Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

SIKO4.0: Sicherheitsrelevante Kompetenzen und Eignung für das Führen von (teil-) automatisierten Fahrzeugen

SIKO4.0 : Compétences en matière de sécurité et aptitude à la conduite de véhicules (partiellement) automatisés

SIKO4.0: Safety-relevant competences and aptitude for driving (partially) automated vehicles

BFU, Beratungsstelle für Unfallverhütung
Markus Deublein
Jasmin Zimmermann

Rapp AG
Jörg Jermann
Erik Schaarschmidt
Stefan Angliker

ZHAW, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften
Markus Hackenfort
Christian Cordin
Tanja Stoll

Forschungsprojekt MFZ_20_02A_01 auf Antrag der Arbeitsgruppe Mensch und Fahrzeug (MFZ)

April 2024 **1765**

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen unterstützten Autor(en). Dies gilt nicht für das Formular 3 "Projektabschluss", welches die Meinung der Begleitkommission darstellt und deshalb nur diese verpflichtet.
Bezug: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Le contenu de ce rapport n'engage que les auteurs ayant obtenu l'appui de l'Office fédéral des routes. Cela ne s'applique pas au formulaire 3 « Clôture du projet », qui représente l'avis de la commission de suivi et qui n'engage que cette dernière.
Diffusion : Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

La responsabilità per il contenuto di questo rapporto spetta unicamente agli autori sostenuti dall'Ufficio federale delle strade. Tale indicazione non si applica al modulo 3 "conclusione del progetto", che esprime l'opinione della commissione d'accompagnamento e di cui risponde solo quest'ultima.
Ordinazione: Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS)

The content of this report engages only the author(s) supported by the Federal Roads Office. This does not apply to Form 3 'Project Conclusion' which presents the view of the monitoring committee.
Distribution: Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS)

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

SIKO4.0: Sicherheitsrelevante Kompetenzen und Eignung für das Führen von (teil-) automatisierten Fahrzeugen

SIKO4.0 : Compétences en matière de sécurité et aptitude à la conduite de véhicules (partiellement) automatisés

SIKO4.0: Safety-relevant competences and aptitude for driving (partially) automated vehicles

BFU, Beratungsstelle für Unfallverhütung
Markus Deublein
Jasmin Zimmermann

Rapp AG
Jörg Jermann
Erik Schaarschmidt
Stefan Angliker

ZHAW, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften
Markus Hackenfort
Christian Cordin
Tanja Stoll

Forschungsprojekt MFZ_20_02A_01 auf Antrag der Arbeitsgruppe Mensch und Fahrzeug (MFZ)

April 2024 **1765**

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung
Markus Deublein

Mitglieder
Jasmin Zimmermann
Markus Hackenfort
Christian Cordin
Tanja Stoll
Jörg Jermann
Erik Schaarschmidt
Stefan Angliker

Begleitkommission

Präsident
Stefan Huonder

Mitglieder
Bettina Zahnd
Katrin Fischer
Thomas Sauter-Servaes
Jürg Artho
Werner Brucks
Hauke Fehlberg
Christian Stäger
Andreas Vetsch
Adrian Suter

Antragsteller

Arbeitsgruppe Mensch und Fahrzeug (MFZ)

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von http://www.mobilityplatform.ch heruntergeladen werden.

Inhaltsverzeichnis

Impressum **4**
Zusammenfassung **7**
Résumé **13**
Summary **19**

1 Einleitung **25**
1.1 Ausgangslage **25**
1.2 Problembeschreibung **25**
1.3 Projektziele und Abgrenzung **26**
1.4 Projektablauf **26**
1.5 Terminologie **27**
1.5.1 Automatisierungsstufen 27
1.5.2 Anforderung, Fahrkompetenz, Fahrfähigkeit und Fahreignung 28

2 Methodik **29**
2.1 IST-Analyse **29**
2.1.1 Literaturanalyse 29
2.1.2 Medienanalyse 29
2.1.3 Online-Befragung 29
2.1.4 Bevölkerungsbefragung 31
2.2 SOLL-Analyse **32**
2.2.1 Teilstrukturierte Experteninterviews 32
2.2.2 Aufgaben- und Anforderungsanalyse 32
2.2.3 Design-Thinking-Workshop 37
2.3 IST-SOLL-Vergleich **37**
2.4 Konzeptentwicklung **38**
2.4.1 Ableitung von Konzeptelementen für die künftige Fahraus- und -weiterbildung 38
2.4.2 Bewertung der Dringlichkeit und Umsetzbarkeit 42
2.4.3 Fahrsimulatorstudie 43

3 Ergebnisse **47**
3.1 IST-Analyse **47**
3.1.1 Stand der Forschung 47
Entwicklung Automatisierung 47
Auswirkungen auf den Menschen 51
Auswirkungen auf das Unfallgeschehen 53
Auswirkungen auf den Verkehr 54
Auswirkungen auf die Infrastruktur 55
3.1.2 Stand der Praxis 56
Verbreitung und Nutzung von FAS 56
Zufriedenheit mit heutigem Ausbildungsprozess, Inhalten und Unterrichtsformen 59
FAS in der heutigen Fahrausbildung 61
3.1.3 Stand rechtlicher Regelungen 66
Fahrzeugzulassung 66
Führerprüfung, Fahraus- und -weiterbildung 68
3.1.4 Kurzfassung 69
3.2 SOLL-Analyse **71**
3.2.1 Anpassungsbedarf der Fahraus- und -weiterbildung aus Expertensicht und aus Sicht von Fahrschülern/-innen und Neulenkenden 71
Neue Kompetenzen bei zunehmender Fahrzeugautomatisierung 74
Mögliche Ausbildungsinhalte 75
Mögliche Vermittlungsmethoden 75
Herausforderungen bei der Implementierung 77
Bedenken im Hinblick auf die künftige Fahrausbildung 78

3.2.2 Anforderungskatalog 78
3.2.3 Veränderung der Pflichten und Vorkehrungen ausserhalb des Fahrzeugs ab SAE-L4 83
3.2.4 Kurzfassung 92
3.3 IST-SOLL-Vergleich 94
3.3.1 Schematische Darstellung relevanter Kompetenzveränderungen 94
3.3.2 Übergeordneter Anpassungsbedarf der heutigen Fahraus- und -weiterbildung 95
3.4 Konzeptentwicklung 96
3.4.1 Konzeptelemente für die Fahraus- und -weiterbildung 96
3.4.2 Bewertung der Dringlichkeit und Umsetzbarkeit 105
3.4.3 Effektivitätsnachweis spezifischer Ausbildungsinhalte (Fahrsimulatorstudie) 109
3.4.4 Kurzfassung 111

4 Empfehlungen, Handlungsfelder und Forschungsbdarf 113
4.1 Empfehlungen für die Weiterentwicklung der Fahraus- und -weiterbildung in der Schweiz 113
4.2 Zukünftige Handlungsfelder 116
4.3 Forschungsbedarf 117

Anhänge 119
Glossar 137
Literaturverzeichnis 139
Projektabschluss 143

Zusammenfassung

Durch die zunehmende Automatisierung werden sich die Aufgaben und damit die Anforderungen an sicherheitsrelevante Kompetenzen der Lenkenden sowie die Anforderungen an das Umfeld verändern. Aus Sicht der Fahraus- und -weiterbildung stellt sich die zentrale Frage, was Fahrzeuglenkende von (teil-) automatisierten Fahrzeugen künftig überhaupt noch oder neuerdings zusätzlich können müssen.

Ausgehend von der Automatisierungsstufe SAE-L2[1] und der damit verbundenen aktuellen Ausbildungs- und Prüfungspraxis verfolgt das Projekt vier Hauptziele:

1. Erstellung eines Katalogs notwendiger Fahrfähigkeiten, Fahreignungen und Fahrkompetenzen zum Führen eines (teil-)automatisierten Fahrzeugs in Abhängigkeit vom Automatisierungsgrad.
2. Erarbeitung eines Schemas, das die veränderten Anforderungen an die Fahrzeuglenkenden vom jeweiligen aktuellen Automatisierungsgrad zum neuen Automatisierungsgrad des Fahrzeugs aufzeigt.
3. Zusammenstellung sicherheitsrelevanter Inhalte und Methoden für die Aus- und Weiterbildung und Prüfung von Fahrzeuglenkenden zum Führen von (teil-)automatisierten Fahrzeugen.
4. Aufzeigen, wer ab SAE-L4 neu welche Aufgaben und Vorkehrungen ausserhalb des Fahrzeugs wahrnehmen muss, wenn sich keine Fahrzeuglenkenden mehr im Fahrzeug befinden.

Bezüglich der neuen Anforderungen an die Fahrkompetenz, -fähigkeit und -eignung lassen sich folgende Hauptergebnisse festhalten:

Mit zunehmender Automatisierung bis einschliesslich SAE-L3 kommen weder neue Anforderungen an die Fahreignung und Fahrfähigkeit hinzu, noch entfallen einzelne Anforderungen.

Da bis einschliesslich SAE-L3 eine Übernahme der Fahraufgabe durch Fahrzeuglenkende erforderlich sein kann, bleiben die grundlegenden Anforderungen an die Fahrkompetenz beim Führen eines Fahrzeugs bis einschliesslich SAE-L3 unverändert.

Ausgehend von den grundlegenden Kompetenzanforderungen für das konventionelle Fahren (SAE-L0) ergeben sich veränderten Anforderungen an die Fahrkompetenz in den höheren Automatisierungsstufen auf perzeptiver/wahrnehmungsbezogener, kognitiver und motorischer Ebene.

Kompetenzanforderungen ergänzen sich mit zunehmender Fahrzeugautomatisierung tendenziell und werden damit umfangreicher. Mit jeder Automatisierungsstufe kommen neue Kompetenzen hinzu, die der veränderten Systemfunktionalität entsprechen. Andere Kompetenzen werden durch neue Anforderungen ersetzt. Auswirkungen auf den Menschen im Sinne von Herausforderungen und Gefahren nehmen mit der zunehmenden Automatisierung zu.

Im Folgenden werden die **zusätzlichen Fahrkompetenzen (Ziel 1)** in Abhängigkeit vom jeweiligen Automatisierungsgrad und differenziert auf den Ebenen der Perzeption, der Kognition und der Motorik tabellarisch dargestellt. Diese zusätzlichen Anforderungen an die Fahrkompetenzen werden insbesondere durch die partielle oder vollständige Übernahme der Fahraufgabe auf den Automatisierungsstufen SAE-L1 bis SAE-L3 verursacht.

[1] SAE-L0: konventionell, SAE-L1: assistiert, SAE-L2: teil-automatisiert, SAE-L3: bedingt automatisiert, SAE-L4: hoch automatisiert, SAE-L5: voll automatisiert (nach SAE J 3016).

Tab. 1 *Entwickelter Katalog notwendiger Fahrkompetenzen zum Führen eines (teil-)automatisierten Fahrzeugs in Abhängigkeit der Automatisierungsstufen nach SAE J 3016* [1]

SAE-L1	SAE-L2	SAE-L3
Assistiertes Fahren	*Teil-automatisiertes Fahren*	*Bedingt automatisiertes Fahren*
Perzeptuelle Ebene		
1. Funktionsüberwachung Quer- oder Längssteuerung **2.** Wahrnehmen, wenn sich das System deaktiviert (erfolgt u. U. ohne Vorwarnung)		**3.** Übernahmeaufforderung wahrnehmen **4.** Perzeptuelle Übernahmebereitschaft aufrechterhalten (z. B. nicht schlafen) **5.** Gelegentliche visuelle Orientierung
Kognitive Ebene		
6. Angemessenes mentales Modell über die Funktionen, Fähigkeiten und Limitationen des Systems		
7. Bewusstsein für gewählten Fahrmodus sicherstellen **8.** Situationsbewusstsein aufrechterhalten **9.** Dauerüberwachung des Systems im aktivierten Zustand (Monitoring Umfeld und Fahrzeug) **10.** Selbstkontrolle, Selbstdisziplin gegen Ablenkungsversuchung		**11.** Kognitive Übernahmebereitschaft sicherstellen **12.** Situationsbewusstsein wiederherstellen **13.** Übernahmeaufforderung verstehen **14.** Risikobewusstsein bei verzögerter Übernahme entwickeln **15.** Schemata/Routinen/Abläufe zur Übernahme der Fahraufgabe kennen und können – schnelles Situationsbewusstsein erzeugen **16.** Impulskontrolle (z. B. «Fuss stillhalten» im aktivierten L3-Modus) – kalibriertes Vertrauen entwickeln
	17. Strategien zur Aufmerksamkeitserhaltung (um Monotonie und Vigilanzminderung entgegenzuwirken) **18.** Erkennen von Ermüdung	
Motorische Ebene		
19. Aktivierung und Deaktivierung des Systems beherrschen **20.** System im Notfall übersteuern können		
21. Längs- oder Querführung während der Fahrt rückübernehmen können – richtige Reaktion bei Deaktivierung des Systems		**22.** Fahrzeugsteuerung kontrolliert übernehmen **23.** Schnelle Reaktion auf komplexe Verkehrssituationen

Die **veränderten Anforderungen an Fahrzeuglenkende wurden schematisch illustriert (Ziel 2)**. Es zeigt das Spannungsfeld, das durch die steigenden Kompetenzanforderungen an Fahrzeuglenkende und den reduzierten notwendigen Systemeingriffen infolge zunehmender Automatisierung entsteht. Daraus lassen sich die beiden folgenden Kernaussagen ableiten:

1. Eine anteilige Übernahme von Aufgaben durch das Fahrzeug mit zunehmender Automatisierung führt nicht per se zu einer proportionalen Entlastung der Fahrzeuglenkenden. Vielmehr kommen zu den Grundanforderungen (konventionelles Fahren) ab SAE-L1 bei jeder weiteren Automatisierungsstufe bis einschliesslich SAE-L3 zusätzliche Anforderungen an die Fahrkompetenzen hinzu.
2. Der Erwerb bzw. Erhalt manueller Fahrkompetenzen muss bis einschliesslich SAE-L3 gewährleistet bleiben, damit Fahrzeuglenkende bei Systemausfällen (d. h. in potenziell kritischen Situationen) noch in der Lage sind, die Fahrzeugführung zu übernehmen.

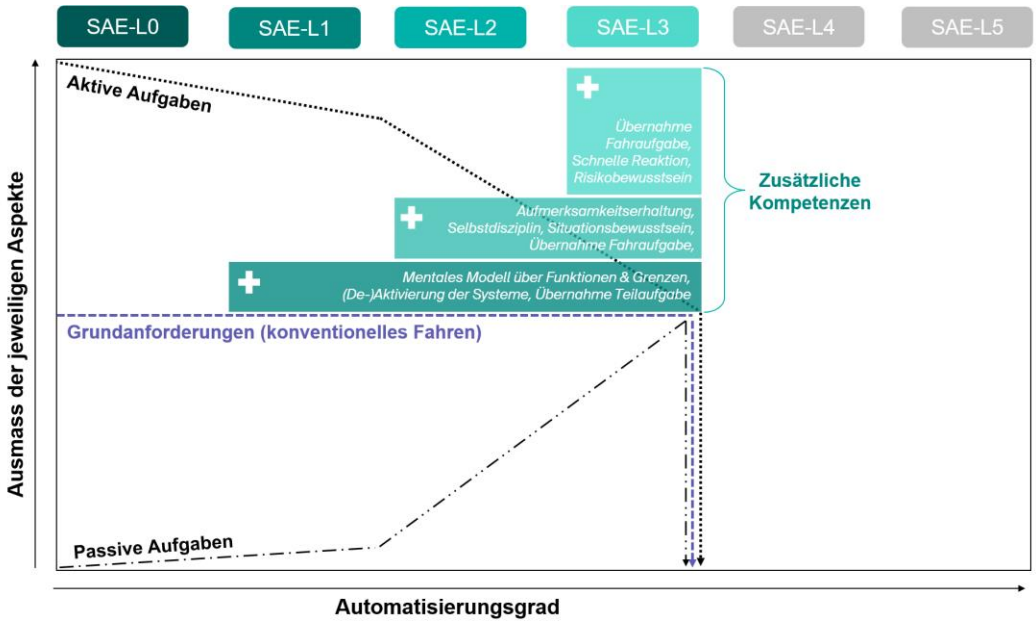


Abb. 1 *Schema mit veränderten Anforderungen an die Fahrzeuglenkenden bei zunehmender Automatisierung. Anmerkung: SAE-L4 entspricht in der Abbildung SAE-L5. Der Unterschied besteht darin, dass ein Fahrzeug des SAE-L4 eine definierte, abgegrenzte ODD[2] hat. Dementsprechend verkehren solche Fahrzeuge innerhalb der ODD wie SAE-L5-Fahrzeuge, ausserhalb der ODD jedoch höchstens wie SAE-L3-Fahrzeuge*.

Basierend auf den Ergebnissen zu künftig neu erforderlichen Kompetenzen und der Analyse der Ist- und Soll-Situation bezogen auf die Fahraus- und -weiterbildung wurde der **übergeordnete Anpassungsbedarf** abgeleitet. Wichtigster Anpassungsbedarf zeigt sind in folgenden Aspekten:

- In der theoretischen und praktischen Fahrausbildung beschränkt sich die aktuelle Kompetenzvermittlung im Wesentlichen auf die Systembedienung und Fahrzeugbeherrschung. Übergeordnete, vor allem kognitive Kompetenzen, wie die Entwicklung eines adäquaten mentalen Modells über die Funktionalitäten und Systemgrenzen verschiedener Automatisierungsfunktionen, sind derzeit noch kein fester Bestandteil der Fahraus- und -weiterbildung. Ein besonders vielversprechendes Instrument zur systematischen und ganzheitlichen Vermittlung von Kompetenzen, die über die Systembedienung und Fahrzeugbeherrschung hinausgehen, ist die sogenannte GDE-Matrix (Goals for Driver Education[3]).
- Gefahrensituationen im Zusammenhang mit Übernahmesituationen, wie sie ab SAE-L2 auftreten können, werden (wenn überhaupt) in der heutigen Fahraus- oder -weiterbildung in keiner einheitlichen Form und Intensität geübt. Insbesondere bestimmte neue Kompetenzen, wie z. B. die Bewältigung kritischer Übernahmesituationen auf Stufe SAE-L2 und -L3, können in der heute üblichen fahrpraktischen Ausbildung im Realverkehr vor allem aus ethischen Gründen nicht geübt bzw. erlernt, sondern allenfalls (zufällig) erfahren werden. Solche kritischen Ereignisse kommen im Realverkehr auch zu selten vor, um sie systematisch zu üben.

[2] ODD = operational design domain = fahrzeugtechnisch zugelassener Betriebsbereich

[3] Die GDE-Matrix erklärt die Fahraufgabe anhand von verschiedenen hierarchischen Aufgabenebenen (z. B. «Ziele und Kontext des Fahrens») und mehreren Kompetenzdimensionen (z. B. «Selbstbeurteilung»). Sie zeigt auf, dass nebst Fahrfertigkeiten und Regelkenntnis auch Umstände und Motive der Fahrt sowie persönliche Werthaltungen von Bedeutung sind. Der Matrix liegt die Annahme zugrunde, dass Lenkende sicherer unterwegs sind, wenn sie generelle und persönliche Risiken der Verkehrsteilnahme im Sinne der Bewusstseinsbildung und Selbsteinschätzung beurteilen lernen. Damit steigern sie die Risikokompetenz [2].

- Die Aktualisierung des Ausbildungscurriculums erfordert deshalb mehr als nur neue Ausbildungsinhalte, sondern auch methodisch-didaktische Erweiterungen. Die Einbindung interaktiver und visueller Lernmethoden ist teilweise nicht nur Voraussetzung (z. B. Fahrsimulator zum Üben von kritischen Übernahmesituationen), sondern kann auch das Verständnis und das Engagement der Fahrzeuglenkenden unterstützen.

Aufbauend auf dem identifizierten Anpassungsbedarf und den identifizierten neuen Kompetenzen auf den Ebenen der Perzeption, der Kognition und der Motorik wurden Inhalte und Methoden (**Konzeptelemente) für die künftige Fahraus- und -weiterbildung (Ziel 3)** abgeleitet. Konzeptelemente für die künftige Fahraus- und -weiterbildung wurden für jede identifizierte neue Kompetenz differenziert nach drei Phasen ausgearbeitet:

- Aufbau von Basiswissen (Phase 1),
- das Übertragen dieses Wissens in die Praxis (Phase 2), sowie
- die Entwicklung von Routinen (Phase 3).

Die nachfolgende Tabelle zeigt beispielhaft für die Kompetenz «Bewusstsein für den gewählten Fahrmodus sicherstellen» die Lerninhalte pro Kompetenzphase mit entsprechenden Ausbildungselementen und möglichen Vermittlungsmethoden. Die Eignung der Vermittlungsmethoden richtet sich nach dem Lerninhalt und dem Stand der Kompetenzentwicklung, basierend auf wissenschaftlichen Erkenntnissen [3]. In grauer Schrift sind Methoden aufgeführt, die gerade noch (mit Einschränkungen) für die Vermittlung des jeweiligen Lerninhalts als geeignet eingestuft werden können.

Tab. 2 *Beispiel für sicherheitsrelevante Inhalte und Methoden (Konzeptelemente) für die Aus- und Weiterbildung und Prüfung von Fahrzeuglenkenden zum Führen von (teil-)automatisierten Fahrzeugen*

Kompetenz		**Phase1: Aufbau Basiswissen** (Fakten & Konzepte)	**Phase 2: Übertragen** (Anwendung & Bedeutung im Strassenverkehr)	**Phase 3: Entwicklung von Routinen** (Übung & Erfahrung)
Bewusstsein für den gewählten Fahrmodus sicherstellen *SAE-L1-L2*	Inhalt	• Kenntnis der Fahrmodi - welche Fahrmodi können in welchen Verkehrssituationen gewählt werden?	Beurteilung von Verkehrssituationen, in denen ein Fahrmodus zwar aktiviert werden kann, aber aus Sicherheitsgründen nicht empfohlen wird (z.B. bei fehlender Strassenmarkierung auf Landstrassen)	• Umschalten zwischen verschiedenen Fahrmodi in unterschiedlichen Verkehrssituationen
	Vermittlungsmethode	• Schulungsraum, Bild- & Textmaterial Infosysteme • Low-end PC-Simulator	• Low-end PC Simulator • High-end PC-Simulator	• Strasse • Übungsplatz

Die Einordnung der neu identifizierten Kompetenzanforderungen in verschiedene Kompetenzkategorien (A-, B-, C-, D-Kompetenzen) auf der Basis ihrer bewerteten Dringlichkeit (Wahrscheinlichkeit einer unmittelbaren Gefährdung der Verkehrssicherheit bei Nichtvorhandensein der Kompetenz) und Umsetzbarkeit (räumliche Flexibilität für die Vermittlung) bietet die Möglichkeit einer Priorisierung bei der Umsetzung in neue Konzepte der Fahraus- und -weiterbildung:

- A-Kompetenzen: Die Integration hat Priorität.
- B-Kompetenzen: Die Integration soll frühzeitig geprüft werden, spätestens jedoch bei der Zulassung von SAE-L3 Systemen.
- C-Kompetenzen: Diese können optional in das bestehende Aus- und Weiterbildungscurriculum aufgenommen werden, wenn sie sinnvoll mit anderen Kompetenzen kombiniert werden können.
- D-Kompetenzen: Die Integration hat eine niedrigere Priorität und erfolgt nach den anderen Kategorien.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die empfohlene Zuordnung der Kompetenzen in die jeweilige Priorisierungs-Kategorie.

Tab. 3 *Einordnung neu identifizierter, notwendiger Fahrkompetenzen in Prioritätskategorien A-D*

		Umsetzbarkeit		
		Leicht umsetzbar	*Mittel*	*Schwer umsetzbar*
Dringlichkeit	*Dringlich*		• Wahrnehmen, wenn sich das System deaktiviert (erfolgt u. U. ohne Vorwarnung) (SAE-L1-L2) • Längs- oder Querführung während der Fahrt rückübernehmen können – richtige Reaktion bei Deaktivierung des Systems (SAE-L1-L2) • Dauerüberwachung des Systems im aktivierten Zustand (Monitoring Umfeld und Fahrzeug (SAE-L1-L2) **A-Kompetenzen**	• Übernahmeaufforderung wahrnehmen (SAE-L3) • Übernahmeaufforderung verstehen (SAE-L3) • Fahrzeugsteuerung kontrolliert übernehmen (SAE-L3) • Schnelle Reaktion auf komplexe Verkehrssituationen (SAE-L3) **B-Kompetenzen**
	Mittel	• Angemessenes mentales Modell über die Funktion, Fähigkeiten und Limitationen des Systems (SAE-L1-L3) • Selbstkontrolle, Selbstdisziplin gegen Ablenkungsversuchung (SAE-L2-L2)	• Aktivierung und Deaktivierung des Systems beherrschen (SAE-L1-L3) • Situationsbewusstsein aufrechterhalten (SAE-L1-L2) • Gelegentliche visuelle Orientierung (SAE-L3) • System im Notfall übersteuern können (SAE-L1-L3)	• Schemata/Routinen/Abläufe zur Übernahme der Fahraufgabe kennen und können – schnelles Situationsbewusstsein erzeugen (SAE-L3) • Perzeptuelle Übernahmebereitschaft aufrechterhalten (nicht schlafen) (SAE-L3) • Situationsbewusstsein wiederherstellen bei Übernahme (SAE-L3) • Kognitive Übernahmebereitschaft sicherstellen (SAE-L3) • System im Notfall übersteuern können (SAE-L1-L3)
	Nicht dringlich	• Bewusstsein für den gewählten Fahrmodus sicherstellen (SAE-L1-L2) • Strategien zur Aufmerksamkeitserhaltung (um Monotonie und Vigilanzminderung entgegenzuwirken) (SAE-L2) • Erkennen von Ermüdung (SAE-L2) • Risikobewusstsein bei verzögerter Übernahme entwickeln (SAE-L3) **C-Kompetenzen**	• Funktionsüberwachung Quer- und Längssteuerung (*SAE-L1-L2*)	• Impulskontrolle (Fuss stillhalten) - kalibriertes Vertrauen entwickeln (SAE-L3) **D-Kompetenzen**

Ein weiteres Ziel des Projektes war es, herauszufinden, **wer ab SAE-L4 welche neuen Aufgaben und Vorkehrungen ausserhalb des Fahrzeugs zu treffen hat, wenn sich kein Fahrzeugführer mehr im Fahrzeug befindet (Ziel 4**). Die wichtigsten Ergebnisse sind:

- Es sind zwei wesentliche Veränderungen zu erwarten: Erstens wird es Veränderungen geben, bei denen einige derzeit bestehende Pflichten in Zukunft *entfallen* oder sich *formal/inhaltlich verändern*. Zweitens wird sich die *Verantwortlichkeit* bei der Erfüllung bestimmter Pflichten ändern.
- Für bestimmte Pflichten, bei denen davon ausgegangen wird, dass sie zukünftig spezifischen Herausforderungen gegenüberstehen, wurden Szenarien skizziert, um die Bandbreite potenzieller Auswirkungen und Herausforderungen aufzuzeigen, die bei der Umgestaltung der Verantwortlichkeit im Strassenverkehr auftreten könnten. Zusammenfassend werden hohe Anforderungen an die Fahrzeugtechnologie gestellt, um einige der Aufgaben und Verantwortlichkeiten übernehmen zu können, die bisher von Fahrzeuglenkenden erfüllt wurden.
- Die Verordnung über das automatisierte Fahren (AFV), in der die Voraussetzungen für die Zulassung und Verwendung von Motorfagrzeugen mit einem Auotmatisierungssysem geregelt werden, wird im Herbst 2023 in die Vernehmlassung in der Schweiz gehen. Aus dem Entwurf geht hervor, dass insbesondere die Fahrzeughaltenden für die Einhaltung der Pflichten verantwortlich gemacht werden. Aktuell wird dem Betreiber/-innen des entsprechenden Mobilitätsangebots keine Verantwortung in diesem Sinne zugeschrieben.

Abschliessend wurden Empfehlungen für die Weiterentwicklung der Fahrausbildung und -schulung in der Schweiz erstellt. Diese gelten für alle Ausbildungsstufen, einschliesslich Neulenkende, erfahrene Lenkende in Weiterbildungskursen und Berufskraftfahrende.

Die wichtigsten Empfehlungen sind:

- Die Kompetenzvermittlung sollte auf verschiedene Zielgruppen abzielen und spezifische Ansätze für jede dieser Zielgruppe berücksichtigen.
- Der Erhalt grundlegender (konventioneller) Fahrkompetenzen sollte bis einschliesslich Automatisierungsstufe SAE-L3 sichergestellt sein.

- Psychologische, kognitive und soziale Faktoren, die für Menschen typisch sind und in der Interaktion mit technischen Systemen eine wichtige Rolle spielen können, sollten konsequent in die inhaltliche und didaktische Komposition der Ausbildungsstruktur eingebettet sein (z. B. Daueraufmerksamkeit).
- Ein praxisorientierter Wissenstransfer durch Vermittlung von grundlegendem deklarativem Wissen (Fakten und Konzepte) sowie durch die Möglichkeit, das Gelernte anzuwenden und Routinen zu entwickeln, sollte gewährleistet sein.
- Die Verwendung einer Unterrichtsmethodik und der Einsatz von Fahrsimulatoren sollte bei der Zulassung von Automatisierungssystemen überprüft werden. Diese Systeme stellen neue spezifische Herausforderungen und Gefahren im Zusammenhang mit Übergabesituationen dar, die aus ethischen Gründen im realen Verkehr nicht geübt werden können.
- Der Einsatz computergestützter Lernformate (z. B. Blended Learning) sollte geprüft und gefördert werden, um die Motivation zum Lernen zu initiieren und aufrechtzuerhalten, insbesondere in der Weiterbildung.
- Verwendung interaktiver und visueller Lernelemente in der Fahraus- und -weiterbildung.
- Das kontinuierliche Lernen und Auffrischungskurse, insbesondere durch Weiterbildungsangebote sollten gezielt gefördert werden, um dem schnellen technologischen Fortschritt im Bereich des automatisierten Fahrens gerecht zu werden.
- Die verschiedenen Ebenen der GDE-Matrix sollten im Kontext der neuen Kompetenzanforderungen durch das automatisierte Fahren in die Fahraus- und -weiterbildung konsequent einbezogen werden.
- Implementierung neuer Kompetenzanforderungen in die Führerprüfung, um die gewünschte Standardisierung und sicherheitstechnische Hebelwirkung zu erzielen
- Prüfung neuer Anforderungen und Vorsichtsmassnahmen ab SAE-L4, sobald eine Zulassung von SAE-L4-Fahrzeugen absehbar ist.

Künftig wird die Einbeziehung des automatisierten Fahrens in die Fahraus- und -weiterbildung eine Zusammenarbeit zwischen Industrie, Behörden und Bildungsakteuren sowie eine konsequente Erarbeitung der rechtlichen Grundlagen erfordern, um wirksame Schulungsprogramme und Prüfungen für einen sicheren zukünftigen Strassenverkehr zu entwickeln.

Résumé

L'automatisation croissante des véhicules a pour conséquence une modification d'une part des tâches des conducteur·rices et, partant, des compétences en matière de sécurité requises de la part de ces dernier·ères, d'autre part des exigences concernant l'environnement. Du point de vue de la formation initiale et continue à la conduite, il se pose la question centrale de savoir quelles compétences les personnes conduisant des véhicules (partiellement) automatisés devront encore posséder et quelles compétences supplémentaires seront nécessaires.

Partant du niveau d'automatisation SAE 2[4] et de la manière dont celui-ci est pris en compte aujourd'hui dans la formation et l'examen de conduite, le présent projet visait quatre objectifs principaux:

1. Établir, pour différents degrés d'automatisation, une liste des capacités, aptitudes et compétences nécessaires pour conduire un véhicule (partiellement) automatisé.
2. Élaborer un schéma représentant l'évolution des exigences posées aux conducteur·rices lors du passage d'un niveau d'automatisation au suivant.
3. Définir, en considérant les exigences liées à la sécurité, les contenus et les méthodes pour la formation initiale et continue à la conduite de véhicules (partiellement) automatisés et pour l'examen de conduite.
4. Déterminer qui, à partir du niveau d'automatisation SAE 4, doit assumer quelles tâches et prendre quelles mesures à l'extérieur du véhicule lorsque plus personne n'est au volant.

Voici les principales conclusions de l'étude en ce qui concerne les nouvelles exigences relatives aux compétences de conduite, à la capacité de conduire et à l'aptitude à la conduite:

Jusqu'au niveau SAE 3 inclus, l'automatisation croissante n'implique ni l'apparition de nouvelles exigences concernant l'aptitude à la conduite et la capacité de conduire ni la disparition d'exigences dans ces deux domaines.
Vu que, jusqu'au niveau SAE 3 inclus, les conducteur·rices peuvent devoir reprendre le contrôle du véhicule, les exigences fondamentales relatives aux compétences de conduite restent les mêmes jusques et y compris à ce niveau.
Par rapport aux compétences de conduite fondamentales requises au niveau SAE 0 (conduite conventionnelle), de nouvelles compétences d'ordre perceptif, cognitif et moteur sont nécessaires aux niveaux plus élevés d'automatisation.
Les exigences relatives aux compétences tendent à s'additionner à mesure que l'automatisation croît et donc à devenir de plus en plus grandes. À chaque niveau d'automatisation, des compétences supplémentaires sont nécessaires pour gérer les nouvelles fonctions. Certaines compétences sont remplacées par d'autres. Plus l'automatisation progresse, plus elle a de conséquences pour l'être humain en termes de défis et de dangers.

Le tableau ci-après présente les **compétences de conduite supplémentaires (objectif 1)** requises aux différents niveaux d'automatisation, en distinguant les plans perceptif, cognitif et moteur. Ces nouvelles exigences relatives aux compétences de conduite sont liées en particulier au fait qu'aux niveaux SAE 1 à SAE 3 les conducteur·rices doivent toujours être en mesure de reprendre partiellement ou entièrement le contrôle du véhicule.

[4] Niveau SAE 0: conduite conventionnelle; niveau SAE 1: assistance à la conduite; niveau SAE 2: automatisation partielle; niveau SAE 3: automatisation conditionnelle; niveau SAE 4: automatisation élevée; niveau SAE 5: automatisation complète (SAE J3016).

Tab. 4 *liste des compétences nécessaires pour conduire un véhicule (partiellement) automatisé, par niveau d'automatisation au sens de la norme SAE J3016* [1]

Niveau SAE 1	Niveau SAE 2	Niveau SAE 3
Assistance à la conduite	*Automatisation partielle*	*Automatisation conditionnelle*
	Domaine perceptif	
1. Surveiller le guidage transversal ou longitudinal **2.** Percevoir la désactivation du système (susceptible de survenir sans avertissement préalable)		**3.** Percevoir l'invitation à reprendre le contrôle du véhicule **4.** Être prêt·e sur le plan perceptif à reprendre le contrôle du véhicule (ne pas s'endormir) **5.** Se repérer visuellement de temps en temps
	Domaine cognitif	
6. Avoir un modèle mental approprié des fonctions, capacités et limites du système		
7. Être conscient·e du mode de conduite choisi **8.** Rester conscient·e de la situation **9.** Surveiller constamment le système lorsqu'il est activé (surveillance de l'environnement et du véhicule) **10.** Se contrôler, se discipliner pour ne pas se laisser distraire		**11.** Être prêt·e sur le plan cognitif à reprendre le contrôle du véhicule **12.** Rétablir la conscience de la situation **13.** Comprendre l'invitation à reprendre le contrôle du véhicule **14.** Être conscient·e des risques liés à une reprise tardive du contrôle du véhicule **15.** Connaître et maîtriser des schémas / routines / procédures de reprise du contrôle du véhicule, prendre rapidement conscience de la situation **16.** Contrôler ses impulsions (garder le pied immobile quand le mode SAE 3 est activé), avoir un niveau de confiance adéquat
	17. Disposer de stratégies pour rester vigilant·e (pour combattre la baisse d'attention due à la monotonie) **18.** Reconnaître les signes de fatigue	
	Domaine moteur	
19. Maîtriser l'activation et la désactivation du système **20.** Être capable d'intervenir en cas d'urgence lorsque le système est activé		
21. Être capable de reprendre le contrôle du guidage longitudinal ou transversal, réagir correctement en cas de désactivation du système		**22.** Reprendre de manière contrôlée la main sur la conduite **23.** Réagir rapidement dans des situations de trafic complexes

Un schéma a été élaboré pour illustrer l'**évolution des exigences posées aux conducteur·rices (objectif 2)**. Il met en évidence la tension entre la multiplication des compétences requises de la part des conducteur·rices et la diminution, consécutive à l'automatisation croissante, de la fréquence à laquelle celles-ci ou ceux-ci doivent intervenir dans la conduite. On peut en tirer deux conclusions:

1. La prise en charge par le véhicule, grâce à l'automatisation, d'une partie de la tâche de conduite ne mène pas à un allégement proportionnel de la tâche des conducteur·rices. Au contraire, à chacun des niveaux d'automatisation SAE 1 à SAE 3, de nouvelles compétences doivent s'ajouter à celles que requiert la conduite conventionnelle (compétences fondamentales).
2. Jusqu'au niveau SAE 3 inclus, il est indispensable que les conducteur·rices acquièrent ou conservent les compétences nécessaires à la conduite manuelle, afin qu'elles ou ils soient en mesure de reprendre le contrôle du véhicule en cas de défaillance du système (c'est-à-dire dans des situations potentiellement dangereuses).

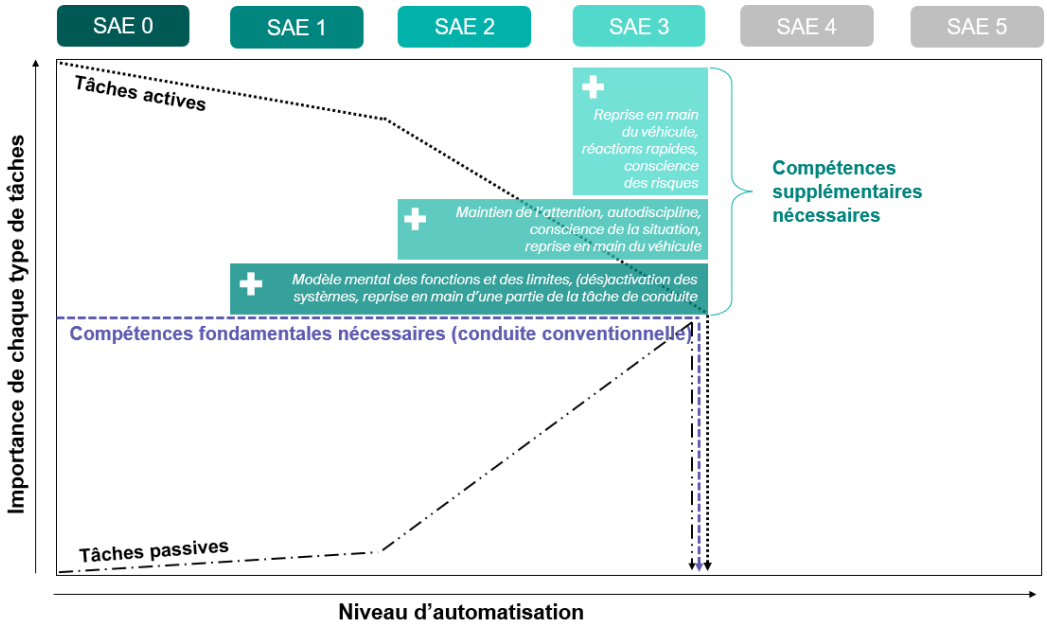


Fig. 2 *Schéma représentant l'évolution des exigences posées aux conducteur·rices au fur et à mesure de l'automatisation. À noter que ce schéma ne distingue pas les niveaux SAE 4 et SAE 5. La différence entre ces deux niveaux réside dans le fait qu'un domaine de conception opérationnelle («operational design domain») est défini pour les véhicules du niveau d'automatisation SAE 4. Ces derniers se comportent comme des véhicules du niveau SAE 5 dans le domaine de conception opérationnelle, mais tout au plus comme des véhicules du niveau SAE 3 en dehors de celui-ci.*

Les résultats de l'analyse d'une part des nouvelles compétences qui seront nécessaires à l'avenir, d'autre part de l'état actuel de la formation initiale et continue à la conduite et de la manière dont elle devrait évoluer ont conduit à définir les **grandes lignes des changements requis**. Les besoins de révision les plus importants concernent les aspects suivants:

- Aujourd'hui, les compétences transmises par la formation théorique et pratique à la conduite se limitent pour l'essentiel à celles que nécessitent l'utilisation des systèmes et la maîtrise du véhicule. Les compétences d'un niveau supérieur, surtout cognitives, telles que la construction d'un modèle mental adéquat des fonctions et des limites des différents systèmes d'automatisation, n'en font pas encore partie intégrante. Un outil particulièrement prometteur pour la transmission systématique d'un large éventail de compétences allant au-delà que celles que requièrent l'utilisation des systèmes et la maîtrise du véhicule est la matrice GDE («Goals for Driver Education»[5]).
- Les cours de formation initiale et continue à la conduite ne comportent aujourd'hui pas d'entraînement de forme et d'intensité uniformes (si tant est qu'ils incluent un tel entraînement) pour les situations dans lesquelles les conducteur·rices doivent reprendre le contrôle du véhicule, situations à risque qui se produisent dès le niveau d'automatisation SAE 2. Pour des raisons principalement éthiques, certaines des nouvelles compétences requises, comme précisément la maîtrise des situations dans lesquelles, aux niveaux SAE 2 et SAE 3, les conducteur·rices doivent reprendre la main, ne peuvent être entraînées dans le cadre de la formation pratique telle qu'elle se déroule habituellement aujourd'hui, c'est-à-dire en conditions réelles. Les

[5] La matrice GDE analyse la tâche de conduite en distinguant plusieurs niveaux hiérarchiques (p. ex. le niveau des objectifs et du contexte de la conduite) et différents types de compétences (p. ex. l'auto-évaluation). Elle met en évidence l'importance que revêtent, outre les compétences de conduite et la connaissance des règles de la circulation, le contexte et les motifs de la conduite ainsi que les valeurs personnelles. Elle repose sur l'hypothèse qu'on roule de manière plus sûre si l'on apprend à identifier et à évaluer les risques généraux et les risques personnels liés à la conduite, améliorant ainsi ses compétences face aux risques [2].

élèves conducteur·rices peuvent tout au plus faire par hasard l'expérience de ces situations critiques. En outre, de telles situations sont trop rares dans la circulation réelle pour que la capacité à les maîtriser puisse être entraînée de manière systématique.

- L'actualisation du programme de formation implique donc non seulement d'intégrer de nouveaux contenus, mais également de diversifier les méthodes didactiques. En plus d'être parfois nécessaire (p. ex. utilisation d'un simulateur de conduite pour entraîner la reprise en main du véhicule), le recours à des méthodes d'apprentissage interactives et visuelles peut faciliter la compréhension et constituer un facteur de motivation pour les conducteur·rices.

Une fois que les changements à apporter à la formation et les nouvelles compétences requises sur les plans perceptif, cognitif et moteur ont été identifiés, on a défini des contenus et des méthodes pour la **future formation initiale et continue à la conduite (objectif 3)**. Cela a été entrepris pour chaque nouvelle compétence identifiée, en distinguant trois phases:

- Acquisition des connaissances de base (phase 1)
- Transfert de ces connaissances dans la pratique (phase 2)
- Acquisition d'automatismes (phase 3)

Le tableau suivant montre les contenus de formation et les méthodes pédagogiques possibles qui ont été définis pour chacune des trois phases d'acquisition de la compétence consistant à être conscient·e du mode de conduite choisi. Le mesure dans laquelle une méthode pédagogique est adéquate compte tenu du contenu de formation considéré et du niveau de développement de la compétence concernée est évaluée sur la base des connaissances scientifiques.

Tab. 5 *Contenus et méthodes pour des concepts de formation initiale et continue à la conduite de véhicules (partiellement) automatisés et d'examen de conduite qui tiennent compte des exigences en matière de sécurité*

Compétence		**Phase1: Acquisition des connaissances de base** (faits, concepts)	**Phase 2: Transfert** (application et importance dans la circulation routière)	**Phase 3: Acquisition d'automatismes** (entraînement, expérience)
Être conscient du mode de conduite choisi *SAE 1 et 2*	Contenu	• Connaissance des modes de conduite, savoir concernant les situations de trafic dans lesquelles ils peuvent être choisis	• Identification des situations de trafic dans lesquelles l'activation d'un mode de conduite donné est possible, mais déconseillée pour des raisons de sécurité (p. ex. routes secondaires sans marquage routier)	• Passage d'un mode de conduite à l'autre dans différentes situations de trafic
	Méthode pédagogique	• Salle de cours, textes, images, systèmes d'information • Simulateur informatique bas de gamme	• Simulateur informatique bas de gamme • Simulateur informatique haut de gamme	• Route • Terrain d'entraînement

Le classement des nouvelles compétences nécessaires dans différentes catégories (compétences A, B, C ou D) en fonction de l'urgence (probabilité que leur absence menace directement la sécurité routière) et de la facilité (flexibilité au niveau du lieu de formation) de leur intégration dans la formation permet de déterminer l'ordre de priorité dans lequel il convient de les prendre en considération dans les nouveaux concepts de formation initiale et continue à la conduite :

- Compétences A: l'intégration de ces compétences est prioritaire.
- Compétences B: ces compétences doivent être intégrées rapidement, au plus tard au moment de l'admission des systèmes du niveau SAE 3.

- Compétences C: ces compétences peuvent être intégrées à titre facultatif si leur acquisition peut être combinée avec celle d'autres compétences.
- Compétences D: l'intégration de ces compétences peut attendre et se fait en dernier.

Tab. 6 *Classement des nouvelles compétences de conduite nécessaires dans différentes catégories (A à D) en fonction de leur degré de priorité*

		Difficulté d'intégration dans la formation		
		Faible	Moyenne	Élevée
Urgence	Élevée		• Percevoir la désactivation du système (susceptible de survenir sans avertissement préalable) (SAE 1 et 2) • Être capable de reprendre le contrôle du guidage longitudinal ou transversal, réagir correctement en cas de désactivation du système (SAE 1 et 2) • Surveiller constamment le système lorsqu'il est activé (surveillance de l'environnement et du véhicule) (SAE 1 et 2) Compétences A	• Percevoir l'invitation à reprendre le contrôle du véhicule (SAE 3) • Comprendre l'invitation à reprendre le contrôle du véhicule (SAE 3) • Reprendre de manière contrôlée la main sur la conduite (SAE 3) • Réagir rapidement dans des situations de trafic complexes (SAE 3) Compétences B
	Moyenne	• Avoir un modèle mental approprié des fonctions, capacités et limites du système (SAE 1 à 3) • Se contrôler, se discipliner pour ne pas se laisser distraire (SAE 1 et 2)	• Maîtriser l'activation et la désactivation du système (SAE 1 à 3) • Rester conscient·e de la situation (SAE 1 et 2) • Se repérer visuellement de temps en temps (SAE 3) • Être capable d'intervenir en cas d'urgence lorsque le système est activé (SAE 1 à 3)	• Connaître et maîtriser des schémas / routines / procédures de reprise du contrôle du véhicule, prendre rapidement conscience de la situation (SAE 3) • Être prêt·e sur le plan perceptif à pouvoir reprendre le contrôle du véhicule (ne pas s'endormir) (SAE 3) • Rétablir la conscience de la situation en cas de reprise du contrôle du véhicule (SAE 3) • Être prêt·e sur le plan cognitif à reprendre le contrôle du véhicule (SAE 3) • Être capable d'intervenir en cas d'urgence lorsque le système est activé (SAE 1 à 3)
	Faible	• Être conscient·e du mode de conduite choisi (SAE 1 et 2) • Disposer de stratégies pour rester vigilant·e (pour combattre la baisse d'attention due à la monotonie) (SAE 2) • Reconnaître les signes de fatigue (SAE 2) • Être conscient des risques liés à une reprise tardive du contrôle du véhicule (SAE 3) Compétences C	• Surveiller le guidage transversal et longitudinal (SAE 1 et 2)	• Contrôler ses impulsions (garder le pied immobile), avoir un niveau de confiance adéquat (SAE 3) Compétences D

Un autre objectif consistait à déterminer **qui, à partir du niveau d'automatisation SAE 4, doit assumer quelles tâches et prendre quelles mesures à l'extérieur du véhicule lorsque plus personne n'est au volant (objectif 4)**. Les principaux résultats de l'examen de cette question sont les suivants:

- On doit s'attendre à deux grands changements: premièrement, une partie des obligations actuelles vont tomber ou subir des modifications sur le plan de la forme / du contenu; deuxièmement, il y aura une redistribution de la responsabilité de certaines obligations.
- Afin d'illustrer l'éventail des conséquences et défis que pourrait impliquer le remaniement des responsabilités dans la circulation routière, on a esquissé différents scénarios pour des obligations dont on suppose qu'elles vont soulever des difficultés. Pour résumer, de gros défis sont posés à la technologie automobile, dans la mesure où on attend d'elle qu'elle puisse prendre en charge quelques-unes des tâches et responsabilités actuellement assumées par les conducteur·rices.
- En automne 2023, un projet d'ordonnance sur la conduite automatisée, qui règle les conditions d'admission et d'utilisation de véhicules dotés d'un système d'automatisation, sera mis en consultation en Suisse. Selon ce texte, la responsabilité des obligations incombe principalement aux détenteur·rices des véhicules. Le projet ne prévoit pas que les entreprises proposant des véhicules automatisés assument une telle responsabilité.

Finalement, des recommandations ont été formulées concernant les modifications à apporter à la formation initiale et continue à la conduite en Suisse. Elles valent pour tous les niveaux de formation et concernent donc aussi bien les conducteur·rices novices que les conducteur·rices expérimenté·es souhaitant se perfectionner ou les chauffeur·euses professionnel·les.

Voici les principales recommandations:

- La formation aux nouvelles compétences nécessaires devrait s'adresser à différents groupes, tout en s'adaptant aux spécificités de ces derniers.
- La transmission des compétences nécessaires à la conduite conventionnelle (compétences fondamentales) devrait être maintenue jusqu'au niveau d'automatisation SAE 3 inclus.
- Les contenus et les méthodes de formation devraient toujours tenir compte des facteurs humains d'ordre psychologique, cognitif et social qui jouent un rôle important dans les interactions avec les systèmes techniques (p. ex. attention soutenue).
- Il faudrait garantir le transfert des connaissances dans la pratique en transmettant des connaissances déclaratives (faits, concepts) et en donnant la possibilité d'appliquer celles-ci et d'acquérir des automatismes.
- En cas d'admission de systèmes d'automatisation, il conviendrait d'examiner la question de la méthode de formation et de l'utilisation de simulateurs de conduite. Ces systèmes impliquent de nouveaux défis et dangers liés aux situations dans lesquelles les conducteur·rices doivent reprendre le contrôle du véhicule, situations dont la gestion ne peut, pour des raisons éthiques, être entraînée dans la circulation réelle.
- Il faudrait examiner et encourager le recours à des formats d'apprentissage par ordinateur (p. ex. apprentissage mixte) comme moyen de susciter et d'entretenir la motivation des élèves, surtout pour la formation continue.
- Il est recommandé d'utiliser des éléments interactifs et visuels pour la formation initiale et continue à la conduite.
- Il s'agirait de promouvoir de manière ciblée un apprentissage continu et un rafraîchissement des connaissances, s'effectuant en particulier dans le cadre de cours de formation continue, pour que les conducteur·rices restent en phase avec la rapide évolution technologique dans le domaine de la conduite automatisée.
- Au vu des nouvelles compétences que requiert la conduite automatisée, les différents niveaux de la matrice GDE devraient être intégrés systématiquement dans la formation initiale et continue à la conduite.
- L'examen de conduite devrait prendre en compte les nouvelles compétences requises, afin que, comme souhaité, il devienne standardisé et ait un effet de levier sur la sécurité routière.
- Dès que la perspective de l'admission de véhicules du niveau d'automatisation SAE 4 se précisera, il conviendra d'examiner la question des nouvelles exigences et des mesures de précaution à prendre.

L'intégration de la conduite automatisée dans la formation initiale et continue à la conduite et la conception de programmes de formation et d'examens aptes à garantir la sécurité de la circulation routière de demain nécessiteront une collaboration entre l'industrie, les autorités et les acteurs de la formation ainsi que l'élaboration de bases légales.

Summary

Growing automation will see a change in the tasks – and consequently the required safety-relevant competencies – of drivers as well as in the demands on the environment. From a basic and advanced driver training perspective, the key question is what competencies the drivers of (partially) automated vehicles will still need, or what additional competencies they will now have to acquire.

Based on automation level SAE-L2[6] and the current method of driver training and testing, the project is following four main objectives:

1. Compiling a catalogue of the driving abilities, driving aptitudes and driving competencies needed to drive a (partially) automated vehicle, depending on the level of automation.
2. Developing a schema that shows the changed requirements on drivers from the current level of automation to the vehicle's new level of automation.
3. Compiling safety-relevant content and methods for the basic and advanced training and testing of drivers of (partially) automated vehicles.
4. Identifying who, from SAE-L4 onwards, must perform which tasks and take which precautions outside the vehicle if no driver is inside the vehicle.

The following key findings can be made in terms of the new requirements for driving competencies, ability and aptitude:

With increasing automation up to and including SAE-L3, there are no new requirements on driving aptitude and driving ability, nor are individual existing requirements dropped.
Since it may be necessary for drivers to take over the driving task up to and including SAE-L3, the basic requirements on driving competence remain unchanged up to and including SAE-L3.
Taking the basic competence for conventional driving (SAE-L0) as a starting point, changed requirements for driving competence at the higher levels of automation occur on perceptive/perceptual, cognitive and motor skill-related levels.
Competence requirements tend to complement one another with increasing vehicle automation, thus becoming more extensive. With each level of automation, new competencies are added that correspond to the changed system functionality. Other competencies are replaced by new requirements. The effect on humans in terms of challenges and hazards increases with growing automation.

The following table shows the **additional driving competencies** (Objective 1), depending on the respective level of automation and distinguished according to the levels of perception, cognition and motor skills. These additional demands on driving skills arise in particular from the partial or complete takeover of the driving task at the automation levels SAE-L1 to SAE-L3.

[6] SAE-L0: conventional SAE-L1: assisted, SAE-L2: partially automated, SAE-L3: conditionally automated, SAE-L4: highly automated, SAE-L5: fully automated (SAE J3016).

Tab. 7 *Compiled catalogue of the required driving competencies for driving a (partially) automated vehicle, depending on the level of automation according to SAE J 3016* [1]

SAE-L1	SAE-L2	SAE-L3
Assisted driving	*Partially automated driving*	*Conditionally automated driving*
Perceptual level		
1. Functional monitoring of lateral and longitudinal control **2.** Perceiving when the system deactivates (may occur without warning)		**3.** Perceiving the takeover request **4.** Maintaining perceptual takeover readiness (not sleeping) **5.** Occasional visual orientation
Cognitive level		
6. Appropriate mental model of system functions, capabilities and limitations		
7. Ensuring awareness of the selected driving mode **8.** Maintaining situational awareness **9.** Continuous monitoring of the system in an activated state (monitoring environment and vehicle) **10.** Self-control, self-discipline against distraction		**11.** Ensuring cognitive takeover readiness **12.** Restoring situational awareness **13.** Understanding the takeover request **14.** Developing risk awareness for delayed takeover **15.** Being familiar with and able to understand schemas/routines/ processes for taking over the driving task – generating rapid situational awareness **16.** Impulse control (holding foot still in activated L3 mode) – developing calibrated confidence
	17. Attention maintenance strategies (to counter monotony and reduced vigilance) **18.** Detecting fatigue	
Motor level		
19. Proficiency in activating and deactivating the system **20.** Ability to override the system in an emergency		
21. Ability to take back longitudinal or lateral control while driving – correct response in case of system deactivation		**22.** Taking over control of the vehicle in a coordinated manner **23.** Fast response to complex traffic situations

The **changing demands on drivers have been illustrated schematically (Objective 2)**. This shows the area of conflict resulting from the growing demands on driver competence and the reduction of required system interventions caused by increasing automation. We can derive from this two key statements:

1. A proportionate task takeover by the vehicle with increasing automation does not per se lead to a proportionate relief of the burden on the driver. On the contrary, in addition to the basic requirements (conventional driving) from SAE-L1 onwards, each further automation level up to and including SAE-L3 places additional demands on driving competencies.
2. The acquisition or retention of manual driving skills must be ensured up to and including SAE-L3, so that drivers are still capable of taking over control of the vehicle in the event of system failure (i.e. in potentially critical situations).

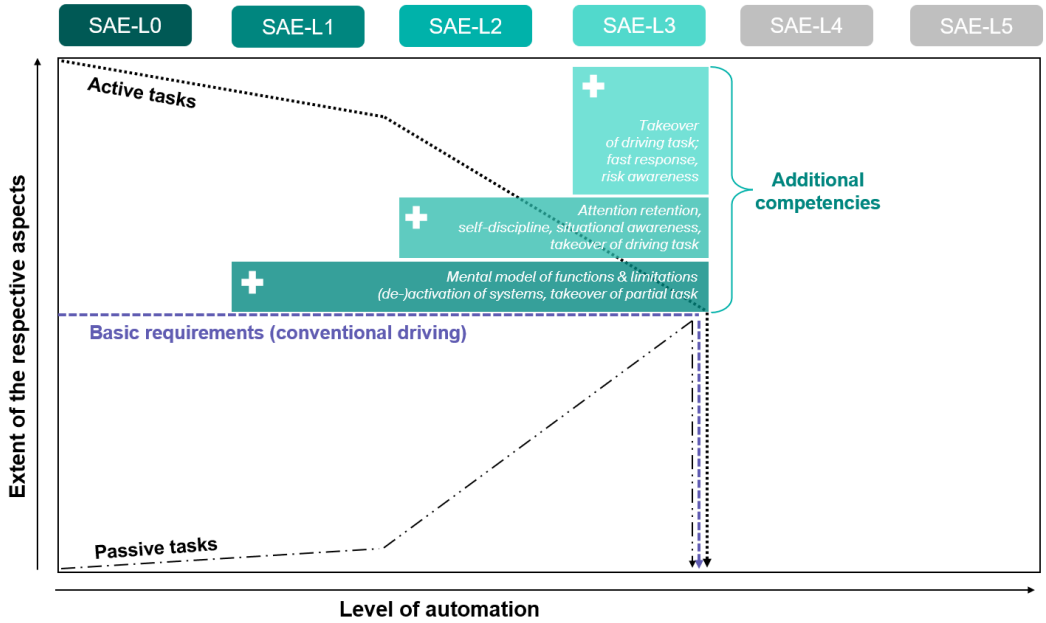


Abb. 3 *Schema showing changes in the demands on drivers with increasing automation. Note: in this representation, SAE-L4 corresponds to SAE-L5. The difference is that an SAE-L4 vehicle has a defined ODD (Operational Design Domain). Accordingly, such vehicles operate within SAE-L4 like SAE-L5 vehicles, but outside SAE-L4 like SAE-L3 vehicles at best.*

An **overarching need for adaptation** was derived based on the results of the analysis of the future competencies and the current/target situation in terms of basic and advanced driver training. The following aspects show the greatest need for adaptation:

- In theoretical and practical driver training, current competence transfer is primarily limited to system operation and vehicle control. Higher-level, primarily cognitive competencies – such as developing an adequate mental model for the functionalities and system limits of various automation functions – are not yet an integral part of basic and advanced driver training. A highly promising instrument for the systematic and comprehensive transfer of competencies that go beyond system operation and vehicle control is the so-called GDE Matrix (Goals for Driver Education[7]).
- Hazardous situations arising from overtaking scenarios – as required from SAE-L2 onwards – are not (if at all) practised in any consistent shape or form and intensity in today's basic or advanced driver training. Certain new competencies in particular, such as handling critical overtaking scenarios at levels SAE-L2 and L3, cannot be practised or learned in today's practical driving training in real traffic (primarily for ethical reasons), but are at best experienced as a random occurrence. Critical situations such as these are too rare in real-time traffic to be practised systematically.
- This means that updating the training curriculum requires not only new training content but also methodological and didactic enhancements. In some cases, incorporating interactive and visual learning methods is not only a necessity (e.g. driving simulator to practise critical takeover scenarios), but can also promote driver insight and engagement.

[7] The GDE Matrix describes the driving task in terms of different hierarchical task levels (e.g. "goals and context of driving") and several competence levels (e.g. "self-assessment"). It shows that besides driving skills and familiarity with the rules, the circumstances and motivations for the journey are also important, as well as personal attitudes. The matrix is based on the premise that motorists drive more safely if they learn to assess the general and personal risks of road use in terms of awareness and self-assessment. In doing so, they increase their risk competence [2].

Content and methods (conceptual elements) for future basic and advanced driver training (Objective 3) were derived from the identified need for adaptation and new competencies at the levels of perception, cognition and motor skills. Conceptual elements for future basic and advanced driver training have been developed for each identified new competence and broken down into three phases:

- Developing basic knowledge (Phase 1)
- Transferring this knowledge into practice (Phase 2)
- Developing routines (Phase 3).

As an example for the competence "Ensuring awareness of the selected driving mode", the following table shows the learning content per competence phase with corresponding training elements and potential teaching methods. The suitability of teaching methods depends on the learning content and the stage of competence acquisition, and are based on scientific findings [3]. Methods that can just about (with limitations) be categorised as suitable for teaching the respective learning content are shown in grey.

