



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 della comunicazione DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

InLID: Integration des Langsam- verkehrs in das digitalisierte Verkehrssystem

**InLID: Intégration de la mobilité douce dans le système
de transport numérisé**

**InLID: Integration of active mobility into digital mobi-
lity systems**

EBP Schweiz AG

Bettina Zahnd
Laura Herten
Dr. Astrid Jäger
Dr. Samuel Graf

ZHAW

Prof. Dr. Markus Hackenfort
Dr. Tanja Stoll

Lumisera

Dr. Christian Heimgartner

Anwaltskanzlei Kohli

Thomas Kohli

**Forschungsprojekt MB4_20_04A_02 auf Antrag des Bundesamtes für Stras-
sen ASTRA**

Dezember 2025 | 1808

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)

InLID: Integration des Langsamverkehrs in das digitalisierte Verkehrssystem

InLID: Intégration de la mobilité douce dans le système de transport numérisé

InLID: Integration of active mobility into digital mobility systems

EBP Schweiz AG

Bettina Zahnd
Laura Hertel
Dr. Astrid Jäger

ZHAW

Prof. Dr. Markus Hackenfort
Dr. Tanja Stoll

Lumisera

Dr. Christian Heimgartner

Anwaltskanzlei Kohli

lic. iur. Thomas Kohli, LL.M.

Forschungsprojekt MB4_20_04A_02 auf Antrag des Bundesamtes für Strassen ASTRA

Dezember 2025 | 1808

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Bettina Zahnd

Mitglieder

Prof. Dr. Markus Hackenfort

Dr. Christian Heimgartner

Laura Herten

Dr. Astrid Jäger

Thomas Kohli

Dr. Samuel Graf

Dr. Tanja Stoll

Begleitkommission

Präsidentin

Sigrid Pirkelbauer

Mitglieder

Ralf Bosch

Dominik Bucheli

Dr. Markus Deublein

Prof. Dr. Sabine Gless

Christoph Merkli

Martin Neubauer

André Schneider

Antragsteller

Arbeitsgruppe Mobilität 4.0, Bundesamt für Strassen, ASTRA

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von

<https://mobilityplatform.ch/>
heruntergeladen werden.

Dezember 2025

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	8
Tabellenverzeichnis	8
Abkürzungsverzeichnis	9
Zusammenfassung	11
Résumé	18
Summary	25
1 Einleitung	31
2 Nationaler und internationaler Stand der Forschung	33
2.1 Einleitung und Definition	33
2.1.1 Langsamverkehr	33
2.1.2 Automatisiertes Fahren	34
2.1.3 Digitalisiertes Verkehrssystem	34
2.1.4 Unidirektionale und bidirektionale Kommuni- kation	34
2.1.5 Lokale, in sich geschlossene Vernetzung und zentrale Vernetzung	34
2.2 Szenarien des automatisierten Fahrens	35
2.3 Passive Integration des Langsamverkehrs	37
2.3.1 Infrastruktur	37
2.3.2 Automatisierte Fahrzeuge	38
2.4 Aktive Integration des Langsamverkehrs	39
2.4.1 Infrastruktur	39
2.4.2 Automatisierte Fahrzeuge	40
2.5 Akzeptanz und Attraktivität für den Langsamverkehr	41
2.6 Interoperabilität	42
2.7 Rechtliche Aspekte	43
2.7.1 Allgemeines	43
2.7.2 Verkehrsregeln	45
2.7.3 Strafrechtliche Verantwortlichkeit	46
2.7.4 Zivilrechtliche Haftung	47
2.7.5 Datenschutz und Datennutzung	48
2.8 Forschungsbedarf und Forschungsfragen	50
3 Vorgehen und Methoden	53
3.1 Übergeordnetes Vorgehen	53
3.2 Methoden Kapitel 4 «Szenarien und Varianten»	54
3.2.1 Interviews mit Experten im Bereich des techni- schen Entwicklungspfads	54
3.2.2 Interviews mit Vertretenden des LV	54

3.2.3 Entwicklung von Situationen	55
3.3 Methoden Kapitel 5 «Rahmenbedingungen»	55
3.4 Methoden Kapitel 6 «Nutzenakzeptanz und Attraktivität der Varianten»	55
3.5 Methoden Kapitel 7 «Bewertung der Varianten und Empfehlungen»	56
4 Szenarien und Varianten	57
4.1 Entwicklung und Beschreibung von Szenarien.....	57
4.2 Erkenntnisse aus den Interviews	60
4.2.1 Technischer Entwicklungspfad	60
4.2.2 Nutzende	61
4.3 Beschreibung von Situationen der Interaktion.....	62
4.4 Varianten der Integration	67
4.5 Priorisierung der Varianten	68
4.5.1 Szenario 2: Basis, Varianten 2B und 2C.....	68
4.5.2 Szenario 4: Nachhaltige Gesellschaft, Vari- anten 4B und 4C.....	69
5 Rahmenbedingungen	71
5.1 Grundlagen	71
5.2 Thema: Verkehrssicherheit und verkehrliche..... Auswirkungen.....	71
5.3 Technische Voraussetzungen und Rahmenbedingungen	73
5.3.1 Infrastruktur	73
5.3.2 Fahrzeuge und LV	73
5.3.3 Vernetzung	74
5.4 Internationale Sicht	75
5.5 Rechtliche Aspekte.....	75
5.5.1 Allgemeines	75
5.5.2 Verkehrsregeln	76
5.5.3 Strafrechtliche Verantwortlichkeit.....	77
5.5.4 Zivilrechtliche Haftung	78
5.5.5 Datenschutz und Datennutzung	79
6 Nutzenakzeptanz und Attraktivität der Varianten	83
6.1 Interviewvorbereitung und -durchführung	83
6.2 Erkenntnisse aus den Interviews	83
7 Bewertung der Varianten und Empfehlungen	85
7.1 Kriterien	85
7.2 Bewertung	86
7.3 Empfehlungen für die Bestvarianten	87
7.3.1 Allgemeine Hinweise.....	87
7.3.2 Infrastruktur	88
7.3.3 Gesetzgebung	88
7.3.4 Harmonisierung.....	90

8 Ausblick.....	91
Literaturverzeichnis	93
Anhang 1	101
Anhang 2	104
Anhang 3	107
Projektabschluss.....	121

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übergeordnetes Vorgehen in vier Schritten.	53
Abbildung 2: Mittelwerte und Standardfehler für die Einschätzung der Nützlichkeit der digitalisierten Verkehrssysteme auf einer sechsstufigen Likert- Skala von «trifft nicht zu» bis «trifft zu» in Abhängigkeit des Szenarios bewertet durch die interviewten Personen (Tabelle 18).....	84

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anteil automatisierter Fahrzeuge und Verbreitung E-Bikes/FäG je Szenario der Verkehrsperspektiven 2050.	37
Tabelle 2: Varianten der Integration des LVs in das digitalisierte Verkehrssystem.	54
Tabelle 3: Anteil automatisierte Fahrzeuge je Szenario (ARE, 2022).	58
Tabelle 4: Zunahme LV je Szenario (ARE, 2022).	58
Tabelle 5: Angebots- und Organisationsform je Szenario (ARE, 2022; ASTRA 2019a).....	59
Tabelle 6: Angebots- und Organisationsform je Szenario (Annahme Projektteam)	59
Tabelle 7: Angebots- und Organisationsform je Szenario (ASTRA, 2022; TA-Swiss, 2020).....	59
Tabelle 8: Verkehrszustand je Szenario (Annahme Projektteam).....	60
Tabelle 9: Interviewte Personen	60
Tabelle 10: Interviewte Personen	61
Tabelle 11: Beispielssituation der Interaktion «Grüne Welle»	63
Tabelle 12: Beispielssituation der Interaktion «Begegnungszone» (LV-LV).....	64
Tabelle 13: Beispielssituation der Interaktion «Begegnungszone» (AF-LV).....	65
Tabelle 14: Beispielssituation der Interaktion «Begegnungszone» (LV-LV)	66
Tabelle 15: Beispielssituation der Interaktion «Begegnungszone» (AF-LV).....	67
Tabelle 16: Varianten der Integration des LVs in das digitalisierte Verkehrssystem.	68
Tabelle 17: Teilnehmende am Workshop.....	71
Tabelle 18: Interviewte Personen	83
Tabelle 19: Beurteilung der Varianten der Integration des LVs in das digitalisierte Verkehrssystem.	86

Abkürzungsverzeichnis

Abs	Absatz
ARE	Bundesamt für Raumentwicklung
Art	Artikel
ASTRA	Bundesamt für Strassen
AT	Allgemeine Bestimmungen
AV	Automatisierte Verkehrsmittel
BBl	Bundesblatt
BGBI	Bundesgesetzblatt
BGE	Entscheide des Schweizerischen Bundesgerichts (Bundesgerichtsent-scheid)
BFU	Beratungsstelle für Unfallverhütung
C-ISTS	Cooperative Intelligent Transport Systems
DSG	Bundesgesetz über den Datenschutz (SR 235.1)
DSGVO	Datenschutzgrundverordnung
DSV	Verordnung über den Datenschutz (SR 235.11)
DTU	Danmarks Tekniske Universitet, Technische Universität Dänemark
DVR	Deutscher Verkehrssicherheitsrat
EBG	Eisenbahngesetz
EG	Europäische Gemeinschaft
eHMI	External Human-Machine-Interface – externe Kommunikationsschnitt-stelle
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
EU	Europäische Union
EU-DSGVO	Datenschutz-Grundverordnung, Europäische Union
FäG	Fahrzeugähnliches Gerät
GRVA	Groupe de travail sur l'Automatisation et la Connectivité des Véhicules - eine Arbeitsgruppe der UNECE, die sich mit Fahrzeugautomatisierung und -vernetzung befasst
Hg	Herausgeber
ITG	Individualisierte Gesellschaft
I2X	Infrastructure to Everything – Kommunikation zwischen Infrastruktur und beliebigen Kommunikationspartnern
KI	Künstliche Intelligenz
KI.NRW	Kompetenzplattform Künstliche Intelligenz Nordrhein-Westfalen
LiDAR	Light imaging, detection and ranging – Methode zur Messung von Ab-stand und Geschwindigkeit mittels Lasersensoren
LKW	Lastkraftwagen
LSBG	Landesbetrieb für Strassen Brücken und Gewässer
LSA	Lichtsignalanlage
LV	Langsamverkehr
MIV	Motorisierter Individualverkehr
N	Note
NaDIM	Nationales Datencenter für die Digitalisierung der Immobilienwirtschaft

