folgendermaßen ab: teilautomatisiertes Fahren wird teilweise schon heute von Fahrzeugherstellern im Rahmen eines Stauassistenten angeboten. Dabei übernimmt das System Längs- und Querführung, der Fahrer ist allerdings als

dauerhafter Überwacher des Systems vorgesehen. Damit geht eine Übernahme der Kontrolle über das Fahrzeug im Fall von Systemgrenzen durch den Fahrer jederzeit einher. Im Fall der Hochautomation ist der Fahrer gerade nicht zur Überwachung des Systems angehalten, sondern kann sich mit fahrfremden Tätigkeiten beschäftigen. Eine Übernahme im Fall von Systemgrenzen durch den Fahrer muss trotzdem gewährleistet werden; im Fall der Hochautomation mit **ausreichender Zeitreserve**. Die Vollautomation benötigt keine Fahrerinteraktion mehr, das System garantiert in jedem Fall eine vollständige Fahrzeugführung bzw. die eigenständige Rückführung in einen „risikominimalen Zustand“.

Vollautomatisiert	<ul style="list-style-type: none"> • Vollständige Fahrzeugführung im Anwendungsfall. Keine Überwachung notwendig. Risikominimaler Zustand kann jederzeit erreicht werden.
Hochautomatisiert	<ul style="list-style-type: none"> • System übernimmt Längs- und Querführung. Fahrer muss nicht dauerhaft überwachen. Übernahme der Fahraufgabe mit ausreichender Zeitreserve. Systemgrenzen werden erkannt.
Teilautomatisiert	<ul style="list-style-type: none"> • System übernimmt Längs- und Querführung. Dauerhafte Überwachung notwendig. Jederzeit vollständige Übernahme durch Fahrer muss gewährleistet sein.
Assistiert	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrer führt dauerhaft entweder Längs- oder Querführung aus. Dauerhafte Überwachung des Systems notwendig.
Manuelles Fahren	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrer führt dauerhaft Längs- und Querführung aus.

Abbildung 1 *Übersicht der verschiedenen Automationsstufen zwischen manuellem und vollautomatisiertem Fahren nach (Gasser, 2012).*

Die Definition nach Gasser (2012), die eine „Übernahme der Fahraufgabe mit ausreichender Zeitreserve“ fordert, zeigt den Fokus der Literaturrecherche auf die Punkte

- Notwendiges Zeitbudget in Übernahmesituationen
- Einfluss fahrfremder Tätigkeiten
- Gestaltung der Übernahmeaufforderung
- Methodik

als zentrale Elemente vor oder während einer Übernahme, die Sicherheit und Komfort der Übernahme und damit den gesamten Themenkomplex entscheidend beeinflussen.

Die Definition der NHTSA (NHTSA, 2013) ähnelt stark der Definition der BASt und unterteilt das Spektrum zwischen manuellem Fahren und vollautomatisiertem Fahren ebenfalls in 5 Stufen. Zudem beschreibt „Level 3/Limited Self-Driving Automation“ analog zur Definition der BASt als Stufe, in der das Fahrzeug die Kontrolle hat, keine Überwachung durch den Fahrer notwendig ist und an Systemgrenzen eine Übernahme mit „sufficient transition time“ stattfindet.

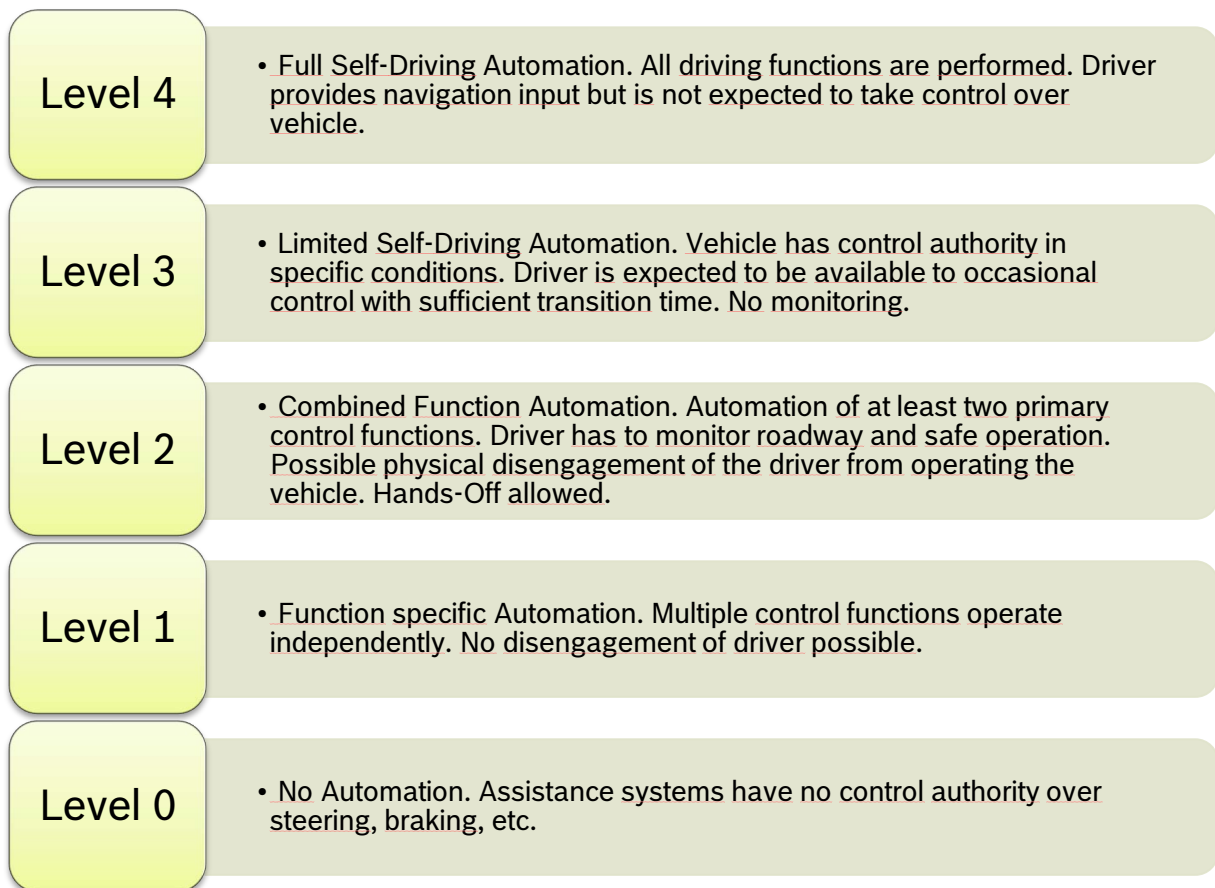


Abbildung 2 Übersicht der Stufen zwischen manuellem Fahren und vollautomatisiertem Fahren der NHTSA (NHTSA, 2013)

Damit ist die Systemausprägung „Hochautomatisiertes Fahren“ definiert und wird für den weiteren Bericht nach der Definition der BASt verwendet. Abweichende Systemausprägungen – sofern in der Veröffentlichung erkennbar – werden beschrieben.

1.5 Human Factors/Psychologie

Um die Ableitung und Eingrenzung des Forschungsbedarfs als auch die methodischen Limitierungen der untersuchten Studien besser einschätzen zu können, wird in diesem Kapitel ein Überblick über relevante Literatur zum Thema Modellierung menschlichen Verhaltens allgemein und Fahrerverhalten im Speziellen gegeben.

Der initiale Fokus der Automationsforschung lag auf der Luftfahrt. Shackel (1967) liefert erste Erkenntnisse zur Interaktion Mensch – Automation und erwähnt zentrale Aspekte einer Modellierung menschlichen Verhaltens in Kombination mit automatisierten Systemen wie Vigilanz und Workload. Rolfe (1972) beleuchtet vor allem Sicherheitsaspekte und menschliches Verhalten im Fall eines Unfalls in der Luftfahrt.

Obwohl diese und weitere Studien aus dem Bereich der Luftfahrt einen ersten Einblick in die Automationsforschung und Modellierung menschlichen Verhalten liefern, sind die Ergebnisse nur sehr eingeschränkt hilfreich, um

Übernahmeverhalten, kurz- und langfristige Änderung im Fahrerverhalten und Automationseffekte im Automobil zu erklären. Hauptgründe sind die stark unterschiedliche Dynamik, Objektdichte, Zeitkritikalität und Komplexität der Aufgabe zwischen Luftfahrt und Automobilbereich. Zusätzlich sind in der Luftfahrt die Operateure stark vorselektierte Piloten, die ein jahrelanges Training erhalten und ihre Fähigkeiten in geregelten Intervallen beweisen müssen. Zudem treten viele Piloten auf kommerziellen Flügen vor dem gesetzlichen Rentenalter in den Ruhestand. Im Automobilbereich ändert sich nicht nur Komplexität und Dynamik der Situation, die sich im Vergleich zur Luftfahrt deutlich schneller und hochvolatil darstellt, sondern auch der Kreis der Betroffenen unterscheidet sich stark: Autofahrer erhalten nur zu Beginn ein Training, das sie im nicht-kommerziellen Bereich nicht mehr auffrischen. Alters- und Fähigkeitsverteilung sind deutlich weitreichender als in der Luftfahrt und nicht zuletzt ist nicht nur der Sicherheitsaspekt von besonderer Bedeutung, sondern ebenso Komfort und Usability für den Fahrer.

Trotzdem können zentrale Modelle aus der Psychologie, initiiert durch Automationsforschung in der Luftfahrt als Erklärung für Fahrerverhalten in Zusammenhang mit Hochautomatisiertem Fahren herangezogen werden. Im Folgenden werden zentrale Modelle aufgeführt und auf weiterführende Literatur verwiesen.

1.5.1 Modelle menschlichen Verhaltens

Die aufgeführten Modelle konzentrieren sich in erster Linie auf die Vigilanzforschung, Modelle menschlicher Informationsverarbeitung, den Zusammenhang zwischen Belastung und Beanspruchung und der jeweiligen Relation zur Aufgabe „Autofahren“.

SEEV-Modell (vergleiche Wickens, Goh, Helleberg, Horrey, & Talleur 2003)

Wickens et al. (2003) beschreiben die Wahrscheinlichkeit einer Blickzuwendung oder Selektion durch Auffälligkeit (Saliency), Anstrengung (Effort), Erwartung (Expectancy) und Wert (Value). Auch hier liegt der Ursprung in der Luftfahrt und versucht die Frage zu beantworten, wie die Aufmerksamkeit des Operators verteilt wird. Nach der Selektion von Reizen oder „Events“ kommt es zu einer Informationsverarbeitung bestehend aus Perzeption, Kognition und Reaktion, die durch Aufmerksamkeitsressourcen beeinflusst wird. Zudem kann unterschieden werden zwischen:

- Selektive Aufmerksamkeit (selective attention)
- Gerichtete Aufmerksamkeit (focused attention)
- Geteilte Aufmerksamkeit (divided attention)

Mithilfe dieses Modells lässt sich eine mögliche Prognose menschlicher Aufmerksamkeitsallokation treffen, die vor allem vor dem Hintergrund des Hochautomatisierten Fahrens notwendig erscheint: bis dato gibt es eine Fülle an Studien, die die primäre Aufgabe „Fahren“ an sich und die Themenkomplexe Zweit- und Drittaufgaben gut beschreiben und analysieren.

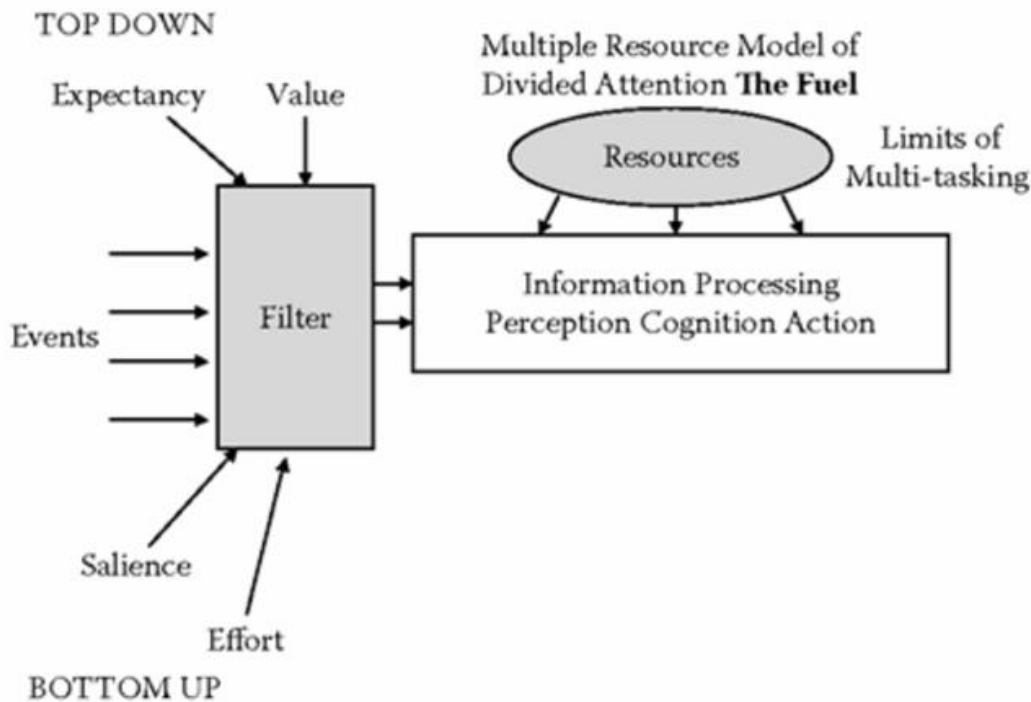


Abbildung 3 SEEV-Modell nach Wickens et al. (2003)

Beim Hochautomatisierten Fahren kommt es zu einem Paradigmenwechsel, da nicht mehr z.B. die multi-tasking Fähigkeiten des Fahrers im Vordergrund stehen, sondern eine Verschiebung von Ressourcen und Aufmerksamkeit auf diverse „primary tasks“ stattfindet, da der Fahrer während aktiver Automation das System nicht überwachen muss.

Die Adaption des SEEV-Modell für den Automotive Bereich wird beispielsweise in Horrey, Wickens, & Consalus (2006) gezeigt, in deren Arbeit ein guter Zusammenhang zwischen prognostizierter und tatsächlicher Aufmerksamkeitsallokation bewiesen wird. Eine Einschränkung stellt die binäre Aufteilung der „Areas of Interest (AOI)“ dar, bei denen nur zwischen Aufgabendisplay und restlicher Umgebung unterschieden wird. Nichts desto trotz zeigt die Arbeit von Horrey et al. (2006) das eine Modellierung von Aufmerksamkeit mithilfe des SEEV-Modells eine Prognose der Aufmerksamkeitsallokation ermöglicht und damit auch zur Prädiktion von Übernahmeverhalten herangezogen werden kann.

Einhergehend mit einer Modellierung von Aufmerksamkeit sei an dieser Stelle Vigilanz (Daueraufmerksamkeit) erwähnt, die im Hinblick auf die Definition von Hochautomatisiertem Fahren an Bedeutung gewinnt. Unter Vigilanz versteht man die Fähigkeit zur genauen Wahrnehmung und Reaktionsbereitschaft auf seltene Reize über einen längeren Zeitraum hinweg (Buld et. al, 2004). Studien zeigen typischerweise eine Vigilanzabnahme unter Automationseinfluss nach 20 – 30 min (Singleton, 1989; Warm, Dember and Hancock, 1996). Dabei wird die Frage nach der Fahrer Verfügbarkeit, einer Beeinflussung dieser Verfügbarkeit und den zugrundeliegenden Modellen aufgeworfen.

Modell menschlicher Informationsverarbeitung

Die Modellierung menschlicher Informationsverarbeitung eignet sich ebenfalls zur potentiellen Prädiktion von Übernahmeverhalten. Ein Modell von Wickens, & Carswell, (2006) zeigt menschliche Informationsverarbeitung als Regelkreis.

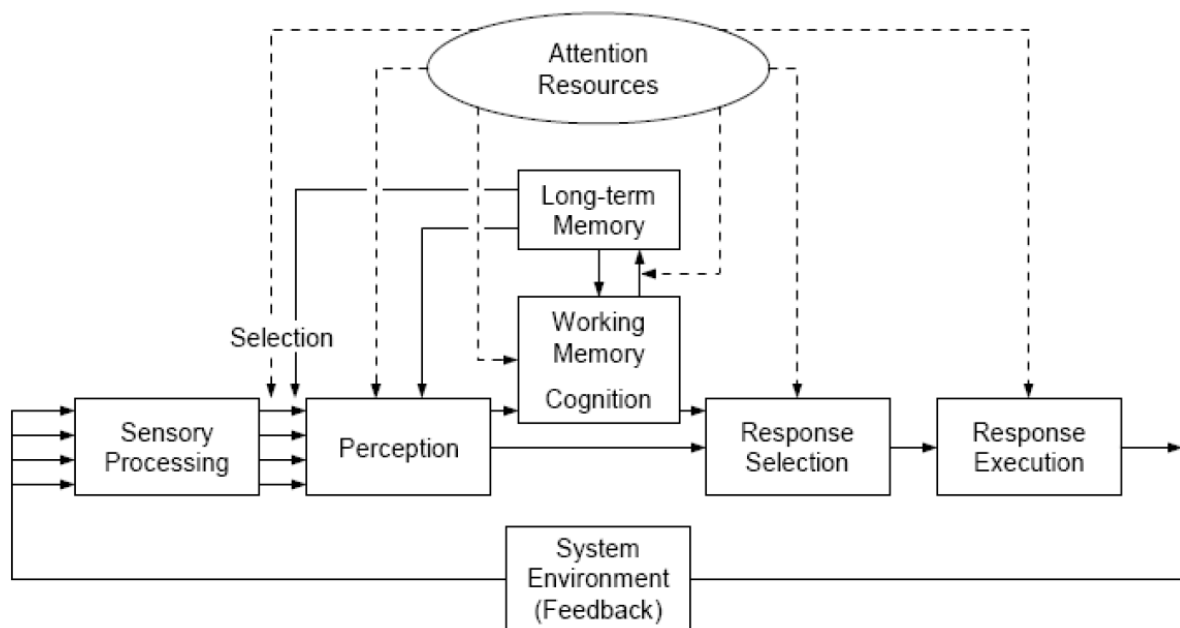


Abbildung 4 Modell menschlicher Informationsverarbeitung nach Wickens, & Carswell, (2006)

Nach der sensorischen Aufnahme und einer Vorselektion beeinflusst u.a. durch Aufmerksamkeitsressourcen kommt es zur Perzeption, kognitiven Verarbeitung, Auswahl der Handlung und Ausführung der Handlung. Diese Schritte werden alle beeinflusst durch Aufmerksamkeitsressourcen und Erinnerungsleistung. Damit einher geht wiederum die Möglichkeit der Vorhersage von Übernahmeverhalten. Eine genaue quantitative Betrachtung lässt sich mithilfe dieses Modells nicht erreichen, trotzdem ist für die A priori Abschätzung von Übernahmeverhalten auf Basis von Wahrscheinlichkeiten, die mithilfe des Modells generiert werden können, eine derartige Modellierung hilfreich.