Tab. 8 *Safety-relevant content and methods (conceptual elements) for the basic and advanced training and testing of drivers of (partially) automated vehicles*

Competence		**Phase 1: Developing basic knowledge** (facts & concepts)	**Phase 2: Transfer** (application and significance in road traffic)	**Phase 3: Developing routines** (practice & experience)
Ensuring awareness of the selected driving mode *SAE-L1-L2*	Content	• Knowledge of driving modes – which driving modes can be selected in which traffic situations?	• Assessment of traffic situations in which a driving mode can be activated but is not recommended for safety reasons (e.g., lack of surface markings on rural roads)	• Switching between different driving modes in different traffic situations
	Teaching method	• Classroom, image & text information systems • Low-end PC simulator	• Low-end PC simulator • High-end PC simulator	• Road • Practice facility

Grouping the newly identified competence requirements into different categories (A, B, C, D Competencies) on the basis of their rated urgency (likelihood of an immediate risk to road safety if the competence is absent) and implementability (spatial flexibility for teaching) offers the opportunity to prioritise their implementation in new concepts of basic and advanced driver training:

- A Competencies: Integration is a priority.
- B Competencies: Integration should be assessed at an early stage and at the latest when SAE-L3 systems are registered.
- C Competencies: May optionally be included in the existing basic and advanced training curriculum if they can be combined with other competencies in a meaningful way.
- D Competencies: Integration has a lower priority and follows the other categories.

Tab. 9 *Categorising newly identified, required driving skills into priority categories A-D*

Urgency	Implementability: Easy to implement	Implementability: Medium	Implementability: Difficult to implement
Urgent		• Perceiving when the system deactivates (may occur without warning) (SAE-L1–L2) • Ability to take back longitudinal or lateral control while driving – correct response in case of system deactivation (SAE-L1–L2) • Continuous monitoring of the system in an activated state (monitoring enviromirnment and vehicle) (SAE-L1–L2) A Competencies	• Perceiving the takeover request (SAE-L3) • Understanding the takeover request (SAE-L3) • Taking over control of the vehicle in a coordinated manner (SAE-L3) • Fast response to complex traffic situations (SAE-L3) B Competencies
Medium	• Appropriate mental model of system function, capabilities and limitations (SAE-L1–L3) • Self-control, self-discipline against distraction (SAE-L1–L2)	• Proficiency in activating and deactivating the system (SAE-L1–L3) • Maintaining situational awareness (SAE-L1–L2) • Occasional visual orientation (SAE-L3) • Ability to override the system in an emergency (SAE-L1–L3)	• Being familiar with and able to understand schemas/routines/processes for taking over the driving task – generating rapid situational awareness (SAE-L3) • Maintaining perceptual takeover readiness (not sleeping) (SAE-L3) • Restoring situational awareness upon takeover (SAE-L3) • Ensuring cognitive takeover readiness (SAE-L3) • Ability to override the system in an emergency (SAE-L1–L3)
Not urgent	• Ensuring awareness of the selected driving mode (SAE-L1–L2) • Attention maintenance strategies (to counter monotony and reduced vigilance) (SAE-L2) • Detecting fatigue (SAE-L2) • Developing risk awareness for delayed takeover (SAE-L3) C Competencies	• Functional monitoring of lateral and longitudinal control (SAE-L1–L2)	• Impulse control (holding foot still) – developing calibrated confidence (SAE-L3) D Competencies

Another project aim was to identify **who, from SAE-L4 onwards, must perform which tasks and take which precautions outside the vehicle if no driver is occupying the vehicle (Objective 4).** This shows the following key findings:

- Two significant changes are to be expected: Firstly, adaptations will be made, with some currently existing obligations being *dropped* in the future or *changing in form/content*. Secondly, *responsibility* in fulfilling certain obligations will change.
- For certain obligations that are expected to face specific challenges in the future, scenarios have been outlined to show the range of potential impacts and challenges that could arise from restructuring accountability in road traffic. To summarise, high demands will be placed on vehicle technology to be able to take over some of the tasks and responsibilities previously performed and carried by drivers.
- The Ordinance on Automated Driving, which regulates the requirements for the registration and use of motor vehicles equipped with an automation system, will be submitted for consultation in Switzerland in autumn 2023. The draft indicates that vehicle owners will primarily be held responsible for compliance with the obligations. At present, the operators of the corresponding mobility services are not held responsible to this effect.

Finally, recommendations were drawn up for the further development of driving instruction and driver training in Switzerland. They apply to all levels of training, including novice drivers, experienced drivers taking advanced training courses and occupational drivers.

The main recommendations are:

- Competence transfer should target different groups and take into account specific approaches for each of these target groups.
- Basic (conventional) driving competencies should be maintained up to and including SAE-L3.
- Psychological, cognitive and social factors that are characteristic of humans and may play an important role in interacting with technical systems should be consistently embedded in the content and didactic composition of the training structure (e.g. sustained attention).
- Practice-oriented knowledge transfer by communicating basic declarative knowledge (facts and concepts) should be ensured, as well as the opportunity to apply acquired knowledge and develop routines.

- When automated driving systems can be registered, it is important to consider the use of a teaching methodology and driving simulators. Automated driving systems present new specific challenges and hazards related to handover situations that, for ethical reasons, cannot be practised in real-time traffic.
- The use of computer-based learning formats (e.g. blended learning) should be explored and encouraged in order to inspire and sustain the motivation to learn, especially in advanced driver training.
- The use of interactive and visual learning elements in driving instruction and training.
- Ongoing learning and refresher courses, notably through advanced training courses, should be specifically promoted in order to respond to the rapid technological advancements in automated driving.
- The different levels of the GDE matrix should be systematically integrated into basic and advanced driver training to meet the new competence requirements arising from automated driving.
- Implementing new competence requirements in the driving test to achieve the desired standardisation and safety leverage.
- Considering new requirements and precautions from SAE-L4 onwards once the registration of SAE-L4 vehicles is foreseeable.

Going forward, incorporating automated driving in basic and advanced driver training will require cooperation between industry, public authorities and educational stakeholders, as well as a systematic development of the legal framework to develop effective training programmes and tests for safe road traffic in the future.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Die Entwicklungen des automatisierten Fahrens mit modernen Fahrerassistenzsystemen (FAS) und Fahrzeugen mit Automatisierungssystem haben das Potenzial, den Strassenverkehr grundlegend zu verändern. Sie können unter idealen Bedingungen das Unfallrisiko reduzieren. Bis dieser positive Effekt anhand von deutlich sinkenden Unfallzahlen ersichtlich sein wird, steht aber noch eine längere Übergangsphase im Mischverkehr bevor. Es ist davon auszugehen, dass in Zukunft in der Schweiz die Verkehrszusammensetzung kontinuierlich komplexer und dichter, die Fahrzeugsteuerung immer automatisierter und die Kommunikation und Interaktion zwischen Menschen und Maschinen fortlaufend anspruchsvoller wird.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, kommen Assistenzsysteme und Automationssysteme zum Einsatz, welche Fahrzeuglenkende kontinuierlich bei der Durchführung der Fahraufgabe unterstützen. Bereits am unteren Ende der Automatisierungsstufen (Definition der SAE-Level in Kapitel 1.5.1) können durch die Unterstützung moderner FAS erhebliche Sicherheitsgewinne erzielt werden, z. B. durch den automatisierten Notbremsassistenten (SAE-L0) oder die intelligente Geschwindigkeitsregelung (SAE-L1) [4,5]. In den mittleren Stufen entstehen aus psychologischer Perspektive aber auch wesentliche sicherheitskritische Situationen, zum Beispiel auf SAE-L2 durch Vigilanzminderung oder in den (häufig spontanen) Übernahmesituationen auf SAE-L3. Das Problem ist, dass der Mensch dazu tendiert, die eigenen Fähigkeiten der Aufmerksamkeit und Einsatzbereitschaft zu überschätzen [z. B. 6]. Beim Einsatz hochautomatisierter Fahrzeuge auf der Automatisierungsstufe SAE-L4 ergeben sich ähnliche Herausforderungen, wenn Fahrzeuginsassinnen und -insassen nach einer vollautomatisierten Strecke innerhalb der Operational Design Domain (ODD) das Fahrzeug anschliessend wieder manuell (oder auf einer niedrigeren Automatisierungsstufe) steuern müssen – möglicherweise mit geringen Abständen zu anderen Fahrzeugen. Die Teilnahme von (führerlosen) Fahrzeugen der SAE-L5 am Strassenverkehr bringt zusätzliche Herausforderungen mit sich, die nicht in erster Linie mit neuen Anforderungen an die Fahrzeuginsassen zusammenhängen, sondern mit dem Aufeinandertreffen von Fahrzeugen mit unterschiedlichen Automatisierungsgraden mit anderen nicht automatisierten Verkehrsteilnehmenden, motorisierten und nicht motorisierten [Mischverkehr, vgl. 7]. Grundlegende Fragen stellen sich hier auch in Bezug auf neue Pflichten und Vorkehrungen und ihrer Steuerung [8]. Letztlich sind weitreichende Veränderungen auch ausserhalb der einzeln verkehrenden Fahrzeuge zu erwarten, z. B. im Mobilitätsverhalten und der Raumstruktur [9–12].

1.2 Problembeschreibung

Die Aufgaben und damit die Anforderungen an sicherheitsrelevante Kompetenzen der Lenkenden (Definition vgl. S. 28) sowie die Anforderungen an das Umfeld werden sich verändern. Aus dem Blickwinkel der Fahraus- und -weiterbildung stellt sich die zentrale Frage, was Fahrzeuglenkende von (teil-)automatisierten Fahrzeugen künftig überhaupt noch oder neuerdings zusätzlich können müssen.

Es leitet sich ein dringendes Bedürfnis ab, neue Kompetenzanforderungen der unterschiedlichen Automatisierungsstufen nach aktuellem Wissen zu bestimmen sowie kontinuierlich und rechtzeitig zu antizipieren, um sie in die Fahrausbildung und Weiterbildungsangebote zu integrieren. Dabei kommt nicht nur den sicherheitsrelevanten Schulungsinhalten (z. B. technische Funktionalität von FAS und Fahrzeugen mit Automatisierungssystemen), sondern auch den dafür geeigneten Vermittlungsmethoden (z. B. Handbuch, Simulation,

Tutorial usw.) für die Ausbildung, Prüfung und die Weiterbildung ein besonderer Stellenwert zu.

1.3 Projektziele und Abgrenzung

Ausgehend von der Automatisierungsstufe SAE-L2 und der damit verbundenen, heutigen Praxis der Ausbildung und Prüfung verfolgt das Projekt die folgenden vier Hauptziele:

1. Erstellung eines Katalogs zu notwendigen Fahrfähigkeiten, Fahreignungen und Fahrkompetenzen für die Führung eines (teil-)automatisierten Fahrzeugs abhängig vom Automatisierungsgrad.
2. Erarbeitung eines Schemas, das die veränderten Anforderungen an die Fahrzeuglenkenden vom jeweiligen bisherigen Automatisierungsgrad zum neuen Automatisierungsgrad des Fahrzeugs aufzeigt.
3. Zusammenstellung sicherheitsrelevanter Inhalte und Methoden für die Aus- und Weiterbildung und Prüfung von Fahrzeuglenkenden zum Führen von (teil-)automatisierten Fahrzeugen.
4. Auslegeordnung, wer ab SAE-L4 neu welche Pflichten und Vorkehrungen ausserhalb des Fahrzeugs übernehmen muss, wenn sich im Fahrzeug keine Fahrzeuglenkenden mehr befinden.

Das Projekt konzentriert sich auf die Automatisierungsstufen SAE-L2 bis einschliesslich SAE-L3. SAE-L4-Fahrzeuge agieren innerhalb ihrer ODD völlig eigenständig, sodass keine neuen Anforderungen an die Fahrzeuginsassen zu erwarten sind. Ausserhalb der ODD übernehmen die Fahrzeuginsassen/-innen die Kontrolle über das Fahrzeug in einer darunter liegenden Automatisierungsstufe (SAE-L0 bis SAE-L3). Bei vollautomatisierten Fahrzeugen der Stufe SAE-L5 werden die Lenkenden vollständig und uneingeschränkt von der Durchführung der dynamischen Fahraufgabe entbunden. Somit werden SAE-L4 und SAE-L5 bei den Überlegungen zur Durchführung der dynamischen Fahraufgabe im Rahmen des Projekts ausgeklammert.

1.4 Projektablauf

Das Projekt gliederte sich in vier Arbeitspakete (AP1 – AP4). Die angestrebten Ergebnisse sind in *Abb. 4* aufgeführt. Die zyklische Darstellung indiziert, dass eine kritische Überprüfung von erforderlichen Fähigkeiten, Eignungen und Kompetenzen für das Führen von (teil-)automatisierten Fahrzeugen periodisch vorgenommen werden sollte, um auch langfristig mit den fortschreitenden Entwicklungen des automatisierten Fahrens Schritt zu halten. Das aktuelle Forschungsprojekt durchläuft diesen Zyklus einmal und endet nach der Konzeptentwicklung in AP4.

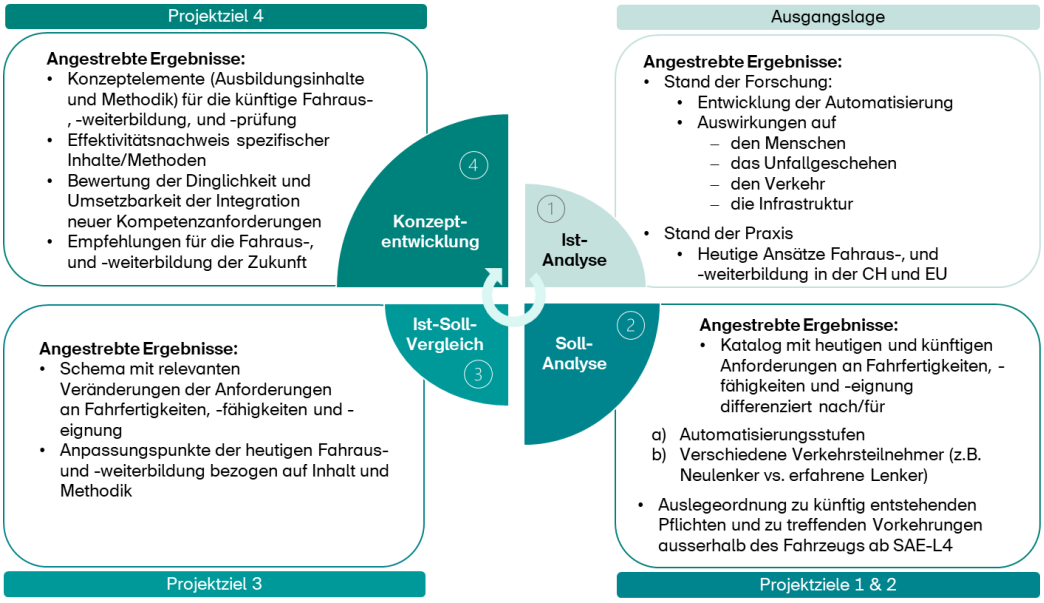


Abb. 4 *Projektübersicht mit Arbeitspaketen und angestrebten Ergebnissen*

1.5 Terminologie

1.5.1 Automatisierungsstufen

Unter dem Oberbegriff «Automatisiertes Fahren» (AF) werden sehr unterschiedliche Ausprägungen der automatisierten Funktionen subsumiert. Eine sinnvolle Unterteilung des Automatisierungsgrades der Fahrzeugfunktionen hat die Society of Automotive Engineers vorgenommen und entsprechende «Levels» definiert [13]. Das Projekt stützte sich auf die in *Abb. 5* dargestellte Terminologie. Bis einschliesslich SAE-L2 ist der Begriff Fahrerassistenzsystem gebräuchlich, ab SAE-L3 wird von Fahrzeugen mit Automatisierungssystem gesprochen. Für die Fahraus- und -weiterbildung ist entscheidend, was der Mensch im Kontext der zunehmenden Fahrzeugautomatisierung künftig noch oder neuerdings können muss.

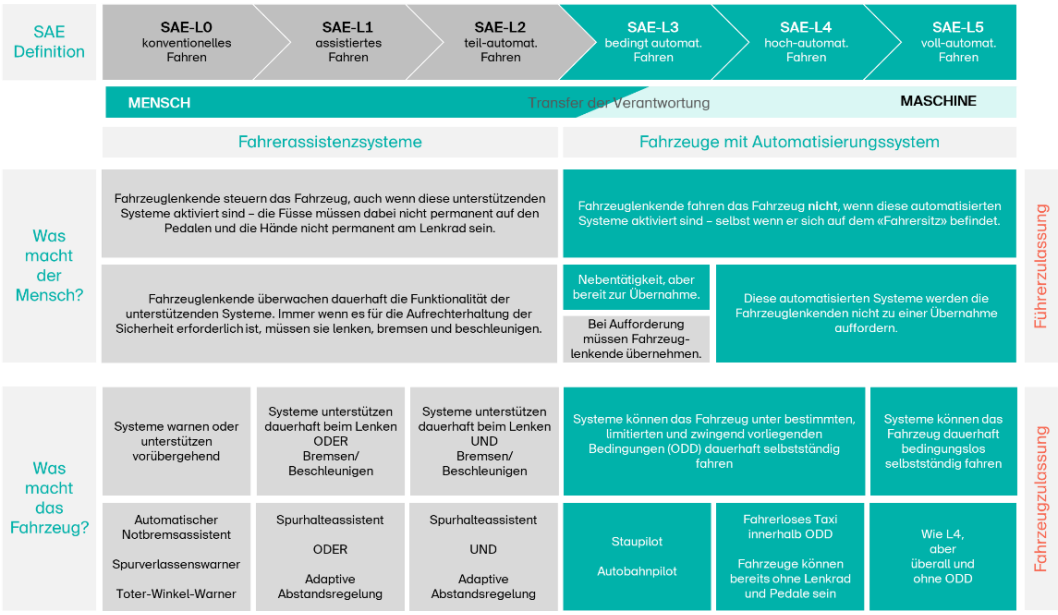


Abb. 5 *Automatisierungsstufen in Anlehnung an [1]*

1.5.2 Anforderung, Fahrkompetenz, Fahrfähigkeit und Fahreignung

Die folgenden Definitionen bilden die Grundlage für den Anforderungskatalog in AP2 und sind an die Ausführungen von Fuller (2004) [14] angelehnt. Die erfolgreiche Bewältigung der dynamischen Fahraufgabe hängt von den Anforderungen der (Fahr-)Aufgabe ab, unabhängig vom jeweiligen Automatisierungsgrad.

Anforderung: Anforderungen an das Fahren ergeben sich aus der (Fahr-)Aufgabe. Die Aufgabenanforderungen entsprechen der objektiven/tatsächlichen Komplexität der (Fahr-)Aufgabe und bestimmen die konkrete (Fahr-)Aufgabe der Lenkenden. Die Komplexität ergibt sich aus einer (im Strassenverkehr dynamischen) Kombination von Merkmalen der Umgebung, dem Verhalten anderer Verkehrsteilnehmender, dem Verhalten des Fahrzeugs (Steuerungs- und Leistungseigenschaften), seiner Geschwindigkeit, seiner Position auf der Strasse, der Fahrbahn sowie der Kommunikation der Lenkenden. Die Anforderungen an die Fahraufgabe hängen entsprechend von der einzelnen Verkehrssituation ab und können sehr unterschiedlich ausfallen. Durch die Festlegung der Fahrzeuggeschwindigkeit haben Lenkende die Anforderungen der Fahraufgabe jedoch in hohem Masse unter Kontrolle. Sie bestimmen damit die Geschwindigkeit des Informationsflusses, der verfügbaren Zeit für das Erkennen, Entscheiden und Reagieren sowie die Wahrscheinlichkeit, mit anderen Verkehrsteilnehmenden in Konflikt zu geraten. Die Schwierigkeit der Fahraufgabe ergibt sich entsprechend aus der Differenz zwischen dem, was gefordert wird (Aufgabenanforderung) und dem, was zur Bewältigung dieser Anforderungen zur Verfügung steht, um ein sicheres Ergebnis zu erzielen. Dies sind die obere Kompetenzgrenze und die momentane Leistungsfähigkeit der Lenkenden.

Fahrkompetenz: Kompetenz bezieht sich hier auf die Fähigkeiten/das Können der Lenkenden, das allgemein als «roadcraft» beschrieben werden kann. «Roadcraft» ist ein Konzept, das die Fähigkeit zur Kontrolle, die Fähigkeit, die Strasse zu lesen (Erkennung von Gefahren) sowie vorausschauendes und defensives Fahren umfasst. Die Kompetenz wird zum Teil durch konstitutionelle geistige und körperliche Merkmale des Einzelnen bestimmt (z. B. Wahrnehmungsschärfe, Koordination, Impulsivität), aber auch durch Trainingsprozesse, formales Lernen und Erfahrung. Zur Charakterisierung von kompetenten Fahrzeuglenkenden gehört auch die Fähigkeit, Aufmerksamkeits-, Entscheidungs- und Kontrollressourcen effizient den aktuellen Aufgabenanforderungen zuzuordnen.

Momentane Fahrfähigkeit: Die Fahrfähigkeit bezieht sich auf die momentane Fähigkeit der Lenkenden, ihr Kompetenzniveau zu erreichen. Sie bezieht sich darauf, was Lenkende tatsächlich in der Lage sind, in einem bestimmten Moment zu leisten. Aktuelle Fahrfähigkeiten sind nicht nur durch die Fahrkompetenz bestimmt bzw. begrenzt, sondern können auch durch andere, «menschliche Faktoren» (human factors) beeinträchtigt werden. Dazu gehören Müdigkeit, Schläfrigkeit, Emotionen, Alkohol und andere Drogen, Stress, Ablenkung und der Grad der Motivation (z. B. den Grad der Wachsamkeit oder der Reaktionsbereitschaft variieren), um die Fahraufgabe optimal[8] zu erfüllen. Abgesehen von Massnahmen zur Kompetenzentwicklung (z. B. Fortbildung) kann die Fahrfähigkeit durch ein effektives Management der menschlichen Faktoren verbessert (oder zumindest aufrechterhalten) werden, indem man die Variablen des Faktors Mensch wirksam steuert, z. B. durch Begrenzung oder Vermeidung der Auswirkungen von (1) Müdigkeit und Schläfrigkeit, (2) Stress, (3) behindernden emotionalen Zuständen und (4) Alkohol und anderen beeinträchtigenden Drogen. Jeder dieser Faktoren kann aus anderen Bereichen (von zu Hause, bei der Arbeit oder der Freizeit) in die Fahraufgabe einfliessen, aber die ersten drei können auch bei der Fahraufgabe selbst auftreten/entstehen.

Fahreignung: Die Fahreignung wird über medizinische Mindestanforderungen definiert (vgl. Art. 7, 9, 34 und 65 Abs. 2 Bst. D bzw. Anhang 1 der Verkehrszulassungsverordnung).

[8] «Optimal» lässt sich hier objektiv im Sinne von Sicherheit definieren, muss aber auch in einen kulturellen Kontext eingebettet sein, der Werte wie Fürsorge, Höflichkeit und Rücksichtnahme beinhalten kann.

2 Methodik

2.1 IST-Analyse

Ziel der IST-Analyse war es, den aktuellen Stand der Forschung zum Thema Automatisierung auf nationaler und internationaler Ebene aufzuarbeiten.

Der Stand der Forschung, Praxis und der Rechtsprechung wurde mittels einer Literatur- bzw. Dokumentenanalyse aufgearbeitet. Die Erkenntnisse zum Unfallgeschehen wurden auf globaler Ebene mittels einer Medienanalyse aufbereitet, da automatisierte Fahrzeuge in der Schweiz derzeit nicht differenziert und systematisch in der Unfalldatenerhebung berücksichtigt werden.

2.1.1 Literaturanalyse

Das Verfahren zur Erarbeitung des aktuellen Stands von Forschung und Praxis umfasste die Literaturrecherche und die Aufbereitung der wichtigsten Inhalte in Bezug auf das Projektziel. Berücksichtigt wurden öffentlich zugängliche, wissenschaftliche Artikel und Berichte sowie Buchkapitel. Es wurden keine Einschränkungen hinsichtlich des Erscheinungsjahres gemacht und sowohl englischsprachige als auch deutschsprachige Arbeiten berücksichtigt. Für die Literaturrecherche wurden primär die bestehenden Literaturdatenbanken des Projektteams genutzt.

2.1.2 Medienanalyse

In der durchgeführten Medienanalyse wurde untersucht, ob und wie menschliche Faktoren zum Unfall mit einem automatisierten Fahrzeug geführt haben. Als Grundlage dienten (1) automatisch erstellte Tagesübersichten mit Medieneinträgen zum Thema automatisiertes Fahren aus dem Zeitraum Ende Oktober 2020 bis Oktober 2021, (2) eine tabellarische Übersicht über alle Unfälle in Zusammenhang mit Teslafahrzeugen, die auf die entsprechenden Mitteilungen verweist (https://www.tesladeaths.com), und (3) die Publikation von [15].

2.1.3 Online-Befragung

Das Ziel der Befragung war es, Hinweise zur derzeitigen Fahraus- und -weiterbildung sowie Perspektiven für die Implementierung neuer Kompetenzanforderungen sowohl von (1) Fahrlehrern/-innen und (2) Fahrschülern/-innen als auch von (3) Neulenkenden zu erhalten.

Die Fragen wurde eigens für das Projekt entwickelt und umfassten sowohl geschlossene als auch offene Fragen. Personen unter 17 Jahren wurden von der Befragung ausgeschlossen. Bei kritischer Bewertung einiger Fragen, zum Beispiel zur Zufriedenheit mit der heutigen Fahrausbildung, wurde durch Filterfragen eine offene Antwortmöglichkeit gegeben. Der vollständige Fragebogen ist in Anhang I.1 (S. 120) aufgeführt.

Inhaltich war der Fragebogen in vier Blöcke unterteilt (vgl. *Tab. 10*). Der Zugang zu den Neulenkenden erfolgte über die Vereinigung der Strassenverkehrsämter (asa). Insgesamt wurden zusammen mit neu ausgestellten Fahrausweisen 20 000 Informationsflyer verschickt (vgl. Anhang I.2, S. 134). Fahrlehrer/-innen und Fahrschüler/-innen wurden über den Schweizerischen Fahrlehrerverband (SFV) via Social Media und E-Mail rekrutiert.

Tab. 10 *Aufbau des Fragebogens*

1	**Einleitung**	• Informationen zum Projekt
2	**Quotenmerkmale und allgemeine Fragen**	• Zielgruppe • Geschlecht • Alter • Besitz des Fahrausweises • Absolvierte Fahrstunden • Berufserfahrung • Fahrzeug für Übungsfahrten
3	**Informationstext und Ausstattung mit FAS**	• Infotext Fahrlehrer/-innen • Infotext TN mit eigenem Fahrzeug • Infotext TN mit Familien-/Gemeinschaftsauto • Infotext TN, die Mobility/Sharing-Angebote nutzen • Infotext TN mit Dienstfahrzeug • TN ohne eigenes Fahrzeug • Fahrzeugausstattung mit FAS
4	**Heutige Fahrausbildung**	• Zufriedenheit und Beurteilung der Sinnhaftigkeit - heutiger Prozess der Fahrausbildung - heutige Ausbildungsinhalte / Unterrichtsformen • Vollständigkeit der abgedeckten Ausbildungsinhalte - Theoretische Führerprüfung - Praktische Führerprüfung - Verkehrskundeunterricht • FAS/Automatisierung - Informationen geben / erhalten - Zu welchen FAS - Welche Informationen - Tiefgang - Systematik
5	**FAS / Automatisierung in der künftigen Fahrausbildung**	• Wichtigkeit Integration FAS / Automatisierung • Ausbildungsinhalte • Ausbildungsmethoden • Kompetenzen
6	**Abschluss**	• Bedenken zur Integration FAS / Automatisierung • «Was ich noch sagen wollte» • Teilnahme Design-Thinking-Workshop

Die Datenerhebung erfolgte online und in nicht personalisierter Form (anonym). Der Link zur Befragung wurde in Form eines QR-Codes auf dem Flyer versendet. Die Befragung fand vom 1. April 2022 bis zum 15. Mai 2022 statt.

Insgesamt nahmen 1088 Personen an der Umfrage teil, von denen 656 die Umfrage beendeten (Beendigungsquote 60 %). Nach Ausschluss von 58 Fällen aufgrund des Ausschlusskriteriums Alter < 17 Jahre beträgt die Anzahl der für die Analyse verwendbaren Datensätze N = 598. Einen Überblick über die Stichprobe zeigt Tab. *11*.

Tab. 11 *Stichprobenbeschreibung der Online-Befragung*

	n	**%**
Zielgruppe		
Fahrlehrer/-innen	65	10.9
Fahrschüler/-innen	87	14.5
Neulenkende	446	74.6
Geschlecht		
Weiblich	261	43.6
Männlich	336	56.2
Alter		
17–25	403	67.4
26–30	46	7.7
31–40	59	9.9
41–50	38	6.4
51–60	36	6.0
Über 60 Jahre	16	2.7

Tab. 11 *(Fortsetzung) Stichprobenbeschreibung der Online-Befragung*

	n	%
Berufserfahrung (Fahrlehrer/-innen)	**65**	
1 Jahr oder weniger	4	
2–5 Jahre	11	
6–9 Jahre	6	
10 Jahre oder mehr	44	
Besitz Fahrausweis (Neulenkende)	**440**	
1–6 Monate	223	50.7
7–12 Monate	16	3.6
13–18 Monate (1,5 Jahre)	21	4.8
19–24 Monate (2 Jahre	180	40.9

Anmerkung. N = 598

In *Abb. 6* ist ersichtlich, mit welchen FAS die Fahrzeuge der Teilnehmenden ausgestattet sind. Fahrlehrer/-innen gaben deutlich häufiger an, dass ihr (Prüfungs-)Fahrzeug mit bestimmten FAS ausgestattet ist als Fahrschüler/-innen und Neulenkende. Zu beachten ist, dass das Bewusstsein für die Fahrzeugausstattung mit FAS bei Fahrschülern/-innen und Neulenkenden generell geringer sein kann.

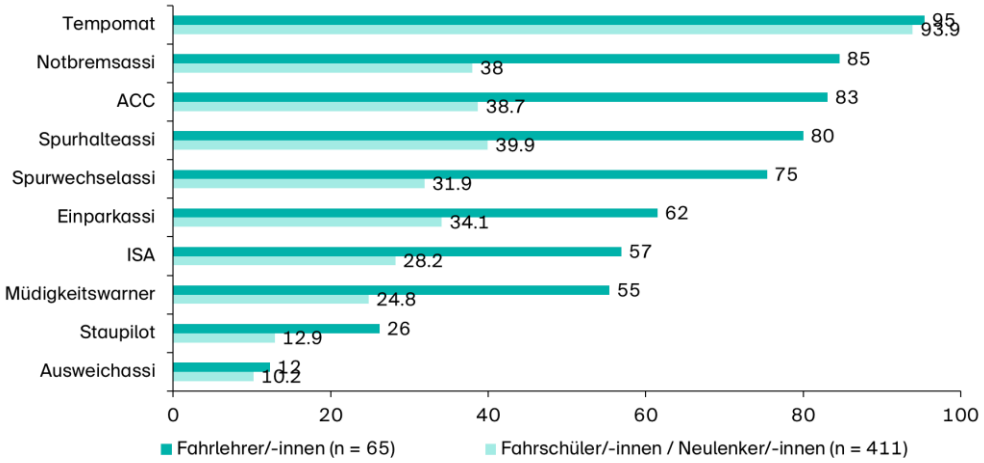


Abb. 6 *Ausstattung des eigenen Fahrzeugs mit FAS*

2.1.4 Bevölkerungsbefragung

Die Bevölkerungsbefragung der BFU wird seit 1995 jährlich durchgeführt. Sie umfasst derzeit eine telefonische Befragung und zwei thematisch getrennte Online-Befragungen (Strassenverkehr sowie Haus und Sport) von Personen im Alter von 15 bis 74 Jahren. Die Stichprobe wurde aus dem SRPH (Stichprobenrahmen für Personen- und Haushaltserhebungen) des Bundesamts für Statistik BFS gezogen. Es handelt sich um eine Zufallsstichprobe, die nach Alter und Sprachregion geschichtet ist.

Für dieses Projekt sind Ergebnisse des Themenmoduls Strassenverkehr relevant. An der Telefonbefragung haben 1007 Personen teilgenommen. Erhebungszeitraum war vom 1. März bis 1. April 2021. Die Online-Befragung fand zwischen dem 18. März und 14. Juni 2021 statt. An der Umfrage teilgenommen haben 1258 Personen.

2.2 SOLL-Analyse

Die SOLL-Analyse verfolgte drei Ziele:

1. Anpassungsbedarf der heutigen Fahraus- und -weiterbildung aus Expertensicht und Sicht von Fahrschülern/-innen und Neulenkenden
2. Analyse der Fahraufgabe und Ableitung künftiger Anforderungen an die Fahrkompetenzen und Eignung inkl. einer Differenzierung nach den Automatisierungsstufen SAE-L3 bis und mit SAE-L5, ausgehend von SAE-L2
3. Erarbeitung einer Auslegeordnung, wer ab SAE-L4 neu welche Pflichten und Vorkehrungen ausserhalb des Fahrzeugs übernehmen muss, wenn sich im Fahrzeug keine Fahrzeuglenkenden mehr befinden

2.2.1 Teilstrukturierte Experteninterviews

Es wurden insgesamt fünf internationale Experten und Expertinnen aus dem Bereich Human Factors bzw. Verkehrspsychologie zum Thema «Notwendige Anpassungen in der Fahraus- und -weiterbildung durch Einführung des automatisierten Fahrens» befragt. In den teilstrukturierten Experteninterviews wurde darauf eingegangen, welche neuen Kompetenzen zukünftig notwendig sein werden, welche Fähigkeiten möglicherweise an Relevanz verlieren könnten und welche Konsequenzen sich daraus für Aus- und Weiterbildung ergeben. Die gestellten Fragen der teilstandardisierten Interviews finden sich im Anhang II (vgl. S. 135).

2.2.2 Aufgaben- und Anforderungsanalyse

Das Ziel der Aufgaben- und Anforderungsanalyse betand darin, zu bestimmen, welche mentalen und psychomotorischen Leistungen von Fahrzeuglenkenden gefordert werden, um eine Fahraufgabe bewältigen zu können. In diesem Projekt steht speziell die Frage im Fokus, wie sich die Anforderungen an Fahrzeuglenkende mit steigendem Automatisierungsgrad verändern und welche neuen Anforderungen allenfalls dazukommen.

Zu diesem Zweck wurde die einschlägige Literatur gesichtet und darauf aufbauend fahraufgabenrelevante Kompetenzen (bzw. Anforderungen an das Fahrkönnen) abgeleitet. Zur besseren Nachvollziehbarkeit des gewählten methodischen Vorgehens folgt ein Exkurs zu den theoretischen Grundlagen.

Exkurs zu den theoretischen Grundlagen zur Ableitung von fahraufgabenrelevanten Kompetenzen

Um fahraufgabenrelevante Kompetenzen abzuleiten, braucht es zunächst eine Vorstellung davon, was die Ausführung der Fahraufgabe umfasst. Das Drei-Ebenen-Modell der Fahraufgabe des Führens von Kraftfahrzeugen (z. B. nach [16], vgl. ***Abb.*** *7*) verdeutlicht die Komplexität der Bewältigung von Fahr- und Verkehrssituationen sehr gut.

Fahraufgaben lassen sich gemäss diesem Modell drei Ebenen zuordnen:

- **Navigation:** z. B. Auswahl der Fahrroute bis hin zur Wahrnehmung von Verkehrsschildern.
- **Bahnführung:** z. B. Regulierung von Sollspur- und Sollgeschwindigkeit für die gerade vorherrschende Verkehrssituation; Bahnführungsentscheidungen sind, bei konventionellen Fahrzeugen, nur über die Stabilisierungsebene kommunizierbar.
- **Stabilisierung:** Unterste Regulierungsebene; Umsetzung der gewählten Trajektorie in Stellgrössen (Stabilisierungsbefehle); z. B. beschleunigen, bremsen, lenken.

Zusammenfassend spielt sich der dynamische Prozess des Fahrens auf den Ebenen Bahnführung und Stabilisierung ab. Fastenmeier und Gstalter [38] sprechen in diesem

Zusammenhang von «grundlegenden Fahraufgaben». Sie unterscheiden neben diesen grundlegenden Fahraufgaben noch «weitere Fahraufgaben», zu denen beispielsweise die Kontrolle des Fahrzeugzustandes (z. B. via Anzeigen/Meldungen), des Eigenzustandes der Lenkenden (z. B. Müdigkeit), sowie die Steuerung der selektiven Aufmerksamkeit (d. h. visuelle Kontrolle des Fahrtweges inkl. z. B. des Gegenverkehrs, der Gefahren, der Einhaltung von Verkehrsregeln oder des Ignorierens von Ablenkungen) gehören.

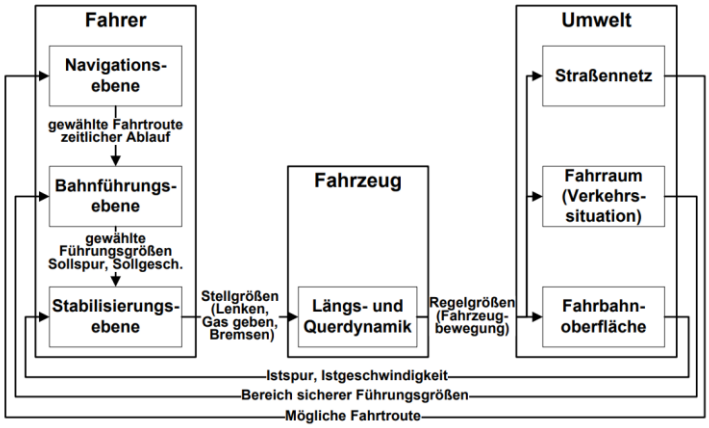


Abb. 7 *Hierarchische Drei-Ebenen-Struktur der Fahraufgabe [16]*

Die konkrete Fahraufgabe wird massgeblich von der Verkehrssituation beeinflusst. Fahraufgaben werden daher häufig basierend auf diesen analysiert. Sprich, einzelne Verkehrssituationen werden räumlich-zeitlich segmentiert und beschrieben, um die darin anfallenden Teilaufgaben in ihrer Reihenfolge gegliedert anschliessend einer Anforderungsanalyse zu unterziehen. Dabei werden Eigenschaften oder Fähigkeiten, die zur Erfüllung der Fahraufgabe erforderlich sind, abgeleitet.

Fastenmeier und Gstalter [17] haben hierzu im Rahmen der selbstentwickelten Analysemethodik *SAFE (Situative Anforderungsanalyse von Fahraufgaben)* eine Klassifikation mit einer Fülle von unterschiedlichen Verkehrssituationen erstellt, mit denen die einzelnen Fahraufgaben gekennzeichnet werden können (eine Überischt findet sich bei [18]). Unterschieden wird zwischen Merkmalen des Strassentyps (z. B. Autobahn, Landstrasse, Innerortsstrasse), der Trasse (Horizontal- und Vertikalverlauf, Knotenpunkt) und des Verkehrsablaufs (Engstellen, Fahrtrichtung).

Die Fülle an möglichen Verkehrssituationen lässt erkennen, dass eine Aufgaben- und Anforderungsanalyse klassischerweise mit einer hohen Granularität durchgeführt wird. Sprich, SAFE ist darauf ausgelegt und sehr hilfreich, wenn es darum geht, geforderte Fähigkeiten einer Fahraufgabe in einer bestimmten Verkehrssituation (z. B. Abbiegevorgang bei einer Kreuzung mit Ampel) mit hohem Detaillierungsgrad abzuleiten.

Unabhängig von den Besonderheiten der jeweiligen Verkehrssituation lassen sich Fahraufgaben allerdings in übergeordnete Manöver im Längsverkehr und im Kreuzungsbereich einteilen [19]. Fahrmanöver im Längsverkehr sind in ***Abb.*** *8* dargestellt. Diese grundlegenden Fahrmanöver können sowohl alle relevanten Konstellationen im Strassenverkehr abbilden als auch nur einer definierten Fahraufgabe zugeordnet werden.

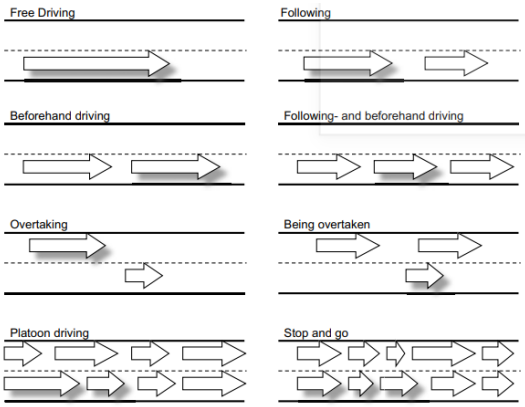


Abb. 8 *Schematische Darstellung von grundlegenden Fahrmanövern im Längsverkehr [19]*

Im Gegensatz zu Manövern im Längsverkehr wird der Verkehrsfluss an Kreuzungen eher durch die Strasseninfrastruktur, die Art der Verkehrssteuerung und weitere Parametern beeinflusst als von den situativen Merkmalen der Fahrzeuginteraktionen. Daher unterscheidet sich die Logik der Definition von Fahraufgaben an Kreuzungen vom Ansatz für die Aufgaben in Längsrichtung. Es handelt sich um eine Kombination der folgenden vier Elemente:

1. **Art der Kreuzung**
   (4-spurige Strasse, T-Kreuzung, Kreisverkehr)
2. **Kreuzungssteuerung**
   (Ampeln, Verkehrszeichen mit/ohne Vorrang, Rechtsfahrgebot)
3. **Art der Verbindung**
   (Art der Zufahrt, z. B. Fahrspuren)
4. **Fahrtrichtung**
   (geradeaus, rechts- oder linksabbiegen, U-Turn)

Aus den aufgeführten Elementen können nun ebenfalls grundlegende Fahrmanöver abgleitet werden, beispielsweise:

- Überqueren (geradeaus, mit/ohne Ampel, mit/ohne Rechtsvortritt oder Vorrang)
- Abbiegen (links, rechts)
- Einspuren
- Einfahren (z. B. Kreisel, T-Kreuzung)
- Ausfahren (Kreisverkehr)

Fahraufgabenrelevante Kompetenzen, die sich aus diesen Grundfahrmanövern ableiten lassen, können verschiedenen Ebenen zugeordnet werden, die auch als besonders fahraufgaben- und sicherheitsrelevant angesehen werden können und die klassischen Ebenen der Informationsaufnahme und -verarbeitung darstellen.

1 **Sensorisch-perzeptuell:**
Informationsaufnahme / Wahrnehmen (z. B. beobachten, suchen, entdecken, hören etc.)

2 **Kognitiv:**
Informationsverarbeitung und -speicherung (z. B. denken, speichern, erinnern, erkennen, erwarten, planen, beurteilen, lernen, entscheiden)

3 **(Psycho-)motorisch-effektorisch:**
Informationsausgabe/Handeln (z. B. beschleunigen, lenken bremsen, Handbewegungen)

Abb. *9* veranschaulicht diesen Prozess. Sie zeigt ein Modell der Phasen menschlicher Informationsverarbeitung [20]. Es stellt eine Reihe von Verarbeitungsstufen (oder mentalen Operationen) dar, die typischerweise (aber nicht immer) den Informationsfluss

charakterisieren, wenn eine Person eine Aufgabe (z. B. das Autofahren) ausführt. Als Beispiel zur Veranschaulichung des Modells wird die Aufgabe «Auf eine Kreuzung zufahren» verwendet.

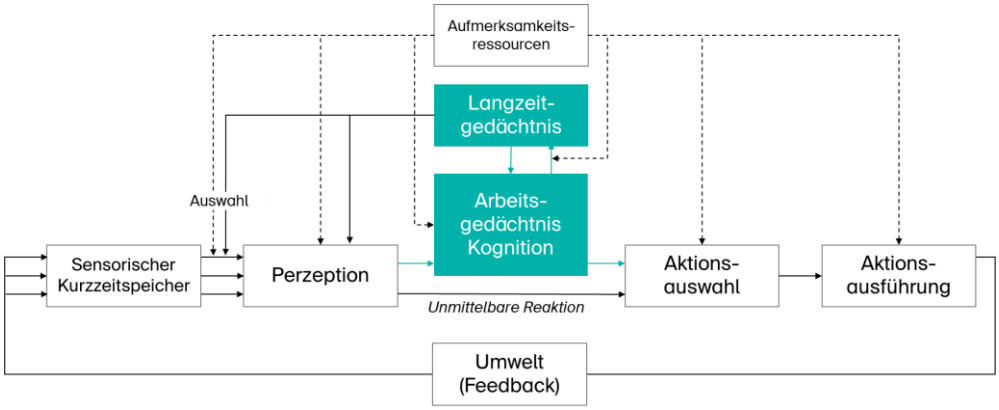


Abb. 9 *Modell der Informationsverarbeitung (adaptiert nach [21])*

Am Anfang der menschlichen Informationsverarbeitung steht die Aufnahme eines externen oder internen Reizes über die Sinnesorgane und ihre kurzzeitige Speicherung (linke Seite der Abbildung). Ein Fahrer, der sich der Kreuzung nähert, sieht also die Ampel, die Umgebung, die an ihm vorbeifliesst, andere Fahrzeuge und hört vielleicht Radio und das Gespräch eines Beifahrers. Diese Empfindungen sind nicht automatisch Wahrnehmungen, denn von der grossen Menge an sensorischer Information kann nur ein kleiner Teil tatsächlich wahrgenommen werden. Zum Beispiel die Wahrnehmung, dass die Ampel auf Gelb gewechselt hat. Im perzeptiven, d. h. im Wahrnehmungsprozessor wird der sensorischen Information Bedeutung zugewiesen, die aus früheren Erfahrungen abgeleitet wird (Ampel auf Gelb bedeutet «Vorsicht»). Solche Erfahrungen, Wissen, Fakten, Wortbedeutungen, Bilder oder, anders ausgedrückt, das «Weltverständnis» sind im Langzeitgedächtnis gespeichert.

Die eigentliche Verarbeitung des Reizes erfolgt im kognitiven Prozessor, in der Regel auf einem (oder beiden) Wegen. Auf der unteren Ebene löst die Wahrnehmung (das «Verstehen») einer Situation oft eine unmittelbare Reaktion aus, die aus einem breiten Spektrum möglicher Reaktionen ausgewählt wird. Zum Beispiel kann der Fahrer wählen, ob er das Gaspedal betätigt oder auf die Bremse tritt. Eine Entscheidung, die auf einer Vielzahl Faktoren beruht, aber schnell getroffen werden muss. Nach der Auswahl der Handlung wird diese über den motorischen Prozessor ausgeführt.

Wahrnehmung und Situationsverständnis lösen aber nicht immer eine sofortige (Re-) Aktion aus. Dem oberen Pfad der Wahrnehmung folgend (in grün), kann der Fahrer das Arbeitsgedächtnis nutzen, um den Zustand der Ampel (gelb) vorübergehend beizubehalten, während er die Strasse und die vor ihm liegende Kreuzung nach zusätzlichen Informationen absucht (z. B. ein herannahendes Fahrzeug, möglicherweise ein Polizeifahrzeug). Tatsächlich folgt in vielen Fällen auf die Wahrnehmung keine Handlung. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn Fahrschüler/-innen im Fahrkurs sitzen, dem Referenten zuhören, sich aber keine Notizen machen, sondern über den Sachverhalt nachdenken, ihn üben und lernen. Sie nutzen das Arbeitsgedächtnis, um Informationen im Langzeitgedächtnis zu speichern, um diese später z. B. bei der Fahrprüfung zu verwenden. Die Funktion des Arbeitsgedächtnisses besteht also nicht nur darin, Informationen zu speichern, sondern auch darin, darüber nachzudenken: der Prozess der Kognition. Die Grenze zwischen Wahrnehmung und dem Arbeitsgedächtnis sind unscharf, weshalb die zweite Phase nach der Wahrnehmung, aber noch vor der Reaktionsauswahl, auch allgemein als «Kognition» bezeichnet wird. Sie meint im Allgemeinen die Interpretation wahrgenommener Reize, die manchmal schneller und manchmal langsamer abläuft.

Die Rückkoppelungsschleife (Feedback) im unteren Bereich der Abbildung verdeutlicht, dass eine ausgeführte Reaktion häufig die Umgebung verändert und damit ein neues,

anderes Muster von Informationen, die wahrgenommen werden, erzeugt. Betätigt der Fahrer/die Fahrerin beispielsweise das Gaspedal, erhöht sich nicht nur die wahrgenommene Geschwindigkeit des Fahrzeugs, sondern es können auch neue sensorische Informationen gewonnen werden (z. B. das Polizeiauto taucht plötzlich hinter einem Verkehrsschild wartend auf), die möglicherweise eine Änderung der Entscheidung für die «Anhalten-Weiterfahren-Reaktion» an der Ampel erforderlich machen.

Als letztes Modellelement ist die Aufmerksamkeit ein wichtiges Instrument für einen Grossteil der Informationsverarbeitung. Sie spielt im Kontext des Autofahrens zwei unterschiedliche Rollen [22,23]. Einerseits wählt sie als Filter der wahrgenommenen Information bestimmte Elemente für die weitere Verarbeitung aus, während sie andere blockiert (dargestellt durch den geringeren Output, sprich mehr Pfeile kommen in die Wahrnehmungsbox rein als dass sie rausgehen). So kann der Fahrer oder die Fahrerin die volle Aufmerksamkeit auf die Ampel richten, aber das Gespräch des Beifahrers «ausblenden» oder das Polizeiauto übersehen. Zweitens stellt die Aufmerksamkeit als Treibstoff mentale Ressourcen oder Energie für die verschiedenen Phasen der Informationsverarbeitung zur Verfügung (wie die gestrichelten Linien zeigen), die vom Ressourcenvorrat oben ausgehen. Einige Phasen erfordern bei manchen Aufgaben mehr Ressourcen als andere. Wenn zum Beispiel durch den Nebel auf eine Ampel geblickt wird, erfordert das mehr Wahrnehmungsaufwand, als sie in einer dunklen Nacht zu sehen. Aufmerksamkeitsressourcen sind begrenzt. Daher kann es sein, dass die kollektiven Ressourcen, die für eine Aufgabe benötigt werden, nicht ausreichen, um eine Aufgaben gleichzeitig zu bewältigen. Das führt zu einer Beeinträchtigung des Multitaskings.

Die Durchführung einer klassischen Aufgaben- und Anforderungsanalyse der Fahraufgabe auf einer sehr hohen Granularitätsebene (z. B. nach [18]) war für dieses Projekt nicht praktikabel. Um dennoch einen systematischen Ansatzpunkt für die Ableitung von fahraufgabenrelevanten Kompetenzen an die erfolgreiche Bewältigung der dynamischen Fahraufgabe zu schaffen, wurden die übergeordneten, grundlegenden Fahrmanöver im Längsverkehr und an Kreuzungen, die unabhängig von der spezifischen Verkehrssituation sind, als Ausgangspunkt der Analyse herangezogen.

Die Auswahl der grundlegenden Fahrmanöver basiert auf den Ausführungen von Fastenmeier und Gstalter [19] und umfasst verschiedene Kombinationen von Kreuzungssituationen (z. B. signalisiert), Konfigurationen (z. B. ein- vs. mehrspurig) und Manövern (z. B. Linksabbieger, Geradeausfahrer) sowie Situationen im Längsverkehr (z. B. überholen). Die Manöver wurden auf städtische (signalisierte) Kreuzungen beschränkt. Zusätzlich zu den grundlegenden Manövern und Bedingungen wurden einige komplizierende Faktoren (z. B. Dilemma-Zone bei Gelblichtwechsel, Fahrstreifenwechsel) in einige Manövern im Kreuzungsbereich aufgenommen, um eine grössere Vielfalt an Fahrelementen einzuführen.

In Anlehnung an das Modell der Informationsverarbeitung (vgl. *Abb. 9**Abb. 9***, [20]) wurden Kompetenzen auf den Ebenen der Wahrnehmung, der Kognition und der Motorik unterschieden.

Den Ausgangspunkt der Aufgaben- und Anforderungsanalyse war das konventionelle Fahren (SAE-L0), um darauf aufbauend relevante Veränderungen pro Automatisierungsgrad bestimmen zu können.

Aus praktischen Gründen wurde in der Ableitung und Formulierung der Kompetenzen keine spezifische Unterscheidung zwischen den verschiedenen Ebenen der Fahraufgabe (Navigation, Bahnführung und Stabilisierung) vorgenommen.

2.2.3 Design-Thinking-Workshop

Das übergeordnete Ziel des Design-Thinking-Workshops bestand darin, die Brücke zu schlagen zwischen den bisher theoretischen Überlegungen aus der IST-Analyse (Arbeitspaket 1, vgl. *Abb. 4*) und der Überprüfung von ersten praktischen Ansätzen für die Konzeptentwicklung (Arbeitspaket 4).

Hauptziel des Workshops war es, Lösungsansätze zu benennen, wie die veränderten bzw. neuen Anforderungen an die Fahrkompetenz in der Praxis der Fahraus- und -weiterbildung umgesetzt werden können. Auf Basis dieser Lösungsansätze können konkrete Handlungsansätze erarbeitet werden, die einen wichtigen Baustein für die Weiterentwicklung der Fahraus- und -weiterbildung darstellen können.

Der Workshop fand am 22. Juni 2022 von 9.00 bis 15.00 Uhr im Toni-Areal der ZHAW statt. Insgesamt nahmen 18 Personen aus verschiedenen Bereichen teil (sieheTabelle 3). Die interdisziplinäre Zusammensetzung des Workshops ermöglichte es, in den Gruppendiskussionen wichtige Informationen zu bestehenden Defiziten sowie Ansätze für zukünftige Anforderungen an die Fahraus- und -weiterbildung zu identifizieren und zu bewerten.

Tab. 12 *Teilnehmende Design-Thinking-Workshop*

Bereich	Anzahl TN
Wissenschaft / Forschung	1
Verwaltung	1
Verbände und Behörden	4
Ausbildungspraxis	3
Nutzer/-innen*	9

Anmerkung. * Fahrschüler/-innen, Junglenkende, erfahrene Lenkende

Nach der Vorstellung des Projekts und der Vorbereitung der Teilnehmenden auf die Inhalte und Ziele des Workshops wurde zum Einstieg eine digitale Live-Umfrage zu den Inhalten der heutigen Fahrausbildung sowie zur Notwendigkeit zur Veränderung der Fahrausbildung durchgeführt. Darauf folgten Diskussionsrunden inklusive der Präsentation der jeweiligen Zwischenergebnisse. Am Ende wurden die Ergebnisse konsolidiert und bewertet.

2.3 IST-SOLL-Vergleich

Mit dem IST-SOLL-Vergleich wurden zwei Ziele verfolgt:

- Schematische Darstellung relevanter Kompetenzveränderungen ausgehend vom Ist-Zustand
- Ableitung des übergeordneten Anpassungsbedarfs der heutigen Fahraus- und -weiterbildung aus den Ergebnissen des IST-SOLL-Vergleichs.

Sowohl die schematischen Darstellungen der relevanten Kompetenzveränderungen als auch der übergeordnete Anpassungsbedarf wurden auf Basis der IST- und SOLL-Analyse erarbeitet bzw. abgeleitet. Eine spezifische Methodik lag diesem Schritt nicht zugrunde.

2.4 Konzeptentwicklung

Die Konzeptentwicklung verfolgte vier Ziele:

- Ableitung von neuen Konzeptelementen bezogen auf Ausbildungisnhalte und Methodik für die Fahraus- und -weiterbildung der Zukunft
- Durchführung einer Fahrsimulatorstudie zum Effektivitätsnachweis spezifischer Inhalte/Methoden für die künftige Fahraus- und -weiterbildung
- Bewertung der Dringlichkeit und Umsetzbarkeit der Integration neuer Kompetenzanforderungen
- Ableitung von Empfehlungen für die Fahraus- und -weiterbildung der Zukunft

2.4.1 Ableitung von Konzeptelementen für die künftige Fahraus- und -weiterbildung

Differenzierung der Lerninhalte und Vermittlungsmethoden

Der Erwerb von (fahraufgabenbezogenen) Kompetenzen setzt den systematischen Aufbau von Wissen voraus. Damit dieses (Basis-)Wissen in der Folge in der Praxis verfügbar und anwendbar ist, sollte der Lernprozess aber damit nicht abgeschlossen sein, sondern die Möglichkeit des Transfers in neue Kontexte bieten. Ziel dabei ist die Bereitstellung möglichst realistischer Situationen, die einen flexiblen Umgang mit dem Gelernten und die Möglichkeit der Anwendung sowie des Transfers des Wissens in unterschiedlichen Anforderungssituationen ermöglichen [24]. *Abb.10* zeigt den Zusammenhang zwischen Kompetenz, Wissen und Können.

Abb.10 *Kompetenzerwerb (Quelle [24])*

Auf dieser Grundlage gliedern sich die Kontepzelemente für die Fahraus- und -weiterbildung insgesamt in drei Phasen. Zu Beginn stehen zunächst die folgenden zwei Phasen:

Phase 1: Aufbau von Basiswissen durch Vermittlung von deklarativem Wissen (Fakten und Konzepte)
Phase 2: Anwendung der Lerninhalte zur Vertiefung und Unterstützung des Praxistransfers

Der Aufbau von Basiswissen wird in erster Linie durch sachlogisches, inhaltsbezogenes und systematisches Lernen erreicht, z. B. durch direkte Instruktion oder gemeinsames Erarbeiten des neuen Wissens bzw. Herstellen von Bezügen zum Vorwissen. Die Anwendung der Lerninhalte steht auch für «situiertes Lernen». Diese Lernform ist gekennzeichnet durch den Wissenstransfer, z. B. durch das Lösen von Aufgaben, Beobachten und Erklären oder Gruppenarbeit.

Bei der sicheren Bewältigung von Fahr- und Verkehrssituationen bedeutet «Können» auch, eine Vielzahl von gleichzeitigen Fahraufgaben unterschiedlicher Komplexität koordinieren und integrieren zu können. Es geht also um das sichere Ausführen von (Fahr-) Handlungen. Je weniger Ressourcen Fahrzeuglenkende dafür aufwenden müssen, desto sicherer und präziser können sie diese ausführen und desto flexibler kann auf neue oder unvorhergesehene Fahr- und Verkehrsereignisse reagiert werden. Der Umfang der beanspruchten mentalen Ressourcen kann in dem Masse reduziert werden, in dem die automatisierte Ausführung und Integration fahrerrelevanter Handlungen gelingt. Dementsprechend ist der Aufbau «automatisierter» (oder routinierter) Kompetenz bzw. Handlungsausführung ein wesentliches Ziel der Fahrausbildung [25]. Dieser vollzieht sich in einem mehrstufigen Prozess, ist zeitintensiv und erfordert zunehmend das individuelle Üben fahraufgabenrelevanter Fertigkeiten in authentischen Anwendungssituationen. Als dritte relevante Lernphase ist daher zu unterscheiden:

Phase 3: Internalisierung/Automatisierung zur Entwicklung von Routinen

Sowohl die zweite als auch die dritte Lernphase stellen eine Form dar, Lerninhalte anzuwenden. Während bei der Vertiefung der Lerninhalte (Phase 2) eher «einfache» Anwendungsbeispiele im Vordergrund stehen, die sich beispielsweise in Text- oder Bildform darstellen lassen, wird bei der Routinisierung meist in konkreten Situationen (z. B. auf der Strasse oder im Simulator) geübt. Der Unterschied liegt also im *Realitätsgrad* der jeweiligen Anwendungssituation bzw. in den für die Lernsituation eingesetzten Vermittlungsmethoden.

Der Realitätsgrad einer Vermittlungsmethode wird durch ihre physische und funktionale Ähnlichkeit definiert. Bei der *physischen Ähnlichkeit* geht es um die Frage, inwieweit die dargestellten Inhalte formal den tatsächlichen Gegebenheiten in der Praxis entsprechen. Bei der *funktionalen Ähnlichkeit* geht es um die Frage, inwieweit die während des Lernprozesses erforderlichen Interaktionen die gleiche Funktion erfüllen wie die für das Führen eines Fahrzeugs im Strassenverkehr erforderlichen Aktivitäten. In Tab. *13* sind verschiedene Vermittlungsmethoden entlang dieser zwei Dimensionen in einer Neun-Felder-Matrix dargestellt. Darüber hinaus wird – zumindest implizit – auch der Grad der Interaktivität dargestellt, der mit einer Vermittlungsmethode verbunden ist. Die Interaktivität einer Methode beschreibt, inwiefern eine Lernmethode es ermöglicht und unterstützt, während des Lernens zu interagieren.

Tab. 13 *Gegenüberstellung von physischer und funktionaler Realitätsnähe (angelehnt an [25])*

		Funktionale Realitätsnähe		
		Hoch (reales Fahrzeug)	**Moderat** (simulator-basiert, aktionsbasierte Interaktion)	**Tief** (max. computer-basiert, textbasierte Interaktion)
Physische Realitätsnähe	**Hoch** (realistisch, dynamisch)	Strasse	High-end-Simulator (bewegungsbasiert)	High-end-PC-Simulator
	Moderat	Übungsplatz	Low-end-Simulator (statisch)	Low-end-PC-Simulator
	Niedrig (abstrakt, statisch)	Statisches Fahrzeug	«Spielhallen»-Simulator	Schulungsraum, Bild- und/oder Textmaterial, Informationssysteme

Welche Darstellungs- bzw. Vermittlungsform angemessen ist, richtet sich nicht nur nach dem Ausbildungsinhalt, sondern vor allem nach dem Stand der Kompetenzentwicklung. In frühen Phasen des Lernens ist der Bedarf an physischer Ähnlichkeit meist geringer als in späteren Phasen [26]. Ebenso sind statische Darstellungen mit einem höheren Abstraktionsgrad in den frühen Stadien der Kompetenzentwicklung nicht nur «akzeptabel», sondern in einigen Fällen sogar besser geeignet, um grundlegendes Wissen und Prinzipien zu vermitteln. Dies, weil sie die Aufmerksamkeit auf das Wesentliche lenken und irrelevante Aspekte ausblenden [3].