NTG	Nachhaltige Gesellschaft
Nr	Nummer
OCA	Open Traffic Systems City Association
ODD	Operational Design Domain - bezeichnet den Betriebsbereich, in dem ein automatisiertes oder autonomes Fahrzeug sicher operieren kann.
OICA	Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles, Internationaler Verband der Kraftfahrzeughersteller
OR	Obligationenrecht (SR 220)
Ph.D.	Doctor of Philosophy
PPG	Pittsburgh Plate Glass Co. Industries - Hersteller von Kunstglas- und Chemieprodukten für die Automobil- und Raumfahrtindustrie
PrHG	Bundesgesetz über die Produkthaftung (SR 211.112.944)
PrSG	Bundesgesetz über die Produktesicherheit (SR 930.11)
PW /PKW	Personenwagen / Personenkraftwagen
RSU	Road-site unit – strassenseitiges Infrastrukturelement
SAE	Society of Automotive Engineers, Vereinigung der Automobilingenieurinnen und -ingenieure
SESAM	System zur Unterstützung von Entscheidungsprozessen durch Simulation, Analyse und Modellierung
SR	Systematische Rechtssammlung
StGB	Strafgesetzbuch (SR 311.0)
SV	Schwerverkehr
SVG	Strassenverkehrsgesetz (SR 741.01)
TAM	Technology Acceptance Model, Technikakzeptanz Modell
TP	Teilprojekt
UN	United Nations, Vereinte Nationen
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe, Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa
USA	United States of America, Vereinigte Staaten von Amerika
UTAUT / UTAUT2	Unified Theory of Acceptance and Use of Technology
VAF	Verordnung über das automatisierte Fahren (SR 741.59)
VG	Verantwortlichkeitsgesetz (SR 170.32)
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute
VTs	Verordnung über die technischen Anforderungen an Strassenfahrzeuge (SR 741.41)
VVG	Bundesgesetz über den Versicherungsvertrag (SR 221.229.1)
V2X	Vehicle to Everything, Kommunikation zwischen Fahrzeugen und beliebigen Kommunikationspartnern
WP	Working Package
ÖIV	Mischung aus MIV und ÖV, on-demand Mobilitätsangebote
ÖV	Öffentlicher Verkehr

Zusammenfassung

Mit der zunehmenden Digitalisierung und Automatisierung des Verkehrs steht die Schweiz vor der Herausforderung, auch den Langsamverkehr (LV) – die Fortbewegung zu Fuss, mit dem Velo oder E-Bike sowie mit Mikromobilitätsfahrzeugen – angemessen in die entstehenden digitalen Verkehrssysteme zu integrieren. Während automatisierte Fahrzeuge bereits intensiv erforscht und in Pilotanwendungen erprobt werden, fehlt es beim LV bislang an einer systematischen Einbindung in die digitalisierten Verkehrssysteme. Die meisten Untersuchungen zum automatisierten Fahren zielen vor allem darauf ab, reale Fahrdaten zu sammeln, wobei der Fokus in Europa derzeit insbesondere auf der Entwicklung automatisierter Fahrzeuge für den Autobahnverkehr liegt. Politisch und gesellschaftlich wird jedoch ein starker Fokus auf die «erste und letzte Meile» gelegt, um den öffentlichen Verkehr zu ergänzen. Die Interaktionen mit dem Fuss- und Veloverkehr – vor allem auf den entsprechenden Verkehrsflächen – wurden bislang allerdings nur am Rande berücksichtigt.

Auch in der Schweiz, wo der LV einen Beitrag zur Erreichung der verkehrs- und klimapolitischen Ziele leisten kann, ist die Frage nach seiner Integration in das digitalisierte Verkehrssystem zentral. Unterschiedliche internationale Strategien – etwa zwischen Europa, China und den USA – machen die Erarbeitung einer auf die Schweizer Bedingungen abgestimmten Strategie zur Integration erforderlich. Das vorliegende Forschungsprojekt hat sich deshalb zum Ziel gesetzt, mögliche Varianten der Integration zu analysieren, Chancen und Risiken zu bewerten und Empfehlungen für Politik und Infrastrukturentwicklung abzuleiten.

Das Projekt wurde auf der Grundlage eines mehrstufigen Analysemodells durchgeführt. Dieses umfasst die Entwicklung realistischer Zukunftsszenarien, eine Bewertung möglicher Varianten der Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem, die Ableitung technischer, rechtlicher und gesellschaftlicher Anforderungen sowie die Formulierung konkreter Empfehlungen für Entscheidungsträger. Diese Herangehensweise ermöglichte sowohl einen Blick auf unterschiedliche Entwicklungspfade als auch auf die praktischen Umsetzungsmöglichkeiten.

Szenarien

Das Forschungsprojekt verwendete Szenarien, um verschiedene mögliche Verkehrsentwicklungen zu beschreiben und die Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem zu analysieren. Für die Ableitung dieser Szenarien wurden die Verkehrsperspektiven 2050 vom Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) verwendet. Diese beschreiben vier mögliche Szenarien und berücksichtigen gesellschaftliche und wirtschaftliche Trends.

1. Szenario «Weiter-Wie-Bisher»: Dieses Szenario basiert auf der Fortschreitung des Ist-Zustandes ohne stärkeren Einfluss regulativer Massnahmen oder Aspekte nachhaltigen Verhaltens.
2. Szenario «Basis»: Dieses Szenario orientiert sich an den Stossrichtungen des Sachplans Verkehr, welches die Nachhaltigkeit sowie ressourceneffiziente Mobilität begünstigt, sowie eine behutsame Flächennutzung berücksichtigt.

3. Szenario «Individualisierte Gesellschaft»: Verkehrsteilnehmende setzen neue Technologien primär für den privaten Nutzen ein und beachten ökologische Aspekte weniger.

4. Szenario «Nachhaltige Gesellschaft»: Das Umweltbewusstsein sowie das soziale Agieren, wie Shared Economy, stehen im Fokus.

Für die weitere Bearbeitung wurden zwei der oben genannten Szenarien ausgewählt: Auf der einen Seite das Szenario 2 «Basis», welches eine Entwicklung des Verkehrs aufzeigt, das sich an den bestehenden Mobilitätszielen des Bundes orientiert. Auf der anderen Seite das Szenario 4 «Nachhaltige Gesellschaft» als eine Art Extremszenario. Die ausgewählten Szenarien bildeten die Grundlage für die Bewertung der Varianten einer möglichen Integration des LV und helfen, die Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit, den Verkehrsfluss und die Akzeptanz der Bevölkerung zu verstehen. Auf der Grundlage dieser Szenarien konnten Empfehlungen für die zukünftige Verkehrspolitik und die Gestaltung der Verkehrsinfrastruktur abgeleitet werden.

Varianten der Integration

Das digitalisierte Verkehrssystem umfasst die Gesamtheit der digitalisierten physischen Infrastruktur und der automatisierten, vernetzten Fahrzeuge. Zur möglichen Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem wurde im vorliegenden Bericht zwischen drei möglichen Variantenarten unterschieden:

(A) Aktive Integration

Der LV trägt ein digitales Gerät, das Daten an Fahrzeuge oder die Infrastruktur sendet – entweder nur in eine Richtung (z. B. Standortinformationen) oder wechselseitig (z. B. Feedback zu Ampelphasen). Diese Methode verspricht höhere Genauigkeit und Reaktionsfähigkeit, bringt aber Herausforderungen wie Kosten, Datenschutz und Abhängigkeit von Technologie mit sich.

(B) Passive Integration

Der LV wird durch Sensoren an Fahrzeugen oder der Infrastruktur erkannt, ohne dass Nutzende selbst aktiv Technik einsetzen müssen. Vorteile sind der geringe Aufwand für Nutzende und eine breite Erfassbarkeit. Allerdings ist die Genauigkeit der Erkennung durch Umweltbedingungen begrenzt.

(C) Kombiniert: passiv mit freiwilliger aktiver Integration

Die passive Integration bleibt Standard, wird aber durch eine freiwillige aktive Integration ergänzt. So können Personen mit höherem Schutzbedarf (z. B. Sehbehinderte) gezielt zusätzliche Informationen erhalten, ohne dass eine allgemeine Gerätepflicht eingeführt werden muss.

Die Integration des LV kann sowohl in einem lokalen, in sich geschlossenen dezentralen Netzwerk ohne Verbindung zum Internet als auch in einem zentralen, Internet-basierten Netzwerk erfolgen. In einem lokalen Netzwerk erfolgt die Kommunikation ausschliesslich mit einer lokalen digitalen Infrastruktur, was weniger exponiert gegenüber Cyberangriffen ist. Eine globale Vernetzung über das Internet bietet Vorteile im Bereich der Verkehrssteuerung, da der Verkehr übergeordnet organisiert werden kann.

Die Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem kann verschiedene Vorteile haben. Dazu gehört eine erhöhte Sicherheit: Durch die aktive Kommunikation können automatisierte Fahrzeuge den LV früher erkennen und entsprechend reagieren. Zudem ein verbesserter Verkehrsfluss: Die Kommunikation zwischen dem LV und der Infrastruktur kann den Verkehrsfluss optimieren, indem z.B. Grünphasen an Lichtsignalanlagen (LSA) besser auf den LV abgestimmt werden. Ausserdem eine Steigerung der Attraktivität: Die Teilnahme am Verkehr wird für den LV attraktiver, da die Verkehrsteilnehmenden spezifische Informationen erhalten, die ihre Sicherheit und Effizienz erhöhen.

Massgebend für die Priorisierung der oben beschriebenen Varianten der Integration waren Interviews mit Fachexperten, sowie eine Bewertung der Eintretenswahrscheinlichkeit und der Aussagekraft. Eine verpflichtende aktive Integration wurde daraufhin nicht weiterverfolgt. Technisch muss die passive Erkennung des LV gewährleistet bleiben, da digitale Geräte ausfallen oder vergessen werden können. Aus Sicht der Nutzenakzeptanz nehmen immer auch Personen am Strassenverkehr teil, die kein digitales Gerät mit sich tragen können oder wollen. Daher bleibt die passive Integration weiterhin erforderlich.

Für die Kombination der zwei zuvor ausgewählten Szenarien (Nr. 2 «Basis» und Nr.4 «Nachhaltige Gesellschaft») und der zwei möglichen Arten der Integration (passiv und passiv mit freiwillig aktiv) ergaben sich die folgenden konkreten Varianten für die Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem.

