



# Nutzerzentrierter Produktentwicklungsprozess in KARLI

Halbzeitpräsentation KARLI



Autor: N. Brüggemann, M. Chen, A. Engeln, M. Fleischmann, A. Pagenkopf, M. Schweiker, D. Stimm

Datum: 26.04.2023

Ort: Zukunftswerkstatt Continental AG



**Finanziert von der  
Europäischen Union**

NextGenerationEU

Gefördert durch:



**Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz**

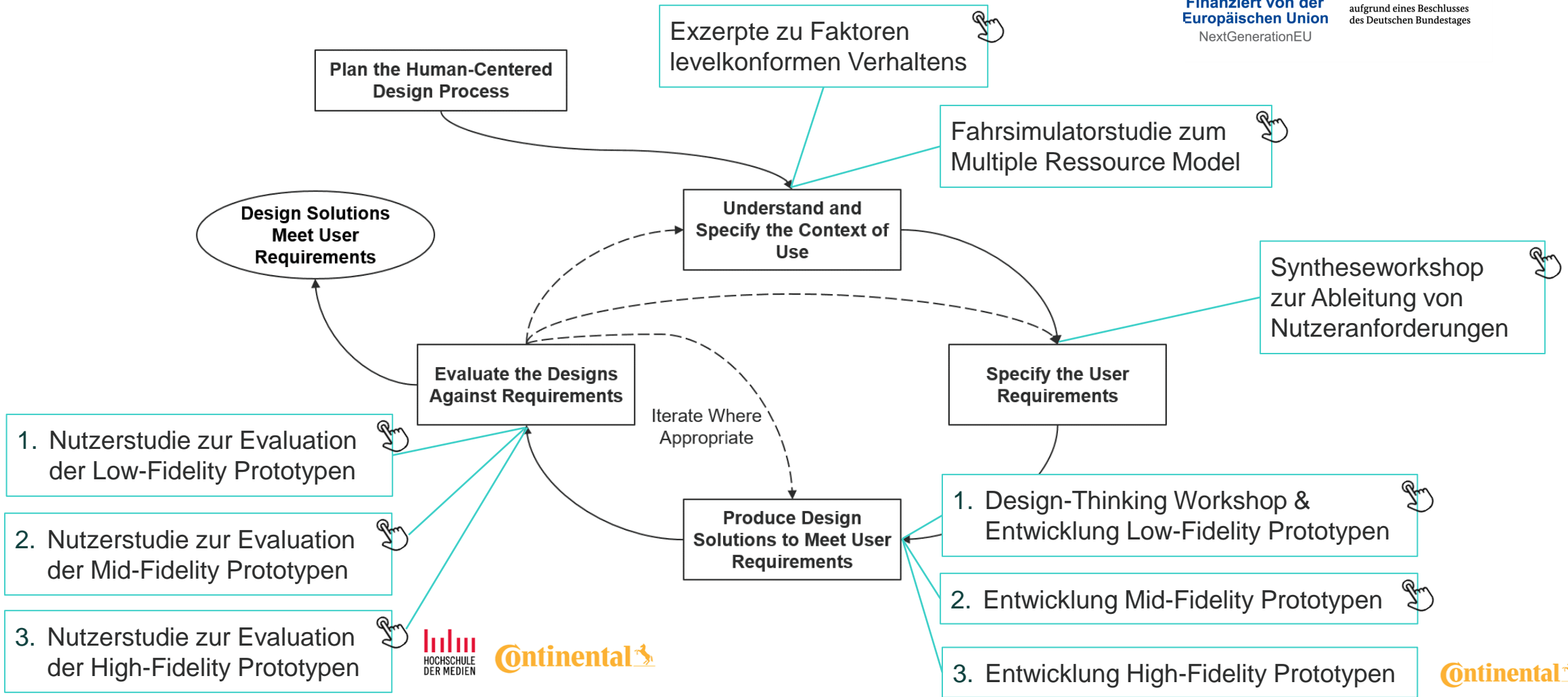
aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Nutzerzentrierter Entwicklungsprozess

DIN EN ISO 9241-210



Gefördert durch:  
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz  
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



# Exzerpte zu Faktoren levelkonformen Verhaltens

Bearbeitungszeitraum: Juli 2021 – Februar 2022



Finanziert von der  
Europäischen Union  
NextGenerationEU

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

**Ziel:** Aufarbeitung des Wissens- und Forschungsstandes zu Faktoren zur Unterstützung levelkonformen Verhaltens

**Vorgehen:** Definition von Forschungsfragen, anschließende Literatur- und Quellenanalyse

**Ergebnisse:** Zusammengefasste zentrale Erkenntnisse zu folgenden Themen in Form von Exzerpten

- Mentale Modelle beim automatisierten Fahren
- Barrieren & Unterstützungsmöglichkeiten zur Erlernbarkeit adaptiver Systeme
- Bedingungen für angemessenes Modus- & Situationsbewusstsein
- Anreizsysteme zur Vermeidung von Missbrauch
- Multiple Ressource Theory – Wahl der Modalität für adaptive HMI

[→ zum Exzerpt](#)

[→ zum Exzerpt](#)

[→ zum Exzerpt](#)

[→ zum Exzerpt](#)

[→ zum Exzerpt](#)



Zurück zur  
Übersicht

# Fahrstudie zum Multiple Resource Model

Bearbeitungszeitraum: seit Januar 2022



Finanziert von der Europäischen Union  
NextGenerationEU

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

**Ziel:** Empirische Prüfung der Forschungshypothesen zum erarbeiteten Multiple Resource Model

„Der Nutzer kann Systeminformationen besser verarbeiten, wenn sie sich weder auf horizontaler noch auf vertikaler Ebene mit der Informationsverarbeitung in der aktuellen fahrfremden Tätigkeit überschneiden.“

Erkennung und Bedeutungszuweisung		
	Objekte	Begriffe/Sätze
visuell	z.B. Farbe, Form	z.B. Textausgabe
auditiv	z.B. Ton, Geräusch	z.B. Sprachausgabe
haptisch	z.B. Vibration, Temperatur/ Oberflächenveränderung	<i>Vermutlich eher nicht relevant</i>

## Vorgehen:

### Fahrstudie

- Ca. 4 minütige automatisierte (K-R3) Landstraßenfahrt, währenddessen Ausführung einer fahrfremden Tätigkeit (NDRT)
- Übernahmeaufforderung (TOR) durch bremsendes Vorderfahrzeug
- Kombination von vier NDRT (Lesen, Unterschiede zwischen zwei Bildern suchen, Hörspiel hören, Sounds hören) mit vier TORs (Icon, Text, Ton und Sprachansage)
- Messung von Beanspruchung und Fahrperformance
- N=30 Probanden, jeder Proband erlebte jede Kombination von NDRT und TOR

### Studie zur Grundbeanspruchung

- Durchführung der in der Fahrstudie verwendeten Tätigkeiten am Schreibtisch
- Bewertung des Beanspruchungslevels
- N=24 Probanden



# Syntheseworkshop zur Ableitung von Nutzeranforderungen I/II

Bearbeitungszeitraum: August 2022 – Oktober 2022



Finanziert von der Europäischen Union  
NextGenerationEU

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

**Ziel:** Zusammenführen von Nutzeranforderungen, Ableiten von Key Learnings und Gestaltungsräumen (Opportunity Areas) sowie erste Ideen generieren für das weitere Prototyping

## Vorgehen:

- Workshopteilnehmer: Projektpartner der Applikation LKV



- Workshopablauf:

### Phase 1:

Vorstellen der Ergebnisse zu den Nutzeranforderungen und Notieren von Key Learnings

### Phase 2:

Strukturieren der Key Learnings zu Themenclustern

### Phase 3:

Ausformulieren von Gestaltungsräumen (Opportunity Areas)

### Phase 4:

Ideation zu den Opportunity Areas für das Prototyping



Zurück zur Übersicht

# Syntheseworkshop zur Ableitung von Nutzeranforderungen

## II/II

### Ergebnisse: Opportunity Areas



Finanziert von der Europäischen Union  
NextGenerationEU

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

**OA Systemvertrauen aufbauen und angemessen kalibrieren**

Wie können wir erreichen, dass...

- Fahrende direkt zu Beginn positive Erfahrungen mit dem System machen?
- Fahrende ein angemessenes Vertrauen in das System aufbauen und beibehalten? (kein over- oder undertrust)
- Veränderungen des Systems keinen Vertrauensverlust nach sich ziehen? (Systemadaptionen, inhaltliche und optische Änderungen und Erweiterungen)
- Fehlinformationsausgaben aufgrund falsch erkannter Nutzerzustände keine negativen Auswirkungen auf das Nutzervertrauen haben?

HOW MIGHT WE

**OA Mode Awareness sicherstellen**

Wie können wir erreichen, dass...

- die verschiedenen Automatisierungslevel inkl. Leveländerungen verständlich und klar voneinander abgegrenzt wahrnehmbar sind? (unabhängig vom kulturellen, technischen und sozialem Hintergrund)
- den Nutzenden jederzeit klar ist, welche Verhaltensweisen und Tätigkeiten erlaubt sind? (sich der Funktionen und Limitationen des aktuellen Automatisierungslevels bewusst sein)
- im Falle von Mode Confusion die Mode Awareness und levelkonformes Verhalten schnellstmöglich wiederhergestellt wird?

HOW MIGHT WE

**OA Lernphasen unterstützen**

Wie können wir erreichen, dass...

- Erstnutzende eine möglichst effektive, kurze und fehlerfreie Anlernphase haben? (Automatisierungslevel, Transitionen inkl. Übernahmeaufforderungen und zugehörige Verhaltensanforderungen verstehen)
- der Wiedereinstieg unterstützt wird? (z.B. seltenes Fahren)
- ein Verständnis für selten genutzte Automatisierungslevel unterstützt wird?
- bei Veränderungen des Systems ein eindeutiges Verständnis sicher gestellt wird? (Adaptionen, inhaltliche und optische Änderungen und Erweiterungen)

HOW MIGHT WE

**OA Motivation für levelkonformes Verhalten fördern**

Wie können wir erreichen, dass...

- levelkonformes Verhalten der Fahrerenden auch intrinsisch (durch die Handlung selbst) motiviert wird?
- die levelkonforme Interaktion mit dem System positiv erlebt wird (z.B. auch bei Handlungsunterbrechungen von fahrfremden Tätigkeiten wegen Transitionen/ Übernahmeaufforderungen)
- Fahrende die Kontrolle bei sich sehen, levelkonforme Entscheidungen zu treffen? (Gefühle von Bevormundung und Zwang vermeiden)
- Fahrende sich durch das System positiv unterstützt/assistiert fühlen?
- auch bei absichtlichem Missbrauch Hinweise positiv kommuniziert werden? (z.B. „Du sollst deine Aufmerksamkeit dem Verkehr widmen“)
- Fahrende während automatisierter Fahrphasen angemessen fahrtüchtig bleiben wollen und die Aufmerksamkeit für Levelwechsel ausreicht?

HOW MIGHT WE

**OA Unterschiedlichen Nutzerbedingungen gerecht werden**

Wie können wir erreichen, dass...

- auf individuelle Persönlichkeiten eingegangen wird, um Systemverständnis und -akzeptanz zu fördern? (z.B. Sensation Seeker, „naive“ Nutzende, Schicksalsgläubige)
- auf individuelle Fähigkeiten und Kenntnisse eingegangen wird, um Systemverständnis und -akzeptanz zu fördern? (z.B. technisches Verständnis, Sprachfähigkeiten, Bildungsniveau)
- auf unterschiedliche Nutzerzustände eingegangen wird, um Verhaltensbereitschaft zu erhöhen und levelkonformes Verhalten zu erleichtern? (z.B. Aufwachphase vor einem Übernahmezeitpunkt)

HOW MIGHT WE

**OA Verständlichkeit und Transparenz gewährleisten**

Wie können wir erreichen, dass...