Damit wird eine zeitliche Abfolge impliziert, in welcher die Lerninhalte in welcher Form erlernt werden sollten. Es wird jedoch davon abgesehen, den Erwerb von Basiswissen ausschliesslich der Fahrausbildung und die Wissensanwendung (inkl. Internalisierung) ausschliesslich der Weiterbildung zuzuordnen. Bei den identifizierten Kompetenzen für den sicheren Umgang mit Fahrzeugen des SAE-L1-3 handelt es sich sowohl für Fahranfängerinnen und Fahranfänger als auch für erfahrene Lenkende um neuartige Kompetenzen, und auch fahrerfahrene Lenkende benötigen erst die notwendige Wissensbasis, um den Praxistransfer zu leisten bzw. Routinen zu entwickeln. Die Vermittlung spezifischer Ausbildungsinhalte sollte daher nicht auf ein einzelnes bestimmtes Ausbildungsgefäss beschränkt bzw. einem solchen fest zugeordnet werden.

Tab. 14 zeigt einen zusammenfassenden Überblick über die Systematisierung der Lerninhalte und Vermittlungsmethoden inklusive Zuordnung möglicher Unterrichtsformen.

Tab. 14 *Systematisierung der Lerninhalte und Vermittlungsmethoden inklusive Zuordnung möglicher Unterrichtsformen und Vermittlungsmethoden (hellgrün hinterlegt) (angelehnt an [24,25])*

Lernphase	**(1) Aufbau von Basiswissen**			**(2) Anwendung der Lerninhalte zur Vertiefung und Unterstützung des Praxistransfers**			**(3) Internalisierung/Automatisierung zur Entwicklung von Routinen**		
Ziel	• Erwerb einer Wissensbasis			• Anwenden des Gelernten in unterschiedlichen Anwendungssituationen					
Lernform	• Sachlogisches, • Inhaltsbezogenes und • systematisches Lernen			• Situiertes Lernen					
				• Übertragen • Anwenden			• Variables, lebensnahes Üben • Erfahrungssammlung		
Unterrichtsform	• Direkte Instruktion oder gemeinsames Erarbeiten von neuem Wissens • Herstellen von Zusammenhängen zum Vorwissen usw.			• Lösen von Aufgaben • Beobachten und Erklären • Problemlösender Unterricht • Gruppenarbeit usw.			• Praktisches Lernen • Ausserschulische Lernorte • Experimente usw.		
Vermittlungsmethode	Strasse	High-end-Simulator (bewegungs-basiert)	High-end-PC-Simulator	Strasse	High-end-Simulator (bewegungs-basiert)	High-end-PC-Simulator	Strasse	High-end-Simulator (bewegungs-basiert)	High-end-PC-Simulator
	Übungsplatz	Low-end-Simulator (statisch)	Low-end-PC-Simulator	Übungsplatz	Low-end-Simulator (statisch)	Low-end-PC-Simulator	Übungsplatz	Low-end-Simulator (statisch)	Low-end-PC-Simulator
	Statisches Fahrzeug	«Spielhallen»-Simulator	Schulungsraum, Bild- und/oder Textmaterial, Informations-systeme	Statisches Fahrzeug	«Spielhallen»-Simulator	Schulungsraum, Bild- und/oder Textmaterial, Informations-systeme	Statisches Fahrzeug	«Spielhallen»-Simulator	Schulungsraum, Bild- und/oder Textmaterial, Informations-systeme

Anmerkung. [1] Organisiertes, vernetztes Wissen. [2] Physische Ähnlichkeit; [3] Funktionale Ähnlichkeit

2.4.2 Bewertung der Dringlichkeit und Umsetzbarkeit

Ziel der Bewertung der Dringlichkeit und Umsetzbarkeit der Kompetenzvermittlung ist die Einordnung der neu identifizierten Kompetenzanforderungen (vgl. Anforderungskatalog in Kapitel 3.2.2) in verschiedene Kompetenzkategorien (A-, B-, C-, D-Kompetenzen), die dann eine Priorisierung bei der Einführung in die neue Fahraus- und -weiterbildung ermöglicht.

Bewertungskriterien

Zur Bewertung der Dringlichkeit wurde die Wahrscheinlichkeit einer unmittelbaren Gefährdung der Verkehrssicherheit bei Nichtvorhandensein der jeweiligen Kompetenz auf einer Skala von 1 (tief) bis 3 (hoch) beurteilt (vgl. Tab. *15*). Dies unter der Annahme eines Systemausfalls.

Tab. 15 *Kriterium zur Bewertung der Dringlichkeit*

1 (tief)	2 (mittel)	3 (hoch)
Tiefe Wahrscheinlichkeit einer *unmittelbaren* Gefährdung der Verkehrssicherheit …	*Mittlere* Wahrscheinlichkeit einer *unmittelbaren* Gefährdung der Verkehrssicherheit …	*Hohe* Wahrscheinlichkeit einer *unmittelbaren* Gefährdung der Verkehrssicherheit …
… bei Nichtvorhandensein der entsprechenden Kompetenz (Eigen- und Fremdgefährdung)		

Die Umsetzbarkeit der Kompetenzvermittlung in die künftige Fahraus- und -weiterbildung wurde anhand ihrer räumlichen Flexibilität beurteilt (vgl. Tab. *16*). Die räumliche Flexibilität definiert sich über die Abhängigkeit von einem Lernort (z. B. Schulungsraum, Lernfahrzeug oder externes Setting wie ein Schulungszentrum mit Fahrsimulator).

Tab. 16 *Kriterien zur Bewertung der Umsetzbarkeit*

1 (leicht)	2 (mittel)	3 (schwer)
Hohe räumliche Flexibilität (Umsetzung in Schulungsraum möglich)	*Mittlere* räumliche Flexibilität (Umsetzung in Lernfahrzeug möglich bzw. notwendig)	*Niedrige* räumliche Flexibilität (Umsetzung in externem Setting notwendig)
Voraussetzung: Verfügbarkeit von Schulungsmaterial	*Voraussetzung* Systemverfügbarkeit im Lernfahrzeug	*Voraussetzung:* Verfügbarkeit der Methodik

Anschliessend wurden die Kompetenzen in eine Neun-Felder-Matrix übertragen und eingeteilt in vier Kompetenzkategorien A bis D (vgl. Tab. *17*).

Tab. 17 *Neun-Felder-Matrix zur Priorisierung neuer Kompetenzanforderungen*

		Umsetzbarkeit der Kompetenzvermittlung		
		Leicht umsetzbar	Mittel	Schwer umsetzbar
Dringlichkeit	Dringlich	A-Kompetenzen		B-Kompetenzen
	Mittel			
	Nicht dringlich	C-Kompetenzen		D-Kompetenzen

Die Bewertung der Machbarkeit und Umsetzbarkeit der Kompetenzvermittlung im Rahmen der Fahraus- und -weiterbildung basiert auf qualitativen Einschätzungen der Autoren. Die Ergebnisse sind daher nur als grobe Orientierung auf der Basis logischer Annahmen zu verstehen.

2.4.3 Fahrsimulatorstudie

In der risikofreien Umgebung des Fahrsimulators wurde überprüft, inwieweit die vorgeschlagenen Empfehlungen zur Anpassung der Fahraus- und -weiterbildung zu einer Verbesserung der Fähigkeiten im Umgang mit automatisierten Autos liefern. In Übereinstimmung mit dem aktuellen Forschungsstand zeigte sich, dass vor allem die Übergabeszenarien (take-over request TOR) eine der Herausforderungen des automatisierten Fahrens auf Automationsstufe 2 bzw. 3 darstellen. Entsprechend stand dies im Mittelpunkt der Untersuchung.

Bisherige Untersuchungen zur Wirksamkeit von Trainings (z. B. [27]) fokussierten bisher stark auf die Nutzung eines bestimmten Interfaces, da die Autoren davon ausgingen, dass vor allem Automobilhersteller ein Interesse daran haben, mögliche Kundinnen und Kunden in der Nutzung ihrer Fahrzeuge zu schulen. Studien, die sich mit der Anpassung der Fahraus- und -weiterbildung beschäftigen, sind zum Zeitpunkt der Veröffentlichung kaum vorhanden.

Hinsichtlich der untersuchten Trainingsmethoden wurden bisher u. a. das Fahrerhandbuch, Fahrsimulatortrainings, Videotrainings und Trainings mittels Virtual Reality untersucht [27,28]. Basierend auf den Erkenntnissen der vorherigen Arbeitsschritte wurde für diese Studie die Methode des Videomaterials gewählt, da sich u. a. im Design-Thinking-Workshop gezeigt hatte, dass Fahrlehrerinnen und Fahrlehrer gerne deutlich breiter ausbilden würden, zeitlich aber sehr eingeschränkt seien.

Probandenrekrutierung und Beschreibung der Stichprobe

Zwischen Oktober 2022 und Februar 2023 konnten angeschriebene Personen, welche die Kriterien für die Untersuchung erfüllten (maximal 2 Jahre Besitz eines Schweizer Fahrausweises Klasse B), an der Studie teilnehmen. Insgesamt konnten 26 Personen rekrutiert werden (erste Erhebung: 27.10.2022; letzte Erhebung: 8.2.2023). Die Teilnehmenden waren im Schnitt 21,27 (*SD* = 1,82) Jahre alt und verfügten seit 20,27 (*SD* = 12,38) Monaten über ihre Fahrerlaubnis. Die gesamte bisherige Fahrleistung beläuft sich bei den Teilnehmenden auf durchschnittlich 12 367,36 (*SD*= 20 494,48) gefahrene Kilometer. Hinsichtlich der Vorerfahrung mit automatisierten Fahrzeugen gaben 14 Personen an, bereits während ihrer Fahrausbildung mit dem Thema des automatisierten Fahrens konfrontiert worden zu sein, wovon sieben Personen nur theoretische Erfahrungen mit der Automation sammeln konnten und sieben Personen auch praktische Erfahrungen mit automatisierten Systemen machten.

Der Zulauf war zunächst gut (19 Personen bis 30.11.22), nahm jedoch ab Ende November stark ab (nur 7 Personen zwischen dem 1.12.22 bis 29.2.23). Trotz mehrerer Aufrufe (insgesamt fünf Erhebungswellen), mehrerer Probandenpools (u. a. ZHAW-Studierende, Interessenten aus BFU-Studien) sowie Anreizen zur Teilnahme (Verlosung von Einkaufsgutscheinen im Wert von CHF 200.–) konnten nach der Jahreswende nur noch vereinzelt Leute für die Studie gefunden werden. Ein Aspekt dabei dürfte sicherlich auch das stark einschränkende Kriterium gespielt haben, dass nur Personen für die Studie infrage kamen, die den Fahrausweis vor weniger als zwei Jahre erworben haben.

Beschreibung Videomaterial

Sowohl die Versuchsgruppe als auch die Kontrollgruppe sahen zu Beginn der Untersuchung ein kurzes Video, das mit simpleshow videomaker erstellt wurde (Video zum automatisierten Fahren: *https://videos.simpleshow.com/QbxblJZrcD ;* Video der Kontrollgruppe zum energiesparenden Fahren*: https://videos.simpleshow.com/5zvB5arXfI*). Während die Experimentalgruppe über automatisiertes Fahren und die daraus resultierende Rolle für die fahrende Person informiert wurde, erhielt die Kontrollgruppe Informationen zum energiesparenden Fahren, die auf Tipps von https://www.ecodrive.ch/de/ basieren. Die Experimentalgruppe erhielt zudem Information darüber, auf welcher technischen Grundlage automatisiertes Fahren beruht, welche in der Schweiz zugelassenen Automationsstufen allgemein unterschieden werden und welches Verhalten respektive welche Aufgaben sich für die Fahrzeuglenkenden daraus ergeben. Es wurde darüber informiert, weshalb es zu Übernahmeaufforderungen kommen kann und wie die Fahraufgabe nach einer solchen Übernahme wieder sicher übernommen werden kann.

Beschreibung Fahrsimulator und Eye-Tracking-Brille

Die Studie wurde im dynamischen Fahrsimulator der ZHAW durchgeführt (vgl. *Abb. 11*). Dieser besteht aus insgesamt drei Bildschirmwänden, zwei Aussenspiegeln sowie einem fahrzeugadaptierten Mockup. Dieses ist ausgestattet mit einem Force-Feedback-Steuerrad, ergonomischen Sitzen inklusive Gurten, Gas- und Bremspedal, Schalthebel, Tacho, Bedienelementen wie Blinker und Licht sowie mit Elementen zur Bedienung von Fahrassistenzsystemen oder Boardcomputern. Die Erhebung wurde mit eigens für die Studie programmierten Szenarien in der Software Silab 7.0 von WIVW durchgeführt. Nebst den Fahrdaten des Simulators wurden zusätzlich auch Blickparameter mittels Eye-Tracking erhoben. Dazu wurde das Eye-Tracking-System «Pupil Invisible» von Pupil Labs verwendet, welches Fixationen, Blinzeln und Blickpositionen aufzeichnet.

Abb. 11 *Fahrsimulator der Fachgruppe Human Factors Psychology an der ZHAW*

Ablauf der Studie

Nach der Begrüssung sahen die Probanden, je nach randomisierter Gruppenzuteilung, das Video zum automatisierten Fahren bzw. das Video zum energiesparenden Fahren (eine Übersicht zum Ablauf und der Abfolge der Szenarien ist in Tab. *18* dargestellt). Aufgrund der hohen Informationsdichte in den Kurzfilmen wurden die Probandinnen und Probanden gebeten, dasselbe Video zweimal zu schauen. Vor der Betrachtung des Videos wurde ihnen zudem mitgeteilt, dass sie danach ein kurzes Quiz dazu erhalten würden. Dieses Quiz umfasste vier Fragen, welche die Informationen aus dem Video betrafen. Bei einer Falschbeantwortung der Fragen zum Video wurden die Teilnehmenden gebeten, sich das Video nochmals anzuschauen.

Tab. 18 *Ablauf und Abfolge der Szenarien in der Fahrsimulatorstudie*

1	**Einverständniserklärung**	• Informationen zum Ablauf • Einverständnis der Person
2	**Fragebogen**	• Angaben zur Person (Soziodemografie) • Fahrerfahrung (u.a. Führerscheinbesitzdauer) • Erfahrungen mit Automation
3	**Videostudium**	• Kontrollgruppe: Video zu energiesparendem Fahren • Experimentalgruppe: Video zu automatisiertem Fahren
4	**Gewöhnungsfahrt**	• 4 Module zur Simulator-Eingewöhnung (ca. 20 Minuten)
5	**Übungsfahrt**	• Kurze Fahrt mit Automation • Durchführen einer Übernahmesituation TOR1
6	**Hauptstrecke**	• Runde 1: manuelle Fahrt • Runde 2: Fahrt mit Automation inkl. Übernahme TOR2 • Runde 3: manuelle Fahrt • Runde 4: optionale Automation (inkl. Übernahme TOR3)

Die Teilnehmenden durchfuhren zunächst eine ca. 20-minütige Eingewöhnungsfahrt im Fahrsimulator, die dazu diente, sich mit dem Fahrsimulator vertraut zu machen und «simulator sickness» vorzubeugen. Nach der Eingewöhnung absolvierten die Teilnehmenden eine kurze Übungsfahrt, bei welcher auch das Prozedere der Übernahmeaufforderung (take over request TOR) einmal bei einer Autobahnabfahrt durchgeführt wurde (TOR1). Somit hatten sämtliche Studienteilnehmende (auch jene ohne Videoschulung) bereits eine Übernahme durchgeführt.

Zu Beginn der eigentlichen Untersuchungsfahrt wurde zunächst eine Runde manuell gefahren. In der zweiten Runde wurden die Teilnehmenden dann gebeten, mit eingeschalteter Automation zu fahren (ACC+Lane-Keeping-Assistance). Sie durften sich dabei explizit

auch anderen Dingen als der Fahraufgabe widmen, wozu auf dem Beifahrersitz auch ein Tablet mit dem Spiel «Tetris» bereitgestellt wurde. Allen Testpersonen wurde während dieser obligatorischen Automationsfahrt vor einer unübersichtlichen Kurve zur Autobahnauffahrt eine Übernahmeaufforderung übermittelt (TOR2). Anschliessend folgte eine weitere Runde mit manueller Fahrt, bevor dann im letzten Abschnitt die Möglichkeit bestand, selber zu wählen, ob mit oder ohne Automatisation gefahren wird. Die Teilnehmenden konnten dabei die Automatisierung nach Belieben ein- und ausschalten. Bei dieser optionalen Automatisierungsfahrt wurde allen Probandinnen und Probanden, die vor einem Ausweich-Hindernis (Steinschlag) automatisiert unterwegs waren, ein zusätzlicher TOR gesendet (TOR3).

3 Ergebnisse

3.1 IST-Analyse

Ziel der IST-Analyse war es, den aktuellen Stand der Forschung zum Thema Automatisierung auf nationaler und internationaler Ebene aufzuarbeiten. Der Aufbau des Kapitels ist in *Abb. 12* ersichtlich.

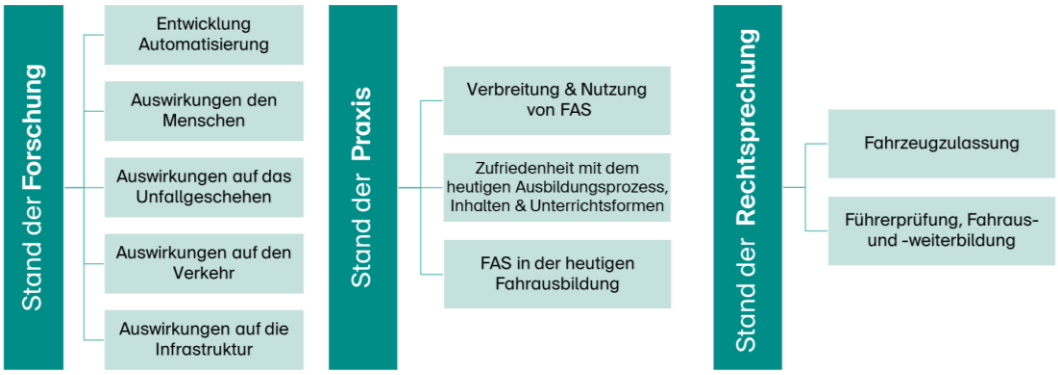


Abb. 12 *Aufbau Kapitel 3.1 «Stand der Forschung»*

3.1.1 Stand der Forschung

Entwicklung Automatisierung

Als einleitender Überblick sind in folgender Tabelle 10 Beispiele bestehender, auf dem Fahrzeugmarkt verfügbarer FAS und Automationssysteme der verschiedenen Automatisierungsstufen aufgezeigt.

Tab. 19 *Aktuell verfügbare FAS / Automatisierungssysteme*

SAE-L0	• Notbremsassistenten ohne und mit Fussgänger- und Velofahrer-erkennung • ESC /ESP (Electronic Stability Control Program) • Abbiegeassistent • ABS (Anti-Blockier-System) • DDAW (Driver Drowsiness and Attention Warning) • NV (Nithgt View Assist) • TSR (Traffig Sign Recognition) • Abstands-, Kollisions-, Spurverlassens-, Totwinkel- und Distanzwarner	• Speed Limiter • eCall-Notrufsystem Kreuzungsassistent • Pre-Collision Assist mit Querverkehr-Erkennung • ESF (Emergency Steering Function) • RD (Reversing Detection) • Notfallassistent • ESS (Emergency Stop System) • Ausweichassistent • ESF (Emergency Steering Function) • Notfall-Spurhalteassistent • LDA (Lane Departure Avoidance) • Alcolock-System
SAE-L1	• Tempomat • ISA (intelligent speed adaption) • Adaptiver Tempomat (ACC) • Spurhalteassistent (LKA) • iPAS	
SAE-L2	• RCP (Remote Controlled Parking) • LKA + ACC (Lane Keep Assist + Adaptive Cruise Control) • Hochentwickelte Spurhalte-, Spurwechsel-, Ausweich-, Notbrems- und Abstandsregelsysteme inkl. adaptivem Tempomat	
SAE-L3	• Staupilot (UN-ECE 157) • Autobahnpilot (UN-ECE 157, im Entwurf)	

Verschiedene Studien beinhalten Schätzungen zur zeitlichen Entwicklung der Automatisierung. Meist betrachten diese Studien die technologische Seite und berücksichtigen die rechtliche Entwicklung nur untergeordnet (vgl. Kapitel 3.1.3).

So skizziert Prognos für drei verschiedene Systeme (Autobahnpilot, Citypilot und Tür-zu-Tür-Pilot[9]), die repräsentativ für entsprechende SAE-Levels stehen, mögliche Anteile an Neuzulassungen (vgl. *Abb. 13*) und am Gesamtbestand (vgl. *Abb. 14*) [29]. Für die Funktion «Autobahnpilot» (entspricht SAE-L3) ist der Anteil an Neuzulassungen und der Anteil am Gesamtbestand weitgehend parallel und kommt im Jahr 2050 zwischen 20 und 30 % zu liegen. Für die Funktion Citypilot (innerorts mit max. 50km/h – entspricht Level 4) wird mit einem Beginn der Durchdringung ab 2035 und einem Anteil bis 2050 um die 20 % gerechnet. Für den Tür-zu-Tür-Pilot (Entspricht SAE-L5) wird ein Markteintritt ab ca. 2042 gesehen und bis 2050 ein Anteil an den Neuzulassungen von max. 15 % und einer Durchdringung am Gesamtbestand von max. 5 % geschätzt.

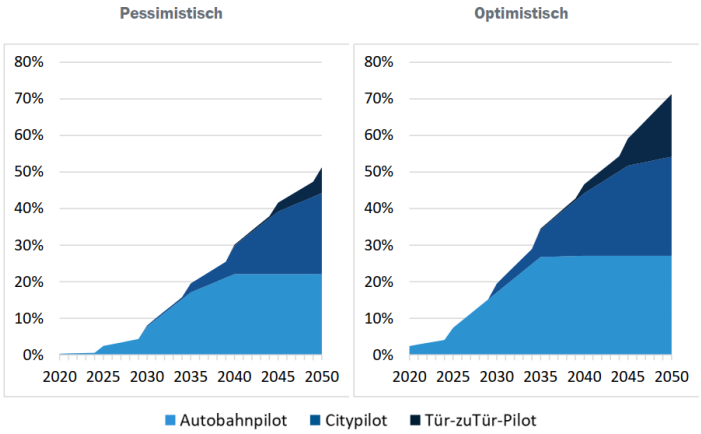


Abb. 13 *Anteil automatisierter Fahrzeuge an Neuzulassungen [29]*

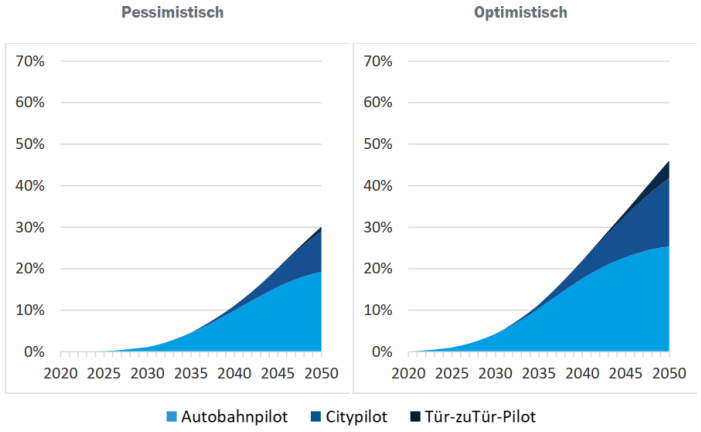


Abb. 14 *Anteil automatisierter Fahrzeuge am Gesamtbestand [29]*

[9] **Autobahnpilot:** Der Autobahnpilot ermöglicht hochautomatisiertes Fahren auf SAE-L4 auf allen Autobahnen. Das Fahrzeug übernimmt auf diesem Strassentyp vollständig ohne Überwachung oder gar Eingreifen der Lenkenden die Fahrzeugsteuerung. Beim Verlassen der Autobahn übergibt das Fahrzeug die Kontrolle wieder an den Fahrzeuglenkenden.
City-Pilot: Der City-Pilot kann nicht nur auf Autobahnen, sondern im gesamten innerstädtischen Bereich bis zu einer Geschwindigkeit von 50 km/h die Steuerung übernehmen. Auf Landstrassen ohne bauliche Trennung der Richtungsfahrbahnen und ohne innerörtliche Geschwindigkeitsbegrenzung muss die Fahraufgabe vom Fahrzeuglenkenden übernommen werden.
Tür-zu-Tür-Pilot: Diese am weitesten gehende Automatisierungsfunktion ermöglicht es Fahrzeugen, das gesamte Strassennetz ohne Zutun eines Lenkenden im automatisierten Modus zu befahren. Auch hier wird die Automatisierung die SAE-L4 umfassen. SAE-L5 und damit das autonome Fahren ohne Menschen an Bord ist nicht vorgesehen.

Einen anderen Ansatz verfolgte eine Studie im Rahmen des ASTRA-Forschungspakets «Auswirkungen des automatisierten Fahrens», indem von der Angebotsseite her Reifepfade von Fahrzeugen verschiedener Angebotsformen betrachtet wurden [30]. Für «Standard»-Fahrzeuge wird mit einer vollen Nutzungsentfaltung auf Stufe SAE-L5 ab dem Jahr 2040 gerechnet. Während «Shuttle»-Fahrzeuge, welche heutigen Kleinbussen mit maximal acht Plätzen entsprechen und für ÖV-ähnliche Angebote gedacht sind, einen Reifegrad aufweisen, welcher etwa fünf Jahre Verzögerung gegenüber demjenigen der Standard-Fahrzeuge hat. Die Überlegungen hier waren nicht technologischer Natur, sondern hinsichtlich der Marktakzeptanz. Die Studie geht davon aus, dass der Siegeszug der Fahrautomatisierung zuerst auf Stufe Personenwagen erfolgt. Sobald dort das Vertrauen in das Funktionieren der Technologie gewachsen ist, liegt auch eine Akzeptanz für weiter gehende Angebotsformen mit automatisierten Fahrzeugen vor.

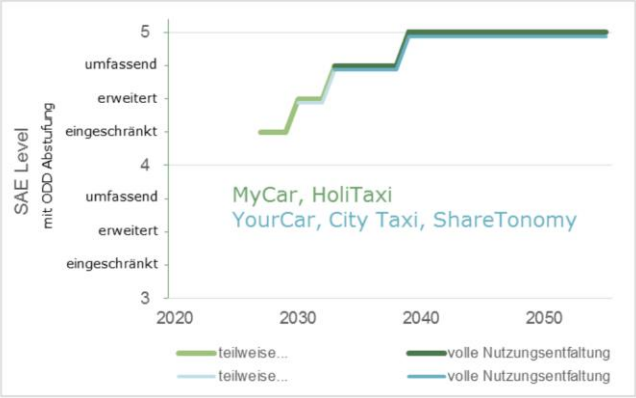


Abb. 15 *Entwicklung Reifegrad «Personenwagen» [30]*

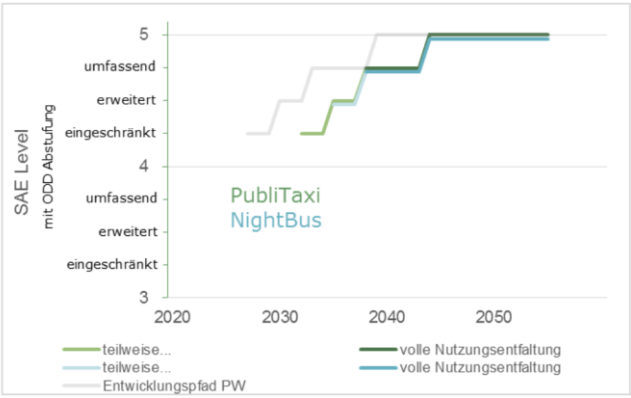


Abb. 16 *Entwicklung Reifegrad «Shuttle-Fahrzeuge» [30]*

Ausgehend von einer Abfolge verschiedener Zustände, die die Zulassung von AF auf verschiedenen Elementen des Strassennetzes widerspiegeln, beschreibt EBP einen möglichen Entwicklungspfad der Automatisierung. Auf eine Nennung eines Jahres oder eines Horizonts wird hier verzichtet, die Durchdringung wird als Sequenzabfolge dargestellt.

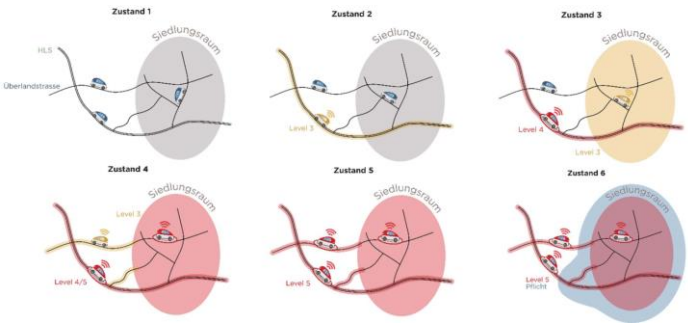


Abb. 17 *Skizzierung der Zustände [31]*

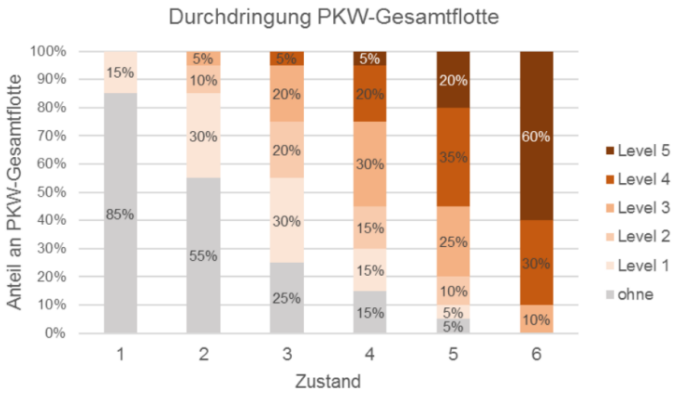


Abb. 18 *Durchdringung Gesamtbestand nach Zuständen [31]*

Grundsätzlich ist der Entwicklungspfad der Automatisierung von drei Komponenten abhängig: der technischen Reife, der rechltichen Grundlage und der gesellschaftlichen Akzeptanz. Mindestens zwei dieser Komponenten (Technologie + Recht oder Technologie + Gesellschaft) müssen über eine Reife verfügen, damit ein Markteintritt überhaupt in Frage kommt und die dritte Komponente «nachzieht», sei es durch Nachvollzug der rechtlichen Grundlagen (siehe Mobilfunk) oder durch Marketingmassnahmen zur Schaffung einer gesellschaftlichen Akzeptanz [30].

Während seitens Technologie-Entwicklung die Angabe einer Jahreszahl für die verschiedenen Automatisierungsstufen denkbar wäre, wäre die Angabe einer Jahreszahl für die rechtliche Zulassung oder für die gesellschaftliche Akzeptanz mit grossen Unsicherheiten behaftet. Entsprechend ist zum jetzigen Zeitpunkt eine Zeitangabe für einen Markteintritt von Fahrzeugen der Level 4 und 5 nicht verlässlich möglich. Wie die Durchdringung bei den Batteriebetriebenen Personenwagen zeigt, kann jedoch der Markt – sobald technisch, rechtlich und gesellschaftlich der Nährboden gegeben ist – sehr schnell wachsen und auch optimistischte Prognosen übertreffen [31].

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass aktuell bereits Fahrzeuge mit FAS des SAE-L2 zugelassen sind und in den nächsten zwei bis vier Jahren solche mit Automatisierungssystemen SAE-L3 dazukommen werden. Ab 2030 sind erste Fahrzeuge mit Auotmatisierungssystemen SAE-L4 zu erwarten und ab 2040 dann solche mit SAE-L5. Man darf davon ausgehen, dass pro Automatisierungsstufe jeweils ca. fünf bis acht Jahre zwischen der ersten Einführung (im Premium-Segment) und der breiten Nutzung (niederklassige Fahrzeugtypen) vergehen. Diese Phasenabfolge entspricht dem (wertschöpfenden) Produktionszyklus der Fahrzeughersteller.

Einen alternativen Weg beschreiten die globalen IT-Unternehmen (Google, Amazon, Apple usw.), die ihrerseits an der Entwicklung automatisierter Fahrzeuge arbeiten. Sie steigen direkt bei Fahrzeugen mit Automatisierungssystemen auf SAE-L5 ein, operieren jedoch

zunächst nur in geografisch kleinen Räumen (sogenannten ODD Operational Design Domains) und somit auf SAE-L4. Ihre Strategie sieht vor, diese ODD ständig zu vergrössern, bis sie flächendeckend operieren. Welcher der beiden Strategien (Fahrzeughersteller oder globale IT-Unternehmen) die flächige Verbreitung von SAE-L5-Fahrzeugen als erste erreichen, ist noch nicht absehbar.

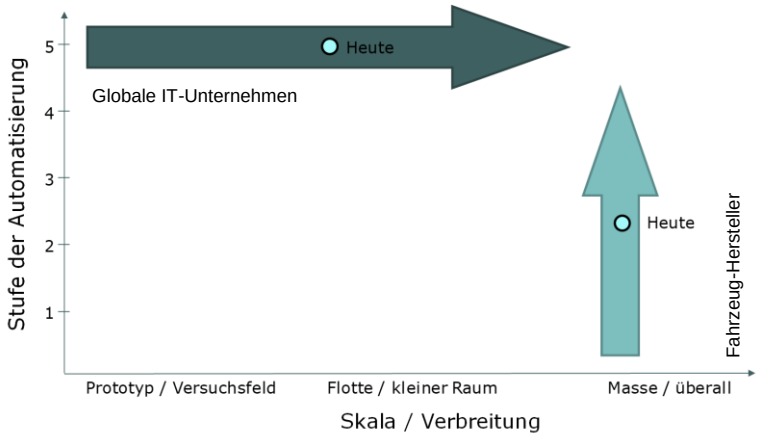


Abb. 19 *Strategiepfade in Richtung SAE-Level 5 (eigene Darstellung)*

Auswirkungen auf den Menschen

Mit zunehmender Automatisierung der Fahrzeuge verändert sich die Rolle und damit die benötigen Kompetenzen für die Fahrzeuglenkenden [32]. Statt des aktiven Führens eines Fahrzeugs übernimmt der Mensch eine überwachende, passive Rolle. Zahlreiche Veröffentlichungen weisen darauf hin, dass Menschen grosse Schwierigkeiten haben, eine überwachende Rolle dauerhaft auszuüben [33,34], die aber bei Fahrzeugen, die mit FAS der Stufe SAE-L2 fahren, noch notwendig sind. Insbesondere, wenn ein System sich als sehr reliabel erweist und Fehler nur sehr selten auftreten, nimmt die menschliche Überwachungsleistung ab [35,36]. In der Folge zeigen sich in Studien [z. B. 37], aber auch bei dokumentieren Unfällen (vgl. «Auswirkungen auf das Unfallgeschehen», S. 53ff) Verstösse gegen die erforderliche Überwachung der Automation in Form von Zuwendung hin zu Nebenaufgaben.

Situationsverstehen

Findet keine oder nur eine unzureichende Überwachung der Automation statt, steigt die Gefahren der Out-of-the-loop-unfamiliarity [38]. Dieses Phänomen tritt in Situationen ein, in denen die fahrende Person nicht mehr unmittelbar in das Geschehen involviert ist und sich daraus ein verringertes Situationsverständnis ergibt, da die relevanten Aspekte zum Verstehen der Situation nicht oder nur unzureichend erfasst werden. Unter Situationsverständnis bzw. Situationsbewusstsein (engl. situation awareness) wird verstanden, dass eine Person die Vorgänge um sich herum nachvollziehen und abschätzen kann, wie sich die Situation entwickeln könnte [39]. Der Theorie zufolge werden einzelne Elemente der Situation (z. B. Betätigung des Blinkers, Aufleuchten der Bremslichter oder einsetzender Starkregen) zu einem Gesamtbild zusammengefügt, das es ermöglicht, zu erkennen, wie die Situation sich weiter entwickeln wird. Ist eine Übernahme durch die fahrende Person notwendig, ist es entscheidend, dass die Person die Vorgänge um sich herum schnell erfassen kann, um mit ausreichender Qualität, aber auch mit angemessener Geschwindigkeit übernehmen zu können. Auf SAE-L2 besteht dabei die grosse Gefahr, dass das Zeitfenster, das der fahrenden Person zur Übernahme eingeräumt werden kann, nicht ausreicht, um die Situation ausreichend zu erfassen. Auf SAE-L3, ab dem die Zuwendung hin zu anderen Tätigkeiten erlaubt ist, kann das fehlende Situationsverständnis ebenfalls zur Gefahr werden, wenn zuvor über einen längeren Zeitraum nicht manuell gefahren wurde und

die Person sich zunächst orientieren muss. Zur Bewertung der tatsächlichen Gefahr wäre es von grosser Bedeutung, zu wissen, wie die fahrenden Personen durch ihr Fahrzeug bei der Entwicklung des Situationsverstehens unterstützt werden. Unterschiedliche Studien [z. B. 40–42] zeigen auf, wie durch die Mensch-Maschine-Schnittstelle bzw. -Interaktion das Situationsverständnis adressiert werden könnte. Derzeit besteht allerdings keine verpflichtende Regelung, wie Fahrzeughersteller die Fahrzeugenkenden bei der Entwicklung des Situationsverständnis unterstützen sollten.

Mode awareness, mode confusion und mentales Modell

Basierend auf den SAE-Stufen ist es erforderlich, dass Lenkende die Grenzen der Automation und die daraus resultierenden Aufgaben und Verantwortlichkeiten kennen. Das Verständnis, welche Automationsstufe derzeit aktiv ist, welche Aufgaben von der Automation übernommen werden können und welche Aufgaben und Verantwortlichkeiten bei der fahrenden Person liegen, wird als mode awareness bezeichnet. Ähnlich wie beim Situationsbewusstsein entwickelt sich mode awareness über die Wahrnehmung und die richtige Interpretation des Systemverhaltens sowie das bestehende Wissen, was entsprechend eine Projektion über das zukünftige Verhalten zulässt [43]. Eine fehlende oder unzureichende mode awareness wird als mode confusion bezeichnet [z. B. 44,45]. Diese Problematik ist bereits aus der Luftfahrt bekannt und tritt auf, wenn ein System mehrere Stufen der Automation umfasst [46]. Es ist auch unter dem Begriff der «Automation surprise» bekannt, bei der die nutzende Person nicht versteht, warum das System sich auf eine für die nutzende Person nicht nachvollziehbare Weise verhält [47].

In Bezug auf die parallele Verfügbarkeit von SAE-L2 und L3-Fahrzeugen besteht die Gefahr, dass fälschlicherweise eine höhere Automationsstufe angenommen wird als tatsächlich im Fahrzeug vorhanden ist oder dass Verwirrung darüber entsteht, welche Aufgaben das Fahrzeug mit welcher Zuverlässigkeit übernimmt. In Fahrsimulatorstudien zeigte sich, dass bei der Transition von SAE-L3 auf SAE-L2 mode confusion auftreten kann [45]. Entsprechend werden Nebenaufgaben ausgeführt, obwohl eine Überwachung der Automation notwendig wäre [37]. Insbesondere ein häufiger Wechsel zwischen verschiedenen Automationsstufen oder auch mehreren Fahrzeugen, die auf unterschiedlichen Automationsstufen fahren bzw. diese unterschiedlich umsetzen, könnte eine mode confusion oder Fehleinschätzung der Fähigkeiten eines Systems begünstigen [47,48]. Es wird davon ausgegangen, dass Lenkende in diesen Fällen über ein fehlerhaftes bzw. nicht adäquates mentales Modell der Automation und ihrer Funktionalität verfügen [47]. Zudem ist für ein adäquates mentales Model einer Automation mehr Wissen notwendig als nur ein Verständnis darüber, welches System aktiv ist. Unter dem mentalen Modell versteht man die internale Repräsentation sowie das Verständnis und das Wissen über ein System oder eine Situation. Es zeigt sich, dass es einen deutlichen Zusammenhang zwischen dem mentalen Modell und dem gezeigten Verhalten gibt [49]. Gerade bei Neulenkenden ist das mentale Modell noch in der Entwicklung. Einige tragische Unfälle (siehe Medienanalyse) legen die Vermutung nahe, dass Lenkende die Fähigkeiten der automatisierten Autos überschätzen, was mit einem falschen mentalen Model der Automation einhergeht Dies hat bereits zu gefährlichen Unfällen und Beinahe-Unfällen geführt. Ein möglicher Ansatz, der Problematik entgegenzuwirken, ist es, gezielt das mentale Modell von (Neu-)Lenkenden zu adressieren.

Vertrauen

Ein fehlerhaftes mentales Model wirkt sich auch auf das Vertrauen aus, das der Automation entgegengebracht wird. Insgesamt bedarf es einem angemessenen Vertrauen in die Automation, dem sogenannten calibrated trust [50,51], um das volle Potenzial der Automation auszuschöpfen. Damit ist gemeint, dass das Vertrauen in ein System den Fähigkeiten des Systems entspricht. Damit geht einher, dass man weiss, wann die Automation übernehmen kann und wann der Mensch die Kontrolle behalten sollte. Ein übersteigertes Vertrauen

(overtrust) kann zur falschen Nutzung des Systems führen, die im schlimmsten Fall in einem Unfall endet. Es zeigte sich, dass eine längere Nutzung eines sehr reliablen Systems dazu verleiten kann, Übervertrauen zu entwickeln [52]. Von Misstrauen (distrust) spricht man, wenn der menschliche Fahrer die Kontrolle behält, obwohl die Automation eine effizientere oder sicherere Fahrweise erreichen könnte – damit kann das Potenzial der Automation nicht ausgeschöpft werden. Wie stark die Lenkenden der Automation vertrauen, wird zudem massgeblich von der Reliabilität des Systems beeinflusst und beeinflusst wiederum das Verhalten. Dafür ist eine Transparenz über die Systemgrenzen entscheidend. Studien zeigen, dass bei längerer Nutzung ohne Fehler das Vertrauen wächst [53,54]. Das konnte auch für die Nutzung von ACC-Systemen gezeigt werden [55,56].

Manuelle Fähigkeiten

Darüber hinaus zeigt sich in Studien aus dem Luftverkehr, dass manuelle Kompetenzen durch die Nutzung der Automation nachlassen; Kompetenzen, die weiterhin benötigt werden [57]. Denn auch SAE-L3 fordert die lenkende Person in bestimmten Situationen auf, die Kontrolle zu übernehmen.

Insbesondere für Neulenkende stellt automatisiertes Fahren eine Herausforderung dar, nicht zuletzt, weil sie noch keine oder wenig Fahrpraxis mitbringen und in der bisherigen Ausbildung eine Unterweisung in automatisiertes Fahren nicht vorgeschrieben ist. Zudem besteht die Gefahr, dass sie durch eine häufige Nutzung automatisierter Fahrzeuge die Fahrfähigkeiten und Fahrfertigkeiten, die für ein sicheres Steuern eines Fahrzeugs notwendig sind, nicht ausreichend erwerben bzw. nicht ausreichend üben [58].

Neben Verbesserungen im Design und der Nutzeroberfläche sind Training und Information der Fahrzeuglenkenden Möglichkeiten, den möglichen Gefahren des automatisierten Fahrens vorzubeugen. Daher kann eine veränderte Schulung dazu beitragen, dass sie unabhängig von diesen herstellerspezifischen Designs automatisierte Fahrzeuge sicher im Strassenverkehr nutzen. Die Art und der Inhalt dieser Schulung sind jedoch durch die bisherige Forschung nicht identifiziert [49]. Im Fahrzeughandbuch über die Fähigkeiten und Systemgrenzen zu informieren, erwies sich in bisherigen Studien als nicht ausreichend [59].

Auswirkungen auf das Unfallgeschehen

Im schlimmsten Fall äussert sich ein menschliches Fehlverhalten in der Interaktion mit automatisierten Fahrzeugen in einem Unfall. Die im Rahmen der Medienanalyse berücksichtigten Unfälle beziehen sich auf Fahrzeuge, die mit Automation auf SAE-Level 2 ausgestattet waren. Medienwirksam sind vor allem schwere und tödliche Unfälle, leichte Unfälle oder Beinaheunfälle sind hingegen in der Medienanalyse nicht vertreten. Eine besondere Schwierigkeit im Zusammenhang mit tödlichen Unfällen ist, dass sich das Unfallgeschehen nicht umfassend rekonstruieren lässt und die Medienartikel teilweise Spekulationen beinhalten, das vor allem auf die Intentionen sowie das Verständnis über die Automation bezogen ist. Nicht selten wird in den Artikeln Kritik an den Fahrzeugherstellern, insbesondere an Tesla und dem sogenannten Autopiloten, geübt. Die Kritik bezieht sich vor allem auf die überhöhten Erwartungen, die der Name Autopilot suggeriert, und auf unzureichende Kommunikation der Systemgrenzen der automatisierten Fahrzeuge. In diesem Zusammenhang ergab die Analyse, dass bei der Mehrheit der Unfälle die fahrende Person hätte übernehmen müssen, weil die Automation die vorherrschende Situation nicht richtig erkannt hat. Dabei handelte es sich beispielsweise um das Nichterkennen einer die Strasse querenden Fussgängerin oder die Verwechslung einer weissen Plane eines querenden Aufliegers mit dem Himmel, wie es im ersten dokumentierten tödlichen Unfall eines Teslas mit «Autopilot» hiess. In den beschriebenen Unfällen waren die fahrenden Personen allerdings durch fahrfremde Tätigkeiten, etwa das Schauen eines Filmes oder die Nutzung des Smartphones, abgelenkt und griffen nicht oder zu spät ein.

Zumindest in einem dokumentierten Fall hat möglicherweise auch mode confusion zum Unfallgeschehen beigetragen. Bei einem tödlichen Unfall, bei dem das Auto gegen einen Baum geprallt ist, gaben die Verunfallten vor der Fahrt an, die Automation testen zu wollen. Laut Unfallbericht war der Autopilot allerdings zum Zeitpunkt des Unfalls nicht aktiv, sondern das ACC (Active cruise control). Der Bericht legt nahe, dass der Fahrer sich nicht im Klaren war über die Grenzen des Systems und es daher zu einem tragischen Fall von «misuse» kam (Lambert, 2021).

Auswirkungen auf den Verkehr

Davon ausgehend, dass die gesamte Fahrzeugflotte vollautomatisiert (SAE-L5) ist, können bestimmte isolierte Effekte auf den Verkehr angenommen werden. Kontinuierlich unterstützende FAS wie der Geschwindigkeitsassistent auf SAE-L1 sorgen für einen etwas homogeneren Verkehrsfluss und verbessern dadurch in kleinem Mass die Kapazität.

Fahrzeuge mit Automatisierungssystem auf SAE-L3 (z. B. Staupilot) sorgen weitergehend für eine Homogenisierung des Verkehrsflusses, was sich kapazitätsfördernd auswirken kann. Hingegen bleiben die Abstände zwischen den Fahrzeugen unverändert, wodurch sich keine massgeblichen Leistungssteigerungen ergeben.

Bei Fahrzeugen mit Automatisierungssystem des SAE-L4 können bei Vernetzung zwischen den Fahrzeugen deren Abstände – initial in Längsrichtung, später auch in Querrichtung – stark verkleinert werden. In Längsrichtungen lassen sich auf diese Weise Fahrzeuge elektronisch zu Fahrzeug-Verbänden – sogenannten Platoons – koppeln, die mit nur wenigen Metern Abstand zueinander verkehren [60]. In einem insolierten Betrieb sind auf diese Weise deutliche Leistungssteigerungen erreichbar.

Ab SAE-L5 kann in einem isolierten System durch eine elektronische Spurführung auch der Querabstand zwischen den Fahrzeugen deutlich verringert werden. So wäre es möglich, auf bestehenden Fahrbahnbreiten zusätzliche (elektronische) Fahrspuren zu aktivieren.

In der Realität wird es allerdings so sein, dass Fahrzeuge mit Assistenz- oder Automatisierungssystemen noch lange gemeinsam mit konventionellen (nicht-assistierten oder automatisierten) Fahrzeugen im Mischverkehr verkehren. Entsprechend reduzieren sich die leistungssteigernden Effekte aus dem isolierten Betrieb – oder sie fallen gar ins Gegenteil.

Im Mischverkehr mit teil- und bedingt automatisierten Fahrzeugen (SAE-L2 und L3) sind die Effekte gering. Die kapazitätsfördernden Effekte aus der Homogenisierung des Verkehrs durch FAS werden wieder abgeschwächt. Unklar ist, ob und in welchem Mass der Fahrstil der konventionell Fahrzeuglenkenden im Mischverkehr mit solchen Fahrzeugen homogener wird. Unabhängig davon könnten im Mischverkehr Sekundäreffekte entstehen, welche zu Verringerungen der Kapazität, aber auch der Sicherheit führen können. So ist denkbar, dass konventionell Fahrzeuglenkende z. B. sich «verfolgt» fühlen, wenn ihnen Fahrzeuge mit Abstandshalter über längere Strecke in konstantem Abstand folgen, und daraufhin bewusst zu einer inhomogenen Fahrweise übergehen. Oder Fahrzeuglenkende konventioneller Fahrzeuge reagieren ungehalten auf ein langsames Überholmanöver eines Fahrzeugs mit Assistenz- oder Automatisierungssystem (SAE-L2 und höher), das auf einen geringen Geschwindigkeitsunterschied zurückzuführen ist.

Im Mischverkehr mit hochautomatisierten Fahrzeugen (SAE-L4) wären die Effekte von grösserer Tragweite. So haben theoretische Untersuchungen ergeben, dass erst ab einer Durchdringungsrate mit solchen Fahrzeugen von 40 % leistungssteigernde Effekte zu erwarten sind [61]. In welchem Umfang zum Zeitpunkt einer weiten Verbreitung von solchen Fahrzeugen konventionelle Fahrzeuge überhaupt noch verkehren, ist hingegen unklar.

Noch deutlicher in diese Richtung wären Effekte im Mischverkehr mit vollautomatisierten Fahrzeugen (SAE-L5). Modelluntersuchungen zu Leistungsfähigkeiten von Autobahnen im Mischverkehr, welche im Rahmen des Forschungspakets «Auswirkungen des automatisierten Fahrens» des ASTRA erfolgt sind, legen dar, dass bis zu einer Verbreitung von

40 % vollautomatisierter Fahrzeuge und 60 % teil-, bedingt und hochautomatisierter Fahrzeuge (SAE-L2 bis L4) die Leistungsfähigkeiten von Autobahnen abnehmen. Erst aber einem Mischverhältnis von 54 % mit vollautomatisierten Fahrzeugen (und 46 % Fahrzeuge der SAE-L2 bis L4) erreicht die resultierende Kapazität den Ausgangswert einer rein konventionellen Fahrzeugflotte. Mit der höheren Durchdringungsrate an FAS bei SAE-L5-Fahrzeugen steigt der Kapazitätsgewinn dann jedoch stark an und erreicht bis zur vollen Durchdringung einen Kapazitätsgewinn von 30 % [62]. Dies alles unter der Annahme des hier beschriebenen Mischverkehrs.

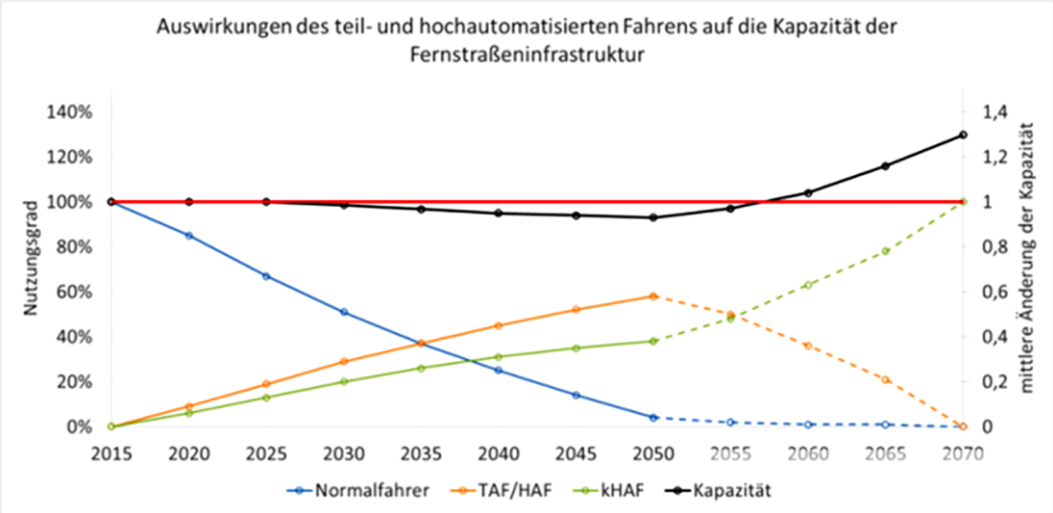


Abb. 20 *Auswirkungen Mischverkehr auf die Kapazität von Autobahnen.*
TAF/HAF = teil-/bedingt/hochautomatisierte Fahrzeuge (SAE-L2 bis 4), kHAF = vernetzte hochautomatisierte Fahrzeuge= vollautomatisierte Fahrzeuge (SAE-L5) [62]

Inwiefern Mischverkehrssituationen realistisch sind, in denen sich konventionelle Fahrzeuge und Fahrzeuge aller weitere SAE-Level begegnen, kann nicht beurteilt werden. Es darf davon ausgegangen werden, dass unterstützende Systeme, deren Vorteile für den einzelnen Nutzer erkennbar sind, eine schnelle und frühzeitige Akzeptanz erfahren und zu einem schnelleren Flottenwechsel führen als bisher. Insbesondere darf dieser Effekt bei Fahrzeugen im Wirtschaftsverkehr (Nutzfahrzeuge, Fahrzeuge im Geschäftsverkehr) erwartet werden.

Auswirkungen auf die Infrastruktur

Bei der Entwicklung hin zum assistierten und automatisierten Fahren noch nicht abschliessend geklärt ist das zukünftige Zusammenspiel zwischen Fahrzeug und Strasse. Wird die gesamte Intelligenz für ein automatisiertes Fahren auf dem Fahrzeug installiert sein und die Strasse «dumm» bleiben? Oder wird die Strasse einen Teil der Funktionen für automatisiertes Fahren übernehmen? Die Diskussion geht hier vor allem in Richtung der Ausrüstung der Strasseninfrastruktur mit Elementen, welche die Orientierung und das Verkehren der Fahrzeuge auf der Strasse unterstützen. Angefangen bei der Strassenmarkierung über die Signalisation bis zum Sender zur Bestimmung der Position.

Inhalt der Diskussionen sind vor allem die Verlässlichkeit und die Verfügbarkeit der strassenseitigen Elemente. Denn baut z. B. ein Fahrautomatisierungssystem bei der Positionierung auf der Strasse auf das Empfangen von Signalen von Sendern am Strassenrand auf, so muss seitens des Strasseneigentümers oder dessen Betreiber sichergestellt sein, dass dieses Element jederzeit einwandfrei funktioniert und zur Verfügung steht. Diese Verpflichtung können und wollen Strasseneigentümer aktuell nicht eingehen. Zumal diese Anforderungen auch bei unterschiedlichsten Witterungsbedingungen bestehen bleiben (Schnee, Nebel, Eisregen). Aber auch unabhängig von der Witterung werden Strasseneigentümer

kaum eine Verpflichtung eingehen können, zu garantieren, dass z. B. die Strassenmarkierung überall lückenlos und jederzeit gut sichtbar vorhanden ist, z. B. auch unmittelbar nach einem Unfall.

Entsprechend geht die Tendenz in die Richtung, dass Fahrautomatisierungssysteme die Fähigkeiten und Fertigkeiten von Fahrzeuglenkenden beherrschen und auch mit nicht perfekten Infrastruktursituationen umgehen können müssen. Das heisst, die gesamte Intelligenz für automatisiertes Fahren wird auf dem Fahrzeug umgesetzt sein müssen und die Strasse bleibt «dumm» [63]. Dies bringt dahingehend einen Vorteil, dass für Fahrzeuglenkende nichts spürbar ändert. D. h., sie müssen keine neuen (für die Automatisierung erforderlichen) Infrastrukturelemente kennen oder zu befolgen lernen.

Seitens der Infrastruktur vorangetrieben werden hingegen Installationen für ein sicheres Senden und Empfangen von Daten von und zu den Fahrzeugen (V2X), dies sowohl auf der freien Strecke wie auch in Tunnels. Das heisst, die Strassenbetreiberinnen und Strassenbetreiber sorgen über strassenseitige Ausrüstungen dafür, dass für die Fahrautomatisierungssysteme eine Konnektivität zu den Daten, die sie zum Fahren brauchen, zur Verfügung steht. Hingegen senden die Strasseninfrastrukturen selbst keine eigenen Daten.

Eine Ausnahme könnte die Signalisation darstellen. Hier sind aktuell Bemühungen im Gang, die Signalisierungen zu digitalisieren, sodass sie von Fahrautomatisierungssystemen auf digitalem Weg zur Verfügung stehen (und nicht nur visuell über das Strassenschild). Die Motivation liegt dabei vor allem darin, einen weltweit geltenden Standard zu Signalisierungen zu schaffen, sodass die Fahrautomatisierungssysteme nicht mit den heutigen, länderspezifisch unterschiedlichen Ausprägungen von Strassenschildern konfrontiert werden (mit der Gefahr, dass Strassenschilder falsch interpretiert werden).

Zusammenfassend darf davon ausgegangen werden, dass die Strasseninfrastruktur weitgehend so bleiben wird, wie sie aktuell ist. Womöglich bewirkt eine zunehmende Verbreitung von automatisierten Fahrzeugen jedoch, dass das Infrastruktur- und Ausrüstungsniveau heutiger Autobahnen für alle nachgelagerten Strassen zur Pflicht wird und ein qualitativ höherer Standard hinsichtlich Lesbarkeit und Verfügbarkeit gefordert wird. Dies kommt aber auch den Fahrzeuglenkenden zugute.

3.1.2 Stand der Praxis

Verbreitung und Nutzung von FAS

Fahrerassistenzsysteme (bis SAE-L2)

Spezifische FAS (bis SAE-L2) sind mehr als der Hälfte aller Befragten bekannt, die Kenntnisse sind aber je nach System unterschiedlich ausgeprägt (58). Während für über 90 % der Befragten der Einparkassistent und für über 80 % der Befragten der Notbremsassistent ein Begriff ist, sind der Spurhalteassistent und die intelligente Verkehrszeichenerkennung, beide mit aktivem Lenkeingriff, weniger bekannt (75 % resp. 65 %). Männern sind die Systeme besser bekannt als Frauen (90 % vs. 77 %). *Abb. 22* zeigt die Verbreitung von FAS, die von den PW-Lenkenden am häufigsten gefahren werden. Am wenigsten verbreitet sind FAS bei Fahrzeuglenkenden zwischen 18 und 24 Jahren. Alle FAS, zu denen Fahrzeuglenkende befragt wurden, sind bei Frauen weniger verbreitet als bei Männern.

Je mehr Fahrzeuge mit FAS ausgestattet sind, desto grösser ist der Einfluss auf die Strassenverkehrssicherheit. Die Ergebnisse der Befragung zeigen jedoch, dass gewisse Systeme von Fahrzeuglenkenden bewusst ausgeschaltet werden (*Abb. 23*). Der Notbremsassistent ist laut der Umfrage bei 84 % der Fahrzeuglenkenden immer aktiv. Nur gut ein Drittel der im Jahr 2021 Befragten aktiviert beispielsweise immer den Spurhalteassistenten, der bei Bedarf aktiv in die Fahrzeuglenkung eingreift. In lediglich zwei von zehn Fahrzeugen ist ISA mit aktivem Lenkeingriff immer eingeschaltet. Männer schalten FAS grundsätzlich etwas häufiger aus als Frauen.

Die Bereitschaft der Fahrzeuglenkenden, an einem halbtätigen Weiterbildungskurs zum Thema FAS teilzunehmen, ist bei knapp der Hälfte der Befragten vorhanden. Eine Voraussetzung für die Mehrheit ist, dass dieser mit keinen Mehrkosten verbunden ist (*Abb. 24*).

Fahrzeuge mit Automatisierungssystemen (ab SAE-L3)

Fühlen sich Fahrzeuglenkende im Umgang mit automatisierten Funktionen überfordert, würde die Mehrheit der Befragten diese abschalten (*Abb. 25*). Jede/-r zweite Fahrzeuglenkende glaubt allerdings, dass er oder sie automatisierte Funktionen intuitiv versteht oder dass diese selbsterklärend sind. Dies trifft wiederum mehr auf Männer (54 %) zu als auf Frauen (40 %) und mehr auf jüngere Fahrerinnen und Fahrer zwischen 18 und 49 Jahren (ca. 50 %) als auf Lenkende zwischen 50 und 64 Jahren (44 %), mit einer Tendenz zu einem weiteren Rückgang ab 65 Jahren (37 %).