Multiple Ressource Theory

Ebenfalls von Wickens, (2008) stammt die Multiple Ressource Theory die eine Modellierung der verwendeten Ressourcen bei Informationsaufnahme, -verarbeitung und anschließender Reaktion erlaubt. Dabei wird angenommen, dass sich zur Verfügung stehende Ressourcen auf verschiedene „Pools“ oder Codes aufteilen. Unterschieden wird unter Anderem zwischen visueller und akustischer Perzeption, dem räumlichen oder verbalen Code und den Stufen des Informationsverarbeitungsprozesses. Eine allgemeine Überlastung des menschlichen Informationsverarbeitungsprozesses entsteht damit durch Ressourcenkonflikte oder einer Überlastung der „Central Executive“.

Der Begriff des Workload lässt sich mithilfe dieses Modells auch als Verhältnis von vorhandenen Ressourcen zu für die Aufgabe erforderlichen Ressourcen begreifen. Da eine individuelle Grenze der zur Verfügung gestellten Ressourcen existiert,

kommt es bei einer weiteren Erhöhung der für die Aufgabe oder Aufgaben benötigten Ressourcen zu einem Abfall der (Aufgaben)-leistung.

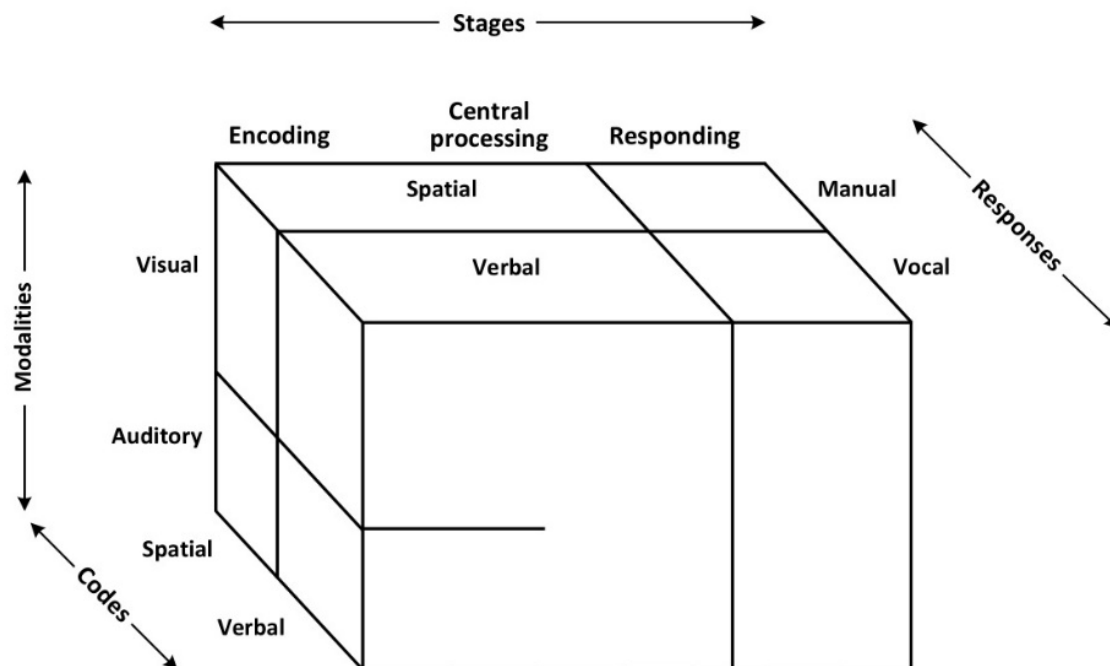


Abbildung 5 Multiple Resource Theory (Wickens, 2008)

Handlungsmodell nach Rasmussen, (1983) und Drei-Ebenen-Modell nach Donges, (2012)

Weitere Modelle, die menschliches Verhalten modellieren, finden sich bei Rasmussen und Donges. Rasmussen, (1983) unterteilt Verhalten in 3 Stufen, die sich folgendermaßen unterscheiden:

- Fertigkeitsbasiertes Verhalten: Auftreten bestimmter Reizung triggert automatische Ausführung (Manuelles, geübtes Schalten)
- Regelbasiertes Verhalten: Erfolgreich gelöste Problemstellungen in der Vergangenheit als Vorlage (Reduktion der Geschwindigkeit bei Glätte)
- Wissensbasiertes Verhalten: Strategisches, zeitlich länger dauerndes Verhalten (Routenplanung in unbekannter Stadt)

Das Drei-Ebenen-Modell von Donges, (2012) modelliert die Fahraufgabe und unterteilt diese in erster Linie in Navigation, Führung und Stabilisierung. Nachdem in einer Übernahmesituation die Kontrolle über das Fahrzeug an den Fahrer zurückgegeben wird, erleichtert eine Modellierung der Fahraufgabe in Kombination mit dem Handlungsmodell eine mögliche Prognose von Übernahmeverhalten. Auch im Hinblick auf die Erhöhung des Automationsgrades und der damit verbundenen Reduzierung von Ressourcen die für eine Handlung oder Übung gebraucht werden (Rasmussen, 1983), bzw. dem entgegengesetzten Prinzip und der damit einhergehenden „Ironie der Automation“ (Bainbridge, 1983) bei einem Eingriff eignet sich die Betrachtung um Übernahmeverhalten abschätzen zu können. Abbildung 6 zeigt die Verknüpfung der beiden Modelle, die eine Prognose des Übernahmeverhaltens allerdings nur qualitativ erlauben und nicht – wie

beispielsweise bei Betrachtung der Aufmerksamkeit – eine quantitative Prognose anhand von Wahrscheinlichkeiten.

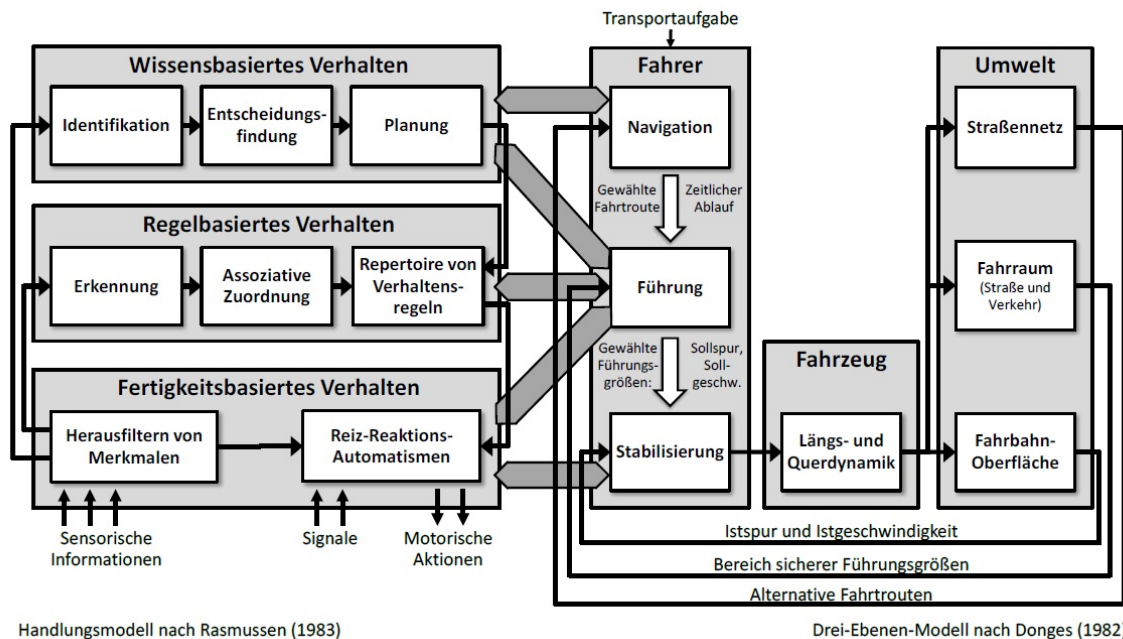


Abbildung 6 Verknüpfung der Modelle von Donges, (2012) und Rasmussen, (1983)

Aktiviertheit/Arousal

Ein weiterer, wichtiger Punkt bei der Modellierung von Übernahmeverhalten stellt das Arousal (Aktivierung, Erregung) dar. Diese ist wichtig für die Steuerung des Bewusstseins, der Aufmerksamkeit und der Informationsverarbeitung. Teigen, (1994) greift auf das Yerkes-Dodson-Law, (1908), zurück, das einen Zusammenhang zwischen Arousal und Leistung zeigt. Dabei wird angenommen, dass eine gewisse Motivation besteht, das Aktivierungsniveau auf ein vermutlich mittleres Niveau zu bringen (Bourne & Ekstrand, 2001). In der folgenden Literaturanalyse wird meistens der Fall der maximalen Aktiviertheit (Arousal) als worst case betrachtet, in der Annahme, Hochautomatisiertes Fahren führt zu einer Reduzierung des maximalen Arousals während einer sonst manuellen Fahrt. Durchaus möglich ist allerdings auch der in Abbildung 7 rechts gezeigte Fall, bei dem die Aktiviertheit auf den „maximalen Underload“-Fall fällt und eine Reduzierung der (Übernahme)-Leistung resultiert. Daher ist vor allem bei der späteren Ableitung des Forschungsbedarfs der Zusammenhang zwischen Arousal und Leistung der Fahrer zu beachten.

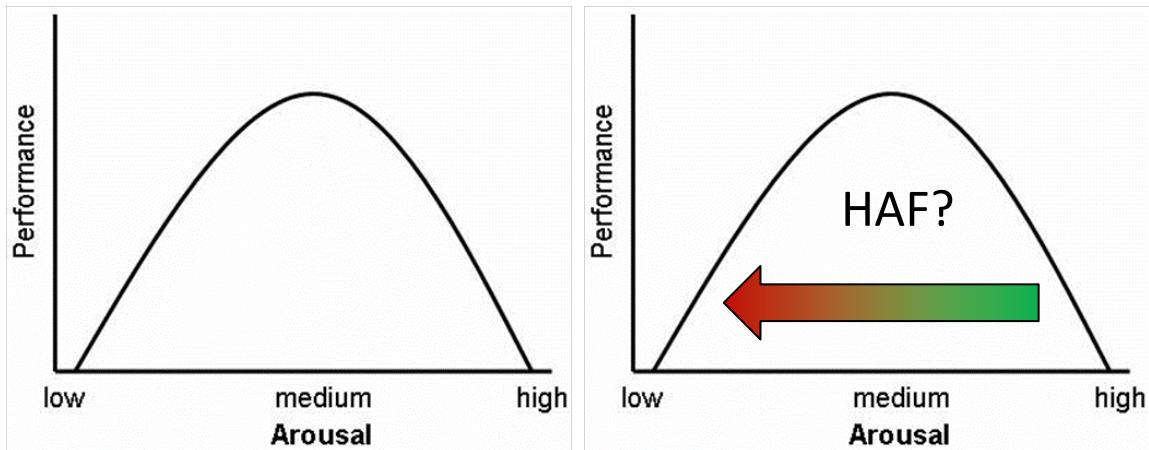


Abbildung 7 Yerkes-Dodson-Law (1908) und eine mögliche Änderung auf das Fahrerverhalten bei der Hochautomatisierten Fahrt

Situation Awareness, Out-of-the-Loop Performance Problem

Die im Nachfolgenden aufgeführten Modelle und Veröffentlichungen werden in diesem Bericht der Vollständigkeit halber erwähnt, finden aber keine vertiefte Berücksichtigung beim Ableiten des Forschungsbedarfs. Dies ist vor allem auf die „post-hoc Natur“ der Modelle zurückzuführen: es kann nach einem beobachteten Übernahmeverhalten mithilfe der Modelle menschlichen Verhaltens sehr gut beschrieben werden, allerdings eignen sich diese Modelle nur bedingt für eine Prognose von Übernahmeverhalten. Es kann festgehalten werden, dass der prädiktive Charakter von Modellen ein entscheidendes Kriterium für eine weitere Betrachtung des Übernahmeverhaltens darstellt, da nur dann A priori Sicherheit und Komfort einer Übernahme beeinflusst werden können.

Endsley (1995, 1999) nutzt den Begriff der situation awareness um Übernahmeverhalten abschätzen zu können. Grundlage ist auch hier die Luftfahrt, in der situation awareness als des Piloten internes Modell der Welt, die ihn an jedem beliebigen Zeitpunkt umgibt (Endsley, 1995) beschrieben wird. Abbildung 8 zeigt das Modell, das bestehend aus Perzeption, Verstehen und Projektion zukünftiger Zustände situation awareness definiert. Bezogen auf Hochautomatisiertes Fahren beschreibt situation awareness den Wissensstand über

- Eigenes Fahrzeug (Ego-Fahrzeug)
- Beteiligte Verkehrsteilnehmer an der Situation
- Örtlicher und zeitlicher Rahmen einer Situation (Dynamik)

und eignet sich in erster Linie zur post-hoc Erklärung von Übernahmeverhalten.

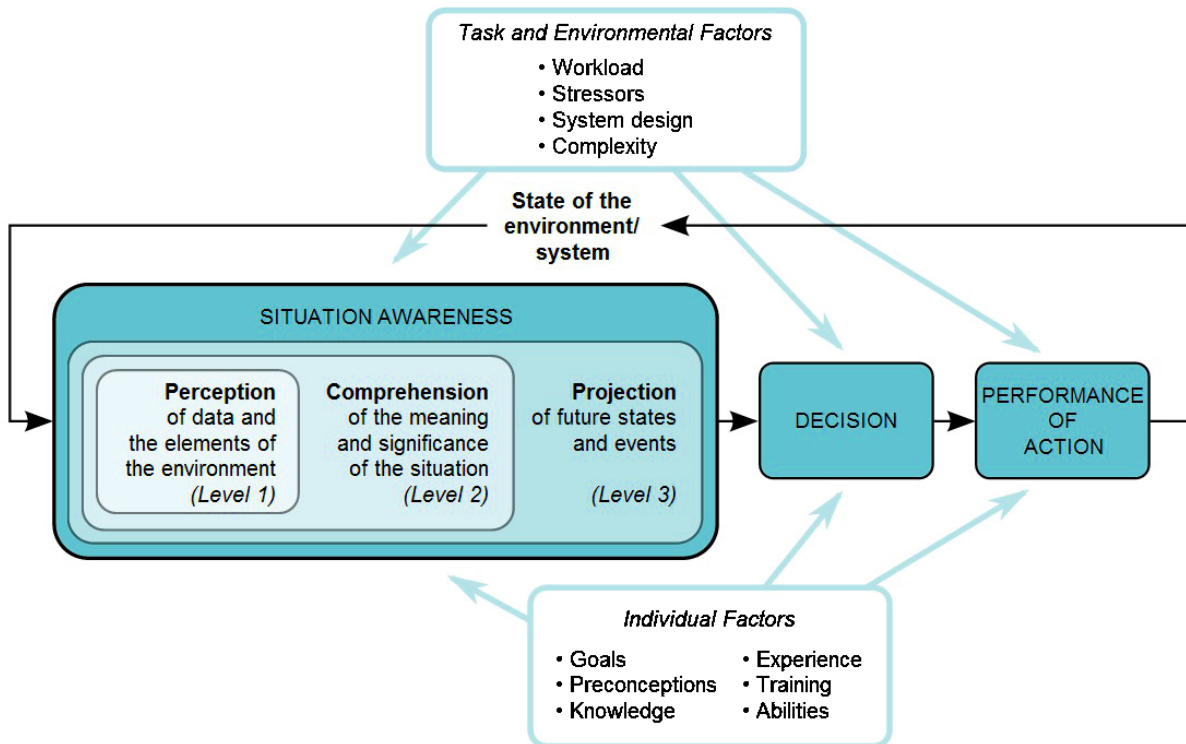


Abbildung 8 Situation Awareness und Einflüsse (Endsley, 1995, 1999)

Endsley & Kiris, (1995) und Kaber & Endsley, (1997) beschreiben zudem das Out-of-the-loop Performance Problem. Dabei werden Automationseffekte, beginnend bei der „Ironie der Automation“ (Bainbridge, 1983) mit geringem Situationsbewusstsein und der resultierenden geringeren Leistung von Operateuren verknüpft. Bezogen auf Hochautomatisiertes Fahren kann spekuliert werden, ob HAF zu schlechteren, manuellen Fahrfertigkeiten und damit Problemen bei der Übernahme führt.

Weitere Grundlagen und Anwendungsbeispiele finden sich in den folgenden Arbeiten, die als Ergänzung in diesen Bericht mit aufgenommen werden.

- Parasuraman & Riley, 1997, Humans and Automation: Use, Misuse, Disuse, Abuse.
- YOUNG & STANTON, 1997, Automotive automation: Investigating the impact on driver mental workload.
- STANTON & YOUNG, 1998, Vehicle automation and driving performance.
- (Parasuraman, Sheridan, & Wickens, 2000, A model for types and levels of human interaction with automation.
- Young & Stanton, 2002, Attention and automation: New perspectives on mental underload and performance.
- Horrey & Wickens, 2004, Driving and Side Task Performance: The Effects of Display Clutter, Separation, and Modality.
- Rovira, McGarry, & Parasuraman, 2007, Effects of Imperfect Automation on Decision Making in a Simulated Command and Control Task.
- Parasuraman & Wickens, 2008, Humans: Still Vital After All These Years of Automation.

- Parasuraman & Manzey, 2010, Complacency and Bias in Human Use of Automation: An Attentional Integration.

Die gezeigten Modelle und weiterführende Literatur sind ein erster Schritt hin zu einer Modellierung und damit auch notwendigen Prognose von Fahrerverhalten vor und während einer Übernahme. Allerdings zeigt sich sehr deutlich, dass die meisten Ansätze qualitativer Natur sind und eine Quantifizierung von Fahrerreaktionen nur teilweise und ungenügend ausfällt. Vor allem die Modelle zu Vigilanz, Aktiviertheit und Selbstmanagement werden nicht in ihrer Tiefe betrachtet und es erfolgt keine quantitative Modellierung von Fahrerverhalten. Noch dazu zeigt sich bis dato eine starke Tendenz zu post-hoc Erklärungen bezüglich des Übernahmeverhaltens und des fehlerhaften Verhaltens. Dabei kann vordergründig ein guter Zusammenhang zwischen Modell und Übernahmeverhalten erzielt werden, eine a priori Vorhersage von Übernahmeverhalten findet aber nicht statt.