- adaptive Systemfunktionen für Nutzende transparent und kontrollierbar sind?
- Systeminformationen eindeutig und möglichst intuitiv verständlich sind? (z.B. auch bei Systemadaptionen und zeitgleichen, verschiedenen Reizen für eine Information)
- Informationen zu Transitionen rechtzeitig verstanden werden? (inkl. Umsetzung angemessener Verhaltensanforderungen)
- Systeminformationen während einer fahrfremden Tätigkeit angemessen wahrgenommen, verarbeitet und umgesetzt werden können?

HOW MIGHT WE



# Design-Thinking Workshop & Entwicklung Low-Fidelity Prototypen I/II

Bearbeitungszeitraum: November 2022 – März 2023



Finanziert von der Europäischen Union  
NextGenerationEU

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

**Ziel:** Entwicklung früher HMI-Lösungskonzepte zur Förderung levelkonformen Fahrverhaltens

## Vorgehen:

### 1. Design-Thinking Workshop

- Workshopteilnehmer:



- Workshopablauf:

#### Phase 1:

Ideengenerierung mittels Brainwriting und Brainstorming

#### Phase 2:

Freie Diskussion, Strukturierung und Priorisierung der Ideen

#### Phase 3:

Low-Fidelity Prototyping (ausgewählte Ideen erlebbar machen)

### 2. Konzeptentwicklung

- Zusammenführung ausgewählter Ideen zu 3 Konzepten

### 3. User Narratives

- Ausformulierung der in den drei Konzepten enthaltenen Ideen und Umsetzung in Form von Nutzungsgeschichten („User Narratives“)



Zurück zur Übersicht

# Design-Thinking Workshop & Entwicklung Low-Fidelity Prototypen II/II

Ergebnisse Konzeptentwicklung: HMI-Gestaltung zur Förderung von LKV



Finanziert von der Europäischen Union  
NextGenerationEU

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

	Verständlichkeit u. Transparenz	Lernphasen unterstützen	Motivation für LKV	Beanspruchung	Individualisierung
1	<b>Visualisierung der Fahrmanöver</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>Anzeigen der Strecke und der nächsten Manöver</li> <li>Schematische Darstellung der Level durch Icons, was gerade erlaubt oder gefordert ist</li> </ol>	<b>Tutorial Erstnutzung</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>Fahrer bekommt eine Trainingsfahrt am Anfang</li> <li>Erklärung der Funktionen und der Fahrerrolle</li> <li>Level werden nacheinander freigeschaltet</li> </ol>	<b>Vertrauens Kalibrierung</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>Fahrer wird die Fehleranfälligkeit (z.B. „9 von 10 Fußgängern erkenne ich“) vom System kommuniziert</li> <li>Fahrzeug zeigt an, was es sieht/einschätzen kann</li> <li>Rückmeldung vom System bei Fehlverhalten vom Fahrer (was ist erlaubt/welches Fehlverhalten wurde erkannt)</li> </ol>	<b>Nutzervorlieben selber eingeben</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>Eingabe tippen oder Sprache</li> <li>Ausgabe Text oder Sprache</li> <li>Ausmaß der Kommunikation regulierbar</li> </ol>	<b>Nutzerprofil</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>Anlegen individuelles Nutzerprofil</li> <li>Relevante Einschränkungen des Fahrers erfassbar</li> <li>Verschiedene Modi (Sport/Komfort)</li> <li>Basisinformationen werden in einem unaufdringlichen Dialog erfasst</li> <li>Verbesserungsmöglichkeiten im Profil hinterlegt</li> </ol>
2	<b>Transitions-Konzept</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>Mehrstufige Transition (5 min – 2 min – 30 Sek.)</li> </ol>	<b>Integriertes Lernsystem</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>Erklärung der Level bei der Nutzung</li> <li>Bei Bedarf an &amp; Abstellen</li> <li>Mit zunehmender Erfahrung Abnahme von Informationen</li> </ol>	<b>Gamification-Konzept</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>Individuelles Gamification-Konzept für jeden Fahrertypen</li> <li>Spielcharakter oder subtile Mechanismen</li> <li>Belohnung für LKV</li> </ol>	<b>Nutzervorlieben selber eingeben</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>Eingabe tippen oder Sprache</li> <li>Ausgabe Text oder Sprache</li> <li>Ausmaß der Kommunikation regulierbar</li> </ol>	<b>Adaptiver Avatar</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>Wird automatisch erstellt</li> <li>Lässt sich konfigurieren</li> <li>Welt und Sprache anpassbar</li> <li>Gesicht lässt sich per Foto ändern</li> <li>KI erkennt automatisch den Nutzer</li> <li>Kommunikation über den Avatar</li> </ol>
3	<b>Rückmeldungskonzept des Systems</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>Fahrer kann Fragen an das System stellen</li> <li>Transition über Level 0 bei Level abwärts, nicht beim Hochschalten</li> </ol>	<b>Quick Tipps</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>Kurze Tipps werden eingeblendet</li> <li>Fahrer wird an höhere Level erinnert mit Hinweis auf mögliche Tätigkeiten (z.B. „du wolltest lesen/telefonieren“)</li> </ol>	<b>Strafsystem</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>Bei nicht LKV wird gemahnt</li> <li>Oder sogar abschalten vom Fahrzeug (Notstopp)</li> </ol>	<b>MRM</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>System entscheidet über Ausgabe, Eingabe und Ausmaß von Kommunikation entsprechend aktueller Nebenbeschäftigung</li> </ol>	<b>Feedback Loop Nutzer-System</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>Nutzerfeedback am Ende der Fahrt</li> <li>Feedback für eine erfolgreiche &amp; nicht erfolgreiche Nutzung</li> </ol>





# Nutzerstudie zur Evaluation der Low-Fidelity Prototypen

Bearbeitungszeitraum: seit März 2023



Finanziert von der  
Europäischen Union  
NextGenerationEU

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

**Ziel:** Evaluation der Low-Fidelity Prototypen und Generierung von Hinweisen für die Weiterentwicklung aus Nutzersicht hinsichtlich User Experience, Förderung von LKV und ELSI-Fragestellungen

## Vorgehen:

Durchführung:

- Ca. 90 minütige qualitative Einzelinterviews mit 12 potentiellen, heterogenen Nutzenden
- Evaluation je eines Prototyps pro Interview (4 Interviews pro Prototyp):

### 1. Freie Diskussion:

Unstrukturiertes Feedback

### 2. Ideenbezogene Diskussion:

Strukturierung entlang der integrierten Innovationsideen

### 3. Themenbezogene Diskussion:

Bewertung User Experience-Facetten [1], Maßnahmen zur Förderung LKV und ELSI-Folgen

Auswertung:

- Strukturierte Aufbereitung der inhaltlichen Aussagen je Innovationsidee
- Priorisierung, Diskussion und Auswahl weiterzuentwickelnder Innovationsideen

[1] Engeln, A. & Engeln, C. (2015). Customer Experience und kundenzentrierte Angebotsentwicklung: Was gehört dazu? In A. Baetzgen (Hrsg.), Brand Experience: An jedem Touchpoint auf den Punkt begeistern (S. 253-273). Schäffer-Poeschel.



Zurück zur  
Übersicht

# Entwicklung Mid-Fidelity Prototypen

geplanter Bearbeitungszeitraum: Februar 2023 – Juli 2023



Finanziert von der Europäischen Union  
NextGenerationEU

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

**Ziel:** Entwicklung einer simulierten Mensch-Maschine-Interaktion zur Förderung levelkonformen Verhaltens

## Geplantes Vorgehen:

- Aufbau und Programmierung einer Simulationsumgebung, voraussichtlich VR
- Ausarbeitung von Interaktionsstrategien zur Förderung der **Motivation** für levelkonformes Verhalten

Basiskonzept	Gamification-Konzept	Vertrauenskalibrierungs-Konzept
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Akustisches Signal bei nicht levelkonformem Verhalten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Akustisches Signal bei nicht levelkonformem Verhalten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Akustisches Signal bei nicht levelkonformem Verhalten</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rückmeldung über Nutzerverhalten mittels Spielmechanismen:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Belohnung für levelkonformes Verhalten (z.B. Punktgewinn)</li> <li>• Bestrafung für nicht levelkonformes Verhalten (z.B. Punktabzug)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikation der Systemfähigkeiten und -limitationen                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Was kann System sehen/einschätzen</li> <li>• Welche Fehleranfälligkeit besteht</li> </ul> </li> </ul>

- Integration der Interaktionsstrategie in die Simulationsumgebung



Zurück zur Übersicht

# Nutzerstudie zur Evaluation der Mid-Fidelity Prototypen

geplanter Bearbeitungszeitraum: Juni 2023 – Dezember 2023



Finanziert von der  
Europäischen Union  
NextGenerationEU

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

**Ziel:** Standardisierte Evaluation der Mid-Fidelity Prototypen bzgl. der Wirksamkeit zur Motivation für levelkonformes Verhalten und Generierung von Hinweisen für die Weiterentwicklung aus Nutzersicht hinsichtlich User Experience, Förderung von LKV und ELSI-Fragestellungen

## Geplantes Vorgehen:

- Fahrsimulation voraussichtlich in VR-Simulation:
  - Fahrt in K-R2 (entspricht SAE-Level 2) und K-R3 (entspricht SAE-Level 3)
  - Ablenkung durch fahrfremde Nebentätigkeit (z.B. spannender Film im Mitteldisplay)
  - Between-Subjects Design: 3 Interventionsstrategien in K-R2 als Reaktion auf nicht levelkonformes Verhalten der Teilnehmenden
- Analyse von Mess- und Befragungsdaten:
  - Häufigkeit und Dauer der Blickabwendung von der Straße in K-R2
  - Reaktionszeit auf Übernahmeaufforderung
  - Standardisierte Bewertung der User Experience
  - Qualitative Gestaltungshinweise zur Weiterentwicklung der Prototypen



Zurück zur  
Übersicht

# Nutzerstudie zur Evaluation der High-Fidelity Prototypen

geplanter Bearbeitungszeitraum: Januar 2024 – Juni 2024



Finanziert von der  
Europäischen Union  
NextGenerationEU

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

**Ziel:** Evaluation des High-Fidelity Prototypen von Continental unter möglichst realitätsnahen Nutzungsbedingungen und besonderer Beachtung von User Experience, Förderung von LKV und ELSI-Fragestellungen

## Geplantes Vorgehen:

- Feldevaluation mit Fahrversuchen auf Teststrecke
- Integration von Beobachtungs-, Mess- und Befragungsdaten
- Analyse und Bewertung z.B. von
  - Levelkonformität und Verkehrssicherheit des Fahrverhaltens
  - Mentale Modelle und Mode-Awareness variierender Systemlevel
  - Erfolg des Lern- und Adaptionprozesses
  - User Experience und Nutzerakzeptanz
- Gewinnung abschließenden Nutzerfeedbacks zum High-Fidelity Prototyp



Zurück zur  
Übersicht

# Kontakt

## Projektmitarbeitende



Nuria Brüggemann

Koordination, LKV

0711/8923-2498

[brueggemann@hdm-stuttgart.de](mailto:brueggemann@hdm-stuttgart.de)



Marvin Chen

Aufbau Simulationsumgebung

0711/8923-2499

[chenm@hdm-stuttgart.de](mailto:chenm@hdm-stuttgart.de)



Philipp Ehring

ELSI

[ehring@hdm-stuttgart.de](mailto:ehring@hdm-stuttgart.de)



Anne Pagenkopf

LKV, ELSI

0711/8923-2680

[pagenkopf@hdm-stuttgart.de](mailto:pagenkopf@hdm-stuttgart.de)



Sebastian Preis

LKV, ELSI, Finanzverwaltung

0711/8923-2514

[chenm@hdm-stuttgart.de](mailto:chenm@hdm-stuttgart.de)

## Projektverantwortung

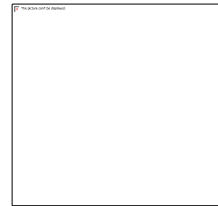


Prof. Dr. Arnd Engeln

Projektleitung

0711/8923-2695

[engeln@hdm-stuttgart.de](mailto:engeln@hdm-stuttgart.de)



**Finanziert von der  
Europäischen Union**

NextGenerationEU

Gefördert durch:



**Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz**

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Exzerpt: Mentale Modelle beim automatisierten Fahren



## Wie werden mentale Modelle beim automatisierten Fahren gebildet und welche Herausforderungen ergeben sich für SAE L0- L4?