Nur etwas mehr als die Hälfte der Befragten sieht bei sich selbst einen tatsächlichen Schulungsbedarf bezogen auf selbstfahrende Fahrzeuge (*Abb. 25*). Frauen (72 %) und Fahrzeuglenkende im Alter ab 50 Jahren sehen den Bedarf eher (50–64 Jahre: 71 %, 65 und älter: 75 %) als Männer (56 %) und Lenkende im Alter von 18 bis 24 Jahren (50 %) und solchen zwischen 25 und 49 Jahren (57 %). Dies, obwohl grundsätzlich Einigkeit darüber herrscht, dass zusätzliche Informationen oder Schulungen zum Strassenverkehr mit selbstfahrenden Fahrzeugen notwendig sind, auch wenn die Fahrzeuge in Zukunft vermutlich selbst fahren werden. Der geringe Anteil der Befragten, die nicht zustimmen, besteht hauptsächlich aus jüngeren und männlichen Fahrzeuglenkenden, verglichen mit älteren und weiblichen Fahrzeugführenden.

Abb. 21 *Anteil der Personen, die zumindest teilweise Auto fahren, denen folgende FAS bekannt sind (2019–2021). Befragte Personen: Personen, die zumindest selten Auto fahren (1179 im Jahr 2020, 1408 im Jahr 2019, 1048 im Jahr 2020).*

Abb. 22 *Verbreitung der FAS in den Fahrzeugen, die von den PW-Lenkenden am häufigsten gefahren werden (2019–2021). Befragte Personen: Personen, die zumindest selten Auto fahren (1179 im Jahr 2020, 1408 im Jahr 2019, 1048 im Jahr 2020).*

Abb. 23 *Anteil PW-Lenkende, die zumindest ab und zu folgende FAS deaktivieren (2019–2021). Befragte Personen: Personen, deren Fahrzeug solche FAS besitzt.*

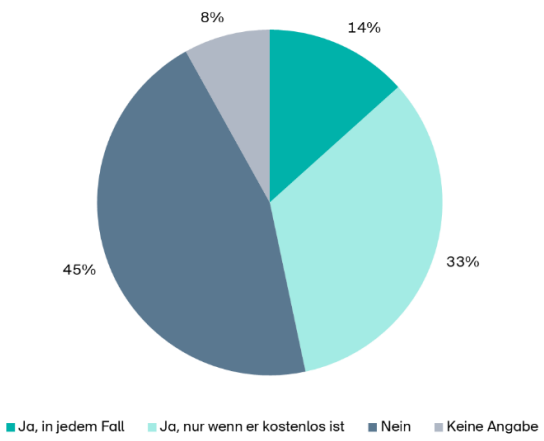


Abb. 24 *Bereitschaft, an einem halbtätigen Weiterbildungskurs zum Thema FAS teilzunehmen (2021). Befragte Personen: n = 1258.*

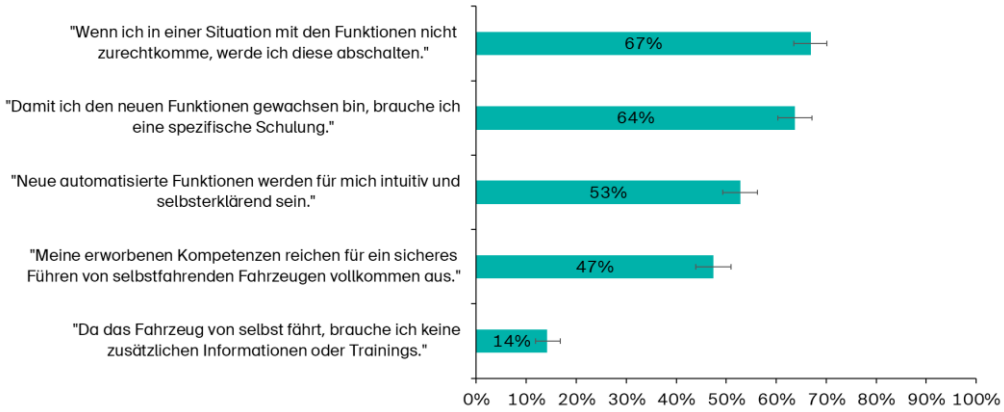


Abb. 25 *Anteil Personen, für die folgende Aussagen (eher) zutreffen (2021). Befragte Personen: n = 1048, die zumindest teilweise Auto fahren.*

Zufriedenheit mit heutigem Ausbildungsprozess, Inhalten und Unterrichtsformen

Im Zusammenhang mit der im Rahmen des Projekts durchgeführten Onlineumfrage zeigt sich folgendes Bild in Bezug auf die derzeitige Fahrausbildung.

Die Mehrheit der befragten Personen (89 %) findet den heutigen Prozess der Fahrausbildung zumindest eher sinnvoll (*Abb. 26*). Ebenfalls sind die meisten der befragten Personen mit den aktuellen Unterrichtsformen (85 %) und Ausbildungsinhalten (87 %) mindestens eher zufrieden (*Abb. 27*). Sowohl die Ausbildungsinhalte der theoretischen Fahrausbildung (87 %) als auch jene der praktischen Fahrausbildung (92 %) und des Verkehrskundeunterrichts VKU (85 %) erachten die meisten der befragten Personen als mindestens eher vollständig (*Abb. 28*). Ein ähnliches Bild zeigt sich bezogen auf die inhaltliche Vollständigkeit des VKU.

Personen, die den Prozess der Fahrausbildung (eher) nicht für sinnvoll halten und/oder angaben, dass sie mit den derzeitigen Ausbildungsinhalten nicht oder eher nicht zufrieden sind sowie die Vollständigkeit der theoretischen und praktischen sowie des VKU als (eher) unvollständig einstuften, erhielten die Möglichkeit, ihre Antwort in einem offenen Antwortformat zu begründen. Im Folgenden werden exemplarisch Ergebnisse aufgezeigt.

Neben organisatorischen Fragen (z. B. Sinnhaftigkeit des Zeitpunkts des VKU) und relativ hohen Kosten (z. B. aufgrund des Modells der Zwei-Phasen-Ausbildung) wurde vor allem erwähnt, dass die Inhalte der Theorieprüfung nicht nachhaltig gelernt (auswendig gelernt) würden, da sie auf dem Markt erhältlich sind (z. B. Apps).

Sowohl bezogen auf die theoretische als auch auf die praktische Fahrprüfung und den VKU wurden Aspekte genannt, die übergeordnet der GDE-Matrix zugeordnet werden können (z. B. Gruppendynamik, «jugendlicher Leichtsinn», Faktor Mensch, persönliche und psychische Eignung zum Fahren, Situationen richtig einschätzen, andere Verkehrsteilnehmende einschätzen, mit Stresssituationen umgehen). Die GDE-Matrix erklärt die Fahraufgabe anhand von verschiedenen hierarchischen Aufgabenebenen (z. B. «Ziele und Kontext des Fahrens») und mehreren Kompetenzdimensionen (z. B. «Selbstbeurteilung»). Sie zeigt auf, dass nebst Fahrfertigkeiten und Regelkenntnis auch Umstände und Motive der Fahrt sowie persönliche Werthaltungen von Bedeutung sind. Der Matrix liegt die Annahme zugrunde, dass Lenkende sicherer unterwegs sind, wenn sie generelle und persönliche Risiken der Verkehrsteilnahme im Sinne der Bewusstseinsbildung und Selbsteinschätzung beurteilen lernen. Damit steigern sie die Risikokompetenz.

Bezogen auf die praktische Fahrausbildung und den VKU wurde der Wunsch geäussert, auch stärker auf alltägliche Herausforderungen beim Autofahren einzugehen. Aufgezählte Beispiele waren korrektes Verhalten bei einem Unfall, bei einer Panne oder das «Reisverschlusssystem».

Letztlich gab es bezogen auf die Integration des Themas FAS in den theoretischen und/oder praktischen Fahrunterricht nur sehr wenige Nennungen. Vereinzelt genannt wurden allgemeine Aspekte der zunehmenden Automatisierung, die Verwendung und der Umgang mit neuer Technik bzw. FAS sowie rechtliche Aspekte zu Fahrzeugen mit Automatisierungssystem («selbstfahrende Fahrzeuge»).

Didaktisch/methodische Aspekte wurden ausschliesslich bezogen auf den VKU thematisiert. Gewünscht wurden beispielsweise weniger Frontalunterricht, mehr praktische Übungen und allgemein mehr Abwechslung in der Wahl der Unterrichtsmethoden.

Wie sinnvoll finden Sie den heutigen Prozess der Fahrausbildung?

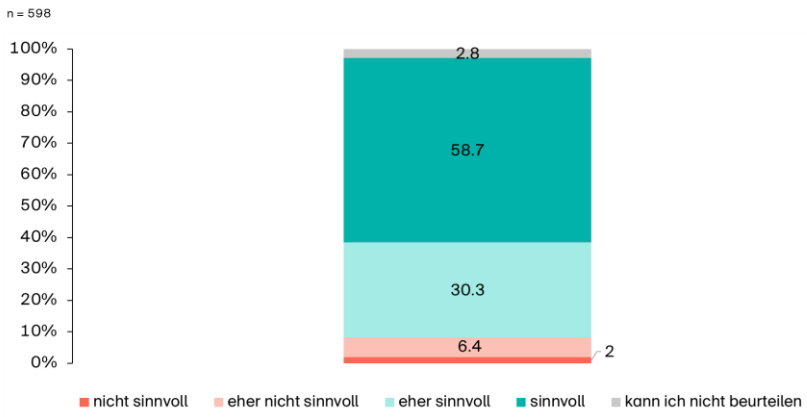


Abb. 26 *Sinnhaftigkeit des heutigen Fahrausbildungsprozesses*

Wie zufrieden sind Sie im Allgemeinen ...

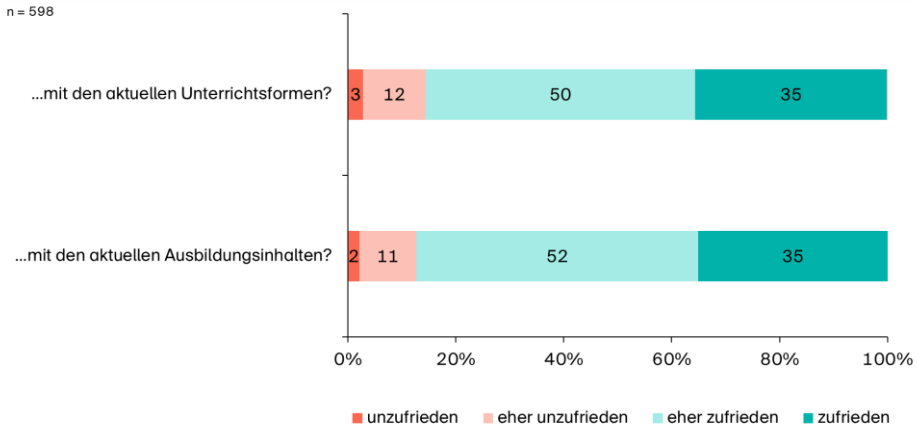


Abb. 27 *Zufriedenheit mit den Unterrichtsformen und Ausbildungsinhalten*

Wie vollständig finden Sie die Ausbildungsinhalte ...

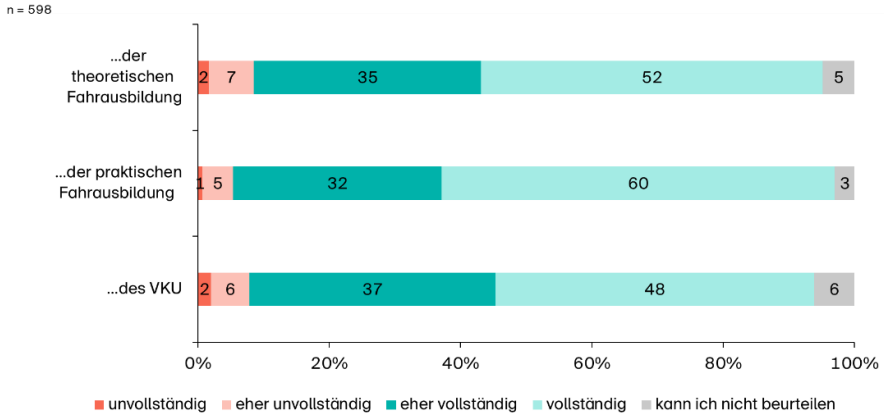


Abb. 28 *Vollständigkeit der theoretischen und praktischen Fahrausbildung und des VKU*

Im Fahrunterricht habe ich die wichtigsten Informationen zu FAS / Fahrzeugautomatisierung gegeben / erhalten.

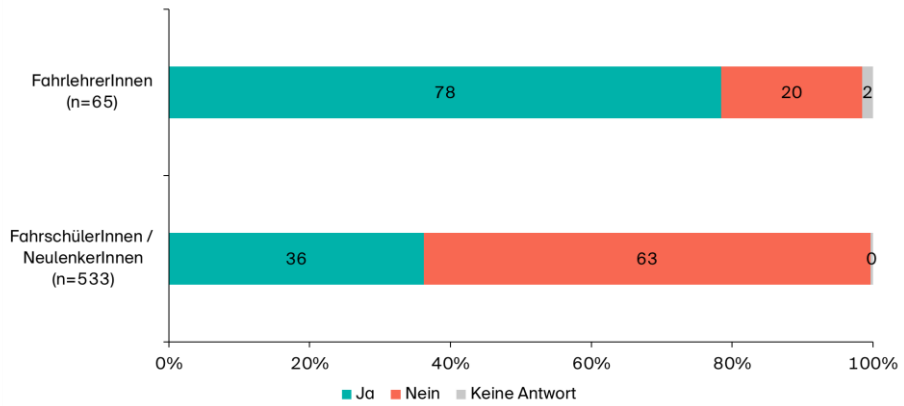


Abb. 29 *Informationen zu FAS im Fahrunterricht*

FAS in der heutigen Fahrausbildung

In der heutigen Fahrausbildung in der Schweiz spielen FAS und das automatisierte Fahren kaum eine Rolle. Verglichen mit der in [64] geschilderten Situation in Deutschland gibt es in der Schweiz noch keinen festgelegten, einheitlichen Standard, wie FAS im Rahmen der Fahrausbildung geschult werden müssen – weder inhaltlich noch methodisch. Auch das «Handbuch für die praktische Fahrausbildung Kategorie B» [65] macht hierzu keine konkreten Vorgaben. Die Thematisierung dieser Themen in den Lektionen und die praktische Anwendung im Fahrtraining unterliegt derzeit dem subjektiven Interessens- und Kenntnisstand der Fahrlehrer/-innen. Entsprechend sind auch nicht alle Fahrschulfahrzeuge mit den aktuell verfügbaren modernen Systemen ausgestattet.

Aspekte neuer fahrzeugtechnischer Entwicklungen sowie einheitliche Lehr-, Lern- und Prüfungsformen, mit denen der Umgang mit diesen Systemen erlernt sowie entsprechende Kompetenzen erfasst werden können, fehlen aktuell. Es ist daher auch davon auszugehen, dass der Wissensstand von Junglenkenden zumindest heterogen, wenn nicht sogar unvollständig ist.

Die Notwendigkeit, neue fahrzeugtechnische Entwicklungen in der Fahrausbildung zu berücksichtigen, wurde allerdings vom ASTRA erkannt und es wurde eine Anpassung der Anforderungen an die Führerprüfung initiiert. Zu diesem Zweck wurden bereits zwei Projekte in Auftrag gegeben, eines davon ist das vorliegende[10].

In der *Online-Befragung* wurde danach gefragt, ob Fahrlehrer/-innen oder Fahrschüler/-innen/Neulenkende im Fahrunterricht (die wichtigsten) Informationen zu FAS/Fahrzeugautomatisierung gegeben bzw. erhalten haben (vgl. *Abb. 29*). Das Ergebnis bestätigt die aktuelle Praxis, dass die Integration solcher Informationen den Ausbildnerinnen und Ausbildnern obliegt und sie diese Informationen auch, gemäss dieser Umfrage, mehrheitlich integrieren (78 %). Zum anderen zeigt es auch, dass auf der anderen Seite die Mehrheit der Fahrschüler/-innen angibt, keine solchen Informationen erhalten zu haben (63 %).

Dreizehn von 65 Fahrlehrern/-innen gaben an, dass sie Informationen zu FAS nicht in ihre Fahrstunden integrieren (*Abb. 30*). Der am häufigsten genannte Grund dafür war, dass das eigene Prüfungsfahrzeug selbst nicht mit (genügend) FAS ausgestattet ist und es gleichzeitig (zu) viele andere Themen gibt, die wichtiger sind. Die Tatsache, dass der Umgang mit FAS nicht prüfungsrelevant ist und als Grund angegeben wurde, geht in die Richtung der weit verbreiteten Annahme «was nicht geprüft wird, wird nicht gelernt».

Informationen beziehen sich mehrheitlich auf FAS, von denen angenommen werden kann, dass sie aufgrund ihrer Verbreitung besser bekannt sind (z. B. Tempomat) und/oder für die Verkehrssicherheit von Bedeutung sind (z. B. Notbremsassistent, vgl. *Abb. 31*). Im Hinblick auf Informationsinhalte (vgl. *Abb. 32*) wurde angegeben, dass am häufigsten über den Nutzen, die Funktionsweise und Grenzen informiert wird. Rechtliche Aspekte, wie zum Beispiel Fragen zur Verantwortlichkeit (hoch-)automatisierter Fahrzeuge, werden seltener thematisiert. Das Ergebnis, dass nicht wenige Personen angaben, über neue Anforderungen an die Fahrkompetenzen informiert oder Informationen darüber erhalten zu haben, ist unter Berücksichtigung eines möglichen sozial erwünschten Antwortverhaltens mit Vorsicht zu interpretieren.

Auf die Frage nach der Tiefe der gegebenen/erhaltenen Informationen über FAS/Fahrzeugautomatisierung (vgl. *Abb. 33*) bewertete die Mehrheit der befragten Fahrlehrer/-innen diese als (eher) oberflächlich (55 %). Die Mehrheit gibt jedoch an, dass sie alle Fahrschüler/-innen konsequent informieren, auch wenn sie dabei auf keinen spezifischen Plan zurückgreifen (60,8 %, vgl. *Abb. 34*). Der Anteil der Fahrschülerinnen und Fahrschüler, die konsequent und strukturiert nach einem Plan informiert werden, ist deutlich geringer

[10] Das zweite Projekt war die «Revision der Fahrausbildung im Kontext von Fahrerassistenzsystemen» (SAE-L0 bis L2), 2021–2022, Arbeitsgruppe des ASTRA, SFV unter der Leitung der BFU, M. Deublein/J. Zimmermann

(21,6 %). Ein ähnliches Bild ergibt sich bei ihnen hinsichtlich der Tiefe der erhaltenen Informationen, wobei hier der Anteil derjenigen, die die erhaltenen Informationen als (eher) gründlich ansehen, etwas höher ist (45,3 %).

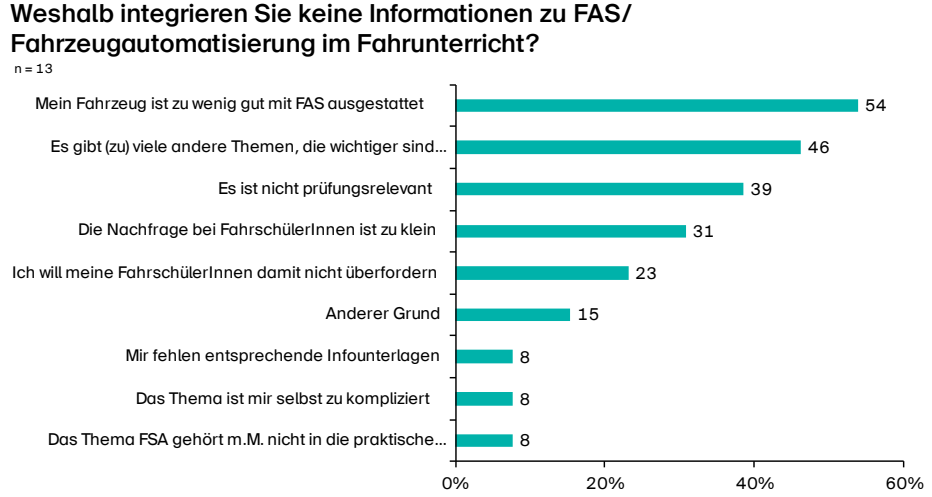


Abb. 30 *Gründe für das Auslassen von Informationen zu FAS im Fahrunterricht*

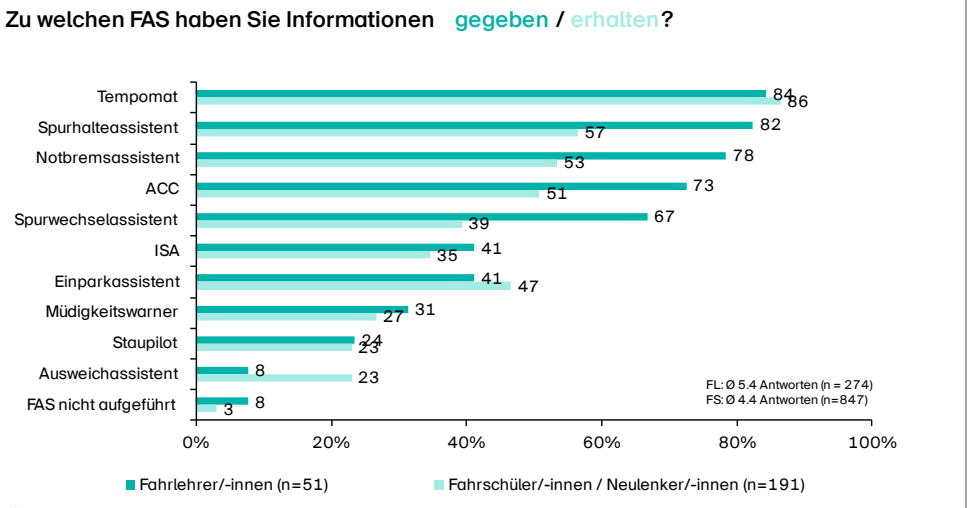


Abb. 31 *Informationen zu FAS im Fahrunterricht*

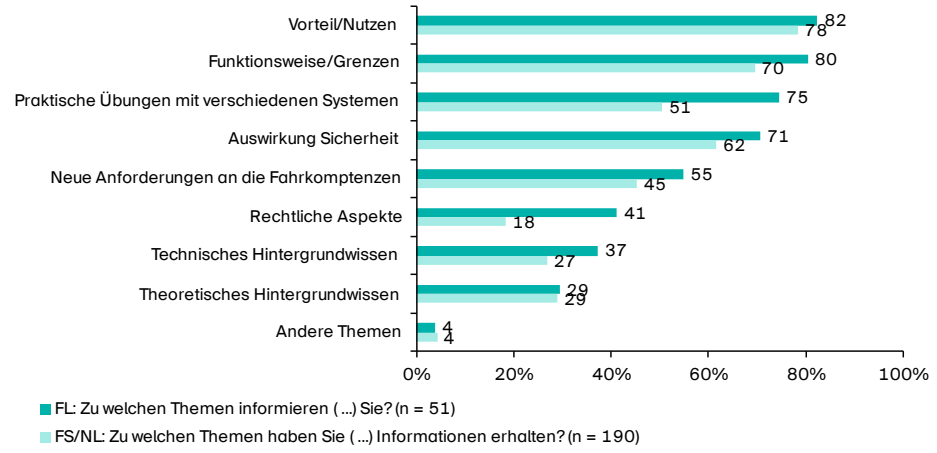


Abb. 32 *Informationsinhalte zu FAS im Fahrunterricht*

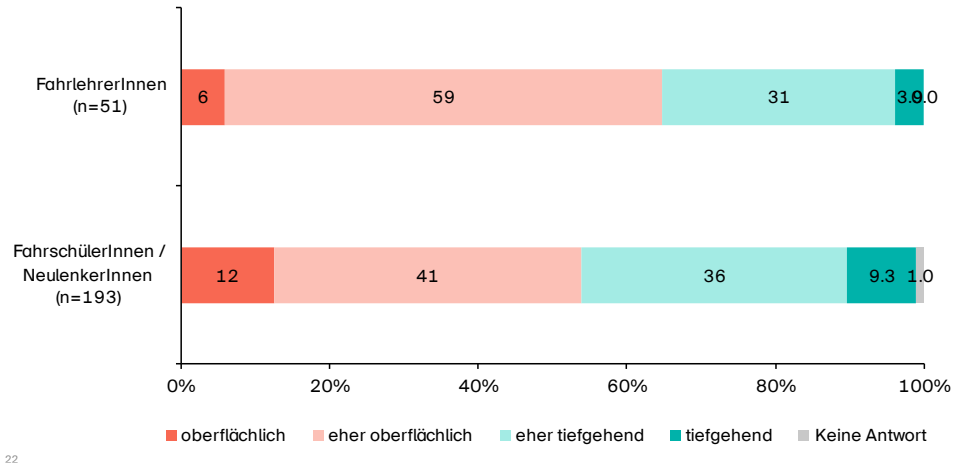


Abb. 33 *Tiefgang der Informationen zu FAS im Fahrunterricht*

Wie systematisch informieren Sie Ihre FahrschülerInnen?

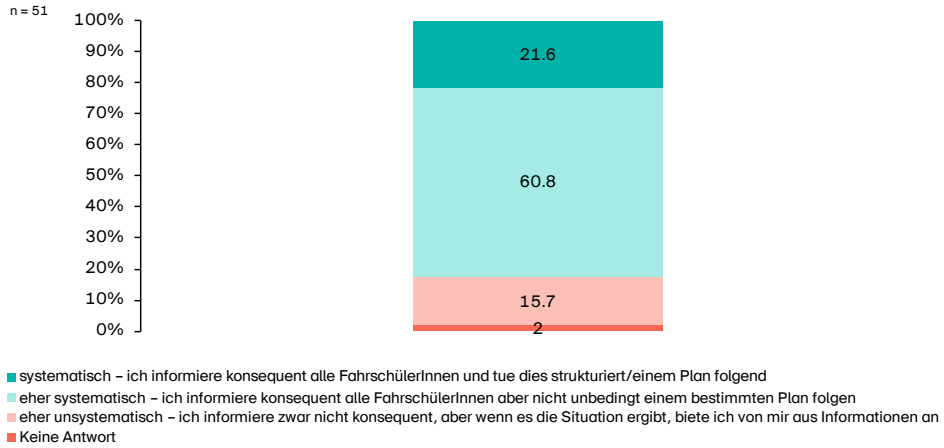


Abb. 34 *Systematik der gegebenen Informationen zu FAS im Fahrunterricht*

Ein ähnliches Bild vermitteln die Ergebnisse aus dem *Design-Thinking-Workshop*, in dem die aktuelle Situation zu FAS in der Fahraus- und -weiterbildung diskutiert wurde.

Bei der Vermittlung der Themen FAS (bis einschliesslich SAE-L2) und Automatisierungssysteme (ab einschliesslich SAE-L3) in der heutigen Fahraus- und -weiterbildung finden sich auf allen Ebenen Defizite: bei der Fahrausbildung (nicht einheitlich, konsequent und systematisch integriert – jede/-r Fahrlehrer/-in macht das nach eigenem Gutdünken und auf Grundlage des eigenen Fahrzeugs), der Fahrweiterbildung (hat heute in der Bevölkerung keine Relevanz), aber auch in Bezug auf die Fahrlehrerausbildung. Letztere ist entscheidend für den Multiplikatoreneffekt sowie eine Standardisierung der Wissensvermittlung auf breiter, gesellschaftlicher Ebene.

Auch seitens der Fahrschüler/-innen wird eine deutliche Diskrepanz in den vermittelten Inhalten je nach Fahrschule genannt. Insgesamt zeigte sich in der praktischen Ausbildung die Problematik, dass Fahrschulen zum Teil unterschiedliche Voraussetzungen bieten. Dies betrifft insbesondere die Fahrzeuge selbst, die teils manuell oder automatisch betrieben werden und nur unterschiedlich mit FAS ausgestattet sind. Als weitere allgemein-praktische Inhalte, die offensichtlich kaum oder nur unsystematisch geschult werden, wurde das Verhalten bei Pannen genannt, z. B. Durchführung eines Reifenwechsels, Ölstand prüfen oder Starthilfe geben. Zudem wird die theoretische Ausbildung lückenhaft durchgeführt. Die Fahrschüler/-innen werden kaum auf Notsituationen oder sonstige spezielle Lagen vorbereitet. Die Fahrschülerinnen und Fahrschüler sehen Potenzial, wichtige theoretische Grundlagen zur Fahrzeugbedienung auch im Frontalunterricht zu vermitteln. Schliesslich dürfen die Fahrschüler/-innen bereits sehr früh mit einem Sicherheitsfahrer im Strassenverkehr das Fahren üben und sollten darauf verstärkt vorbereitet werden. Der Grundtenor aus Sicht der anwesenden Fahrlehrer/-innen war, dass nur diejenigen Inhalte und Kompetenzen in Theorie und vor allem Praxis gelehrt werden würden, die auch später geprüft werden. Diese Auffassung ergab sich insbesondere aufgrund der Tatsache, dass das Interesse seitens der Fahrschülerinnen und -schüler stark darauf ausgerichtet sei.

Die erfahrenen Fahrzeuglenkenden sowie Fahrlehrer/-innen diskutierten das Problem der durch Automation nicht mehr vorhandenen Kompetenzen beispielsweise im Hinblick auf die Lichtautomatik. In diesem Zusammenhang wurde die Befürchtung geäussert, dass die Prüfung, ob das Abblendlicht wirklich in der Dämmerung eingeschaltet ist, typischerweise unterbleiben könnte. Auch das Lernen mithilfe von Fahrzeugen mit Automatikschaltung wurde von einigen Teilnehmenden kritisch gesehen, da befürchtet wurde, dass beispielsweise Berganfahrten mit manueller Kupplung zukünftig nicht mehr bewerkstelligt werden könnten.

Ein weiteres Defizit ist die Heterogenität der Lehrfahrzeuge. Hier gibt es keine Regelung zur Standardisierung mit Ausstattungsmerkmalen. Heute gibt es kaum Fahrzeuge im Bestand der Fahrlehrerschaft, mit denen L2-Situationen gezeigt und geübt werden könnten. Heterogenität besteht auch in den Lehrmitteln der Fahrschulen und Weiterbildungszentren, obwohl es das Handbuch für die Fahraus- und -weiterbildung gibt. Letzteres ist wichtig für die Inhalte der Fahrweiterbildung. Das Thema FAS/AF ist dort bisher kaum enthalten.

Schliesslich wurden auch rechtliche Aspekte angesprochen, beispielsweise, dass bestehende Rechtsgrundlagen bereits eine Integration des Themas in die Fahraus- und -weiterbildung erlauben (für eine inhaltliche Anpassung der Führerprüfung bräuchte es aber rechtliche Schritte). Allerdings besteht ein Defizit in der gesellschaftlichen Bereitschaft zur Weiterbildung. Diese wäre aber wichtig, da sich die Kompetenzanforderungen durch das (teil-)automatisierte Fahren teilweise fundamental von denen des heutigen konventionellen Fahrens unterscheiden.

Übergeordnet wurde abschliessend die Aussage getroffen, dass es keine «readyness» für die höheren Stufen der Automatisierung (L2/L3) in den Fahrschulen gibt, diese Systeme aber bereits genutzt werden dürfen (L2).

3.1.3 Stand rechtlicher Regelungen

Fahrzeugzulassung

International

Auf internationaler Ebene bestehen bereits verschiedene Erlasse («delegated acts»), welche die technischen Voraussetzungen für die Erteilung einer Typengenehmigung von Fahrzeugen mit Automatisierungssystemen regeln. Diese internationalen Regulierungen sind für die Schweiz von grosser Bedeutung, da heute die Mehrheit der Fahrzeuge, die in der Schweiz verkehren, über eine europäische Typengenehmigung verfügen. Auch die Automatisierungssysteme, die sich in der Schweiz verbreiten, werden überwiegend über eine europäische Typengenehmigung verfügen. Die internationalen und europäischen Regulierungen beeinflussen somit, welche Automatisierungssysteme in der Schweiz in Zukunft zugelassen werden.

In den Regulationen der UNECE finden sich Ausführungen zu Funktion und Einsatz einzelner FAS. Deren Einsatz/Einbau in Fahrzeugen bedarf technischer Regelungen, welche zuerst auf Stufe UNO in Kraft gesetzt und nachfolgend durch die Kontinente und die Länder in eigene Regelungen übertragen werden. Erst dann können entsprechende Fahrzeuge typengenehmigt und in den Ländern auf den Markt gebracht werden. Dies ist zumindest aktuell die Regelung für FAS bis und mit SAE-L3. Eine entsprechende Regelung für Fahrzeuge mit Automatisierungsfunktion ab SAE-L4 gibt es aktuell noch nicht.

Für SAE-L3 wurde im Rahmen der UNECE im Januar 2021 mit dem UN-Reglement Nr. 157 eine gesetzliche Grundlage für die Typengenehmigung eines sogenannten Staupiloten bzw. «Automated Lane Keeping System» (ALKS) erlassen. Solch ein ALKS stellt einen relevanten Anwendungsfall für die Überlegungen der vorliegenden Untersuchungen und für die Ableitung zukünftiger Kompetenzanforderungen dar und wird deshalb kurz beschrieben: *Ein Staupilot ist ein Automatisierungssystem, dass die Fahraufgabe auf richtungsgetrennten Strassen ohne Langsamverkehr und ohne Querverkehr bei Geschwindigkeiten bis zu 60 km/h übernehmen kann. Es kann somit ausschliesslich auf Autobahnen verwendet werden.* Das Reglement ist insbesondere von Bedeutung, weil damit erstmals verbindlich beschrieben wurde, wie ein Automatisierungssystem zu funktionieren hat. Neben der Übernahme der Fahraufgabe im reglementierten Einsatzbereich muss das System insbesondere in der Lage sein, alle Situationen zu erkennen, in denen es an seine Systemgrenzen gelangt. Wenn dies der Fall ist, muss es den Fahrzeugführer auffordern, die Fahraufgabe wieder zu übernehmen. Reagiert dieser nicht innerhalb von zehn Sekunden, muss das System das Fahrzeug in einen risikominimalen Zustand versetzen können. Soweit die Zeit für eine Übernahme z. B. aufgrund einer unmittelbar drohenden Kollision nicht reicht, muss es sich bereits vorher in einen risikominimalen Zustand versetzen oder ein Notfallmanöver durchführen. Per 1. Januar 2023 wurde der sogenannte Staupilot im UN-Reglement Nr. 157 zu einem Autobahnpiloten weiterentwickelt. Er kann neu die Fahraufgabe bei Geschwindigkeiten bis zu 130 km/h übernehmen. Dafür muss das ALKS in Zukunft zusätzlich in der Lage sein, auch Spurwechsel selbstständig durchführen zu können.

Mit den weiteren Automatisierungsstufen (ab SAE-L4) rücken Themen abseits der technischen Konfiguration, wie Datenschutz, Cybersicherheit, Manipulationssicherheit, etc. in den Vordergrund. Entsprechende Reglemente aus dem Bereich der UNECE sind das UN-Reglement Nr. 155 betreffend Cybersicherheit und das UN-Reglement Nr. 156 betreffend Softwareupdates. Während technische Aspekte in der UNECE in den Grundsätzen und nachfolgend in der EU abschliessend in einer Typengenehmigung geregelt werden können, ist dies auf die Aspekte des Datenschutzes, der Cyber- und Manipulationssicherheit nicht mehr anwendbar. Für diese Aspekte hat jedes Land die Regelungen passend zum eigenen Rechtsrahmen zu adaptieren[11]. Das Genehmigungsverfahren dieser nicht-technischen Aspekte ist aktuell noch nicht geklärt, denn sie betreffen meist Software-Komponenten, die zum Teil tägliche Updates durchlaufen. Wann diese prozeduralen Fragen geklärt und die Rahmenbedingungen für den

[11] So beinhaltet die aktuell in Erarbeitung befindliche Revision der Verordnung zum Strassenverkehrsgesetz genau diese Aspekte, um in der Schweiz den Rechtsrahmen zu schaffen, um zumindest teilautomatisierte Fahrzeuge verkehren zu lassen.

Markteintritt hoch- und vollautomatisierter Fahrzeuge gegeben sind, ist zurzeit nicht abschätzbar.

Europa

Mit der Verordnung (EU) 2018/8585 wurde auf europäischer Ebene eingeführt, dass Fahrzeuge nicht nur im Rahmen der Typengenehmigung geprüft werden müssen, sondern dass sie bis zum Ende ihrer Lebensdauer überwacht werden sollen. Damit schafft die Verordnung eine Grundlage für eine wirksame, international koordinierte Marktüberwachung, auch aus einer sicherheitstechnischen Perspektive.

Mit der Verordnung (EU) 2019/21446 wird neu verlangt, dass Fahrzeuge mit verschiedenen hochentwickelten FAS ausgerüstet sein müssen, womit die Strassenverkehrssicherheit und insbesondere der Schutz der ungeschützten Verkehrsteilnehmenden erhöht werden sollen. Weiter beinhaltet die Verordnung jene technischen Anforderungen, die Fahrzeuge mit Automatisierungssystem zu erfüllen haben, nämlich das Vorhandensein von Systemen zur Überwachung der Fahrerverfügbarkeit und eines Fahrmodusspeichers (DSSAD). Mit delegierter Verordnung (EU) 2022/1398 vom 8. Juni 2022 wurde auch das UN-Reglement Nr. 157 (vgl. oben) in Anhang 1 die Verordnung (EU) 2019/2144 aufgenommen. Dies ermöglicht die Erteilung einer EU-Gesamtgenehmigung für Fahrzeuge, die mit einem ALKS ausgestattet sind.

Zur Konkretisierung der Verordnung (EU) 2019/2144 wurde am 5. August 2022 die Durchführungsverordnung (EU) 2022/1426 und am 20. Juni 2022 die delegierte Verordnung (EU) 2022/2236 erlassen. Diese regeln die Typengenehmigung von vollautomatisierten Fahrzeugen, also von Fahrzeugen, die so konstruiert und gebaut sind, dass sie sich selbstständig ohne Überwachung durch einen Fahrer oder eine Fahrerin fortbewegen können.

Das deutsche Strassenverkehrsgesetz (StVG) unterscheidet zwischen Fahrzeugen mit hoch- und vollautomatisierter Fahrfunktion, die über einen Fahrzeugführer oder eine Fahrzeugführerin verfügen, und solchen mit autonomer Fahrfunktion in festgelegten Betriebsbereichen, die führerlos unterwegs sind. Wer ein Fahrzeug mit hoch- und vollautomatisierter Fahrfunktion nutzt (z. B. ein ALKS), muss dabei stets derart wahrnehmungsbereit sein, dass er die Fahrlenkung unverzüglich wieder übernehmen kann, wenn er vom System dazu aufgefordert wird. Die Nutzung von Fahrzeugen mit autonomer Fahrfunktion setzt voraus, dass ein sogenannter festgelegter Betriebsbereich definiert wird und dass eine natürliche Person die Aufgabe der technischen Aufsicht wahrnimmt. Auf dieser Grundlage wurde 2022 ein erstes Fahrzeug mit Automatisierungssystem der Stufe SAE-L3 in Deutschland genehmigt (Drive Pilot von Mercedes). Allerdings besitzt es noch keine EU-Typengenehmigung und ist somit in der Schweiz noch nicht zugelassen.

Mit der Ordonnance no 2021-443 vom 14. April 2021 wurde in Frankreich die gesetzliche Grundlage sowohl für ALKS als auch für führerlose Fahrzeuge geschaffen.

Schweiz

In der Schweiz ist die Nutzung von Automatisierungssystemen im Strassenverkehr nach der heutigen Rechtslage ausgeschlossen. Das SVG schreibt vor, dass der Führer oder die Führerihn das Fahrzeug ständig so zu beherrschen hat, dass er seinen oder sie ihren Vorsichtspflichten nachkommen kann (Beherrschungspflicht). Das bedeutet insbesondere, dass der Fahrer oder die Fahrerin die Lenkvorrichtung nicht loslassen darf. Fahrzeuge mit einem Automatisierungssystem verkehrten in der Schweiz daher bisher nur im Rahmen von Versuchsfahrten gemäss Art. 53 SVG. Um die Nutzung solcher Systeme in Zukunft auch ausserhalb von Versuchsfahrten zu ermöglichen, hat der Bundesrat am 17. November 2021 bei der Bundesversammlung die Teilrevision des SVGs beantragt. Diese sieht bestimmte Anwendungsfälle vor, für welche der Bundesrat Automatisierungssysteme zulassen und deren Nutzung regeln darf. Die Bundesversammlung hat am 17. März 2023 den Vorschlägen weitestgehend zugestimmt und dem Bundesrat die Kompetenz eingeräumt, spezifische Anwendungsfälle auf Verordnungsebene zu regeln.

In der sich aktuell in der Erarbeitung befindlichen Verordnung werden grundsätzlich alle Punkte, die die Zulassung und Nutzung von Automatisierungssystemen betreffen, in umfassender Weise geregelt. In Art. 71 Abs. 1 Bst. F der Verordnung vom 27. Oktober 1976 über

die Zulassung von Personen und Fahrzeugen zum Strassenverkehr (Strassenverkehrsverordnung; VZV) und in Art. 33 Abs. 2 Bst. A Ziff. 5 der Verordnung vom 19. Juni 1995 über die technischen Anforderungen an Strassenfahrzeuge (VTS) werden ebenfalls Anpassungen vorgenommen.

Führerprüfung, Fahraus- und -weiterbildung

Der Erwerb einer Fahrberechtigung für Personenwagen umfasst heute das Absolvieren einer Theorie- sowie einer Praxisprüfung und dazwischen das Aneignen der praktischen Fahrfähigkeiten. Die allgemeinen Kompetenzanforderungen ergeben sich aus den Anhängen 11 und 12 der Verkehrszulassungsverordnung (VZV) (SR 741.51) und werden in [66] folgendermassen zusammengefasst:

- Verantwortungsbewusstsein und Sicherheitsorientierung
- Risikokompetenz
- Handlungskompetenz

Die Theorie besteht aus dem Aneignen von Grundlagen wie Verkehrsregeln, Verkehrsverhalten, Gefahren im Verkehr, Rechtliches, Fahrzeugtechnik und -physik, persönliche Voraussetzungen und das Verhalten anderer Verkehrsteilnehmender.

Auf die erfolgreiche Absolvierung der Theorieprüfung folgt die praktische Fahrausbildung. In dieser geht es darum, die Handhabung des Fahrzeugs zu erlernen und das in der Theorie erworbene Grundlagenwissen anzuwenden. Die Ausbildung erfolgt während Lernfahrten, welche entweder in einer Fahrschule oder privat mit einer Begleitperson (älter als 23 Jahre, mindestens 3 Jahre in Besitz eines Fahrausweises) erfolgen. Für die Zulassung zur Prüfung besteht in der Schweiz jedoch keine Verpflichtung zur Absolvierung von Fahrstunden. Seit 1991 ist zudem der Verkehrskundeunterricht (VKU) im Umfang von 8 Stunden zu absolvieren. In diesem werden sicherheitsrelevante Aspekte in den Bereichen Verkehrssehens, der Verkehrsumwelt, der Verkehrsdynamik und der Verkehrstaktik sowie das Verhalten bei Unfällen, lebensrettende Sofortmassnahmen und die Auswirkungen vertieft geschult.

Im Rahmen der praktischen Fahrprüfung bewertet der Verkehrsexperte/die Verkehrsexpertin, wie vertraut der oder die zu Prüfende im Umgang mit den verschiedenen Bedienelementen des Fahrzeugs ist und wie geschickt und sicher er oder sie sich in den Verkehr einordnet. Eine besondere Aufmerksamkeit soll darauf gelegt werden, ob der Prüfling defensiv, rücksichtsvoll, vorausschauend und umweltschonend fährt. Die Prüfung ist insgesamt vor allem auf das korrekte Führen des Fahrzeugs, die Einhaltung von Verkehrsregeln und das Vermeiden von Fehlern ausgelegt. Eine ganzheitliche Prüfung der relevanten Fahrkompetenzen findet aber nicht statt. So sind bedeutsame Kompetenzen, wie die Fähigkeit zur Selbstbeobachtung bzw. -einschätzung der eigenen Fahrfertigkeiten oder der vorherrschenden Fahrmotive, von der Prüfung weitgehend ausgeschlossen [66].

Nach bestandener Fahrprüfung wird den Neulenkenden der Fahrausweis für 3 Jahre auf Probe ausgestellt. Bei einem Ausweisentzug kann die Probezeit um ein Jahr verlängert werden. Innert einem Jahr nach der Prüfung ist der obligatorische eintägige Weiterausbildungskurs zu absolvieren, welche praktische Übungen und das Erleben von Fahrsituationen unter realitätsnahen Bedingungen beinhaltet.

Mit der Ausstellung des unbefristeten Fahrausweises endet die regulierte Fahraus- und -weiterbildung für die Lenkende von Personenwagen. Auf freiwilliger Basis bieten mehrere Anbieter praktische Weiterbildungen an, zum Beispiel Schleuderkurse oder Winterfahrtrainings.

Bereits heute hat man aufgrund von Studien und Forschungsarbeiten erkannt, dass mit der Nutzung von Automatisierungssystemen auch neue Fahrkompetenzen erworben werden müssen. Deshalb ist klar: Wer ein Fahrzeug mit einem Automatisierungssystem nutzt oder bedient, muss sich auch entsprechend mit den Funktionsweisen und -grenzen (!) des Systems vertraut machen. In der o. g. Verordnung zum automatisierten Fahren sollen Nutzende von Automatisierungssysteme dazu verpflichtet werden, die Gebrauchs- und Bedienungsanleitung

des Herstellers zur Kenntnis zu nehmen und sich mit dem System und dessen Anwendungsgrenzen vertraut zu machen. Der Hersteller soll seinerseits dazu verpflichtet werden, geeignete Gebrauchs- und Bedienungsanleitungen zur Verfügung zu stellen.

3.1.4 Kurzfassung

Stand der Forschung

Entwicklung Automatisierung

- Der Entwicklungspfad der Automatisierung hängt massgeblich von drei Komponenten ab: der technischen Reife, den rechtlichen Grundlagen und nicht zuletzt der gesellschaftlichen Akzeptanz.
- Aus rechtlicher Sicht sind in der Schweiz zurzeit nur Fahrzeuge mit Systemen des SAE-Levels 2 zugelassen. In absehbarer Zeit werden Systeme des SAE-Levels 3 (z. B. Staupilot) hinzukommen, wie sie z. B. in Deutschland bereits zugelassen sind.
- Während die technische Entwicklung rasch voranschreitet und Fahrzeuge technisch mit Systemen höherer Level (L4 und L5) ausgerüstet werden könnten, bedarf es für die Einführung zunächst der Schaffung einer rechtlichen Grundlage und Entscheidungen im Infrastrukturbereich (z. B. neue Signalisierung).

Auswirkungen auf den Menschen

- Die zunehmende Automatisierung hat Auswirkungen auf die Rolle des Menschen, der in der Folge neue Kompetenzen benötigt, um Fahrzeuge mit Fahrerassistenz- und Automatisierungssystemen sicher führen zu können.
- Zu erwarten sind kritische Auswirkungen auf das Situationsverständnis (v. a. bei Übernahme der Fahraufgabe auf SAE-L3), das Bewusstsein und ggf. Verwechslungen bezüglich des aktivierten Fahrmodus (mode awareness, mode confusion). Adäquate mentale Modelle über die Funktionsweise und Grenzen der Systeme, kalibriertes Vertrauen (kein Über- oder Untervertrauen) und der Erhalt manueller Fahrfähigkeiten aufgrund des zu erwartenden Mischverkehrs (Fahrzeuge mit Assistenz- oder Automatisierungssystemen verkehren mit konventionellen, nicht assistierten oder automatisierten Fahrzeugen) sind Voraussetzungen für den sicheren Umgang mit (teil-)automatisierten Fahrzeugen.

Auswirkungen auf das Unfallgeschehen

- Es gibt dokumentierte Unfälle mit (teil-)automatisierten Fahrzeugen, bei denen die Unfallursache einerseits auf die Systemgrenzen zurückzuführen war (z. B. Übersehen einer Fussgängerquerung), bei denen aber auch ein zu hohes Vertrauen der Lenkenden in die Automatisierung und damit ein zu geringes Situationsbewusstsein, das ein rechtzeitiges Eingreifen bzw. die Übernahme der Fahraufgabe verhinderte, eine wesentliche Unfallursache war. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, die Systemgrenzen zu kennen und ein angemessenes (kalibriertes) Vertrauen zu haben.

Auswirkungen auf den Verkehr

- Kapazitätssteigernde Effekte auf den Verkehr bzw. Auswirkungen auf den Verkehrsfluss sind erst bei höheren Automatisierungsgraden im isolierten Betrieb (ab SAE-L4) zu erwarten.
- In der Realität wird beim Übergang zum hoch- bzw. vollautomatisierten Betrieb (SAE-L4 und -L5) der Mischverkehr überwiegen. Entsprechend verringern sich die leistungssteigernden Effekte oder kehren sich sogar ins Gegenteil um.

Auswirkungen auf die Infrastruktur

- Es kann davon ausgegangen werden, dass die Strasseninfrastruktur weitgehend so bleiben wird, wie sie heute ist. Allerdings ist denkbar, dass das Infrastruktur- und Ausstattungsniveau heutiger Autobahnen für alle nachgelagerten Strassen verbindlich wird und

ein qualitativ höherer Standard hinsichtlich Lesbarkeit und Verfügbarkeit gefordert wird. Davon profitieren auch die Fahrzeuglenkenden.

Stand der Praxis

Verbreitung und Nutzung von FAS

- FAS des SAE-L2 sind heute weit verbreitet und auch bekannt, mehr bei Männern als bei Frauen. Einige schalten sie aus und geben auch an, dass sie dies tun würden, wenn sie in Zukunft mit Fahrzeugen mit Automatisierungssystem des SAE-L3 überfordert wären. Viele glauben, dass sie die Systeme intuitiv verstehen werden (mehrheitlich jüngere Männer).

Zurfriedenheit mit heutigem Ausbildungsprozess, -inhalten und Unterrichtsformen

- Der Prozess der heutigen Fahrausbildung wird grundsätzlich als sinnvoll erachtet, ebenso die heutigen Unterrichtsformen und -inhalte. Einzelne didaktische/methodische Nennungen weisen auf den Wunsch nach mehr Praxis und weniger Theorie (wo sinnvoll) hin (z. B. «weniger Frontalunterricht», «mehr praktische Übungen»).
- Wenig präsent ist die Integration von FAS in die Fahrausbildung.

FAS in der heutigen Fahrausbildung

- Für die Integration des Themas FAS in den Fahrunterricht gibt es keine einheitlichen Vorgaben.
- Es besteht eine Diskrepanz zwischen der Fahrlehrerschaft, die angibt, Informationen über FAS in den Fahrunterricht zu integrieren und Fahrschülern/-innen, die angeben, keine solchen Informationen erhalten zu haben. Dies bestätigt die bisherige Praxis, dass die Integration dieser Informationen im Ermessen der Ausbilder/-innen liegt.
- Eine Herausforderung in der praktischen Fahrausbildung ist die Heterogenität der Lehrfahrzeuge und Lehrmittel der verschiedenen Fahrschulen / Ausbildungsstätten.

Stand der Rechtsprechung

- In der Schweiz ist der Einsatz von Automatisierungssystemen (SAE-L3) im Strassenverkehr nach derzeitiger Rechtslage ausgeschlossen.
- Um den Einsatz solcher Systeme künftig auch ausserhalb von Versuchsfahrten zu ermöglichen, hat der Bundesrat am 17. November 2021 der Bundesversammlung eine Teilrevision des SVG beantragt.
- Die in Ausarbeitung befindliche Verordnung regelt grundsätzlich umfassend alle Punkte, welche die Zulassung und den Einsatz von Automatisierungssystemen betreffen.

3.2 SOLL-Analyse

Die SOLL-Analyse verfolgte drei Ziele:

1) Aufzeigen des Anpassungsbedarfs der heutigen Fahraus- und -weiterbildung aus Expertensicht und aus Sicht von Fahrschülern/-innen und Neulenkenden
2) Analyse der Fahraufgabe und Ableitung künftiger Anforderungen an die Fahrkompetenzen und Eignung inkl. einer Differenzierung nach den Automatisierungsstufen SAE-L3 bis und mit SAE-L5, ausgehend von SAE-L2
3) Erarbeitung einer Auslegeordnung, wer ab SAE-L4 neu welche Pflichten und Vorkehrungen ausserhalb des Fahrzeugs übernehmen muss, wenn sich im Fahrzeug kein Fahrer/keine Fahrerin mehr befindet

3.2.1 Anpassungsbedarf der Fahraus- und -weiterbildung aus Expertensicht und aus Sicht von Fahrschülern/-innen und Neulenkenden

Die *interviewten* Expertinnen und Expertenaus dem Bereich Human Factors bzw. Verkehrspsychologie sahen sowohl in der theoretischen als auch in der praktischen Aus- und Weiterbildung Optimierungsbedarf. So wiesen sie darauf hin, dass Autolenkende ein Verständnis für die Fähigkeiten und Systemgrenzen der Automation aufbauen müssten. Dies wird allerdings – zumindest aktuell – dadurch erschwert, dass Autohersteller Systeme verbauen, die sich in ihrer Funktionalität und Bedienung deutlich unterscheiden. Bei der Abschätzung der notwendigen Entwicklung in der Fahraus- und -weiterbildung stellt die technische Entwicklung und die Vereinheitlichung der unterschiedlichen Systeme eine unbekannte Variable dar.

Es zeigte sich, dass die Expertinnen und Experten insbesondere die Übernahmesituation als kritisch betrachten. Dazu wird es als sinnvoll erachtet, Übernahmesituationen im Fahrsimulator oder auf einem Verkehrsübungsplatz zu trainieren, um im Realverkehr auf die Situation vorbereitet zu sein. Gerade bei Übernahmen, denen eine Überwachung der Automation vorangegangen ist, müssen Lenkende lernen, wie sie sich schnell ein Verständnis für die Situation verschaffen. Auch die Aufnahme der FAS in eine verpflichtende Weiterbildung wäre aus Expertensicht durchaus wünschenswert.

In der *Online-Befragung* zeigte sich, dass eine deutliche Mehrheit sowohl der befragen Fahrlehrer/-innen (89 %) als auch der Fahrschüler/-innen und Neulenkenden (80 %) es als mindestens eher wichtig erachtet, das Thema FAS/Fahrzeugautomatisierung in die künftige Fahrausbildung zu integrieren (vgl. *Abb. 35*). Der wichtigste Grund, weshalb einzelne Befragte es (eher) nicht wichtig finden, das Thema künftig in der Fahrausbildung zu integrieren, sind andere, wichtigere Themen und die eigene, persönliche Einstellung gegenüber dem Thema (vgl. *Abb. 36*).

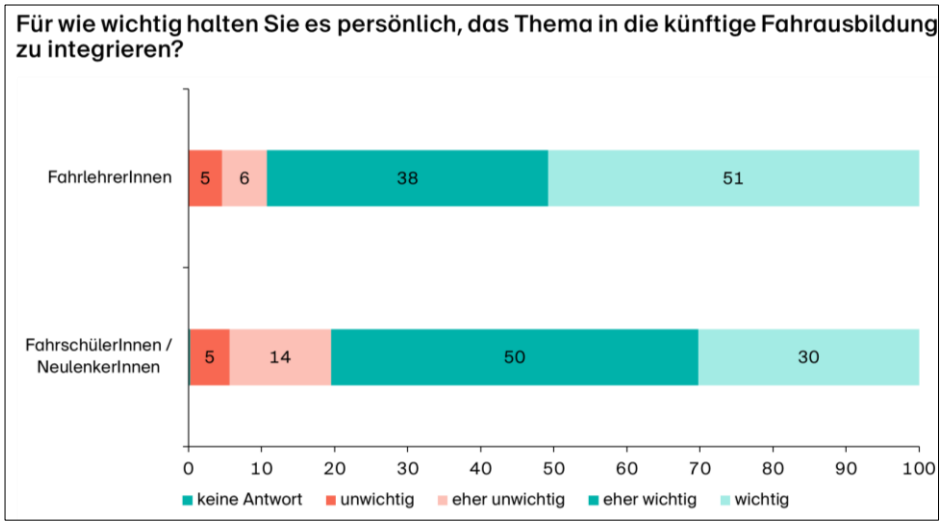


Abb. 35 *Wichtigkeit des Themas FAS für die künftige Fahrausbildung*

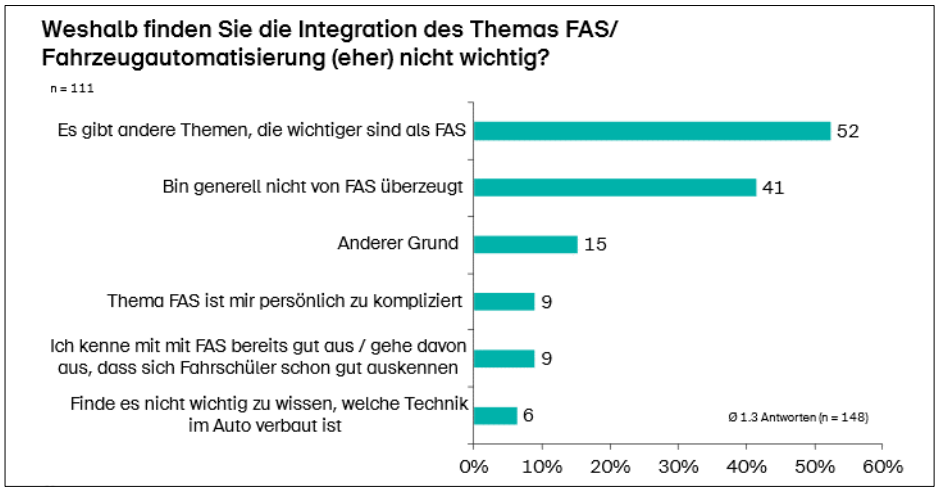


Abb. 36 *Gründe gegen die Integration des Themas FAS in die künftige Fahrausbildung*

Die Ergebnisse aus dem Design-Thinking-Workshop deuten ebenfalls darauf hin, dass es hinsichtlich der Vermittlung der Funktionen heutiger FAS in der Fahrausbildung Optimierungsbedarf gibt (2,9 von 5 Punkten, vgl. *Abb. 37*) Dies hat sich auch später in den Diskussionen der Tischrunden bestätigt. Die heutige Fahrausbildung zu FAS erscheint lückenhaft und nicht einheitlich. «Es wird lediglich das geschult, was später auch geprüft wird!»

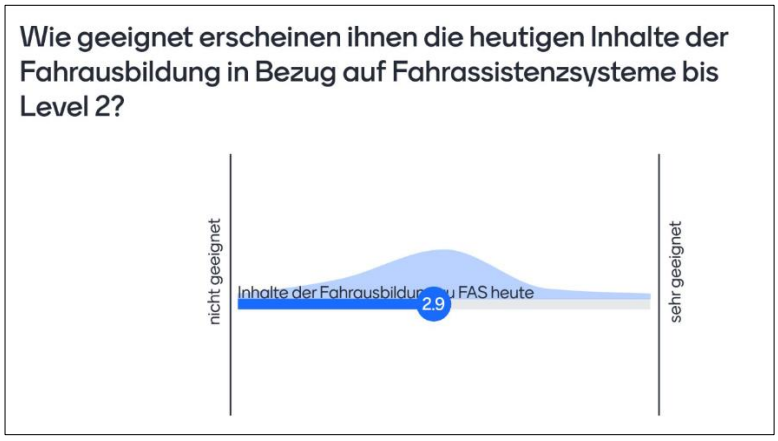


Abb. 37 *Eignung heutiger Ausbildungsinhalte bezogen auf FAS*

Abb. 38 verdeutlicht, dass eine Änderung und Anpassung der Fahrausbildung mit dem Aufkommen automatisierter Fahrzeuge nötig wird (4,3 von 5 Punkten). Insofern bestand bei den Teilnehmenden grosse Einigkeit, und das stützt die Grundmotivation zur Durchführung dieses Forschungsprojekts. Inwieweit die notwendigen Änderungen sich in konkrete Handlungsansätze formulieren lassen, sollte später Gegenstand der 3. Tischrunde werden.

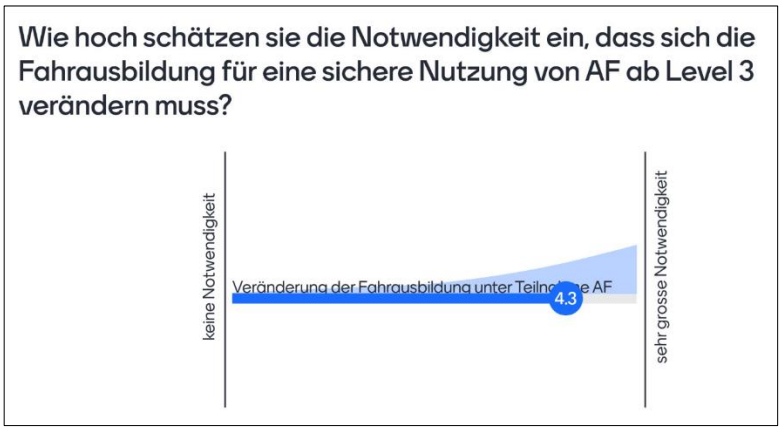


Abb. 38 *Notwendigkeit zur Anpassung der Fahrausbildung ab SAE-L3*

Abb. 39 zeigt, dass Veränderungen in der Fahrausbildung durch das automatisierte Fahren insbesondere in der «Praktischen Ausbildung» erwartet werden, gefolgt von der «Fahrweiterbildung» und dem «Verkehrskundeunterricht und der theoretischen Ausbildung». Als Letztes genannt wurden «Andere oder neue Ausbildungsbereiche», wobei hier auf Rückfrage keine konkreten Ideen genannt wurden.