Als Fazit aus der Betrachtung von Modellen menschlichen Verhaltens lässt sich folgern, dass das Methodenspektrum in Bezug auf Hochautomatisiertes Fahren eher dünn ausfällt.

1.5.2 Studien zu Human Factors in Automation

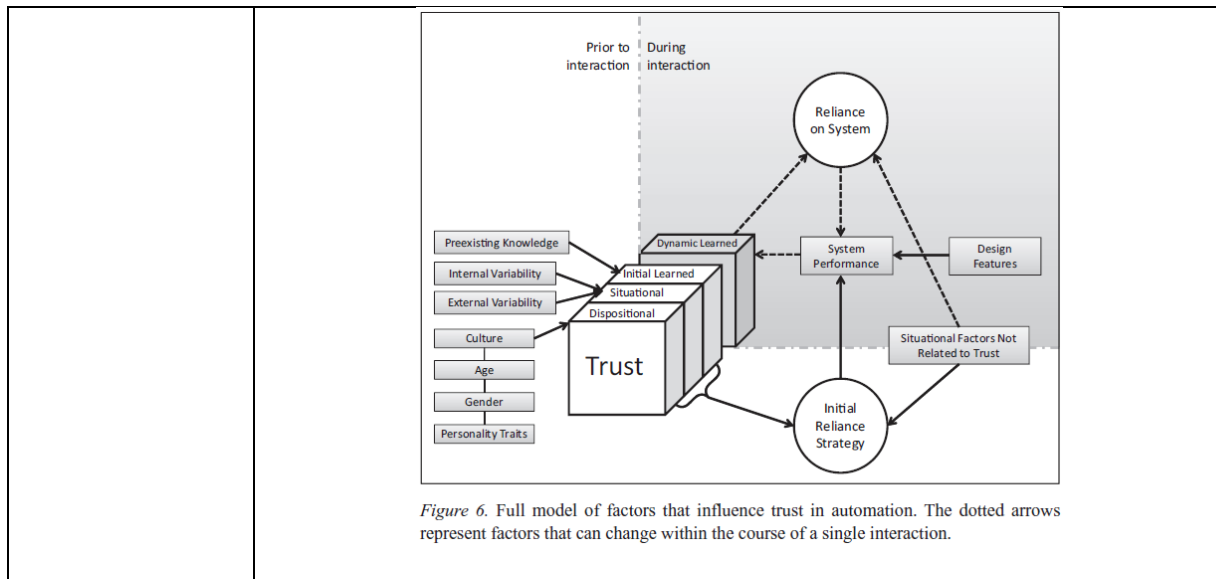
Im Folgenden werden exemplarisch Studien in einer Tabelle aufgeführt, die sich mit den Themen Automation, Skill, Vertrauen und Workload beschäftigen und aufgrund ihres Fokus auf Fahrsimulatorexperimente detaillierter betrachtet werden, als die weiterführende Literatur weiter oben.

Typ der Studie	Zusammenfassung
Statischer Fahr Simulator (n=114)	Study: Young & Stanton, 2007 Title: What's skill got to do with it? Vehicle automation and driver mental workload Key Building Blocks: Mental workload, Performance in underload situations, Secondary task, MWL (Mental workload) <ul style="list-style-type: none"> - Automatisierungsstufen: Manual, ACC, AS, ACC+AS - Driver skill level: novice (noch nie gefahren), learner (noch keinen Führerschein), expert (mind. 1 Jahr Fahrerfahrung), advanced (Mitglied des IAM (Institute of Advanced Motorists)) - ACC hat einen sehr geringen Effekt auf MWL - Problematik: Fahranfänger können ebenfalls diese Automation nutzen; Diese haben jedoch noch keine Erfahrungen mit kritischen Situationen und entsprechenden Reaktionen → spezielles Training?
Statischer Fahr Simulator (n=9) Mean=23,7 years	Study: Banks, Stanton, & Harvey, 2014 Title: What the drivers do and do not tell you: using verbal protocol analysis to investigate driver behaviour in emergency situations. Key Building Blocks: Verbal protocol analysis (VPA), qualitative Daten, Fußgängererkennung <ul style="list-style-type: none"> - Untersuchung der kognitiven Elemente der Fahraufgabe durch die Verwendung von VPA - Die Kombination von VPA und objektiven Daten der Fahrsimulation ist eine Möglichkeit komplexes Verhalten sowie den Wissensstand der Zielgruppe zu untersuchen.

	<p>Limitations: Vergleich der Fahrleistung mit und ohne VPA ist noch notwendig; Probandenanzahl</p>
<p>Online 69 College students</p>	<p>Study: Merritt, Heimbaugh, LaChapell, & Lee, 2013 Title: I Trust It, but I Don't Know Why: Effects of Implicit Attitudes Toward Automation on Trust in Automated System</p> <p>Beim Langzeitgedächtnis unterscheidet man zwischen einem impliziten Verhaltensgedächtnis (unbewusst) und einem expliziten/deklarativen Wissensgedächtnis (bewusste Erinnerungsanstrengung), (Behrends, Bischofberger, & Deutzmann, 2012). Das Langzeitgedächtnis besitzt eine unbegrenzte Kapazität und Speicherdauer. Vergessene Informationen sind nicht gelöscht, sondern können aufgrund ungünstiger Speicherorganisation nicht abgerufen werden (Heinecke, 2012).</p> <p>Key Building Blocks: Vertrauen, Zuverlässigkeit</p> <ul style="list-style-type: none"> - Um Misuse und Disuse zu verhindern, könnte eine Kalibrierung des Nutzervertrauens notwendig (Lee & See, 2004; Parasuraman & Miller, 2004). - Explizite und implizite Prozesse beeinflussen die Wahrnehmung und das Verhalten (Gawronski & Bodenhausen, 2006). - Diese Studie untersucht den Einfluss impliziter Einstellungen zur Automatisierung in Bezug auf das Vertrauen in automatisierte Systeme. <p>Methode:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Eigenangabe der Vertrauenstendenz (propensity to trust) durch die Probanden - Implicit Association Test → Messung der impliziten Einstellung zur Automation - Daraufhin führten die Probanden eine X-ray screening Aufgabe durch. - Variation der Häufigkeit und Offensichtlichkeit der Fehler → unterschiedliche Leistungsfähigkeit der Automation <p>Ergebnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die explizite Vertrauenstendenz und die implizite Einstellung zur Automation korrelierten nicht signifikant. - Die Leistungsfähigkeit der Automation war nicht eindeutig → die implizite Einstellung beeinflusste signifikant das Vertrauen in die Automation. - Implizite Einstellungen haben einen starken Einfluss auf das Vertrauen in automatisierte Systeme.
<p>Statischer Fahr Simulator oder Fahrstand (nicht eindeutig benannt) n=184 Mean=20,16 years</p>	<p>Study: Neubauer, Matthews, Langheim, & Saxby, 2012 Title: Fatigue and Voluntary Utilization of Automation in Simulated Driving Key Building Blocks: Fahrerverhalten, Ermüdung, Workload</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2 Versuchsgruppen: Automation optional (AO) und nonautomation (NA) - 35-minütige Versuchsfahrt - In den letzten 5 Min. stand die Automation nicht zur Verfügung → Fahrer mussten auf eine Notfallsituation reagieren. - Der subjektive Zustand sowie die Beanspruchung (Workload) wurden vor und nach der Testfahrt evaluiert. - Die subjektive Stresswahrnehmung wurde durch den Dundee Stress State Questionnaire (DSSQ) ermittelt.

	<p>Emergency event:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anfänglich parkender Van fährt unerwartet auf den Fahrstreifen des Egofahrzeugs → Messung der Reaktionszeit (RT). - monotone Bedingungen - Die Verfügbarkeit der Automation führte nicht zur Verringerung der Müdigkeit sowie des Stresszustandes. - Fahrer, die schon vor der Fahrt ermüdet waren, verwendeten mit höherer Wahrscheinlichkeit die Automation. - Der Gebrauch der Automation führte zu einer Erhöhung des Distress, insbesondere bei ermüdungsgefährdeten Fahrern. - Fahrer in der AO-Gruppe reagierten auf die Emergency-Situation langsamer mit einer Lenkbewegung als die NO-Gruppe. <p>→ Die optionale Auswahl der Automation durch die Fahrer führte zu identischen Gefahren wie bei der extern initiierten Automation.</p>
	<p>Study: Parasuraman, Sheridan, & Wickens, 2008 Title: Situation Awareness, Mental Workload, and Trust in Automation: Viable, Empirically Supported Cognitive Engineering Constructs Key Building Blocks: SA, Trust, Workload</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cognitive Engineering benötigt brauchbare Konstrukte und Prinzipien → besseres Verständnis sowie bessere Vorhersage der menschlichen Leistungsfähigkeit in komplexen Systemen. - Es gab 3 wesentliche Konstrukte, welchen viel Aufmerksamkeit in der Forschung und in der Praxis gewidmet wurde: Situation awareness (SA), mental workload, trust in automation. - Dekker und Woods (2002) sowie Dekker und Hollnagel (2004) vertreten die Auffassung, dass diese Konstrukte lediglich "folk models" ohne starke empirische Fundierung darstellen. <p>→ Parasuraman et al. (2008) liefern eine Beschreibung der breiten wissenschaftlichen Fundierung, um die Aussage der oben genannten Autoren zu entkräften.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die 3 Konstrukte sind verknüpft mit dem Informationsverarbeitungsprozess sowie anderen psychologischen Prozessen. - Außerdem wurden die zugrunde liegenden Gehirnmechanismen erkannt. - Jedes Konstrukt wurde erfolgreich modelliert. - Diese 3 Methoden liefern einen übereinstimmenden Beweis für die wissenschaftliche Brauchbarkeit. - Die Autoren sind sich im Klaren darüber, dass dies nicht bedeutet, dass es eine vollständige Übereinstimmung der zugrunde liegenden Mechanismen gibt und darüber, dass weitere Forschung zu einer Überarbeitung der Strukturen bzw. der Modellierung der 3 Konstrukte führen könnte. - Dies sei im wissenschaftlichen Fortschritt natürlich.
<p>ATST(Air Traffic Scenarios Test) Simulator (n=27) Mean=21,11 years</p>	<p>Study: Sethumadhavan, 2011 Title: Effects of First Automation Failure on Situation Awareness and Performance in an Air Traffic Control Task Key Building Blocks:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Untersuchung in der Flugverkehrskontrolle - Untersuchung der Effekte eines ersten Automationsfehlers auf die anschließende Leistungsfähigkeit des Operators - Die Probanden erlebten automatisierte Systeme

	<p>unterschiedlicher Ebenen.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Primäre Aufgabe: Air Traffic Control Task - Sekundäre Aufgabe: Beobachtung einer Wetteranzeige - Unabhängige Variable: - (a) Automationstyp (Information acquisition condition, information analysis condition, decision and action selection condition, action implementation condition) - (b) Automationsversagen (first and second automation failure) - Abhängige Variable: - Advance notification time (the time a collision was scripted to occur in a scenario minus the time participants reported that they detected the collision); SA (SAGAT) - Ergebnisse: - Nach einem Fehler der Automation haben Personen, die mit einem hohen Automationsgrad arbeiten, eine niedrigere SA und reagieren langsamer auf einen danach folgenden Fehler der Automation im Vergleich zu den anderen Automationstypen. - Probanden, die mit einem höheren Automationslevel arbeiten, vertrauen auch nach einem Fehler zu stark auf das System. - Probanden der acquisition condition haben ein größeres Situationsbewusstsein im Vergleich zu den anderen Automationstypen. - Probanden hatten vor dem ersten Automationsfehler ein größeres Situationsbewusstsein als nach dem Auftreten des Fehlers (mögliche Ursache: Abnahme der Vigilanz).
	<p>Study: Hoff & Bashir, 2014 Title: Trust in Automation: Integrating Empirical Evidence on Factors That Influence Trust Key Building Blocks: trust in automation, human-automation interaction, trust formation, reliance</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wenn Mensch und Automation ("human-automation teams") optimal zusammen arbeiten, kann die Effizienz enorm gesteigert werden. - Dieses Optimum wird häufig nicht erreicht. - Die Einführung von automatisierten Systemen in sicherheitskritischen Bereichen (Krankenhäuser, Luftfahrt ...) birgt neue Fehlermöglichkeiten → kann zu fatalen Folgen führen. - Vertrauen spielt eine entscheidende Rolle, ob Menschen bereit sind, ein automatisiertes System in ungewissen Situationen zu verwenden. - Angemessenes Vertrauen in eine Automation ist für den Sicherheitsgewinn sowie für die Produktivitätssteigerung des Mensch-Automations-Systems der ausschlaggebende Faktor (Zusammenhang: misuse, disuse - trust). - Die Entstehung von Vertrauen hängt zum einen mit dem Denken und zum anderen mit Emotionen zusammen. - Emotionen sind der primäre Bestimmungsfaktor für die Vertrauensbildung (trusting-behaviour).



1.5.3 Studien – Notwendiges Zeitbudget in Übernahme-situationen

Die evaluierten Studien zum Zeitbudget in Übernahme-situationen werden analog zu den Studien zum Thema Human Factors in Automation in Tabellenform dargestellt. In Kapitel 3 Arbeitspaket 2 – Ableitung des Forschungsbedarfs findet die Ableitung des Forschungsbedarfs auf Basis dieser tabellarischen Zusammenfassung statt. Ein Fazit findet sich am Ende dieses Kapitels wieder. In der folgenden Zusammenfassung wird zudem das Automations-level der NHTSA Definition folgend angegeben, das im Grunde identisch zur BASt Definition definiert ist. Zudem wurden – sofern erkennbar – Limitationen der Methodik, des Experiments oder der Studie allgemein angegeben, die in die Ableitung des Forschungsbedarfes einfließen.

Auto-mation Level	Typ der Studie	Zusammenfassung
L3	Statischer Fahr Simulator (n=32) Mean=42,5 years	<p>Study: Damböck, Farid, Tönert, & Bengler, 2012 Title: Übernahmezeiten beim hochautomatisierten Fahren Key Building Blocks: Zeitbereich der Übernahmeaufforderung, beidhändig auszuführende Nebenaufgabe</p> <ul style="list-style-type: none"> - Autobahnfahrt - Körperlich, visuell und kognitiv völlig abgelenkt - 3 Szenarien unterschiedlicher Komplexität (Fahrbahnmarkierung (FBM), Fahrbahnverengung (FBV), Fahrbahnteilung (FBT)) - Geschwindigkeit vor TOR: 100km/h - Kurz vor dem Erreichen einer Systemgrenze erfolgt ein akustisches Signal → Übernahmeaufforderung. - TOR-Zeit von 4s, 6s und 8s (für jedes Szenario) - FBM = fertigsbasiert, auch bei 4s erfolgreiche Übernahme - FBV und FBT = regelbasiert und wissensbasiert;

		<p>in beiden Szenarien nimmt die Gesamtzahl der Fehler mit zunehmender TOR-Zeit signifikant ab; erst bei 8s ist kein signifikanter Unterschied zwischen der manuellen und der hochautomatisierten Fahrt nachweisbar (konservative Fail-Kriterien)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Annahme: Überfahren von Fahrstreifenmarkierungen ist unkritisch (Toenert et al.) → TOR-Zeit von 6s ist noch ausreichend - In komplexeren Situationen wirken sich kürzere TOR-Zeiten stärker auf das subjektive Empfinden aus als in einfacheren Situationen. <p>Limitations: Eine Verallgemeinerung der gefundenen Übernahmezeiten ist aufgrund methodischer Einschränkungen und spezieller Situationen nicht ohne weitere Untersuchungen und Validierung möglich.</p>
L3	<p>Dynamischer Fahrsimulator (n=49) Mean=27,6</p>	<p>Study: Gold, Damböck, Lorenz, & Bengler, 2013 Title: "Take over!" How long does it take to get the driver back into the loop? Key Building Blocks: Übernahmezeit, SuRT</p> <ul style="list-style-type: none"> - Autobahnfahrt - Secondary Task: SuRT (Visuell-motorische Ablenkung) - TOR: akustisch und visuell - TOR 5s und 7s vor kritischer Situation - Geschwindigkeit vor TOR: 120 km/h - Szenario: Unfall auf der rechten Seite - Lösungsmöglichkeiten: Fahrstreifenwechsel oder Vollbremsung (regelbasiert) - Kürzere Übernahmezeiten → schnellere Entscheidungsfindung der Probanden - ABER: schlechtere Übernahmequalität (Bremsbeschleunigung 2-3mal höher im Vergleich zur Baseline-Gruppe); wesentlich mehr plötzliche Bremsmanöver → Problem für nachfolgenden Verkehr - Die Übernahmezeit von 7s führt bei diesem Automationslevel (L3) mit vollständiger Ablenkung zu beobachtbaren Unterschieden/Effekten im Vergleich zur Baseline-Gruppe. - Die ermittelten Beschleunigungswerte weichen evtl. von der Realität ab.
L2	<p>Driving Simulator (n=39) Mean=41,0 years</p>	<p>Study: Merat & Jamson, 2009 Title: How do drivers behave in a highly automated car? Key Building Blocks: eLane, Reaktionszeit, TOR</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2 Zonen: die eine wurde manuell gefahren, die andere mit der Automation (longitudinale und laterale Kontrolle) - Geschwindigkeit der Automation: 40 mph/ = 64 km/h