Bearbeiter: Marlis Fleischmann, Anne Pagenkopf, Miriam Schweiker (Hochschule der Medien)

### Was sind mentale Modelle?

Mentale Modelle sind individuelle Vorstellungen (kognitive Strukturen), die allgemein Systeme und deren Funktionsweise abbilden. Sie sind unstet – unvollständig, ungenau, instabil und vom subjektiven Hintergrund (z.B. Bildungsgrad, kultureller Hintergrund) eines jeden beeinflusst (Gentner & Stevens, 2014). Mentale Modelle integrieren nach Strand, Stave & Ihlström (2018) theoretisches Wissen und – sofern vorhanden – praktische Erfahrungen. Im Kontext von Autofahren kann dieses Wissen beispielsweise auf Werbung, Benutzerhandbuch, privaten Gesprächen oder Praxiserfahrung mit anderen automatisierten Systemen beruhen. Bei der Interaktion mit einem System werden situative Informationen basierend auf dem mentalen Modell interpretiert und Handlungen abgeleitet. Im Sinne der Förderung levelkonformen Verhaltens und der Sicherheit beim automatisierten Fahren sind mentale Modelle als Grundstein (Gaspar, Carney, Shull, Horrey, 2020) anzusehen, da erst durch ein zutreffendes Systemverständnis und seiner Funktionalität ein angemessenes und korrektes Verhalten möglich wird.

### Die Bildung von mentalen Modellen:

Beggiato (2015) zeigt, dass für die Bildung von mentalen Modellen das Power Law of Learning gilt. Dieses besagt, dass der erste praktische Kontakt mit einem System einen starken Einfluss auf den Lernprozess hat. So findet mit der ersten Interaktion der stärkste Wissenszuwachs statt. Über weitere Interaktionen hinweg flacht der Wissenszuwachs ab und die mentalen Modelle konvergieren im positiven Fall hin zu einer korrekteren Systemvorstellung. Während sich dieses konvergierende Verhalten in verschiedenen Studien (s.u.) deckt, geht aus diesen Studien keine einheitliche Zeitspanne für die Dauer bis zur Konvergenz von mentalen Modellen hervor. Die Studien variieren außerdem in ihrem Studiendesign und unterscheiden sich in der Methode zur Erhebung von mentalen Modellen, der berücksichtigten SAE-Level, der gewählten Stichprobe, der gefahrenen Kilometer, der Frequenz der Fahrten, der Dauer der Praxisphase und den Informationen, die den Fahrern vorab mitgeteilt wurden. Forster et al. (2019) fanden heraus, dass Probanden zur Stabilisierung der Lernrate bis zu vier Lerneinheiten (je 60-minütige Simulatorfahrten mit L0-3) benötigten, um Unterschiede zwischen L2 und L3-Systemen (SAE International, 2018) zu verstehen und bis zu fünf Einheiten um ein Gesamtverständnis für das System zu entwickeln. Zur gefahrenen Strecke werden keine Angaben gemacht. In einer Simulatorstudie von Beggiato und Krems (2013) wurden durchschnittlich drei Fahrten für die Konvergenz des mentalen Modells bezüglich ACC (L1) benötigt. Die Strecke betrug 56km, eine Sitzung dauerte etwa 36 Minuten. Im Gegensatz fand die Konvergenz in einer On-Road-Studie von Beggiato, Pereira, Petzholtz & Krems (2015) bei vier Fahrten statt. Die Streckenlänge betrug 37km, die durchschnittliche Sitzungsdauer 39 Minuten.

### Herausforderungen in Bezug auf levelkonformes Verhalten:

- Unzutreffende Generalisierung: Nutzer tendieren bei mentalen Modellen dazu zu generalisieren (Gentner & Stevens, 2014). Dies bietet ein Gefahrenpotenzial durch Verwechslung von verschiedenen automatisierten Systemen, wie beispielsweise in (Strand et al., 2018) gezeigt. Folglich sollte neben anbieterübergreifend einheitlichen Standards bzw. Systemreaktionen ein ausdifferenziertes Verständnis der verschiedenen Level, den Fahrerverantwortlichkeiten und den

Limitationen der automatisierten Systeme gefördert werden, um Verwirrungen und Fehler vorzubeugen.

- Overtrust: Beggiato und Krems (2013) konnten nachweisen, dass auch die Bildung von Vertrauen nach dem Power Law of Learning erfolgt und weiter abhängig von der Übereinstimmung von erwarteten und erfahrenen Systemlimitationen ist. In dem Zusammenhang stellt Overtrust einen Gefahrenfaktor beim automatisierten Fahren dar (Shen et al., 2021). Folglich ist ein möglichst akkurates mentales Modell in Bezug auf die Systemlimitationen und die korrekt abgeleiteten situativen Fahrerverantwortlichkeiten wichtig für levelkonformes Verhalten. Vertrauen in das System kann potenziell durch Informationen über die Systemlimitationen vor der ersten Fahrt gefördert werden.

### Zu prüfende Ableitungen aus L1/L2 Studien für die Gestaltung von L3/L4-Systemen:

Die Studienlage zu mentalen Modellen und L3/L4 automatisiertem Fahren ist bisher noch spärlich, weshalb Erkenntnisse aus Studien im Kontext L1/L2 vor dem Hintergrund des Vorhabens in KARLI reflektiert wurden.

Im Allgemeinen ist zu prüfen, ob sich das Lernverhalten bei höheren Stufen des automatisierten Fahrens ähnlich verhält wie in niedrigeren SAE-Leveln. Beispielsweise zeigen Langzeitstudien zu Lernphasen von ACC benötigte Zeitspannen von 2-4 Wochen auf, die Richardson (2019) auf die reduzierte Aufmerksamkeit zurückführt, die Fahrer dem System schenken. Nutzer wenden sich in höheren Stufen des automatisierten Fahrens zunehmend sekundären Aufgaben zu. Ob sich hier dieser Effekt der längeren Lernphase verstärkt, ist offen. Auch KI-basierte Veränderungen des Systemverhaltens könnten im ungünstigen Fall die Lernphase verlängern. Zudem ist die tatsächliche Expositionszeit von Fahrern mit automatisierten Systemen in realen Umgebungen vermutlich deutlich kürzer als in den betrachteten Studien, da die Probanden dort explizit zur (häufigen) Verwendung der automatisierten Systeme aufgefordert wurden.

In einer Studie von Strand et al. (2018) konnte gezeigt werden, dass automatisierte Funktionen (L2) beim Kauf oftmals gar nicht bekannt sind und von manchen Nutzern nur langsam bzw. spärlich in das regelmäßige Fahren integriert werden, was die Bildung eines akkuraten mentalen Modells verlangsamt oder verhindert. Die dadurch länger bestehenden Schwächen im mentalen Modell des Fahrers stellen ein hohes Sicherheitsrisiko dar und verhindern möglicherweise levelkonformes Verhalten. Die verlängerten Lernphasen bedingen erhöhte Fehlgebrauchsrisiken. Auch wenn die Korrektheit des mentalen Modells bei L0-L4 Systemen potenziell mit der Zeit konvergiert, kann der Zeitpunkt, wann dies geschieht, nicht für alle Nutzer generalisiert werden. Der Zeitpunkt hängt vermutlich in hohem Maß von der Häufigkeit der Verwendung und der Verwendungsdauer insgesamt ab. Deshalb ist zu vermuten, dass generalisierte Tutorialsysteme allein unzureichend sind um Nutzer entsprechend ihrem Wissensstand bei der Bildung eines akkuraten mentalen Modells zu unterstützen.

### Was bedeutet das für das HMI-Design und die Verwendung von KI?

Die diskutierte Studienlage zu mentalen Modellen verdeutlicht zum einen die Bedeutsamkeit von korrekten mentalen Modellen für levelkonformes Verhalten. Zum anderen lässt der Stand der Forschung vermuten, dass eine an Fahrer und Level angepasste Informationsvermittlung und Unterstützung bei der Bildung mentaler Modelle bei semi- und hochautomatisiertem Fahren mit der Einführung von SAE-Level 4 hochrelevant ist. Für die Bildung von stabilen mentalen Modellen hochautomatisierter Fahrsysteme ist ein explorativer Ansatz nach dem Motto „Trial and Error“ (Gaspar et al., 2020) unzureichend. Folglich sollte der Fokus im Design der HMI darauf liegen, den Nutzern noch vor Fahrtbeginn die Systemlimitationen zum Beispiel in Form eines Tutorialsystems (Strand et al.,

2018) zu vermitteln. Während der Fahrt könnten über klassisches Systemfeedback (z.B. Anzeige der Aktivierung) in Transitionen hinausgehend zusätzliche kontextuelle Erklärungen, (z.B. weshalb eine Übergabe notwendig wird) förderlich für das Nutzerverständnis sein. Derartige Informationen könnten mit zunehmendem Wissenstand auf Nutzerseite eingekürzt oder ausgelassen bzw. basierend auf Präferenzen (Ulahannan et al., 2020) personalisierbar abgebildet werden. Detektiertes Fehlverhalten kann von der KI durch Handlungsanweisungen gepaart mit erneut detaillierteren Informationen korrigiert werden. Mittels Verwendung von KI könnte der Informationsbedarf nicht nur situativ, sondern auch subjektiv abhängig von Fahrerzuständen und dem Fahrertyp bedient werden. Auch der langfristige Gebrauch von automatisierten Systemen kann durch das HMI-Design im Hinblick auf mentale Modelle optimiert werden: Informationen (z.B. gewisse Systemlimitationen), die nicht regelmäßig abgerufen werden, verschwinden tendenziell mit der Zeit aus dem mentalen Modell (Gentner & Stevens, 2014), wie auch von Beggiato (2015) beobachtet. Die HMI könnte den Fahrer deshalb an nicht erlebte Systemlimitationen regelmäßig erinnern.