Variante 2B (Passiv, Szenario 2 «Basis»):

In dieser Variante wird der LV passiv erkannt. Fahrzeuge und die digitalisierte Infrastruktur erfassen den LV mittels Sensoren. Zufussgehende müssen beispielsweise bei einer LSA keinen Knopf mehr drücken, um sich anzumelden, sondern werden automatisch erkannt.

Variante 2C (Passiv + freiwillig aktiv, Szenario 2 «Basis»):

Wie in Variante 2B wird der LV passiv erkannt. Zusätzlich führt ein Teil des LV ein digitales Gerät mit sich, das unidirektional oder bidirektional kommunizieren kann. Dies kann beispielsweise einer sehbehinderten Person mitteilen, ob sie grün hat, um die Strasse zu überqueren.

Variante 4B (Passiv, Szenario 4 «Nachhaltige Gesellschaft»):

Aufgrund der hohen Entflechtung der Verkehrsmittel dient die passive Integration des LV vor allem der Verkehrssicherheit. Der LV wird von automatisierten Fahrzeugen und der digitalisierten Infrastruktur passiv erkannt.

Variante 4C (Passiv + freiwillig aktiv, Szenario 4 «Nachhaltige Gesellschaft»): In dieser Variante führt der LV ein digitales Gerät mit sich, das in erster Linie der Priorisierung und Optimierung des Verkehrsflusses auf den Mischverkehrsstrecken dient. Das digitale Gerät kann Informationen wie die nächste Grünphase an einer LSA bereitstellen und den LV darüber informieren, ob die LSA mit der aktuellen Geschwindigkeit während der Grünphase erreicht werden kann. Darüber hinaus ergibt sich ein positiver Effekt für die Verkehrssicherheit.

Technische und rechtliche Rahmenbedingungen

Die Integration des LV in ein digitalisiertes Verkehrssystem ist technisch anspruchsvoll und erfordert grundlegende Anpassungen an bestehender Infrastruktur sowie an rechtlichen Rahmenbedingungen. Die technischen und rechtlichen Rahmenbedingungen wurden zusammen mit Fachexperten erarbeitet. Nachfolgend werden die wesentlichen Erkenntnisse erläutert.

Auf technischer Ebene bedeutet eine erfolgreiche Integration des LV, dass die gesamte Verkehrsinfrastruktur auf digitale Kommunikation ausgelegt sein muss. Diese Kommunikation kann über lokale Netzwerke, etwa zwischen Fahrzeugen und Ampeln (Vehicle-to-Infrastructure, V2I), oder über das Mobilfunknetz und/oder das Internet mithilfe von Cloud-Servern (Vehicle-to-Network V2N) erfolgen. Entscheidend ist, dass diese Systeme nicht nur automatisierte Fahrzeuge einbeziehen, sondern auch den LV zuverlässig erkennen und berücksichtigen.

Ein zentrales Thema in diesem Zusammenhang ist die Cybersicherheit. Da sämtliche Verkehrsteilnehmende künftig Teil eines vernetzten Systems sein sollen, muss sichergestellt werden, dass dieses System vor Manipulationen und Hackerangriffen geschützt ist. Fehlerhafte oder manipulierte Daten könnten fatale Folgen haben – etwa durch falsche Reaktionen automatisierter Fahrzeuge. Zusätzlich muss die Systemzuverlässigkeit durch regelmässige Updates und Wartung gewährleistet werden. Dabei stellt sich auch die Frage, wie automatisierte Fahrzeuge ihre Grenzen erkennen – also, in welchen Situationen oder Umgebungen sie nicht mehr sicher betrieben werden können (Operational Design Domain, ODD).

Rechtlich wirft die Integration ebenfalls viele Fragen auf. So ist die Haftung bei Unfällen mit automatisierten Fahrzeugen bislang nicht abschliessend geklärt. Diese Unklarheit betrifft sowohl den zivilrechtlichen als auch den strafrechtlichen Bereich. Hier müssen neue Verantwortlichkeitsbereiche definiert werden – etwa, wenn ein Unfall auf fehlerhafte Software zurückzuführen ist.

Ein weiteres zentrales Thema ist der Datenschutz. Wenn der LV durch digitale Geräte mit der Infrastruktur kommuniziert, fallen zwangsläufig personenbezogene Daten an – etwa Standort, Bewegungsrichtung oder Aufenthaltsdauer. Diese Daten müssen anonymisiert und vor Missbrauch geschützt werden. Entsprechende gesetzliche Grundlagen für die Erhebung, Verarbeitung und Speicherung dieser Daten sind unerlässlich, insbesondere wenn die Kommunikation nicht nur lokal, sondern cloudbasiert erfolgt.

Schliesslich müssen auch die geltenden Verkehrsregeln überdacht werden. Zwar sollen automatisierte Fahrzeuge dieselben Regeln einhalten wie menschliche Fahrer, doch in einem digitalisierten System könnten neue Regeln hinzukommen – etwa hinsichtlich der Kommunikation zwischen Verkehrsteilnehmenden oder der Interaktion mit Ampeln.

Insgesamt erfordert die Integration des LVs ein Zusammenspiel von technischer Innovation, rechtlicher Klarheit und gesellschaftlicher Steuerung.

Nutzendenakzeptanz und Attraktivität

Neben den technischen und rechtlichen Voraussetzungen ist die gesellschaftliche Akzeptanz ein entscheidender Erfolgsfaktor für die Integration des LV in ein digitalisiertes Verkehrssystem.

Interviews mit verschiedenen Stakeholdern zeigten, dass eine passive Integration, bei der der LV nicht digital sichtbar ist, als einfacher und weniger riskant angesehen und damit bevorzugt wird. Eine freiwillige aktive Integration könnte die Sicherheit und den Verkehrsfluss verbessern, sofern die Nutzenden bereit sind, entsprechende Technologien einzusetzen. Hier bestehen jedoch grosse Vorbehalte. Viele Menschen fürchten eine Überwachung ihrer Bewegungen, haben Bedenken hinsichtlich des Datenschutzes oder sehen sich technisch überfordert. Besonders bei älteren oder technikfernen Personen ist die Akzeptanz deutlich geringer. Auch praktische Probleme – etwa das Aufladen eines digitalen Geräts oder die Mitnahme bei kurzen Wegen – spielen eine Rolle.

Ein weiteres Problem besteht darin, dass die Interaktion zwischen automatisierten Fahrzeugen und dem LV in einem digitalisierten Verkehrssystem praktisch noch nicht erprobt ist. Die meisten Bewertungen und Einschätzungen beruhen auf hypothetischen Szenarien oder Simulationen. Es fehlen konkrete Erfahrungen im Alltag. Diese Unsicherheiten wirken sich zusätzlich negativ auf die Akzeptanz aus.

Insgesamt wird deutlich, dass ein inklusiver und freiwilliger Ansatz nötig ist. Der LV darf nicht zu einer aktiven Integration gezwungen werden – etwa durch Gerätepflichten –, sondern muss durch verständliche Informationen, transparente Prozesse und sichtbare Vorteile zur freiwilligen Teilnahme motiviert werden.

Hieraus ergibt sich weiterer Forschungsbedarf, um die Attraktivität der Integration für den LV und die Akzeptanz der Schweizer Bevölkerung zu bewerten. Dies schliesst die Untersuchung der Nutzendenakzeptanz und der möglichen Vorteile und Herausforderungen der Integration ein.

Empfehlungen

Die vier zuvor priorisierten Varianten wurden im Hinblick auf die Umsetzbarkeit, die Nutzendenakzeptanz und die Sicherheit, die Kosten sowie die rechtlichen und politischen Hürden bewertet. Für die vielversprechendsten Varianten 2B (Passive Integration im Szenario 2) und 4C (Passive Integration mit freiwilliger aktiver Integration im Szenario 4) spricht der Bericht eine Reihe konkreter Empfehlungen aus, die sowohl technische, rechtliche als auch gesellschaftliche Aspekte berücksichtigen.

Zunächst wird empfohlen, eine standardisierte digitale Infrastruktur aufzubauen, die alle Verkehrsteilnehmenden – inklusive des LV – zuverlässig erkennen und einbeziehen kann. Diese Infrastruktur muss sicher, datenschutzkonform und offen für zukünftige Erweiterungen sein. Nur so kann ein robustes Fundament geschaffen werden, das auch mit neuen Technologien und Verkehrsformen kompatibel bleibt.

Parallel dazu muss der rechtliche Rahmen überarbeitet werden. Bestehende Gesetze reichen nicht aus, um Fragen der Haftung, des Datenschutzes und der Verantwortung bei automatisierten Fahrprozessen zu klären. Es braucht klare Regelungen, wer im Schadensfall haftet, wie personenbezogene Daten verarbeitet werden dürfen und

welche Sicherheitsstandards eingehalten werden müssen. Insbesondere im Haftungsrecht wird empfohlen, die internationale Entwicklung hin zur Produkthaftung aufmerksam zu verfolgen und zu prüfen, unter welchen Voraussetzungen sie die bestehende Halterhaftung ablösen könnte.

Im Bereich der Verkehrsvorschriften ist zu erwarten, dass die Pflichten der Fahrzeugführenden abnehmen, während Hersteller und Betreiber automatisierter Systeme stärker in die Verantwortung genommen werden. Gleichwohl bleibt der Mensch als Schnittstelle relevant, etwa bei der Betriebssicherheit (z. B. Softwareupdates, Cybersicherheit) oder einer möglichen Eingriffspflicht bei Systemversagen. Automatisierte Fahrzeuge müssen sich weiterhin an die bestehenden Verkehrsregeln halten – auch wenn sie technisch potenziell leistungsfähiger sind. Zudem ist zu klären, ob Verkehrsregeln künftig in maschinenlesbarer Form bereitgestellt werden müssen.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist der Schutz vor Missbrauch. Die zunehmende Digitalisierung eröffnet auch neue Möglichkeiten der Manipulation oder des kriminellen Zugriffs. Um dem entgegenzuwirken, müssen verbindliche Sicherheitsstandards für technische Geräte eingeführt werden – sowohl für Fahrzeuge als auch für persönliche digitale Geräte des LV. Auch der Zugang zu und die Verwendung von Daten muss strikt geregelt sein, um Vertrauen zu schaffen und Missbrauch zu verhindern. Hier sind klare Regeln zur Erhebung, Anonymisierung, Speicherung und Nutzung von Umgebungsdaten durch automatisierte Fahrzeuge und Infrastrukturen notwendig.