Dass die praktische Ausbildung als erstgenannter Bereich in Erscheinung tritt, war wenig überraschend. Auch in den Tischrunden zeigte sich diese Tendenz, insbesondere, wenn es darum ging, die Situation der Fahrzeugübernahme nach einer automatisierten Fahrt zu schulen.

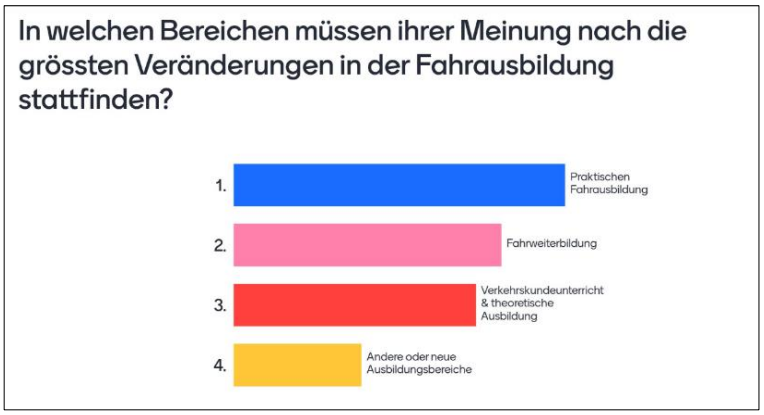


Abb. 39 *Veränderungsbereiche der Fahraus- und -weiterbildung*

Aus der Diskussion darüber, welche Änderungen in der Fahrausbildung erforderlich sind, damit Fahrzeuglenkende künftig auch mit (teil-)automatisierten Fahrzeugen sicher am Verkehr teilnehmen können, ergab sich eine übergeordnete Haupterkenntnis: Das Thema «Automatisiertes Fahren» hat aus Sicht der Teilnehmenden Platz in der bestehenden Grundausbildung und ist damit grundsätzlich integrierbar. Dazu braucht es keine zusätzlichen, verpflichtenden neuen Elemente oder Ausbildungsphasen; andere Inhalte könnten zugunsten des Themas wegfallen und somit der notwendige Platz geschaffen werden. Die bestehenden Gefässe und Ansätze eignen sich für eine inhaltliche Integration. Es wird eine Zertifizierung der Fahrlehrer-

schaft vorgeschlagen, um den Wissensstand und die Inhalte der Fahrausbildung zu vereinheitlichen – dies gilt für die allgemeinen Grundlagen, aber auch für die Integration des Themas FAS/AF.

Neue Kompetenzen bei zunehmender Fahrzeugautomatisierung

Die befragten Expertinnen und Experten im Rahmen der *Interviews* gingen nicht davon aus, dass in naher Zukunft Kompetenzen, die derzeit erforderlich sind, irrelevant werden, da weiterhin auch manuell gefahren werden muss und Lenkende immer darauf vorbereitet sein müssen, sich ohne automatisierte Unterstützung im Strassenverkehr zurechtzufinden und die volle Kontrolle zu übernehmen.

Ein ähnliches Bild zeigten die Ergebnisse aus der *Online-Befragung*, wo Fahrlehrer/-innen, Fahrschüler/-innen und Neulenkende in einem offenen Antwortformat gefragt wurden, ob es ihrer Meinung nach Fähigkeiten gibt, die Fahrzeuglenkende in Zukunft nicht mehr benötigen oder die sie neuerdings mitbringen müssen.

Die relativ geringe Zahl der Antworten (39), gemessen an der Gesamtstichprobe (N = 598), lässt vermuten, dass sich der Grossteil der Personen der möglichen Auswirkungen der zunehmenden Automatisierung im Zusammenhang mit der Veränderung der Fahrkompetenzen nicht bewusst ist. In der überwiegenden Mehrheit der Antworten wird die Tatsache betont, dass die geforderten Fahrkompetenzen durch eine zunehmende Automatisierung nicht per se abnehmen, sondern zeitweise sogar zunehmen. Einzelne Antworten wiesen darauf hin, dass der Rückgang der Fahrkompetenz vom Grad der Automatisierung und der Marktdurchdringung solcher Fahrzeuge abhängt. Vereinzelt wurden konkrete Kompetenzen genannt, die nach Meinung der Befragten künftig abnehmen. Dazu zählen zum Beispiel der Schulterblick beim Rückwärtsfahren (aufgrund zur Verfügung stehender Kameras und Parksensoren), Handschaltung oder das Parkieren.

Im Hinblick auf die zukünftig erforderlichen neuen Kompetenzen für das (teil-)automatisierte Fahren wurden das zusätzlich erforderliche technische Verständnis bzw. die Offenheit gegenüber Neuem und neuen Technologien ebenso häufig genannt wie die Punkte Verständnis des Systemverhaltens, Verständnis von Nutzen, Funktion und Systemgrenzen sowie das Wissen um die eigene Verantwortung im Kontext des (teil-)automatisierten Fahrens. Auf diese Fragen haben total 38 Personen geantwortet.

Im *Design-Thinking-Workshop* wurde das Paradoxon «immer mehr erforderliche Kompetenzen vs. immer weniger Einbindung in die Durchführung der Fahraufgabe» hervorgehoben. AF soll das Leben leichter machen und nicht schwerer. Es muss gelingen, den Mehrwert für alle Nutzer/-innen aufzuzeigen. Konsens zeigt sich darin, dass die Teilnehmenden insbesondere in den SAE-Level L2 und L3 zusätzlich erforderliche Kompetenzen erwarten. Neben der Beachtung des Verkehrs müssen in diesen Levels auch die Systeme des eigenen automatisierten Fahrzeugs überwacht werden. Es wird von allen Beteiligten erwartet, dass diese erhöhte Anforderung schnell zu Unachtsamkeit, Ablenkung und Unkonzentriertheit führen kann. Im Rahmen der Ausbildung muss in Zukunft eindeutig vermittelt werden, was das automatisierte Fahrzeug und seine Systeme (nicht) zu leisten im Stande sind. Die Systemkenntnis, die Möglichkeiten/Potenziale und vor allem auch Grenzen des AF müssen je nach Automatisierungsgrad vermittelt werden. Ebenfalls wird künftig wichtig sein, die Übernahme der Fahrzeugsteuerung auf SAE-L3 zu trainieren, unabhängig vom Grund (z. B. Systemausfall, unklare Verkehrssituation etc.). Nur so kann sichergestellt werden, dass künftige Fahrzeuglenkende schnell und adäquat reagieren können.

Als wichtiges Element in der praktischen Aus- und Weiterbildung könnten Fahrsimulatoren zum Einsatz kommen. Auch das Trainieren der Übernahmesituation auf Übungsplätzen ist denkbar. Hinsichtlich der Kompetenzen, die möglicherweise mit einer zunehmenden Automatisierung entfallen, sind sich die Teilnehmenden einig, dass die heutigen Fahrkompetenzen zu grossen Teilen auch weiterhin nötig sein werden. Nur wenige Fahrkompetenzen, wie z. B. das

Parkieren, werden nach Ansicht der Teilnehmenden bald vollständig durch technische Systeme übernommen (teilweise sind bereits heutige FAS vorhanden). Erst ab SAE-L4 wird vermutet, dass die theoretische und praktische Ausbildung von Fahrzeuglenkenden überflüssig wird, da diese keine Fahrkompetenzen mehr benötigen.

Nach der Identifizierung neuer Kompetenzen für das Fahren von (teil-)automatisierten Fahrzeugen wurden im Rahmen des Design-Thinking-Workshops verschiedene Vermittlungsmethoden diskutiert und konkrete, mögliche Ausbildungsinhalte identifiziert und anschliessend die praktische Umsetzung diskutiert. Die wichtigsten Ergebnisse sind im Folgenden zusammengefasst.

Mögliche Ausbildungsinhalte

In der Online-Befragung bekundeten die Fahrschüler/-innen ihr Interesse in erster Linie an den Auswirkungen von FAS/Fahrzeugautomatisierung auf die Sicherheit, gefolgt von ihrer Funktionsweise und ihren Grenzen sowie von rechtlichen Fragen zu diesem Thema (vgl. *Abb. 40*). Die Fahrlehrer/-innen wählten am häufigsten die Themen Funktionalität/Einschränkungen, Vorteile und Nutzen sowie praktische Übungen mit verschiedenen Systemen.

Als Fazit des *Workshops* wurde festgehalten, dass es möglich sein sollte, den Einsatz der wichtigsten sicherheitsrelevanten Systeme in der praktischen Fahreraus- und -weiterbildung zu erproben. Diese Systeme (und die nun verpflichtend werdenden FAS[12]) sollte wenn möglich jede/-r einmal kennengelernt haben. Dadurch wird auch Akzeptanzproblemen und einer Deaktivierung von eigentlich nützlichen Systemen entgegengewirkt. Es gilt der Grundsatz: Was man nicht kennt, das nutzt man auch nicht gerne oder vertraut ihm nicht. Als Vorschlag wurde genannt, dass in der praktischen Führerprüfung die sinnvolle Nutzung von heute zugelassenen und/oder verpflichtenden FAS mitgeprüft werden sollte. Sicherheitsrelevante Systeme dürfen dabei nicht deaktiviert werden, die Komfortsysteme müssen situationsangemessen und sicher genutzt werden.

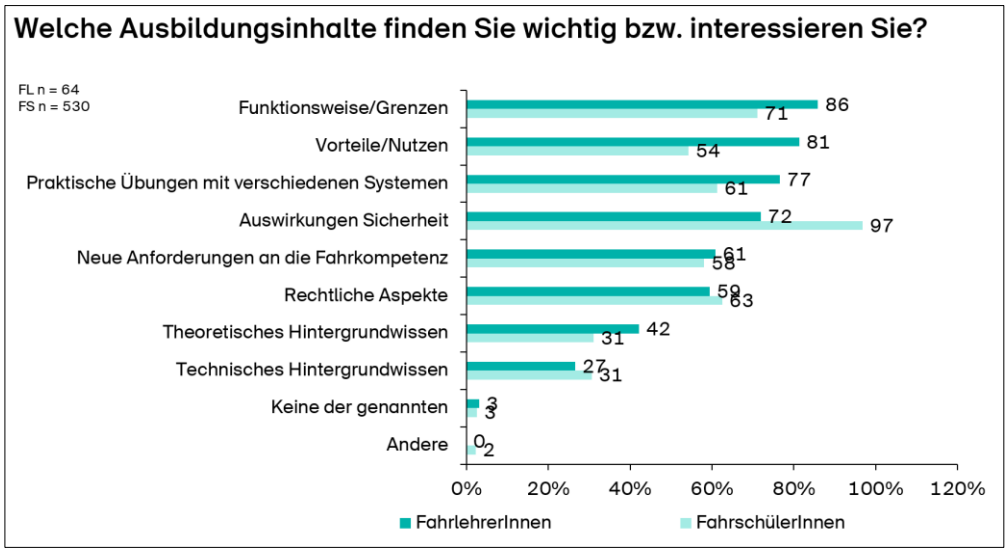


Abb. 40 *Bevorzugte Ausbildungsinhalte in der künftigen Fahrausbildung*

Mögliche Vermittlungsmethoden

Mehr als 70 % der Teilnehmenden der *Online-Befragung* bewerten den Einsatz von digitalen Medien oder Computermedien in der Fahrausbildung als (eher) sinnvoll (vgl. *Abb. 41*). Wenn es um die Einbeziehung von Themen zu FAS und/oder Fahrzeugautomatisierung geht, bevorzugt die Mehrheit sowohl der Fahrlehrer/-innen als auch der Fahrschüler/-innen/Neulenkenden einen praxisorientierten Ansatz (Anleitung, Demonstration, Kurzschulung, vgl. *Abb. 42*).

[12] Vgl. https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/themen/verkehrssicherheit/fahrassistenzsysteme.html

Selbstgesteuertes Lernen findet nur wenig Zustimmung. Für Fahrschülerinnen und Fahrschüler scheint das Fahren in einem Fahrsimulator ein spannender Ansatz zu sein.

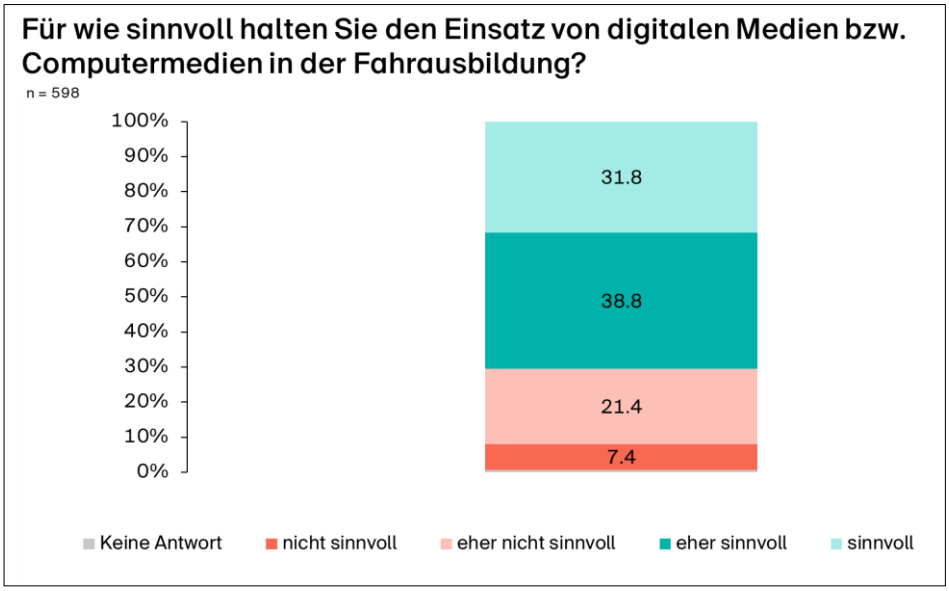


Abb. 41 *Sinnhaftigkeit des Einsatzes neuer Medien in der künftigen Fahrausbildung*

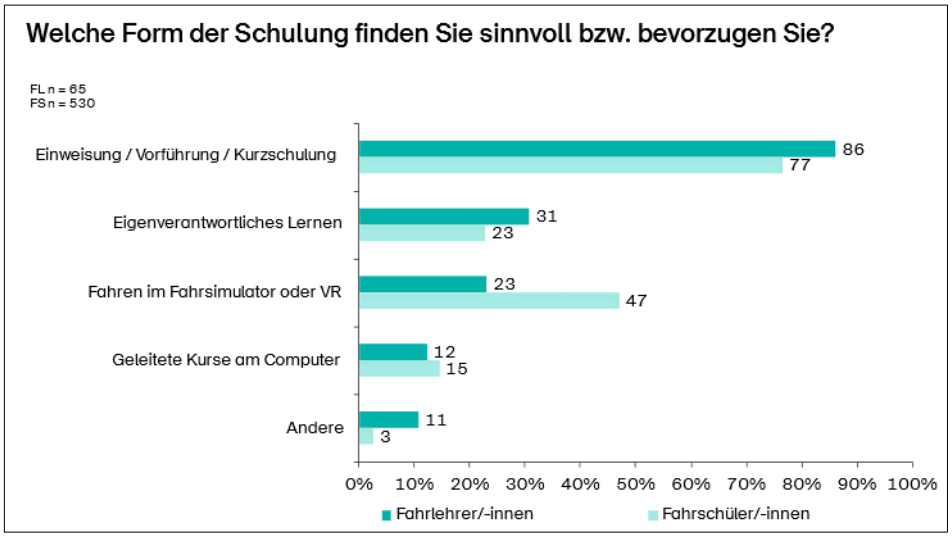


Abb. 42 *Bevorzugte Schulungsformen*

Im *Workshop* wurde die Nutzung von Fahrsimulatoren im Kontext des AF diskutiert und als sehr sinnvoll erachtet, auch wenn noch nicht klar ist, wie das organisiert/realisiert werden kann. Seltene, sicherheitskritische Verkehrssituationen und Fahrzeugbedienungssituationen können so in einem sicheren Rahmen getestet und trainiert werden. Bestes Beispiel sind hier Übernahmesituationen unter komplexen Verkehrsbedingungen auf SAE-L3. Dies gilt für beide Bereiche: Fahrausbildung und Fahrweiterbildung. Deshalb wurde in der Gruppe die Schaffung eines neuen Bereichs/Elements vorgeschlagen. Auch die Bewertenden haben diesen Aspekt mit ihren Punkten unterstützt.

Zudem erscheint es aus Sicht der Teilnehmenden von grosser Bedeutung, dass Fahrschülerinnen und Fahrschüler auch künftig für mögliche Gefahren sensibilisiert werden und konkrete Gefahrensituationen mit AF regelmässig trainieren können. Die Fahrschüler/-innen und Junglenkenden schlagen vor, dass es in der Fahrzeugelektronik einen Fahrschulmodus geben solle, der es der Fahrlehrerschaft ermöglicht, Systemausfälle – etwa aufgrund von defekten Sensoren – dann zu simulieren, wenn Fahrschüler/-innen gefahrlos die Grenzen des Systems im Realverkehr erleben können. Dies ermögliche das Testen der Möglichkeiten und Grenzen der Systeme sehr anschaulich.

Als weiterer methodischer und didaktischer Ansatz wurde das generelle Fahren mit und ohne Assistenzsysteme erwähnt, da in absehbarer Zukunft beides benötigt werde. Während zur Übung der Möglichkeiten und Grenzen von Notbremsassistenz eine Teststrecke bzw. Verkehrsübungsplätze notwendig seien, würden sich zum Trainieren der Systemgrenzen anderer Assistenzsysteme Fahrsimulatoren eignen.

Herausforderungen bei der Implementierung

Die Befragten aus der *Online-Befragung* sehen die praktische Fahrausbildung und den VKU als die am besten geeigneten Gefässe an, um das Thema FAS und Fahrzeugautomatisierung anzugehen, wobei die Zustimmung der Fahrlehrer/-innen zur praktischen Fahrausbildung grösser ist als jene der Fahrschüler/-innen (vgl. *Abb. 43*).

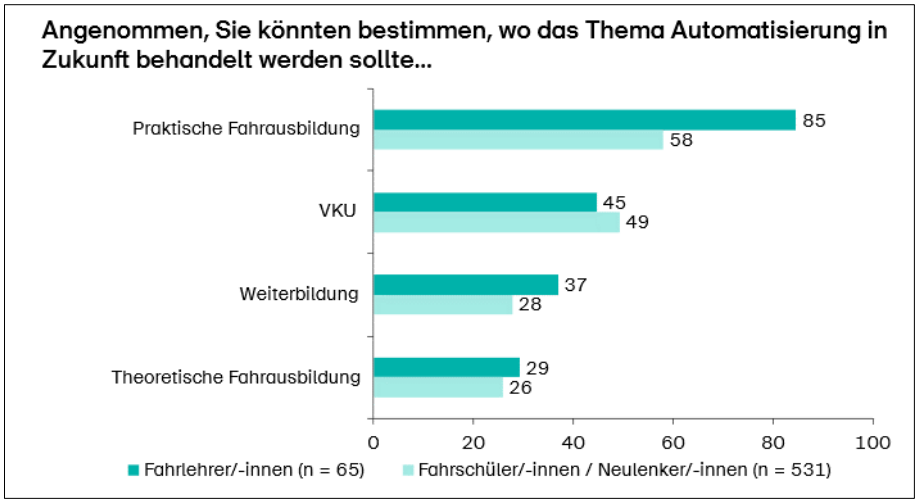


Abb. 43 *Gefäss für das Thema FAS in der künftigen Fahrausbildung*

Im *Workshop* wurde zusätzlich diskutiert, welche organisatorischen Anforderungen eine Integration in die Fahrausbildung weiter mitbringen würde. Für die praktische Fahrausbildung braucht es eine Vereinheitlichung der Lehrfahrzeuge, um sicherzustellen, dass schweizweit mit der gleichen Qualität ausgebildet wird. Bei den Komfortsystemen braucht es eine Schulung für die korrekte Aktivierung und den sicheren Umgang mit diesen Systemen im Realverkehr. Es wird der Vorschlag gemacht, dass bei den praktischen Fahrstunden auch die Gelegenheit genutzt werden sollte, die theoretischen Hintergründe (Funktionsweise, Funktionsumfang, Systemgrenzen, mögliche Risiken und Kompetenzanforderungen) zu thematisieren (=integrativer Ansatz).

Grundsätzlich sind die Inhalte und Implementierungsstrategien für die Fahrweiterbildung mit denen der Fahrausbildung vergleichbar. Selbst für erfahrene Fahrzeuglenkende bringt das (zukünftige) Fahren mit Automationssystemen neue Herausforderungen und Anforderungen mit sich. Die Kenntnis über die Systeme sowie deren Grenzen und Einsatzmöglichkeiten stellt auch in der Fahrweiterbildung einen wichtigen ersten Schritt dar. Eine verpflichtende Weiterbildung wäre notwendig, ist aber gesellschaftspolitisch möglicherweise nur schwer umsetzbar. Deshalb wird als grösste Herausforderung gesehen, wie man die Leute zu einer Teilnahme an einer freiwilligen Weiterbildung motivieren kann. Ein möglicher Lösungsansatz wird in Anreizsystemen gesehen, zum Beispiel ein Gutschein beim Kauf eines Fahrzeugs vom Hersteller für die Teilnahme an einer Schulung zur Nutzung der FAS-/AF-Funktionen des eigenen Fahrzeugs. Betreffend die Weiterbildung wurde eine separate Ansprache zweier Gruppen diskutiert: Einerseits Personen, die Assistenzsysteme und damit die damit einhergehende erhöhte Sicherheit eher zu wenig nutzen und andererseits Personen, die sich in zu hohem Masse auf entsprechende Systeme verlassen und damit die Gefahr von Unfällen erhöhen. Auch vor diesem Hintergrund könne es sinnvoll sein, das Vorwissen hinsichtlich bisheriger Verhaltensweisen und Erfahrungen im Umgang mit Fahrassistenzsystemen sowie das Wissen darüber vorgängig abzufragen.

Bedenken im Hinblick auf die künftige Fahrausbildung

Am Ende der Umfrage wurde die Möglichkeit gegeben, Bedenken hinsichtlich der Integration des Themas FAS in die zukünftige Fahrerausbildung zu äussern. Diese Möglichkeit nutzten 109 Personen. Grundsätzlich wird die Notwendigkeit gesehen, die Inhalte zu FAS/Fahrzeugautomatisierung zu berücksichtigen, gleichzeitig wird aber angemerkt, dass kein Verzicht auf andere Lerninhalte der Grundausbildung erfolgen sollte. Die Argumentation geht mehrheitlich in die Richtung, dass das Fahren bzw. der richtige Umgang mit Fahrzeugen mit FAS zwar wichtig ist, das Fahren von konventionellen Fahrzeugen aber nach wie vor genauso relevant bleibt. Zumal die Fahrzeuge der jungen Fahrerinnen und Fahrer oft nicht in dem Masse mit FAS ausgestattet sind wie z. B. die Prüfungsfahrzeuge. Gegen eine Anreicherung (im Gegensatz zu einem Ersatz) von Lerninhalten spricht, dass die Gefahr einer Überfrachtung der Grundausbildung besteht, sie sich deutlich verlängert und (noch) kostenintensiver wird. Ein prägnanter Kommentar war, dass es eine Herausforderung sein kann, Fahrschüler/-innen die Bedeutung bestimmter Kompetenzen zu vermitteln, während es gleichzeitig wichtig ist, ihnen zu zeigen, dass bestimmte FAS genau diese Kompetenzen adressieren, um sie zu unterstützen.

Schliesslich wurden auch grundsätzliche Bedenken im Hinblick auf die zunehmende Automatisierung geäussert, wie die Gefahr des Übervertrauens (das sich z. B. in verminderter Aufmerksamkeit beim Fahren äussern kann) oder des Kompetenzverlustes («Verlernen des Fahrens»).

3.2.2 Anforderungskatalog

Für die Erarbeitung des Anforderungskatalogs wurden die folgenden Grundannahmen getroffen:

1. Fokus Durchführung dynamische Fahraufgabe: Der Fokus des hier erarbeiteten Katalogs richtet sich auf die Ausgangslage und die Veränderungen der Anforderungen an Fahrkompetenzen, -fähigkeiten und -eignung für die Durchführung der dynamischen Fahraufgabe. Pflichten und Vorkehrungen, die über die Durchführung der dynamischen Fahraufgabe hinausgehen (z. B. Sicherung der Unfallstelle), werden in einem separaten Arbeitsschritt und Berichtskapitel abgedeckt.

2. Perspektive komplette Fahraufgabe von A nach B**:** Die Beurteilung der erforderlichen Fahrkompetenzen, -fähigkeiten und -eignungen erfolgt immer aus der Perspektive, dass man mit einem Fahrzeug unterwegs ist, bei dem maximal die Stufe SAE-Lx aktiviert werden kann. Das heisst, betrachtet wird nicht der Moment der aktivierten Stufe, sondern die Bewältigung einer Fahraufgabe von A nach B mit einer maximal aktivierbaren Automationsstufe.

3. Ausschluss SAE-L5: Für das Führen von Fahrzeugen, die sich voll automatisiert auf SAE-L5 bewegen, sind keine Anforderungen an Kompetenzen, Fahrfähigkeit und Fahreignung mehr gefordert. Die Nutzer/-innen sind nur noch Gast und können nicht mehr in die dynamische Fahraufgabe eingreifen. SAE-L5 fällt in den nachfolgenden Betrachtungen zur Durchführung der dynamischen Fahraufgabe daher weg.

4. Ausschluss SAE-L4: Hoch automatisierte Fahrzeuge auf SAE-L4 verkehren innerhalb des festgelegten Betriebsbereichs (ODD) vollkommen selbstständig. In diesen Situationen müssen und können die Fahrzeugnutzenden die Fahraufgabe nicht übernehmen. Sollte das Fahrzeug seine ODD verlassen, übernehmen die Fahrzeugnutzenden die Steuerung auf einer darunterliegenden Automatisierungsstufe (SAE-L0 bis SAE-L3). Das heisst, sämtliche Anforderungen, Kompetenzen, Fähigkeiten und Fertigkeiten im Zusammenhang mit der Durchführung der dynamischen Fahraufgabe sind bis maximal SAE-L3 zu definieren. Für SAE-L4 erfolgen somit keine zusätzlichen oder veränderten Anforderungen für die Durchführung der dynamischen Fahraufgabe. Allerdings bleiben hier noch «Restpflichten» für die Fahrzeugnutzenden ausserhalb der Durchführung der dynamischen Fahraufgabe bestehen, z. B. Sicherung der Unfallstelle, Alarmierung des Rettungsdienstes, Erste-Hilfe-

Leistung etc. SAE-L4 fällt in den folgenden Betrachtungen zur Durchführung der dynamischen Fahraufgabe daher weg.

Veränderung der erforderlichen Fahrfähigkeiten

Die Anforderungen an die Fahrfähigkeiten werden ausgehend vom konventionellen Fahren (SAE-L0) festgelegt. Weil bis einschliesslich SAE-L3 eine Rückübernahme der Fahraufgabe durch die Fahrzeuglenkenden erforderlich sein kann, bleiben die Anforderungen an die Fahrfähigkeiten beim Führen eines Fahrzeugs bis einschliesslich SAE-L3 unverändert. Deshalb wird der Katalog der veränderten Fahrfähigkeiten nicht nach den verschiedenen Automatisierungsstufen differenziert dargestellt. Mit zunehmender Automation kommen weder neue Anforderungen an die Fahrfähigkeiten dazu, noch fallen einzelne Anforderungen an die Fahrfähigkeit weg.

Die hier dargestellten Fahrfähigkeiten gelten bereits für das konventionelle Fahren auf Stufe SAE-L0 und bleiben über alle danach folgenden Automatisierungsstufen bis einschliesslich SAE-L3 bestehen – also so lange, wie die Fahraufgabe weiterhin durch die Fahrzeugnutzenden übernommen werden können muss.

Tab. 20 *Erforderliche Fahrfähigkeiten bis einschliesslich SAE-L3*

1	Fähigkeit, Aufmerksamkeits-, Entscheidungs- und Kontrollressourcen effizient den aktuellen Aufgabenanforderungen zuzuordnen
2	Sicherstellen, dass keine Beeinträchtigung der dynamischen Sehschärfe, Reaktionszeit, Koordinationsfähigkeit oder Genauigkeit automatisierter Abläufe vorliegt.
3	Beurteilung der Fahr(un)fähigkeit (punktuell oder kontinuierlich) unter Berücksichtigung der persönlichen, situativen Umstände: • des eigenen emotionalen Zustands (z. B. nach emotionalem Stress) • der Müdigkeit (z. B. aufgrund langer körperlicher oder geistiger Aktivität) • der Schläfrigkeit (z. B. in monotonen Situationen) • Denkvermögen • Fitness (z. B. Beweglichkeit für Seitenblick beim Abbiegen, Blick nach hinten, Rückwärtsfahren) • Beurteilung der eigenen körperlichen Gesundheit (z. B. auch Kenntnis relevanter Erkrankungen, die zu Bewusstseinsstörungen oder der Einschränkung des Sehvermögens führen können – wie Diabetes, Herzerkrankung, Epilepsie, grauer Star, Netzhauterkrankung, Hirnerkrankung etc.) • Stress / Zeitdruck • Grad der Motivation (z. B. Bereitschaft, Informationen zu verarbeiten und angemessen darauf zu reagieren)
4	Beurteilung der Fahr(un)fähigkeit unter Substanzmitteleinfluss und unter Berücksichtigung rechtlicher Grundlagen: • zum Verbot des Fahrens unter Alkoholeinfluss (Art. 31 Abs. 2bis und 2ter SVG; u. a. Atemalkoholkonzentration von 0,05 mg/l oder mehr; Blutalkoholkonzentration von 0,10 Promille oder mehr) • zum Fahren unter Betäubungsmitteleinfluss (Art. 31 Abs. 2 und 55 Abs. 7 Bst. a SVG: Cannabis, Heroin/Morphin, Kokain, Amphetamin, Metamphetamin, MDEA, MDMA) • zum Fahren unter Medikamenteneinfluss (z. B. Benzodiazepine, Z-Substanzen, Opiate und Opioide) • zur Bedienung des Fahrzeugs (Art. 31 Abs. 1 SVG) betreffend Aufmerksamkeit (z. B. Beeinträchtigung der Aufmerksamkeit resp. Ablenkung durch Kommunikations- und Informationssysteme)
5	Beurteilung der Fahr(un)fähigkeit gemäss den gesetzlich verankerten, medizinischen Mindestanforderungen der Fahreignung (z. T. durch externe Fachstellen)

Veränderung der erforderlichen Fahreignung

Die Fahreignung ist für das konventionelle Fahren über medizinische Mindestanforderungen definiert (vgl. Art. 7, 9, 34 und 65 Abs. 2 Bst. D, bzw. Anhang 1 der Verkehrszulassungsverordnung).

Diese Anforderungen bleiben bis einschliesslich SAE-L3 unverändert. Auch hier gilt die Argumentation, dass ab SAE-L4 der Mensch entweder ganz von der dynamischen Fahraufgabe ausgeschlossen ist oder – wenn er sie übernimmt – das Fahrzeug auf einer der unteren Automatisierungsstufen steuert.

Veränderung der erforderlichen Fahrkompetenzen

Die Anforderungen an die Fahrkompetenzen werden entsprechend den Erläuterungen im Berichtsentwurf nach perzeptuellen, kognitiven und motorischen Kompetenzen gegliedert. Ausgehend von den Kompetenzanforderungen auf SAE-L0 werden die Veränderungen für die Automatisierungsstufen SAE-L1 bis SAE-L3 im Folgenden aufgezeigt.

Tab. 21 *Grundkompetenzen auf SAE-L0 (konventionelles Fahren)*

Ebene	Kompetenz	
Perzeptuell	**1**	Handlungen/Absichten anderer Verkehrsteilnehmenden wahrnehmen (via explizite und implizite Kommunikationsformen) • Verbale und non-verbale Kommunikation der Lenkenden (z. B. Gestik, Mimik, Nicken, Kopfschütteln, Andeutung einer Geh- oder Fahrbewegung, hindeuten) • Fahrdynamik: Bewegung und Distanzverhalten des Fahrzeugs (z. B. leicht abbremsen) • Signal- und Zeichengebung durch Lenkende oder das Fahrzeug selbst (z. B. Fahrtrichtungsanzeige, Lichthupe, Hupe/Horn, Warnblinker, Bremslicht, Warnsignale z. B. beim Rückwärtsfahren)
	2	Fahrzeugzustand erkennen (z. B. visuelle Inspektion oder allgemeine Betrachtung/Prüfung oder Anhören von Geräuschen, z. B. zum Status der Tankanzeige)
	3	Lage des eigenen Fahrzeugs wahrnehmen (relativ zur Umgebung, z. B. beim Parkieren)
	4	Bedienelemente lokalisieren (z. B. Gaspedal, Lenkrad)
	5	Verkehrsumgebung wahrnehmen: • Strassenmarkierungen (z. B. Fahrspurkonfiguration) • Verkehrsschilder • Lichtsignale (Erkennen von Unterschieden bei visuellen Reizen, z. B. den Status von Verkehrssignalen wahrnehmen) • Auditive Hinweise (Erkennen von Unterschieden bei auditiven Reizen wahrnehmen inkl. lokalisieren / ausrichten oder orientieren an Geräuschen, z. B. bestimmen der Position, aus der eine Sirene kommt, bestimmen der Position eines Objekts oder Merkmals auf der Strasse) • Gefahren / Hindernisse (bzw. Hinweise darauf, z. B. Blinker als Indikator eines ausscherenden Fahrzeugs) • Andere VT (z. B. Fussgänger, andere Fahrzeuge inkl. visuelles Verfolgen / Überwachen, z. B. eines Velofahrers, der sich auf einer Querstrasse nähert; Überwachen der Position eines fahrenden Fahrzeugs)
Kognitiv	**1**	Handlungen/Absichten anderer VT verstehen/interpretieren (via explizite und implizite Kommunikationsformen, z. B.: • Verbale und non-verbale Kommunikation der Lenkenden (z. B. Gestik, Mimik, Nicken, Kopfschütteln, Andeutung einer Geh- oder Fahrbewegung, hindeuten) • Fahrdynamik: Bewegung und Distanzverhalten des Fahrzeugs (z. B. leicht abbremsen) • Signal- und Zeichengebung durch Lenkende oder das Fahrzeug selbst (z. B. Fahrtrichtungsanzeige, Lichthupe, Hupe/Horn, Warnblinker, Bremslicht, Warnsignale z. B. beim Rückwärtsfahren)
	2	Reflexion über die Verständlichkeit / Eindeutigkeit / Effektivität der eigenen Kommunikation(-sform), um die eigenen Handlungen/Absichten zu kommunizieren
	3	Verkehrsregeln erinnern und Rechtmässigkeit von Fahrmanövern beurteilen
	4	Fahrzeugzustand beurteilen
	5	Bedienelemente verstehen
	6	Lage des eigenen Fahrzeugs beurteilen (relativ zur Umgebung, z. B. beim Parkieren)
	7	(Sicherheits-)Abstand und relative Geschwindigkeit einschätzen (z. B. Lückengrösse angesichts von Geschwindigkeit, Abstand und Zugkraft des Gegenverkehrs)

Tab. 21 (Fortsetzung) *Grundkompetenzen auf SAE-L0 (konventionelles Fahren)*

	8	Verkehrsumgebung interpretieren und Wenn-dann-Zusammenhänge bestimmen: • Strassenmarkierungen (z. B. Fahrspurkonfiguration) • Verkehrsschilder • Lichtsignale (Interpretieren der Unterschiede bei visuellen Reizen, z. B. Handlung bei Statuswechsel von Verkehrssignalen) • Auditive Hinweise (Erkennen von Unterschieden bei auditiven Reizen wahrnehmen, z. B. bestimmen, ob ein Geräusch eine Autohupe oder eine Sirene ist) • Gefahren / Hindernisse (bzw. Hinweise darauf, z. B. gefährliche Wetterbedingungen inkl. Konflikterwartung) • Sicherheit der Verkehrslage beurteilen (inkl. Unfallwahrscheinlichkeit, Unfallschwere, Risikoabschätzung) • Verhalten anderer VT (z. B. bestimmen, ob ein abbremsendes Fahrzeug anhält inkl. Zeiteinschätzung)
	9	Erwarten von Veränderungen (z. B. Fahrspurkonfiguration) durch Veränderungen in der Verkehrsumgebung (z. B. bauliche Gegebenheiten)
	10	Mobilitätsentscheidung treffen (Beurteilung und Wahl von Ziel, Strecke, Zeitfenster, Verkehrsmittel)
	11	Entscheidung über die angemessene Methode zur Stabilisierung des Fahrzeugs (z. B. angemessene Bremsmethode je nach Witterungsbedingung identifizieren)
	12	Fahr(un)fähigkeit beurteilen (z. B. Müdigkeit)
	13	Informationen aus dem Fahrzeuginneren interpretieren (Feedback)
	14	Beurteilung Fahrzeugpotenzial
Motorisch	**1**	Primäre Fahraufgabe – das Fahrzeug auf Kurs halten • Navigation: Auswahl der Fahrroute, Zeitmanagement • Bahnführung: Geschwindigkeit, Abstand • Stabilisierung: kontinuierliche bewusste oder einfache, rückkoppelungsgesteuerte, automatische Reaktionen • Beschleunigen (Sollgeschwindigkeit) • Bremsen • Lenken (Sollspur)
	2	Sekundäre Fahraufgabe • Betriebspunkte des Fahrzeugs einstellen • Blinken, Lichthupe, weitere Zeichengebung
	3	Tertiäre Fahraufgabe • Bordelemente/Ambiente steuern (z. B. Infotainment, Klima, sonstige Bedientätigkeiten)
	4	Weitere Zeichengebung
	5	Sonstige Bedientätigkeiten
	6	Sichern/Kontrollieren (eher kognitiv)

Veränderte Kompetenzanforderungen auf Stufe SAE-L1 bis SAE-L3

Ausgehend von den zuvor beschriebenen Kompetenzanforderungen für das konventionelle Fahren (SAE-L0) werden in Tabelle 13 die veränderten Anforderungen an die Fahrkompetenzen in den höheren Automatisierungsstufen dargestellt. Dabei wird zwischen perzeptuellen/wahrnehmungsbezogenen, kognitiven und motorischen Fähigkeiten unterschieden. Mit den unterschiedlichen Ebenen der Kompetenzen sind vermutlich auch unterschiedliche inhaltliche, didaktische und methodische Ausbildungsstrategien verbunden.

Annahmen:

- Es wird davon ausgegangen, dass ein Fahrzeug immer in den Modus eines Automatisierungsgrades unterhalb seines maximalen Automatisierungsgrades wechseln kann. Ein Fahrzeug mit L3-Funktion kann sich also auch in einem Modus mit L2-, L1- oder L0-Funktionen befinden.

- Diese Annahme führt dazu, dass sich die Kompetenzanforderungen tendenziell ergänzen und somit mit zunehmender Automatisierung der Fahrzeuge umfangreicher werden. Pro Automatisierungsstufe kommen je nach veränderter Systemfunktionalität neue Kompetenzen dazu. Manche Kompetenzen werden durch neue Anforderungen ersetzt.
- Aktive Sicherheitssysteme, die ausschliesslich punktuell im Notfall eingreifen und nicht kontinuierlich/dauerhaft die Fahrzeuglenkenden bei der Durchführung der dynamischen Fahraufgabe unterstützen, werden per SAE-Definition der Stufe SAE-L0 zugeordnet. Kompetenzanforderungen für diese Wirkweise von Fahrerassistenzsystemen wurden bereits in einem früheren Forschungsprojekt des ASTRA identifiziert. Dabei wurden auch Ansätze zur Implementierung in die Fahraus- und -weiterbildung bzw. in die Inhalte der Führerprüfung erörtert. Sie werden in diesem Forschungsprojekt deshalb nicht weiter berücksichtigt.
- Die folgende Übersicht der veränderten Kompetenzanforderungen basiert auf den Herausforderungen je Automatisierungsstufe, die in Tab. 23 als Grundlage dargestellt sind.
- Die veränderten Kompetenzanforderungen werden wiederum als Grundlage zur Erarbeitung konkreter Aus- und Weiterbildungsinhalte und -methoden in den darauf folgenden Arbeitsschritten dienen.
- Die veränderten Kompetenzanforderungen wurden auch im Rahmen des am 22. Juni ausgetragenen Design-Thinking-Workshops diskutiert. Neue Erkenntnisse aus dem Workshop wurden in die Übersicht integriert.

***Tab. 22** Zusätzliche Fahrkompetenzen nach SAE-Level, ausgehend von SAE-L0*

SAE-L1	SAE-L2	SAE-L3
Assistiertes Fahren	*Teil-automatisiertes Fahren*	*Bedingt automatisiertes Fahren*
	Perzeptuell	
1. Funktionsüberwachung Quer- oder Längssteuerung **2.** Wahrnehmen, wenn sich das System deaktiviert (erfolgt u. U. ohne Vorwarnung)		**3.** Übernahmeaufforderung wahrnehmen **4.** Perzeptuelle Übernahmebereitschaft aufrechterhalten (nicht schlafen) **5.** Gelegentliche visuelle Orientierung
	Kognitiv	
6. Angemessenes mentales Modell über die Funktionen, Fähigkeiten und Limitationen des Systems		
7. Bewusstsein für gewählten Fahrmodus sicherstellen **8.** Situationsbewusstsein aufrechterhalten **9.** Dauerüberwachung des Systems im aktivierten Zustand (Monitoring Umfeld und Fahrzeug) **10.** Selbstkontrolle, Selbstdisziplin gegen Ablenkungsversuchung		**11.** Kognitive Übernahmebereitschaft sicherstellen **12.** Situationsbewusstsein wiederherstellen **13.** Übernahmeaufforderung verstehen **14.** Risikobewusstsein bei verzögerter Übernahme entwickeln **15.** Schemata/Routinen/Abläufe zur Übernahme der Fahraufgabe kennen und können – schnelles Situationsbewusstsein erzeugen **16.** Impulskontrolle (Fuss stillhalten im aktivierten L3-Modus) – kalibriertes Vertrauen entwickeln
	17. Strategien zur Aufmerksamkeitserhaltung (um Monotonie und Vigilanzminderung entgegenzuwirken) **18.** Erkennen von Ermüdung	
	Motorisch	
19. Aktivierung und Deaktivierung des Systems beherrschen **20.** System im Notfall übersteuern können		
21. Längs- oder Querführung während der Fahrt rückübernehmen können – richtige Reaktion bei Deaktivierung des Systems		**22.** Fahrzeugsteuerung kontrolliert übernehmen **23.** Schnelle Reaktion auf komplexe Verkehrssituationen

Den in Tab. 22 dargestellten (veränderten) Kompetenzanforderungen liegen die folgenden Herausforderungen zugrunde.

Tab. 23 *Zunehmende Herausforderungen des automatisierten Fahrens*

SAE-L0	SAE-L1	SAE-L2	SAE-L3
Konventionelles Fahren	***Assistiertes Fahren***	***Teil-automatisiertes Fahren***	***Bedingt automatisiertes Fahren***
			• Überforderung bei Übernahme seltene Systemereignisse • unangemessene Übernahmereaktion • Übernahmebereitschaft fehlend • Nicht adäquate Nebentätigkeiten • Nichterwerb/Verlust prozedurale Fahrfähigkeiten • Überwachung / Daueraufmerksamkeit/Vigilanz minderung
		• Ausübung von Nebentätigkeiten • Monotonie / Unterforderung • Nichterwerb/Verlust prozedurale Fahrfähigkeiten • Überwachung / Daueraufmerksamkeit/Vigilanz minderung • Vertrauensverlust in eigene Fähigkeiten/Fertigkeiten • Mode confusion	• Vertrauensverlust in eigene Fähigkeiten/Fertigkeiten • Mode confusion
	• Unangemessenes Situationsbewusstsein • Unzureichenden mentales Model über die Funktionen, Fähigkeiten und Limitation des automatisierten Fahrzeugs	• Unzureichenden mentales Model über die Funktionen, Fähigkeiten und Limitation des automatisierten Fahrzeugs	• Unzureichenden mentales Model über die Funktionen, Fähigkeiten und Limitation des automatisierten Fahrzeugs
• Overtrust in automation • Undertrust in automation • Distrust in automation • Ablenkung (z.B. Bedienung Systeme)	• Overtrust in automation • Undertrust in automation • Distrust in automation • Ablenkung (z.B. Bedienung Systeme)	• Overtrust in automation • Undertrust in automation • Distrust in automation • Ablenkung (z.B. Bedienung Systeme)	• Overtrust in automation • Undertrust in automation • Distrust in automation • Ablenkung (z.B. Bedienung Systeme)

3.2.3 Veränderung der Pflichten und Vorkehrungen ausserhalb des Fahrzeugs ab SAE-L4

In besonderem Fokus dieses Arbeitsschritts stehen folgende Fragestellungen: Wer muss künftig welche Pflichten und Vorkehrungen treffen, wenn sich im Fahrzeug keine Fahrzeuglenkenden, sondern nur noch Passagierinnen und Passagiere befinden? Und mit welchen Veränderung der heute bestehenden Pflichten und Vorkehrungen ausserhalb des Fahrzeugs ist mit der Zulassung von automatisierten Fahrzeugen auf SAE-L4 zu rechnen?

Eine umfassende Abklärung des rechtlichen Änderungsbedarfs war nicht der Fokus dieser Forschungsarbeit bzw. würde den vorgegebenen Rahmen deutlich sprengen. Um dennoch für die zu einem späteren Zeitpunkt notwendige behördliche Entscheidungsfindung nützliche Hinweise zu geben, werden auf einer etwas abstrakteren Flughöhe mögliche Änderungsszenarien aufgezeigt, welche die Bandbreite zukünftiger Entwicklungsperspektiven für die Rechtsprechung aufzeigen sollen.

Unterschiedliche Anwendungsfälle auf SAE-L4

Mit Fahrzeugen auf SAE-L4 werden verschiedene Anwendungsfälle abgedeckt, die sich im Hinblick auf sich verändernde Pflichten an Fahrzeuglenkende deutlich unterscheiden.

1. **Fahrzeug mit Fahrzeuglenkenden:** Bei einem Fahrzeug mit Fahrzeuglenkenden auf SAE-L4 handelt es sich um ein Fahrzeug (meist im Individualverkehr, Eigenbesitz oder gemietet) mit einem Automatisierungssystem (z. B. Autobahnpilot auf SAE-L4) mit der Möglichkeit einer Übernahmeaufforderung. D. h., es fordert die fahrzeugführende Person auf, die Fahrzeugbedienung zu übernehmen, wenn es an die Grenzen seines bauartbedingten Einsatzbereichs (d. h. ein vom Automatisierungssystem technisch vorgesehener und vom Hersteller freigegebener Bereich) gelangt. Solche Fagrzeuge können also gewisse Streckenabschnitte hochautomatisiert auf Stufe SAE-L4 zurücklegen – andere Streckenabschnitte wiederum nicht. Weil dort nach wie vor eine Fahrzeuglenkerin/ein Fahrzeuglenker vorhanden sein muss, kann diese/dieser die an ihn/sie gerichteten rechtlichen Pflichten ausserhalb des Fahrzeugs auch dann noch wahrnehmen.
2. **Führerloses Fahrzeug:** Ein führerloses Fahrzeug ist ein Fahrzeug mit solch einem Automatisierungssystem, das dazu bestimmt ist, zumindest bestimmte Fahrstrecken von ihrem Ausgangs- bis zum Endpunkt (d. h. auf bestimmten, festgelegten Strecken; ODD)

ohne Vorhandensein einer fahrzeugführenden Person zurückzulegen. Typischer Anwendungsfall sind kleinräumige Fahrzeuge des öffentlichen Verkehrs, sogenannte Shuttles (Beispiel: Postauto Sion). Ein solches Fahrzeug muss keine konventionellen Bedienelemente für eine fahrzeugführende Person aufweisen. Bei diesen Fahrzeugen enstehen neue Rollen, beispielsweise jene der Operator/-innen, die bei den Fahrzeugen mit Fahrzeuglenkenden auf SAE-L4 nicht vorhanden sein müssen. Als Operator/-in gilt eine Person, die ein führerloses Fahrzeug überwacht und es insbesondere in und ausser Betrieb setzt und das Automatisierungssystem während des Betriebs deaktivieren und die vom Fahrzeug vorgeschlagenen Manöver bestätigen kann. Welche Aufgaben diese neuen Beteiligten wahrnehmen müssen, und wie und durch wen die bisher an Fahrzeuglenkende gerichteten Pflichten weiterhin wahrgenommen werden, ist heute noch unklar, muss aber vor der Zulassung von SAE-L4 Fahrzeugen klar definiert werden.

Die folgenden Ausführungen beziehen sich ausschliesslich auf Pflichten und Vorkehrungen im Fall von führerlosen Fahrzeugen.

Veränderte Pflichten bei führerlosen Fahrzeugen auf SAE-L4

Wenn führerlose Fahrzeuge in Zukunft auf den Strassen unterwegs sind, ergeben sich verschiedene Herausforderungen im Strassenverkehr. Eine dieser Herausforderungen betrifft die Pflichten ausserhalb des Fahrzeugs, die normalerweise der Lenkerin/dem Lenker eines Fahrzeugs obliegen. Die zentrale Frage lautet, wer künftig diese Pflichten übernehmen wird, wenn keine fahrzeuglenkende Person mehr im Fahrzeug ist, sondern nur noch Passagiere.

Um zu bestimmen, welche Pflichten (allenfalls neue) Beteiligte wie Operator/-innen bei führerlosen Fahrzeugen haben, braucht es eine Vorstellung davon, was aktuelle rechtliche Anforderungen und Regelungen für Fahrzeuglenkende umfassen.

Die aktuellen Pflichten an Fahrzeuglenkende sind in erster Linie im Schweizerischen Strassenverkehrsgesetz (SVG, [67]) und in der Verkehrsregelverordnung (VRV, [68]) festgelegt. Zwei wesentliche Veränderungen in Bezug auf diese Pflichten sind zu erwarten:

- Erstens eine Veränderung dahingehend, dass einige derzeit bestehende Pflichten in Zukunft entfallen oder sich formal/inhaltlich verändern.
- Zweitens eine Veränderung der Verantwortlichkeit bei der Erfüllung bestimmter Pflichten. Diese Veränderungen betreffen verschiedene bestehende Pflichten von heute.

Zukünftig entfallende und formal veränderte Pflichten

Mit der Einführung von führerlosen Fahrzeugen können – im Anwendungsfall von führerlosen Shuttles oder Robotaxis – einige heute bestehene Pflichten für Fahrzeuglenkende komplett *wegfallen* oder sich *formal ändern*. Aktuell müssen Fahrzeuglenkende einen gültigen Fahrausweis besitzen. In Zukunft könnte die Einführung von Fahrzeugen mit Automatisierungssystemen auf SAE-L4 dazu führen, dass die Anforderungen an den Fahrausweisbesitz möglicherweise überdacht werden müssen. Es könnte eine differenziertere Zertifizierung oder spezielle Schulungen für den Umgang mit solchen Fahrzeugen erforderlich sein und somit auch eine differenzierte Form von Fahrausweisen.

Veränderung der Verantwortlichkeiten bei der Pflichterfüllung im Strassenverkehr

Zukünftig wird es weiterhin Pflichten geben, die unerlässlich sind, um die Sicherheit im Strassenverkehr zu gewährleisten. Allerdings wird sich insbesondere *ändern, wer* diese Pflichten erfüllen muss, wenn keine Lenkenden mehr im Fahrzeug sind. Ein Beispiel ist das Vorzeigen des Fahrzeugausweises bei einer Polizeikontrolle oder die Sicherung einer Unfallstelle.

Die folgenden Tabellen 15–20 stellen aktuelle Pflichten für Fahrzeuglenkende dar, die möglicherweise zukünftigen spezifischen Herausforderungen gegenüberstehen, wenn führerlose Fahrzeuge zum Einsatz kommen. Trotz dieser Herausforderungen und der Veränderungen bei der Durchführung der dynamischen Fahraufgabe innerhalb des Fahrzeugs bleiben diese Pflichten und Vorkehrungen ausserhalb des Fahrzeugs unverzichtbar und müssen geregelt werden.

Zu jeder geltenden Pflicht werden mögliche Szenarien skizziert, wie mit diesen Pflichten in Zukunft umgegangen werden könnte. Angesichts der schnellen technologischen Fortschritte und des Wandels in der Verkehrspolitik ist es zum heutigen Zeitpunkt sehr herausfordernd, genaue Empfehlungen oder gar Vorhersagen über zukünftige Verantwortlichkeiten zu formulieren. Durch die Betrachtung verschiedener Szenarien kann der Forschungsbericht jedoch die Bandbreite potenzieller Auswirkungen und Herausforderungen aufzeigen, die bei der Umgestaltung der Verantwortlichkeiten im Strassenverkehr auftreten könnten. Dies ermöglicht eine fundierte Diskussion und Vorbereitung für die zukünftig notwendige behördliche Entscheidungsfindungen in dieser Fragestellung.

Tab. 24 *Heutige Pflichten an Fahrzeughaltende: Art.10 Abs. 4, Ausweise, SVG*

Quelle	Artikel
SVG	***Ausweise*** ***Art. 10 Abs. 4*** [4] **«**Die Ausweise sind stets mitzuführen und den Kontrollorganen auf Verlangen vorzuweisen; dasselbe gilt für besondere Bewilligungen»

Für das Vorzeigen des Fahrzeugausweises, beispielsweise im Rahmen einer Verkehrskontrolle, sind verschiedene Szenarien denkbar:

- **Selbstnachweis:** Eine Möglichkeit besteht darin, dass führerlose Fahrzeuge mit Technologien ausgestattet sind, die es ihnen ermöglichen, ihren eigenen Status nachzuweisen. Das Fahrzeug könnte eine Kommunikationsverbindung mit den Behörden herstellen, um den Fahrausweis und andere relevante Informationen elektronisch zu übermitteln. Dies würde eine Identifikation des Fahrzeugs und seiner Eigentümer ermöglichen.
- **Zentralisiertes System:** Eine andere Lösung besteht darin, dass führerlose Fahrzeuge in ein zentralisiertes System integriert werden. Dieses System würde den Fahrzeugstatus überwachen und die entsprechenden Informationen an die (Strafverfolgungs-)Behörden weitergeben. Fahrzeugbesitzer/-innen könnten dann über ein spezielles Konto Zugriff auf ihre Fahrzeuginformationen erhalten, um sie bei Bedarf vorzuzeigen.
- **Eingebaute biometrische Technologien:** Eine weitere Möglichkeit besteht darin, führerlose Fahrzeuge mit biometrischen Technologien auszustatten. Das Fahrzeug könnte Sensoren oder Kameras haben, die Eigentümer/-innen erkennen und authentifizieren können. Anstatt einen Fahrausweis vorzuzeigen, könnte das führerlose Fahrzeug die Identität des Eigentümers oder der Eigentümerin überprüfen und diese Information an die Behörden übermitteln.
- **Verantwortliche begleitende Person:** Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass führerlose Fahrzeuge von einer oder einem verantwortlichen Begleiter/-in begleitet werden. Diese/-r würde die Aufgaben eines Lenkenden übernehmen, einschliesslich des Vorzeigens des Fahrausweises bei Verkehrskontrollen. Dieser Ansatz könnte vor allem in einer Übergangsphase relevant sein.

Die aufgezeigten Möglichkeiten betonen die Notwendigkeit für Vorkehrungen für einen Einsatz digitaler Technologien im Bereich der Identifikation und Authentifizierung. Dennoch müssen auch bei diesen Ansätzen Fragen des Datenschutzes, der Sicherheit und der Zuverlässigkeit berücksichtigt werden, um Missbrauch oder Fälschungen zu verhindern. Es ist wichtig, dass solche Systeme robuste Sicherheitsmechanismen haben, um Identitätsdiebstahl oder Manipulationen zumindest zu erschweren.

Tab. 25 *Heutige Pflichten an Fahrzeughaltende: 4. Abschnitt: Verhalten bei Unfällen, Art.51, SVG und 3. Teil: Verhalten bei Unfällen, Art. 51, VRV*

SVG	*Art. 51* [1] Ereignet sich ein Unfall, an dem ein Motorfahrzeug oder Fahrrad beteiligt ist, so müssen alle Beteiligten sofort anhalten. Sie haben nach Möglichkeit für die Sicherung des Verkehrs zu sorgen. [2] Sind Personen verletzt, so haben alle Beteiligten für Hilfe zu sorgen, Unbeteiligte, soweit es ihnen zumutbar ist. Die Beteiligten, in erster Linie die Fahrzeugführer, haben die Polizei zu benachrichtigen. Alle Beteiligten, namentlich auch Mitfahrende, haben bei der Feststellung des Tatbestandes mitzuwirken. Ohne Zustimmung der Polizei dürfen sie die Unfallstelle nur verlassen, soweit sie selbst Hilfe benötigen, oder um Hilfe oder die Polizei herbeizurufen. [3] Ist nur Sachschaden entstanden, so hat der Schädiger sofort den Geschädigten zu benachrichtigen und Namen und Adresse anzugeben. Wenn dies nicht möglich ist, hat er unverzüglich die Polizei zu verständigen. [4] Bei Unfällen auf Bahnübergängen haben die Beteiligten die Bahnverwaltung unverzüglich zu benachrichtigen.
VRV	*Art. 54 Sicherung der Unfallstelle* (Art. 51 Abs. 1 und 4 SVG) [1] Entstehen durch Unfälle, Fahrzeugpannen, herabgefallene Ladungen, ausgeflossenes Öl usw. Verkehrshindernisse oder andere Gefahren, so müssen die Beteiligten, namentlich auch Mitfahrende, sofort Sicherheitsmassnahmen treffen. [2] Die Polizei ist sofort zu benachrichtigen, wenn eine Gefahr nicht unverzüglich beseitigt werden kann, namentlich auch, wenn ausfliessende Flüssigkeiten offene Gewässer oder Grundwasser verunreinigen könnten. Wird der Bahnbetrieb behindert, z. B. wenn Fahrzeuge oder Ladungen auf Bahnanlagen fallen, so ist die Bahnverwaltung sofort zu verständigen
VRV	*Art. 55 Unfälle mit Personenschaden* (Art. 51 Abs. 1 und 2 SVG) [1] Bei Unfällen mit Personenschaden ist die Polizei sofort zu benachrichtigen, wenn jemand äussere Verletzungen aufweist oder wenn mit inneren Verletzungen zu rechnen ist. [2] Die Meldung an die Polizei ist nicht erforderlich bei kleinen Schürfungen oder Prellungen; der Schädiger muss aber dem Verletzten Namen und Adresse angeben. Die Polizei muss ebenfalls nicht beigezogen werden, wenn nur der Fahrzeugführer, seine Angehörigen oder Familiengenossen geringfügig verletzt wurden und keine Drittpersonen am Unfall beteiligt sind.
VRV	*Art. 56 Feststellung des Tatbestandes* (Art. 51 Abs. 2 und 3 SVG) [1] Die Lage an der Unfallstelle darf bis zum Eintreffen der Polizei nur verändert werden zum Schutz von Verletzten oder zur Sicherung des Verkehrs. Die ursprüngliche Lage soll vorher auf der Strasse angezeichnet werden. [1bis] Die Polizei nimmt den Tatbestand auf bei Verkehrsunfällen, die nach Artikel 51 SVG zu melden sind; in andern Fällen hat sie den Tatbestand aufzunehmen, wenn ein Beteiligter es verlangt. Die strafrechtliche Verfolgung bleibt vorbehalten.[192] [2] Will ein Geschädigter die Polizei beiziehen, obwohl keine Meldepflicht besteht, sohaben die übrigen Beteiligten bei der Feststellung des Sachverhalts mitzuwirken, bis sie von der Polizei entlassen werden. [3] Die Führer von Feuerwehr-, Sanitäts-, Polizei- und Zollfahrzeugen auf dringlicher Fahrt und die Führer von Fahrzeugen öffentlicher Verkehrsbetriebe im fahrplanmässigen Verkehr dürfen weiterfahren, wenn die Hilfe an Verletzte und die Feststellung des Sachverhaltes gewährleistet sind.[193] [4] Erfährt ein Fahrzeugführer erst nachträglich, dass er an einem Unfall beteiligt war oder beteiligt sein konnte, so hat er unverzüglich zur Unfallstelle zurückzukehren oder sich beim nächsten Polizeiposten zu melden.

Im Falle eines Unfalls mit einem führerlosen Fahrzeug liegt die Verantwortung, die Unfallstelle zu sichern und unmittelbare Sicherheitsmassnahmen zu ergreifen, heute in der Regel bei denjenigen, die als erste am Unfallort eintreffen. Mögliche Szenarien sind die Folgenden:

- **Integration von Notrufsystemen:** Bereits heute sind Fahrzeuge mit Notfall- oder Notrufsystemen ausgestattet (z. B. eCall), die entweder automatisch (z. B. durch die Auslösung des Airbags) oder manuell (durch die Betätigung einer Taste) einen Notruf auslösen, wodurch eine Leitzentrale informiert wird. Solche oder weiterentwickelte Systeme werden

auch künftig von Bedeutung sein, um bei einem Unfall die erforderlichen Informationen an die Rettungsdienste weiterzuleiten.