### Quellenangaben

- Beggiato, M. (2015). *Changes in motivational and higher level cognitive processes when interacting with in-vehicle automation* [echnische Universität Chemnitz]. urn:nbn:de:bsz:ch1-qucosa-167333
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2012.12.006>
- Beggiato, M., Pereira, M., Petzholtz, T., & Krems, J. (2015). Learning and development of trust, acceptance and the mental model of ACC. A longitudinal on-road study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 35, 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2015.10.005>
- Forster, Y., Hergeth, S., Naujoks, F., Beggiato, M., Krems, J. F., & Keinath, A. (2019). Learning and Development of Mental Models during Interactions with Driving Automation: A Simulator Study. *Proceedings of the 10th International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design: Driving Assessment 2019*, 398–404. <https://doi.org/10.17077/drivingassessment.1724>
- Gaspar, J., Carney, C., Shull, E., & Horrey, W. (2020). *The Impact of Driver's Mental Models of Advanced Vehicle Technologies on Safety and Performance* [Data set]. Harvard Dataverse. <https://doi.org/10.7910/DVN/OCWLOZ>
- Gentner, D., & Stevens, A. L. (2014). *Mental models*. <http://site.ebrary.com/id/10828662>
- Richardson, N. (2019). *How do mental models in highly automated driving systems evolve with time? An approach for a long-term driving simulator study*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36355.55842>
- SAE International. (2018). *SAE J3016: Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles*.
- Shen, Y., Wijayaratne, N., & Driggs-Campbell, K. (2021). Building Mental Models through Preview of Autopilot Behaviors. *arXiv:2104.05470 [cs]*. <http://arxiv.org/abs/2104.05470>
- Strand, N., Stave, C., & Ihlström, J. (2018, September). A case-study on drivers' mental model of partial driving automation. *Project HATric*. 25th ITS World Congress, Copenhagen. [https://www.researchgate.net/publication/328476996\\_A\\_case-study\\_on\\_drivers'\\_mental\\_model\\_of\\_partial\\_driving\\_automation](https://www.researchgate.net/publication/328476996_A_case-study_on_drivers'_mental_model_of_partial_driving_automation)
- Ulahannan, A., Cain, R., Thompson, S., Skrypchuk, L., Mouzakitis, A., Jennings, P., & Birrell, S. (2020). User expectations of partial driving automation capabilities and their effect on information design preferences in the vehicle. *Applied Ergonomics*, 82, 102969. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2019.102969>





# Exzerpt: Barrieren & Unterstützungsmöglichkeiten zur Erlernbarkeit adaptiver Systeme



## Welche Barrieren und Unterstützungsmöglichkeiten zur Erlernbarkeit adaptiver Systeme gibt es?

Bearbeiter: Anne Pagenkopf, Marlis Fleischmann, Miriam Schweiker, Arnd Engeln (Hochschule der Medien)

### Definition adaptive Systeme

Unter adaptiven Systemen werden Systeme verstanden, die sich in ihrer Funktions- und/oder Interaktionsweise an den Nutzer anpassen (Langley, 1997). Dies geschieht sowohl durch das System selbst initiiert, indem es aus dem bisherigen Nutzungsverhalten des Nutzers lernt und sich entsprechend anpasst, als auch durch den Nutzer initiiert, indem z.B. Einstellungen verändert werden können. Kann eine Anpassung des Systems ausschließlich durch den Nutzer initiiert werden, wird von adaptierbaren Systemen gesprochen (Griesche et al., 2012; Oppermann, 1994).

### Herausforderungen adaptiver Systeme

Durch die vom System selbst initiierte Anpassung und Veränderung eines adaptiven Systems können bei der Nutzung Usability Probleme auftreten. Jameson (2007) fasst in einer Übersicht die relevantesten Probleme zusammen: verminderte Vorhersagbarkeit und Nachvollziehbarkeit, verminderte Kontrollierbarkeit, Aufdringlichkeit, Eingriff in die Privatsphäre sowie verminderter Erfahrungsschatz. Diese Probleme bei der Nutzung adaptiver Systeme können zu einer reduzierten Akzeptanz und einem geringeren Vertrauen in die Automation führen (Sheridan & Parasuraman, 2005). Ein weiteres Problem, dass sich aus der verminderten Vorhersagbarkeit und Nachvollziehbarkeit ergibt, ist ein mangelndes Systemverständnis (z.B. Oppermann, 1994; Sheridan & Parasuraman, 2005) und damit potenzielle Fehlbedienung bzw. -nutzung. Die Bildung eines korrekten mentalen Modells kann durch sich ändernde Funktions- und Interaktionsweisen des adaptiven Systems erschwert werden (Oppermann, 1994).

### Erlernbarkeit automatisierter Fahrsysteme

Die Studienlage zur Erlernbarkeit adaptiver Systeme und im spezifischen adaptiver automatisierter Fahrsysteme ist bislang noch unvollständig. Im Folgenden werden einige Befunde zur Erlernbarkeit automatisierter Fahrsysteme betrachtet, die als Grundlage zur Übertragbarkeit der Erkenntnisse auf adaptive automatisierte Fahrsysteme dienen können.

Ähnlich zu manuellen Fahrtrainings, in denen eine Kombination aus Theorie- und Praxisunterricht verwendet wird, hat sich auch zum Erlernen automatisierter Fahrsysteme die Verknüpfung theoretischer Einführungen in die Funktionsweisen und Limitationen von Systemen mit praktischen Erfahrungen im Sinne von Schulungen/Trainings im Simulator als wichtig zur Bildung korrekter mentaler Modelle herausgestellt (Merriman et al., 2021). Die Gestaltung der theoretischen Informationsübermittlung wirkt sich dabei auf die Erlernbarkeit aus. In einer Studie zu L2 und L3 Automation konnte gezeigt werden, dass durch einen Lernblock mittels Handbuch oder eines interaktiven Tutorials vor einer Simulationsfahrt das Systemverständnis verbessert werden konnte sowie die Fahrperformance der Probanden besser ausfiel als bei der Kontrollgruppe, die vor der Simulationsfahrt ausschließlich generische Funktionsinformationen über die Automation erhalten hatte (Forster et al., 2019).

In einer anderen Studie entwickelten Boelhouwer und Kollegen (2020) für eine Kombination verschiedener Automationssysteme (L2 Automation) einen digitalen Tutor im Fahrzeug. Der digitale Tutor führte während einer manuellen Fahrt in die Funktionsweise, den Umgang, die Fähigkeiten und



Limitationen der Systeme ein. Der Fahrer hatte dann die Möglichkeit ein System auszuprobieren und erhielt vom digitalen Tutor unmittelbar Rückmeldung. In entsprechenden Situationen erinnerte der digitale Tutor an die spezifischen Fähigkeiten und Limitationen des Systems. Die Studie bestand aus 3 Fahrten im Fahrsimulator. Während der ersten Fahrt führte der digitale Tutor in die Automation ein. Eine Kontrollgruppe erhielt vor der Fahrt eine Informationsbroschüre über die Automationssysteme. Während der zweiten Fahrt direkt im Anschluss und der dritten Fahrt nach zwei Wochen war der digitale Tutor nicht mehr aktiv. Im Gegensatz zur Kontrollgruppe zeigten die Fahrer mit dem digitalen Tutor im Fahrzeug während der ersten Fahrt eine korrektere Benutzung der Automation (richtiges An- und Abschalten in verschiedenen Situationen) sowie frühere und sanftere Übernahmen (take over). Dies zeigte sich als Trend auch während der zweiten Fahrt, in der der digitale Tutor nicht mehr aktiv war. Während der dritten Fahrt zeigten beide Gruppen eine vergleichbar gute Benutzung.

### Wie sollten Informationen über das System vermittelt werden?

Aus den vorangegangenen Ausführungen lässt sich ableiten, dass für ein gutes Systemverständnis und damit eine sichere Nutzung automatisierter Fahrsysteme geeignet aufbereitete Informationen von Bedeutung sind. Die Nachvollziehbarkeit eines adaptiven Systems kann erhöht werden, indem dem Nutzer das Systemverhalten erklärt wird (Jameson, 2007; Walter et al., 2015). Walter und Kollegen (2015) schlagen vor, „[...] dem Nutzer Wissen über den Auslöser eines Verhaltens oder Wissen über das Verhalten zu vermitteln.“ (vgl. Walter et al., 2015, S. 476). Zusätzlich ist es bei adaptiven Systemen notwendig, die Verhaltensänderungen, die im Laufe der Zeit durch die Anpassung an das Verhalten des Nutzers entstehen, dem Nutzer ebenfalls mitzuteilen. Darüber hinaus sind Informationen über die Funktionsweise, Fähigkeiten und Limitationen sowie die Bedienung des Systems bedeutsam (Boelhouwer et al., 2020). Insbesondere für die Anfangsphase im Umgang mit neuen Automationssystemen scheint eine Assistenz während der Fahrt zu einer angemessenen Benutzung der Automation zu führen (Boelhouwer et al., 2020). Um die Informationsfülle dabei überschaubar zu halten (cognitive overload vermeiden), sollten zunächst nur die wichtigsten Informationen vermittelt werden und für weiterführende Informationen eine auf Abruf erweiterbare Darstellungsform gewählt werden (Walter et al., 2015). Boelhouwer und Kollegen (2020) schlagen eine adaptive Informationsvermittlung während der Fahrt vor. Abhängig von der aktuellen Fahrsituation sollten relevante Informationen in geeigneter Modalität, Timing und Umfang/Dauer dargestellt werden. Regelmäßiges Feedback über die Fähigkeiten und Limitationen sollte basierend auf der Fahrleistung des Fahrers gegeben werden, um das mentale Modell des Fahrers aktuell zu halten.

Neben den sich verändernden Situationsbedingungen, von denen eine erfolgreiche Informationsvermittlung abhängig ist, variieren auch die individuellen Nutzereigenschaften. Welche Informationen in welchem Detailgrad benötigt bzw. gewünscht werden, welche Modalitäten am besten geeignet sind, welches Vorwissen und damit verbunden die Fähigkeit zur Wissensverarbeitung vorhanden ist und welche kognitive Kapazität zur Verfügung steht, kann sich von Fahrer zu Fahrer unterscheiden, auch in Abhängigkeit von der aktuellen Beschäftigung mit fahrfremden Tätigkeiten. Für ein automatisiertes Fahrsystem scheint somit ein adaptives Tutor- und Informationssystem vielversprechend zu sein, dass den Fahrer während der automatisierten Fahrt individuell auf seine Bedürfnisse angepasst begleitet und unterstützt.



## Quellenangaben

- Boelhouwer, A., van den Beukel, A. P., van der Voort, M. C., Verwey, W. B., & Martens, M. H. (2020). Supporting Drivers of Partially Automated Cars through an Adaptive Digital In-Car Tutor. *Information*, 11(4), 185. <https://doi.org/10.3390/info11040185>
- Forster, Y., Hergeth, S., Naujoks, F., Krems, J., & Keinath, A. (2019). User Education in Automated Driving: Owner's Manual and Interactive Tutorial Support Mental Model Formation and Human-Automation Interaction. *Information*, 10(4), 143. <https://doi.org/10.3390/info10040143>
- Griesche, S., Kelsch, J., Heesen, M., & Martirosjan, A. (2012). Adaptive Automation als ein Mittel der Arbitrierung zwischen Fahrer und Fahrzeugautomation. 13. Braunschweiger Symposium Automatisierungssysteme, Assistenzsysteme und eingebettete Systeme für Sportmittel (AAET), 362–382.
- Jameson, A. (2007). Adaptive interfaces and agents. In A. Sears & J. A. Jacko (Hrsg.), *The Human-Computer interaction handbook: Fundamentals, evolving technologies, and emerging applications* (2nd ed, S. 433–458). Lawrence Erlbaum Assoc.
- Langley, P. (1997). Machine learning for adaptive user interfaces. *Annual Conference on Artificial Intelligence*, 53–62.
- Linja-aho, M. (2006). Creating a Framework for Improving the Learnability of a Complex System. *Human Technology: An Interdisciplinary Journal on Humans in ICT Environments*, 2(2), 202–224. <https://doi.org/10.17011/ht/urn.2006519>
- Merriman, S. E., Plant, K. L., Revell, K. M. A., & Stanton, N. A. (2021). Challenges for automated vehicle driver training: A thematic analysis from manual and automated driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 76, 238–268. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.10.011>
- Oppermann, R. (1994). Adaptively supported adaptability. *International Journal of Human-Computer Studies*, 40(3), 455–472. <https://doi.org/10.1006/ijhc.1994.1021>
- Sheridan, T. B., & Parasuraman, R. (2005). Human-Automation Interaction. *Reviews of Human Factors and Ergonomics*, 1(1), 89–129. <https://doi.org/10.1518/155723405783703082>
- Walter, N., Kaplan, B., Altmüller, T., & Bengler, K. (2015). Erhöhung der Transparenz eines adaptiven Empfehlungsdiensts. In A. Weisbecker, M. Burmester, & A. Schmidt (Hrsg.), *Mensch und Computer 2015 – Workshopband* (S. 475–482). De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110443905-068>



# Exzerpt: Bedingungen für angemessenes Modus- & Situationsbewusstsein



## Bedingungen für angemessenes Modus-/Situationsbewusstsein

Bearbeiter: Anne Pagenkopf, Marlis Fleischmann, Miriam Schweiker, Arnd Engeln (Hochschule der Medien)

### Definition Situationsbewusstsein und Modusbewusstsein

Zwei Konstrukte für verkehrssicheres Verhalten werden im Folgenden voneinander abgegrenzt: Situationsbewusstsein und Modusbewusstsein.