Zentral ist schliesslich die Stärkung der Nutzendenakzeptanz und die Schaffung von Anreizen zur freiwilligen Nutzung aktiver Systeme. Eine breite gesellschaftliche Beteiligung wird als unerlässlich angesehen, um die Integration langfristig erfolgreich zu gestalten.

Abschliessend empfiehlt der Bericht eine Harmonisierung auf europäischer Ebene. Da Verkehr nicht an nationalen Grenzen haltmacht, ist eine grenzüberschreitende Abstimmung technischer Standards, rechtlicher Regelungen und sicherheitstechnischer Anforderungen entscheidend. Nur durch eine koordinierte europäische Strategie lässt sich ein einheitliches, sicheres und effizientes digitalisiertes Verkehrssystem entwickeln, das den LV gleichberechtigt berücksichtigt.

Fazit

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse des Projekts, dass die Integration des Langsamverkehrs in das digitalisierte Verkehrssystem primär passiv erfolgen sollte. Eine aktive Einbindung kann höchstens als ergänzende, freiwillige Option betrachtet werden.

Weiterhin unterstreicht der Bericht, dass die bestehende Infrastruktur die Grundlage bilden muss und automatisierte Fahrzeuge mit den vorhandenen Gegebenheiten kompatibel sein müssen.

Insgesamt wird deutlich, dass die Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem sowohl technische als auch organisatorische und rechtliche Herausforderungen mit sich bringt, aber auch erhebliche Vorteile hinsichtlich Sicherheit und Effizienz

bieten kann. Eine Erprobung in begrenztem Rahmen kann schon jetzt dazu beitragen zukünftige Entwicklungen positiv zu beeinflussen.

Eine kontinuierliche Neubewertung der Ansätze und Rahmenbedingungen wird empfohlen, um die Integration erfolgreich umzusetzen. Dies umfasst sowohl die technischen als auch die rechtlichen Aspekte.

Résumé

Avec la numérisation et l'automatisation croissantes des transports, la Suisse est confrontée au défi d'intégrer de manière adéquate la mobilité douce – c'est-à-dire les déplacements à pied, à vélo, en vélo électrique ou à l'aide de véhicules de micromobilité – dans les systèmes numériques de mobilité en cours de développement. Alors que les véhicules automatisés font déjà l'objet de recherches approfondies et sont testés dans le cadre de projets pilotes, la mobilité douce reste jusqu'à présent largement exclue d'une intégration systématique dans ces systèmes. La plupart des études menées sur la conduite automatisée en Europe ont visé principalement la collecte de données réelles de conduite, avec un accent particulier mis sur les applications en milieu autoroutier. Sur le plan politique et sociétal, l'attention se porte toutefois de plus en plus sur les trajets de la première et de la dernière distance, en complément aux transports publics. Les interactions avec les piétons et les cyclistes – notamment sur les infrastructures qui leur sont dédiées – n'ont cependant été traitées que de manière marginale jusqu'à présent.

Aussi en Suisse, où le MD peut contribuer à la réalisation des objectifs de la politique des transports et du climat, la question de son intégration dans le système de transport numérisé est centrale. Des stratégies internationales différentes – comme celles entre l'Europe, la Chine et les États-Unis – nécessitent de développer une stratégie d'intégration adaptée à la situation suisse. Par conséquent, le présent projet de recherche s'est mis pour objectif d'analyser les variantes possibles de l'intégration, d'évaluer les chances et les risques et d'en déduire des recommandations pour la politique et le développement de l'infrastructure.

Le projet a été réalisé sur la base d'un modèle d'analyse à plusieurs niveaux. Celle-ci consiste à développer des scénarios d'avenir réalistes, une évaluation des variantes possibles d'intégration de la mobilité douce dans le système de transport numérisé, la déduction des conditions techniques, juridiques et sociales ainsi que la formulation de recommandations concrètes pour les instances décisionnelles. Cela a permis de considérer différentes approches de développement ainsi que les conditions concrètes de leur mise en œuvre.

Scénarios

Le projet a utilisé des scénarios pour décrire différentes évolutions possibles de la mobilité et analyser l'intégration de la MD. Les Perspectives de la mobilité 2050 de l'Office fédéral du développement territorial (ARE) ont servi de base pour l'élaboration de ces scénarios, qui décrivent quatre possibles en tenant compte des tendances sociétales et économiques.

1. Scénario «poursuite de la situation actuelle»: Poursuite des évolutions existantes, avec une influence limitée des mesures réglementaires ou des objectifs de durabilité.
2. Scénario «base»: Orienté vers les objectifs stratégiques du plan sectoriel des transports de la Confédération, ce scénario promeut une mobilité durable et efficace en termes de ressources, tout en tenant compte de l'utilisation du sol.

3. Scénario «Société individualisée»: Les nouvelles technologies sont principalement utilisées à des fins privées, avec peu de considération pour les effets écologiques.
4. Scénario «Société durable»: La conscience environnementale ainsi que l'action sociale, comme l'économie de partage, sont au centre des préoccupations.

Deux des scénarios susmentionnés ont été retenus pour la suite de l'étude : d'une part le scénario 2 «base», qui reflète une évolution de la mobilité en accord avec les objectifs actuels de la Confédération en matière de transport. L'autre part le scénario 4 «Société durable», considéré comme un scénario extrême. Ces deux scénarios servent de base à l'évaluation des variantes possibles d'intégration de la MD. Ils permettent d'analyser les effets potentiels sur la sécurité du trafic, la fluidité de la circulation et l'acceptation par la population. Sur la base de ces analyses, des recommandations peuvent être formulées pour la politique des transports future ainsi que pour la conception de l'infrastructure de transport.

Variantes d'intégration

Le système de transport numérisé inclut l'ensemble de l'infrastructure physique numérisée et des véhicules automatisés et connectés. Pour une intégration possible de la MD dans le système de transport numérisé, le présent rapport a distingué trois types de variantes possibles:

(A) Intégration active

La MD porte un dispositif qui transmet des données aux véhicules ou à l'infrastructure. Soit de manière unidirectionnelle (par ex. données de localisation) ou de manière bidirectionnelle (par ex. retour d'information sur les signaux de circulation). Cette variante permet une grande précision et réactivité, mais soulève également des défis en matière de coûts, la protection des données et la dépendance à la technologie.

(B) Intégration passive

La MD est détectée par des capteurs intégrés aux véhicules ou à l'infrastructure, sans que les personnes en déplacement aient besoin d'utiliser un dispositif technique. Cette approche présente l'avantage d'une accessibilité élargie et d'une charge minimale pour les usagers. La précision peut être limitée par les conditions environnementales.

(C) Combiné : passif avec intégration active volontaire

L'intégration passive reste la norme, mais elle est complétée par une intégration active volontaire. Cela permet aux personnes ayant besoin d'un niveau de protection accru (par exemple les malvoyants) de recevoir des informations supplémentaires ciblées, sans qu'il soit nécessaire d'introduire une obligation générale d'utiliser des dispositifs.

L'intégration de la MD peut s'effectuer aussi bien dans un réseau local décentralisé autonome sans connexion à Internet que dans un réseau centralisé basé sur Internet. Dans un réseau local, la communication s'opère exclusivement avec l'infrastructure numérique environnante, ce qui réduit l'exposition aux cyberattaques.

L'intégration de la VL dans le système de transport numérisé peut offrir divers avantages. Les avantages potentiels de l'intégration comprennent une amélioration de la sécurité (détection précoce par les véhicules automatisés) et une meilleure fluidité du trafic (synchronisation des signaux optimisée pour la MD). En plus, l'attractivité est

renforcée : les personnes en déplacement reçoivent des informations ciblées, ce qui améliore à la fois leur sécurité et leur efficacité.

La priorisation des variantes d'intégration présentées se base sur des entretiens avec des expert·e·s ainsi que sur une évaluation de leur probabilité d'occurrence et de leur pertinence. L'intégration active obligatoire n'a pas été retenue. Sur le plan technique, la détection passive de la MD doit être garantie, les dispositifs numériques pouvant être oubliés ou défaillants. Du point de vue de l'acceptation, certaines personnes ne peuvent ou ne souhaitent pas porter de dispositif. L'intégration passive reste donc indispensable.

Pour la combinaison des deux scénarios sélectionnés précédemment («Base» et «Société durable») et des deux types d'intégration possibles (passive et passive intégration active volontaire), les variantes concrètes suivantes ont été obtenues pour l'intégration de la MD dans le système de transport numérisé.

Variante 2B (passif, scénario 2 «Base»):

La MD est détectée de manière passive: les véhicules et l'infrastructure numérisée la reconnaissent automatiquement à l'aide de capteurs. Par exemple, il n'est plus nécessaire pour les personnes à pied d'appuyer sur un bouton pour être prises en compte à un feu de signalisation, car leur présence est détectée automatiquement.

Variante 2C (passif + actif volontaire, scénario 2 «Base»):

Comme dans la variante 2B, la MD est détectée de manière passive. En complément, une partie des personnes en déplacement porte un dispositif numérique capable de communiquer de façon unidirectionnelle ou bidirectionnelle. Cela permet, par exemple, d'informer une personne malvoyante qu'elle peut traverser la chaussée au feu vert.

Variante 4B (passif, scénario 4 «Société durable»):

En raison de la forte séparation entre les modes de transport, l'intégration passive de la MD vise principalement à renforcer la sécurité du trafic. La MD est détectée passivement par les véhicules automatisés et l'infrastructure numérisée.

Variante 4C (passif + actif volontaire, scénario 4 «Société durable»):

La MD transporte un dispositif numérique qui sert principalement à établir des priorités et à optimiser le flux de trafic. Le dispositif numérique peut apporter des informations telles que la prochaine phase verte à un feu de signalisation et indiquer au MD si le feu de signalisation peut être accessible à la vitesse actuelle pendant la phase verte. En outre, il en résulte un effet positif pour la sécurité routière.

Conditions techniques et juridiques

L'intégration de la MD dans un le système de transport numérisé est techniquement exigeante et nécessite des adaptations de l'infrastructure existante ainsi que du cadre juridique. Les bases ont été définies avec des expert·e·s du domaine. Es principales conclusions sont exposées ci-dessous.