		<ul style="list-style-type: none"> - Der Abstand zum Vorderfahrzeug betrug 2s. - (Teil-)Automatisiertes Fahren erfolgte auf einer eLane. - Sobald die Kontrolle des Fahrzeugs nach Erreichen einer eLane an die Automation übergeben wurde, erfolgte eine akustische und visuelle Meldung, dass das System aktiv ist (→ Fahrer: Hands-off, Fuß vom Gaspedal). - Fahrer sollten trotzdem weiterhin die Verkehrssituation beobachten. - Fahrer können jederzeit das System deaktivieren (Lenkradbewegung, On/Off-Button, Bremspedal). - Die meiste Zeit folgte das Fahrzeug einem Vorderfahrzeug; dieses bremste unterschiedlich stark ($0,5-2\text{m/s}^2$) in unkritischen Szenarien (Ampel, Reaktion auf andere Verkehrsteilnehmer). - Kritische Szenarien (akustische Warnung für alle Situationen): - 3 longitudinale Events: Das Vorderfahrzeug verzögerte mit 6 m/s^2 → Automation kann darauf nicht ausreichend reagieren. - Alle kritischen Situationen waren für Probanden ca. 3s sichtbar, bevor das Vorderfahrzeug bremste. - Laterales Szenario: Ein anderes Fahrzeug blockierte teilweise den Fahrstreifen; es war kein Vorderfahrzeug vorhanden. <p>Ergebnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Fahrerreaktion auf kritische Situationen war bei der manuellen Fahrt signifikant schneller als bei der automatisierten Fahrt. - Die Antizipation der kritischen Szenarien (longitudinale Szenarien) war bei manueller Fahrt viel besser als mit der Automation (manuelles Fahren: Bremsengriff erfolgte 0,4s nach dem Bremsengriff des Vorderfahrzeugs; automatisiertes Fahren: Reaktion nach 1,90s) → signifikant. - Time to contact: manuell: 4,66s; automatisiert: 2,62s → signifikant
L2	Dynamischer Fahrsimulator (n=50) Mean=47,38 years	<p>Study: Merat, Jamson, Lai, & Carsten, 2012 Title: Highly Automated Driving, Secondary Task Performance, and Driver State Key Building Blocks: Workload, TQT</p> <ul style="list-style-type: none"> - Autobahnfahrt - Vergleich: Workload bei manueller und hochautomatisierter Fahrt - Untersuchung der Blickverhaltensmuster → Fahrerzustand

		<ul style="list-style-type: none"> - Automation: ACC 113km/h, Querführung - Workload Beeinflussung: non-driving cognitive tasks (TQT: Twenty Questions Task); - Lane-change event (Unfall) - Ohne Zweitaufgabe war das Verhalten der Fahrer (manuell und hochautomatisiert) in kritischen Situationen ähnlich. <p>Aussage:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wird die Aufmerksamkeit nicht auf eine Zweitaufgabe gelenkt, dann wird die Fahrleistung unter hochautomatisiertem Fahren nicht negativ beeinflusst; auch das Blickverhalten weist keine Unterschiede auf. Aber: Effekte der Automation? Nur Kurzbetrachtung. Widerspricht teilweise zB. (Bainbridge, 1983) - Die Fahrleistung wurde negativ beeinflusst, wenn TQT und LC-Event zum selben Zeitpunkt bewältigt werden sollten.
L3	Dynamischer Fahrsimulator (n=48) Mean=33,5 years	<p>Study: Radlmayr, Gold, Lorenz, Farid, & Bengler, 2014 Title: How traffic situations and non-driving related tasks affect the take-over quality in highly automated driving Key Building Blocks: Übernahmezeit, Ablenkung durch fahrfremde Tätigkeit, Unterschiedliche Verkehrssituationen Szenario</p> <ul style="list-style-type: none"> - Visuell-motorische (SuRT) oder kognitive (n-Back, DRT) Ablenkung - Unfall auf dem rechten, mittleren, linken Fahrstreifen, Verkehrsdichte variiert - v = 120 km/h - Optische und akustische Übernahmeaufforderung (TOR) - Übernahmezeit: 7 s <p>Ergebnisse</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schlechtere Übernahmequalität (Bremsbeschleunigung 2-3 mal so hoch im Vergleich zur manuellen Baseline-Gruppe) bei mittlerem Fahrstreifen mit hoher Verkehrsdichte; wesentlich mehr Kollisionen - Visuell-motorische und kognitive Ablenkung können gleiche Ablenkung erzielen; visuell-motorisch tendenziell aber kritischer - Die Übernahmezeit von 7 s führt mit vollständiger Ablenkung zu beobachtbaren Unterschieden/Effekten im Vergleich zur manuellen Baseline-Gruppe <p>Limitations: Extrem hohe Ablenkung der Fahrer vor der Übernahme</p> <ul style="list-style-type: none"> - Konstruierte Verkehrssituationen - Verwendetes System (Automation) neu für Probanden
	Statischer Fahrsimulator	<p>Study: Young & Stanton, 2007 Title: Back to the future: Brake reaction times for manual</p>

	(n=44)	<p>and automated vehicles</p> <p>Key Building Blocks: Automation, Brake reaction time (BRT), Total braking time (TBT), Movement time (MT)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Strecke 1: ACC; Strecke 2: ACC+AS (Active Steering); - Zunahme der Reaktionszeit bei automatisierter Fahrt (TBT 3mal so hoch im Vergleich zur manuellen Fahrt) - BRT durchschnittliche Zunahme um 2,4 s im Vergleich zur manuellen Fahrt
L2/L3	<p>Dynamischer Fahrsimulator (n=48) Mean=27,6 years</p>	<p>Study: Gold, Lorenz, Damböck, & Bengler, 2013</p> <p>Title: Partially Automated Driving as a Fallback Level of High Automation (L3→L2)</p> <p>Key Building Blocks: Übernahmesituation, automatisiertes Fahren</p> <ul style="list-style-type: none"> - Autobahn: 120 km/h - Eye-Tracking, SuRT - 3 Gruppen: Baseline-Gruppe, visuelle Beobachtung, Beobachtung mit Hands-ON - MR (Monitoring Request) → Fahrer hat ein bestimmtes Zeitbudget, um die Situation zu beobachten, zu erfassen oder zu reagieren, bevor es zum kritischen Szenario kommt = Total time budget (TTB). - Es bleiben 6 s oder 4 s zum Erkennen der Systemgrenzen und zum Eingreifen. <p>Kritische Situation:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Person auf der Fahrbahn bzw. Anhänger rollt auf die Fahrbahn - ca. 4 Min. zwischen den verschiedenen Szenarien - Baseline-Gruppe intervenierte in den kritischen Situationen schneller, bremste häufiger, musste weniger stark bremsen und es traten geringere Beschleunigungen auf. - Hands-ON und Hands-OFF Eingriff wird verglichen → Hands-ON 0,3 s schneller (aber nicht signifikant). - 30 % der visuellen und 10 % der motorischen Gruppe haben überhaupt nicht eingegriffen, obwohl die Szenarien sehr kritisch gestaltet waren. - Es wird von den Probanden/Fahrern erwartet, dass das System die kritischen Situationen ohne den Fahrer löst.
Assistiert vs. hoch-automatisiert L1 und L3	<p>Dynamischer Fahrsimulator (n=36) Mean=43,2 years</p>	<p>Study: Strand, Nilsson, Karlsson, & Nilsson, 2014</p> <p>Title: Semi-automated versus highly automated driving in critical situations caused by automation failures</p> <p>Key Building Blocks: Out-of-the-Loop, HMI, MTTC (Minimum Time-To-Collision), MTHW (Minimum Time Head-Way), Response Time (RT)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Landstraße; Geschwindigkeit: 70 km/h - Vergleich: ACC = teilautomatisiert vs.

		<p>ACC+AS = hochautomatisiert</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vorderfahrzeug bremst unerwartet - Automationsfehler: 60 % (moderate), 30 % (severe) und 0 % (complete) der Bremskraft, die ein komplett funktionsfähiges System haben würde, standen zur Verfügung. - Beim manuellen Bremsvorgang stand die vollständige Bremskraft zur Verfügung. - Die Fahrleistung nimmt mit steigendem Automationslevel ab. - Fahrer können Situationen bei einem Totalausfall des Systems schlechter beherrschen als bei einem Teilausfall der Automation.
Hochautomatisiert L3	Statischer Fahrsimulator (n=72)	<p>Study: Petermann-Stock, Hackenberg, Muhr, & Mergl, 2013</p> <p>Title: Wie lange braucht der Fahrer? Eine Analyse zu Übernahmezeiten aus verschiedenen Nebentätigkeiten während einer hochautomatisierten Staufahrt</p> <p>Key Building Blocks:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Untersuchung der Rückholzeiten für unterschiedliche Arten von Nebenaufgaben bei Übernahmeaufforderungen - 2 Gruppen: 25-35 Jahre sowie 50-70 Jahre - Expertenevaluation (n=31) klassifizierte denkbare Nebenbeschäftigungen bezüglich der Kontrollierbarkeit und des Anreizwertes - hochautomatisierte Staufahrt - 70 von 72 Probanden konnten innerhalb von 10 s die Fahraufgabe übernehmen. - 2 Fahrer (ältere Stichprobe) → sie konnten keine Verknüpfung zwischen Systemabwurf herstellen (Überhören der Übernahmeaufforderung). - Keine Unterschiede in der Übernahmekzeit zwischen den beiden Gruppen - Bearbeitung der Nebenaufgabe mit dem Beanspruchungslevel "high" → signifikant verlängerte Reaktionszeiten - Die Reaktionszeit lag im Mittel bei 3,2 s (max: 8,8 s). <p>Untersuchungsbedarf: Weitere Studien müssen Aufschluss über die Wirkung verschiedener Rückholstrategien auf die Übernahmezeit des Fahrers geben. Wann hat der Fahrer die Fahraufgabe tatsächlich wieder vollständig übernommen?</p>
	Statischer Fahrsimulator (n=24) Mean=30,5 years	<p>Study: Damböck, Weissgerber, Kienle, & Bengler, 2013</p> <p>Title: Requirements for Cooperative Vehicle Guidance</p> <p>Key Building Blocks: NASA-TLX;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Variation der Automationsstufen (manual, assisted, semi-automated hands-on, semi-automated hands-off) - Landstraße - Geschwindigkeitslimit: 100 km/h - Secondary Task: visual recognition task

		<p>Situation 1: Traffic sign scenario:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Veränderung der zulässigen Geschwindigkeit von 100 km/h auf 80 km/h; Automation erkennt die Veränderung nicht → Fahrer muss reagieren <p>Situation 2: Vehicle-vehicle scenario:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vorderfahrzeug bremst ab; ACC-Ausfall → Fahrer muss bremsen; kein Fahrstreifenwechsel war möglich <p>Situation 3: Animal-vehicle scenario</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wildschwein auf dem Fahrstreifen <p>Ergebnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Traffic sign scenario: höheres Automationslevel beeinflusst die Reaktionszeit negativ; wird durch die beiden anderen Szenarien bestätigt - Subjektiver Workload sinkt bei höherem Automationslevel. ➔ Kooperation zwischen Fahrer und Automation muss verstärkt werden (optisches + haptisches Feedback → Erkennung des aktuellen Status; Information über zukünftige Aktionen der Automation)
	<p>Nicht eindeutig benannt (vermutlich stat. Sim) Männliche Fahrer (3 Alters-klassen)</p>	<p>Study: Makishita & Matsunaga, 2008 Title: Differences of drivers' reaction times according to age and mental workload Key Building Blocks: Reaktionszeit, unterschiedliche Altersgruppen, mentale Beanspruchung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Untersuchung der Reaktionszeit verschiedener Altersgruppen - Die Auswirkung mentaler Belastung auf die Reaktionszeit wird untersucht. - Altersklassen: 20-29 Jahre; 41-54 Jahre; 61-64 Jahre - Die Reaktionszeiten wurden unter folgenden Bedingungen gemessen: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Proband sitzt im Fahrzeug ohne weitere Aufgabe ▪ Proband sitzt im Fahrzeug und führt Berechnungen durch (mental Workload) ▪ Proband fährt mit 50 km/h durch eine Stadt ohne weitere Aufgabe ▪ Proband fährt mit 50 km/h durch eine Stadt und führt Berechnungen durch (mental Workload) ▪ Proband fährt auf einer public road - Jeder Fahrer erlebte alle Bedingungen. - Die zusätzliche mentale Beanspruchung führte in allen Altersgruppen zu einer Zunahme der Reaktionszeit. - Durch die mentale Beanspruchung wurden die Unterschiede zwischen den verschiedenen Altersgruppen verstärkt; die mentale Beanspruchung beeinflusste die Reaktionszeit der älteren Fahrer beträchtlich. - Die durchschnittliche Reaktionszeit der Young-Driver war unter der Bedingung (Proband sitzt im

		Fahrzeug ohne weitere Aufgabe) am längsten → mangelnde Konzentration.
--	--	--

Die evaluierten Studien zum Zeitbudget zeigen vor allem eine starke Streuung, was einen konkreten Wert angeht. Damböck et al., (2012) vergleicht 4, 6 und 8 Sekunden mit einem Trend zu besserer Übernahme mit mehr Zeitbudget. Tendenziell zeigt sich aber im Vergleich mit anderen Studien, dass 6 Sekunden nicht für eine gute Übernahmequalität ausreichen und auch der Vergleich mit manuellen Fahrern einer Baseline kritischere Reaktionen bei HAF zeigt (Gold, Lorenz et al., 2013). Zudem zeigt sich auch bei den betrachteten Situationen, in denen Fahrer vor einer potentiellen Übernahme vollständig abgelenkt werden, dass eine Erhöhung des Zeitbudgets auf 7 Sekunden nicht für eine Übernahme ausreicht (Gold, Damböck et al., 2013). 10 Sekunden sollen im speziellen Anwendungsfall auch aus verschiedenen fahrfremden Tätigkeiten heraus ausreichend sein (Petermann-Stock et al., 2013).

Die zusammenfassende Betrachtung und die große Heterogenität beim Zeitbudget lassen keine differenzierte Aussage über ein benötigtes Zeitbudget für eine erfolgreiche Übernahme zu. Der offensichtliche Trend zu besserem Übernahmeverhalten bei größerem Zeitbudget ist mit Vorsicht zu genießen, da sich die gefundenen Werte an Maximalwerten orientieren und typischerweise aus einem Zustand vollständiger Ablenkung – der wahrscheinlich den worst case darstellt – hervorgehen. Zudem wurden in erster Linie Fahrsimulatorexperimente betrachtet, die typischerweise keine Langzeiteffekte untersucht haben und nicht mit einem Realfahrzeugversuch evaluiert worden sind. Noch dazu lässt sich keine gefestigte Aussage treffen, welche Parameter einer Übernahmesituation das Zeitbudget beeinflussen und in welchem Maß sie dies tun. Auch eine differenzierte Betrachtung mit Berücksichtigung des Fahrerzustands bzw. der Fahrer Verfügbarkeit findet nur im Ansatz statt, da der Fokus auf eine vollständige Ablenkung vor einer Übernahme gelegt wird. Modelle zu Arousal und Vigilanz zeigen allerdings, dass eine Betrachtung hypovigilanter Zustände ebenfalls relevant für kritisches Übernahmeverhalten sein kann und somit in der Betrachtung berücksichtigt werden sollte.

1.5.4 Studien – Übernahmeaufforderung/Feedback, Fahrfremde Tätigkeiten, Methodische Vorgehensweise, Fahrerhaltensmodelle/Fahrer Verfügbarkeit und Akzeptanz

Analog zu Kapitel 2.2.3 werden in diesem Kapitel die Studien in Tabellenform präsentiert. Der Fokus liegt hier auf der Gestaltung der Übernahmeaufforderung bzw. des Feedbacks – sofern während der Hochautomatisierten Fahrt vorhanden. Außerdem werden weitere Studien präsentiert, die nicht in die Hauptkategorie Zeitbudget der Übernahmeaufforderung fallen. Dabei kommt es zu einer gewissen Überschneidung mit Studien aus den beiden oberen Kapiteln, sodass eine Ableitung des Forschungsbedarfs nicht speziell auf konkreten Studien basiert, sondern aus dem Gesamtbild der analysierten Literatur entsteht.

	Rudimentary	Study: Kienle, Damböck, Bubb, & Bengler, 2013
--	-------------	--

	<p>mock-up on a platform (6 degress) (n=18) Mean= 30,33 years</p>	<p>Title: The ergonomic value of a bidirectional haptic interface when driving a highly automated vehicle Key Building Blocks: Haptisches Feedback, Cooperative control, Active side stick</p> <ul style="list-style-type: none"> - Haptisches Feedback bei longitudinaler Richtung ist schwierig (Bremse und Gas getrennt). - Betrachtung eines zweidimensionalen Steuerungselements: Active side stick - Die Assistenz führte zu einer signifikanten Verbesserung der Fahrleistung. - Die Hinzunahme von Assistenzsystemen führte zu einer Verringerung des WL. - Kein Einfluss von Beschleunigung und Vibration auf die Fahrleistung - Es wird jedoch angenommen, dass Beschleunigungen (kinästhetisches Feedback) einen Einfluss auf die Wahrnehmung haben. - Zweidimensionale Steuerelemente können eine Alternative zu Lenkrad und Gaspedal sein, um ein hochautomatisiertes Fahrzeug zu steuern. <p>Weitere Studie zum haptischen Feedback: (Abbink, Mulder, & Boer, 2012)</p>
		<p>Study: Winter et al., 2011 Title: Preparing drivers for dangerous situations; A critical reflection on continuous shared control Key Building Blocks: Shared control, haptic guidance</p> <ul style="list-style-type: none"> - Shared control ist nützlicher im Vergleich zur manuellen Kontrolle, solange die Systemgrenzen nicht überschritten werden. - In gefährlichen Situationen kann es zu Verwirrungen kommen → Wer hat die Kontrolle? - Verkehrssicherheit: Shared control ist nicht empfehlenswert. - Wenn zusätzliches Feedback bereitgestellt wird, soll dieses dann geschehen, wenn es benötigt wird. - Teilweise widersprüchlich zu (Kienle et al., 2013)
	<p>Statischer Fahrsimulator (n=28) Mean=28,3 years</p>	<p>Study: Beller, Heesen, & Vollrath, 2013 Title: Improving the Driver-Automation Interaction: An Approach Using Automation Uncertainty Key Building Blocks: Situation Awareness, HMI Driver Information, Reliabilität</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Darstellung der Unsicherheit des Systems (Anlehnung an das Flugwesen und Militär/Graph oder schwächer werdendes/verlassendes Icon) - Autobahn 100 km/h; Situation: Vorderfahrzeug wechselt den Fahrstreifen - Secondary Task (i.e. visual search task), aber Probanden kooperieren mit dem System - Verbesserung der SA durch die Anzeige - längere TTC - Besseres Verständnis der Fehlbarkeit des Systems