Situationsbewusstsein (*Situation Awareness*) definiert Endsley (1995) als die Wahrnehmung von Elementen in der Umgebung, das Verstehen über ihre Bedeutung sowie die Antizipation ihres Zustandes in der nahen Zukunft. Um die Fahrzeugführung von einer automatisierten Fahrphase sicher zurückübernehmen, ist ein angemessenes Situationsbewusstsein der aktuellen Verkehrsumgebung inkl. ihrer statischen und dynamischen Elemente unabdingbar (Schlag, 2016). Modusbewusstsein (*Mode Awareness*) meint das Bewusstsein des Fahrers darüber, in welchem Automationsmodus sich das Fahrzeug aktuell befindet (Dönmez Özkan et al., 2021). Dazu gehört auch das Wissen und Verständnis über den aktuellen und zukünftigen Zustand sowie das Verhalten des Systems (Andre & Degani, 1997).

### Reduziertes Situationsbewusstsein und Automation Surprises beim automatisierten Fahren

Ein in der Literatur häufig aufgeführtes Problem beim automatisierten Fahren ist ein reduziertes Situationsbewusstsein des Fahrers, wenn er sich während der Fahrt mit fahrfremden Tätigkeiten beschäftigt (de Winter et al., 2014; Karjanto et al., 2018; Köhn et al., 2019; van den Beukel & van der Voort, 2014). Das reduzierte Situationsbewusstsein wird dann zum Problem, wenn das automatisierte System an seine Grenzen stößt und der Fahrer als Rückfallebene die Fahraufgabe oder Teile davon übernehmen muss. Die Konsequenz ist eine schlechtere Leistung des Fahrers im Sinne langsamerer Reaktionszeiten und Unklarheit darüber, welche korrigierenden Handlungen sinnvoll durchgeführt werden müssen (van den Beukel & van der Voort, 2014).

Ein weiteres häufig auftretendes Problem in der Interaktion mit automatisierten Systemen ist das der *Automation Surprises* (Sarter et al., 1997). Darunter versteht man die Überraschung, wenn sich das System anders verhält als der Nutzer es erwartet. Es wird zwischen zwei Formen der Automation Surprises unterschieden – *Mode Confusion* und *Mode Errors*. Mode Confusion bezeichnet die Verwechslung verschiedener Modi des Systems und damit verbunden falsche Annahmen über den vorliegenden Modus. Unter Mode Errors werden Handlungsfehler verstanden im Sinne ausbleibender oder unangemessener Reaktionen des Nutzers. Sie liegen in falschen Annahmen über die Funktionsweise des Modus begründet und können daher auch eine Folge von Mode Confusion sein. Die Gefahr von Mode Confusion und Mode Errors steigt, wenn ein System über mehrere verschiedenen Modi verfügt, zwischen denen es wechselt und je ähnlicher sich die Modi sind (z.B. Feldhütter et al., 2018; Petermann-Stock, 2015).

### Lösungsansätze und begünstigende Faktoren für eine angemessene Awareness (Modus- und Situationsbewusstsein)

Um den Problemen eines reduzierten Situationsbewusstseins und Automation Surprises zu begegnen bzw. diese zu verhindern, werden in der Praxis vorrangig Lösungsansätze in Bezug auf die HMI-Gestaltung verfolgt. In einem Literaturreview haben Dönmez Özkan et al. (2021) eine Übersicht über gängige Interface-Ansätze aus den Bereichen automatisiertes Fahren, Luftfahrt und Mensch-Roboter Interaktion zusammengestellt, die ein angemessenes Modusbewusstsein unterstützen sollen. Häufig

werden der aktuelle Modus und die damit verbundenen Verantwortlichkeiten der Nutzer über sprachliche Informationen oder graphisch über Icons dargestellt. Die sprachlichen und graphischen Informationen werden öfter auch mit Elementen gepaart, die ins Auge springen. Dies können z.B. blinkende Icons/Lichter, Animationen, Pop-up Displays, Ausrufezeichen oder Farbwechsel sein, um die Aufmerksamkeit des Nutzers vor allem in kritischen Situationen auf bestimmte Inhalte zu lenken. Der Einsatz von peripherem visuellen Feedback über das navigatorische Verhalten der Automation und über Umgebungsinformationen konnte in Studien das Situationsbewusstsein verbessern (Borojeni et al., 2016; Karjanto et al., 2018). Weitere Interface-Ansätze aus der Übersicht von Dönmez Özkan et al. (2021) beinhalten multimodales Feedback, zusätzliche Displays wie z.B. Head-up-Displays oder Augmented Reality Displays, zusätzliche Detailinformationen über den aktuellen Modus sowie die Veränderung des Anzeigeortes von Informationen (z.B. auf verschiedenen Displays). Petermann-Stock (2015) schlägt eine Strategie für die (De-)Aktivierung von automatisierten Systemen vor, die abhängig von der Einbindung des Fahrers in den Regelkreis Fahrer-Fahrzeug-Straße ist: Ist der Fahrer noch in den Regelkreis eingekoppelt (SAE-Level 1 und 2), empfiehlt sie eine hierarchische Zu- und Abschaltung von Systemen. Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass sich die Modi eindeutig und vom Fahrer wahrnehmbar voneinander unterscheiden, um Mode Confusion zu verhindern. Mit zunehmender Entkopplung des Fahrers aus dem Regelkreis (SAE-Level 3 und 4), empfiehlt sie eine für den Fahrer besser nachvollziehbare „Entweder-oder-Logik“ im Sinne das System übernimmt entweder alle Fahraufgaben oder keine, d.h. beispielsweise eine direkte Abschaltung eines Level-4-Systems auf manuelles Fahren statt auf eine Zwischenstufe.

### HMI-Gestaltungsempfehlungen für KARLI

Die verschiedenen Ansätze machen deutlich, dass bisher keine präferierte Lösung identifiziert wurde, um Situations- und Modusbewusstsein beim automatisierten Fahren aufrechtzuerhalten. Es zeigen sich in den Ansätzen jedoch grundlegende Gemeinsamkeiten über die intendierte Wirkung. Eine Zusammenstellung von Empfehlungen für die Interaktionsgestaltung zwischen Fahrer und teilautomatisierten Fahrsystemen aus Human Factors Perspektive findet sich bei van den Beukel und van der Voort (2014):

- Mode Confusion verhindern, indem der Fahrer angemessen über den aktuellen Systemstatus informiert wird. Der Fahrer sollte jederzeit in der Lage sein, den Status der Automation zu prüfen.
- Das Bewusstsein des Fahrers über den Funktionsumfang und die Limitationen des Systems und der einzelnen Systemmodi unterstützen. Anweisungen in Bezug auf die Rolle des Fahrers zur Verfügung stellen, insbesondere während Moduswechseln.
- Gegenreaktionen zwischen Fahrer und System bei Moduswechseln vermeiden, z.B. durch vollständige Abschaltung des Systems und komplette Übernahme sämtlicher Fahraufgaben durch den Fahrer.
- Schnelle und einfache Rückkehr des Fahrers in den Regelkreis Fahrer-Fahrzeug-Straße unterstützen, z.B. durch Force-Feedback (künstliche Erzeugung von physikalischen Rückmeldungen der Steuerelemente an den Nutzer, z.B. Vibration oder Gegenkräfte von Gaspedal oder Lenkrad) und systemseitige Unterbrechung von Nebentätigkeiten.

Diese Gestaltungsempfehlungen sollten bei der Entwicklung eines HMI-Konzepts in KARLI berücksichtigt werden.

### Quellenangaben

- Andre, A., & Degani, A. (1997). Do you know what mode you're in? An analysis of mode error in everyday things. In M. Mouloua & J. M. Koonce (Hrsg.), *Human-automation interaction: Research & Practice* (S. 19–28). Lawrence Erlbaum.
- Borojeni, S. S., Chuang, L., Heuten, W., & Boll, S. (2016). Assisting Drivers with Ambient Take-Over Requests in Highly Automated Driving. *Proceedings of the 8th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, 237–244. <https://doi.org/10.1145/3003715.3005409>
- de Winter, J. C. F., Happee, R., Martens, M. H., & Stanton, N. A. (2014). Effects of adaptive cruise control and highly automated driving on workload and situation awareness: A review of the empirical evidence. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 27, 196–217. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2014.06.016>
- Dönmez Özkan, Y., Mirnig, A. G., Meschtscherjakov, A., Demir, C., & Tscheligi, M. (2021). Mode Awareness Interfaces in Automated Vehicles, Robotics, and Aviation: A Literature Review. *13th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, 147–158. <https://doi.org/10.1145/3409118.3475125>
- 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. <https://doi.org/10.1518/001872095779049543>
- Feldhütter, A., Segler, C., & Bengler, K. (2018). Does Shifting Between Conditionally and Partially Automated Driving Lead to a Loss of Mode Awareness? In N. A. Stanton (Hrsg.), *Advances in Human Aspects of Transportation* (Bd. 597, S. 730–741). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-60441-1\\_70](https://doi.org/10.1007/978-3-319-60441-1_70)
- Karjanto, J., Md. Yusof, N., Wang, C., Terken, J., Delbressine, F., & Rauterberg, M. (2018). The effect of peripheral visual feedforward system in enhancing situation awareness and mitigating motion sickness in fully automated driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 58, 678–692. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.06.046>
- Köhn, T., Gottlieb, M., Schermann, M., & Krcmar, H. (2019). Improving take-over quality in automated driving by interrupting non-driving tasks. *Proceedings of the 24th International Conference on Intelligent User Interfaces*, 510–517. <https://doi.org/10.1145/3301275.3302323>
- Petermann-Stock, I. (2015). *Automation und Transition im Kraftfahrzeug—Nutzerzentrierte Gestaltung von Übergabe- und Übernahmesituationen innerhalb eines mehrstufigen Automationsansatzes* [Universitätsbibliothek Braunschweig]. <https://doi.org/10.24355/DBBS.084-201511041101-0>
- Sarter, N. B., Woods, D. D., & Billings, C. E. (1997). Automation surprises. *Handbook of human factors and ergonomics*, 2, 1926–1943.
- Schlag, B. (2016). Automatisiertes Fahren im Straßenverkehr—Offene Fragen aus Sicht der Psychologie. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 2(2016), 94–98.
- van den Beukel, A. P., & van der Voort, M. C. (2014). Design considerations on user-interaction for semi-automated driving. *Proceedings of the FISITA 2014 world automotive congress*, 2–6.