Sur le plan technique, une intégration réussie de la MD implique que toute l'infrastructure de transport soit conçue pour la communication numérique. Cette communication peut se faire via des réseaux locaux, par exemple entre les véhicules et les feux de signalisation (Vehicle-to-Infrastructure, V2I), ou de manière centralisée via le réseau de téléphonie mobile ou l'internet à l'aide de serveurs en nuage (Vehicle-to-Network V2N). Il est essentiel que ces systèmes n'intègrent pas seulement les véhicules automatisés, mais qu'ils reconnaissent et prennent également en compte la MD.

La cybersécurité est un enjeu central. Tous les participant-e-s au trafic faisant partie d'un système connecté, celui-ci doit être protégé contre les manipulations et cyberattaques. Des données erronées ou piratées pourraient avoir des conséquences fatales. Des mises à jour et une maintenance régulières sont nécessaires pour garantir la fiabilité du système. La définition des limites opérationnelles des véhicules automatisés (Operational Design Domain, ODD) est également essentielle.

Sur le plan juridique, l'intégration soulève également de nombreuses questions. À ce jour, la responsabilité en cas d'accident impliquant des véhicules automatisés (niveaux 4 et 5) n'est pas clairement définie. Il reste à déterminer si, à l'avenir, la responsabilité incombera à la personne propriétaire, au constructeur ou aux développeur-euse-s de logiciels. Cette incertitude concerne tant le droit civil que le droit pénal. Il est nécessaire de définir de nouveaux champs de responsabilité, notamment lorsqu'un accident résulte d'un dysfonctionnement logiciel.

La protection des données est un autre thème central. Lorsque la MD communique avec l'infrastructure via des dispositifs numériques, elle génère inévitablement des données personnelles telles que la localisation, la direction du déplacement ou la durée de présence. Les données doivent être anonymisées et protégées contre tout usage abusif. Des bases légales claires sont indispensables pour la collecte, le traitement et le stockage, en particulier lorsque la communication repose sur des solutions cloud et non uniquement locales.

Par ailleurs, les règles de circulation en vigueur doivent être réévaluées. Les véhicules automatisés doivent certes respecter les mêmes règles que les conducteurs humains, mais un système numérisé pourrait nécessiter de nouvelles normes, par exemple concernant la communication entre participant-e-s au trafic ou l'interaction avec les feux de signalisation.

De manière générale, l'intégration de la MD requiert une interaction cohérente entre innovation technique, sécurité juridique et gouvernance sociétale.

Acceptation par les usager·ère·s et attractivité

Outre les conditions techniques et juridiques, l'acceptation sociale constitue un facteur déterminant pour la réussite de l'intégration de la MD dans un système de transport numérisé. Des entretiens menés avec différentes parties prenantes ont montré qu'une intégration passive, dans laquelle la MD reste « invisible » sur le plan numérique, est perçue comme plus simple et moins risquée, et est donc généralement privilégiée.

Une intégration active volontaire pourrait améliorer la sécurité et la fluidité du trafic, à condition que les usager·ère·s soient disposé·e·s à utiliser les technologies correspondantes. Toutefois, des réticences importantes subsistent. Beaucoup de personnes craignent une surveillance de leurs déplacements, expriment des doutes quant à la protection des données ou se sentent dépassées par la technologie. Ces réserves sont particulièrement marquées chez les personnes âgées ou peu familiarisées avec les outils numériques. Des aspects pratiques – comme la nécessité de recharger l'appareil ou de le transporter sur de courts trajets – jouent également un rôle.

Un autre problème consiste dans le fait que l'interaction entre les véhicules automatisés et la MD dans un système de transport numérisé n'a pratiquement pas encore été étudiée. La plupart des évaluations et des estimations reposent sur des scénarios hypothétiques ou des simulations. Les expériences concrètes au quotidien font défaut. Ces incertitudes ont un effet négatif supplémentaire sur l'acceptation.

En résumé, le besoin d'une approche inclusive et volontaire est évident. La MD ne doit pas être contraint à une intégration active, par exemple par des obligations d'équipement, mais doit être motivé à participer volontairement par des informations compréhensibles, des processus transparents et des avantages visibles.

Cela met en évidence un besoin de recherche afin d'évaluer l'attractivité de l'intégration pour la MD ainsi que le niveau d'acceptation au sein de la population suisse. Cela inclut l'analyse de l'acceptation par les usager·ère·s ainsi que des avantages et défis liés à l'intégration.

Recommandations

Les quatre variantes précédemment priorisées ont été évaluées selon leur faisabilité, leur acceptation par les usager·ère·s, leur niveau de sécurité, leurs coûts ainsi que les obstacles juridiques et politiques. Pour les deux variantes jugées les plus prometteuses, 2B (intégration passive dans le scénario 2) et 4C (intégration passive avec intégration active volontaire dans le scénario 4), le rapport formule une série de recommandations concrètes tenant compte des aspects techniques, juridiques et sociaux.

Il est d'abord recommandé de mettre en place une infrastructure numérique standardisée, capable de reconnaître et d'intégrer de manière fiable l'ensemble des participant·e·s au trafic, y compris la MD. Cette infrastructure doit être sécurisée, conforme aux exigences de protection des données et conçue de manière évolutive afin de rester compatible avec les technologies futures et de nouvelles formes de mobilité.

En parallèle, une révision du cadre juridique est nécessaire. Le droit en vigueur ne permet pas de traiter de manière satisfaisante les questions de responsabilité, de traitement des données personnelles et de conduite automatisée. Des règles claires doivent

être définies concernant l'attribution des responsabilités en cas de dommages, les conditions de traitement des données à caractère personnel, ainsi que les normes de sécurité applicables.

De plus, il est recommandé de laisser aux villes et aux communes une marge de manœuvre suffisante pour promouvoir la MD au niveau local. Cela peut passer, par exemple, par la création de zones sans voitures, l'introduction de règles de priorité spécifiques pour les piéton-ne-s et les cyclistes, ou des investissements ciblés dans l'infrastructure. De telles mesures permettent de développer des solutions adaptées au contexte local, tout en renforçant la sécurité et l'acceptation.

Par ailleurs, une révision du cadre légal s'impose. Le droit actuel ne suffit pas à encadrer les questions liées à la responsabilité, à la protection des données ou à la conduite automatisée. Dans le domaine du droit de la responsabilité, il est recommandé de suivre attentivement l'évolution internationale vers la responsabilité du fait des produits et d'examiner dans quelles conditions elle pourrait remplacer la responsabilité du détenteur actuelle.

En ce qui concerne les règles de circulation, il est prévu que les obligations des conducteurs diminuent, tandis que les fabricants et exploitants de systèmes automatisés devront assumer davantage de responsabilités. Toutefois, l'humain reste un maillon essentiel, notamment en matière de sécurité opérationnelle (par exemple, mises à jour logicielles, cybersécurité) ou dans le cadre d'une éventuelle obligation d'intervenir en cas de dysfonctionnement du système. Les véhicules automatisés doivent continuer à respecter les règles de circulation en vigueur, même si leurs capacités techniques dépassent potentiellement celles des conducteurs humains. Il convient également d'examiner si les règles de circulation devront être fournies à l'avenir sous une forme lisible par machine.

Un autre point crucial concerne la protection contre les abus. La numérisation croissante ouvre de nouvelles possibilités de manipulation ou d'accès criminel. Pour y faire face, il est nécessaire d'introduire des normes de sécurité obligatoires pour les équipements techniques – tant pour les véhicules que pour les appareils numériques personnels des utilisateurs. L'accès aux données et leur utilisation doivent également être strictement encadrés, afin de garantir la confiance et d'éviter tout abus. Des règles claires sont donc nécessaires concernant la collecte, l'anonymisation, le stockage et l'utilisation des données environnementales par les véhicules automatisés et les infrastructures numériques.

Il est également essentiel de renforcer l'acceptation par les usager-ère-s et d'encourager une participation volontaire aux systèmes actifs. Une adhésion large de la société est considérée comme une condition indispensable pour assurer une intégration réussie à long terme.

Enfin, une coordination à l'échelle européenne est jugée incontournable. La mobilité dépassant les frontières nationales, il est indispensable d'harmoniser les normes techniques, les cadres juridiques et les exigences en matière de sécurité. Seule une stratégie européenne cohérente permettra de mettre en place un système de transport numérisé sûr, efficace et inclusif, dans lequel la MD occupe une place équitable.

Conclusion

En résumé, les résultats du projet indiquent que l'intégration de la mobilité douce dans le système de transport numérisé devrait se faire principalement de manière passive. Une implication active ne devrait être envisagée qu'en tant qu'option complémentaire et volontaire.

Le rapport souligne en outre que l'infrastructure existante doit constituer la base, et que les véhicules automatisés doivent être compatibles avec les conditions actuelles. Dans l'ensemble, il ressort clairement que l'intégration de la mobilité douce dans le système de transport numérique présente des défis techniques, organisationnels et juridiques, mais qu'elle offre également des avantages considérables en termes de sécurité et d'efficacité. Des essais à petite échelle peuvent d'ores et déjà contribuer à orienter positivement les évolutions futures.

Il est recommandé de réévaluer en permanence les approches et les conditions générales afin de réussir l'intégration. Cela comprend à les aspects techniques et juridiques.

Summary

With the increasing digitalization and automation of transport, Switzerland is faced with the challenge of appropriately integrating active mobility – including walking, cycling, e-bikes, and micromobility – into the emerging digital mobility systems. While automated vehicles are already being intensively researched and tested in pilot projects, active mobility has so far not been systematically included in these developments. Most studies on automated driving have primarily focused on collecting real-world driving data, with particular emphasis in Europe on highway applications. However, from a societal and political perspective, there is growing attention on first- and last-mile connections as a complement to public transport. Interactions with pedestrians and cyclists – especially on infrastructure dedicated to them – have so far only been considered to a limited extent.

In Switzerland, where active mobility can significantly contribute to transport and climate policy goals, the question of its integration into digital mobility systems is crucial. Different international strategies—such as those in Europe, China, and the USA—underscore the need for a strategy tailored to Swiss conditions. Therefore, this research project aims to analyze possible integration pathways, evaluate opportunities and risks, and derive recommendations for policy and infrastructure development.

The project was based on a multi-stage analytical framework. This included the development of realistic future scenarios, an assessment of possible integration variants of active mobility into smart mobility systems, the derivation of technical, legal, and social requirements, and the formulation of concrete recommendations for decision-makers. This approach enabled both an examination of diverse development paths and a practical assessment of implementation options.