		<ul style="list-style-type: none"> - → größeres Vertrauen in das System sowie höhere Akzeptanz - Verbesserung der Mensch-Maschine-Interaktion! <p>Limitations:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wie lässt sich der Grad der Zuverlässigkeit einer Automation ermitteln? - Ist die Anzahl der gelösten Secondary-Task Aufgaben eine geeignete Methode zur Ermittlung der SA?
		<p>Study: Flemisch et al., 2011 Title: Design of Human Computer Interfaces for Highly Automated Vehicles in the EU-Project HAVEit Key Building Blocks: Human machine interaction Verschiedene Beispiele:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Interaktionsdesign der Übernahmeaufforderung (hochautomatisierte zu manueller Fahrt) - Interaktionsdesign, basierend auf der Fahrerzustandsbewertung (Müdigkeit) - Automated Assistance in Roadworks and Congestion (ARC) - Automatic Queue Assistance (AQuA) of VTEC - Temporary Auto Pilot (TAP)
L3	Dynamischer Fahrsimulator (n=46) Mean= 31,ears	<p>Study: Lorenz, Kerschbaum, & Schumann, 2014 Title: Designing take over scenarios for automated driving: How does augmented reality support the driver to get back into the loop? Key Building Blocks: TOR, Augmented reality (AR), SuRT</p> <ul style="list-style-type: none"> - Konzept 1: „AR red“ zeigt dem Fahrer an, wohin er nicht lenken/fahren darf. - Konzept 2: „AR green“ zeigt dem Fahrer an, wohin er fahren kann. - 3 Gruppen: „AR red“, „AR green“ und Kontrollgruppe - AR beeinflusste die Übernahmezeit nicht, aber die Art und Qualität der Übernahmeaufforderung. - „AR green“ hat einen signifikant nachweisbaren, positiven Effekt bezüglich der Entscheidungsauswahl; alle Probanden folgten dem vorgeschlagenen Fahrstreifen. - „AR red“ kein Proband führte einen Corridor-Check durch → negativer Effekt- - Mehr Fahrer in der „AR green“-Gruppe betätigten die Bremse als in der Kontrollgruppe und die Fahrer der „AR green“-Gruppe wiesen ein sehr ähnliches Lenk- und Bremsverhalten auf. - Negativ: „AR-green“ lediglich 1 Proband vergewisserte sich durch einen Blick in den Außenspiegel, ob ein gefahrloser Fahrstreifenwechsel möglich war.
	Statischer Fahrsimulator (n=27)	<p>Study: Rusch et al., 2013 Title: Directing driver attention with augmented reality cues</p>

		<p>Key Building Blocks: Driver distraction, Augmented reality (AR), UFOV (Field of View)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Landstraße; Fahrer mittleren Alters - Jeder Proband erhielt AR-Hinweise zu potentiellen Gefahrenstellen. - AR beeinträchtigte die Wahrnehmung von unwichtigen Objekten nicht (non-target objects). - Die Ergebnisse zeigten, dass AR-Informationen zu einer kürzeren Reaktionszeit führen (Tendenz ohne Signifikanz). - AR-Hinweise erhöhten die Antwortquote (response rate) der Fußgängererkennung sowie der Erkennung von Warnsignalen. - Die Erkennung von Fahrzeugen wurde jedoch durch AR nicht erhöht. - Fehlalarm und Versäumnisse des AR-Systems beeinflussten das Fahrerverhalten nicht negativ (did not impair driver responses to potential hazards). <p>Limitations: Secondary objects wurden immer an einer festen Stelle entlang der Straße positioniert; Variation → größeres UFOV</p>
		<p>Study: Flemisch, Bengler, Bubb, Winner, & Bruder, 2014 Title: Towards cooperative guidance and control of highly automated vehicles: H-Mode and Conduct-by-Wire Key Building Blocks: Shared control, Human-machine integration, Conduct-by-Wire (CbW)</p> <ul style="list-style-type: none"> - H-Mode und CbW sind vielversprechende Initiierungen einer allgemeinen ergonomischen Grundstruktur (cooperative guidance and control) der Interaktion zwischen Mensch und einem hochautomatisierten Fahrzeug. - Zu klärende Fragen: Erkennung von Intention und Verfügbarkeit; Ausbildung und Training; Controllability
		<p>Study: Saffarian, de Winter, J. C. F., & Happee, 2012 Title: Automated Driving: Human-factors issues and design solutions Key Building Blocks: Herausforderungen und Lösungsansätze der Human-Machine Interaction Limitations:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Probleme der Automatisierung: Menschliche Faktoren, Usability, Akzeptanz - Herausforderungen: Overreliance, Verhaltensanpassung: RHT (Risk homeostasis theory), Mental Workload, Übungsverlust, Situation Awareness, falsches Verständnis der Funktionsweise der Automation - Lösungsansätze der Human-Machine Interaction: Shared Control, adaptive Automation (Verkehrsbedingungen und Fahrer), use of an information portal (Vermeidung von unerwarteten Situationen → Erhöhung der Akzeptanz), neue

		Trainingsmethoden
L3	Dynamischer Fahrsimulator (n=24)	<p>Study: Toffetti et al., 2009 Title: CityMobil: Human Factors Issues Regarding Highly Automated Vehicles on eLane Key Building Blocks: eLane, Interfaces, CityMobil</p> <ul style="list-style-type: none"> - Open eLane Konzept: Infrastruktur und technische Entwicklungen (automatisiertes Fahren) werden miteinander verknüpft. - Dual-Mode Fahrzeuge: Sie können manuell bzw. assistiert aber auch hochautomatisiert fahren. - Untersuchung der Unterschiede zwischen einer sprachlichen (visuell + akustisch (vor der Sprachausgabe) + Sprachnachricht) und einer akustischen Nutzerschnittstelle (visuelle und akustische Nachricht anhand eines Pieptons) - Es wurde ein Dual-Mode Fahrzeug verwendet. - Die Leistung der Übernahme war am Anfang und am Ende der eLane ähnlich. - Bei einem Systemfehler schafften es 15% der Fahrer nicht rechtzeitig, die Kontrolle über das Fahrzeug wiederzuerlangen (für beide Interfaces). - Von den Fahrern, die eine erfolgreiche Übernahme erreichten, waren die mit dem Vocal-Interface schneller. - Außerdem hat die Nachbefragung ergeben, dass den Probanden die Sprachausgabe mehr zusagte als die akustische Übernahmeaufforderung. - 50 % der Probanden war nicht klar, dass die Infrastruktur nicht in Ordnung war und es deshalb zu einer Übernahmeaufforderung gekommen ist. - In diesem Abschnitt war die Fahrerleistung beim Vocal-Interface schlechter als beim akustischen Interface (in beiden Darstellungen wurde lediglich ein blinkendes Straßenschild gezeigt). - Die Inkonsistenz der sprachlichen Ausgabe könnte diese Ergebnisse erklären. <p>Limitations:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ausschließlich Einbezug von Fahrern, die keine Erfahrung mit Dual-Mode Fahrzeugen hatten
L3	Dynamischer Fahrsimulator (n=16)	<p>Study: Willemsen, Stuiver, & Hogema, 2014 Title: Transition of Control: Automation Giving Back Control to the Driver Key Building Blocks: Virtual tow bar (VTB), Fahrverhalten, TOR</p> <ul style="list-style-type: none"> - Autobahn: 100 km/h - VTB = kurze Abstände zum vorausfahrenden Fahrzeug - Um eine sichere Übernahme zu gewährleisten, läuft die Übergabe der Fahraufgabe wie folgt ab: Der Fahrer aktiviert das System aus einer sicheren Entfernung → Automation verringert den

		<p>Abstand auf den erwünschten (sehr kurzen) Abstand → nach dem Abschalten der Automation vergrößert diese zunächst den Abstand zum Vorderfahrzeug und übergibt dann bei ausreichend großer Entfernung die Kontrolle an den Fahrer.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nach der Einführungsfahrt → manuelle Fahrt ohne VTB System → Vorderfahrzeug durfte nicht überholt werden → ähnliche Geschwindigkeit → Reaktionszeit wurde gemessen - Vergleichbarkeit mit VTB System in ähnlichen Bremssituationen - Überprüfung der unterschiedlichen Übernahmeaufforderungen: <ol style="list-style-type: none"> 1. Signal → Fahrer übernimmt sofort die Kontrolle; 2. Countdown → Fahrer übernimmt anschließend die Kontrolle - Stichprobengröße: n=16 → keine signifikanten Ergebnisse - die gemessene Reaktionszeit war bei manueller Fahrt kürzer (bremsendes Vorderfahrzeug) - größerer Lenkwinkel/größere Lenkradbewegungen nach der Abschaltung des VTB-Systems im Vergleich zur manuellen Fahrt - Erklärungsansätze: Der Fahrer ist nicht mehr an die Fahrdynamik adaptiert → stärkere Lenkradbewegungen als notwendig; der Fahrer erwartet die Übernahme und kontrolliert die Übergabe durch Lenkbewegungen → der Fahrer will sich über die Deaktivierung des Systems vergewissern. - Es besteht kein Unterschied bezüglich der Art und Weise der VTB-Systemabschaltung (sofortige Übernahme oder Countdown). <p>Limitations: zu geringe Stichprobengröße → Aussagekraft der Ergebnisse ist eher gering</p>
L3	<p>Dynamischer Fahrsimulator (n=48) Mean=31,4 years</p>	<p>Study: Soyer, 2013 Title: Untersuchung von Einflüssen automatischer Bremsmanöver und Verkehrssituationen auf die Übernahmezeit und -qualität in hochautomatisierten Fahrzeugen Key Building Blocks: Eye-Tracking</p> <ul style="list-style-type: none"> - visuell-motorische Ablenkung: SuRT - Geschwindigkeit: 120 km/h - Verkehrssituation: Ort des Unfalls und Verkehrsdichte wurden variiert. <p>Ergebnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wird bei der Übernahmeaufforderung stark abgebremst, dann sinkt die Unfallquote auf 8,3 % im Vergleich zu 38,5 % ohne Anbremsung (aber: Chi-Quadrat-Test nicht signifikant).

		<ul style="list-style-type: none"> - Das Unfallrisiko wird durch die automatischen Bremsmanöver deutlich minimiert. - Das Komplexitätsempfinden der Probanden sinkt. - Je stärker die automatische Anbremsung, desto weniger Absicherungsfehler unterlaufen den Verkehrsteilnehmern beim Wechsel des Fahrstreifens. - Die Reaktionsdauer wird nicht signifikant beeinflusst. - Je komplexer die Verkehrssituation, desto mehr Zeit wird für die Orientierung sowie Wahrnehmung der Umgebung benötigt und umso später erfolgt die erste bewusste Fahrerreaktion. - Die beiden Varianten der Anbremsung bewirken einen Rückgang der maximalen Querbearbeitung (mehr Zeit). - Die starke Anbremsung wird als wesentlich komfortabler bewertet als die moderate Anbremsung. <p>Limitations: Ausschluss von Personen, die aus beruflichen Gründen über eine spezielle Fahrausbildung verfügen</p>
L3	Dynamischer Fahrsimulator (n=46) Mean=47,35 years	<p>Study: Merat, Jamson, Lai, Daly, & Carsten, 2014 Title: Transition to manual: Driver behaviour when resuming control from a highly automated vehicle Key Building Blocks: Übernahmezeit, Eye-Tracking</p> <ul style="list-style-type: none"> - ACC 70 mph - Automation: Target headway = 1,5 s - 2 Untersuchungsbedingungen: <ol style="list-style-type: none"> 1. Automation wurde in regelmäßigen Abständen ausgeschaltet → manuelle Kontrolle des Fahrers. 2. Die Übernahmeaufforderung erfolgte in Abhängigkeit davon, ob ein Fahrer die Fahrbahn vor sich beobachtete. <p>Ergebnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nach 10 s ist die laterale Kontrolle stabiler (SDLP und Lenkverhalten), wenn die Übernahme erwartet wurde und in einem festen Zeitintervall erfolgte. - Die Übernahme ist besser, wenn die Fahrer einen Ausfall der Automation erwarteten. - Weitere Untersuchung: Wie erinnert man den Fahrer am besten daran, dass er die Aufgabe hat, die Kontrolle von einem automatisierten Fahrzeug zu übernehmen.
		<p>Study: Zimmermann & Bengler, 2013 Title: A Multimodal Interaction Concept for Cooperative Driving Key Building Blocks: HMC (Human-Machine Cooperation)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Konzept für ein Lane-Change Szenario bei hochautomatisierter Fahrt - Five levels of cooperation:

		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Driver and system intention <ul style="list-style-type: none"> - Die Maschine muss die Intentionen des Menschen erfassen und interpretieren. - Das System muss seine Intentionen zuverlässig kommunizieren. - Das System muss ermitteln können, ob die Informationen vom Menschen wahrgenommen und umgesetzt wurden. ▪ Mode of cooperation <ul style="list-style-type: none"> - perceptive mode - mutual control mode - function delegation mode ▪ Allocation In kooperativen Szenarien verändert sich die Aufgabe fortlaufend. ▪ Interface Darstellung der Intentionen des Nutzers und des Systems Dynamic adaptive system reconfiguration → gemeinsames Vorgehen von Mensch und Maschine ▪ Contact <p>Intention Mode:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2 Menschen und 2 Maschinen → 4 Intensionsquellen → unterschiedliche Antizipation der bevorstehenden Situation - 2 unterschiedliche Perspektiven der Intention: der Verkehr und die onboard Perspektive (Mensch und Maschine 1 + Mensch und Maschine 2) <p>Allocation Mode:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Problematik: Aufteilung des Fahrstreifens <p>Interface Mode:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Multi-modal human-machine interfaces zur kontinuierlichen Kommunikation sowie Einschätzung der Systemintentionen - 3 Aspekte müssen kommuniziert werden: Was ist der aktuelle Modus? Warum ist das System in diesem Modus? Was wird der nächste Zustand sein? Zusätzlich: Wer ist der Kooperationspartner? <p>Zu klärende Fragestellungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Timing der Interaktionen? - Wie gut ist die Gebrauchstauglichkeit des kooperativen Interfaces? - Wie kann die Qualität der Kooperation gemessen werden?
L3	Dynamischer Fahrsimulator (n=16)	<p>Study: Naujoks, Mai, & Neukum, 2014 Title: The effect of urgency of take-over requests during highly automated driving under distraction conditions Key Building Blocks: Take-over Request, Automation</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hands-Off

		<ul style="list-style-type: none"> - Secondary-Task - Design von Übernahmeaufforderungen an Systemgrenzen (fehlende Fahrstreifenmarkierungen, Baustelle, Kurve → Grund der Übernahmeaufforderung nicht ersichtlich) - HMI (HAVEit project) <p>Ergebnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hands-On time (Fahrer hat die Hände nach TOR am Lenkrad) ist bei der akustisch-visuellen Übernahmeaufforderung niedriger als bei der rein optischen Übernahmeaufforderung - positive Effekte der akustischen und optischen Übernahmeaufforderung auf die laterale Kontrolle - Unterschiede zwischen den take-over Konzepten sind insbesondere bei schwierigen Übernahmesituationen festzustellen. <p>Forschungsbedarf: Die Wechselwirkung zwischen take-over Situationen, TOR-Design und dem aktuellen Fahrerzustand muss untersucht werden → Vermeidung eines Fehlalarms → Akzeptanz.</p>
	<p>Statischer Fahrsimulator (n=80; Pro Automationsstufe: n=20) Mean=35,6 years</p>	<p>Study: Petermann & Kiss, 2010 Title: Die Rolle des Fahrers im Spektrum der Automation und Transition Key Building Blocks:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Funktionalität Assistent wurde überschätzt → Beachtung von kognitiven Fehlannahmen. - Bedienungsschritte für höheren oder niedrigeren Automationsgrad müssen über alle Systeme analog gestaltet werden.
		<p>Study: Martens & Jenssen, 2012 Title: Behavioral Adaption and Acceptance Key Building Blocks: Bahavioral Adaption (BA)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Process model of behavioral adaption by Weller and Schlag (S.6) <p>Arten der Verhaltensanpassung:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Percepticve changes ▪ Cognitive changes ▪ Performance changes ▪ Driver state changes ▪ Attitudinal changes ▪ Changes in adaption to environmental conditions - 5 Lernphasen in der BA (ADAS): 1. First encounter, 2. Learning , 3. Trust, 4. Adjustment, 5. Readjustment
<p>L1 (longitudinal oder lateral) L3</p>	<p>Dynamischer Fahrsimulator (n=49) Mean=47,2 years</p>	<p>Study: Carsten, Lai, Barnard, Jamson, & Merat, 2012 Title: Control Task Substitution in Semiautomated Driving: Does It Matter What Aspects Are Automated? Key Building Blocks: Automationsstufen, Fahrerverhalten, Dual-Task-Performance</p> <ul style="list-style-type: none"> - Autobahnfahrt - Probanden konnten sich selbst aussuchen, ob sie entweder den Verkehr beobachten oder sich mit

		<p>fahrfremden Tätigkeiten beschäftigen wollen (Fahrer durften spielen, lesen, sich schminken, essen, DVD anschauen, puzzeln, Sudoku spielen, Radio hören ...).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bei zunehmender Automationsstufe beschäftigten sich die Probanden häufiger mit Nebentätigkeiten. - Unterscheidung L1: Bei lateraler Kontrolle beschäftigten sich mehr Probanden mit einer Zweitaufgabe als bei der Längsführung. - Empfehlungen der Autoren: Weitere Studien zur Untersuchung der Unterschiede der verschiedenen Automationsstufen seien notwendig. - Unterschiede zwischen Längs- und Querführung näher untersuchen - Untersuchung der Veränderung der Aufmerksamkeit und Interaktion des Fahrers über einen längeren Zeitraum
L2	<p>Realversuch (GM Proving Grounds) (n=12) Mean=30 years</p>	<p>Study: Llaneras, Salinger, & Green, 2013 Title: Human Factors Issues Associated with Limited Ability Autonomous Driving Systems: Driver's Allocation of Visual Attention to the Forward Roadway Key Building Blocks: Limited Ability Autonomous Driving Systems (LAADS)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Untersuchung der Auswirkungen von LAADS (ACC und Lane Centering) auf den Fahrer - Ein LAADS-System (keine Beobachtung und Einschränkung des Fahrerverhaltens) führt zur Zunahme von Secondary-Task-Interaktionen. - verleitet zu riskanten Handlungen →führt zu längeren Blickabwendungen - → Maßnahmen zur Erkennung des Fahrerzustands (visual inattention), damit der Fahrer weiterhin den Verkehr beobachtet und über den aktuellen Systemzustand des LAADS-Systems informiert ist
	<p>Dynamischer Fahrsimulator (n=49) Mean= 37 Jahre</p>	<p>Study: Jamson, Merat, Carsten, & Lai, 2013 Title: Behavioural changes in drivers experiencing highly-automated vehicle control in varying traffic conditions Key Building Blocks: Fahrerverhalten, Verhaltensanpassung, Automation</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fahrerermüdung (PERCLOS: PERcentage eyes CLOSeD) - Eye-Tracking - Unabhängige Faktoren: Automation (manuelle Kontrolle, hochautomatisiert) sowie Verkehrsdichte (niedrig, hoch) - Während der hochautomatisierten Fahrt neigen die Fahrer weniger dazu langsamere Verkehrsteilnehmer zu überholen als bei manueller Fahrt. - Diese Tendenz ist auch unter schwierigen Verkehrsbedingungen zu erkennen.