- **Fahrzeugüberwachungssysteme:** Führerlose Fahrzeuge könnten mit Überwachungssystemen ausgestattet sein, die bei einem Unfall automatisch relevante Informationen erfassen und anschliessend an ein entsprechendes technologisches Gerät zur Erfassung relevanter Unfalldaten an die Polizei senden. Diese Informationen könnten beispielsweise Unfallbilder, Standortdaten und Fahrzeuginformationen sein. Dadurch könnten auch Fahrzeughalter/-innen oder Betreiber/-innen aus der Ferne über den Unfall informiert werden und geeignete Schritte einleiten (z. B. bei einem Unfall auf einem Bahnübergang die Bahnverwarltung benachrichtigen).
- **Kommunikation zwischen den Fahrzeugen (Vehicle-to-Vehicle; V2V):** Wenn ein führerloses Fahrzeug einen Unfall erkennt, könnte es automatisch eine Nachricht an andere Fahrzeuge in der Umgebung senden, um sie über den Unfall zu informieren. Diese Nachricht könnte Informationen wie den genauen Standort des Unfalls, die Art des Unfalls und die Notwendigkeit von Erste-Hilfe-Massnahmen enthalten. Andere Verkehrsteinehmende würden in diesem Fall die Sicherung der Unfallstelle übernehmen. Ein weiterer Vorteil einer solchen V2V-Kommunikation bei Unfällen besteht darin, dass der nachfolgende Verkehr entsprechend reagieren kann, indem die Fahrzeuge ihre Fahrt verlangsamen und den Unfallort umfahren. Diese Art der Vernetzung und Kommunikation zwischen führerlosen Fahrzeugen und anderen Verkehrsteilnehmenden ist Teil des Konzepts des vernetzten und kooperativen Fahrens.
- **Infrastruktur und Strafverfolgungsbehörden**: In einigen Fällen könnten die Strafverfolgungsbehörden oder spezialisierte Rettungsdienste die Aufgabe haben, die Unfallstelle zu sichern und unmittelbare Sicherheitsmassnahmen zu ergreifen. Dies könnte dann der Fall sein, wenn sie über ein Echtzeit-Überwachungssystem verfügen, das den Unfall automatisch erkennt und ihnen Informationen liefert, damit sie schnell handeln können.
- **Hersteller des führerlosen Fahrzeugs:** Es besteht auch die Möglichkeit, dass der Hersteller des führerlosen Fahrzeugs bestimmte Verantwortlichkeiten im Falle eines Unfalls übernimmt. Der Hersteller könnte beispielsweise dafür verantwortlich sein, dass das Fahrzeug mit angemessenen Sicherheitsvorrichtungen ausgestattet ist, um die Unfallstelle zu sichern. Das führerlose Fahrzeug könnte über spezielle Mechanismen oder Vorrichtungen verfügen, die nach einem Unfall automatisch aktiviert werden. Zum Beispiel spezielle Markierungen, Leuchten oder andere visuelle Hinweise, die nach einem Unfall aktiviert werden, um die Sichtbarkeit des Fahrzeugs zu erhöhen und andere Verkehrsteilnehmende auf die Unfallstelle hinzuweisen.

Tab. 26 *Heutige Pflichten an Fahrzeughaltende: Art.14 Ausübung des Vortritts VRV*

VRV	Art. 14 Ausübung des Vortritts (Art. 36 Abs. 2 bis 4 SVG) [5] In nicht geregelten Fällen, zum Beispiel wenn auf einer Verzweigung zugleich aus allen Richtungen Fahrzeuge eintreffen, haben die Führer besonders vorsichtig zu fahren und sich über den Vortritt zu verständigen.

Wenn führerlose Fahrzeuge an einer Verzweigung zeitgleich aus allen Richtungen eintreffen, stellt dies eine komplexe Herausforderung dar. Die Sicherstellung der Vortrittsregelung sollte grundsätzlich bereits bei der Programmierung der Fahrzeugalgorithmen berücksichtigt werden, um sicherzustellen, dass diese Pflicht innerhalb des Fahrzeugs erfüllt wird. Dennoch kann die Kommunikation mit anderen Fahrzeugen in unregulierten Situationen von Bedeutung sein. Die gegenseitige Verständigung über den Vortritt, wie es heute zwischen Fahrzeuglenkenden üblich ist, kann bei führerlosen Fahrzeugen nicht auf die gleiche Weise stattfinden. Stattdessen müssen alternative Methoden entwickelt werden, um die Prioritäten festzulegen und die sichere Durchfahrt zu gewährleisten. Einige mögliche Ansätze:

- **Kommunikation zwischen den Fahrzeugen (V2V)**: Führerlose Fahrzeuge könnten miteinander kommunizieren, um die Prioritäten zu klären. Durch den Austausch von Informationen wie Position, Geschwindigkeit und geplante Fahrtrichtung könnten die Fahrzeuge kollektiv entscheiden, welches Fahrzeug Vortritt hat. Dies würde eine kooperative Lösung ermöglichen, um den Verkehr an der Verzweigung zu regeln. Wenn auf einer Verzweigung mit vier Fahrzeugen nur eines führerlos ist (Mischverkehr) und die anderen konventionelle Fahrzeuge sind, ist die Kommunikation und Koordination zwischen den Fahrzeugen komplexer. In solchen Fällen müssten andere Ansätze zur Prioritätensetzung und Verkehrsregelung angewendet werden. Beispielsweise könnte das führerlose Fahrzeug über direkt sichtbare, digitale Kommunikationstechnologien (z. B. via Display oder Projektion) Informationen an die nicht automatisierten Fahrzeuge senden. Diese Informationen könnten den anderen Fahrzeugen signalisieren, dass es sich um ein führerloses Fahrzeug handelt und dass es ihnen den Vortritt gewährt. Wenn die Situation komplex ist und die Kommunikation und eine Prioritätensetzung schwierig ist, könnten allenfalls auch Operator/-innen eingreifen und die Situation manuell regeln. Operator/-innen könnten die Entscheidungen treffen, die die Sicherheit und den reibungslosen Verkehrsfluss gewährleisten, während sie sich mit den nicht automatisierten Fahrzeugen an der Verzweigung abstimmen.
- **Zentralisiertes Verkehrsmanagementsystem**: Ein zentralisiertes System könnte den Verkehr an der Verzweigung steuern. Durch die Überwachung der Positionen und Geschwindigkeiten der führerlosen Fahrzeuge sowie deren Zielorte könnte das System den Verkehr an der Verzweigung koordinieren und den Fahrzeugen Vortritt gewähren. Das System könnte basierend auf Algorithmen und vordefinierten Regeln Entscheidungen treffen, um die Durchfahrt sicher und effizient zu gestalten.
- **Infrastrukturbasierte Lösungen**: Die Verzweigung könnte mit spezieller Infrastruktur ausgestattet sein, die den führerlosen Fahrzeugen bei der Prioritätenfestlegung hilft. Zum Beispiel könnten Sensoren in der Strasse installiert werden, um die Positionen der Fahrzeuge zu erfassen und diese Informationen an ein zentrales System zu senden. Das System könnte dann den Verkehr entsprechend regeln und den führerlosen Fahrzeugen Anweisungen geben, wer Vortritt hat.

Diese Ansätze betonen die Bedeutung der Kommunikation und Koordination zwischen den führerlosen Fahrzeugen sowie zwischen den Fahrzeugen und der Infrastruktur. Die genaue Umsetzung würde von den technologischen Möglichkeiten, den rechtlichen Rahmenbedingungen und den bestehenden Standards abhängen.

Tab. 27 *Heutige Pflichten an Fahrzeughaltende: Art. 23[1] Verwendung von Pannensignalen und Warnblinkern VRV*

VRV	Art. 23[1] Verwendung von Pannensignalen und Warnblinklichtern (Art. 4 Abs. 1 SVG) [2] Das Pannensignal ist am Fahrbahnrand aufzustellen, sobald ein Fahrzeug aus zwingenden Gründen vorschriftswidrig auf der Fahrbahn abgestellt wird, ferner zur Kennzeichnung des auf einem Pannenstreifen abgestellten Fahrzeugs. Es muss mindestens 50 m, auf Strassen mit schnellem Verkehr mindestens 100 m hinter dem Fahrzeug aufgestellt werden, auf dem Pannenstreifen an dessen rechtem Rand. Beim Nothalt auf signalisierten Abstellplätzen für Pannenfahrzeuge (4.16) muss das Pannensignal nicht aufgestellt werden.[4]

Bei einer Panne eines führerlosen Fahrzeugs auf dem Pannenstreifen müssen alternative Massnahmen ergriffen werden, da kein Fahrzeuglenkender vorhanden ist, der das Pannensignal aufstellen kann, um die Sicherheit zu gewährleisten. Hier sind mögliche Vorgehensweisen:

- **Integrierte Sicherheitsvorrichtungen**: Denkbar sind verschiedene Sicherheitsvorrichtungen, die in führerlosen Fahrzeugen verbaut werden können. Dazu zählen beispielsweise:
  - *Automatische Pannensignale und Warndreiecke:* Führerlose Fahrzeuge können mit automatischen Pannensignalen und Warndreiecken ausgestattet sein, die bei einer Panne oder einem Unfall automatisch aktiviert werden. Diese Signalvorrichtungen sollen den nachfolgenden Verkehr warnen und auf die Unfallstelle hinweisen.

  - *Licht- und Tonsignale:* Fahrzeuge können mit Licht- und Tonsignalen ausgestattet sein, die im Falle eines Unfalls oder einer Panne aktiviert werden, um die Aufmerksamkeit anderer Verkehrsteilnehmender zu erregen.
  - *Aktive Markierungen und Leuchten:* Führerlose Fahrzeuge können spezielle Markierungen und Leuchten an der Aussenseite haben, die im Falle eines Unfalls oder einer Panne aktiviert werden, um die Sichtbarkeit des Fahrzeugs zu verbessern.

- **Information von Drittpersonen**: Auch hier sind jegliche Formen von Informationswegen via integrierte Überwachungssysteme oder in der Infrastruktur integrierte Lösungen (z. B. Erkennung von Pannen durch eingebettete Sensoren) denkbar (vgl. dazu auch obere Abschnitte), die entsprechende Informationen an Fahrzeughaltende, Betreiber/-innen oder ein zentrales Überwachungssystem senden. In solchen Fällen könnten die zuständigen Stellen wie Strafverfolgungsbehörden oder spezialisierte Rettungsdienste benachrichtigt werden und kann das Pannensignal aufgestellt werden.
- **Digitalisierte Karten mit Echtzeitinformationen**: Es ist davon auszugehen, dass die Entwicklungen und Angebote für digitalisiertes Kartenmaterial mit Echtzeitinformationen in den nächsten Jahren stark zunehmen werden. In Verbindung mit den bereits erwähnten integrierten Sicherheitsvorrichtungen könnten Informationen zu Pannenfahrzeugen und Unfallstellen in Echtzeit auf dem Kartenmaterial in nachfolgenden Fahrzeugen angezeigt werden. Dies würde es ermöglichen, entsprechende Warnhinweise prioritär im Fahrzeug zu kommunizieren.
- **Kommunikation über die Infrastruktur**: Auch eine automatisierte Kommunikationslinie eines Pannen- oder Unfallfahrzeugs mit der Infrastruktur ist denkbar. Diese gibt dann die Information digital (z. B. über Funkverbindungen) oder analog (z. B. über Wechselzeichensignalisation) an andere Fahrzeuge weiter.

Tab. 28 *Heutige Pflichten an Fahrzeughaltende: Art. 27 Abs. 1 und 2, Beachten der Signale, Markierungen und Weisungen, SVG*

VRV	Art. 27 [1] Signale und Markierungen sowie die Weisungen der Polizei sind zu befolgen. Die Signale und Markierungen gehen den allgemeinen Regeln, die Weisungen der Polizei den allgemeinen Regeln, Signalen und Markierungen vor. [2] Den Feuerwehr-, Sanitäts-, Polizei- und Zollfahrzeugen ist beim Wahrnehmen der besonderen Warnsignale die Strasse sofort freizugeben. Fahrzeuge sind nötigenfalls anzuhalten.[1]

Wenn es um das Befolgen von Weisungen der Polizei durch führerlose Fahrzeuge geht, müssen alternative Ansätze gefunden werden, da heute noch unklar ist, ob diese Fahrzeuge menschliche Kommunikation wie beispielsweise Gestiken erkennen können. Mögliche Alternativen sind die Folgenden:

- **Digitalisierte Anweisungen:** Die Polizei könnte digitale Kommunikationsmittel oder spezielle technische Interaktionsgeräte verwenden, um Anweisungen an führerlose Fahrzeuge zu übermitteln. Das führerlose Fahrzeug würde diese digitalisierten Anweisungen erkennen und entsprechend handeln.
- **Kommunikation über die Infrastruktur:** Eine Möglichkeit besteht darin, die Infrastruktur wie Verkehrsleitsysteme oder Ampeln zu nutzen, um Anweisungen an führerlose Fahrzeuge zu übermitteln. Die Polizei könnte Signale oder Nachrichten über die Infrastruktur senden, die von den führerlosen Fahrzeugen erkannt und entsprechend gehandbabt werden.
- **Weiterentwicklung von KI-Systemen:** Die rasante Entwicklung von künstlicher Intelligenz (KI) könnte dazu führen, dass führerlose Fahrzeuge in der Lage sind, menschliche Kommunikation in Form von Gestiken oder Sprache zu erkennen und zu verstehen. Dadurch könnten sie auch Anweisungen der Polizei direkt aus menschlicher Kommunikation erfassen und darauf reagieren.
- **Kommunikation via Operator/-in:** In bestimmten Situationen könnte ein/-e Operator/-in bei führerlosen Fahrzeugen einspringen, um Anweisungen der Polizei zu befolgen. Wenn

ein führerloses Fahrzeug eine Anweisung der Polizei erhält, die nicht automatisch von der Technologie erkannt oder verstanden werden kann, könnte ein/-e Operator/-in im Fahrzeug eingreifen und entsprechend handeln.

Es ist anzumerken, dass die Umsetzung solcher Lösungen massgeblich von den künftigen technologischen Möglichkeiten abhängt, deren Kapazitäten heute noch nicht im Detail vorhersehrbar sind.

Tab. 29 *Heutige Pflichten an Fahrzeughaltende: Art. 57 Allgemeines VRV*

VRV	Art. 57 Allgemeines (Art. 29 SVG) [1] Der Führer hat sich zu vergewissern, dass Fahrzeug und Ladung in vorschriftsgemässem Zustand sind und das erforderliche Zubehör, wie das Pannensignal, vorhanden ist.[1]

Bei führerlosen Fahrzeugen liegt die Zuständigkeit dafür, dass das Fahrzeug und eine allfällige Ladung in vorschriftsgemässem Zustand sind, in der Regel bei den Fahrzeughaltenden oder dem Betreiber bzw. der Betreiberin. Obwohl keine Fahrzeuglenkenden physisch im Fahrzeug sitzen, ist denkbar, dass Fahrzeughaltende oder Betreiber/-innen weiterhin verantwortlich bleiben für den ordnungsgemässen Zustand des Fahrzeugs und die Sicherheit der Ladung. Eine andere Möglichkeit sind auch hier im Fahrzeug integrierte Überwachungssysteme, die den Zustand des Fahrzeugs und der Ladung überwachen und eventuelle Abweichungen oder Probleme erkennen. Solche Systeme können den Fahrzeughalter oder die Betreiberin über potenzielle Probleme informieren, damit entsprechende Massnahmen ergriffen werden können.

Zwischenfazit

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Einführung führerloser Fahrzeuge zu Veränderungen in den Pflichten und Verantwortlichkeiten im Strassenverkehr führen wird. Während einige Pflichten wegfallen können, müssen andere neu überdacht und angepasst werden. Insbesondere die Sicherstellung der Strassenverkehrssicherheit und die Erfüllung der gesetzlichen Vorschriften werden weiterhin von grosser Bedeutung sein. Zudem werden hohe Anforderungen an die Fahrzeugtechnologie gestellt, damit einige der Aufgaben und Verantwortlichkeiten übernommen werden können, die bisher von Fahrzeuglenkenden erfüllt wurden.

Ausblick: Neue Verordnung über das automatisierte Fahren

Im Herbst 2023 geht eine neue Verordnung über das automatisierte Fahren (AFV, gestützt auf Artikel 25a bis 25g SVG) in der Schweiz in die Vernehmlassung, die die Voraussetzungen für die Zulassung und die Verwendung von Motorfahrzeugen mit einem Automatisierungssystem regelt sowie Aufgaben und Plfichten an Hersteller, Verladende und entladende Personen, Fahrzeughaltende, Operatorinnen sowie Operatoren und die Person formuliert, die ein führerloses Fahrzeug manuell bedient und die manuelle Bedienung festlegt.

Es zeichnet sich ab, dass insbesondere Fahrzeughaltende in die Pflicht genommen werden und der Einsatz von Operator/-innen eine realistische Option für die künftige Sicherstellung der Verkehrssichrheit bei führerlosen Fahrzeugen darstellt.

Grundsätzliche Überlegungen zu den veränderten Rahmenbedingungen für Fahrzeuge mit einem Automatisierungssystem

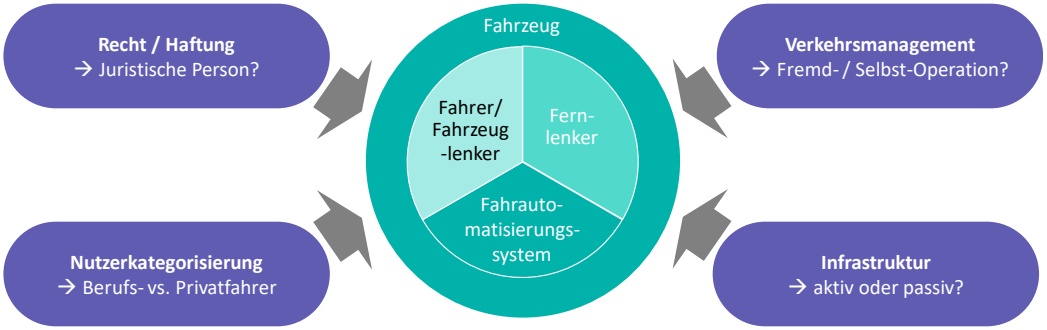


Abb. 44 *Veränderungen der Anforderungen an Umsysteme*

Für den Zustand mit Fahrautomatisierungssystem (ODD in SAE-L3 und L4 bzw. überall SAE-L5) verändern sich die Aspekte Verkehrsmanagement und Infrastruktur deutlich und werden im Folgenen eingehender diskutiert. Denn die Veränderungen haben einen grossen Einfluss auf das Verkehrsgeschehen und damit auf die Art, wie die Fahrt durch Insassen subjektiv wahrgenommen wird. Entsprechend bilden diese Aspekte auch den Hintergrund zur Diskussion der Akzeptanz des automatisierten Fahrens.

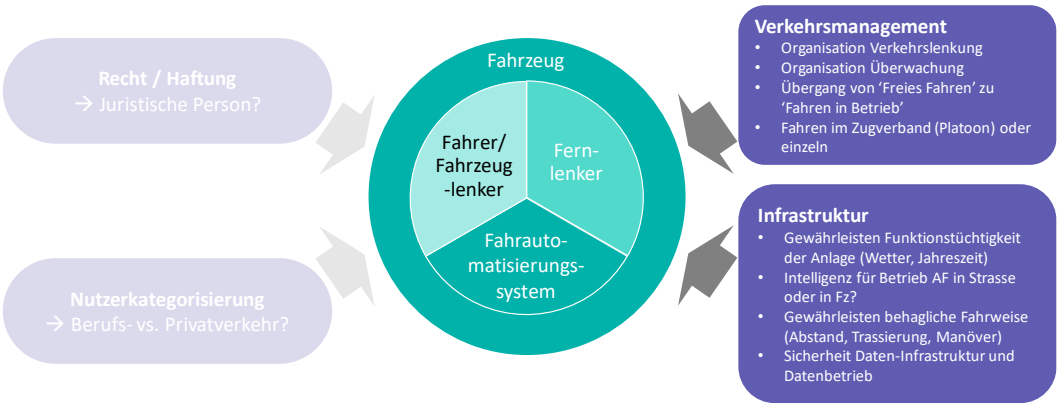


Abb. 45 *Schwerpunkte der Veränderungen Anforderungen an Umsysteme*

Veränderungen Verkehrsmanagement

Neben der Möglichkeit, dass die Fahrautomatisierungssysteme im Sinn der Schwarmintelligenz sich selbst organisieren (Organisation Verkehrslenkung), gilt es folgende weitere Veränderungen zu beachten:

- Organisation Überwachung: Die Anforderungen an die Überwachung des Verkehrs verändern sich dahingehend, dass im Falle von Ausnahmesituationen über eine/-n Operator/-in die Fahrzeuge aus risikominimalen Zuständen herausmanövriert werden müssen. Die Überwachung wird also aktiv und für die Insassen wahrnehmbar in das Verkehrsgeschehen eingreifen.
- Übergang von «freiem Fahren» zu «Fahren in Betrieb»: Mit der Übergabe der Fahrverantwortung an das Fahrautomatisierungssystem geht auch die freie Wahl der Fahrspur oder der Route in eine durch eine übergeordnete Instanz angeordnete Fahrt über und fügt sich einem gesamtheitlich oder individuell optimierten Betriebsregime – ohne Einflussmöglichkeiten durch die Insassen.

- Fahren im Zugverband oder einzeln: Bei einer Vernetzung der Fahrzeuge untereinander ist es möglich – und ökonomisch und energetisch sinnvoll –, elektronisch gekoppelte Zugsverbände aus Fahrzeugen mit kurzen Abständen (sogenannte Platoons) zu bilden. Die Bildung muss nach klaren Zugsbildungsregeln erfolgen (z. B. für den Fall einer Notbremsung darf das schwerste Fahrzeug nicht am Schluss sein). Als Insassin oder Insasse ist man in diesen Zugsverbänden «gefangen».

Veränderungen Infrastruktur

Im Zusammenhang mit dem Wechsel von einer passiven zu einer aktiven Informationsweitergabe gilt es bei der Infrastruktur folgende weitere Aspekte zu beachten:

- Gewährleisten der Funktionstüchtigkeit der Anlage: Zur Gewährleistung des automatisierten Fahrens muss die Infrastruktur jederzeit und unabhängig von Jahreszeit und Witterung die volle Funktionstüchtigkeit garantieren können. Im Fall einer (automatisierten) Fahrt durch ein heftiges Schneegestöber wären Insassen folglich einem «Blindflug» ausgeliefert.
- Sicherheit Datentransfer und Datenbetrieb: Die Übertragung der Daten für ein automatisiertes Fahren muss jederzeit sicher und verzögerungsfrei sein. Ebenso muss die Datenverarbeitung mit einer sehr hohen Verlässlichkeit funktionieren und unerlaubte Zugriffe müssen unterbunden sein. Insassen haben keine Möglichkeit, dies zu kontrollieren oder nachzuvollziehen und müssen blind darauf vertrauen.

Des Weiteren kommen neue Anforderungen auf die Infrastruktur zu:

- Mit dem Übergang von einem aktiven «Selberfahren» zu einem passiven «Gefahrenwerden» verändern sich die Ansprüche der Insassen hinsichtlich Behaglichkeit und erfordern geometrische Anpassungen an den Trassierungselementen (siehe unten).
- Grundsätzlich stellt sich die Frage, ob die Infrastruktur zur Gewährleistung des automatisierten Fahrens zusätzlich Ausrüstungselemente zu Spurführung, Abstandhaltung etc. einhalten muss. Plakativ kann dies durch die Frage ausgedrückt werden: Muss für automatisiertes Fahren die Strasse intelligent werden oder kann sie «dumm» bleiben? [63]

3.2.4 Kurzfassung

Anpassungsbedarf der Fahraus- und -weiterbildung

- Bezüglich der praktischen und theoretischen Fahrausbildung sowie der Weiterbildung wird die Integration der Themen «Automatisierung/FAS» wahrgenommen, insbesondere hinsichtlich des Basiswissens (z. B. Systemgrenzen), aber auch hinsichtlich der Gefahrenpotenziale, insbesondere in Übernahmesituationen.
- Veränderungen werden vor allem in der praktischen Ausbildung erwartet.

Neue Kompetenzen mit zunehmender Automatisierung / Anforderungskatalog

- In der Literatur und unter Fachexperten besteht aktuell eher wenig (konkretes und konsolidiertes) Wissen darüber, welche neuen Kompetenzen Fahrzeuglenkende künftig mitbringen müssen.
- Mit zunehmender Automatisierung bis und mit SAE-L3 kommen weder neue Anforderungen an die Fahreignung hinzu, noch entfallen andere.
- Da bis einschliesslich SAE-L3 eine Übernahme der Fahraufgabe durch Fahrzeuglenkende erforderlich sein kann, bleiben die bestehenden Anforderungen an die Fahrkompetenz beim Führen eines konventionellen Fahrzeugs bis einschliesslich SAE-L3 unverändert.
- Ausgehend von den Kompetenzanforderungen für das konventionelle Fahren (SAE-L0) ergeben sich veränderte Anforderungen an die Fahrkompetenz in den höheren Automatisierungsstufen auf perzeptiver/wahrnehmungsbezogener, kognitiver und motorischer Ebene.
- Mit den unterschiedlichen Kompetenzniveaus sind vermutlich auch unterschiedliche inhaltliche, didaktische und methodische Ausbildungsstrategien verbunden.

- Kompetenzanforderungen ergänzen sich mit zunehmender Fahrzeugautomatisierung tendenziell und werden damit umfangreicher. Mit jeder Automatisierungsstufe kommen neue Kompetenzen hinzu, die der veränderten Systemfunktionalität entsprechen. Andere Kompetenzen werden durch neue Anforderungen ersetzt.
- Auswirkungen auf den Menschen im Sinne von Herausforderungen und Gefahren nehmen mit der zunehmenden Automatisierung ebenfalls zu.

Mögliche Ausbildungsinhalte

- Die Schulungsinhalte sollten das Erproben der sicherheitsrelevantesten (zukünftig verpflichtenden) FAS sowie (theoretisch) die Vorteile, Funktionsweisen inkl. Systemgrenzen, Auswirkungen auf die Sicherheit und rechtliche Fragen umfassen.
- Die Integration von FAS in die Fahrausbildung darf kein Ersatz sein für das Fahren ohne FAS.

Mögliche Vermittlungsmethoden

- Der Einsatz digitaler Medien, u. a. auch Simlatoren (z. B. für Übernahmesituationen), wird als sinnvolle Möglichkeit erachtet.
- Ein praxisorientierter Ansatz wird bevorzugt.

Herausforderungen bei der Implementierung

- Eine verpflichtende Weiterbildung wäre aus Sicht der Workshop-Teilnehmenden notwendig, scheint aber gesellschaftspolitisch schwierig umsetzbar. Eine grosse Herausforderung wird es daher sein, Fahrzeuglenkende zur freiwilligen Weiterbildung zu motivieren.
- Überwindung des Ansatzes «geschult wird nur, was geprüft wird».
- Überwindung des Paradoxons «immer mehr geforderte Kompetenzen vs. immer weniger Einbindung in die Durchführung der Fahraufgabe».
- Einsatz bzw. Organisation von Fahrsimulatoren (z. B. zum Üben von Übernahmesituationen).
- Umgang mit bestehende Heterogenität der Ausbildungsfahrzeuge.

Neue Pflichten und Vorkehrungen SAE-L4

- In Zukunft sind zwei wesentliche Veränderungen zu erwarten: Zum einen werden einige bestehende Verpflichtungen entfallen oder sich sowohl formal als auch inhaltlich verändern. Zum anderen wird es eine Verschiebung der Verantwortlichkeiten bei der Erfüllung bestimmter Pflichten geben.
- Für bestimmte Pflichten, bei denen davon ausgegangen wird, dass sie zukünftig spezifischen Herausforderungen gegenüberstehen, wurden Szenarien skizziert, um die Bandbreite potenzieller Auswirkungen und Herausforderungen aufzuzeigen, die bei der Umgestaltung der Verantwortlichkeit im Strassenverkehr auftreten könnten.
- Die skizzierten Szenarien zum künftigen Umfang mit bestimmten Pflichten zeigen, dass hohe Anforderungen an die Fahrzeugtechnologie gestellt werden, um einige der Aufgaben und Verantwortlichkeiten übernehmen zu können, die bisher von Fahrzeuglenkenden erfüllt wurden.
- Aus dem Entwurf der Verordnung über das automatisierte Fahren (AFV) geht hervor, dass insbesondere Fahrzeughaltende für die Einhaltung der Pflichten verantwortlich gemacht werden. Aktuell wird Betreibern/-innen des entsprechenden Mobilitätsangebots keine Verantwortung in diesem Sinne zugeschrieben.

3.3 IST-SOLL-Vergleich

3.3.1 Schematische Darstellung relevanter Kompetenzveränderungen

Zurzeit sind in der Schweiz Fahrzeuge mit Systemen bis maximal SAE-L2 zugelassen und im Verkehr. In absehbarer Zeit werden Systeme der Stufe SAE-L3 (z. B. Staupilot) hinzukommen.

Abb. 46 zeigt eine vereinfachte Darstellung des Spannungsfelds (grün eingefärbte Flächen) zwischen den steigenden Kompetenzanforderungen an Fahrzeuglenkende und den reduzierten notwendigen Systemeingriffen (während akiviertem System) infolge zunehmender Automatisierung. Der Einfachheit halber wird davon ausgegangen, dass der Zuwachs an neuen Kompetenzen mit SAE-L3 sein Maximum erreicht hat. SAE-L4 entspricht in der Abbildung SAE-L5. Der Unterschied besteht darin, dass ein Fahrzeug des SAE-L4 eine definierte ODD hat. Dementsprechend verkehren solche Fahrzeuge innerhalb der SAE-L4 wie SAE-L5-Fahrzeuge, ausserhalb der SAE-L4 jedoch höchstens wie SAE-L3-Fahrzeuge. Ab SAE-L4 fährt das Fahrzeug vollständig autonom, bei geplanter Übernahme der Fahraufgabe benötigen Fahrzeuglenkende jedoch weiterhin alle Fähigkeiten der vorhergehenden Automatisierungsstufen. Die Übernahme wird allenfalls dadurch weniger kritisch, dass sie nicht mehr spontan, sondern geplant erfolgt.

Für eine bessere Nachvollziehbarkeit wurde die Zu- bzw. Abnahme neuer Kompetenzen bzw. aktiver und passiver Aufgaben kontinuierlich dargestellt. In der Realität wird es aber wahrscheinlich so sein, dass mit jeder Neuzulassung bestimmter Automatisierungssysteme sprunghaft neue Anforderungen und Kompetenzen hinzukommen bzw. die geforderten aktiven Aufgaben und Kompetenzen schlagartig auf Null sinken.

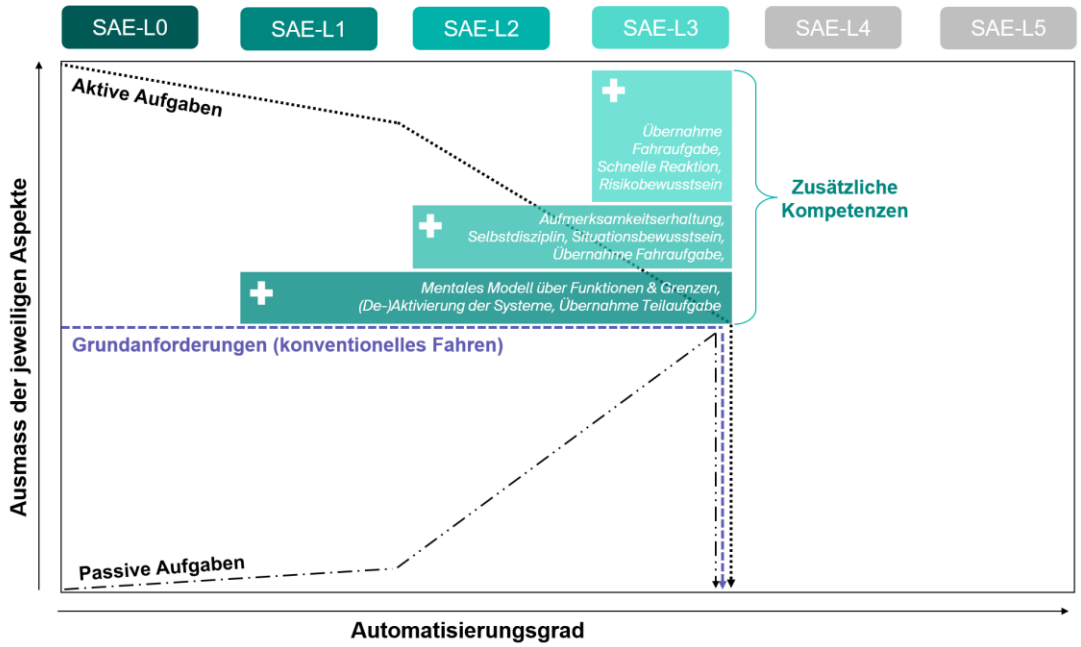


Abb. 46 *Schema mit veränderten Anforderungen an die Fahrzeuglenkenden bei zunehmender Automatisierung. Es zeigt eine vereinfachte Darstellung des Spannungsfeldes (grün eingefärbte Flächen) zwischen steigenden Kompetenzanforderungen an Fahrzeuglenkende und reduzierten, notwendigen Systemeingriffen infolge zunehmender Automatisierung (aufbauend auf Tab. 23 und angelehnt an [69]).*

Abb. 46 zeigt, dass eine anteilige Übernahme von Aufgaben durch das Fahrzeug mit zunehmender Automatisierung nicht per se zu einer anteiligen Entlastung der Fahrzeuglenkenden führt. Vielmehr kommen zu den Grundanforderungen (konventionelles Fahren) ab SAE-L1 zu-

sätzliche Fahrkompetenzen hinzu. So obliegt den Fahrzeuglenkenden beispielsweise die besondere Verantwortung für die Überwachung des Verkehrsumfelds und des Fahrzeugs sowie die Übernahme der manuellen Steuerung auf Anforderung. Letzteres unterstreicht einmal mehr die Bedeutung adäquater mentaler Modelle für die Funktionsweise und Leistungsgrenzen technischer Systeme, die Entwicklung eines adäquaten (kalibrierten) Vertrauens in technische Systeme und die Wichtigkeit einer adäquaten Aufmerksamkeitsverteilung (u. a. Situationsbewusstsein) – allesamt sind das Voraussetzungen für eine adäquate Übernahme der Fahraufgabe.

Die Abbildung zeigt auch, dass der Erwerb bzw. Erhalt manueller Fahrkompetenzen bis einschliesslich SAE-L3 gewährleistet sein muss, damit Fahrzeuglenkende bei Systemausfällen (d. h. in potenziell kritischen Situationen) noch in der Lage sind, die Fahrzeugführung zu übernehmen. Für die Fahrausbildung bedeutet dies, dass Fahrzeuglenkende ihrer Funktion als «Rückfallebene» für automatisierte Fahrfunktionen auf den SAE-Levels 2 und 3 nicht allein durch das Lernen neuer, spezifischer Kompetenzen im Umgang mit technischen Systemen gerecht werden können. Dies dürfte letztlich dazu führen, dass die Fahrausbildung um Inhalte zu entsprechenden technischen Systemen *erweitert* werden muss, ohne dass diese neuen Inhalte jedoch die bisher zu vermittelnden Inhalte und Kompetenzen zum manuellen Fahren ersetzen können [70].

3.3.2 Übergeordneter Anpassungsbedarf der heutigen Fahraus- und -weiterbildung

In der heutigen Praxis der Fahrausbildung in der Schweiz ist der Erwerb und die Integration von fahrrelevanten Kompetenzen im Umgang mit (teil-)automatisierten Fahrfunktionen nicht standardisiert geregelt. Aufgrund der begrenzten Zeit in der theoretischen und praktischen Fahrausbildung ist der Kompetenzerwerb bisher nur ansatzweise möglich und beschränkt sich im Wesentlichen auf die Systembedienung und Fahrzeugbeherrschung. Übergeordnete, vor allem kognitive Kompetenzen wie die Entwicklung eines adäquaten mentalen Modells über die Funktionalitäten und Systemgrenzen verschiedener Automatisierungsfunktionen sind derzeit noch kein fester Bestandteil der Fahraus- und -weiterbildung. Gefahrensituationen im Zusammenhang mit Übernahmesituationen, wie sie ab SAE-L2 notwendig werden, werden in der heutigen Fahraus- oder -weiterbildung in keiner Form geübt.

Im theoretischen Unterricht wird die deklarative Wissensbasis für den Kompetenzerwerb gelegt, die für eine korrekte Interpretation verkehrsrelevanter Informationen erforderlich ist. Im fahrpraktischen Unterricht oder beim Sammeln von Erfahrungen im privaten Umfeld geht es um die Anwendung und Internalisierung verkehrsrelevanter Handlungen. Insbesondere bestimmte neue Kompetenzen, z. B. die Bewältigung kritischer Übernahmesituationen auf Stufe SAE-L2 und -L3, können in der heute üblichen fahrpraktischen Ausbildung vor allem aus ethischen Gründen nicht geübt bzw. erlernt, sondern allenfalls unwillkürlich erfahren werden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Aktualisierung des Ausbildungscurriculums mehr als nur Ausbildungsinhalte (wie z. B. Kenntnisse über Automatisierungsstufen, den Wechsel zwischen manueller und automatisierter Steuerung oder die Überwachung), sondern auch methodisch-didaktische Erweiterungen erfordert. Die Einbindung interaktiver und visueller Lernmethoden ist teilweise nicht nur Voraussetzung (z. B. Fahrsimulator zum Üben von kritischen Übernahmesituationen), sondern kann auch das Verständnis und das Engagement der Fahrzeuglenkenden unterstützen. Dies kann Multimedia-Präsentationen, interaktive Simulationen, Videos und grafische Darstellungen umfassen, um komplexe Konzepte im Zusammenhang mit dem automatisierten Fahren zu erklären. Visuelle Hilfsmittel wie Diagramme oder Animationen können helfen, die Funktionsweise automatisierter Systeme zu veranschaulichen.

3.4 Konzeptentwicklung

Ziel der Konzeptentwicklung ist es,

- Konzeptelemente für die Fahraus- und -weiterbildung hinsichtlich neuer Inhalte und Methoden zu erarbeiten
- Einen Effektivitätsnachweis spezifischer Inhalte / Methoden zu erbringen
- Die Dringlichkeit und Umsetzbarkeit der Integration neuer Kompetenzanforderungen in die Fahraus- und -weiterbildung der Zukunft zu bewerten
- Empfehlungen für die künftige Fahraus- und -weiterbildung abzuleiten

3.4.1 Konzeptelemente für die Fahraus- und -weiterbildung

In Tab. 30 sind für jede in 3.2.2 (Anforderungskatalog) identifizierte neue Kompetenz Lerninhalte für den Aufbau von Basiswissen (Phase 1), das Übertragen dieses Wissens in die Praxis (Pahse 2) sowie die Entwicklung von Routinen (Phase 3) aufgeführt. Zellen wurden leergelassen, wenn die empfohlenen Lerninhalte aus Phase 1 sich aus heutiger Sicht nicht oder nur schwer in eine anwendungsbezogene Lernform übertragen lassen.

Tab. 30 *Konzeptelemente für künftige Inhalte und Vermittlungsmethoden zum kompetenten Umgang mit (teil-)automatisierten Fahrzeugen (SAE-L1 bis L3)*

Kompetenz		Phase1: Aufbau Basiswissen (Fakten und Konzepte)	Phase 2: Übertragen (Anwendung und Bedeutung im Strassenverkehr)	Phase 3: Entwicklung von Routinen (Übung und Erfahrung)
Angemessenes mentales Modell über die Funktion, Fähigkeiten und Limitationen des Systems	Inhalt	• Kenntnis der Systemfunktion • Kenntnis der Systemsignale und deren Bedeutung • Kenntnis der Systemgrenzen • Kenntnis der Folgen eines Systemausfalls • Kenntnis von Gefahrenpunkten bei Systemausfall	• Beurteilung des Fahrzeug-/Systemverhaltens in verschiedenen Verkehrssituationen (z. B. Autobahn vs. Landstrassen, Witterungsbedingungen, Tunnel etc.)	-
SAE-L1-L3	Vermittlungsmethode	• Schulungsraum, Bild- und Textmaterial Infosysteme • Low-end-PC-Simulator	• Low-end-PC-Simulator • Low-end-Simulator (statisch) • High-end-PC-Simulator	-
Aktivierung und Deaktivierung des Systems beherrschen *SAE-L1-L3*	Inhalt	• Beherrschung der Systembedienung (Aktivierung und Deaktivierung) • Kenntnis der Bedingungen für die Aktivierung des Systems (z. B. in Bezug auf den Geschwindigkeitsbereich) • Kenntnis der positiven/negativen Auswirkungen der (De-)Aktivierung auf die Verkehrssicherheit	• Die Verkehrssituationen kennen, in denen eine Aktivierung des Systems nicht möglich ist und die Gründe dafür angeben • Die Angemessenheit der Aktivierung / Deaktivierung des Systems in verschiedenen Verkehrssituationen beurteilen	• Aktivierung und Deaktivierung des Systems • Konfrontation mit verschiedenen Verkehrssituationen zur Entwicklung von situativem Wissen* * *Situatives Wissen basiert auf individuellen Erfahrungen – man kann sich ein Netzwerk von Erinnerungen an Situationen und deren erfolgreiche Bewältigung vorstellen.*
	Vermittlungsmethode	• Schulungsraum, Bild- und Textmaterial Infosysteme • Low-end-PC-Simulator	• Strasse • Low-end-Simulator (statisch) • High-end-Simulator (bewegungsbasiert)	• Strasse
System im Notfall übersteuern können *SAE-L1-L3*	Inhalt	• Kenntnis der Merkmale eines «Notfalls» (was ist ein Notfall?) • Kenntnis von Signalen, die (frühzeitig) auf die Notwendigkeit einer Übersteuerung hinweisen	• Beurteilung möglicher Auswirkungen/Gefahren durch (unangemessenes) Übersteuern (z. B. Übersteuerung der angezeigten Höchstgeschwindigkeit des Intelligent Speed Adaption ISA) • Beurteilung möglicher Verkehrssituationen, in denen Übersteuern (nicht) angemessen/ notwendig erscheint	• Systemübersteuerung durchführen
	Vermittlungsmethode	• Schulungsraum, Bild- und Textmaterial Infosysteme • Low-end-PC-Simulator	• Low-end-Simulator (statisch) • High-end-Simulator (bewegungsbasiert)	• Strasse

Tab. 30 ***(Fortsetzung)*** *Konzeptelemente für künftige Inhalte und Vermittlungsmethoden zum kompetenten Umgang mit (teil-)automatisierten Fahrzeugen (SAE-L1 bis L3)*

Kompetenz		Phase1: Aufbau Basiswissen (Fakten und Konzepte)	Phase 2: Übertragen (Anwendung und Bedeutung im Strassenverkehr)	Phase 3: Entwicklung von Routinen (Übung und Erfahrung)
Bewusstsein für den gewählten Fahrmodus sicherstellen	Inhalt	• Kenntnis der Fahrmodi – welche Fahrmodi können in welchen Verkehrssituationen gewählt werden?	• Beurteilung von Verkehrssituationen, in denen ein Fahrmodus zwar aktiviert werden kann, aber aus Sicherheitsgründen nicht empfohlen wird (z. B. bei fehlender Strassenmarkierung auf Landstrassen)	• Umschalten zwischen verschiedenen Fahrmodi in unterschiedlichen Verkehrssituationen
SAE-L1-L2	Vermittlungsmethode	• Schulungsraum, Bild- und Textmaterial Infosysteme • Low-end-PC-Simulator	• Low-end-PC Simulator • High-end-PC-Simulator	• Strasse • Übungsplatz
Funktionsüberwachung Quer- und Längssteuerung *SAE-L1-L2*	Inhalt	• Kenntnis der Unterschiede zwischen L2/L1- und L3-Systemen in Bezug auf die Überwachungsaufgabe • Verständnis der Überwachungsaufgabe bei L1–L2-Systemen (welche Parameter überwacht das System, welche Rückmeldung erfolgt; was muss der Fahrer wie überwachen?) • Wie zuverlässig funktioniert das System und in welchen Situationen muss man besonders aufpassen?	-	-
	Vermittlungsmethode	• Schulungsraum, Bild- und Textmaterial Infosysteme	-	-
Dauerüberwachung des Systems im aktivierten Zustand (Monitoring Umfeld und Fahrzeug) *SAE-L1-L2*	Inhalt	• Verständnis des Rollenwechsels von aktiv Handelnden zum passiv Überwachenden im Kontext von AF und den damit verbundenen Konsequenzen / Risiken • Kenntnis der psychischen / physischen Leistungs- und Fähigkeitsgrenzen des Menschen im Kontext des automatisierten Fahrens («Human Factors») • Kenntnis der rechtlichen Grundlagen für das «Überwachen» im Kontext AF • Kenntnis der Unterschiede zwischen L1/L2- und L3-Systemen in Bezug auf die Überwachungsaufgabe • Verständnis des Konzepts/der Theorie: Vigilanz*, (kontinuierliche) Überwachung und Monotonie** im Kontext der Fahrerassistenz einschliesslich der Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit * *Vigilanz = Zustand erhöhter und dauerhafter Reaktionsbereitschaft* ** *Beanspruchungsfolge; herabgesetzte psychophysische Aktiviertheit*	• Die Bedeutung der permanenten Überwachungsaufgabe kennen: Wie kann eine permanente Überwachung gelingen, wenn sie nicht vermeidbar ist? • Bewertung des Verhaltens von Fahrzeuglenkenden bei aktivierten L1-/L2-Systemen hinsichtlich optimaler und suboptimaler Funktionsüberwachung einschliesslich Abschätzung möglicher Folgen für die Verkehrssicherheit	• Überwachungsstrategien üben

Tab. 30 ***(Fortsetzung)*** *Konzeptelemente für künftige Inhalte und Vermittlungsmethoden zum kompetenten Umgang mit (teil-)automatisierten Fahrzeugen (SAE-L1 bis L3)*

Kompetenz		Phase1: Aufbau Basiswissen (Fakten und Konzepte)	Phase 2: Übertragen (Anwendung und Bedeutung im Strassenverkehr)	Phase 3: Entwicklung von Routinen (Übung und Erfahrung)
	Vermitt-lungs-methode	• Schulungsraum, Bild- und Textmaterial Infosysteme • Low-end-PC-Simulator	• Schulungsraum, Bild- und Textmaterial Infosystem • Low-end-PC-Simulator	• High-end-PC-Simulator
Situationsbewusst-sein aufrechterhal-ten *SAE-L1-L2*	Inhalt	• Verständnis des Konzepts «Situationsbewusstsein» (SA) inkl. seiner Bedeutung im Kontext von L1-/L2-Systemen, Ursachen für unzureichendes SA (z. B. fehlendes Feedback, «complacency»/Langeweile, Defizite im mentalen Modell selbst) • Kenntnis der Voraussetzungen für bzw. die Herstellung eines angemessenen SA (z. B. Überwachung, Systemverständnis) und Konsequenzen für die Verkehrssicherheit • Kenntnis der Informationsquellen zur Aufrechterhaltung des SA (z. B. aus dem Fahrzeug, der Umgebung, von anderen Verkehrsteilnehmenden etc.)	• Kenntnis der Bedeutung von SA bei L1-/L2-Systemen • Verkehrssituationen aufgrund von Merkmalen / Informationen aus Informationsquellen für SA antizipieren/projizieren, Entwicklungen gedanklich vorwegnehmen, extrapolieren, konkrete Erwartungen formulieren (z. B. auch in Bezug auf mögliche situative Gefahren)	• (Scanning-)Strategien zur Aufrechterhaltung eines angemessenen SA inkl. Gefahrenwahrnehmung (Hazard Perception Training*) üben * *Schulung, die darauf abzielt, Lenkende in die Lage zu versetzen, die Entwicklung einer Verkehrssituation vorherzusehen und einzuschätzen, ob dies zu einer Gefahr führen kann, sowie Massnahmen zu ergreifen, um sicherzustellen, dass diese Gefahr nicht zu einem Unfall führt*
	Vermitt-lungs-methode	• Schulungsraum, Bild- und Textmaterial Infosysteme • Low-end-PC-Simulator	• Low-end-PC-Simulator • High-end-PC-Simulator	• Strasse • High-end-Simulator
Erkennen von Er-müdung *SAE-L2*	Inhalt	• Kenntnis des Konzepts Müdigkeit – Entstehung und Folgen bei aktivierten L2-Systemen unter Berücksichtigung der Grenzen von L2-Systemen • Verständnis der Systemfunktionen zur Müdigkeitserkennung durch L2-Systeme (z. B. Müdigkeits- und Aufmerksamkeitswarner), ihre Funktion und angemessene Reaktionen aufseiten der Lenkenden	-	-
	Vermitt-lungs-methode	• Schulungsraum, Bild- und Textmaterial Infosysteme • Low-end-PC-Simulator	-	-
Selbstkontrolle, Selbstdisziplin ge-gen Ablenkungs-versuchung *SAE-L1-L2*	Inhalt	• Kenntnis von Grundlagen zur Ablenkung im Strassenverkehr (z. B. Auswirkungen auf die Reaktionszeit) und zusätzlichen Risiken durch die zunehmende Automatisierung • Kenntnis rechtlicher Grundlagen zu fahrfremden Tätigkeiten beim assistierten (vs. automatisierten L3) Fahren	-	-
	Methodik	• Schulungsraum, Bild- und Textmaterial Infosysteme • Low-end-PC-Simulator	-	-

Tab. 30 ***(Fortsetzung)*** *Konzeptelemente für künftige Inhalte und Vermittlungsmethoden zum kompetenten Umgang mit (teil-)automatisierten Fahrzeugen (SAE-L1 bis L3)*

Kompetenz		Phase1: Aufbau Basiswissen (Fakten und Konzepte)	Phase 2: Übertragen (Anwendung und Bedeutung im Strassenverkehr)	Phase 3: Entwicklung von Routinen (Übung und Erfahrung)
Wahrnehmen, wenn sich das System deaktiviert (erfolgt u. U. ohne Vorwarnung) *SAE-L1-L2*	Inhalt	• Kenntnis der Systemgrenzen von L1-/L2-Systemen • Kenntnis von Hinweisen / Warnsignalen bei Deaktivierung • Kenntnis der Folgen einer Deaktivierung (ohne Vorwarnung)	• Beurteilen der Wahrscheinlichkeit der Deaktivierung / (Antizipation) bei verschiedenen Verkehrssituationen, Wetterbedingungen usw.	-
	Vermittlungsmethode	• Schulungsraum, Bild- und Textmaterial Infosysteme • Low-end-PC-Simulator	• Schulungsraum, Bild- und Textmaterial Infosysteme • Low-end-PC-Simulator	-
Längs- oder Querführung während der Fahrt rückübernehmen können – richtige Reaktion bei Deaktivierung des Systems *SAE-L1-L2*	Inhalt	• Kenntnis der Funktion von L1-/L2-Systemen bzgl. Abstand, Geschwindigkeit und Spurhaltung • Kenntnis «(un-)sicherer» Reaktionsweisen bei Deaktivierung (z. B. Herumreissen des Lenkrads vermeiden) • Voraussetzung für «sichere» Reaktionsweisen (z. B. Aufrechterhaltung SA)	-	• Übernahme der Fahrzeugsteuerung nach Systemdeaktivierung üben
	Vermittlungsmethode	• Schulungsraum, Bild- und Textmaterial Infosysteme • Low-end-PC-Simulator	-	• Strasse • Übungsplatz
Strategien zur Aufmerksamkeitserhaltung (um Monotonie und Vigilanzminderung entgegenzuwirken) *SAE-L2*	Inhalt	• Kenntnis des Konzepts Monotonie*–- Bedeutung im Erleben (z. B. Langeweile / Müdigkeit) und Folgen beim automatisierten Fahren (z. B. Verringerung Aufmerksamkeit und als Folge reduzierte Leistung) • Kenntnis des Konzepts Vigilanz** – Bedeutung und Folgen • Kenntnis von Strategien zur Aufmerksamkeitserhaltung * *Beanspruchungsfolge; herabgesetzte psychophysische Aktiviertheit* ** *Vigilanz = Zustand erhöhter und dauerhafter Reaktionsbereitschaft*	-	• Üben von Strategien zur Aufmerksamkeitserhaltung
	Vermittlungsmethode	• Schulungsraum, Bild- und Textmaterial Infosysteme	-	• Strasse • High-end-Simulator (bewegungsbasiert)
Gelegentliche visuelle Orientierung	Inhalt	• Kenntis der Bedeutung der gelegentlichen visuellen Orientierung bei aktivierten L3-Systemen • Kenntnis möglicher Orientierungspunkte	-	• Üben von Orientierungsstrategien

Tab. 30 ***(Fortsetzung)*** *Konzeptelemente für künftige Inhalte und Vermittlungsmethoden zum kompetenten Umgang mit (teil-)automatisierten Fahrzeugen (SAE-L1 bis L3)*

Kompetenz		Phase1: Aufbau Basiswissen (Fakten und Konzepte)	Phase 2: Übertragen (Anwendung und Bedeutung im Strassenverkehr)	Phase 3: Entwicklung von Routinen (Übung und Erfahrung)
SAE-L3	Vermittlungsmethode	• Schulungsraum, Bild- und Textmaterial Infosysteme • Low-end-PC-Simulator	-	• Strasse • High-end-Simulator
Impulskontrolle (Fuss stillhalten) – kalibriertes Vertrauen entwickeln *SAE-L3*	Inhalt	• Kenntnis der Konzepte Übervertrauen, Misstrauen, kalibriertes Vertrauen* – Bedeutung und Entstehung im Kontext von L3-Systemen sowie Folgen von Übervertrauen und Misstrauen * *Vertrauen, das der Zuverlässigkeit des Systems entspricht; fördert eine angemessene Nutzung*	• Beurteilung der Systemzuverlässigkeit (unter Berücksichtigung der Systemgrenzen) in unterschiedlichen Verkehrssituationen (z. B. Landstrasse mit oder ohne Strassenmarkierung, Tunnel, Wetterbedingungen etc.)	• Erfahrung sammeln mit L3-Systemen in unterschiedlichen Verkehrssituationen (z. B. Landstrasse, Autobahn, Tunnel, verschiedene Wetterbedingungen etc.)
	Vermittlungsmethode	• Schulungsraum, Bild- und Textmaterial Infosysteme • Low-end-PC-Simulator	• Schulungsraum, Bild- und Textmaterial Infosysteme	• Strasse
Schemata/Routinen/Abläufe zur Übernahme der Fahraufgabe kennen und können – schnelles Situationsbewusstsein erzeugen	Inhalt	• Kenntnis von Grundlagen zu Übernahmeprozessen inkl. Unterschiede von Übernahmeprozessen bei L2- und L3-Systemen und damit verbundene Risiken • Kenntnis der Funktionen und Systemgrenzen von L2-/L3-Systemen und Konsequenzen für Übernahmeprozesse • Kenntnis der Voraussetzungen für eine sichere Übernahme der Fahraufgabe (z. B. SA) • Kenntnis von Voraussetzungen für SA	• Beurteilung der Wahrscheinlichkeit einer Übernahmeaufforderung in verschiedenen Verkehrssituationen (z. B. via Identifikation von Indikatoren, die auf eine Übernahmeaufforderung hindeuten) • Beurteilung von Gefahren bei Übernahmeaufforderung	• Üben von Strategien zur Herstellung eines angemessenen SA inkl. Gefahrenwahrnehmung (Hazard Perception Training) im Rahmen von Übernahmeprozessen
SAE-L3	Vermittlungsmethode	• Schulungsraum, Bild- und Textmaterial Infosysteme • Low-end-PC-Simulator	• Low-end-PC-Simulator • High-end-PC-Simulator	• High-end-Simulator (bewegungsbasiert) • Strasse
Übernahmeaufforderung wahrnehmen *SAE-L3*	Inhalt	• Kenntnis von Signalen / Anzeichen einer Übernahmeaufforderungen (z. B. visuelle, auditive, haptische Hinweisreize des Systems) inkl. Voraussetzungen zur Wahrnehmung einer Übernahmeaufforderung (z. B. bezogen auf fahrfremden Tätigkeiten)	-	• Üben von Übernahmeprozessen in geschütztem Rahmen und/oder durch (eigene) Erfahrung
	Vermittlungsmethode	• Schulungsraum, Bild- und Textmaterial Infosysteme • Low-end PC-Simulator	-	• High-end-Simulator (bewegungsbasiert) • Strasse

Tab. 30 ***(Fortsetzung)*** *Konzeptelemente für künftige Inhalte und Vermittlungsmethoden zum kompetenten Umgang mit (teil-)automatisierten Fahrzeugen (SAE-L1 bis L3)*

Kompetenz		Phase1: Aufbau Basiswissen (Fakten und Konzepte)	Phase 2: Übertragen (Anwendung und Bedeutung im Strassenverkehr)	Phase 3: Entwicklung von Routinen (Übung und Erfahrung)
Perzeptuelle Übernahmebereitschaft aufrechterhalten (nicht schlafen) *SAE-L3*	Inhalt	• Kenntnis rechtlicher Grundlagen (z. B. zu [nicht] erlaubten fahrfremden Tätigkeiten beim automatisierten Fahren mit L3-Systemen oder zum zeitlichen Rahmen zur Übernahme der Fahraufgabe) • Kenntnis von Merkmalen perzeptueller Übernahmebereitschaft • Kenntis der Folgen fehlender perzeptueller Übernahmebereitschaft (z. B. verpassen der Übernahmeaufforderung) und folgen für die Verkehrssicherheit	• Beurteilung der Wahrscheinlichkeit einer Übernahmeaufforderung in verschiedenen Verkehrssituationen • Beurteilung der Angemessenheit des Verhaltens von Fahrzeuglenkenkenden bei aktivierten L3-Systemen (z. B. bezogen auf fahrfremden Tätigkeiten)	• Erfahren der Folgen der Ausübung unangemessener fahrfremden Tätigkeiten (z. B. schlafen) zur Entwicklung von situativem Wissen • Üben von Strategien zur Sicherstellung der (perzeptuellen) Übernahmebereitschaft inkl. Gefahrenwahrnehmung (Hazard Perception Training) im Rahmen von Übernahmeprozessen
	Vermittlungsmethode	• Schulungsraum, Bild- und Textmaterial Infosysteme • Low-end-PC-Simulator	• Schulungsraum, Bild- und Textmaterial Infosysteme • Low-end-PC-Simulator	• High-end-Simulator
Kognitive Übernahmebereitschaft sicherstellen *SAE-L3*	Inhalt	• Kenntnis rechtlicher Grundlagen (z. B. zu [nicht] erlaubten fahrfremden Tätigkeiten beim automatisierten Fahren mit L3-Systemen, zeitlicher Rahmen zur Übernahme der Fahraufgabe etc.) • Kenntnis von Merkmale kognitiver Übernahmebereitschaft • Kenntnis möglicher Folgen fehlender kognitiver Übernahmebereitschaft (z. B. Schwierigkeit zur Wiederherstellung eines angemessenen SA) und folgen für die Verkehrssicherheit	• Beurteilung der Wahrscheinlichkeit einer Übernahmeaufforderung in verschiedenen Verkehrssituationen (inkl. Grenzbereiche) • Beurteilung der Angemessenheit des Verhaltens von Fahrzeuglenkenden bei aktivierten L3-Systemen (z. B. bezogen auf fahrfremden Tätigkeiten)	• Erfahren von Folgen der Ausübung unangemessener fahrfremden Tätigkeiten (z. B. schlafen) zur Entwicklung von situativem Wissen • Strategien zur Sicherstellung eines der (kognitiven) Übernahmebereitschaft inkl. Gefahrenwahrnehmung (Hazard Perception Training) im Rahmen von Übernahmeprozessen
	Vermittlungsmethode	• Schulungsraum, Bild- und Textmaterial Infosysteme • Low-end-PC-Simulator	• Schulungsraum, Bild- und Textmaterial Infosysteme • Low-end-PC-Simulator	• High-end Simulator (bewegungsbasiert)
Übernahmeaufforderung verstehen *SAE-L3*	Inhalt	• Kenntnis von Signalen / Hinweisen bei einer Übernahmeaufforderung von L3-Systemen • Kennnis von (Situations-)Merkmalen, die die Wahrscheinlichkeit einer Übernahmeaufforderung bei L3-Systemen erhöhen	-	• Üben von Übernahmeprozessen
	Vermittlungsmethode	• Schulungsraum, Bild- und Textmaterial Infosysteme • Low-end-PC-Simulator	-	• High-end-Simulator (bewegungsbasiert) • Übungsplatz

Tab. 30 ***(Fortsetzung)*** *Konzeptelemente für künftige Inhalte und Vermittlungsmethoden zum kompetenten Umgang mit (teil-)automatisierten Fahrzeugen (SAE-L1 bis L3)*

Kompetenz		Phase1: Aufbau Basiswissen (Fakten und Konzepte)	Phase 2: Übertragen (Anwendung und Bedeutung im Strassenverkehr)	Phase 3: Entwicklung von Routinen (Übung und Erfahrung)
Situationsbewusstsein wiederherstellen bei Übernahme *SAE-L3*	Inhalt	• Kenntnis des Konzepts SA inkl. Bedeutung im Kontext von L3-Systemen, Ursachen für unzureichendes SA (z. B. fehlende Rückmeldungen, Selbstgefälligkeit* / Langeweile, Defizite im mentalen Modell selbst etc.), Voraussetzungen für ein angemessenes SA (z. B. Überwachung, Systemverständnis) und Folgen für die Verkehrssicherheit • Kenntnis von Informationsquellen zur Wiederherstellung eines angemessenen SA (z. B. aus dem Fahrzeug, der Umwelt etc.) • Kenntnis rechtlicher Rahmenbedingungen (z. B. zur Ausübung von fahrfremden Tätigkeiten) • Kenntnis des Unterschieds des geforderten SA bei L2- versus L3-Systemen unter Berücksichtigung rechtlicher Bestimmungen (z. B. zur dauerhaften Überwachung etc.) ** Selbstgefälligkeit (engl. «Complacency») = Je mehr ein Verfahren (z. B. Fahrzeugsteuerung) automatisiert ist und je besser Fahrzeuglenkende damit vertraut sind, desto selbstgefälliger werden sie. Dies führt dazu, dass sie der jeweiligen (Fahr-)Aufgabe weniger Aufmerksamkeit schenken, als sie eigentlich sollten*	• Beurteilung von Verkehrssituationen aufgrund von Merkmalen / Informationen aus Informationsquellen für SA antizipieren / projizieren, Entwicklungen gedanklich voraus sein, extrapolieren, konkrete Erwartungen formulieren (z. B. in Bezug auf situative Gefahren)	• Üben von Strategien zur Wiederherstellung eines angemessenen SA inkl. Gefahrenwahrnehmung (Hazard Perception Training) im Rahmen von Übernahmeprozessen
	Vermittlungsmethode	• Schulungsraum, Bild- und Textmaterial Infosysteme • Low-end-PC-Simulator	• Schulungsraum, Bild- und Textmaterial Infosysteme • Low-end-PC-Simulator	• Strasse • High-end-Simulator (bewegungsbasiert)
Fahrzeugsteuerung kontrolliert übernehmen *SAE-L3*	Inhalt	• Kenntnis der Funktion von L3-Systemen bzgl. Abstand und Geschwindigkeit sowie Spurhaltung • Kenntnis «sicherer» Reaktionsweisen bei Übernahmeaufforderung und Übernahme der Fahrzeugsteuerung • Kenntnis von Voraussetzungen für «sichere» Reaktionsweisen (z. B. Aufrechterhaltung SA)	-	• Üben der Übernahme der Fahrzeugsteuerung
	Vermittlungsmethode	• Schulungsraum, Bild- und Textmaterial Infosysteme • Low-end-PC-Simulator	-	• Strasse • Übungsplatz • High-end-Simulator (bewegungsbasiert)

Tab. 30 ***(Fortsetzung)*** *Konzeptelemente für künftige Inhalte und Vermittlungsmethoden zum kompetenten Umgang mit (teil-)automatisierten Fahrzeugen (SAE-L1 bis L3)*

Kompetenz		Phase1: Aufbau Basiswissen (Fakten und Konzepte)	Phase 2: Übertragen (Anwendung und Bedeutung im Strassenverkehr)	Phase 3: Entwicklung von Routinen (Übung und Erfahrung)
Schnelle Reaktion auf komplexe Verkehrssituationen *SAE-L3*	Inhalt	• Kenntnis der Grundlagen zum (mentalen und motorischen) Reaktionsvermögen (z. B. Einflussfaktoren auf die Reaktionszeit wie Blickwechsel, mangelnde Aufmerksamkeit, Müdigkeit etc.) • Kenntnis der Voraussetzungen für angemessene Reaktionsbereitschaft (z. B. gelegentliche visuelle Orientierung, angemessene SA)	-	• Üben von Übernahmesituationen in unterschiedlich komplexen Verkehrssituationen
	Vermittlungsmethode	• Schulungsraum, Bild- und Textmaterial Infosysteme • Low-end-PC-Simulator	-	• High-end-Simulator (bewegungsbasiert) • Low-end-Simulator (statisch)
Risikobewusstsein bei verzögerter Übernahme entwickeln *SAE-L3*	Inhalt	• Kenntnis rechtlicher Grundlagen zu Übernahmeprozessen (z. B. zum zeitlichen Rahmen inkl. der Bedeutung von «unverzüglich») • Kenntnis von Gründen für verzögerte Übernahme nach Deaktivierung von L3-Systemen (z. B. fehlende Systemkenntnis, fehlende visuelle Orientierung) • Kenntnis der Risiken/Folgen einer verzögerten Übernahme der Fahraufgabe nach Deaktivierung von L3-Systemen	• Beurteilung des Fahrverhaltens (z. B. Ausführung unerlaubter fahrfremder Tätigkeiten) in unterschiedlichen Verkehrssituationen (z. B. hohes Verkehrsaufkommen, Autobahn) und Folgen- und Risikoabschätzung bei (verzögerter) Übernahme der Fahraufgabe	-
	Vermittlungsmethode	• Schulungsraum, Bild- und Textmaterial Infosysteme • Low-end-PC-Simulator	• Schulungsraum, Bild- und Textmaterial Infosysteme • Low-end-PC-Simulator	-

.