Scenarios

This project used scenarios to describe possible traffic developments and to analyze the integration of active mobility. These scenarios were based on traffic perspectives for 2050, developed by the Swiss Federal Office for Spatial Development (ARE), which describe four possible futures considering societal and economic trends:

1. *“Business-as-Usual” Scenario*: Continuation of current developments with little influence from regulatory or sustainability measures.
2. *“Base” Scenario*: Aligned with the strategic goals of the federal transport plan, promoting sustainable and resource-efficient mobility while respecting land use.
3. *“Individualized Society” Scenario*: New technologies are used primarily for private benefit with limited consideration of ecological impacts.
4. *“Sustainable Society” Scenario*: Environmental awareness and social behavior (e.g., shared economy) are central.

Two scenarios were selected for further evaluation: Scenario 2 (“Base”), a development of traffic that is oriented towards the existing mobility goals of the federal government, and Scenario 4 (“Sustainable Society”), representing a more extreme, sustainability-focused development. These scenarios served as a basis for evaluating integration

variants and understanding their impact on traffic safety, traffic flow, and public acceptance. Based on this, recommendations for future traffic policy and infrastructure planning were derived.

Integration Variants

A smart and connected mobility system encompasses the entirety of digitized physical infrastructure and automated, connected vehicles. The study distinguishes between three types of integration for active mobility:

(A) Active Integration

Active mobility users carry a device that sends data to vehicles or infrastructure — either unidirectional (e.g., location data) or bidirectional (e.g., feedback on traffic signals). While offering high accuracy and responsiveness, this variant raises challenges such as cost, data protection, and dependence on technology.

(B) Passive Integration

Active mobility is detected via sensors on vehicles or infrastructure, without requiring users to carry devices. This lowers user effort and allows broad detection, but sensor accuracy can be affected by surrounding conditions.

(C) Combined Integration: Passive with Voluntary Active Use

Passive integration remains standard, while users with higher protection needs (e.g., visually impaired persons) may voluntarily use a device to receive specific information—avoiding mandatory device usage.

Integration can occur within local, self-contained and decentralised networks without a connection to the Internet or within a central, Internet-based network. Local networks communicate with nearby infrastructure, offering lower cybersecurity risks. Global networking via the internet enables centralized traffic coordination but increases exposure to cyber threats.

Potential benefits of integration include enhanced safety (earlier detection by automated vehicles), improved traffic flow (signal timing optimized for active mobility), and increased attractiveness (specific real-time information for users).

Expert interviews, assessments of likelihood and validity guided the prioritization of these variants. A mandatory active integration was ruled out. Passive detection remains essential due to potential device failure or non-usage. From a user acceptance perspective, not all people are willing or able to carry a device, further emphasizing the need for robust passive integration.

Combining the two selected scenarios (2 and 4) with two integration types (passive and passive + voluntary active), four concrete variants were defined:

Variant 2B (Passive, Scenario 2):

Active mobility is detected passively by vehicles and infrastructure (e.g., pedestrians are recognized at intersections without needing to press a button for green light).

Variant 2C (Passive + Voluntary Active, Scenario 2):

In addition to passive detection, some users carry a device for enhanced communication (e.g., signal feedback for visually impaired individuals).

Variant 4B (Passive, Scenario 4):

With high modal separation, passive integration mainly improves safety. Active mobility is detected automatically.

Variant 4C (Passive + Voluntary Active, Scenario 4):

Devices prioritize and optimize traffic flow, e.g., by providing information about green phases and recommended crossing speeds. This also has a positive effect on road safety.

Technical and Legal Framework

Integrating active mobility into a digital mobility system requires significant infrastructure and legal adaptations. Expert collaboration led to the identification of the following key issues.

Technically, the entire transport infrastructure must support digital communication. This communication can take place via local networks, for example between vehicles and traffic lights (Vehicle-to-Infrastructure, V2I), or centralized via the mobile network or the Internet with the help of cloud servers (Vehicle-to-Network V2N). Systems must reliably recognize not only automated vehicles but also active mobility users.

Cybersecurity is crucial. A fully connected system must be protected against manipulation and hacking, as faulty or compromised data could lead to severe consequences. Regular updates and maintenance are needed to ensure system reliability. Vehicles must also recognize the limits of their safe operational environment (Operational Design Domain, ODD).

Legally, the integration raises complex questions. Liability for accidents involving automated vehicles is unresolved: responsibility may lie with the owner, manufacturer, or software developer. Both civil and criminal liability require clear definitions, especially in cases of software malfunction.

Data protection is another critical issue. Communication between users and infrastructure generates personal data (e.g., location, direction, duration). These must be anonymized and protected. Clear legal frameworks for data collection, processing, and storage are essential—especially for cloud-based communication.

Finally, existing traffic laws may need revision. While automated vehicles are expected to follow current rules, new regulations may be necessary—particularly regarding digital interactions between users and infrastructure.

The integration of active mobility ultimately requires a combination of technological innovation, legal clarity, and societal governance.

User Acceptance and Attractiveness

Beyond technical and legal readiness, societal acceptance is a key factor for successful integration. Interviews with stakeholders show that passive integration is perceived as easier and less risky, making it more acceptable. Voluntary active integration could improve safety and flow, but many users are skeptical—citing privacy concerns, surveillance fears, and technical barriers. Older and less tech-savvy individuals show especially low acceptance. Practical issues like charging or carrying devices for short trips also matter.

Furthermore, real-world interactions between automated vehicles and active mobility are largely untested. Most assessments rely on simulations or hypothetical scenarios, creating uncertainty and reducing acceptance.

A voluntary, inclusive approach is therefore necessary. Active mobility users must not be forced into carrying devices. Instead, clear information, transparent processes, and visible benefits should encourage participation.

Further research is needed to assess user acceptance and identify incentives, barriers, and design strategies to enhance the appeal of integration for the Swiss population.

Recommendations

The four prioritized variants were assessed regarding feasibility, user acceptance, safety, cost, and legal/political challenges. The most promising — Variant 2B (Passive in Scenario 2) and Variant 4C (Passive + Voluntary Active in Scenario 4) — led to the following recommendations, addressing technical, legal, and societal dimensions

First and foremost, the development of a standardized smart infrastructure is essential. This infrastructure must be capable of reliably detecting and integrating all categories of road users, including active mobility participants. It should be designed to meet high standards of cybersecurity and data protection, while also allowing for future technological upgrades and expansions to remain compatible with emerging mobility trends.

In parallel, the legal framework must be revised to address the current gaps regarding liability, data usage, and accountability in automated transport environments. This includes clear rules on who is responsible in the event of an accident involving automated systems, how personal data may be processed, and which safety standards must be upheld throughout the system. In the area of liability law, it is recommended to closely monitor international developments toward product liability and to assess under what conditions it could replace the existing owner liability.

Regarding traffic regulations, it is expected that the responsibilities of vehicle operators will decrease, while manufacturers and operators of automated systems will assume greater accountability. Nevertheless, human involvement remains relevant,

particularly in ensuring operational safety (e.g., software updates, cybersecurity) and in the potential obligation to intervene in case of system malfunction. Automated vehicles must continue to comply with existing traffic rules—even if their technical capabilities exceed those of human drivers. It must also be clarified whether traffic regulations should be made available in a machine-readable format in the future.

Another key issue is protection against misuse. The growing digitalization of mobility systems increases the risk of manipulation and criminal access. To counter this, binding security standards must be established for technical equipment—both in vehicles and in users' personal digital devices. In addition, strict rules are required for access to and use of data, to foster trust and prevent abuse. This includes clear regulations on the collection, anonymization, storage, and use of environmental data by automated vehicles and infrastructures.

Finally, increasing public acceptance and promoting voluntary engagement with active digital tools is viewed as critical. Broad societal participation must be fostered through transparent communication, accessible technology, and visible benefits for users. This requires not only technical solutions but also outreach strategies that address concerns around surveillance, digital literacy, and equitable access.

To ensure long-term success, the study further recommends harmonizing technical and legal standards at the European level. As mobility systems transcend national borders, a coordinated European strategy is necessary to develop a unified, safe, and efficient digital mobility system that gives equal consideration to all modes of transport, including active mobility.

Conclusion

In summary, the project results indicate that the integration of active mobility into the digitalized mobility system should primarily occur passively. Active involvement should at most be considered a supplementary, voluntary option.

The report further emphasizes that the existing infrastructure must serve as the foundation, and automated vehicles must be compatible with current conditions.

Overall, it becomes clear that integrating active mobility into the digital mobility system presents not only technical but also organizational and legal challenges. At the same time, it offers significant potential benefits in terms of safety and efficiency. Pilot trials on a limited scale can already contribute to positively shaping future developments.

In the end, ongoing reassessment of strategies and frameworks is essential for successful implementation—technically, legally, and socially.

1 Einleitung

Die Erhöhung des Anteils des LVs ist ein Ziel der schweizerischen Verkehrspolitik, um die Mobilitätsbedürfnisse effizient und umweltgerecht zu befriedigen. Gleichzeitig ist für die nächsten Jahren mit einer Digitalisierung und Automatisierung des motorisierten Verkehrs (MIV) zu rechnen. Bisher wurde bei der Untersuchung des automatisierten Fahrens in Europa vor allem der Bereich der Autobahnen priorisiert. Dadurch sind viele Abhängigkeiten mit anderen Mobilitätsformen ausgeklammert worden. Interaktionen mit Fuss- und Veloverkehr sowie weiteren Verkehrsteilnehmenden auf den Verkehrsflächen des Fuss- und Veloverkehrs wurden seltener untersucht. Im Schweizer Kontext legten die bisherigen Forschungsarbeiten im Auftrag des Bundesamts für Strassen (ASTRA) ihren Schwerpunkt stärker auf die Perspektive der Personen im automatisierten Fahrzeug.