# Exzerpt: Anreizsysteme zur Vermeidung von Missbrauch I/II



## Wie kann dem Missbrauch von automatisierten Systemen vorgebeugt bzw. entgegengewirkt werden?

Bearbeiter: Marlis Fleischmann, Anne Pagenkopf, Miriam Schweiker, Arnd Engeln (Hochschule der Medien)

### Was ist der Missbrauch von automatisierten Systemen?

Nach Creaser & Fitch (2015) versteht man unter *automation abuse* eine bewusste, unsachgerechte und potenziell unsichere Verwendung des automatisierten Systems. Im Kontext von Missbrauch automatisierter Systeme werden deshalb nachfolgend sowohl Verstöße gegen gesetzliche Vorgaben als auch die bewusste Verwendung von automatisierten Systemen über den von den Herstellern vorgesehenen Einsatzzweck hinaus verstanden. Im Allgemeinen wird dem automatisierten System bei Missbrauch mehr Verantwortung als zulässig übertragen, beispielsweise indem der Fahrer durch Eingehen von fahrfremden Tätigkeiten in SAE L1 & L2 (Smyth et al., 2021) über eine unzureichende Aufmerksamkeit für das Fahrgeschehen verfügt.

### Ursachen für Missbrauch und gefährdete Gruppen

Da es bisher ausschließlich Erkenntnisse zum Missbrauch von L0-L2-Systemen gibt, werden diese im Folgenden als Basis zur Reflexion potenziellen Missbrauchs von L0-L4-Systemen angeführt.

Anfällige Fahrergruppen für Verstöße und Unfälle sind für manuelles Fahren (L0) vielfältig erforscht. U.a. Daun & Lienkamp (2012) sowie Schroeter et al. (2014) heben das Gefährdungspotenzial von jungen, männlichen Fahrern hervor. Eine Fehleinschätzung als Ursache von Gefährdungen wird z.B. auch in Bezug auf Geschwindigkeitsüberschreitungen (Mullen et al., 2015) und Delikte im Allgemeinen (Castellà & Pérez, 2004) genannt. Junge Fahrer unterschätzen die Risiken von riskantem Fahrverhalten häufiger als ältere Fahrer (Precht et al., 2017). Neben dieser Hochrisikogruppe kommen Missbrauchspotenziale aber auch in anderen demographischen Gruppen vor und sollten bei der Entwicklung berücksichtigt werden. Es ist zudem offen, ob sich eine Neigung zu verkehrswidrigem und gefährlichem Verhalten in L0 auf die Anfälligkeit für den Missbrauch automatisierter Systeme in L3 und L4 übertragen lässt.

Die Wahrscheinlichkeit verkehrswidrigen Verhaltens in L0 steht im Zusammenhang mit verschiedenen Persönlichkeitseigenschaften. Sie müssen dieses zwar nicht immer implizieren (Castellà & Pérez, 2004), können aber bei nicht ausreichender Stimulation über andere Wege zu problematischem Verhalten im Straßenverkehr führen. Hierzu gehören *Sensation Seeking* (Precht et al., 2017; Schroeter et al., 2014), *Anfälligkeit für Langeweile* (Schroeter et al., 2014) und *Monotony Avoidance* (Castellà & Pérez, 2004). Weitere Zusammenhänge mit verkehrswidrigem Verhalten zeigten sich zu *der Sensibilität für Belohnungen* (Castellà & Pérez, 2004), *Peer Pressure* (Daun & Lienkamp, 2012) sowie bei emotionaler Befangenheit (z.B. Ärger, Traurigkeit) (Precht et al., 2017).

In Verbindung zum Fehlbrauch von automatisierten Systemen (L1-L2) wird ein übersteigertes Vertrauen (*Overtrust*) gesehen, es kann auch zu deren bewussten Missbrauch führen (z.B. TELS- Unfall, Smyth et al., 2021).

1

## Interventionsmaßnahmen zum Entgegenwirken von Missbrauch

Ein *individuelles, direktes Feedback* zum Fahrerverhalten, das auf Driver-Monitoring basiert, kann für die präventive Vermeidung von Geschwindigkeitsüberschreitungen sinnvoll sein (Merrikhpour et al., 2012). Womöglich lässt sich dies auf das Entgegenwirken eines vorliegenden Missbrauchs automatisierter Systeme übertragen. Eventuell reduziert Feedback das Problem des *Overtrust*, zum Umgang mit persönlichkeitsbedingten Motivationen werden jedoch keine Bezüge gesehen. Vermutlich aus diesem Grund sollte nach Creaser und Fitch (2015) jedes L2-/L3-System neben Feedback-Funktionen (z.B. Kommunikation von Systemstatus) auch *erzwingende Funktionen* enthalten. Falls ein Feedback auf Fehlverhalten (wie z.B. Warnungen) keine Verhaltenskorrektur bewirkt, könnte das automatisierte System entsprechend eskalierende Gegenmaßnahmen hin zu zwingenden Funktionen (wie z.B. Reduktion des SAE-Levels, Anhalten auf Standstreifen) einleiten. Hierfür muss die Fahrerzustandserkennung so weiterentwickelt werden, dass sie sich nicht mit einfachen Mitteln (z.B. Orange ins Lenkrad klemmen) umgehen lässt. Smyth et al. (2021) fordern deshalb, dass das Fahrzeug z.B. über Driver-Monitoring überprüft, ob der Fahrer seinen Fahr- oder Überwachungsaufgaben erfolgreich nachkommt. Sei diese Überwachung nicht gewährleistet, sei ein L2-System unvollständig und solle nicht operieren dürfen.

### Anreizsysteme zur Prävention von Missbrauch

Ein zu erzwingenden Maßnahmen alternativer Ansatzpunkt gegen Fehlverhalten im Straßenverkehr ist der Einsatz von Anreizsystemen. Diese können die Motivation der Fahrer sich in L1-L4 levelkonform zu verhalten ebenfalls fördern – beispielsweise in Form von Gamification (Einsatz von Spielelementen in spielfremdem Kontext, Diefenbach & Ullrich, 2018).

Der Einsatz von Anreizsystemen konnte in mehreren empirischen Untersuchungen eine Verhaltensänderung beim manuellen Fahren (z.B. Einhalten der vorgegebenen Geschwindigkeit) bewirken (vgl. z.B. Mazurek & van Hattem, 2006; Mullen et al., 2015; Reagan et al., 2013). Schroeter et al. (2014) nennen zwei Beispiele von gamifizierten Anreizsystemen im Fahrumfeld: Die App *Driving Miss Daisys* (Chuan et al., 2012) gibt Fahrern Feedback zu ihrer Fahrleistung und belohnt sie mit virtuellem Geld. Der Ansatz von *CleverMiles* basiert auf einem externen Gerät, das mit dem On-Board-Diagnosesystem des Fahrzeugs verbunden wird. Durch sicheres Fahren erhalten Fahrer Punkte, die gegen echte Produkte eingetauscht werden können (Diewald et al., 2013). Zur Förderung der Sicherheit beim automatisierten Fahren fehlen bislang Erkenntnisse zur Wirksamkeit für eine zielgerichtete Umsetzung.

Zur Reduktion von Missbrauchsrisiken besonders gefährdeter Gruppen schlagen Schroeter et al. (2014) vor, direkt bei den Bedürfnissen (z.B. hohes Stimulationsbedürfnis, Anfälligkeit für Langeweile) anzusetzen. Dazu könnte den Fahrern ein überhöhtes subjektives Risiko vorgespielt und das Eingehen von künstlichen Risiken ermöglicht werden – dies beispielsweise mittels Augmented-Reality-Gamification-Lösungen (Schroeter et al., 2014).

### Intrinsisch motivierende Anreizsysteme

Voraussetzung für die Wirksamkeit motivierender Anreizsysteme ist, dass grundlegende Motivstrukturen für das zu fördernde Verhalten vorhanden sein müssen (ähnlich der Motivstruktur ‚Umweltbewusstheit‘ für die zielführende Verwendung von Verbrauchsassistenzsystemen, vgl. Daun & Lienkamp, 2012). Für die Gestaltung effizienter und langfristig wirksamer Anreizsysteme lohnt in diesem Zusammenhang eine unterscheidende Betrachtung extrinsischer und intrinsischer Motivation.

2

Während die extrinsische Motivation über äußere Anreize, also die Folgen des Verhaltens zu motivieren versucht (z.B. geldwerter Vorteil), erfolgt dies bei intrinsischer Motivation über Anreize in der Tätigkeit selbst (Förderung der Freude an der Handlung) (vgl. Rheinberg, 2004). Bei extrinsischer Motivation sinkt die Auftretenswahrscheinlichkeit des gewünschten Verhaltens wieder, sobald die äußeren Anreize entfallen (Wesseloh & Schumann, 2019). Zudem können extrinsische Anreize eventuell unter bestimmten Bedingungen intrinsische Motivation korrumpieren (Wesseloh & Schumann, 2019). Intrinsische Motivation hingegen ist selbstbestimmt, hängt enger mit den eigenen Werten zusammen (Wesseloh & Schumann, 2019) und hat einen nachhaltigeren Effekt.

Aus oben genannten Gründen erscheint im Gamificationansatz die gezielte Förderung intrinsischer, tätigkeitzentrierter Motivation interessant (vgl. Daun und Lienkamp, 2012). Anhaltspunkte für die Umsetzung bietet hier ein von Wesseloh und Schumann (2019) erarbeitetes Konstrukt. Dieses Konstrukt verknüpft Elemente der Selbstbestimmungstheorie (u.a. dem Streben nach der Erfüllung psychologischer Grundbedürfnisse Kompetenz, Autonomie, sozialer Verbundenheit) mit dem Mechanics-Dynamics-Aesthetics-Framework (Zusammenspiel von Spielregeln- Handlungen- Wahrnehmungen, vgl. Hunnicke et al., 2004) und verschiedenen Spielertypen. Das Konstrukt wurde bisher jedoch noch nicht empirisch validiert. Ein Ansatz für KARLI könnte darin bestehen, in einer demographischen Gruppe, die in KARLI besonders berücksichtigt werden sollte, die häufigsten Spielertypen zu identifizieren. Über das Konstrukt von Wesseloh und Schumann (2019) könnten mit für KARLI relevanten Spielertypen Hypothesen für Mechaniken und effektive Anreize herausgearbeitet werden.

### Gestaltungsempfehlungen zu Gamification-/Anreizsystemen für KARLI

Nach der Literaturlage sind zur Vermeidung von Missbrauch automatisierter Fahrsysteme auf aktuellem Erkenntnisstand individuelles, direktes Feedback in Kombination mit (durch Driver Monitoring gesteuerten) erzwingenden Funktionen unabdinglich. *Ergänzend* könnten intrinsisch motivierende Anreizsysteme Potenzial haben, den angemessenen Gebrauch von automatisierten Systemen über spielerische Ansätze weiter zu fördern (Gamification).

**Identifikation geeigneter Motivatoren:** Wird eine Gamification-Anwendung mittels Situationserkennung in die automatisierte Fahrt integriert, rückt anstelle der Überwachung des Fahrgeschehens das Spiel, das die Fahrleistung verbessern soll, ins Zentrum der Aufmerksamkeit und des motivierten Handelns. Dabei kann der eigentliche Zweck, die Vermeidung von Missbrauch der automatisierten Fahrsysteme, maskiert werden. Daun und Lienkamp (2012) nennen als mögliche Motivationsgrößen das Ziel des guten Fahrers statt z.B. eines grünen Images durch Verbrauchsreduktion. Bei KARLI könnten (anstelle gesetzestreuere Fahrens) Werte, die Gruppen mit hohem Gefährdungspotenzial wichtig sind, als Motivationsziele gesetzt werden. Geeignete Werte müssen dazu durch zielgruppenbezogene Forschung ermittelt werden.