		<ul style="list-style-type: none"> - Bei niedrigem Verkehrsaufkommen führt ein hoher Automationsgrad zu einer Verbesserung der Sicherheit. - Bei dichtem Verkehrsaufkommen ist diese der manuellen Fahrt gleichzusetzen. - Unter der Verwendung der Automation kommt es zu einer Zunahme der Müdigkeit (hängt aber auch vom Verkehrsaufkommen ab). - Bei einem höheren Automationslevel neigen die Fahrer stärker dazu, sich mit "in-vehicle tasks" zu beschäftigen. - Dies könnte zu einer Ablenkung von der Überwachungsaufgabe führen. - Unter schwierigen Verkehrsbedingungen wird die visuelle Aufmerksamkeit jedoch stärker auf die Straße gelenkt. - Diese Ergebnisse könnten die Bedenken bezüglich "driver underload" während einer automatisierten Fahrt abschwächen.
L3	<p style="text-align: center;">Statischer Fahrsimulator (n=43) Mean=21,3 years</p>	<p>Study: van den Beukel, Arie P. & van der Voort, Mascha C., 2013</p> <p>Title: The Influence of Time-criticality on Situation Awareness when Retrieving Human Control after Automated Driving</p> <p>Key Building Blocks: SAGAT (Situation Awareness Global Assessment Technique), SART (Situation Awareness Rating Technique)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ermittlung der SA durch SAGAT und SART - Kritische Situation: Vorderfahrzeug verzögert mit - 8 m/s². - Warnung: 3-tone sound (82 kHz) - Secondary Task: motorische und visuelle Ablenkung - 3 levels of criticality: Variation der time-headway (s) und available time (Zeit zwischen dem Bremsvorgang des Vorderfahrzeugs und einem Unfall für den Fall, dass der Fahrer nicht reagiert) <p>Ergebnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Korrelation zwischen einer erfolgreichen Übernahme und der Kritikalität der Situation (r=0,541, p<0,001) - Situationen unterschiedlicher Kritikalität beeinflussen die Fahrleistung - C3 war leichter zu beherrschen als die kritischeren Situationen. <p>Gegenüberstellung der beiden SA-Bewertungsmethoden:</p> <p>SA-SART: Mittelwert steigt bei abnehmendem Kritikalitätslevel.</p> <ul style="list-style-type: none"> - SA- SAGAT: C1 zu C2: SA nimmt mit abnehmender Kritikalität zu (8,38 zu 8,82). C2 zu C3: SA sinkt beachtlich (8,82 zu 7,41).

		<p>Erklärungsansatz: Verkehr war bei C3 dynamischer oder die Probanden wurden durch die Fragen verwirrt.</p> <ul style="list-style-type: none"> → Eine Methode ermittelt die SA falsch. - SA-SAGAT war signifikant höher als die Bewertung der SA durch SART. - Korrelation zwischen Kritikalität und mean SART-scores <ul style="list-style-type: none"> → Niedrigeres Kritikalitätslevel führt zu einer höheren SA. - Korrelation zwischen SA-SART und erfolgreicher Übernahme ist signifikant (beide Korrelationen mit SAGAT nicht signifikant). <p>→ Annahme: SART ist die genauere Methode zur Bewertung der SA.</p> <p>Limitations: Probanden waren Studenten. Es könnte sein, dass die Übernahme in zeitkritischen und unerwarteten Situationen eher intuitiv erfolgte.</p>
		<p>Study: Cacciabue & Saad, 2008</p> <p>Title: Behavioural adaptations to driver support systems: a modelling and road safety perspective</p> <p>Key Building Blocks: The European Project Adaptive Integrated Driver-vehicle Interface (AIDE)</p> <ul style="list-style-type: none"> - In der Verkehrssicherheit wird "behavioural adaptation" hauptsächlich mit unerwarteten und nicht vorhergesehenen Verhaltensänderungen assoziiert. - Verhaltensänderungen könnten sofort oder erst über einen langen Zeitraum hinweg auftreten. - In "take-over" Situationen reagierten Fahrer mit einem externalen LOC langsamer als Fahrer mit einer internalen Kontrollüberzeugung. <p>Ergänzung "locus of control" (LOC) (Rotter, 1966):</p> <p>Internal: Person nimmt ein positives oder negatives Ereignis als Konsequenz der eigenen Handlung wahr.</p> <p>External: Person nimmt Ereignisse, die eigenen Handlungen folgen, als nicht kontingent zum eigenen Verhalten war (Glück, Pech, Zufall, Schicksal wird als unvorhersehbar oder von anderen Personen abhängig interpretiert) (http://www-brs.ub.ruhr-uni-bochum.de/netahtml/HSS/Diss/LiederArthur/diss.pdf).</p> <p>Field studies and modelling driver behaviour in the AIDE project</p> <ul style="list-style-type: none"> - Langzeitstudien über die Verhaltensanpassungen sowie die Entwicklung eines IMS (Integrated management system) zur Fahrerunterstützung sind notwendig, um das Fahrerverhalten zu modellieren. <p>Modelling driver performance</p> <ul style="list-style-type: none"> - CTA (cognitive task analysis) - Information processing system (IPS), (berücksichtigt verhaltensbezogene und kognitive Aspekte des menschlichen Leistungsvermögens) <p>Major parameters affecting driver</p> <ul style="list-style-type: none"> - subjektive (Individualität des Fahrers) und

		<p>objektive Parameter (extern beobachtbar)</p> <ul style="list-style-type: none"> - statische und dynamische Parameter <p>Parameters affecting behaviour</p> <ul style="list-style-type: none"> - Attitudes/personality - Experience/competence - Task demand (TD) - Driver state (DS) - Situations awareness (SA) - Intentions/goals
L3	Fragebogen	<p>Study: Payre, Cestac, & Delhomme, 2014 Title: Intention to use a fully automated car: Attitudes and a priori acceptability Key Building Blocks: Attitudes, Intention, fully automated driving (FAD), DRSS (Driving-related sensation-seeking scale)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ziel: Haben Fahrer die Intension, hochautomatisierte Fahrzeuge zu nutzen und kann diese Intention vorhergesagt werden? - a priori Analyse der Akzeptanz, der Einstellung, der Persönlichkeitseigenschaft sowie der Intention, welche dazu führen, dass ein hochautomatisiertes Fahrzeug verwendet wird <p>1. Pilotstudie (n=5):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Es wurden Befragungen (semi-directive) durchgeführt. - Teilnehmer: nur männlich (Experte bis Novize) - Kurze Beschreibung eines hochautomatisierten Fahrzeugs sowie Anwendungsfälle und Beispiele - 10 Fragen: Interesse an hochautomatisierten Fahrzeugen, Nutzungskontext, Erwartungen, Verantwortungsgefühl, Fahren unter Einfluss von Alkohol oder Drogen sowie Nutzungsintention <p>Ergebnisse: Hinweise bzgl. favorisierter Situationen, in welchen hochautomatisiertes Fahren akzeptiert werden würde:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Fahrumgebung ist ein ausschlaggebendes Element; die Probanden würden das Fahrzeug nicht in der Stadt verwenden wollen (Nennung in 5 der 5 Interviews). - Verwendung während langer Fahrten (4/5 benannt) <p>2. Hauptuntersuchung (n=421, männlich=153, Durchschnittsalter=40,2)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fragebogen (ähnlich zu den Pilotstudien) - Etwas mehr als 2/3 der Fahrer stehen der Nutzung eines hochautomatisierten Fahrzeugs positiv gegenüber (a priori), (stimmt mit den Ergebnissen zum teil-automatisierten Fahren überein). - Es besteht eine positive Korrelation zwischen Eigenschaften und Nutzungsintention. - Die Nutzungsintention war in Abhängigkeit vom

		<p>Nutzungskontext unterschiedlich. Bevorzugte Situationen: Autobahnen (monotone Situationen) und Stau (stressreiche Situationen)</p> <ul style="list-style-type: none"> - FAD würde in Wohngebieten nicht so häufig verwendet werden (Erklärungsmöglichkeit: Verantwortungsbewusstsein). - 71 % wären an der Nutzung eines hochautomatisierten Fahrzeugs während einer Beeinträchtigung interessiert. <p>→ Potentielles Risiko (Verhaltensänderungen)</p> <p>Limitationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Effekt der sozialen Erwünschtheit - Es erfolgte keine Beobachtung der Probanden während der Beantwortung des Fragebogens. - Sampling bias
--	--	--

Die evaluierten Studien schneiden diverse Themen des Hochautomatisierten Fahrens an. Im Fazit soll eine differenzierte Betrachtung stattfinden, beginnend mit den fahrfremden Tätigkeiten vor einer Übernahme: nachdem fahrfremde Tätigkeiten und die alleinige Fokussierung auf diese vor einer Übernahme laut BAST und NHTSA Definition erlaubt sind, binden sie Aufmerksamkeit und Ressourcen. Dies ist mit Betrachtung des Modells zu Arousal nicht notwendigerweise negativ, stellt allerdings bis dato die herausforderndste Bedingung für eine erfolgreiche Übernahme dar (Petermann-Stock et al., 2013). Zudem wird gezeigt, dass eine alleinige Betrachtung der visuellen Aufmerksamkeit und potentieller Abwendung vom Verkehrsgeschehen nicht ausreichend ist. Kognitive Ablenkung kann zu ähnlich kritischer Übernahmequalität wie visuell-motorische Ablenkung führen (Radlmayr et al., 2014). Eine Differenzierung zwischen den fahrfremden Tätigkeiten ist durchaus gegeben, da in den Studien verschiedenste Aufgaben zum Einsatz kommen: eine visuell-motorische Ablenkung wird durch den Surrogate Reference Task, Navigationseingaben oder die Bedienung eines Touchpads simuliert. Kognitive Ablenkung wird durch den n-back Task, Twenty Question Task oder einer simulierten Handybedienung dargestellt. Auffallend ist eine stark unterschiedliche Instruierung der fahrfremden Tätigkeiten, die z.B. zwischen möglichst komfortabler und möglichst schneller Übernahme unterscheidet. Zudem erfolgt keine gleichwertige Instruierung der fahrfremden Tätigkeiten bezüglich ihrer Priorität im vorliegenden dual task scenario, sodass Fahrer und deren Übernahmeverhalten im Spektrum zwischen „freie Entscheidung über fahrfremde Tätigkeit“ bis hin zu „enorm hohe Priorität der Tätigkeit“ nur schwer verglichen werden können. Bei den fahrfremden Tätigkeiten stellt also eine umfassende, multimodale Ablenkung den worst case dar. Studien stehen zudem immer im Spannungsfeld zwischen Sicherheit und Komfort, da Hochautomatisiertes Fahren beides adressiert und verbessern soll. Damit einher geht die Gefahr von Artefakten, die aufgrund simulierter Situationen erzwungen werden, da Auswahl und Instruierung der fahrfremden Tätigkeiten nicht dem Anwendungsfall entspricht.

1.5.5 Studien – ACC Simulatorstudien vs. FOT Ergebnisse: Implikation für das Hochautomatisierte Fahren

Als Exkurs werden in diesem Kapitel beispielhaft Studien zur Adaptive Cruise Control (ACC) aufgeführt, aus deren Betrachtung in Kombination mit FOT-Ergebnissen und der aktuellen Marktdurchdringung von ACC abgeleitet werden kann, ob tendenziell kritischere Ergebnisse von Versuchen zu Assistenz- oder Automationssystemen aufgrund methodischer Limitierungen entstehen. Somit lässt sich potentiell eine Vergleichbarkeit von Ergebnissen zum ACC und der nachfolgend positiven Einführung des Systems und aktueller Forschung zum Hochautomatisierten Fahren und einer zukünftigen Einführung erzielen.

<p>Statischer Fahrsimulator (n=38)</p>	<p>Study: Hoedemaeker & Brookhuis, 1998 Title: Behavioural adaptation to driving with an adaptive cruise control (ACC) Key Building Blocks: ACC, Fahrerverhalten, Verhaltensanpassungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - ACC-Nutzung: Bewertung des Fahrerverhaltens - Ergebnisse: höhere Geschwindigkeit, kürzerer Abstand zum Vorderfahrzeug, größere Bremskraft - Autoren äußern Bedenken, da die Verhaltensänderungen der Fahrer die Verkehrssicherheit negativ beeinflussen könnten.
<p>Statischer Fahrsimulator (n=110) Mean=33,6 years</p>	<p>Study: Stanton & Young, 2005 Title: Driver behaviour with adaptive cruise control Key Building Blocks: Driving Workload, Trust, SA</p> <ul style="list-style-type: none"> - Workload ist bei manueller Fahrt höher - größter Nutzen von ACC bei gesteigertem Verkehrsaufkommen
<p>Dynamischer Fahrsimulator (n=22) Mean=38years</p>	<p>Study: Vollrath, Schleicher, & Gelau, 2011 Title: The influence of Cruise Control and Adaptive Cruise Control on driving behavior – A driving simulator study Key Building Blocks: CC (Cruise Control), ACC</p> <ul style="list-style-type: none"> - CC, ACC und manuelle Fahrt - Secondary Task <p>Ergebnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die maximalen Geschwindigkeiten waren mit ACC und CC niedriger als bei manueller Fahrt. - Mit den Systemen gab es weniger Geschwindigkeitsüberschreitungen. - Es gibt keinen Hinweis darauf, dass Fahrer während der Nutzung von CC oder ACC ihre Aufmerksamkeit stärker auf die sekundären Aufgaben hingelenkt haben. - In kritischen Situationen (schmale Kurve, Nebel) reagierten die Fahrer später als bei manueller Fahrt. <p>Limitations: Kurze Versuchsdauer; fehlende Langzeitstudien → könnten Auswirkungen auf SA und Aufmerksamkeit haben. Empfehlung: Studien zur Untersuchung des natürlichen Fahrverhaltens; Probanden mit ACC- sowie CC-Erfahrung</p>
<p>Feldstudie N=19</p>	<p>Study: Viti, Hoogendoorn, Alkim, & Bootsma Title: Driving behaviour interaction with ACC: results from a Field Operational Test in the Netherlands Key Building Blocks: Feldstudie, ACC, Fahrerverhalten, FOT(Field Operational Test)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Untersuchung der Auswirkungen von ACC und LDW

	<p>Ergebnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fahrer stellen den Abstand gemäß ihres manuellen Fahrverhaltens ein. - Die Fahrer lassen bei dichtem Verkehr das System häufig deaktiviert. - Nach einer Deaktivierung (manuell oder automatisch) dauert es einige Zeit bis das System wieder aktiviert wird. - Selbst wenn alle Fahrzeuge mit ACC ausgestattet wären, wäre immer noch das manuelle Fahrverhalten der entscheidende Faktor.
<p>Statischer Fahrsimulator (n=51)</p>	<p>Study: Beggiato & Krems, 2013 Title: The evolution of mental model, trust and acceptance of adaptive cruise control in relation to initial information Key Building Blocks: ACC, Akzeptanz, Vertrauen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Probanden hatten unterschiedliche Vorstellungen von der Systemfunktionalität (unterschiedliche Informationen wurden zur Verfügung gestellt). - Das Erleben des Systems in konkreten Situationen (bottom-up Information) führt zu einem Update des mentalen Modells (top-down Information). - Die unerwarteten kritischen Situationen (z.B. Motorrad wurde vom System nicht wahrgenommen) wirken sich schneller und stärker auf das mentale Modell aus als erwartete/nicht erlebte Fehler → geringere Aktivierung. ➔ Veränderung des mentalen Modells → Potentielle Probleme könnten über die Zeit vergessen werden. - Diese Tendenz ist bereits während des Versuchs zu erkennen → bei Langzeitbetrachtung: Eine Verstärkung des Effekts ist zu erwarten. - Je mehr mögliche kritische Situationen vorher vorgestellt wurden, desto geringer ist das anfängliche Vertrauen und die Akzeptanz des Systems. - Auftretende Systemfehler beeinflussten das Vertrauen und die Akzeptanz nicht negativ, wenn sie vorher bekannt waren. - Vertrauen und Akzeptanz nehmen in der "incomplete group" am stärksten ab (größte Veränderung des mentalen Modells) → Obwohl das mentale Modell durch die Anpassung realistischer wird, verändert sich das Vertrauen und die Akzeptanz des Systems nicht mehr. <p>Forschungsbedarf:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Langzeituntersuchungen

In den Studien zeigt sich überwiegend unkritisches Fahrerverhalten bei Benutzung von ACC. Teilweise wird eine tendenziell kritisch zu bewertende Entwicklung festgestellt, die aufgrund hohem Systemvertrauen nach der Aktivierung des Systems entsteht und zu dichtem Abstand, stärkeren Bremsungen und einer höheren Geschwindigkeit führt. Diese auch im Realfahrzeug zu erwartenden kritischeren Reaktionen haben allerdings nicht offenkundig zu höheren Unfallzahlen, bzw. mehr Unfällen in Kombination mit ACC-Systemen geführt. Dies mag natürlich an der Verbesserung weiterer Assistenz- und Informationssysteme für Fahrer und Mitfahrer liegen, kann aber auch in einer zu kritischen Betrachtung des ACC-Systems durch die Simulatorstudien begründet sein. Damit lässt sich festhalten, dass zumindest in

der beispielhaften Betrachtung von ACC Ergebnissen und dem tatsächlich eingetretenen Anwendungsfall eine Diskrepanz besteht. Die Ursache hierfür liegt eventuell in einer zu starken Deutung der gefundenen Effekte und der damit verbundenen Sorge eines schlechteren Fahrerhaltens nach Aktivierung des Systems.