Die Zulassung von Fahrzeugen mit höheren Automationsstufen ist – zumindest in Europa – zunächst für Autobahnen vorgesehen bzw. für ein Fahrzeugmodell in Deutschland bereits erfolgt. Wird automatisiertes Fahren für den urbanen Raum betrachtet, stellt der Mischverkehr zwischen motorisierten Fahrzeugen unterschiedlicher Automatisierungsstufen und dem LV eine Herausforderung dar. Dabei drängt sich die Frage auf, wie automatisierte Fahrzeuge mit dem LV interagieren sollen und werden. Die Automatisierung und gleichzeitige Digitalisierung bieten dazu viele neue Möglichkeiten. Es gilt beispielsweise zu klären, ob bzw. wie automatisierte Fahrzeuge in konkreten Situationen mitteilen, dass sie den LV erkannt haben oder kommunizieren, wenn sie anderen Verkehrsteilnehmenden den Vortritt überlassen. Unklar ist auch, wie der LV in ein digitales Verkehrssystem eingebunden werden kann und wie er mit den automatisierten Fahrzeugen sowie der (digitalen) Verkehrsinfrastruktur, z.B. mit LSA interagieren kann. In diesem Zusammenhang ergeben sich Fragen sowohl hinsichtlich der technischen, funktionalen und rechtlichen Rahmenbedingungen, sowie der Umsetzbarkeit als auch der Akzeptanz der Nutzenden des LVs. Ziel dieses Forschungsprojekts ist es, verschiedene mögliche Szenarien darzustellen und diese hinsichtlich rechtlichen, funktionalen, aber auch technischen Fragen zu bewerten. Basierend darauf werden Handlungsempfehlungen in den Bereichen Infrastruktur, Gesetzgebung und Sensibilisierung der Betroffenen sowie der Harmonisierung mit anderen europäischen Ländern abgeleitet.

2 Nationaler und internationaler Stand der Forschung

2.1 Einleitung und Definition

In der Teilstrategie Intelligente Mobilität des Bundesamts für Strassen, ASTRA (ASTRA, Bundesamt für Strassen, 2019) werden die Vision für das Jahr 2040 sowie die Ziele für das Jahr 2030 festgehalten. Der Fokus liegt dabei auf der zunehmenden Automatisierung des motorisierten Individualverkehrs (MIV) und dem Zusammenwachsen des MIV und des öffentlichen Verkehrs (ÖV) sowie den neuen Mobilitätsformen. Im Bereich der Infrastruktur wird als Ziel formuliert, dass der Aufbau einer digitalisierten physischen Infrastruktur geprüft wird. Gemeinsam mit der Absicht, nachhaltige Mobilität zu fördern, kann gefolgert werden, dass auch der LV in das digitalisierte Verkehrssystem integriert werden soll.

Der Zweck der bestmöglichen Integration des LVs in das digitalisierte Verkehrssystem ist die Erhöhung der Sicherheit für den LV, die Möglichkeit einer Priorisierung des LVs an Knoten, aber auch die Erhöhung des gesamten Verkehrsflusses (Owens et al., 2018; Papadoulis et al., 2019). Es gibt grosse Erwartungen an eine Erhöhung der Verkehrssicherheit durch positive Effekte des automatisierten Fahrens. Eine Argumentation beruht darauf, dass heute etwa 90 bis 95% der Unfälle auf Ursachen im Bereich von Fehlverhalten der Fahrzeuglenkenden zurückzuführen sind (bfu, 2020).

Um diese Ziele zu erreichen, wird es Situationen geben, in denen der LV teilweise oder vollständig in das digitalisierte Verkehrssystem integriert werden muss. Diese Situationen stehen im Fokus des Projekts.

Die technischen Entwicklungen und deren Implementierung, z.B. die Verbreitung von automatisierten Fahrzeugen oder digital vernetzter LSA, benötigen allerdings Zeit. Bis hochautomatisierte und vernetzte Fahrzeuge als Teil des digitalisierten Verkehrssystems einen Grossteil des Fahrzeugbestandes im täglichen Strassenverkehr bilden, wird mit längeren Übergangsphasen gerechnet, in der sich Fahrzeuge mit unterschiedlichen Automatisierungsgraden den Strassenraum teilen. In dieser Übergangsphase bildet der Mischverkehr zwischen motorisierten und nicht motorisierten Verkehrsteilnehmenden, aber auch zwischen konventionellen und automatisiert fahrenden, motorisierten Verkehrsteilnehmenden eine grosse Herausforderung für die Verkehrsplanung und das Verkehrssicherheitsmanagement (bfu, 2020). Die vorliegende Arbeit fokussiert vorrangig auf den Zustand, in welchem hochautomatisierte Fahrzeuge einen Grossteil der Flotte im täglichen Strassenverkehr ausmachen.

2.1.1 Langsamverkehr

Gemäss Definition des ASTRA steht LV für die Fortbewegung zu Fuss, auf Rädern oder Rollen, angetrieben durch menschliche Muskelkraft (ASTRA, Bundesamt für Strassen, 2023). Im Zentrum stehen dabei i.d.R. der Fuss- und Veloverkehr (Flückiger Strebel, 2014). In Anbetracht der neuen Entwicklungen wird diese Definition des ASTRA auch um die Verkehrsteilnehmenden erweitert, denen eine Nutzung der

Veloverkehrsflächen zusteht, z. B. Nutzenden von E-Trottinetten oder langsamen E-Bikes (Leicht-Motorfahrräder) sowie weiteren elektrifizierten Trendfahrzeugen. Fahrzeuge hingegen, deren bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit mehr als 20 km/h beträgt (schnelle E-Bikes, übrige Motorfahrräder), werden nicht zum LV gezählt. Gemäss Verordnung über die technischen Anforderungen an Strassenfahrzeuge (VTS) werden Fahrzeuge bis Leicht-Motorfahrrädern mitberücksichtigt.

2.1.2 Automatisiertes Fahren

Wie auch in den bisherigen Forschungsprojekten des ASTRA zum automatisierten Fahren, wird die Terminologie zum automatisierten Fahren gemäss Society of Automotive Engineers (SAE) verwendet. Im vorliegenden Forschungsgesuch wird die Einteilung nach SAE in der überarbeiteten Version von 2018 verwendet (SAE International, 2025). Der Fokus wird dabei auf die Level 4 und 5 (hochautomatisierte und vollautomatisierte Fahrzeuge) gelegt.

2.1.3 Digitalisiertes Verkehrssystem

Das digitalisierte Verkehrssystem beschreibt die Gesamtheit der digitalisierten physischen Infrastruktur und der automatisierten, vernetzten Fahrzeuge. Digitale Informations- und Kommunikationstechnologien werden zur Optimierung und Verwaltung von Verkehrsinfrastrukturen, -diensten und -daten eingesetzt. Des Weiteren kann diese Technologien den wechselhaften Informationsaustausch zwischen Verkehrsteilnehmenden und Infrastruktur ermöglichen.

In der zugrundeliegenden Forschungsarbeit soll die Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem unter Berücksichtigung des motorisierten Individualverkehrs (MIV), des Schwerverkehrs (SV) (Lastwagen, Lastzüge etc.), des ÖVs und des individualisierten Kollektivverkehrs, z.B. On-Demand-Angebote (ÖIV) untersucht werden. Die Interaktion mit Zügen nach Eisenbahngesetz (EBG) wird nicht berücksichtigt.

2.1.4 Unidirektionale und bidirektionale Kommunikation

Für die aktive Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem ist zwingend ein digitales Gerät notwendig, welches die Verkehrsteilnehmenden des LV bei sich tragen. Dieses Gerät kann unterschiedlich ausgestaltet sein. Es ist vorstellbar, dass das digitale Gerät nur Daten versendet, aber keine empfängt, oder dass das Gerät nur Daten empfängt, aber keine sendet. In beiden Fällen erfolgt die Kommunikation unidirektional, also nur in eine Richtung. Es ist ebenfalls vorstellbar, dass das digitale Gerät sowohl Daten sendet als auch von Fahrzeugen oder der Infrastruktur empfängt. In diesem Fall erfolgt die Kommunikation bidirektional.

2.1.5 Lokale, in sich geschlossene Vernetzung und zentrale Vernetzung

Die Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem ist sowohl in einem lokalen, in sich geschlossenen Netzwerk, bei welchem die Kommunikation mit Technologien mit kurzer Reichweite wie Bluetooth erfolgen kann, als auch in einem zentralen Netzwerk, bei welchem die Kommunikation via Mobilfunk und Internet erfolgt, denkbar. In einem dezentralen Netzwerk kann der LV beispielsweise an einem Knoten integriert werden, indem die Kommunikation ausschliesslich mit einer lokalen digitalen Infrastruktur (lokaler Server ohne weitere Vernetzung, keine Verbindung zum Internet) erfolgt. Eine solche lokale Infrastruktur kann den Vorteil haben, dass sie weniger exponiert gegenüber Cyberangriffen ist. Auch die Kommunikation mit Fahrzeugen kann

lokal erfolgen, wenn z.B. die unidirektionale oder bidirektionale Kommunikation direkt von Fahrzeug zu LV und umgekehrt erfolgt. Als Konsequenz wird in diesem Fall eine allfällige Entscheidung direkt im Fahrzeug gefällt (z.B. Bremsung einleiten aufgrund eines Signals eines Kommunikationsgerätes eines LV-Teilnehmenden, um dem LV den Vortritt zu gewähren).

Denkbar ist ebenfalls eine weite Vernetzung über das Internet. Im Fall der weiten Vernetzung sind Vorteile im Bereich der Verkehrssteuerung denkbar, da in einem weiten Gebiet der Verkehr übergeordnet organisiert werden kann.

2.2 Szenarien des automatisierten Fahrens

Im Rahmen des Forschungspaketes Automatisiertes Fahren des ASTRA wurden in sechs Teilprojekten die zentralen Fragen zu den Auswirkungen des automatisierten Fahrens in der Schweiz untersucht. Der Fokus lag auf automatisierte, vierrädrige Fahrzeuge des Personen- und Güterverkehrs in den SAE-Stufen 3 und 4. Für die Integration des LVs ins digitalisierte Verkehrssystem sind insbesondere die Teilprojekte TP 1, *Nutzungsszenarien und Auswirkungen*, sowie TP 5, *Mischverkehr*, als Grundlagen für das vorliegende Projekt wichtig.

Im TP 1 (ASTRA, Bundesamt für Strassen, 2020a) wurden zwei Szenarien, Szenario A und B, als Extreme für die Marktdurchdringung der automatisierten Fahrzeuge definiert. Diese sind als Grenzen der denkbaren Spannweite zwischen individueller und kollektiver Mobilität zu verstehen.

- Szenario A:
Stark individuelle, vorwiegend monomodale Mobilität mit wenig differenzierten Angebots-/Organisationsformen. Dieses Szenario setzt v.a. auf die Vorteile des automatisierten Fahrens aus Sicht des Individualverkehrs (Nutzeroptimums): Kapazitäts- und Reise-/Transportzeitgewinne bei höchstmöglicher Flexibilität und individuellem Mehrnutzen der Fahrt.
- Szenario B:
Kollektive, vielfach multimodale Mobilität mit differenzierten Angebots-/Organisationsformen. Es stellt das systemische Optimierungspotential der Technologie zur Vernetzung und Effizienzsteigerung in den Vordergrund.