Steinberger et al. (2017) untersuchten das Design gamifizierter Assistenzsysteme verkehrssicherer manueller Fahrens. Einer der untersuchten Prototypen (*Coastmaster*) belohnt Fahrer, sich sanft einer neuen Höchstgeschwindigkeit anzunähern und das Fahrzeug ausrollen zu lassen, statt abzubremesen. Die hier eingesetzten Strategien *Herausforderung* und *Echtzeit-Leistungs-Feedback* können die Involviertheit in die manuelle Fahraufgabe (Steinberger et al., 2017) vermutlich erhöhen. Finden sich vergleichbare Herausforderungen im automatisierten Fahren, könnte dies die Aufmerksamkeit in L2 erhöhen, potenziell auch eine Motivation für rechtzeitige Übernahmen in L3 fördern. Es ist anzumerken, dass sich die Studie auf rein subjektive Daten stütze und der Prototyp eine starke visuelle

3



# Exzerpt: Anreizsysteme zur Vermeidung von Missbrauch II/II



Ablenkung während der Fahrt hervorrief (als Lösungsansatz für künftige Weiterentwicklungen wurde die Rückmeldung über Ambient-Sound genannt (Steinberger et al., 2017)).

**Vermeidung konträrer Motivation:** Bei Gamification können *paradoxe Effekte* auftreten, indem unbeabsichtigt ein positives Verhalten demotiviert und ein negatives Verhalten motiviert wird. Um Ziele in der Gamification-Welt zu erreichen, können Gamification-Systeme zu unerwünschtem Fehlverhalten in der realen Welt führen (Diefenbach & Ullrich, 2018). Werden in einem Gamification Ansatz neben positiven auch negative Anreize gesetzt, ist besonders zu beachten, dass die Akzeptanz dieser negativen Anreize gewährleistet ist. Denn eine Ablehnung von Verboten bzw. Bestrafung kann zu einer Reaktion mit konträrem Verhalten (*Reaktanz*) führen (Schade et al., 2003) und der Gamificationansatz führt dann zu gegenteiligen Effekten. Da Anreizsysteme bisher nicht im Kontext von levelkonformem Verhalten untersucht wurden, empfiehlt sich, zunächst den Fokus auf positive statt negative Anreizsysteme zu legen, um Reaktanzgefahren auszuschließen.

**Sicherstellung verkehrssicherheitsförderlicher Motivationen:** Der Einsatz von Anreizsystemen soll einen dem aktuellen Automationslevel angemessenen Aufmerksamkeits- und Verhaltensfokus fördern, sodass das der Nutzer seiner levelkonformen Fahrverantwortung nachkommt. Das System sollte sich dazu adaptiv an den Nutzer, das Verkehrsgeschehen und das SAE-Level anpassen. Die Fahrsituation sollte nur dann aktiver, involvierender angereichert werden, wenn sie aus sich heraus eine für den Fahrertyp zu geringe Stimulation (vgl. Daun & Lienkamp, 2012) bietet. Im Design des Gamification-Systems sind zudem eine *Oversimplification* (zu starke Vereinfachung der realen Welt), *Pointsification* (zu starker Fokus auf Quantität, z.B. Punkte sammeln) und *Exploitation* (Ausnutzung von nicht vorgesehenen Lücken in der Spielmechanik) vorzubeugen (Diefenbach & Ullrich, 2018). Sonst besteht die Gefahr, dass die Bedeutung der qualitativ wichtigen, die Verkehrssicherheit fördernden Aufgaben vernachlässigt wird. Steinberger et al. (2017) schlagen zur Vermeidung der Exploitation (ihres Prototyps) vor, diese z.B. mit Meldungen wie ‚invalid user input‘ zu demotivieren. Diefenbach und Ullrich (2018) empfehlen das gewünschte Ziel genau zu definieren, den Anwendungskontext zu verstehen und Spielelemente sensibel auszuwählen und einzusetzen. Zudem ist ein intensives Testing (vgl. Steinberger et al., 2017) z.B. in Form von Feld- und Langzeitstudien erforderlich (Diefenbach & Ullrich, 2018). Ob und wie Anreizsysteme eingesetzt werden können, um levelkonformes Verhalten effektiv zu fördern, ist deshalb in differenzierten empirischen Studien zu prüfen.

## Tipps zur Vertiefung

Wesseloh & Schumann (2019), Steinberger et al. (2017), Hunicke et al. (2004)

## Quellenangaben

- Castellà, J., & Pérez, J. (2004). Sensitivity to punishment and sensitivity to reward and traffic violations. *Accident Analysis & Prevention*, 36(6), 947–952. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2003.10.003>
- Chuan, S., Lee, H. J., Kurczak, J., & Lee, A. (2012). Driving Infotainment App: Gamification of Performance Driving. *Adjunct Proceedings of the 4th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, 26–27. <https://www.auto-ui.org/12/adjunct-proceedings/wip06-shi.pdf>
- Cresser, J. I., & Fitch, G. M. (2015). Human Factors Considerations for the Design of Level 2 and Level 3 Automated Vehicles. In G. Meyer & S. Beiker (Hrsg.), *Road Vehicle Automation 2* (S. 81–89). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-19078-5\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-19078-5_8)
- Daun, T. J., & Lienkamp, M. (2012). *Spielend Fahren: Gamification-Konzept für Fahrerassistenzsysteme*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3919.9204>



Diefenbach, S., & Ullrich, D. (2018). *Paradoxe Effekte von Gamification: Spielerisch vorbei am Ziel*. <https://doi.org/10.18420/MUC2018-UP-0143>

Diewald, S., Möller, A., Roalter, L., Stockinger, T., & Kranz, M. (2013). Gameful design in the automotive domain: Review, outlook and challenges. *Proceedings of the 5th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications - AutomotiveUI '13*, 262–265. <https://doi.org/10.1145/2516540.2516575>

Hunicke, R., Leblanc, M., & Zubek, R. (2004). *MDA: A Formal Approach to Game Design and Game Research*. [https://www.researchgate.net/publication/228884866\\_MDA\\_A\\_Formal\\_Approach\\_to\\_Game\\_Design\\_and\\_Game\\_Research](https://www.researchgate.net/publication/228884866_MDA_A_Formal_Approach_to_Game_Design_and_Game_Research)

Mazureck, U., & van Hattem, J. (2006). Rewards for Safe Driving Behavior: Influence on Following Distance and Speed. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1980(1), 31–38. <https://doi.org/10.1177/0361198106198000106>

Merrikhpour, M., Donmez, B., & Battista, V. (2012, Januar 26). Effects of a Feedback/Reward System on Speed Compliance Rates and the Degree of Speeding during Noncompliance. *TRB 91st Annual Meeting Compendium of Papers DVD*. Transportation Research Board 91st Annual Meeting, Washington DC, United States. <https://trid.trb.org/view/1130979>

Mullen, N. W., Maxwell, H., & Bédard, M. (2015). Decreasing driver speeding with feedback and a token economy. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 28, 77–85. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2014.11.008>

Precht, L., Keinath, A., & Krems, J. F. (2017). Identifying the main factors contributing to driving errors and traffic violations – Results from naturalistic driving data. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 49, 49–92. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2017.06.002>

Reagan, I. J., Bliss, J. P., Van Houten, R., & Hilton, B. W. (2013). The Effects of External Motivation and Real-Time Automated Feedback on Speeding Behavior in a Naturalistic Setting. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 55(1), 218–230. <https://doi.org/10.1177/0018720812447812>

Rheinberg, F. (2004). *Motivation, Grundriss der Psychologie*, Band 6, Band 555. Kohlhammer Urban.

Schade, J., Kämpfe, B., Kecskés, M., & Schlag, B. (2003). *Anreizsysteme in der Verkehrssicherheitsarbeit: Eine Expertenevaluation*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Anreizsysteme-in-der-Verkehrssicherheitsarbeit-%3A-Schade-K%3%A4mpfe/e79338cc546067554b4dc9de9657b319146fef6d>

Schroeter, R., Oxtoby, J., & Johnson, D. (2014). AR and Gamification Concepts to Reduce Driver Boredom and Risk Taking Behaviours. *Proceedings of the 6th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, 1–8. <https://doi.org/10.1145/2667317.2667415>

Smyth, J., Ulahannan, A., Florek, F., Shaw, E., & Mansfield, N. (2021). *Understanding misuse of partially automated vehicles – a discussion of NTSB’s findings of the 2018 Mountain View Tesla Crash*. Chartered Institute of Ergonomics and Human Factors (CIEHF). <http://irep.ntu.ac.uk/id/eprint/42153/>

Steinberger, F., Schroeter, R., Foth, M., & Johnson, D. (2017). Designing Gamified Applications that Make Safe Driving More Engaging. *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2826–2839. <https://doi.org/10.1145/3025453.3025511>

Wesseloh, H., & Schumann, M. (2019). *Einsatz von Gamification zum Fördern intrinsischer Motivation—Aktueller Stand der Forschung und Herleitung eines Forschungsmodells* [Arbeitsbericht, Georg-August-Universität]. [https://www.researchgate.net/publication/336414357\\_Einsatz\\_von\\_Gamification\\_zum\\_Foerdern\\_intrinsischer\\_Motivation\\_-\\_Aktueller\\_Stand\\_der\\_Forschung\\_und\\_Herleitung\\_eines\\_Forschungsmodells](https://www.researchgate.net/publication/336414357_Einsatz_von_Gamification_zum_Foerdern_intrinsischer_Motivation_-_Aktueller_Stand_der_Forschung_und_Herleitung_eines_Forschungsmodells)



# Exzerpt: Multiple Ressource Theory – Wahl der Modalität für adaptive HMI I/II

## Multiple Ressource Theory – Wahl der Modalität für adaptive HMI

Bearbeiter: Marlis Fleischmann, Anne Pagenkopf, Miriam Schweiker, Arnd Engeln (Hochschule der Medien)

### Problematik der Modalitätswahl bei multimodalen HMIs

Dönmez Özkan et al. (2021) zeigen in einer Literaturanalyse zu Mode Awareness Interfaces eine Forschungslücke auf, was die Wahl von Modalitäten zur Förderung von Modusbewusstsein betrifft. Es wurde trotz verschiedener uni- und multimodaler Lösungsansätze noch keine universale Lösung gefunden, die die Förderung von Modusbewusstsein bei Nutzern in verschiedenen Situationen sicherstellen kann.

Die Wahl der Modalität ist im Kontext von Take-Over-Situationen beim automatisierten Fahren ein zentraler Gegenstand der Forschung. In Übernahmesituationen müssen Fahrer in einer kurzen Zeitspanne viele Informationen erfassen, es besteht die Gefahr des *cognitive overload*. Deshalb scheint es sinnvoll, Informationen gezielt und effizient mittels einer Modalität zu kommunizieren, die deren Aufnahme unter minimaler Ablenkung von der primären Aufgabe (Fahrzeugsteuerung) ermöglicht. Welche Modalität auszuwählen ist, stellt eine der zentralen Fragen und Herausforderungen für die Entwicklung automatisierter Fahrsysteme und HMI dar. Auch andere Anwendungen können von einer effektiven Modalitätswahl profitieren: So könnte durch eine geeignete Modalitätswahl effektiver Informationstransfer gewährleistet werden, welcher die Bildung mentaler Modelle unterstützt. Welche Modalität in welcher Situation geeignet ist, hängt von einer Vielzahl Faktoren ab wie z.B. Umgebung, SAE-/K-Level, Beanspruchung des Fahrers und seiner aktuellen (fahrfernen) Tätigkeit. Dieses komplexe Zusammenspiel gilt es in der Entwicklung eines multimodalen HMI zu berücksichtigen und es sollen Lösungen gefunden werden, auf deren Basis ein automatisiertes System die Entscheidung der Modalitätswahl treffen kann.