Diesen Schluss auf die aktuelle Forschung zum Hochautomatisierten Fahren anzuwenden, ist allerdings mit Vorsicht zu genießen. Zum einen handelt es sich beim ACC um ein Assistenzsystem, bei dem der Fahrer nach wie vor im Fahrer-Fahrzeug-Regelkreis verbleibt, noch dazu war eine Betrachtung der Sicherheit von ACC Systemen und Fahrerverhalten nicht übermäßig stark auf fahrfremde Tätigkeiten gerichtet. Beim Hochautomatisierten Fahren kommt es allerdings zu einer Verschiebung der primären Aufgabe und damit einem Paradigmenwechsel im Vergleich zu manueller Fahrt. Nach Aktivierung der Automation ist beim Hochautomatisierten Fahren erstmals eine Beschäftigung mit fahrfremden Tätigkeiten ohne Überwachung des Systems erlaubt. Die fahrfremden Tätigkeiten rücken also bei der Forschung zum Hochautomatisierten Fahren in den Fokus, während bei eine Betrachtung von ACC Systemen in erster Linie eine Änderung der manuellen Fahrfertigkeiten der Fahrer untersucht wurde, da diese nach wie vor essentieller Bestandteil der Kontrollaufgabe beim Fahren sind. Da die Übertragbarkeit der Erfahrungen und entdeckten Diskrepanz „ACC im Simulator“ vs. „ACC im Feld“ auf das Hochautomatisierte Fahren aus genannten Gründen fragwürdig erscheint, wird dringend zu einer differenzierten Betrachtung von Ergebnissen aus Fahrsimulationsstudien zu Hochautomatisierten Fahren geraten, um Auswirkungen von Automationseffekte, welche erstmals Einzug in den Fahrzeugkontext halten nicht zu unterschätzen.

Arbeitspaket 2 – Ableitung des Forschungsbedarfs

Die Ableitung des Forschungsbedarfs stützt sich auf das entstandene Gesamtbild der Literaturanalyse und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Trotzdem sind deutliche Tendenzen bei aktueller Forschung zum Hochautomatisieren Fahren festzustellen.

Abbildung 9 zeigt Forschungsfragen einer Transportation Research Board Konferenz von 2013. Es zeigt sich klar ein Fokus auf die zusammenfassende Forschungsfrage beim Hochautomatisierten Fahren: wie wird der Fahrer im Fall einer Übernahme zurück zum manuellen Fahren geführt, ohne Sicherheit und Komfort negativ zu beeinflussen.

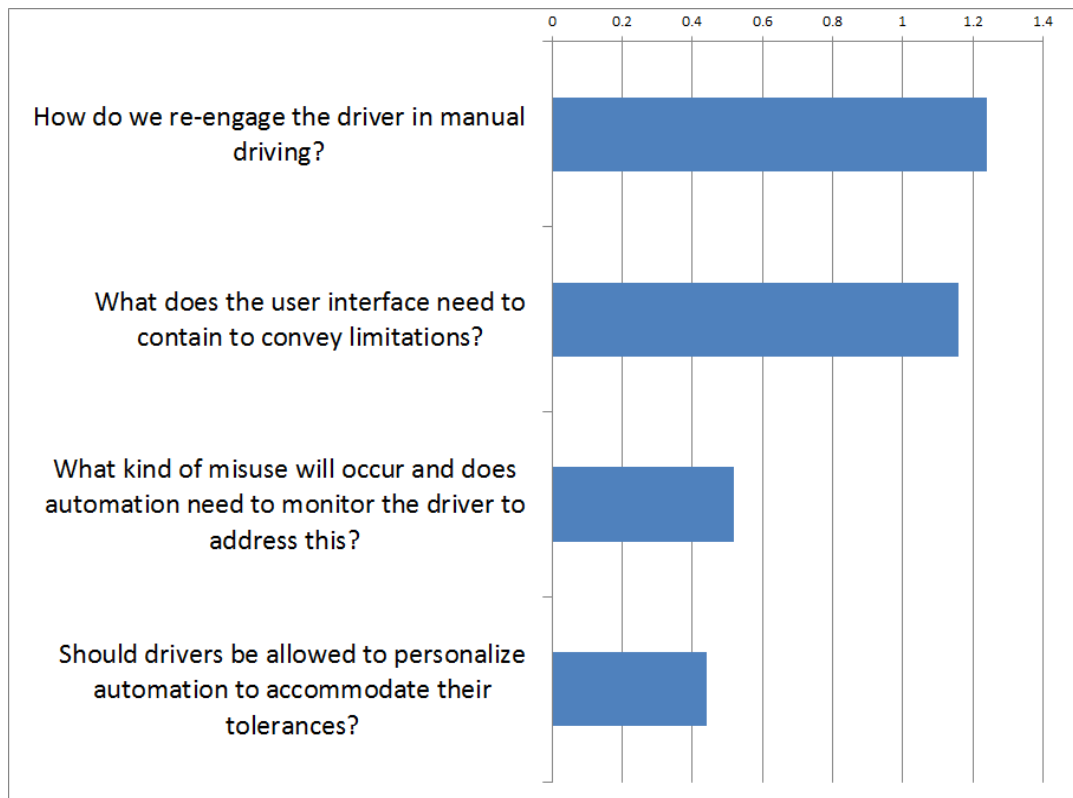


Abbildung 9 Forschungsfragen zum Hochautomatisierten Fahren. (Vehicle Automation: TRB @ Stanford, 2013)

Nachfolgend werden Forschungsfragen aufgeführt, die direkt aus den analysierten Studien abgeleitet worden sind, bevor eine umfassendere Zusammenfassung das Kapitel schließt.

Schwerpunkt Methodik

- Wie groß sind die Unterschiede zwischen statischem und dynamischem Simulator und der Realität? → Übertragbarkeit?
- Verallgemeinerung der gefundenen Übernahmezeiten ist aufgrund methodischer Einschränkungen nicht ohne Validierung in Realfahrten möglich (Damböck et al., 2012)
- Ist die Performance in fahrfremden Tätigkeiten eine geeignete Metrik zur Ermittlung der Situation Awareness als Grundlage für eine sichere Übernahme? (Beller et al., 2013)
- Kurze Versuchsdauer, fehlende Langzeitstudien → könnten Auswirkungen auf Aktiviertheit/Arousal, Vigilanz und Aufmerksamkeit haben (Vollrath et al., 2011)

Schwerpunkt Übernahme

- Weitere Studien müssen Aufschluss über den Einfluss verschiedener Rückholstrategien auf die Übernahmezeit des Fahrers geben.
- Wann hat der Fahrer die Fahraufgabe tatsächlich wieder vollständig erfolgreich übernommen? (Petermann-Stock et al., 2013)
- Kooperation zwischen Fahrer und Automation muss verstärkt werden (optisches + haptisches Feedback → Erkennbarkeit des aktuellen

Systemstatus; Information über zukünftige Intentionen/Manöverabsichten der Automation) (Damböck et al., 2012)

- Erkennung von Intention und Verfügbarkeit, Ausbildung und Training, Controllability (Flemisch et al., 2014)
- Untersuchung von Alterseffekten → altersspezifische Handlungsweise analysieren (Körper & Bengler, 2014, Körper et al., 2013)
- Wie erinnert man den Fahrer am besten daran, dass er die Aufgabe hat, die Kontrolle von einem automatisierten Fahrzeug zu übernehmen und als Rückfallebene dienen muss? (Merat et al., 2014)
- Timing der Interaktionen? Wie kann die Qualität der Kooperation gemessen werden? (Zimmermann & Bengler, 2013)
- **Die Wechselwirkung zwischen Take-over Situationen, TOR-Design und dem aktuellen Fahrerzustand muss untersucht werden.** (Naujoks et al., 2014)
- Untersuchung der Veränderung der Aufmerksamkeit und Interaktion des Fahrers über einen längeren Zeitraum sind notwendig. (Carsten et al., 2012)
- Studien zur Untersuchung des natürlichen Fahrverhaltens sind notwendig; zudem sollten Probanden eine längere ACC- sowie CC-Erfahrung besitzen. (Vollrath et al., 2011). Ebenfalls unklar ist allerdings, zu welcher Baseline natürliches Fahrerverhalten in Relation gesetzt wird: manuelles Fahren, Unterstützung durch ADAS, Abstufungen zwischen manueller Fahrer und teilautomatisiertem Fahren?

Als weiterer Anhaltspunkt sind noch Forschungsfragen der NHTSA von 2014 aufgeführt, die sich größtenteils mit Forschungsfragen der einzelnen Studien decken.

- Can drivers safely interact with and operate vehicles that offer L2 and L3 automation systems; e.g., what is the driver performance profile over **length of time in continuous or sustained automation**?
- What are the system performance risks from driver involvement with, and interruption from, **secondary tasks** (such as portable electronic device use) that could arise when operating L2 or L3 automated vehicle systems?
- What are the most effective hand-off strategies between the system and the driver, **including response to faults/failures**?
- How do drivers **engage, disengage, and reengage with the driving task** in response to the various states of L2 and L3 automation?
- What are the most effective **human-machine interface concepts**, guided by human factors best practices, which optimize the safe operation of L2 and L3 systems?

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass zukünftige Forschung zum Thema Hochautomatisiertes Fahren oben genannte Fragen beantworten können sollte. Konkret lassen sich die Forschungsfragen in differenziertere Bereiche bündeln:

- Werden Alternativen zum worst case Szenario „hoch beanspruchende Nebenaufgabe“ benötigt und wie sehen diese aus?
- Ist eine **Beeinflussung der Fahrer Verfügbarkeit** unbedingt notwendig?

- Welchen Einfluss haben **Verkehrssituation, Entscheidungsaufgabe** und **Fahrerzustand** auf die Qualität der Übernahme?
- Welches Potential liegt in der differenzierten **Gestaltung der Systemrückmeldung und Übernahmeaufforderung**?

Dabei entsteht vor allem aus den methodischen Limitierungen der bisherigen Studien ein Forschungsbedarf für ein **Methodeninventar um zukünftige Untersuchungen effizient, valide und vergleichbar zu machen**. Ein derartiges Methodeninventar erhöht die Vergleichbarkeit von Studien untereinander, aber vor allem auch die Vergleichbarkeit der evaluierten Situation mit dem späteren Anwendungsfall. Ein Hauptaugenmerk liegt auch hier auf den fahrfremden Tätigkeiten, da Hochautomatisierten Fahren diese per Definition in den Fokus rückt. Zudem wird auf diese Weise sichergestellt, dass möglichst realistisches Fahrerverhalten simuliert wird und nicht aufgrund methodischer Limitierungen die Gefahr von Artefakten entsteht.

Als Alternativen zum worst case Szenario der maximalen Überlastung empfiehlt sich eine Untersuchung des gesamten Spektrums bis hin zur „maximalen Unterlastung“. Dabei muss dieses Spektrum skalierbar sein um die dynamische Änderung des Fahrerzustands auch über längere HAF-Zeiten hinweg beurteilen zu können. Zudem kann so auch die Beurteilung einer Beeinflussung der Fahrer Verfügbarkeit gelingen, die eine spezifische Gestaltung des HMI vor, während und nach der Übernahme nach sich zieht. Übergelagerter Mittelpunkt der Forschungsfragen ist die Sicherheit des Gesamtsystems Fahrer-Fahrzeug-Automation.

Arbeitspaket 3 – Methodisches Vorgehen, Arbeitspaket 4 – Empfehlung Forschungsumfang

Als Vorgabe für den Forschungsumfang dient eine Projektlaufzeit von 2 Jahren mit einem approximiertem Budget von 200 000 €. Dabei lässt sich der oben aufgeführte, umfassende Forschungsumfang, beziehungsweise die Beantwortung der zahlreichen Forschungsfragen vor allem in 2 Bereiche zusammenfassen:

- Methodik
Aufgrund der aktuellen Fokussierung auf stark artifizielle Szenarien mit einem definierten Ziel, intermittierenden Ereignissen während der Versuchsfahrten und einer selektiven Betrachtung von Übernahmezeit bzw. Übernahmeerfolg sollte ein methodisches Vorgehen erforscht werden, das zukünftige Untersuchungen effizient, valide und vergleichbar macht.
- Kontrollierbarkeit der Versuche
Die bisherige Betrachtung von kontrollierter Überlastung, stark variierenden Zuständen, schwer kontrollierbaren Ausgangsbedingungen und einer Erklärung der Übernahmebereitschaft, bzw. des Übernahmeverhalten nur post-hoc, ist für den Themenkomplex Hochautomatisiertes Fahren unzureichend.

Ein Folgeprojekt sollte die hier wiederholten, zentralen Fragestellungen teilweise oder möglichst umfangreich beantworten können.

- Können skalierbare Alternativen zum Szenario max. Überlastung bis zur max. Unterlastung gezielt hergestellt werden?
- Welchen Einfluss haben Verkehrssituation, Entscheidungsaufgabe, Fahrerzustand?
- Welches Potential liegt in der differenzierten Gestaltung der Übernahmeaufforderung?

Ein möglicher Vorschlag für ein Nachfolgeprojekt lässt sich sinnvollerweise in 2 verschiedene Alternativen unterteilen:

- A. Implementierung von Konzepten/Situationen zur Identifikation/Beeinflussung des Fahrerzustands
 Dabei sollen die skalierbaren Alternativen zum worst case Szenario der maximalen Überlastung bis hin zur maximalen Unterlastung definiert werden. Zudem soll der Fahrerzustand im Spektrum zwischen Unter- und Überlastung identifizierbar sein bzw. beobachtbar sein. Eine anschließende Entwicklung von Methoden um die Entwicklung der Fahrer Verfügbarkeit bzw. der Übernahmbereitschaft zu prognostizieren, schließt das Projekt ab.
Ziel ist ein Fahrerzustandsmodell zur Prädiktion von Übernahmewahrscheinlichkeiten.
- B. Entwicklung einer Versuchsmethodik zur gezielten Variation der Unter-/Überlastung zur experimentellen Absicherung von Konzepten
 Für die Untersuchung „natürlicher Verhaltensweisen“ in Kombination mit Hochautomatisierten Fahren im Simulator sollen geeignete Methoden identifiziert und entwickelt werden. Dabei soll der Fokus vor allem auf der Entwicklung standardisierter Werkzeuge zur Verbesserung der Vergleichbarkeit von Untersuchungen ohne kritische Übernahme liegen. Der Paradigmenwechsel beim Hochautomatisierten Fahren im Vergleich mit bisheriger Forschung zu Ablenkung, fahrfremden Tätigkeiten, etc. erfordert Methoden jenseits der alleinigen Absicherung der Übernahmezeit.
Ziel ist ein alternatives Methodeninventar.

References

- Abbink, D. A., Mulder, M., & Boer, E. R. (2012). Haptic shared control: smoothly shifting control authority? *Cognition, Technology & Work*, *14*(1), 19–28. doi:10.1007/s10111-011-0192-5
- Bainbridge, L. (1983). Ironies of automation. *Automatica*, *19*(6), 775–779. doi:10.1016/0005-1098(83)90046-8
- Banks, V. A., Stanton, N. A., & Harvey, C. (2014). What the drivers do and do not tell you: using verbal protocol analysis to investigate driver behaviour in emergency situations. *Ergonomics*, *57*(3), 332–342. doi:10.1080/00140139.2014.884245
- Beggiato, M., & Krems, J. F. (2013). The evolution of mental model, trust and acceptance of adaptive cruise control in relation to initial information. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, *18*, 47–57. doi:10.1016/j.trf.2012.12.006
- Behrends, J., Bischofberger, J., & Deutzmann, R. (2012). *Duale Reihe Physiologie* (2nd ed.). *DUALE REIHE Herausgegeben von Alexander Bob und Konstantin Bob*. Stuttgart: Thieme.
- Beller, J., Heesen, M., & Vollrath, M. (2013). Improving the Driver-Automation Interaction: An Approach Using Automation Uncertainty. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, *55*(6), 1130–1141. doi:10.1177/0018720813482327
- Cacciabue, P. C., & Saad, F. (2008). Behavioural adaptations to driver support systems: a modelling and road safety perspective. *Cognition, Technology & Work*, *10*(1), 31–39. doi:10.1007/s10111-007-0075-y
- Carsten, O., Lai, F. C. H., Barnard, Y., Jamson, A. H., & Merat, N. (2012). Control Task Substitution in Semiautomated Driving: Does It Matter What Aspects Are Automated? *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, *54*(5), 747–761. doi:10.1177/0018720812460246
- Damböck, D., Weissgerber, T., Kienle, M., & Bengler, K. (2013). Requirements for cooperative vehicle guidance. *Proceedings of the 16th International IEEE Annual Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2013)*, 1656–1661. doi:10.1109/ITSC.2013.6728467
- Damböck, D., Farid, M., Tönert, L., & Bengler, K. (2012). Übernahmezeiten beim hochautomatisierten Fahren. *5. Tagung Fahrerassistenz*. Retrieved from http://www.ftm.mw.tum.de/uploads/media/24_Damboeck.pdf
- Donges, E. (2012). Fahrerhaltensmodelle. In H. Winner, S. Hakuli, & G. Wolf (Eds.), *Handbuch Fahrerassistenzsysteme* (pp. 15–23). Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.
- Endsley, M. R. (1995). Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, *37*(1), 32–64. doi:10.1518/001872095779049543
- Endsley, M. R. (1999). Level of automation effects on performance, situation awareness and workload in a dynamic control task. *Ergonomics*, *42*(3), 462–492. doi:10.1145/1620509.1620513

- Endsley, M. R., & Kiris, E. O. (1995). The Out-of-the-Loop Performance Problem and Level of Control in Automation. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 37(2), 381–394. doi:10.1518/001872095779064555
- Flemisch, F., Schieben, A., Schoemig, N., Strauss, M., Lueke, S., & Heyden, A. (2011). *Design of Human Computer Interfaces for Highly Automated Vehicles in the EU-Project HAVEit*. Berlin Heidelberg: Springer.
- Flemisch, F. O., Bengler, K., Bubb, H., Winner, H., & Bruder, R. (2014). Towards cooperative guidance and control of highly automated vehicles: H-Mode and Conduct-by-Wire. *Ergonomics*, 57(3), 343–360. doi:10.1080/00140139.2013.869355
- Gasser, T. M. (Ed.) 2012. *Ergebnisse der Projektgruppe Automatisierung: Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung*. Bergisch Gladbach: Wirtschaftsverlag NW.
- Gold, C., Damböck, D., Lorenz, L., & Bengler, K. (2013). "Take over!" How long does it take to get the driver back into the loop? *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 57(1), 1938–1942. doi:10.1177/1541931213571433
- Gold, C., Lorenz, L., Damböck, D., & Bengler, K. (Eds.) 2013. *Partially Automated Driving as a Fallback Level of High Automation*: TÜV SÜD Akademie GmbH.
- Heinecke, A. M. (2012). *Mensch-Computer-Interaktion*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Hoedemaeker, M., & Brookhuis, K. A. (1998). Behavioural adaptation to driving with an adaptive cruise control (ACC). *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 1(2), 95–106. doi:10.1016/S1369-8478(98)00008-4
- Hoff, K. A., & Bashir, M. (2014). Trust in Automation: Integrating Empirical Evidence on Factors That Influence Trust. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*. doi:10.1177/0018720814547570
- Horrey, W. J., & Wickens, C. D. (2004). Driving and Side Task Performance: The Effects of Display Clutter, Separation, and Modality. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 46(4), 611–624. doi:10.1518/hfes.46.4.611.56805
- Horrey, W. J., Wickens, C. D., & Consalus, K. P. (2006). Modeling drivers' visual attention allocation while interacting with in-vehicle technologies. *Journal of experimental psychology. Applied*, 12(2), 67–78. doi:10.1037/1076-898X.12.2.67
- Jamson, A. H., Merat, N., Carsten, O. M., & Lai, F. C. (2013). Behavioural changes in drivers experiencing highly-automated vehicle control in varying traffic conditions. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 30, 116–125. doi:10.1016/j.trc.2013.02.008
- Kaber, D. B., & Endsley, M. R. (1997). Out-of-the-loop performance problems and the use of intermediate levels of automation for improved control system functioning and safety. *Process Safety Progress*, 16(3), 126–131. doi:10.1002/prs.680160304
- Kienle, M., Damböck, D., Bubb, H., & Bengler, K. (2013). The ergonomic value of a bidirectional haptic interface when driving a highly automated vehicle. *Cognition, Technology & Work*, 15(4), 475–482. doi:10.1007/s10111-012-0243-6