Zielgruppenspezifische Kompetenzvermittlung

Wie bereits im Methodenkapitel (Kapitel 2.4.1) erwähnt, handelt es sich bei den identifizierten neuen Kompetenzen aus Kapitel 3.2.2 (Anforderungskatalog) sowohl für Fahranfänger/-innen als auch für erfahrene Lenkende um neuartige Kompetenzen, und auch fahrerfahrene Lenkende benötigen erst die notwendige Wissensbasis, um den Praxistransfer zu leisten bzw. Routinen zu entwickeln. Die Vermittlung spezifischer Ausbildungsinhalte wird daher im Folgenden auf ein einzelnes bestimmtes Ausbildungsgefäss (Fahraus- oder -weiterbildung) beschränkt bzw. einem solchen fest zugeordnet.

Während für alle Zielgruppen neue Kompetenzen durch das automatisierte Fahren angenommen werden, ist es dennoch denkbar, dass sich die detaillierte Ausgestaltung der Schulungsinhalte je nach vorhandenem Wissen, Erfahrung und Rolle unterscheidet.

Erfahrene Fahrzeuglenkende haben möglicherweise Gewohnheiten und Erwartungen entwickelt, die auf Fahrerfahrungen mit konventionellen Fahrzeugen (SAE-L0) beruhen. Die Schulung erfahrener Lenkender sollte sich daher womöglich auch darauf konzentrieren, das Wissen über automatisierte Fahrtechnologien auf den neuesten Stand zu bringen und zu vermitteln, wie das Fahrverhalten entsprechend angepasst werden kann. Dies kann bedeuten, dass bestimmte Gewohnheiten abgelegt werden müssen, z. B. übermässiges Vertrauen in die Automatisierung. Die Schulungen für erfahrene Lenkende können möglicherweise komplexere Szenarien umfassen.

Für Berufskraftfahrende wie z. B. gewerbliche Lkw-Fahrer/-innen oder Taxifahrer/-innen gelten möglicherweise besondere Überlegungen im Hinblick auf die besonderen Herausforderungen und Chancen, denen sie bei der Ausübung ihrer beruflichen Rolle gegenüberstehen. Dazu gehört beispielsweise das Verständnis spezieller Sicherheitsfunktionen und die Interaktion zwischen automatisierten Systemen und ihren beruflichen Pflichten. Darüber hinaus benötigen sie möglicherweise Schulungen zu spezifischen Protokollen, zum Beispiel für das Notfallmanagement.

Es ist also wichtig, die Kompetenzen allen Zielgruppen zu vermitteln, aber gleichzeitig Schulungen auf die Bedürfnisse und Erwartungen jeder Gruppe soweit wie möglich zuzuschneiden, um sicherzustellen, dass sie sich effektiv an das automatisierte Fahren anpassen und in ihrem jeweiligen «Umfeld» sicher agieren können.

3.4.2 Bewertung der Dringlichkeit und Umsetzbarkeit

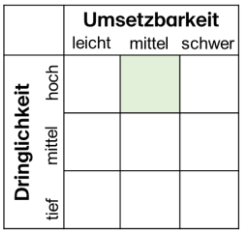
Tab. *31* zeigt die Bewertung der Dringlichkeit und Umsetzbarkeit der Kompetenzvermittlung für das Führen (teil-)automatisierter Fahrzeuge. Wie in Kapitel 2.4.2 beschrieben, basiert die Bewertung auf zwei Kriterien:

1) Wahrscheinlichkeit unmittelbarer Folgen für die Verkehrssicherheit bei Nichtvorhandensein der entsprechenden Kompetenz (Kritrium «Dringlichkeit»)
2) Der räumlichen Flexibilität bezogen auf einem Vermittlungsort (Kriterium «Umsetzbarkeit»)

Auf der Grundlage dieser Beurteilung wurden die Kompetenzen in Tab. *32* in eine Neun-Felder-Matrix eingeordnet, woraus sich eine Priorisierung der Module (Kombination aus Kompetenz und didaktischem Stilmittel) zur Integration neuer Kompetenzen in die künftige Fahraus- und -weiterbildung ableiten lässt. Es findet zudem auf dieser Grundlage eine Kategorisierung in A-, B-, C- und D-Kompetenzen statt, wobei die A-Kompetenzen die am höchsten priorisierten Kompetenzen (inkl. didaktischem Vermittlungsansatz) darstellen.

A-Kompetenzen: Mittlere bis hohe Dringlichkeit – leichte bis mittlere Umsetzbarkeit

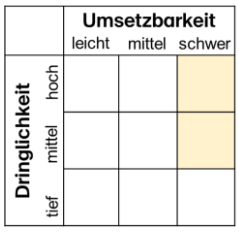
Bei Kompetenzen mit hoher Dringlichkeit und mittlerer Umsetzbarkeit in der Kompetenzvermittlung (oberer mittlerer Quadrant) wird davon ausgegangen, dass das Fehlen eine unmittelbare Gefährdung der Verkehrssicherheit darstellt. Die Kompetenzvermittlung im Rahmen der Fahraus- und -weiterbildung ist, sofern eine Anwendung angestrebt wird, im fahrpraktischen Unterricht möglich. Voraussetzung ist in diesem Fall die Systemverfügbarkeit im Ausbildungsfahrzeug. Im Vergleich zu Kompetenzen, deren Vermittlung ein externes Setting (z. B. Zentrum mit Fahrsimulator) erfordert, ist die Vermittlung der A-Kompetenzen leichter umsetzbar. Die Integration in die Fahraus- und -weiterbildung wird daher als prioritär eingestuft.



Bei Kompetenzen mit *mittlerer Dringlichkeit* und *einfacher bzw. mittlerer Umsetzbarkeit* in der Kompetenzvermittlung wird davon ausgegangen, dass sie im Rahmen der Prüfung der Integration von Kompetenzen mit hoher Dringlichkeit und mittlerer Umsetzbarkeit mitberücksichtigt werden können. Diese Kompetenzen werden daher ebenfalls als A-Kompetenzen und ihre Integration in die Fahraus- und -weiterbildung als prioritär eingestuft.

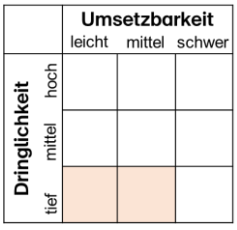
B-Kompetenzen: Mittlere bis hohe Dringlichkeit – schwere Umsetzbarkeit

Bei den Kompetenzen mit mittlerer bis hoher Dringlichkeit, deren Vermittlung im Rahmen der Fahraus- und -weiterbildung schwierig umzusetzen ist (abgesehen von der deklarativen Wissensbasis), handelt es sich in erster Linie um Kompetenzen im Zusammenhang mit der Beherrschung von SAE-L3-Systemen in Übergabesituationen. Die Kompetenzvermittlung wird als schwierig eingestuft, weil sie (optimalerweise) ein externes Setting erfordert und daher im Rahmen der heutigen regulären Fahraus- und -weiterbildung nicht oder nur schwer umsetzbar ist. Gleichzeitig ist die Automatisierungsstufe SAE-L3 mit besonderen Herausforderungen und Gefahren verbunden (vgl. Tab. ***23***, S. 83), weshalb trotz schwieriger Umsetzbarkeit Integrationsmöglichkeiten möglichst frühzeitig geprüft werden sollten. Die B-Kompetenzen werden spätestens dann direkt sicherheitsrelevant, wenn die gesetzlichen Rahmenbedingungen für Fahrzeuge mit Automatisierungssystemen der Stufe SAE-L3 in der CH vorhanden sind.



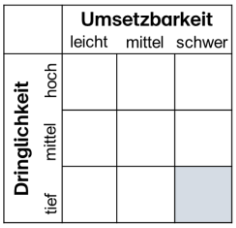
C- Kompetenzen: Niedrige Dringlichkeit – leichte bis mittlere Umsetzbarkeit

Von C-Kompetenzen wird angenommen, dass sie bei Nichtvorhandensein keine unmittelbaren negativen Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit haben. Ihre Vermittlung ist grösstenteils als einfach einzustufen, zumal sie (theoretisch auch ausschliesslich) in einem Schulungsraum stattfinden kann. Bei C-Kompetenzen wird empfholen, sie, falls sinnvoll kombinierbar mit anderen Kompetenzen, optional mitzuberücksichtigen. Vorrang bei diesem Vorgehen haben B-Kompetenzen.



D-Kompetenzen: Niedrige Dringlichkeit – schwere Umsetzbarkeit

Die D-Kompetenzen sind vergleichsweise nicht dringlich und ihre Vermittlung nur schwer umsetzbar. Eine Prüfung der Integration der D-Kompetenzen in die zukünftige Fahraus- und -weiterbildung wird daher als nachrangig angesehen.



Tab. 31 *Bewertung der Dringlichkeit und Umsetzbarkeit neu identifizierter Kompetenzen für das Führen (teil-)automatisierter Fahrzeuge*

Kompetenz	SAE-Level	Kompetenzebene	Bewertung der Dringlichkeit	Bewertung der Umsetzbarkeit
Wahrnehmen, wenn sich das System deaktiviert (erfolgt u. U. ohne Vorwarnung)	SAE-L1–2	Perzeptuell	3 (hoch)	2 (mittel)
Längs- oder Querführung während der Fahrt rückübernehmen können – richtige Reaktion bei Deaktivierung des Systems	SAE-L1–2	Motorisch	3	2
Dauerüberwachung des Systems im aktivierten Zustand (Monitoring Umfeld und Fahrzeug)	SAE-L1–2	Kognitiv	3	2
Übernahmeaufforderung wahrnehmen	SAE-L3	Perzeptuell	3	3 (schwer)
Übernahmeaufforderung verstehen	SAE-L3	Kognitiv	3	3
Fahrzeugsteuerung kontrolliert übernehmen	SAE-L3	Motorisch	3	3
Schnelle Reaktion auf komplexe Verkehrssituationen	SAE-L3	Motorisch	3	3
Angemessenes mentales Modell über die Funktion, Fähigkeiten und Limitationen des Systems	SAE-L1–3	Kognitiv	2 (mittel)	1 (leicht)
Selbstkontrolle, Selbstdisziplin gegen Ablenkungsversuchung	SAE-L1–2	Kognitiv	2	1
Aktivierung und Deaktivierung des Systems beherrschen	SAE-L1–3	Motorisch	2	2
Situationsbewusstsein aufrechterhalten	SAE-L1–2	Kognitiv	2	2
Gelegentliche visuelle Orientierung	SAE-L3	Perzeptuell	2	2
System im Notfall übersteuern können	SAE-L1–3	Motorisch	2	2 / 3
Perzeptuelle Übernahmebereitschaft aufrechterhalten (nicht schlafen)	SAE-L3	Perzeptuell	2	3
Situationsbewusstsein wiederherstellen bei Übernahme	SAE-L3	Kognitiv	2	3
Schemata/Routinen/Abläufe zur Übernahme der Fahraufgabe kennen und können – schnelles Situationsbewusstsein erzeugen	SAE-L3	Kognitiv	2	3
Kognitive Übernahmebereitschaft sicherstellen	SAE-L3	Kognitiv	2	3
Funktionsüberwachung Quer- und Längssteuerung	SAE-L1–2	Kognitiv	1 (tief)	2
Impulskontrolle (Fuss stillhalten) – kalibriertes Vertrauen entwickeln	SAE-L3	Kognitiv	1	3
Bewusstsein für den gewählten Fahrmodus sicherstellen	SAE-L1–2	Kognitiv	1	1
Strategien zur Aufmerksamkeitserhaltung (um Monotonie und Vigilanzminderung entgegenzuwirken)	SAE-L2	Kognitiv	1	1
Erkennen von Ermüdung	SAE-L2	Kognitiv	1	1
Risikobewusstsein bei verzögerter Übernahme entwickeln	SAE-L3	Kognitiv	1	1

Tab. 32 *Einordnung neu identifizierter Kompetenzen zum Führen (teil-)automatisierter Fahrzeuge in Prioritätskategorien A-D*

		Umsetzbarkeit		
		Leicht umsetzbar	Mittel	Schwer umsetzbar
Dringlichkeit	Dringlich		• Wahrnehmen, wenn sich das System deaktiviert (erfolgt u. U. ohne Vorwarnung) (SAE-L1-L2) • Längs- oder Querführung während der Fahrt rück-übernehmen können – richtige Reaktion bei Deaktivierung des Systems (SAE-L1-L2) • Dauerüberwachung des Systems im aktivierten Zustand (Monitoring Umfeld und Fahrzeug (SAE-L1-L2)	• Übernahmeaufforderung wahrnehmen (SAE-L3) • Übernahmeaufforderung verstehen (SAE-L3) • Fahrzeugsteuerung kontrolliert übernehmen (SAE-L3) • Schnelle Reaktion auf komplexe Verkehrssituationen (SAE-L3) **B-Kompetenzen**
	Mittel	• Angemessenes mentales Modell über die Funktion, Fähigkeiten und Limitationen des Systems (SAE-L1-L3) • Selbstkontrolle, Selbstdisziplin gegen Ablenkungsversuchung (SAE-L1-L2) **A-Kompetenzen**	• Aktivierung und Deaktivierung des Systems beherrschen (SAE-L1-L3) • Situationsbewusstsein aufrechterhalten (SAE-L1-L2) • Gelegentliche visuelle Orientierung (SAE-L3) • System im Notfall übersteuern können (SAE-L1-L3)	• Schemata/Routinen/Abläufe zur Übernahme der Fahraufgabe kennen und können – schnelles Situationsbewusstsein erzeugen (SAE-L3) • Perzeptuelle Übernahmebereitschaft aufrechterhalten (nicht schlafen) (SAE-L3) • Situationsbewusstsein wiederherstellen bei Übernahme (SAE-L3) • Kognitive Übernahmebereitschaft sicherstellen (SAE-L3) • System im Notfall übersteuern können (SAE-L1-L3)
	Nicht dringlich	• Bewusstsein für den gewählten Fahrmodus sicherstellen (SAE-L1-L2) • Strategien zur Aufmerksamkeitserhaltung (um Monotonie und Vigilanzminderung entgegenzuwirken) (SAE-L2) • Erkennen von Ermüdung (SAE-L2) • Risikobewusstsein bei verzögerter Übernahme entwickeln (SAE-L3) **C-Kompetenzen**	• Funktionsüberwachung Quer- und Längssteuerung (SAE-L1-L2)	• Impulskontrolle (Fuss stillhalten) - kalibriertes Vertrauen entwickeln (SAE-L3) **D-Kompetenzen**

3.4.3 Effektivitätsnachweis spezifischer Ausbildungsinhalte (Fahrsimulatorstudie)

Die Fahrsimulator- und Eye-Tracking-Daten wurden in «R» für die statistischen Analysen aufbereitet und bereinigt. Bei einer Versuchsperson konnten die Eye-Tracking-Daten nicht verwendet werden, da bei dieser nur ein graues Rauschen aufgezeichnet wurde. Zudem war eine weitere Person während der Automationsfahrt (Runde 2) zum Zeitpunkt des TOR2 nicht automatisiert unterwegs.

Für die Gruppenvergleiche wurden T-Tests für unabhängige Stichproben gerechnet (Zusammenfassungen der Ergebnisse in Tab. *33* und Tabelle 25). Da diese Signifikanztests jedoch aufgrund der geringen Fallzahlen respektive der daraus resultierenden geringen Power keine statistische Signifikanz erreichen, werden hier insbesondere die Effektstärken als bedeutsame Unterschiedskennwerte betrachtet (Cohen's *d;* [71]). Gemäss [72] können mit Interventionseffekten ab $d > .40$ die *«grössten Auswirkungen auf Lernleistungs-Outcomes»* erzielt werden. Dementsprechend werden hier erzielte Unterschiedseffekte ab $d = .40$ als relevant eingestuft.

Verschiedene Eye-Tracking-Parameter stehen in Zusammenhang mit kognitiver Beanspruchung. [73] fassen diesbezüglich folgende Relationen zwischen Eye-Tracking-Parametern und der kognitiven Beanspruchung zusammen: *Je höher die Beanspruchung, desto weniger Fixationen* (Anzahl Fixationen); *Je höher die Beanspruchung, desto länger die Fixations-/Verweildauer* (Fixationsdauer/Verweildauer); *Je höher die Beanspruchung, desto geringer die Blinzelhäufigkeit* (Anzahl Blinzeln); *Je höher die Beanspruchung, desto länger die Dauer des Blinzelns* (Dauer des Blinzelns), *Je höher die Beanspruchung, desto schneller die Sakkadengeschwindigkeit* (Sakkadengeschwindigkeit).

Tab. 33 *Ergebnisse Fahrsimulatorparameter*

Parameter		Experimentalgruppe Video: Automatisiertes Fahren	Kontrollgruppe Video: nachhaltiges Fahren	*p*	*d**
Anzahl Aktivierungen der Automation	Total (*n*=26)	*M* = 6.93 (3.03)	*M* = 6.73 (2.57)	.85	.07
	Runde 4 (opt.)	*M* = 1.60 (1.06)	*M* = 2.36 (1.36)	.14	.64
Fahrdauer mit Automation *(Sekunden)*	Total (*n*=26)	*M* = 534.94 (68.11)	*M* = 499.35 (145.00)	.46	.33
	Runde 4 (opt.)	*M* = 103.68 (38.90)	*M* = 96.09 (36.09)	.61	.20
Übernahmedauer *(Sekunden)*	TOR2 (*n*=25)	*M* = 3.67 (1.49)	*M* = 3.25 (1.79)	.55	.26
	TOR3 (*n*=22)	*M* = 3.69 (1.87)	*M* = 4.66 (2.10)	.29	.50
Geschwindigkeit *(km/h)*	TOR2 (*n*=25)	*M* = 75.18 (2.82)	*M* = 77.89 (5.32)	.16	.68
	TOR3 (*n*=22)	*M* = 75.53 (4.80)	*M* = 78.66 (2.27)	.05	.76
Varianz der Abweichung von der Idealspur *(Meter)*	TOR2 (*n*=25)	*M* = .23 (.07)	*M* = .23 (.08)	.72	.07
	TOR3 (*n*=22)	*M* = .23 (.07)	*M* = .22 (.09)	.81	.12
Anzahl Lenkraddrehungen	TOR2 (*n*=25)	*M* = 2.87 (1.64)	*M* = 4.00 (1.25)	.06	.76
	TOR3 (*n*=22)	*M* = 10.57 (3.25)	*M* = 10.88 (3.94)	.86	.09
Bremspedalbetätigung *(Sekunden)*	TOR2 (*n*=25)	*M* = 1.71 (1.65)	*M* = .82 (1.19)	.13	.60
	TOR3 (*n*=22)	*M* = 2.91 (2.70)	*M* = 2.74 (1.87)	.86	.07
Gaspedalbetätigung *(Sekunden)*	TOR2 (*n*=25)	*M* = 20.54 (3.51)	*M* = 22.52 (2.74)	.13	.61
	TOR3 (*n*=22)	*M* = 19.60 (2.91)	*M* = 18.48 (2.74)	.38	.39

Anmerkung. *Effekte ab $d > .40$ sind als relevant einzustufen; grüne Markierungen repräsentieren bedeutsame Effekte zugunsten der Interventionsgruppe mit Automationsschulung.

Die beiden Gruppen – mit vs. ohne Video zur Automation – fuhren gleich lange mit Vollautomation (ACC+LKA). Die Kontrollgruppe schaltete das System jedoch häufiger an und ab während der optionalen Fahrt. Dieses – womöglich systemaustestende – Verhalten ging dann auch mit längeren Übernahmezeiten bei der Kontrollgruppe einher. Auffallend war auch die deutlich höhere gewählte Geschwindigkeit während den Übernahmen bei den Proband/-innen ohne Automationsschulung. Dieser Befund passt zum Betätigen der Gas-

und Bremspedale. Während die Studienteilnehmenden mit einer Automationsschulung während der ersten Übernahme länger das Bremspedal nutzten, betätigten jene ohne Schulung länger das Gaspedal. Dieses Verhalten ist umso unerwarteter, als dass sämtliche Studienteilnehmende während der Probefahrt instruiert wurden, das Bremspedal zu betätigen (oder die Automation manuell per Tastendruck zu beenden), um das Fahrzeug übernehmen zu können.

Tab. 34 *Ergebnisse Eye-Tracking-Parameter*

Parameter		Experimentalgruppe Video: Automatisiertes Fahren	Kontrollgruppe Video: nachhaltiges Fahren	*p*	*d*
Anzahl Fixationen	TOR2 (*n*=25)	*M* = 48.86 (9.60)	*M* = 42.00 (13.67)	.18	.59
(tief=überfordert)	TOR3 (*n*=23)	*M* = 37.38 (9.64)	*M* = 36.20 (10.02)	.78	.12
Mittlere Fixationsdauer *(Millisekunden)*	TOR2 (*n*=25)	*M* = 556.08 (145.55)	*M* = 786.74 (568.19)	.22	.59
(hoch=überfordert)	TOR3 (*n*=23)	*M* = 866.09 (400.17)	*M* = 884.30 (359.83)	.91	.05
Gesamte Verweildauer *(Sekunden)*	TOR2 (*n*=25)	*M* = 25.93 (1.70)	*M* = 26.66 (1.95)	.34	.40
(hoch=überfordert)	TOR3 (*n*=23)	*M* = 29.21 (3.45)	*M* = 28.98 (2.39)	.85	.08
Anzahl Blinzeln	TOR2 (*n*=25)	*M* = 8.79 (5.19)	*M* = 8.09 (3.05)	.68	.16
(tief=überfordert)	TOR3 (*n*=23)	*M* = 10.92 (6.29)	*M* = 9.50 (4.35)	.53	.26
Mittlere Dauer des Blinzelns *(Millisekunden)*	TOR2 (*n*=25)	*M* = 335.56 (46.62)	*M* = 369.73 (36.61)	.05	.80
(hoch=überfordert)	TOR3 (*n*=23)	*M* = 361.59 (34.84)	*M* = 371.81 (43.57)	.55	.26
Sakkadengeschwindigkeit *(Pixeldistanz pro Sekunde)*	TOR2 (*n*=25)	*M* = 731.93 (211.41)	*M* = 693.40 (204.22)	.65	.18
(hoch=überfordert)	TOR3 (*n*=23)	*M* = 719.41 (250.46)	*M* = 695.21 (152.15)	.78	.11

Anmerkung. *Effekte ab *d* > .40 sind als relevant einzustufen; grüne Markierungen repräsentieren bedeutsame Effekte zugunsten der Interventionsgruppe mit Automationsschulung; Indikatoren der Überforderung (z. B. *«hoch=überfordert»* beruhen auf Zagermann et al. (2016), siehe Ausführungen oben im Fliesstext).

Zwar waren keine Unterschiede in der generellen Spurhaltung feststellbar, jedoch schwenkten die Personen ohne Schulung während der ersten Übernahme (TOR2) häufiger das Lenkrad hin und her. Dieses Verhalten könnte mit einem Gefühl der Überraschung zusammenhängen, indem die Personen ohne Automationsschulung hastiger reagieren. Diese These würde auch gestützt durch die Eye-Tracking-Daten, welche bei der ersten Übernahme (TOR2) auf grosse Unterschiede zwischen den zwei Gruppen hinweisen. Sowohl die Fixationen (Anzahl Fixationen, Mittlere Fixationsdauer, Verweildauer) als auch das Augenzwinkern (Mittlere Dauer des Blinzelns) deuten darauf hin, dass die Personen ohne Schulung während der ersten Übernahme stärker kognitiv beansprucht waren als jene mit einer gezielten Automationsschulung.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Befunde aus dieser Studie weisen darauf hin, dass bereits eine kurze Videoschulung zum automatisierten Fahren positive Effekte auf den Umgang mit solchen Systemen haben kann. Es gibt jedoch zwei Aspekte, welche für die Interpretation dieser Ergebnisse zu berücksichtigen sind. Es konnte aufgrund der zu geringen Probandenanzahl keine statistische Signifikanz erreicht werden, was eine Generalisierung der Ergebnisse verhindert. Anhand der Effektstärke konnte jedoch ein von der Stichprobenanzahl unabhängiges und aussagekräftiges statistisches Mass herangezogen werden, mit dem die inhaltliche Relevanz von Unterschieden zumindest in erhobenen Stichproben aufgezeigt werden kann. Die empirischen Effekte der Studie weisen darauf hin, dass Kurzfilme ein gutes Mittel sind, um die Leute zu sensibilisieren und in der Übernahmesituation zu unterstützen.

Studienteilnehmende ohne eine Automationsschulung:

- wechseln bei optionaler Automatisierung häufiger zwischen on/off des Systems, was darauf hinweisen könnte, dass das System vermehrt auf der Strasse ausprobiert wird,
- fahren schneller während den Übernahmen und stehen dabei länger auf dem Gas- sowie kürzer auf dem Bremspedal. Dieser Befund könnte mit einer schlechteren Vorbereitung auf die Übernahme zusammenhängen,
- zeigen während der ersten Übernahme ein hastigeres Lenkverhalten und sind dabei stärker kognitiv beansprucht. Auch dieser Befund deutet darauf hin, dass diese Personen ohne Schulung schlechter auf eine Übernahme vorbereitet sind und dabei vermehrt Anzeichen von Nervosität und Überforderung aufweisen.

Implikationen aus der Fahrsimulatorstudie für die Fahraus- und -weiterbildung

Im Hinblick auf die zunehmende Automatisierung dürfte es wichtig sein, Fahrzeuglenkende bezüglich der Funktionsweisen der Automatisierung sowie deren Aufgabe während der Fahrt adäquat aufzuklären und zu schulen. Gerade der Aspekt des eigenständigen Ausprobierens auf der Strasse, also das «learning by doing», welches in dieser Studie die optionale Automatisationsfahrt zuliess und die Kontrollgruppe auch tatsächlich vermehrt zeigte, sollte möglichst vermieden werden. Es gilt daher, eine frühzeitige Information bereitzustellen, also noch vor einer tatsächlichen Realfahrt.

Die Studie zeigt zudem, dass eine reine Instruktion und Übung einer Übernahme nicht genügen, damit später in einer unerwarteten Übernahmesituation die Ruhe bewahrt und die Übernahme sorgfältig vollzogen wird. Obwohl auch die Kontrollgruppe in der Testfahrt eine Übernahme üben konnte und diesbezüglich instruiert wurde, war das Verhalten auf der Teststrecke bei der ersten Übernahme hastiger und vermehrt von Überforderung geprägt im Vergleich zu jenen mit einer vorgängigen Schulung. Es scheint daher eminent, zusätzliche Informationen zur Automation bereitzustellen, bevor eine solche Situation tatsächlich auf der Strasse erlebt wird.

Obwohl die verwendeten Videos vergleichsweise kurz waren, hatten sie eine bedeutsame Wirkung auf das Fahr- und Blickverhalten der Probandinnen und Probanden. Es ist daher anzunehmen, dass noch ausführlichere Trainings mit höherer Intensität oder Dauer solche Effekte gar noch verstärken könnten. Gerade der Umgang mit der Automation, das Ausprobieren der Automation sowie das mehrmalige Üben von Übernahmesituationen in geschützten Settings dürften sich positiv auf das spätere Verhalten auf der Strasse auswirken.

3.4.4 Kurzfassung

Konzeptelemente für die Fahraus- und -weiterbildung

- Konzeptelemente für die künftige Fahraus- und -weiterbildung wurden für jede identifizierte neue Kompetenz differenziert nach drei Phasen ausgearbeitet: Aufbau von Basiswissen (Phase 1), das Übertragen dieses Wissens in die Praxis (Phase 2) sowie die Entwicklung von Routinen (Phase 3).
- Die Differenzierung dieser Phasen basiert auf den folgenden Annahmen [24]:
    - Eine solide Basis an deklarativem Wissen ist eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung für den Kompetenzerwerb. Denn der Erwerb von rein deklarativem Faktenwissen befähigt in der Regel noch nicht dazu, mit diesem Wissen etwas anfangen zu können. Ein solches Wissen bleibt «träge» und kann allenfalls verbal reproduziert werden.
    - Entscheidendes Merkmal einer Kompetenz ist die selbstständige Bewältigung unterschiedlicher oder komplexer Anforderungssituationen. Im Unterricht müs-

sen daher zusätzliche Lerngelegenheiten geschaffen werden, in denen die Anwendung und Nutzung von Wissen erlernt und geübt werden kann. Damit sind zwei wesentliche Anforderungen an den Unterricht formuliert.

Zielgruppen

- Bei den identifizierten Kompetenzen für den sicheren Umgang mit Fahrzeugen des SAE-L1–3 handelt es sich sowohl für Fahranfänger/-innen als auch für erfahrene Lenkende um neuartige Kompetenzen, und auch fahrerfahrene Lenkende benötigen erst die notwendige Wissensbasis, um den Praxistransfer zu leisten bzw. Routinen zu entwickeln. Die Vermittlung spezifischer Ausbildungsinhalte kann daher nicht auf ein einzelnes, bestimmtes Ausbildungsgefäss beschränkt bzw. einem solchen fest zugeordnet werden.
- Dennoch ist es denkbar, dass sich die detaillierte Ausgestaltung der Schulungsinhalte je nach vorhandenem Wissen, Erfahrung und Rolle unterscheiden kann.

Dringlichkeit und Umsetzbarkeit

- Die Bewertung der Dringlichkeit und Umsetzbarkeit der Integration der Kompetenzen in die zukünftige Fahraus- und/oder -weiterbildung bietet eine grobe Orientierung für die Priorisierung.
- A-Kompetenzen zeichnen sich durch eine mittlere bis hohe Dringlichkeit bei mittlerer Umsetzbarkeit aus. A-Kompetenzen und deren Integration in die Fahraus- und -weiterbildung werden als prioritär eingestuft.
- B-Kompetenzen zeichnen sich durch eine mittlere bis hohe Dringlichkeit bei schwieriger Umsetzbarkeit aus. Weil die B-Kompetenzen vor allem mit der Automatisierungsstufe SAE-L3 verbunden sind und diese Stufe besondere Herausforderungen und Gefahren mit sich bringt, sollten die Möglichkeiten zur Integration der B-Kompetenzen trotz schwieriger Umsetzbarkeit frühzeitig geprüft werden. Sie werden spätestens dann direkt sicherheitsrelevant, wenn die gesetzlichen Rahmenbedingungen für Fahrzeuge mit Automatisierungssystemen der Stufe SAE-L3 in der Schweiz zugelassen werden.
- C-Kompetenzen sind bei leichter bis mittlerer Umsetzbarkeit nicht dringlich. Bei C-Kompetenzen wird empfohlen, diese optional zu berücksichtigen, wenn sie sinnvoll mit anderen Kompetenzen kombiniert werden können.
- D-Kompetenzen sind nicht dringlich und gleichzeitig schwer umsetzbar. Eine Prüfung der Integration von D-Kompetenzen in die zukünftige Fahraus- und -weiterbildung wird daher als nachrangig angesehen.

Effektivitätsnachweis: Fahrsimulatorstudie

- Aufbauend auf den Erkenntnissen der vorangegangenen Arbeitsschritte wurde in der Fahrsimulatorstudie die Wirksamkeit eines kurzen Instruktionsvideos überprüft.
- Die empirischen Effekte der Studie deuten darauf hin, dass Kurzfilme ein gutes Mittel sind, um Fahrzeuglenkende zu sensibilisieren und in der Übernahmesituation zu unterstützen.
- Bei den Studienteilnehmenden wurde im Vergleich zur Kontrollgruppe mehr «learning by doing» angewendet, was möglichst vermieden werden sollte. Daher ist eine frühzeitige Information, d. h. vor einer tatsächlichen Realfahrt, wichtig.
- Eine reine Einweisung und Übung einer Übernahme reicht nicht aus, um später in einer unerwarteten Übernahmesituation die Ruhe zu bewahren und die Übernahme sorgfältig durchzuführen. Obwohl auch die Kontrollgruppe im Rahmen der Testfahrt eine Übernahme üben konnte und dafür instruiert wurde, war das Verhalten auf der Teststrecke bei der ersten Übernahme hastiger und stärker von Überforderung geprägt als bei den Personen, die im Vorfeld trainiert worden waren. Es erscheint daher wichtig, zusätzliche Informationen über die Automatisierung bereitzustellen, bevor eine solche Situation tatsächlich auf der Strasse erlebt wird.
- Eine statistische Signifikanz konnte aufgrund der zu geringen Probandenzahl nicht erreicht werden, sodass eine Generalisierung der Ergebnisse nicht möglich ist.

4 Empfehlungen, Handlungsfelder und Forschungsbdarf

4.1 Empfehlungen für die Weiterentwicklung der Fahraus- und -weiterbildung in der Schweiz

Aufbauend auf den detaillierten Ergebnissen zu den Kompetenzanforderungen, Ausbildungsinhalten und Vermittlungsmethoden in den vorangegangenen Kapiteln wird für die folgenden Empfehlungen bewusst ein etwas erhöhter Standpunkt eingenommen, um den Blick auf die mittelfristige Einbettung der Erkenntnisse in die Fahraus- und -weiterbildung in der Schweiz werfen zu können. Die wesentlichen Erkenntnisse dieser Forschungsarbeit lassen sich damit in greifbare, übergeordnete Empfehlungen übertragen. Die wichtigsten davon werden in den folgenden Abschnitten aufgeführt und beschrieben:

a) **Zielgruppenübergreifende Kompetenzvermittlung mit zielgruppenspezifischen Ansätzen:** Eine solide Wissensbasis zur Entwicklung der neu geforderten Kompetenzen für das Führen von (teil-)automatisierten Fahrzeugen sollte Gegenstand der Aus- bzw. Weiterbildung sowohl von Fahrschülern/-innen, erfahrenen Fahrern/-innen als auch von Berufskraftfahrern/-innen sein. Dies, um sicherzustellen, dass alle Fahrer/-innen unabhängig von ihrer Fahrerfahrung (oder im Falle von Berufsfahrern/-innen deren Fahrziel) die notwendigen Kompetenzen zum Führen von Fahrzeugen mit unterschiedlichen Fahrerassistenz- oder Automatisierungssystemen entwickeln. Gleichzeitig wird eine methodisch und didaktisch differenzierte Vermittlung der notwendigen Kompetenzen und Lernziele für die Fahraus- und -weiterbildung empfohlen. Das heisst, die Auswahl von Methodik und Didaktik sollte möglichst zielgruppenspezifisch erfolgen, um die gewünschten Lernziele in den einzelnen Zielgruppen zu erreichen.
b) **Erhalt grundlegender Fahrkompetenzen:** Eine wichtige Erkenntnis dieses Forschungsprojekts liegt darin, dass – obwohl die Fahraufgabe immer mehr durch die Automatisierungssysteme übernommen wird – zu den Grundanforderungen des konventionellen Fahrens ab SAE-L1 mit zunehmender Automatisierung zusätzliche Fahrkompetenzen hinzukommen. Damit Fahrzeuglenkende bei Systemausfällen (d. h. in potenziell kritischen Situationen) noch in der Lage sind, die Fahrzeugführung zu übernehmen, muss der Erwerb bzw. Erhalt der konventionellen Fahrkompetenz bis einschliesslich SAE-L3 gewährleistet sein; also so lange, wie es immer noch möglich ist, dass das Automatisierungssystem die Fahraufgabe an die Fahrzeuglenkenden zurückgibt. Die Fahrausbildung sollte entsprechend mit theoretischen Inhalten und praktischen Übungen zur Fahrzeugautomatisierung erweitert werden, ohne dass diese neuen Inhalte die bisher zu vermittelnden Inhalte und Fertigkeiten des manuellen Fahrens ersetzen. Offen bleibt an dieser Stelle die Diskussion, ob der zeitliche Umfang der Aus- und Weiterbildungsgefässe entsprechend erweitert werden kann.
c) **Über die Kenntnis von Grundlagenwissen hinausgehen**: Mit der zunehmenden Automatisierung sind kritische Auswirkungen auf das Situationsverständnis (v. a. bei Übernahme der Fahraufgabe auf SAE-L3), das Bewusstsein und ggf. Verwechslungen bezüglich des aktivierten Fahrmodus (mode awareness, mode confusion) zu erwarten. Adäquate mentale Modelle zur Funktionsweise und Grenzen der Systeme, kalibriertes Vertrauen (kein Über- oder Untervertrauen) und der Erhalt manueller Fahrfertigkeiten aufgrund des zu erwartenden Mischverkehrs sind Voraussetzungen für den sicheren Umgang mit (teil-)automatisierten Fahrzeugen. Die Entwicklung von Unterrichtsmodulen zur Vorbereitung auf den Umgang mit FAS und Automatisierungssystemen sollte sich daher nicht auf die Vermittlung abstrakten Wissens über Funktionen und Grenzen bestimmter Systeme beschränken, sondern muss – um den besonderen Anforderungen der Automatisierungsstufen SAE-L2 und L3 gerecht zu werden – zwingend auch

menschentypische Risikofaktoren berücksichtigen, z. B. den Aufbau adäquater mentaler Modelle oder die permanente aufmerksame Beobachtung von Systemzuständen und des Verkehrsumfelds. Relevante Anknüpfungspunkte für die Entwicklung von Unterrichtseinheiten gibt es aus einem etablierten Forschungsfeld, das im englischsprachigen Raum mit den Begriffen «Hazard Perception» und «Hazard Prediction» (Verkehrswahrnehmung und Gefahrenvermeidung) entstanden ist. Diese Forschungstradition adressiert Anforderungen, die über den Abruf von deklarativem (Fakten-)Wissen hinausgehen und das frühzeitige Erkennen und angemessene Bewerten von unfallkritischen Verkehrssituationen forcieren. Hazard-Perception-Trainings eignen sich z. B. auch zur Entwicklung von Routinen und sollten als zentraler Bestandteil der zukünftigen Aus- und Weiterbildung im Kontext des automatisierten Fahrens für alle Fahrergruppen geprüft werden.

d) **Sicherstellen des Praxistransfers**: Eine solide Basis an deklarativem Wissen ist eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung für den Kompetenzerwerb. Denn der Erwerb von rein deklarativem Faktenwissen befähigt in der Regel noch nicht dazu, mit diesem Wissen etwas anfangen zu können. Entscheidendes Merkmal einer Kompetenz ist die selbstständige Bewältigung unterschiedlicher oder komplexer Anforderungssituationen. Die Entwicklung von Routinen als wesentliches Ziel der Fahrausbildung vollzieht sich in einem mehrstufigen Prozess, ist zeitintensiv und erfordert zunehmend das individuelle Üben fahraufgabenrelevanter Fertigkeiten in möglichst realitätsnahen Anwendungssituationen. Voraussetzung dafür ist der Aufbau von Grundlagenwissen (siehe erster Punkt c) und die Anwendung von Lerninhalten für den Wissenstransfer («situiertes Lernen», z. B. durch Lösen von Aufgaben, Beobachten und Erklären oder Gruppenarbeit). Die Integration neuer Kompetenzen sollte daher sowohl die Vermittlung von Basiswissen in Form von deklarativem Wissen (Fakten und Konzepte) als auch die Ermöglichung der Anwendung der Lerninhalte und möglichst die Entwicklung von Routinen beinhalten. Dies gilt für alle Ausbildungsstufen, also von Neulenkenden, erfahrenen Lenkenden in Weiterbildungskursen sowie für Berufschauffeure.

e) **An Lerninhalte und Erfahrung angepasste Vermittlungsmethoden:** Die Darstellungs- bzw. Vermittlungsform sollte sich in erster Linie nach dem Lerninhalt und dem Stand der Kompetenzentwicklung richten. In frühen Phasen der Kompetenzentwicklung, in denen der Aufbau von Grundlagenwissen im Vordergrund steht, sollten Methoden mit einem eher geringen Realitätsgrad (d. h. geringer physischer und funktionaler Realitätsnähe) gewählt werden (z. B. Schulungsraum, Text-/Bildmaterial). Mit zunehmender Erfahrung und Anwendung der Lerninhalte werden Methoden mit einem höheren funktionalen und physischen Realitätsgrad benötigt. Insbesondere wenn es um das Üben konkreter, kritischer Verkehrssituationen geht (z. B. zeitkritische Übernahme der Fahraufgabe), die aus ethischen Gründen nicht im realen Strassenverkehr während der Fahrstunden geübt werden können oder dort zu selten vorkommen, empfehlen sich Methoden mit hoher funktionaler und physischer Realitätsnähe, z. B. in einem Fahrsimulator. Neue Ausbildungsmodule sollten daher Einsatzmöglichkeiten von Fahrsimulatoren zu Ausbildungszwecken prüfen. Spätestens dann, wenn Automatisierungssysteme nach SAE-L3 zugelassen werden, die mit spezifischen neuen Herausforderungen und Gefahren im Zusammenhang mit Übergabesituationen verbunden sind.

f) **Einsatz computergestützter Medien im Rahmen der Fahrweiterbildung:** Im Rahmen des Design-Thinking-Workshops wurde die Herausforderung diskutiert, Fahrzeuglenkende für freiwillige Weiterbildungen zu motivieren. Gleichzeitig war ein Ergebnis der Online-Befragung, dass der Einsatz digitaler bzw. computergestützter Medien (in der Fahrausbildung) als sinnvoll erachtet wird. Da computergestützten Lernformaten (z. B. Blended Learning[13]) die Fähigkeit zugeschrieben wird, zur Initiierung und

[13] «Integriertes Lernen» beschreibt ein Lernmodell, in dem computergestütztes Lernen (z. B. über das Internet) und klassischer Unterricht kombiniert werden.

Aufrechterhaltung von Lernmotivation beizutragen [25], sollte der Einsatz digitaler Medien nicht nur, aber insbesondere bei der Weiterbildung zum automatisierten Fahren in Betracht gezogen werden.

g) **Einsatz interaktiver und (audio-)visueller Lernelemente:** Der Effektivitätsnachweis im Rahmen der Fahrsimulatorstudie hat gezeigt, dass Kurzfilme ein gutes Mittel sind, um Fahrzeuglenkende zu sensibilisieren und in der Übernahmesituation zu unterstützen. Der Einsatz interaktiver und visueller Lernelemente in der Fahraus- und -weiterbildung sollte daher dort, wo sinnvoll (d. h. in Abhängigkeit von den Ausführungen in Punkt f), integraler Bestandteil der zukünftigen Fahraus- und -weiterbildung sein. Dazu können Multimedia-Präsentationen, interaktive (einfache) Simulationen, Videos und grafische Darstellungen zur Erläuterung komplexer Konzepte des automatisierten Fahrens gehören. Visuelle Hilfsmittel wie Diagramme und Animationen können dazu beitragen, die Funktionsweise von automatisierten Systemen, Sensoreingaben und Entscheidungsprozessen zu veranschaulichen. Die Erkenntnisse aus dem aktuell durch das ASTRA ausgeschriebenen Forschungsprojekt «Wirksamkeit neuer Medien in der Fahrausbildung, Fahrweiterbildung und Führerprüfung» (MFZ_20_02G, 2023) sind zukünftig zusätzlich zu berücksichtigen.

h) **Priorisierung der Kompetenzen anhand ihrer Dringlichkeit und Umsetzbarkeit:** Bei einer schrittweisen Einführung neuer Kompetenzen in die zukünftige Fahraus- und -weiterbildung sollte die Priorisierung bei der Auswahl der Kompetenzen grob nach Dringlichkeit und Umsetzbarkeit der Kompetenzvermittlung erfolgen (vgl. Tab. *32*, S. 108).

   I. A-Kompetenzen sollten aufgrund ihrer mittleren bis hohen Dringlichkeit bei mittlerer Umsetzbarkeit vorrangig behandelt werden.
   II. Die Möglichkeiten zur Integration von B-Kompetenzen sollten trotz der vergleichsweise schwierigeren Umsetzbarkeit frühzeitig geprüft werden, zumal diese vor allem mit der Automatisierungsstufe SAE-L3 verbunden sind und diese Stufe besondere Herausforderungen und Gefahren birgt.
   III. C-Kompetenzen sollten aufgrund ihrer leichten bis mittleren Umsetzbarkeit bei der Integration neuer Kompetenzanforderungen in dem bestehenden Aus- und Weiterbildungscurriculum optional berücksichtigt werden, wenn sie sinnvoll mit anderen Kompetenzen kombiniert werden können.
   IV. Die D-Kompetenzen sollten aufgrund ihrer nicht dringlichen und gleichzeitig schwierigeren Umsetzbarkeit zunächst nachrangig behandelt werden.

i) **Implementierung neuer Kompetenzanforderungen in die Führerprüfung**: In der Online-Befragung wurde festgestellt, dass Fahrlehrer/-innen dazu neigen, den Fokus auf die prüfungsrelevanten Inhalte zu legen, da ihr Hauptziel darin besteht, ihre Fahrschüler/-innen auf die bestehenden Fahrprüfungen vorzubereiten. Dadurch bleibt wenig Raum, um Themen rund um das automatisierte Fahren in den Unterricht einzubeziehen und den Schülerinnen und Schülern die entsprechenden Kenntnisse und Fähigkeiten im Rahmen des praktischen Fahrunterrichts zu vermitteln. Im Design-Thinking-Workshop wurde dieser Ansatz als Herausforderung bei der Implementierung neuer Kompetenzen in die Fahrausbildung diskutiert. Um die gewünschte Standardisierung und sicherheitstechnische Hebelwirkung durch eine umfassende Ausbildung bei zunehmender Fahrzeugautomatisierung zu erzielen, muss das automatisierte Fahren in die gesetzlich vorgeschriebenen Inhalte der Führerprüfung einbezogen werden. Dazu gehört, dass die Fahrzeuglenkenden auf ihre Fähigkeit geprüft werden, Fahrzeuge mit automatisierten Funktionen zu bedienen, verfügbare Systeme angemessen einzusetzen; ausserdem sind ihre Kenntnisse über die Systeme und die Grenzen der Systeme zu prüfen.

j) **Kontinuierliche Weiterbildung und Aktualisierung:** Angesichts des raschen technologischen Fortschritts im Bereich des automatisierten Fahrens sollten kontinuierliches Lernen und Auffrischungskurse, z. B. in Form von Weiterbildungsangeboten, gefördert werden. Kontinuierliche Schulungen können sicherstellen, dass Fahrzeuglenkende über die neuesten Entwicklungen, Vorschriften und bewährten Verfahren im

Zusammenhang mit dem automatisierten Fahren informiert bleiben. Dies kann neben Weiterbildungsangeboten auch durch Online-Ressoucen erreicht werden.

k) **Neue Pflichten und Vorkehrungen SAE-L4:** Die Verantwortlichkeit für die Erfüllung bestimmter Pflichten bei führerlosen Fahrzeugen auf SAE-L4 wird sich verändern. Bevor Fahrzeuge mit SAE-L4 zugelassen werden, sollte die Realisierbarkeit verschiedener Szenarien evaluiert werden, um sicherzustellen, dass die Pflichterfüllung bei führerlosen Fahrzeugen weiterhin gewährleistet ist. Es ist wichtig zu klären, welche Anforderungen an die Fahrzeugtechnologie und Infrastruktur gestellt werden können und welche Verantwortlichkeiten an Fahrzeughaltende, Betreiber/-innen von Mobilitätsangeboten, andere Verkehrsteilnehmende, eventuelle Begleitpersonen während einer Übergangsphase, Hersteller, Operator/-innen, an die Polizei oder das Rettungswesen gerichtet werden können.

4.2 Zukünftige Handlungsfelder

Insgesamt zeigt sich, dass der Einbezug des automatisierten Fahrens in die Fahraus- und -weiterbildung nicht nur in der Schweiz eine Zusammenarbeit zwischen Industrie, Behörden und Bildungsakteuren erfordert, um wirksame Schulungsprogramme und Prüfungen zu entwickeln. Eine kontinuierliche Forschung und Bewertung bestehender und neuer Ansätze für die Integration des automatisierten Fahrens in die Fahraus- und -weiterbildung ist erforderlich, um sicherzustellen, dass diese Programme die Fahrzeuglenkenden effektiv auf die Nutzung automatisierter Fahrsysteme vorbereiten.

Die bedeutensten nächsten Schritte, um die aufgezeigten neuen Kompetenzanforderungen durch das automatisierte Fahren in die Fahraus- und -weiterbildung in der Schweiz zu integrieren, sind die Folgenden:

- **Entwicklung standardisierter Schulungsprogramme:** Es besteht ein Bedarf an standardisierten Schulungsprogrammen, die den Umgang mit automatisierten Fahrsystemen schweizweit einheitlich abdecken. Diese Programme sollten auf bewährten Verfahren und Forschungsergebnissen zu den effektivsten Methoden beruhen, um Fahrzeuglenkenden den sicheren und möglichst routinierten Umgang mit diesen Systemen beizubringen.
- **Aktualisierung von Fahrhandbüchern und -materialien:** Fahranleitungen und andere Materialien sollten auf den neuesten Stand gebracht werden, um den Einbezug von automatisierten Fahrsystemen zu berücksichtigen. Dazu gehört auch die Aktualisierung der Informationen über die Bedienung der Systeme, die Interpretation der von den Systemen gelieferten Informationen (Mensch-Maschine-Schnittstelle) und die Reaktion auf Systeminformationen.
- **Entwicklung einer speziellen Ausbildung für Fahrlehrer/-innen:** Für eine Vereinheitlichung der Ausbildungsinhalte sollten auch Fahrlehrer/-innen eine spezielle Ausbildung erhalten, damit sie den Fahrzeuglenkenden den Umgang mit automatisierten Fahrsystemen beibringen können. Dazu gehört eine Schulung, wie man die Technologie erklärt, wie man Fahrzeuglenkenden beibringt, die Systeme effektiv zu nutzen und wie man die Fähigkeiten der Lenkenden im Umgang mit den Systemen bewertet.

Zusätzlich zu den aktuellen Anpassungen der rechtlichen Rahmenbedingungen in der Schweiz (siehe Kapitel 3.1.3) könnten mittel- bis langfristig folgende Handlungsfelder geprüft werden:

- **Einführung von Zertifizierungsverfahren:** Zertifizierungsverfahren für Fahrschulprogramme könnten eingeführt werden, die das automatisierte Fahren im Schulungsprogramm der Fahrausbildung mitbewerten. Dies würde sicherstellen, dass die Programme bestimmte Standards erfüllen und die Fahrzeuglenkenden auf die sichere und effektive Nutzung dieser Systeme vorbereitet werden.

- **Bereitstellung von Finanzmitteln und Unterstützung:** Organisationen und Institutionen, die an der Entwicklung und Umsetzung von Fahrschulprogrammen für automatisiertes Fahren beteiligt sind, könnten gezielte, zweckgebundene finanzielle Unterstützung erhalten. Dies könnte die Finanzierung von Forschungsarbeiten, Zuschüsse für Schulungsprogramme und die Unterstützung bei der Entwicklung von Schulungsmaterialien umfassen.
- **Überwachung und Bewertung:** Überwachungs- und Bewertungsverfahren könnten eingeführt werden, um die Wirksamkeit von Fahrschulprogrammen zu bewerten, die das automatisierte Fahren einbeziehen. Dazu gehört die Verfolgung der Leistung von Lenkenden, die an diesen Programmen teilgenommen haben, sowie die laufende Bewertung der Schulungsprogramme selbst, um sicherzustellen, dass sie den Bedürfnissen der Fahrzeuglenkenden entsprechen und mit dem technologischen Wandel Schritt halten.
- **Förderung der Zusammenarbeit mit der Industrie:** Die Zusammenarbeit zwischen der Automobilindustrie, Technologieunternehmen und Bildungseinrichtungen kann gefördert werden, um Schulungsprogramme und -materialien zu entwickeln, die Fahrzeuglenkende effektiv auf die Nutzung automatisierter Fahrsysteme vorbereiten. Bezogen auf die Automobilindustrie ist zu überlegen, inwiefern Autohersteller dazu verpflichtet werden sollten, Schulungsunterlagen (z. B. in Form von Videos) zu den in ihren Fahrzeugen verbauten Fahrerassistenz- und Automatisierungssystemen bereitzustellen.
- **Entwicklung von Kampagnen zur Sensibilisierung der Öffentlichkeit:** Kampagnen zur Sensibilisierung der Öffentlichkeit können fortgesetzt und weiterentwickelt werden, um die Fahrzeuglenkenden über die Vorteile und Grenzen des automatisierten Fahrens aufzuklären und sie zur Teilnahme an freiwilligen Weiterbildungsprogrammen zu bewegen.

4.3 Forschungsbedarf

Zukünftigen Forschungsbedarf gibt es bei der systematischen Untersuchung von Wirksamkeiten neuer Medien in der Fahraus- und -weiterbildung. Im Zeitraum von 2024 bis 2026 wird zu diesem Thema ein Forschungsprojekt des ASTRA bearbeitet. Erkenntnisse aus diesem Forschungsprojekt werden dazu beitragen, die in Tab. 30 aufgelisteten Kompetenzelemente anhand der am besten geeigneten Vermittlungsverfahren möglichst effektiv und effizient in der zukünftigen Fahraus- und -weiterbildung zu verankern. Aufgrund der stetig und hochdynamisch voranschreitenden Entwicklungen in der Fahrzeugtechnologie besteht zukünftiger Forschungsbedarf auch darin, die in diesem Forschungsprojekt durchlaufenen Lösungsschritte in einem sinnvollen zeitlichen Turnus erneut zu durchlaufen (siehe zyklische Darstellung des Lösungsansatzes in *Abb. 4*). Nur so kann sichergestellt weden, dass langfristig den Entwicklungen des automatisierten Fahrens in der Fahraus- und -weiterbildung ausreichend Rechnung getragen wird.

Anhänge

I Online-Fragebogen 120
I.1 Fragebogen 120
I.2 Flyer 134

II Fragen Experteninterviews 135

I Online-Fragebogen

I.1 Fragebogen

1 Startseite

Lieber Teilnehmer, liebe Teilnehmerin!
Vielen Dank, dass Sie an dieser Befragung teilnehmen. Sie ist Teil eines Forschungsprojekts im Auftrag des ASTRA zur theoretischen und praktischen Fahrausbildung mit automatisierten Fahrzeugen [1].

Wir sind gespannt auf Ihre Meinung! Ziel der Befragung ist es, **Ihre persönliche Einschätzung zu Inhalt und Unterrichtsformen der aktuellen und künftigen Fahrausbildung mit zunehmend automatisierten Fahrzeugen im Strassenverkehr** zu erfahren.

Was verstehen wir unter automatisierten Fahrzeugen? Wir unterscheiden zwischen Fahrzeugen mit Assistenz- und solchen mit Automatisierungssystemen. Fahrzeuge mit Assistenzsystemen unterstützen die Lenkenden bei der Erfüllung der Fahraufgabe (z.B. Einhalten von Tempo, Fahrspur und/oder Abstand). Fahrzeuge mit Automatisierungssystemen übernehmen die Fahraufgabe teilweise oder vollständig (z. B. Staupilot oder fahrerlose Fahrzeuge).

In dieser Befragung gibt es keine richtigen oder falschen Antworten: uns interessiert ausschliesslich Ihre persönliche Meinung und Erfahrung. Ihre Angaben werden vertraulich behandelt und können nicht auf Ihre Person zurückgeführt werden. Das Ausfüllen des Fragebogens dauert **ca. 10-15 Minuten**.

Sie leisten durch Ihre Antworten einen sehr wertvollen Beitrag zur Mitgestaltung der zukünftigen Fahrausbildung. Herzlichen Dank dafür!

Ihre Antworten werden im Rahmen des Forschungsprojekts und damit verbundenen Publikationen anonymisiert verwendet. Mit der Teilnahme an der Umfrage erkären Sie sich damit einverstanden.

[1]
Projekt-Nr: MFZ_20_02A_01
Projekttitel: SIKO4.0: Sicherheitsrelevante Kompetenzen und Eignung für das Führen von (teil-)automatisierten Fahrzeugen
Auftraggeber: Bundesamt für Strassen ASTRA
Projektpartner: Beratungsstelle für Unfallverhütung (BFU), Rapp Trans AG, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW)

2 Quotenmerkmale Seite 1

Ich bin...

- ◯ Fahrlehrerin / Fahrlehrer
- ◯ Fahrschülerin / Fahrschüler
- ◯ Neulenkerin / Neulenker

Was ist Ihr Geschlecht?

- ◯ weiblich
- ◯ männlich
- ◯ anderes

Wie alt sind Sie?

- ◯ Unter 17 Jahre
- ◯ 17 bis 25 Jahre
- ◯ 26 bis 30 Jahre
- ◯ 31 bis 40 Jahre
- ◯ 41 bis 50 Jahre
- ◯ 51 bis 60 Jahre
- ◯ Über 60 Jahre

2.1.1 < 17 Jahre

Vielen Dank für die Bereitschaft, an der Umfrage teilzunehmen.

Leider gehören Sie nicht zur Zielgruppe.

CLOSE WINDOW

3 Quotenmerkmale Seite 2

Wie lange sind Sie schon im Besitz des Fahrausweises?

- ◯ 1 bis 6 Monate
- ◯ 7 bis 12 Monate
- ◯ 13 bis 18 Monate (1.5 Jahre)
- ◯ 19 bis 24 Monate (2 Jahre)

Wie viele Fahrstunden haben Sie Ihrer Einschätzung nach bei Ihrem Fahrlehrer absolviert?

Wenn Sie es nicht genau wissen, geben Sie bitte einfach eine Schätzung ab.

Steht Ihnen ein Auto zur Verfügung?

Wenn Sie mehr als ein Auto zur Verfügung haben, kreuzen Sie bitte das Fahrzeug an, das Sie am häufigsten fahren.

- ◯ ja, ich besitze ein oder mehrere eigene Autos
- ◯ ja, ein Familien-/Gemeinschaftsauto
- ◯ ja, ich nutze Mobility/Sharing-Angebote
- ◯ ja, ich nutze ein Dienstfahrzeug
- ◯ nein, mir steht kein privates Auto zur Verfügung

Wie lange üben Sie Ihren Beruf bereits aus?