### Bestehende Multiple-Resource-Modelle

Ein Ansatz, der die Berücksichtigung der situativen Faktoren und der Beanspruchung des Fahrers ermöglicht, ist die Multiple Resource Theory (MRT). Die MRT ist eine Informationsverarbeitungstheorie, die von verschiedenen, spezifischen Ressourcen zur Informationsverarbeitung (z.B. visuelle und auditive Reizaufnahme) ausgeht. Der MRT nach ist die Gesamtkapazität zur Informationsverarbeitung begrenzt; sie setzt sich aus „verschiedene[n], voneinander unabhängige[n] Einzelkapazitäten“ (Juergen & Urbas, 2006, S. 4) zusammen.

Das Multiple Resource Model (MRM) nach Wickens (2008) (vgl. Abbildung 1) umfasst verschiedene Wahrnehmungsmodalitäten, die Kodierung der Informationen, sowie die Phasen der Informationsverarbeitung: Von der Wahrnehmung und der Verarbeitung hin zur Reaktion. Unterschiedliche, voneinander getrennte Ressourcen können verschiedenen Phasen parallel zugewiesen werden, ohne Interferenzeffekte auszulösen (Wickens & Liu, 1988). In Multitasking-Situationen spielt diese Möglichkeit der Parallelisierung eine zentrale Rolle: Während einer Reaktion im Rahmen einer Aufgabe ‚A‘ könnte so bereits der Wahrnehmungsprozess für eine weitere Aufgabe ‚B‘ ablaufen (Juergen & Urbas, 2006). Chen, Sawaragi und Hiraoka (2021) ziehen die MRT im Kontext des automatisierten Fahrens als Möglichkeit heran, perzeptiv und kognitive Prozesse eines Fahrers zu modellieren. Auf dieser Grundlage könnte eine (adaptive) Modalitätswahl eines HMIs fundieren.

1

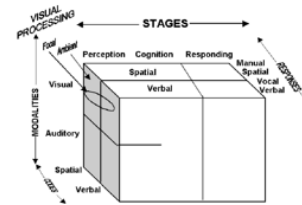


Abbildung 1: Wickens MRM (Wickens, 2008, S. 2)

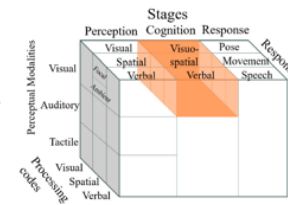


Abbildung 2: Nach Chen et al. (2021, S. 14) adaptierte Version des MRMs

Chen et al. (2021) adaptierten das MRM an den Kontext des automatisierten Fahrens. Sie fügten die taktile Ebene als zusätzliche Modalität ein. Zum anderen trennen sie die Phase der Perception von der Phase Kognition ab (vgl. Abbildung 2). Die Anwendbarkeit auf KARLI soll im Folgenden erörtert werden.

### Limitationen der MRT und Anwendungsbereiche für KARLI

Das MRM geht mit einigen Limitationen einher und ist so lediglich in begrenztem Rahmen anwendbar. So beispielsweise im Rahmen der kognitiven Belastung: Das MRM eignet sich zur Modellierung der Ressourcen weder bei *cognitive overload* durch eine einzige Aufgabe, noch bei *cognitive underload* durch ein oder mehrere Aufgaben (Wickens, 2008). Das MRM ist also nur bei mittlerer kognitiver Belastung anwendbar. Es besteht Unklarheit, wo eine ‚rote Linie‘ zwischen überschüssigen Kapazitäten und *overload* gezogen werden kann (Wickens, 2008). Auch wenn eine von beiden Aufgaben zu schwierig wird, hilft es nicht, dass beide Aufgaben unterschiedliche Ressourcen beanspruchen - hier bricht die Aufmerksamkeit ein (z.B. Fahrzeug durch schwieriges Terrain lenken und am Handy telefonieren).

Auch andere Faktoren können eine Varianz in der Leistung bei zwei simultanen Aufgaben auslösen (Wickens, 2008), wie z.B. Verwirrung und die Verwechslung von Aufgabenelementen, *Cognitive Tunneling*, *Auditory Preemption* und der *Resource allocation effect*. *Cognitive Tunneling* (Wickens, 2008) ist ein Zustand, der üblicherweise unter Stress oder beim Fokussieren auf eine Aufgabe eintritt. Hierbei wird die Konzentration auf eine einzige, enge Kategorie von hoch aufgabenrelevanten Informationen gelegt, die anschließend verarbeitet werden. Sekundäre Informationen (die potenziell auch von Relevanz für die Aufgabe sind) werden außer Acht gelassen (APA Dictionary of Psychology, o. J.). *Auditory Preemption* tritt bei multimodalem Multitasking auf. Hierbei ist eine primäre, visuelle Aufgabe anfällig für Unterbrechungen durch eine auditive, sekundäre Aufgabe. Eine auditive Primäraufgabe ist jedoch nicht empfindlich für eine Unterbrechung durch eine visuelle Sekundäraufgabe. Der *Resource Allocation Effect* beschreibt die Priorisierung von Aufgaben und den Fokus auf diese. Mit dem MRM lässt sich nicht vorhersagen, welche der beiden Aufgaben ggf. Leistungseinbußen nach sich zieht (Wickens, 2008). Die subjektive Priorisierung der Fahrtätigkeit gegenüber einer fahrfernen Tätigkeit (z.B. Chatten am Handy) lässt sich in Versuchsumgebungen durch Instruktionen steuern, sollte jedoch für KARLI und Realsituationen gesondert unter bspw. dem Aspekt der Motivation betrachtet werden.

2

Wickens MRM besagt, dass zwei zeitgleich stattfindende Aufgaben, die auf verschiedene Ressourcen zurückgreifen, grundsätzlich besser gelingen, als jene, die auf dieselben Ressourcen zurückgreifen (Wickens, 2008). Dies impliziert weder eine perfekte zeitliche Aufmerksamkeitsverteilung der simultan stattfindenden Aufgaben (Wickens, 2008), noch eine Aussage über die absolute Güte der Aufgabenausführung. Für KARLI bedeutet dies, dass der Fahrer potenziell durch die Modellierung der mentalen Ressourcen und angepassten Modalitätswahl des HMIs unterstützt werden kann. So könnten Fahrer in Übernahmesituationen, während ihrer fahrfernen Tätigkeit möglicherweise besser erreicht und während der Übernahmephase (Bildung von Situationsbewusstsein) gezielt unterstützt werden. Das angewandte MRM könnte die Fahrperformance somit relativ gesehen verbessern, impliziert jedoch mangels Aussagekraft über die absolute Güte der Aufgabenausführung keine fehlerfreie Fahrleistung.

Eine ideale Modalitätswahl mittels des MRM setzt eine akkurate Modellierbarkeit der Ressourcenauslastung des Fahrers voraus. Die Autoren erachten eine vollständige, feingliedrige Modellierbarkeit der ressourcentechnischen Auslastung auf Basis beobachtender Verfahren zum jetzigen Stand der Technik als schwer umsetzbar. Hinzu kommen limitierende Faktoren, wie z.B. *Cognitive Tunneling* oder der *Resource Allocation Effect*.

### Für KARLI adaptiertes Modell und Ausblick

Die Autoren schlagen vor, das Modell im Rahmen von KARLI auf die Wahrnehmungsmodalitäten und die zusammengefasste Wahrnehmungs- und Verarbeitungsphase (Erkennung und Bedeutungszuweisung) zu reduzieren (vgl. Abbildung 3).

Erkennung und Bedeutungszuweisung		
	Objekte	Begriffe/Sätze
visuell	z.B. Farbe, Form	z.B. Textausgabe
auditiv	z.B. Ton, Geräusch	z.B. Sprachausgabe
haptisch	z.B. Vibration, Temperatur/Oberflächenveränderung	Vermutlich eher nicht relevant

Abbildung 3: Für KARLI reduziertes Modell zur HMI-Gestaltung auf Basis der Ressourcenverfügbarkeit

Entsprechend der Grundannahmen der MRT sollten bei der Informationsübermittlung Überschneidungen der Ressourcenbelastung sowohl auf horizontaler Ebene der Informationsaufnahme, als auch auf vertikaler Ebene der Erkennung und Bedeutungszuweisung vermieden werden. Basierend auf der Fahrer-Zustands-Überwachung beim automatisierten Fahren kann das System Rückschlüsse auf die aktuellen Tätigkeiten des Fahrers und die damit einhergehende Ressourcenverteilung der perzeptiven und kognitiven Belastung ziehen. So könnte eine Modalität für die Informationsübermittlung ausgewählt werden, die auf möglichst freie Ressourcen zugreift. Ein exemplarischer Anwendungsfall ist in Abbildung 4 dargestellt.

3

# Exzerpt: Multiple Ressource Theory – Wahl der Modalität für adaptive HMI II/II

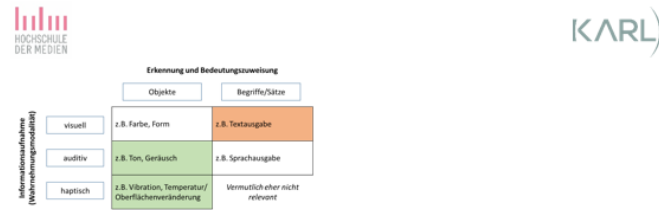


Abbildung 4: Beispiel für die fahrfremde Tätigkeit (FFT) Buch lesen. Rot – belegte Ressourcen durch FFT, grün – freie Ressourcen zur HMI-Gestaltung

Während der automatisierten Fahrt liest der Fahrer ein Buch. Dadurch ist vorrangig die visuelle Wahrnehmungsmodalität für Begriffe/Sätze belegt (in der Abbildung rot eingefärbt). Für eine Informationsübermittlung sollte das System bei der Modalitätswahl auf freie Ressourcen zugreifen (in der Abbildung grün eingefärbt) und entsprechend z.B. über den auditiven Kanal mit Tönen oder über den haptischen Kanal mit Vibrationen arbeiten.

## Quellenangaben

- APA Dictionary of Psychology. (o. J.). [Enzyklopädie]. Cognitive Tunneling. Abgerufen 10. November 2021, von <https://dictionary.apa.org/cognitive-tunneling>
- Chen, W., Sawaragi, T., & Hiraoka, T. (2021). Adaptive multi-modal interface model concerning mental workload in take-over request during semi-autonomous driving. *SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration*, 14(2), 10–21. <https://doi.org/10.1080/18824889.2021.1894023>
- Dönmez Özkan, Y., Mirmig, A. G., Meschtscherjakov, A., Demir, C., & Tscheligi, M. (2021). Mode Awareness Interfaces in Automated Vehicles, Robotics, and Aviation: A Literature Review. *13th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, 147–158. <https://doi.org/10.1145/3409118.3475125>
- Juergen, K., & Urbas, L. (2006). *Multitasking-Heuristiken in dynamischer Mensch-Technik-Interaktion* (DGLR).
- Wickens, C. D. (2008). Multiple Resources and Mental Workload. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 50(3), 449–455. <https://doi.org/10.1518/001872008X288394>
- Wickens, C. D., & Liu, Y. (1988). Codes and Modalities in Multiple Resources: A Success and a Qualification. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 30(5), 599–616. <https://doi.org/10.1177/001872088803000505>