- Körber, M., & Bengler, K. (2014). Potential Individual Differences Regarding Automation Effects in Automated Driving. In C. S. González-González, C. Collazos Ordóñez, & H. Fardoun (Eds.), *Interacción '14: Proceedings of the XV International Conference on Human Computer Interaction* (pp. 1–7). New York, NY, USA.
- Körber, M., Weißgerber, T., Kalb, L., Blaschke, C., & Farid, M. (2013). Prediction of Take-Over Time in Highly Automated Driving by Two Psychometric Tests. *Dyna*.
- Lee, J. D., & See, K. A. (2004). Trust in Automation: Designing for Appropriate Reliance. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, *46*(1), 50–80. doi:10.1518/hfes.46.1.50_30392
- Llaneras, R. E., Salinger, J., & Green, P. A. (2013). Human Factors Issues Associated with Limited Ability Autonomous Driving Systems: Drivers' Allocation of Visual Attention to the Forward Roadway. *PROCEEDINGS of the Seventh International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training, and Vehicle Design*, 92–98. Retrieved from <http://drivingassessment.uiowa.edu/sites/default/files/DA2013/Papers/015\Llaneras\0.pdf>
- Lorenz, L., Kerschbaum, P., & Schumann, J. (2014). Designing take over scenarios for automated driving: How does augmented reality support the driver to get back into the loop? *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, *58*(1), 1681–1685. doi:10.1177/1541931214581351
- Makishita, H., & Matsunaga, K. (2008). Differences of drivers' reaction times according to age and mental workload. *Accident; analysis and prevention*, *40*(2), 567–575. doi:10.1016/j.aap.2007.08.012
- Martens, M. H., & Jenssen, G. D. (2012). *Handbook of Intelligent Vehicles*. London: Springer.
- Merat, N., & Jamson, A. H. (Eds.) 2009. *How do drivers behave in a highly automated car?*
- Merat, N., Jamson, A. H., Lai, F. C. H., & Carsten, O. (2012). Highly Automated Driving, Secondary Task Performance, and Driver State. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, *54*(5), 762–771. doi:10.1177/0018720812442087
- Merat, N., Jamson, A. H., Lai, F. C. H., Daly, M., & Carsten, O. (2014). Transition to manual: Driver behaviour when resuming control from a highly automated vehicle. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, *26*, 1–9. doi:10.1016/j.trf.2014.05.006
- Merritt, S. M., Heimbaugh, H., LaChapell, J., & Lee, D. (2013). I Trust It, but I Don't Know Why: Effects of Implicit Attitudes Toward Automation on Trust in an Automated System. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, *55*(3), 520–534. doi:10.1177/0018720812465081
- Naujoks, F., Mai, C., & Neukum, A. (Eds.) 2014. *The effect of urgency of take-over requests during highly automated driving under distraction conditions*.
- Neubauer, C., Matthews, G., Langheim, L., & Saxby, D. (2012). Fatigue and Voluntary Utilization of Automation in Simulated Driving. *The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, *54*(54 // 5), 734–746. doi:10.1177/0018720811423261

- NHTSA. (2013). *Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles*.
- Parasuraman, R., & Manzey, D. H. (2010). Complacency and Bias in Human Use of Automation: An Attentional Integration. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, *52*(3), 381–410.
doi:10.1177/0018720810376055
- Parasuraman, R., Sheridan, T., & Wickens, C. (2000). A model for types and levels of human interaction with automation. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans*, *30*(3), 286–297.
doi:10.1109/3468.844354
- Parasuraman, R., & Wickens, C. D. (2008). Humans: Still Vital After All These Years of Automation. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, *50*(3), 511–520. doi:10.1518/001872008X312198
- Parasuraman, R., & Riley, V. (1997). Humans and Automation: Use, Misuse, Disuse, Abuse. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, *39*(2), 230–253. doi:10.1518/001872097778543886
- Parasuraman, R., Sheridan, T. B., & Wickens, C. D. (2008). Situation Awareness, Mental Workload, and Trust in Automation: Viable, Empirically Supported Cognitive Engineering Constructs. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, *2*(2), 140–160. doi:10.1518/155534308X284417
- Payre, W., Cestac, J., & Delhomme, P. (2014). Intention to use a fully automated car: Attitudes and a priori acceptability. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. doi:10.1016/j.trf.2014.04.009
- Petermann, I., & Kiss, M. (2010). Die Rolle des Fahrers im Spektrum der Automation und Transition. *ATZextra*, *15*(2), 90–95.
- Petermann-Stock, I., Hackenberg, L., Muhr, T., & Mergl, C. (2013). Wie lange braucht der Fahrer? Eine Analyse zu Übernahmezeiten aus verschiedenen Nebentätigkeiten während einer hochautomatisierten Staufahrt. *6. Tagung Fahrerassistenzsysteme. Der Weg zum automatischen Fahren.*
- Radlmayr, J., Gold, C., Lorenz, L., Farid, M., & Bengler, K. (2014). How traffic situations and non-driving related tasks affect the take-over quality in highly automated driving. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*,
- Rasmussen, J. (1983). Skills, Rules, and Knowledge; Signals, Signs, and Symbols, and Other Distinctions in Human Performance Models. *IEEE Transactions on Systems*, *13*(3), 257–266.
- Rolfe, J. (1972). Ergonomics and air safety. *Applied Ergonomics*, *3*(2), 75–81.
doi:10.1016/0003-6870(72)90056-7
- Rovira, E., McGarry, K., & Parasuraman, R. (2007). Effects of Imperfect Automation on Decision Making in a Simulated Command and Control Task. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, *49*(1), 76–87.
doi:10.1518/001872007779598082
- Rusch, M. L., Schall, M. C., Gavin, P., Lee, J. D., Dawson, J. D., Vecera, S., & Rizzo, M. (2013). Directing driver attention with augmented reality cues. *Transportation research. Part F, Traffic psychology and behaviour*, *16*, 127–137.
doi:10.1016/j.trf.2012.08.007

- Saffarian, M., de Winter, J. C. F., & Happee, R. (2012). Automated Driving: Human-Factors Issues and Design Solutions. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 56(1), 2296–2300. doi:10.1177/1071181312561483
- Sethumadhavan, A. (2011). Effects of First Automation Failure on Situation Awareness and Performance in an Air Traffic Control Task. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 55(1), 350–354. doi:10.1177/1071181311551072
- Shackel, B. (1967). Ergonomics research needs in automation. *Ergonomics*, 10(5), 627–632. doi:10.1080/00140136708930916
- Soyer, G. (2013). *Untersuchung von Einflüssen automatischer Bremsmanöver und Verkehrssituationen auf die Übernahmezeit und -qualität in hochautomatisierten Fahrzeugen* (Masterarbeit). Technische Universität München, München.
- STANTON, N. A., & YOUNG, M. S. (1998). Vehicle automation and driving performance. *Ergonomics*, 41(7), 1014–1028. doi:10.1080/001401398186568
- Stanton, N. A., & Young, M. S. (2005). Driver behaviour with adaptive cruise control. *Ergonomics*, 48(10), 1294–1313. doi:10.1080/00140130500252990
- Strand, N., Nilsson, J., Karlsson, I. M., & Nilsson, L. (2014). Semi-automated versus highly automated driving in critical situations caused by automation failures. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. doi:10.1016/j.trf.2014.04.005
- Teigen, K. H. (1994). Yerkes-Dodson: A Law for all Seasons. *Theory & Psychology*, 4(4), 525–547. doi:10.1177/0959354394044004
- Toffetti, A., Wilschut, E. S., Martens, M. H., Schieben, A., Rambaldini, A., Merat, N., & Flemisch, F. (2009). CityMobil. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2110(-1), 1–8. doi:10.3141/2110-01
- van den Beukel, Arie P., & van der Voort, Mascha C. (Eds.) 2013. *The Influence of Time-criticality on Situation Awareness when Retrieving Human Control after Automated Driving*.
- Vehicle Automation: TRB @ Stanford. (2013). *HF Breakout Notes*. Retrieved from <http://2013.vehicleautomation.org/program/breakouts/human-factors-and-human-machine-interaction/hf-breakout-notes>
- Viti, F., Hoogendoorn, S. P., Alkim, T. P., & Bootsma, G. Driving behavior interaction with ACC: results from a Field Operational Test in the Netherlands, pp. 745–750.
- Vollrath, M., Schleicher, S., & Gelau, C. (2011). The influence of cruise control and adaptive cruise control on driving behaviour--a driving simulator study. *Accident; analysis and prevention*, 43(3), 1134–1139. doi:10.1016/j.aap.2010.12.023
- Wickens, C. D. (2008). Multiple Resources and Mental Workload. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 50(3), 449–455. doi:10.1518/001872008X288394
- Wickens, C. D., Goh, J., Helleberg, J., Horrey, W. J., & Talleur, D. A. (2003). Attentional Models of Multitask Pilot Performance Using Advanced Display Technology. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 45(3), 360–380. doi:10.1518/hfes.45.3.360.27250

- Willemsen, D., Stuiver, A., & Hogema, J. (Eds.) 2014. *Transition of Control: Automation Giving Back Control to the Driver*.
- YOUNG, M. S., & STANTON, N. A. (1997). Automotive automation: Investigating the impact on driver mental workload. *International Journal of Cognitive Ergonomics*, 1(4), 325–336.
- YOUNG, M. S., & STANTON, N. A. (2007). What's skill got to do with it? Vehicle automation and driver mental workload. *Ergonomics*, 50(8), 1324–1339. doi:10.1080/00140130701318855
- Young, M. S., & Stanton, N. A. (2002). Attention and automation: New perspectives on mental underload and performance. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 3(2), 178–194. doi:10.1080/14639220210123789
- Young, M. S., & Stanton, N. A. (2007). Back to the future: brake reaction times for manual and automated vehicles. *Ergonomics*, 50(1), 46–58. doi:10.1080/00140130600980789
- Zimmermann, M., & Bengler, K. (Eds.) 23-26. June. 2013. *A multimodal interaction concept for cooperative driving*.
- Wickens, C. & Carswell, C. (2006). Information Processing. In G. Salvendy (Hrsg.), *Handbook of Human Factors and Ergonomics* (S. 111-149). Hoboken: John Wiley

Bisher in der FAT-Schriftenreihe erschienen (ab 2010)

Nr.	Titel
227	Schwingfestigkeitsbewertung von Nahtenden MSG-geschweißter Dünnbleche aus Stahl, 2010
228	Systemmodellierung für Komponenten von Hybridfahrzeugen unter Berücksichtigung von Funktions- und EMV-Gesichtspunkten, 2010
229	Methodische und technische Aspekte einer Naturalistic Driving Study, 2010
230	Analyse der sekundären Gewichtseinsparung, 2010
231	Zuverlässigkeit von automotive embedded Systems, 2011
232	Erweiterung von Prozessgrenzen der Bonded Blank Technologie durch hydromechanische Umformung, 2011
233	Spezifische Anforderungen an das Heiz-Klimasystem elektromotorisch angetriebener Fahrzeuge, 2011
234	Konsistentes Materialmodell für Umwandlung und mechanische Eigenschaften beim Schweißen hochfester Mehrphasen-Stähle, 2011
235	Makrostrukturelle Änderungen des Straßenverkehrslärms, Auswirkung auf Lästigkeit und Leistung, 2011
236	Verbesserung der Crashsimulation von Kunststoffbauteilen durch Einbinden von Morphologiedaten aus der Spritzgießsimulation, 2011
237	Verbrauchsreduktion an Nutzfahrzeugkombinationen durch aerodynamische Maßnahmen, 2011
238	Wechselwirkungen zwischen Dieselmotortechnik und -emissionen mit dem Schwerpunkt auf Partikeln, 2012
239	Überlasten und ihre Auswirkungen auf die Betriebsfestigkeit widerstandspunktgeschweißter Feinblechstrukturen, 2012
240	Einsatz- und Marktpotenzial neuer verbrauchseffizienter Fahrzeugkonzepte, 2012
241	Aerodynamik von schweren Nutzfahrzeugen - Stand des Wissens, 2012
242	Nutzung des Leichtbaupotentials von höchstfesten Stahlfeinblechen durch die Berücksichtigung von Fertigungseinflüssen auf die Festigkeitseigenschaften, 2012
243	Aluminiumschaum für den Automobileinsatz, 2012
244	Beitrag zum Fortschritt im Automobilleichtbau durch belastungsgerechte Gestaltung und innovative Lösungen für lokale Verstärkungen von Fahrzeugstrukturen in Mischbauweise, 2012
245	Verkehrssicherheit von schwächeren Verkehrsteilnehmern im Zusammenhang mit dem geringen Geräuschniveau von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben, 2012
246	Beitrag zum Fortschritt im Automobilleichtbau durch die Entwicklung von Crashabsorbieren aus textilverstärkten Kunststoffen auf Basis geflochtener Preforms und deren Abbildung in der Simulation, 2013
247	Zuverlässige Wiederverwendung und abgesicherte Integration von Softwarekomponenten im Automobil, 2013
248	Modellierung des dynamischen Verhaltens von Komponenten im Bordnetz unter Berücksichtigung des EMV-Verhaltens im Hochvoltbereich, 2013
249	Hochspannungsverkopplung in elektronischen Komponenten und Steuergeräten, 2013
250	Schwingfestigkeitsbewertung von Nahtenden MSG-geschweißter Feinbleche aus Stahl unter Schubbeanspruchung, 2013

- 251 Parametrischer Bauraum – synchronisierter Fahrzeugentwurf, 2013
- 252 Reifenentwicklung unter aerodynamischen Aspekten, 2013
- 253 Einsatz- und Marktpotenzial neuer verbrauchseffizienter Fahrzeugkonzepte – Phase 2, 2013
- 254 Qualifizierung von Aluminiumwerkstoffen für korrosiv beanspruchte Fahrwerksbauteile unter zyklischer Belastung (Salzkorrosion), 2013
- 255 Untersuchung des Rollwiderstands von Nutzfahrzeugreifen auf echten Fahrbahnen, 2013
- 256 Naturalistic Driving Data, Re-Analyse von Daten aus dem EU-Projekt euroFOT, 2013
- 257 Ableitung eines messbaren Klimasummenmaßes für den Vergleich des Fahrzeugklimas konventioneller und elektrischer Fahrzeuge, 2013
- 258 Sensitivitätsanalyse rollwiderstandsrelevanter Einflussgrößen bei Nutzfahrzeugen, Teile 1 und 2, 2013
- 259 Erweiterung des Kerbspannungskonzepts auf Nahtübergänge von Linienschweißnähten an dünnen Blechen, 2013
- 260 Numerische Untersuchungen zur Aerodynamik von Nutzfahrzeugkombinationen bei realitätsnahen Fahrbedingungen unter Seitenwindeinfluss, 2013
- 261 Rechnerische und probandengestützte Untersuchung des Einflusses der Kontaktwärmeübertragung in Fahrzeugsitzen auf die thermische Behaglichkeit, 2013
- 262 Modellierung der Auswirkungen verkehrsbedingter Partikelanzahl-Emissionen auf die Luftqualität für eine typische Hauptverkehrsstraße, 2013
- 263 Laserstrahlschweißen von Stahl an Aluminium mittels spektroskopischer Kontrolle der Einschweißtiefe und erhöhter Anbindungsbreite durch zweidimensional ausgeprägte Schweißnähte, 2014
- 264 Entwicklung von Methoden zur zuverlässigen Metamodellierung von CAE Simulations-Modellen, 2014
- 265 Auswirkungen alternativer Antriebskonzepte auf die Fahrdynamik von PKW, 2014
- 266 Entwicklung einer numerischen Methode zur Berücksichtigung stochastischer Effekte für die Crashsimulation von Punktschweißverbindungen, 2014
- 267 Bewegungsverhalten von Fußgängern im Straßenverkehr - Teil 1, 2014
- 268 Bewegungsverhalten von Fußgängern im Straßenverkehr - Teil 2, 2014
- 269 Schwingfestigkeitsbewertung von Schweißnahtenden MSG-geschweißter Feinblechstrukturen aus Aluminium, 2014
- 270 Physiologische Effekte bei PMW-gesteuerter LED-Beleuchtung im Automobil, 2015
- 271 Auskunft über verfügbare Parkplätze in Städten, 2015
- 272 Zusammenhang zwischen lokalem und globalem Behaglichkeitsempfinden: Untersuchung des Kombinationseffektes von Sitzheizung und Strahlungswärmeübertragung zur energieeffizienten Fahrzeugklimatisierung, 2015
- 273 UmCra - Werkstoffmodelle und Kennwertermittlung für die industrielle Anwendung der Umform- und Crash-Simulation unter Berücksichtigung der mechanischen und thermischen Vorgeschichte bei hochfesten Stählen, 2015
- 274 Exemplary development & validation of a practical specification language for semantic interfaces of automotive software components, 2015
- 275 Hochrechnung von GIDAS auf das Unfallgeschehen in Deutschland, 2015
- 276 Literaturanalyse und Methodenauswahl zur Gestaltung von Systemen zum hochautomatisierten Fahren, 2015

Impressum

Herausgeber	FAT Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. Behrenstraße 35 10117 Berlin Telefon +49 30 897842-0 Fax +49 30 897842-600 www.vda-fat.de
ISSN	2192-7863
Copyright	Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT) 2015

VDA

Verband der
Automobilindustrie

FAT

Forschungsvereinigung
Automobiltechnik

Behrenstraße 35
10117 Berlin
www.vda.de
www.vda-fat.de