- ◯ 1 Jahr oder weniger
- ◯ 2-5 Jahre
- ◯ 6-9 Jahre
- ◯ 10 Jahre oder mehr

4 Infotext & Ausstattung FAS

Alle folgenden Fragen beziehen sich auf das Fahrzeug, das Sie im Rahmen des Fahrunterrichts bzw. der praktischen Führerprüfung nutzen.

Die folgenden Fragen beziehen sich auf das Ihr eigenes Auto.

Die folgenden Fragen beziehen sich auf das Familien-/Gemeinschaftsauto.

Die folgenden Fragen beziehen sich auf das am häufigsten genutzte Fahrzeug durch Mobility/Sharing-Angebote.

Die folgenden Fragen beziehen sich auf Ihr Dienstfahrzeug.

Alle folgenden Fragen beziehen sich auf das Fahrzeug, das Sie im Rahmen des Fahrunterrichts, bzw. der praktischen Führerprüfung nutzen.

Mit welchen der folgenden Fahrerassistenzsystemen (FAS) ist dieses Auto ausgestattet?

	Ja	Nein	Ich weiss nicht / ich achte nicht darauf
Tempomat: Hält eine vom Fahrer / von der Fahrerin eingestellte Geschwindigkeit.	○	○	○
Adaptiver Tempomat: Hält eine vom Fahrer / von der Fahrerin eingestellte Geschwindigkeit und dabei automatisch einen konstanten Sicherheitsabstand zum Vorderfahrzeug.	○	○	○
Notbremsassistent: Das Fahrzeug bremst automatisch, wenn es sich zu stark einem Objekte nähert (z.B. Fahrzeug am Stauende).	○	○	○
Spurhalteunterstützung: Warnt den Fahrer, wenn das Fahrzeug unbeabsichtigt die Fahrspur verlässt, oder greift sogar korrigierend ein.	○	○	○
Staupilot: Das System kontrolliert Lenkung, Bremse und Antrieb. Das Fahrzeug verlässt die zugeteilte Fahrspur nicht. Das System funktioniert zurzeit nur bis zu einer Geschwindigkeit von 60 km/h als «Staupilot» auf richtungsgetrennten Autobahnen.	○	○	○
Spurwechselassistent: Warnt den Fahrer / die Fahrerin beim Spurwechsel vor drohenden Kollisionen (z. B. Fahrzeuge im toten Winkel).	○	○	○
Intelligenter Geschwindigkeitsassistent: Weist die Fahrerinnen und Fahrer auf die geltende Geschwindigkeitsbeschränkung hin – idealerweise mit Gegendruck am Gaspedal, ansonsten auch mit akustischen und optischen Signalen.	○	○	○
Müdigkeitswarner und Aufmerksamkeitsüberwacher: Das System analysiert das Fahrverhalten auf Anzeichen nachlassender Konzentration. Bei Ermüdungssymptomen warnt das System mit einem akustischen oder optischen Signal und weist auf eine Pause hin.	○	○	○
Einparkassistent: Vermisst mittels Ultraschallsensoren die Parklücke und parkt automatisch ein.	○	○	○
Ausweichassistent: Unterstützt Fahrerinnen und Fahrer bei Vorhandensein eines Hindernisses auf der Fahrbahn aktiv bei der Lenkung. Neuere Modelle bremsen einzelne Räder zusätzlich gezielt ab, um das Fahrzeug auf den berechneten, sicheren Kurs zu bringen.	○	○	○

5 Heutige Fahrausbildung - Zufriedenheit Ausbildungsinhalte & Sinnhaftigkeit Prozess

Die folgenden Fragen beziehen sich auf die Inhalte der heutigen Fahrausbildung.

Die heutige Fahrausbildung umfasst die theoretische und praktische Führerprüfung sowie den obligatorischen Verkehrskundeunterricht.

Wie sinnvoll finden Sie den heutigen Prozess der Fahrausbildung?

Der Prozess der Fahrausbildung ist zurzeit in drei Schritte unterteilt
(1) theoretische Prüfung (2) praktische Prüfung (3) Verkehrskundeunterricht (4) Führerschein auf Probe

- ○ nicht sinnvoll
- ○ eher nicht sinnvoll
- ○ eher sinnvoll
- ○ sinnvoll
- ○ kann ich nicht beurteilen

Wie zufrieden sind Sie im Allgemeinen...

	unzufrieden	eher unzufrieden	eher zufrieden	zufrieden
...mit den aktuellen Ausbildungsinhalten in der Fahrausbildung (theoretische, praktische Fahrausbildung inkl. Verkehrskundeunterricht)?	○	○	○	○
...mit den aktuellen Unterrichtsformen /-methoden?	○	○	○	○

5.1.1 (eher) nicht sinnvoll

Sie haben angegeben, dass sie die theoretische Fahrausbildung (eher) unvollständig finden.

Was konkret finden Sie (eher) nicht sinnvoll?

6 Heutige Fahrausbildung - V theoretische Führerprüfung

Wie vollständig finden Sie die in der theoretischen Fahrausbildung abgedeckten Ausbildungsinhalte?

Die Ausbildungsinhalte der *theoretischen* Fahrausbildung umfassen derzeit:

- Verkehrsregeln
- Verkehrsverhalten
- Gefahren im Verkehr
- Rechtliche Aspekte
- Fahrzeugtechnik und -physik
- Persönliche Voraussetzungen
- Verhalten anderer VerkehrsteilnehmerInnen

- ○ unvollständig
- ○ eher unvollständig
- ○ eher vollständig
- ○ vollständig
- ○ kann ich nicht beurteilen

6.1.1 (eher) nicht vollständig

Sie haben angegeben, dass sie die theoretische Fahrausbildung (eher) unvollständig finden.

Was fehlt aus Ihrer Sicht?

7 Heutige Fahrausbildung - V praktische Führerprüfung

Wie vollständig finden Sie die in der praktischen Fahrausbildung abgedeckten Ausbildungsinhalte?

Die Ausbildungsinhalte der theoretischen Fahrausbildung umfassen derzeit:

- Korrektes Führen des Fahrzeugs
- Einhaltung von Verkehrsregeln
- Vermeiden von Fehlern

- ◯ unvollständig
- ◯ eher unvollständig
- ◯ eher vollständig
- ◯ vollständig
- ◯ kann ich nicht beurteilen

7.1.1 (eher) nicht vollständig

Sie haben angegeben, dass sie die praktische Fahrausbildung (eher) unvollständig finden.

Was fehlt aus Ihrer Sicht?

8 Heutige Fahrausbildung - V Verkehrskundeunterricht

Wie vollständig finden Sie die im Verkehrskundeunterricht abgedeckten Ausbildungsinhalte?

Die Ausbildungsinhalte der theoretischen Fahrausbildung umfassen derzeit

- Verkehrssehen
- Verkehrsumwelt
- Verkehrsdynamik
- Verkehrstaktik
- Verhalten bei Unfällen
- Lebensrettende Sofortmassnahmen und Auswirkungen

- ◯ unvollständig
- ◯ eher unvollständig
- ◯ eher vollständig
- ◯ vollständig
- ◯ kann ich nicht beurteilen

8.1.1 Filter

Sie haben angegeben, dass sie den Verkehrskundeunterricht (eher) unvollständig finden.

Was fehlt aus Ihrer Sicht?

9 Heutige Fahrausbildung - Integration FAS

Bei den folgenden Fragen geht es um die Integration des Themas FAS/Automatisierung in der heutigen Fahrausbildung.

9.1.1 Integration FAS in den Fahrunterricht

Die aus meiner Sicht wichtigsten Informationen zu FAS bzw. Fahrzeugautomatisierung integriere ich bereits in meinem Fahrunterricht.

- ○ ja
- ○ nein

9.1.1.1.1 Weshalb nicht?

Sie haben angegeben, dass Sie keine Informationen zu FAS / Automatisierung im Fahrunterricht integrieren.

Was ist der Grund dafür?

- ☐ Mir fehlen entsprechende Informationsunterlagen
- ☐ Die Nachfrage bei FahrschülerInnen ist zu klein
- ☐ Ich will meine FahrschülerInnen damit nicht überfordern
- ☐ Das Thema FAS / Fahrzeugautomatisierung ist mir selbst zu kompliziert
- ☐ Mein Fahrzeug ist zu wenig gut mit FAS ausgestattet
- ☐ Es gibt (zu) viele andere Themen, die wichtiger sind als FAS / Fahrzeugautomatisierung
- ☐ Es ist nicht prüfungsrelevant
- ☐ Das Thema FAS / Fahrzeugautomatisierung gehört meiner Meinung nach nicht in die praktische Fahrausbildung
- ☐ Das Thema FAS / Automatisierung interessiert mich nicht
- ☐ Anderer Grund

9.1.1.1.1.1.1 Anderer Grund

Welcher?

9.1.1.2.1 Welche FAS

Zu welchen FAS informieren Sie FahrschülerInnen?

Kreuzen Sie alle zutreffenden FAS an.

- ☐ **Tempomat**: Hält eine vom Fahrer eingestellte Geschwindigkeit.
- ☐ **Adaptiver Tempomat**: Hält eine vom Fahrer eingestellte Geschwindigkeit und dabei automatisch einen konstanten Sicherheitsabstand zum Vorderfahrzeug.
- ☐ **Notbremsassistent**: Das Fahrzeug bremst automatisch, wenn sich das Fahrzeug zu stark einem Objekte nähert (z.B. Fahrzeug am Stauende).
- ☐ **Spurhalteunterstützung**: Warnt den Fahrer, wenn das Fahrzeug unbeabsichtigt die Fahrspur verlässt, oder greift sogar korrigierend ein.
- ☐ **Staupilot**: Das System kontrolliert Lenkung, Bremse und Antrieb. Das Fahrzeug verlässt die zugeteilte Fahrspur nicht. Das System funktioniert zurzeit nur bis zu einer Geschwindigkeit von 60 km/h als «Staupilot» auf richtungsgetrennten Autobahnen.
- ☐ **Spurwechselassistent**: Warnt den Fahrer / die Fahrerin beim Spurwechsel vor drohenden Kollisionen (z. B. Fahrzeuge im toten Winkel).
- ☐ **Intelligenter Geschwindigkeitsassistent**: Begrenzt die Fahrgeschwindigkeit entsprechend der Signalisation.
- ☐ **Müdigkeitswarner**: Erkennt Ermüdungssymptome oder Ablenkungstendenzen beim Fahrer und warnt vor der Weiterfahrt.
- ☐ **Einparkassistent**: Vermisst mittels Ultraschallsensoren die Parklücke und parkt automatisch ein.
- ☐ **Ausweichassistent**: Unterstützt Fahrerinnen und Fahrer bei Vorhandensein eines Hindernisses auf der Fahrbahn aktiv bei der Lenkung. Neuere Modelle bremsen einzelne Räder zusätzlich gezielt ab, um das Fahrzeug auf den berechneten, sicheren Kurs zu bringen.
- ☐ FAS ist hier nicht aufgeführt

9.1.1.2.1.1.1 Welche anderen FAS?

Sie haben (u.a.) angegeben, dass ein FAS, über das Sie Ihre Fahrschülerinnen und Fahrschüler informieren, nicht aufgeführt ist.

Um welche(s) FAS handelt es sich?

9.1.1.2.2 Themen

Zu welchen Themen informieren Sie ihre Fahrschülerinnen und Fahrschülern bzgl. FAS/Automatisierung?

Bitte wählen Sie alles Zutreffende aus.

- ☐ Vorteile & Nutzen
- ☐ Funktionsweise & Grenzen
- ☐ Auswirkungen auf die Sicherheit
- ☐ Rechtliche Aspekte
- ☐ Praktische Anwendung verschiedener FAS / Fahrzeugautomationssysteme
- ☐ Theoretisches Hintergrundwissen zum Thema Automatisierung (z.B. Stufen der Automatisierung, Bedeutung für den zukünftigen Strassenverkehr)
- ☐ Technisches Hintergrundwissen (z.B. zu Kamera-, Radar-, Lidarsystemen)
- ☐ Neue Anforderungen an die Fahrkompetenz (z.B. bzgl. Aufmerksamkeit, Reaktionsfähigkeit, Wachsamkeit, Selbsteinschätzung)
- ☐ Andere

9.1.1.2.2.1.1 Welche anderen Themen?

Sie haben (u.a.) angegeben, dass Sie Ihre Fahrschülerinnen und Fahrschüler über andere, in der Umfrage nicht aufgeführte Themen, informieren.

Über welche?

9.1.1.2.3 Tiefgang & Systematik

Wie beurteilen Sie den Tiefgang der Informationen, die Sie Ihren FahrschülerInnen bzgl. FAS/ Fahrzeugautomatisierung geben?

- ◯ oberflächlich
- ◯ eher oberflächlich
- ◯ eher tiefgehend
- ◯ tiefgehend

Wie systematisch informieren Sie Ihre FahrschülerInnen?

- ◯ **unsystematisch** – ich informiere nicht konsequent, sondern nur, wenn aktiv danach gefragt wird
- ◯ **eher unsystematisch** – ich informiere zwar nicht konsequent, aber wenn es die Situation ergibt, biete ich von mir aus Informationen an
- ◯ **eher systematisch** – ich informiere konsequent alle FahrschülerInnen aber nicht unbedingt einem bestimmten Plan folgend
- ◯ **systematisch** – ich informiere konsequent al-le FahrschülerInnen und tue dies struktu-riert/einem Plan folgend

9.2.1 Integration FAS in den Fahrunterricht

Im Fahrunterricht habe ich Informationen zu FAS / Fahrzeugautomatisierung erhalten.

- ◯ ja
- ◯ nein

9.2.1.1.1 Welche FAS

Zu welchen FAS haben Sie Informationen erhalten?

Kreuzen Sie alle zutreffenden FAS an.

- ☐ **Tempomat**: Hält eine vom Fahrer eingestellte Geschwindigkeit
- ☐ **Adaptiver Tempomat**: Hält eine vom Fahrer eingestellte Geschwindigkeit und dabei automatisch einen konstanten Sicherheitsabstand zum Vorderfahrzeug.
- ☐ **Notbremsassistent**: Das Fahrzeug bremst automatisch, wenn sich das Fahrzeug zu stark einem Objekte nähert (z.B. Fahrzeug am Stauende).
- ☐ **Spurhalteunterstützung**: Warnt den Fahrer, wenn das Fahrzeug unbeabsichtigt die Fahrspur verlässt, oder greift sogar korrigierend ein.
- ☐ **Staupilot**: Das System kontrolliert Lenkung, Bremse und Antrieb. Das Fahrzeug verlässt die zugeteilte Fahrspur nicht. Das System funktioniert zurzeit nur bis zu einer Geschwindigkeit von 60 km/h als «Staupilot» auf richtungsgetrennten Autobahnen.
- ☐ **Spurwechselassistent**: Warnt den Fahrer / die Fahrerin beim Spurwechsel vor drohenden Kollisionen (z. B. Fahrzeuge im toten Winkel).
- ☐ **Intelligenter Geschwindigkeitsassistent**: Begrenzt die Fahrgeschwindigkeit entsprechend der Signalisation
- ☐ **Müdigkeitswarner**: Erkennt Ermüdungssymptome oder Ablenkungstendenzen beim Fahrer und warnt vor der Weiterfahrt.
- ☐ **Einparkassistent**: Vermisst mittels Ultraschallsensoren die Parklücke und parkt automatisch ein.
- ☐ **Ausweichassistent**: Unterstützt Fahrerinnen und Fahrer bei Vorhandensein eines Hindernisses auf der Fahrbahn aktiv bei der Lenkung. Neuere Modelle bremsen einzelne Räder zusätzlich gezielt ab, um das Fahrzeug auf den berechneten, sicheren Kurs zu bringen.
- ☐ FAS ist hier nicht aufgeführt

9.2.1.1.1.1.1 Welche anderen FAS?

Sie haben (u.a.) angegeben, dass ein FAS, über das Sie von Ihrem Fahrlehrer / Ihrer Fahrlehrerin informiert wurde, nicht aufgeführt ist.

Um welche(s) FAS handelt es sich?

9.2.1.1.2 Themen

Zu welchen Themen bzgl. FAS/Automatisierung haben Sie im Rahmen der praktischen Fahrausbildung Informationen erhalten?

Bitte wählen Sie alles Zutreffende aus.

- ☐ Vorteile & Nutzen
- ☐ Funktionsweise & Grenzen
- ☐ Auswirkungen auf die Sicherheit
- ☐ Rechtliche Aspekte
- ☐ Praktische Anwendung verschiedener FAS / Fahrzeugautomationssysteme
- ☐ Theoretisches Hintergrundwissen zum Thema Automatisierung (z. B. Stufen der Automatisierung, Bedeutung für den zukünftigen Strassenverkehr)
- ☐ Technisches Hintergrundwissen (z. B. zu Kamera-, Radar-, Lidarsystemen)
- ☐ Neue Anforderungen an die Fahrkompetenz (z. B. bzgl. Aufmerksamkeit, Reaktionsfähigkeit, Wachsamkeit, Selbsteinschätzung)
- ☐ Andere

9.2.1.1.2.1.1 Welche anderen Themen?

Sie haben (u.a.) angegeben, dass Sie von Ihrem Fahrlehrer / Ihrer Fahrlehrerin über Themen informiert wurden, die in der Umfrage nicht aufgeführte sind.

Um welche Themen handelt es sich?

9.2.1.1.3 Tiefgang

Wie beurteilen Sie den Tiefgang der Informationen, die Sie von Ihrem Fahrlehrer bzgl. FAS/ Automatisierung erhalten haben?

- ○ oberflächlich
- ○ eher oberflächlich
- ○ eher tiefgehend
- ○ tiefgehend

10 Künftige Fahrausbildung Seite 1

Bei den folgenden Fragen geht es um die Integration des Themas FAS/Automatisierung in die künftige Fahrausbildung.

Unabhängig davon, ob und in welcher Form das Thema Automatisierung (z. B. Umgang mit FAS) künftig geprüft wird oder nicht:

Für wie wichtig halten Sie es persönlich, das Thema in die künftige Fahrausbildung zu integrieren?

- ○ unwichtig
- ○ eher unwichtig
- ○ eher wichtig
- ○ wichtig

10.1.1 (Eher) unwichtig

Sie haben angegeben, dass Sie die Integration des Themas „Automatisierung" in die künftige Fahrausbildung (eher) nicht wichtig finden.

Was ist der Grund dafür?

- ☐ Ich bin generell nicht von FAS / der zunehmenden Automatisierung des Strassenverkehrs überzeugt
- ☐ Das Thema FAS ist mir persönlich zu kompliziert
- ☐ Ich kenne mich mit FAS / Automatisierung bereits gut aus bzw. ich gehe davon aus, dass meine FahrschülerInnen sich bereits gut damit auskennen
- ☐ Ich finde es nicht so wichtig zu wissen, welche Technik in (m)einem Auto verbaut sind
- ☐ Es gibt andere Themen, die wichtiger sind als FAS / Fahrzeugautomatisierung
- ☐ Anderer Grund

10.1.1.1.1 Anderer Grund

Welchen?

11 Künftige Fahrausbildung Seit 2

Angenommen, Sie könnten bestimmen, wo das Thema Automatisierung in Zukunft behandelt werden sollte:

Wo wäre es Ihrer Meinung nach am besten aufgehoben?

- ☐ In der **theoretischen** Fahrausbildung
- ☐ In der **praktischen** Fahrausbildung
- ☐ Im **Verkehrskundeunterricht**
- ☐ In freiwilligen **Weiterbildungskursen**

Für wie sinnvoll halten Sie den Einsatz von digitalen Medien bzw. Computermedien in der Fahrausbildung ?

Dazu zählen beispielsweise e-learning Methoden oder der Einsatz von Fahrsimulatoren.

- ○ nicht sinnvoll
- ○ eher nicht sinnvoll
- ○ eher sinnvoll
- ○ sinnvoll

11.1.1 Wichtigkeit Ausbildungsinhalte

Angenommen, das Thema FAS / Fahrzeugautomatisierung wird in die künftigen Fahrausbildung integriert.

Welche Ausbildungsinhalte finden Sie persönlich wichtig in Bezug auf FAS / Fahrzeugautomatisierung?

- ☐ Vorteile & Nutzen
- ☐ Funktionsweise & Grenzen
- ☐ Auswirkungen auf die Sicherheit
- ☐ Rechtliche Aspekte (z.B. Haftungsfragen bei einem Unfall)
- ☐ Praktische Übungen mit verschiedenen Systemen
- ☐ Theoretisches Hintergrundwissen (z.B. Potenzial für die Strassenverkehrssicherheit)
- ☐ Technisches Hintergrundwissen (z.B. zu Kamera-, Radar-, Lidarsystemen)
- ☐ Neue Anforderungen an die Fahrkompetenz (z.B. in Bezug auf Aufmerksamkeit, Reaktionsfähigkeit, Wachsamkeit, Selbsteinschätzung)
- ☐ Andere
- ☐ Keine der genannten

11.1.1.1.1 Andere

Sie haben (u.a.) angegeben, dass Sie andere Ausbildungsinhalte in Bezug auf FAS / Fahrzeugautomatisierung wichtig finden.

Welche?

11.1.1.2.1 Keine der genannten

Sie haben angegeben, dass sie keines der aufgelisteten Themen für wichtig halten, um es in die Fahrschulausbildung zu integrieren.

Was ist der Grund dafür?

11.1.2 Sinnhaftigkeit Ausbildungsmethoden

Unabhängig davon, ob eine Schulung künftig im Rahmen der praktischen Fahrausbildung stattfindet oder nicht: Welche Form der Schulung finden Sie persönlich sinnvoll?

Bitte kreuzen Sie die zwei Varianten an, die Ihnen am meisten zusagen.

- ☐ **Geleitete Kurse am Computer** (z.B. «live» online Seminare mit Lehrperson)
- ☐ Fahren im **Fahrsimulator** oder **virtueller Umgebung**(d.h. man sitzt in einem nachgebauten Fahrzeug, entweder mit Computerbildschirmen vor sich, die eine Fahrt in einem Fahrzeug mit automatisierten Fahrfunktionen simulieren, oder man hat eine spezielle Brille auf, die die Realität digital nachbildet und in der man in einem solchen Fahrzeug fährt)
- ☐ **Einweisung / Vorführen / Kurzschulung** (z.B. durch den/die FahrlehrerIn oder AutoverkläuferIn)
- ☐ **Eigenverantwortliches Lernen** (z.B. Lesen der Bedienungsanleitung, selbst ausprobieren, frei zugängliche Instruktionsvideos, Computerprogramme zu Hause)
- ☐ Andere

11.1.2.1.1 Andere

Sie haben (u.a.) angegeben, dass Sie andere Formen der Schulung wichtig finden.

Welche?

11.1.3 Kompetenzen

Gibt es Ihrer Meinung nach Fähigkeiten, die AutofahrerInnen bei zunehmender Automatisierung der Fahrzeuge nicht mehr brauchen werden?

Z.B. in Bezug auf die Wahrnehmung, das Verarbeiten von Informationen oder die (motorische) Fahrzeugsteuerung/-lenkung.

Nennen Sie alles, was Ihnen spontan dazu einfällt. Es gibt kein richtig oder falsch.

Gibt es Ihrer Meinung nach Fähigkeiten, die AutofahrerInnen bei zunehmender Automatisierung neu mitbringen müssen?

Z.B. in Bezug auf die Wahrnehmung, das Verarbeiten von Informationen oder die (motorische) Fahrzeugsteuerung/-lenkung.

Nennen Sie alles, was Ihnen spontan dazu einfällt. Es gibt kein richtig oder falsch.

11.2.1 Interesse Ausbildungsinhalte

Angenommen, das Thema FAS/Automatisierung wird in die künftigen Fahrausbildung integriert.

Welche Themen würden Sie persönlich interessieren?

- ☐ Vorteile & Nutzen
- ☐ Funktionsweise & Grenzen
- ☐ Auswirkungen auf die Sicherheit
- ☐ Rechtliche Aspekte (z.B. Haftungsfragen bei einem Unfall)
- ☐ Praktische Übungen mit verschiedenen Systemen
- ☐ Theoretisches Hintergrundwissen (z. B. Potenzial für die Strassenverkehrssicherheit)
- ☐ Technisches Hintergrundwissen (z. B. zu Kamera-, Radar-, Lidarsystemen)
- ☐ Neue Anforderungen an die Fahrkompetenz (z. B. in Bezug auf die Aufmerksamkeit, Reaktionsfähigkeit, Wachsamkeit, Selbsteinschätzung)
- ☐ Andere
- ☐ Keines der genannten

11.2.1.1.1 Andere

Sie haben (u.a.) angegeben, dass Sie andere Ausbildungsinhalte in Bezug auf FAS / Fahrzeugautomatisierung wichtig finden.

Welche?

11.2.1.2.1 Keine der genannten

Sie haben angegeben, dass sie keines der aufgelisteten Themen für wichtig halten, um es in die Fahrschulausbildung zu integrieren.

Was ist der Grund dafür?

11.2.2 Präferenz Ausbildungsmethoden

Sie haben die Möglichkeit, den Umgang mit automatisierten Fahrzeugen zu lernen. Von den folgenden Ausbildungsmethoden, welche bevorzugen Sie?

Bitte kreuzen Sie die zwei Varianten an, die Ihnen am meisten zusagen.

- ☐ Von einer Lehrperson **geleitete Online-Kurse**
- ☐ Fahren im **Fahrsimulator** oder in **virtueller Umgebung** (d.h., man sitzt in einem «nachgebauten» Fahrzeug vor einem Bildschirm, der eine Fahrt simuliert, oder man trägt eine Brille, die die Realität digital nachbildet)
- ☐ **Einweisung / Vorführung / Kurzschulung** vor Ort (z. B. in der Fahrschule oder im Autohaus)
- ☐ **Eigenverantwortliches Lernen** (z. B. Lesen der Bedienungsanleitung, selbst ausprobieren, frei zugängliche Instruktionsvideos, Computerprogramme zu Hause)
- ☐ **Andere**

11.2.2.1.1 Andere

Sie haben (u.a.) angegeben, dass Sie andere Formen der Schulung bevorzugen.

Welche?

12 Künftige Fahrausbildung - Abschluss

Haben Sie Bedenken im Hinblick auf die Integration des Themas FAS/Fahrzeugautomatisierung in die künftige Fahrausbildung, die Sie uns mitteilen möchten?

Wenn nein, gehen Sie zur nächsten Frage.

Gibt es etwas, das Sie im Hinblick auf die zunehmende Automatisierung und die künftige Fahrausbildung noch für wichtig halten und das hier nicht angesprochen wurde?

Wenn nein, gehen Sie zur nächsten Frage.

Im Rahmen dieser Studie führen wir einen eintägigen Workshop mit unterschiedlichen Interessensvertretern durch. Dabei werden mögliche Ansätze für die zukünftige Fahrausbildung diskutiert.

Uns interessiert Ihre Sicht der Dinge. Möchten Sie daran teilnehmen?

Die Teilnehmenden an dem Workshop werden ausgelost. Als Dankeschön erhalten die Workshop-Teilnehmenden einen Einkaufsgutschein im Wert von 200 CHF.

- ○ Ja
- ○ Nein

12.1.1 Ja

Bitte hinterlassen Sie Ihre E-Mail Adresse und/oder Telefonnummer.

13 Endseite

Vielen Dank für Ihre Teilnahme an der Umfrage!

Sie haben durch Ihre Antworten einen sehr wertvollen Beitrag zur Mitgestaltung der zukünftigen Fahrausbildung geleistet.

CLOSE WINDOW

I.2 Flyer

Automatisierte Fahrzeuge
Was bedeutet das für die Fahrausbildung? Was müssen Lenkende künftig noch oder neu können?
Schweizerische Eidgenossenschaft
Bundesamt für Strassen ASTRA
bfu bpa upi
Gestalten Sie mit uns die
FAHRAUSBILDUNG DER ZUKUNFT
Fotografieren Sie mich!
Hier geht's zur Befragung
https://ww2.unipark.de/uc/SIKO40/
MITMACHEN & GEWINNEN
200.- Einkaufsgutschein

Schweizerische Eidgenossenschaft
Bundesamt für Strassen ASTRA
bfu bpa upi
Online-Befragung: Automatisierte Fahrzeuge in der Fahrausbildung
Gestalten Sie mit uns die Fahrausbildung der Zukunft!
Ziel der Online-Befragung
Die Online-Befragung ist Teil eines Forschungsprojekts im Auftrag des ASTRA zur theoretischen und praktischen Fahrausbildung mit automatisierten Fahrzeugen [1].
Ziel der Befragung ist es, die Einschätzung von Fahrschüler-/innen und Fahrlehrer-/innen sowie Neulenkenden zu Inhalt und Unterrichtsformen der aktuellen und künftigen Fahrausbildung mit zunehmend automatisierten Fahrzeugen im Strassenverkehr zu erfahren.
Was verstehen wir unter automatisierten Fahrzeugen?
Wir unterscheiden zwischen Fahrzeugen mit Assistenz- und solchen mit Automatisierungssystemen. Fahrzeuge mit Assistenzsystemen unterstützen die Lenkenden bei der Erfüllung der Fahraufgabe (z.B. Einhalten von Tempo, Fahrspur und/oder Abstand). Fahrzeuge mit Automatisierungssystemen übernehmen die Fahraufgabe teilweise oder vollständig (z. B. Staupilot oder fahrerlose Fahrzeuge).
Fotografieren Sie mich!
Herzlichen DANK! Sie leisten durch Ihre Teilnahme einen sehr wertvollen Beitrag zur Mitgestaltung der zukünftigen Fahrausbildung!
https://ww2.unipark.de/uc/SIKO40/
Hier geht's zur Befragung
[1] Projekt-Nr: MFZ_20_02A_01; Projekttitel: SIKO4.0: Sicherheitsrelevante Kompetenzen und Eignung für das Führen von (teil-)automatisierten Fahrzeugen; Auftraggeber: Bundesamt für Strassen ASTRA; Projektpartner: Beratungsstelle für Unfallverhütung (BFU), Rapp Trans AG, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW).

II Fragen Experteninterviews

1.	Gibt es Kompetenzen, die Fahrer heute schon brauchen, die aber nicht in der Führerscheinprüfung abgebildet werden (Wenn ja, welche; Wie werden sie aktuell erlernt)
	Offene Nennungen
2.	Welche kritischen Ereignisse im Strassenvekehr könnten mit zunehmender Automatisierung (≥L3) eintreten?
	Offene Nennungen
3.	Welche Fahrfertigkeiten und -fähigkeiten – z. B. kognitive – brauchen Fahrer, um *kritische Fahrsituationen* mit zunehmender Automatisierung erfolgreich zu bewältigen?
	Offene Nennungen
4.	Welche Fahrfertigkeiten und -fähigkeiten brauchen Fahrer, um *typische Fahraufgaben* mit zunehmender Automatisierung erfolgreich zu bewältigen?
	Offene Nennungen
5.	Welche Konsequenzen durch die zunehmende Automatisierung ergibt sich für Personen mit *bestehender Fahrerlaubnis*? Gibt es einen Weiterbildungsbedarf?
	Offene Nennungen
6.	Gibt es Kompetenzen oder Wissen in der Führerscheinprüfung, die zukünftig nicht mehr wichtig sein werden? Wenn ja, welche?
	Offene Nennungen

Glossar

Begriff	Bedeutung
asa	Vereinigung der Strassenverkehrsämter
AF	Automatisiertes Fahren
AP	Arbeitspaket
AFV	Verordnung über das automatisierte Fahren
FAS	Fahrerassistenzsystem (bis SAE-L2)
ODD	Operational Design Domain (Betriebsbereich)
SA	Situation Awareness (Situationsbewusstsein)
SAE	Society of Automotive Engineers
SFV	Schweizerischer Fahrlehrerverband
SVG	Schweizerisches Strassenverkehrsgesetz
TOR	Take-Over-Request
V2V	Vehicle-to-Vehicle (communication)
VRV	Verkehrsregelverordnung
VKU	Verkehrskundeunterricht
VTS	Verordnung über die technischen Anforderungen an Strassenfahrzeuge
VZV	Verkehrszulassungsverordnung

Literaturverzeichnis

[1] SAE International. *Surface vehicle recommended practice – Taxonomy and definitions for terms related to driving automation systems for on-road motor vehicles*. USA; 2018. J3016_201806.

[2] Sanders N, Keskinen E. *EU NovEV project: Evaluation of postlicence training schemes for novice drivers (CIECA report)*. Amsterdam: Commission Internationale des Examens de Conduite Automobile CIECA; 2004.

[3] Schnotz W, Bannert M. Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*. 2003; 13(2): 141–156. DOI:10.1016/S0959-4752(02)00017-8.

[4] Forum of European Road Safety Research Institutes FERSI. *Safety through automation?: Ensuring that automated and connected driving contribute to a safer transportation system* [FERSI Position Paper - January 19, 2018]; 2018.

[5] Carsten O, Tate F. Intelligent speed adaptation: accident savings and cost-benefit analysis; 37(3): 407–416.

[6] Eriksson A, Stanton NA. Takeover Time in Highly Automated Vehicles: Noncritical Transitions to and From Manual Control. *Hum Factors*. 2017; 59(4): 689–705. DOI:10.1177/0018720816685832.

[7] Deublein M. *Automatisiertes Fahren - Mischverkehr*. Bern: Beratungsstelle für Unfallverhütung BFU; 2020. Automatisiertes Fahren.

[8] Botte M, Pariota L, D'Acierno L, Bifulco GN. An overview of cooperative driving in the European Union: Policies and practices. *Electronics*. 2019; 8(6): 616. DOI:10.3390/electronics8060616.

[9] Bosch R, Oehry B, Jermann J. *Automatisiertes Fahren; Initialprojekt: Klärung des Forschungs- und Handlungsbedarfs*. Bern: Bundesamt für Strassen ASTRA; 2017. Forschungsbericht ASTRA 1609.

[10] de Haan P, Straumann R, Bianchetti R et al. *Verkehr der Zukunft 2060: Tech-nologischer Wandel und seine Folgen für Mobilität und Verkehr*: Bundesamt für Strassen ASTRA; in press. Forschungsbericht ASTRA SVI 2017/003.

[11] Oehry B, Jermann J, Bohne S et al. *Auswirkungen des automatisierten Fahrens; Teilprojekt 1: Nutzungsszenarien und Auswirkungen*; in press. Forschungsbericht ASTRA 2017/007.

[12] Jermann J, Steinle M, Luisoni A et al. *Auswirkungen des automatisierten Fahrens; Teilprojekt 4: Neue Angebotsformen*: Bundesamt für Strassen ASTRA; in press. Forschungsbericht ASTRA 2018/004.

[13] SAE International. *Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Verhicles*. USA; 2021. J3016_202104.

[14] Fuller R. Towards a general theory of driver behaviour. *Accid Anal Prev*. 2005; 37(3): 461–472. DOI:10.1016/j.aap.2004.11.003.

[15] Banks VA, Eriksson A, O'Donoghue J, Stanton NA. Is partially automated driving a bad idea? Observations from an on-road study. *Appl Ergon*. 2018; 68: 138–145. DOI:10.1016/j.apergo.2017.11.010.

[16] Edmund Donges. Fahrerverhaltensmodelle. In: *Handbuch Fahrerassistenzsysteme*: Vieweg + Teubner; 2009: 15–23. DOI:10.1007/978-3-8348-9977-4_3.

[17] Fastenmeier W, Gstalter H. *Anforderungsgerechtes Autofahren im Alter*; 2008 1809. https://www.researchgate.net/profile/bernhard-schlag/publication/271072622_leistungsfahigkeit_und_mobilitat_im_alter/links/54bcdf790cf253b50e2d7fa8/leistungsfaehigkeit-und-mobilitaet-im-alter.pdf#page=31.

[18] W. Fastenmeier, H. Gstalter. Driving Task Analysis as a Tool in Traffic Safety Research and Practice. *Saf Sci*. 2007;(45): 952–979.

[19] Fastenmeier W, Gstalter H. Entwicklung und Anwendung einer neuen Methodik zur Fahreraufgabenanalyse / Development and application of a new tool in driver task analysis. In: *Der Fahrer im 21. Jahrhundert: Anforderungen, Anwendungen, Aspekte für Mensch-Maschine-Systeme ; Tagung Braunschweig, 2. und 3. Juni 2003*. Nichtred. Manuskriptdr. Düsseldorf: VDI-Verl; 2003. *VDI-Berichte* 1768.

[20] Wickens CD, Carswell CM. *Information processing*. Orlando, FL: CRC Press; 2021. Handbook of human factors.

[21] Wickens CD, Helton WS, Hollands JG, Banbury S. *Engineering psychology and human performance.* 5th edition. New York, NY: Routledge; 2021. https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9781003177616/engineering-psychology-human-performance-christopher-wickens-william-helton-justin-hollands-simon-banbury.

[22] Wickens C. Attention: Theory, Principles, Models and Applications. *Int J Hum Comput Interact*. 2021; 37(5): 403–417. DOI:10.1080/10447318.2021.1874741.

[23] Wickens CD, McCarley JS. *Applied Attention Theory:* CRC Press; 2019. https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9780429059261/applied-attention-theory-christopher-wickens-jason-mccarley.

[24] Schreder G, Brömer B. *Lehren und Lernen: Erläuterungen und Praxisbeispiele zum Qualitätsbereich VI des Hessischen Referenzrahmens Schulqualität*. 2012.

[25] Weiss T, Bannert M, Petzoldt T, Krems JF. *Computergestützte Medien und Fahrsimulatoren in Fahrausbildung, Fahrerweiterbildung und Fahrerlaubnisprüfung*. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH; 2009. Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen BASt, Mensch und Sicherheit M 202.

[26] Haworth N, Mulvihill C, Wallace P, Symmons M. *Hazard perception and responding by motorcyclists - background and literature review*. Melbourne, Australia. 2005; Report No. 235. https://www.monash.edu/__data/assets/pdf_file/0010/216469/methods-Motorcycle,-motorcyclist-training,-hazard-perception,-simulation,-rider-testing-20058p-.pdf-85KB-235-Haworth,-N.-Mulvihill,-C.-Symmons,-M.-Hazard-perception-and-responding-by-motorcyclists-Background-and-literature-review.pdf.

[27] Sportillo D, Paljic A, Ojeda L. Get ready for automated driving using Virtual Reality. *Accid Anal Prev*. 2018; 118: 102–113. DOI:10.1016/j.aap.2018.06.003.

[28] Ebnali M, Hulme K, Ebnali-Heidari A, Mazloumi A. How does training effect users' attitudes and skills needed for highly automated driving? *Transp Res Part F Traffic Psychol Behav*. 2019; 66: 184–195. DOI:10.1016/j.trf.2019.09.001.

[29] Altenburg S, Kienzler H-P, Maur A auf der. *Einführung von Automatisierungsfunktionen in der Pkw-Flotte: Auswirkungen auf Bestand und Sicherheit* [Im Auftrag des ADAC e. V.]; 2018.

[30] Jermann J, Steinle M, Luisoni A et al. *Auswirkungen des automatisierten Fahrens; Teilprojekt 4: Neue Angebotsformen* [Forschungsprojekt ASTRA 2018/004 auf Antrag des Bundesamtes für Strassen (ASTRA)]. Bern: ASTRA; 2020.

[31] de Haan P, Rosser S, Erny I, Clausdeinken H. *Szenarien der Elektormobilität in der Schweiz - Update 2020: EBP-Hintergrundbericht*. Zollikofen, Schweiz: EBP Schweiz AG; 2020.

[32] Wolf I. Wechselwirkung Mensch und autonomer Agent. In: *Autonomes Fahren*: Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg; 2015: 103–125. DOI:10.1007/978-3-662-45854-9_6.

[33] Bainbridge L. Ironies of automation. *Automatica*. 1983; 19(6): 775–779. DOI:10.1016/0005-1098(83)90046-8.

[34] Singh IL, Molloy R, Parasuraman R. Individual Differences in Monitoring Failures of Automation. *The Journal of General Psychology*. 1993; 120(3): 357–373. DOI:10.1080/00221309.1993.9711153.

[35] Molloy R, Parasuraman R. Monitoring an Automated System for a Single Failure: Vigilance and Task Complexity Effects. *Hum Factors*. 1996; 38(2): 311–322. DOI:10.1177/001872089606380211.

[36] Parasuraman R, Molloy R, Singh IL. Performance Consequences of Automation-Induced 'Complacency'. *Int J Aviat Psychol*. 1993; 3(1): 1–23. DOI:10.1207/s15327108ijap0301_1.

[37] Boos A, Feldhutter A, Schwiebacher J, Bengler K. Mode Errors and Intentional Violations in Visual Monitoring of Level 2 Driving Automation. In: *2020 IEEE 23rd International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*: IEEE; 2020. DOI:10.1109/itsc45102.2020.9294690.

[38] Endsley MR, Kiris EO. The Out-of-the-Loop Performance Problem and Level of Control in Automation. *Hum Factors*. 1995; 37(2): 381–394. DOI:10.1518/001872095779064555.

[39] Endsley M. Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Hum Factors*. 1995; 37(1): 32-64.

[40] Avetisyan L, Ayoub J, Zhou F. Investigating explanations in conditional and highly automated driving: The effects of situation awareness and modality. *Transp Res Part F Traffic Psychol Behav*. 2022; 89: 456–466. DOI:10.1016/j.trf.2022.07.010.

[41] *Rebuilding drivers' situation awareness during take-over requests in level 3 automated cars*; 2019. https://publications.ergonomics.org.uk/uploads/rebuilding-drivers%e2%80%99-situation-awareness-during-take-over-requests-in-level-3-automated-cars.pdf.

[42] Kim H, Kim W, Kim J et al. A study on the Effects of Providing Situation Awareness Information for the Control Authority Transition of Automated Vehicle. In: *2019 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)*: IEEE; 2019. DOI:10.1109/ictc46691.2019.8939867.

[43] Sarter NB, Woods DD. How in the World Did We Ever Get into That Mode? Mode Error and Awareness in Supervisory Control. *Hum Factors*. 1995; 37(1): 5–19. DOI:10.1518/001872095779049516.

[44] Wilson KM, Yang S, Roady T et al. Driver trust & mode confusion in an on-road study of level-2 automated vehicle technology. *Saf Sci*. 2020; 130: 104845. DOI:10.1016/j.ssci.2020.104845.

[45] Feldhütter A, Härtwig N, Kurpiers C et al. Effect on Mode Awareness When Changing from Conditionally to Partially Automated Driving. In: Springer, Cham; 2019: 314–324. DOI:10.1007/978-3-319-96074-6_34.

[46] Cummings ML, Ryan J. POINT OF VIEW: Who Is in Charge? The Promises and Pitfalls of Driverless Cars. *TR News*. 2014;(292): 25–30.

[47] Kurpiers C, Biebl B, Mejia Hernandez J, Raisch F. Mode Awareness and Automated Driving—What Is It and How Can It Be Measured? *Information*. 2020; 11(5): 277. DOI:10.3390/info11050277.

[48] Sarter N. Investigating mode errors on automated flight decks: illustrating the problem-driven, cumulative, and interdisciplinary nature of human factors research. *Hum Factors*. 2008; 50(3): 506–510. DOI:10.1518/001872008X312233.

[49] Merriman SE, Plant KL, Revell KM, Stanton NA. Challenges for automated vehicle driver training: A thematic analysis from manual and automated driving. *Transp Res Part F Traffic Psychol Behav*. 2021; 76: 238–268. DOI:10.1016/j.trf.2020.10.011.

[50] John D. Lee, Katrina A. See. Trust in Automation: Designing for Appropriate Reliance. *Hum Factors;*(46): 50–80.

[51] Kraus J, Scholz D, Stiegemeier D, Baumann M. The More You Know: Trust Dynamics and Calibration in Highly Automated Driving and the Effects of Take-Overs, System Malfunction, and System Transparency. *Hum Factors*. 2020; 62(5): 718–736. DOI:10.1177/0018720819853686.

[52] Bailey NR, Scerbo MW. Automation-induced complacency for monitoring highly reliable systems: the role of task complexity, system experience, and operator trust. *Theor Issues Ergon Sci*. 2007; 8(4): 321–348. DOI:10.1080/14639220500535301.

[53] Moray N, Inagaki T. Laboratory studies of trust between humans and machines in automated systems. *Transactions of the Institute of Measurement and Control*. 1999; 21(4-5): 203–211. DOI:10.1177/014233129902100408.

[54] Trust in automation. Part II. Experimental studies of trust and human intervention in a process control simulation Trust in automation. Part II. Experimental … *Ergonomics*. 1996;(3): 429–460.

[55] Beggiato M, Krems JF. The evolution of mental model, trust and acceptance of adaptive cruise control in relation to initial information. *Transp Res Part F Traffic Psychol Behav*. 2013; 18: 47–57. DOI:10.1016/j.trf.2012.12.006.

[56] Designer driving: drivers' conceptual models and level of trust in adaptive cruise control. *International Journal of Vehicle Design*.

[57] Parasuraman R. Designing automation for human use: empirical studies and quantitative models. *Ergonomics*. 2000; 43(7): 931–951. DOI:10.1080/001401300409125.

[58] Miller D, Johns M, Ive HP et al. Exploring Transitional Automation with New and Old Drivers. In: *SAE Technical Paper Series*: SAE International400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA, United States; 2016. *SAE Technical Paper Series.* DOI:10.4271/2016-01-1442.

[59] Boelhouwer A, van den Beukel AP, van der Voort MC, Martens MH. Should I take over? Does system knowledge help drivers in making take-over decisions while driving a partially automated car? *Transp Res Part F Traffic Psychol Behav*. 2019; 60: 669–684. DOI:10.1016/j.trf.2018.11.016.

[60] Jermann J, Oehry B, Bosch R et al. *Chancen und Risiken des Einsatzes von Chanen und Risiken des Einsatzes von Abstandshaltesystemen sowie des Platoonings von Strassenfahrzeugen - Machbarkeitsanalyse* [Bericht-Nr. 2060.966-001]: Rapp Trans AG; 2017.

[61] van Arem B, van Driel C, Visser R. The Impact of Cooperative Adaptive Cruise Control on Traffic-Flow Characteristics. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*; 2006(4): 429–436.

[62] Krause S, Motamedidehkordi N, Hoffmann S et al. *Auswirkungen des teil- und hochautomatisierten Fahrens auf die Kapazität der Fernstraßeninfrastruktur.* 296. Auflage; 2017.

[63] Gasser Y. *Neue Anforderungen an die Strasse durch veränderte Nutzungsformen und Fahrzeuge mit alternativen Antrieben*; 2017.

[64] Powergate. *Wirkpotentiale moderner Fahrerassistenzsysteme und Aspekte ihrer Relevanz für die Fahrausbildung* [Dissertation]. München: Fakultät für Maschinenwesen: Technische Universität München TUM; 2012.

[65] Schweizerischer Fahrlehrer Verband SFV. *Handbuch für die praktische Fahrausbildung Kategorie B: Version 2.1 B.* 2nd. Bern; 2022.

[66] Deublein M. *Automatisiertes Fahren: Fahrausbildung*. Bern: BFU, Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2020. Forschung 2.387. DOI:10.13100/BFU.2.387.01.2020.

[67] Schweizerische Eidgenossenschaft. Strassenverkehrsgesetz (SVG) vom 19. Dezember 1958: SR 741.01.

[68] Schweizerische Eidgenossenschaft. Verkehrsregelnverordnung (VRV) vom 13. November 1962: SR 741.11.

[69] Rieth, M., & Hagemann, V. Veränderte Kompetenzanforderungen an Mitarbeitende infolge zunehmender Automatisierung–Eine Arbeitsfeldbetrachtung. In: *Gruppe.Interaktion.Organisation - Zeitschrift*.

[70] Sætren GB, Wigum JP, Robertsen R et al. *The future of driver training and driver instructor education in Norway with increasing ADAS technology in cars:* CRC Press; 2018. https://nordopen.nord.no/nord-xmlui/handle/11250/2560353.

[71] Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences:* Routledge Academic; 1988.

[72] Hattie JAC. *Lernen sichtbar machen.: Überarbeitete deutschsprachige Ausgabe von "Visible learning", besorgt von Wolgang Beywl und Klaus Zierer*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren; 2013. https://irf.fhnw.ch/handle/11654/12266.

[73] Zagermann J, Pfeil U, Reiterer H. Measuring Cognitive Load using Eye Tracking Technology in Visual Computing. In: *Proceedings of the Sixth Workshop on Beyond Time and Errors on Novel Evaluation Methods for Visualization*. New York, NY, USA: ACM; 2016. DOI:10.1145/2993901.2993908.

Projektabschluss

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Version vom 09.10.2013

Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 30.06.2023

Grunddaten

Projekt-Nr.:	MFZ_20_02A_01
Projekttitel:	SIKO4.0: Sicherheitsrelevante Kompetenzen und Eignung für das Führen von (teil-) automatisierten Fahrzeugen
Enddatum:	31.07.2023

Texte

Zusammenfassung der Projektresultate:

Das Projekt hat vier Hauptziele:

1. Erstellung eines Katalogs von Fahrfähigkeiten und -kompetenzen für (teil-)automatisierte Fahrzeuge bis zur Stufe SAE-L3. Ergebnis: Die grundlegenden Anforderungen an die Fahrkompetenz bleiben unverändert. Mit zunehmender Automatisierung kommen neue Anforderungen auf wahrnehmungsbezogener, kognitiver und motorischer Ebene hinzu. Diese ergänzen sich tendenziell und werden damit umfrangreicher. Auswirkungen auf den Menschen im Sinne von Herausforderungen und Gefahren nehmen mit der zunehmenden Automatisierung zu. Diese werden insbesondere durch die partielle oder vollständige Übernahme der Fahraufgabe auf den Automatisierungsstufen SAE-L2 bis SAE-L3 verursacht.

2. Entwicklung eines Schemas, das die veränderten Anforderungen an Fahrzeuglenkende von einem Automatisierungsgrad zum nächsten zeigt. Das Schema zeigt das Spannungsfeld, das durch die steigenden Kompetenzanforderungen an Fahrzeuglenkende und den reduzierten notwendigen Systemeingriffen infolge zunehmender Automatisierung entsteht. Es wird deutlich, dass eine zunehmende Automatisierung nicht zwangsläufig zu einer Entlastung der Fahrzeuglenkenden führt, sondern dass zusätzliche Anforderungen an die Fahrkompetenzen hinzukommen. Zudem muss der Erwerb bzw. Erhalt manueller Fahrkompetenzen bis zur Stufe SAE-L4 gewährleistet bleiben.

3. Zusammenstellung sicherheitsrelevanter Inhalte und Methoden für die Aus- und Weiterbildung von Fahrzeuglenkenden für (teil-)automatisierte Fahrzeuge. Dabei sind nicht nur neue Ausbildungsinhalte, sondern auch methodisch-didaktische Erweiterungen erforderlich. Aufbauend auf dem identifizierten Anpassungsbedarf und den identifizierten neuen Kompetenzen auf den Ebenen der Perzeption, der Kognition und der Motorik wurden Inhalte und Methoden (Konzep-telemente) für die künftige Fahraus- und -weiterbildung (Ziel 3) abgeleitet. Konzeptelemente für die künftige Fahraus- und -weiterbildung wurden für jede identifizierte neue Kompetenz differenziert nach drei Phasen ausgearbeitet: (1) Aufbau von Basiswissen (2) das Übertragen dieses Wissens in die Praxis, sowie (3) die Entwicklung von Routinen.

4. Aufzeigen der Aufgaben und Vorkehrungen ausserhalb des Fahrzeugs ab der Stufe SAE-L4, wenn keine Fahrzeuglenkenden mehr im Fahrzeug sind. Dabei gibt es neue Anforderungen an Pflichten und Vorkehrungen für Fahrzeuglenkende ausserhalb des Fahrzeugs, die sich auf die Interaktion mit relevanten Umsystemen beziehen. Es findet ein Transfer von Anforderungen innerhalb der Fahreinheit oder von der Fahreinheit an Umsysteme statt, was zu veränderten Anforderungen führt.

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

Zielerreichung:

Die Projektziele wurden erreicht:

Erstens wurde ein Katalog erstellt, der neue Kompetenzanforderungen differenziert nach Automatisierungsstufe für das Führen von (teil-)automatisierten Fahrzeugen umfasst.

Zweitens wurde ein Schema entwickelt, das die veränderten Anforderungen auf einer höheren Abstraktionsebene zusammenfassend illustriert. Dieses Schema verdeutlicht das Spannungsfeld zwischen steigenden Kompetenzanforderungen an Fahrzeuglenkende und reduzierten erforderlichen Systemeingriffen infolge der zunehmenden Automatisierung.

Drittens erfolgte eine Zusammenstellung von Ausbildungsinhalten, die differenziert nach drei verschiedenen Lernphasen aufgebaut sind. Darüber hinaus wurden Empfehlungen für mögliche Vermittlungsmethoden erarbeitet, um die Schulung von Fahrzeuglenkenden für (teil-)automatisierte Fahrzeuge effektiv zu gestalten.

Viertens wurde eine Beschreibung von Aufgaben und Vorkehrungen außerhalb des Fahrzeugs ab der Automatisierungsstufe SAE-L4 erstellt. Dabei wurden auch die neuen Pflichten und Vorkehrungen für Fahrzeuglenkende außerhalb des Fahrzeugs in Bezug auf die Interaktion mit relevanten Umsystemen berücksichtigt.

Zusätzlich wurde eine Bewertung der identifizierten neuen Kompetenzen hinsichtlich ihrer Dringlichkeit und Umsetzbarkeit in der Kompetenzvermittlung durchgeführt. Diese Bewertung ermöglicht eine Priorisierung dieser Kompetenzen für eine zielgerichtete Schulung von Fahrzeuglenkenden.

Die Ergebnisse dieses Projekts bieten eine wichtige Grundlage für die Weiterentwicklung der Ausbildungs- und Prüfungspraxis im Kontext der fortschreitenden Automatisierung von Fahrzeugen und tragen dazu bei, die Sicherheit und Kompetenz der Fahrzeuglenkenden im Umgang mit (teil-)automatisierten Fahrzeugen zu gewährleisten.

Folgerungen und Empfehlungen:

Die wichtigsten Empfehlungen sind:

(1) Die Kompetenzvermittlung sollte auf verschiedene Zielgruppen abzielen und spezifische Ansätze für jede dieser Zielgruppe berücksichtigen.
(2) Der Erhalts grundlegender (konventioneller) Fahrkompetenzen sollte bis einschliesslich Automatisierungsstufe SAE-L4 sichergestellt sein.
(3) Psychologische, kognitive und soziale Faktoren, die für Menschen typisch sind und in der Interaktion mit technischen Systemen eine wichtige Rolle spielen können, sollten konsequent in die inhaltliche und didaktische Komposition der Ausbil-dungsstruktur eingebettet sein (z.B. Daueraufmerksamkeit).
(4) Ein praxisorientierter Wissenstransfer durch Vermittlung von grundlegendem deklarativem Wissen (Fakten und Konzepte) sowie durch die Möglichkeit, das Gelernte anzuwenden und Routinen zu entwickeln, sollte gewährleistet sein.
(5) Die Verwendung einer Unterrichtsmethodik und der Einsatz von Fahrsimulatoren sollte bei der Zulassung von Automatisierungssystemen überprüft werden. Diese Systeme stellen neue spezifische Herausforderungen und Gefahren im Zusammenhang mit Übergabesituationen dar, die aus ethischen Gründen im realen Verkehr nicht geübt werden können.
(6) Der Einsatz computergestützter Lernformate (z.B. Blended Learning) sollte geprüft und gefördert werden, um die Motivation zum Lernen zu initiieren und aufrechtzuerhalten, insbesondere in der Weiterbildung
(7) Verwendung interaktiver und visueller Lernelemente in der Fahrausbildung und -schulung.
(8) Das kontinuierliche Lernen und Auffrischungskurse, insbesondere durch Weiterbildungsangebote sollten gezielt gefördert werden, um dem schnellen technologischen Fortschritt im Bereich des automatisierten Fahrens gerecht zu werden.
(9) Die verschiedenen Ebenen der GDE-Matrix sollten im Kontext der neuen Kompetenzanforderungen durch das automatisierte Fahren in die Fahraus- und -weiterbildung konsequent einbezogen werden.
(10) Prüfung neuer Anforderungen und Vorsichtsmassnahmen ab SAE-L4, sobald eine Zulassung von SAE-L4-Fahrzeugen absehbar ist.

Die Empfehlungen für die Weiterentwicklung der Fahrausbildung und -schulung gelten für alle Ausbildungsstufen, einschliesslich Neulenkende, erfahrene Lenkende in Weiterbildungskursen und Berufskraftfahrende. Künftig wird die Einbeziehung des automatisierten Fahrens in die Fahraus- und -weiterbildung eine Zusammenarbeit zwischen Industrie, Behörend und Bildungsakteuren sowie eine konsequente Erarbeitung der rechtlichen Grundlagen erfordern, um wirksame Schulungsprogramme und Prüfungen für einen sicheren zukünftigen Strassenverkehr zu entwickel

Publikationen:

-

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Deublein Vorname: Markus

Amt, Firma, Institut: Beratungsstelle für Unfallverhütung (BFU)

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:

Forschung im Strassenwesen des UVEK: Formular 3 Seite 2 / 3

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Die Erstellung eines Katalogs mit differenzierten Kompetenzanforderungen für das Führen von (teil-) automatisierten Fahrzeugen ist von grosser Bedeutung für die Weiterentwicklung der Ausbildungs- und Prüfungspraxis. Die detaillierte Aufschlüsselung der Anforderungen nach Automatisierungsstufen ermöglicht es, Fahrzeuglenkende gezielt auf die jeweiligen Kompetenzen vorzubereiten und sicherzustellen, dass sie den Anforderungen des automatisierten Fahrbetriebs gerecht werden. Das entwickelte Schema, das auf einer höheren Abstraktionsebene die veränderten Anforderungen an Fahrzeuglenkende zusammenfassend veranschaulicht, bietet eine wertvolle Orientierungshilfe und verdeutlicht das Spannungsfeld zwischen steigenden Kompetenzanforderungen und reduzierten Fahraufgaben des Lenkers durch die fortschreitende Automatisierung. Es ermöglicht eine bessere Einschätzung der erforderlichen Fähigkeiten und trägt zur Schaffung eines umfassenden Verständnisses für die Herausforderungen und Anforderungen im Zusammenhang mit (teil-) automatisierten Fahrzeugen bei.
Die Zusammenstellung sicherheitsrelevanter Ausbildungsinhalte und Methoden für die Schulung von Fahrzeuglenkenden ist ein weiterer Erfolg des Projekts. Durch die Berücksichtigung von verschiedenen Lernphasen und die Empfehlungen für Vermittlungsmethoden wird eine effektive und zielgerichtete Ausbildung angestrebt. Die Integration interaktiver und visueller Lernmethoden stellt sicher, dass Fahrzeuglenkende nicht nur theoretisches Wissen erlangen, sondern auch praktische Fähigkeiten entwickeln können. Dies trägt zur Steigerung des Verständnisses und Engagements der Fahrzeuglenkenden bei und fördert ihre Sicherheit im Umgang mit (teil-)automatisierten Fahrzeugen.
Insgesamt kann das Forschungsprojekt einen bedeutenden Beitrag zur Weiterentwicklung der Ausbildungs- und Prüfungspraxis im Kontext der zunehmenden Automatisierung von Fahrzeugen leisten. Die erzielten Ergebnisse bieten eine wertvolle Grundlage für zukünftige Entwicklungen in diesem Bereich.

Umsetzung:

Das Projekt wurde zielgerichtet und effizient umgesetzt. Die Verlängerung um 6 Monate war dem erhöhten Rekrutierungsaufwand bei den Simulator-Versuchen und dem anfänglich nicht berücksichtigten Nachbereitungsaufwand des Berichts durch das ASTRA geschuldet.
Der Bericht wurde auf einem sehr hohen wissenschaftlichen Niveau mit dennoch klarem Bezug zur praktischen Umsetzung und Relevanz verfasst. Die Begleitkommission wurde an den wesentlichen Schlüsselstellen der Projektbearbeitung einbezogen und konsultiert. Bearbeitungsvorschläge aus der BK wurden vom Projektteam offen entgegengenommen und in die weitere Projektbearbeitung integriert.
Der Lösungsansatz des Projekts war aussergewöhnlich umfangreich. Es wurden breite Recherchen, diverse Befragungen, ein Design-Thinking-Workshop, Simulator-Studien sowie innovative Konzeptionen durchgeführt. Dies alles in einem engen Kosten- und Zeitrahmen auf eine sehr effiziente Art und Weise mit einer bemerkenswert hohen Ergebnisqualität.

weitergehender Forschungsbedarf:

Mögliche zukünftige Handlungsfelder: (1) Evaluation geeigneter Vermittlungsmethoden, (2) Entwicklung standardisierter Schulungsgrogramme, Aktualisierung von Fachhandbüchern und -materialien, (3) Einbindung des automatisierten Fahrens in die Führerprüfung, (4) Entwicklung einer spezifischen Ausbildung für FahrlehrerInnen, (5) Einführung von Zertifizierungsverfahren für Fahrschulprogramme, (6) Überwachungs- und Bewertungsverfahren zur Überprüfung der Wirksamkeit von Fahrschulprogrammen.

Einfluss auf Normenwerk:

Verkehrszulassungsverordnung (VZV, SR 741.51), Anhänge 11 und 12. Richtlinien Nr. 7 " Abnahme von Führerprüfungen" der Vereinigung der Strassenverkehrsämter (asa).

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Huonder Vorname: Stefan

Amt, Firma, Institut: Bundesamt für Strassen (ASTRA)

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

Hms