Im TP 5 wurden folgende Arten von Mischverkehr untersucht: Einerseits der Mischverkehr bereits höher automatisierter Fahrzeuge der SAE-Stufen 4 und 5 mit Fahrzeugen niedriger SAE-Stufe; andererseits der Mischverkehr mit weiteren Verkehrsteilnehmenden, insbesondere dem LV. Es wird darauf hingewiesen, dass die Sicherheit des LV trotz allfälliger häufiger Konflikte aufgrund der zunehmenden Verkehrsdichte durch die Fahrzeuge sichergestellt werden muss, indem Fahrzeuge in der Lage sein müssen, angemessen auf den LV reagieren zu können. Darüber hinaus wird dargelegt, wie wichtig die Kommunikation zwischen automatisierten Fahrzeugen und anderen, nicht automatisierten Verkehrsteilnehmenden ist (ASTRA, Bundesamt für Strassen, 2020b).

Die Berechnungen in TP 5 basieren auf den Szenarien aus TP 1. In Szenario A wird erwartet, dass im Jahr 2050 37.9% der Fahrzeuge zur Kategorie der automatisierten Fahrzeuge gehören. In Szenario B werden 61% automatisierte Fahrzeuge erwartet. Bezüglich Modalsplit wird in Szenario A erwartet, dass der LV bis 2050 leicht an

Bedeutung verliert, in Szenario B ungefähr einen stabilen Anteil an den zurückgelegten Strecken hat (ASTRA, Bundesamt für Strassen, 2020b) .

In der so genannten AutoRich-Studie (Riel et al., 2022) werden ebenfalls zwei Hauptszenarien zugrunde gelegt, die den Szenarien A und B aus dem TP 1 bzw. 5 gleichen. Während das Szenario „Trend“ eine von marktwirtschaftlichem Interesse geprägte Entwicklung beschreibt, die auf individuelles und komfortables Fahren ausgerichtet ist, wird im Szenario „Sharing“ ein von politischen Entscheidungen beeinflusstes Mobilitätsverhalten betrachtet. Dieses Szenario zielt im Sinne des Gemeinwohls und der ökologischen Verantwortung auf das Teilen von Fahrzeugen ab. Das Szenario „Sharing“ wird in der AutoRich-Studie in insgesamt fünf Unterszenarien vertieft untersucht. Zur Integration des LVs in den einzelnen Szenarien werden keine fundierten Aussagen getroffen.

Im Gegensatz zu den ASTRA-Teilprojekten und der AutoRich-Studie widmet sich das Forschungsprojekt «Verkehr der Zukunft 2060» (ASTRA, Bundesamt für Strassen, 2020c) einem Zeitraum, der über die üblichen Prognosehorizonte (nach 2050) hinausgeht. In der Studie werden insgesamt drei Zukunftsszenarien definiert. Zwei dieser Szenarien betrachten ebenfalls entweder eine stark monomodale Verkehrsentwicklung oder legen den Fokus auf kollektive Mobilitätsservices. Zudem wird ein weiteres Szenario untersucht, das an den bisherigen Ansätzen festhält und nur selektiv neue Technologien integriert. Aufgrund des langfristigen Planungshorizonts werden die Forschungsergebnisse für die vorliegende Arbeit jedoch als weniger entscheidend angesehen.

Darüber hinaus werden Szenarien zur zukünftigen Entwicklung des Verkehrs, der Siedlung und der Umwelt auch in den Schweizer Verkehrsperspektiven 2050 beschrieben (ARE, Bundesamt für Raumentwicklung, 2022). Insgesamt wurden dabei 4 Szenarien vertieft untersucht:

- Szenario «**Weiter-Wie-Bisher**»:
Das Szenario basiert auf der Fortschreitung des Ist-Zustandes ohne stärkeren Einfluss regulativer Massnahmen oder Aspekte nachhaltigen Verhaltens.
- Szenario «**Basis**»:
Das Szenario orientiert sich an den Stossrichtungen des Sachplans Verkehr, Teil Programm, welches die Nachhaltigkeit sowie ressourceneffiziente Mobilität begünstigt, sowie eine behutsame Flächennutzung berücksichtigt.
- Szenario «**Individualisierte Gesellschaft**»:
Verkehrsteilnehmende setzen neue Technologien primär für den privaten Nutzen ein und beachten ökologische Aspekte weniger.
- Szenario «**Nachhaltige Gesellschaft**»:
Das Umweltbewusstsein sowie das soziale Agieren, wie Shared Economy, stehen im Fokus.

Die Anteile des automatisierten Fahrens im Bestand jedes Szenarios der Verkehrsperspektiven 2050 sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst. Es wird zwischen Personenwagen (PW) und SV unterschieden. Darüber hinaus enthalten die Verkehrsperspektiven auch Aussagen zur Verbreitung von E-Bikes und fahrzeugähnlichen Geräten (FäG).

Verkehrsperspektiven 2050

Szenarien	Anteil automatisierter Fahrzeuge im Bestand (PW)	Anteil automatisierter Fahrzeuge im Bestand (SV)	Verbreitung E-Bikes/FäG
«Weiter-Wie-Bisher»	32%	39%	Zunahme, aber weniger dynamisch als in den letzten 10 Jahren
«Basis»	32%	39%	Dynamischer Trend der letzten Jahre setzt sich fort
«ITG»	62%	67%	Zunahme, aber weniger dynamisch als in den letzten 10 Jahren
«NTG»	62%	67%	Leicht dynamischerer Trend als im Szenario «Basis»

Tabelle 1: Anteil automatisierter Fahrzeuge und Verbreitung E-Bikes/FäG je Szenario der Verkehrsperspektiven 2050.

2.3 Passive Integration des Langsamverkehrs

2.3.1 Infrastruktur

Die heutige Erfassung des Fuss- und Veloverkehrs in der Interaktion mit anderen Verkehrsmitteln erfolgt vorwiegend an lichtsignalgeregelten Knoten und dabei in der Regel passiv (kein aktives, digitales Einbringen der Verkehrsteilnehmenden). Für den Fussverkehr basiert sie mehrheitlich auf Basis von Drückern, für den Veloverkehr auf Basis von Detektorschleifen und gegebenenfalls von Drückern. Teilweise wird der Fussverkehr auch gar nicht erfasst (z.B. an zahlreichen Knoten in Zürich). In diesem Fall erfolgt die Freigabe für den Fussverkehr vielmehr nach festem Raster oder als Folge allfälliger Priorisierung der anderen Verkehrsmittel. Die Erfassung des Fussverkehrs ist herausfordernd, da er oft nicht spurbasiert, sondern auf gesonderten Flächen ohne Richtungsabhängigkeiten erfolgt. Ob jemand die Strasse queren will, wird daher erst unmittelbar vor Betreten der Querung erkennbar. Demgegenüber erfolgt der Veloverkehr mehrheitlich spurbasiert. Er kann detektiert, und einem Richtungswunsch zugeordnet werden.

Detektorschleifen sind zwar recht zuverlässig hinsichtlich Erfassungsqualität, ihr Bau und Unterhalt ist jedoch vergleichsweise aufwändig. Daher zeichnet sich ein Trend ab, statt Detektorschleifen alternative Sensorik zu nutzen. Im Zentrum stehen folgende Optionen und Entwicklungen:

- **Optische Erfassung:** Die Erfassung der Verkehrsteilnehmenden erfolgt mittels Kamera, die an geeigneter Stelle montiert wird. Allerdings sind von solchen Montagepunkten aus selten sämtliche Fahrzeugspuren uneingeschränkt einsehbar, z.B.

verdecken LKWs zuweilen Velofahrende. Zudem gilt es bei kamerabasierter Erfassung den Datenschutz zu beachten, weshalb gewisse Betreiber von deren Einsatz absehen.

- **Thermische Erfassung:** Die Erfassung der Verkehrsteilnehmenden erfolgt analog zur optischen Erfassung mit dem Unterschied, dass durch die wärmegestützte Erfassung mittels Infrarot Personen nicht im Detail erkennbar sind, was zugleich auch bedeutet, dass etwa eine Klassifizierung der Verkehrsteilnehmenden (insb. PW vs. LKW) erschwert ist. Der Kanton Basel-Stadt hat die Technologie explizit für lichtsignalgeregelte Fussverkehrsquerungen getestet und die Erfahrungen als positiv bewertet (Störr, 2022).
- **Licht- oder lasergestützte Erfassung:** Die Erfassung erfolgt mittels LiDAR-Sensoren (Light Detection And Ranging). Aufgrund der Lasertechnologie wird das Erfassungsgebiet von zumindest zwei Montagepunkten aus gescannt, sodass ein dreidimensionales und dynamisches Abbild generiert werden kann (KINRW, 2021). Da LiDAR-Sensoren auch in der Automobiltechnik zum Einsatz kommen, lässt dies einen entsprechenden Skalierungseffekt und damit verbunden mit der Zeit niedrige Kosten erwarten.

In all diesen Fällen erfolgt die Erfassung des LV durch die strassenseitige Infrastruktur. Mit zunehmender Automatisierung des Fahrens ist grundsätzlich auch denkbar, dass eine Erfassung durch eine strassenseitige Infrastruktur nicht mehr erforderlich wäre und direkt durch die Fahrzeuge erfolgt. Allerdings bedingt dies folglich auch eine entsprechende Verkehrssteuerung, die ggf. ohne strassenseitige Infrastruktur (Road-Side-Units, RSU, infrastrukturseitiges Gerät zur Kommunikation mit vernetzten Fahrzeugen, wobei die On-Board Unit das Gegenstück im Fahrzeug darstellt) auskommt.

An Knoten ohne Detektionsmöglichkeiten für den LV, an nicht per LSA geregelten Knoten wie auch entlang von Strecken erfolgt die Erkennung des LV heute in der Regel durch die Verkehrsteilnehmenden selbst. Die vermehrt in die Fahrzeuge eingebaute Sensorik ermöglicht im Sinne von Fahrerassistenzsystemen eine technik-gestützte Erkennung des LVs in Konfliktsituationen. Verschiedene Hersteller bieten bereits seit mehr als zehn Jahren Systeme an, welche Menschen zu Fuss detektieren. Wenige Jahre später kamen Systeme zur Erkennung von Velofahrenden hinzu. Die ersten Systeme basierten dabei auf Kameras für den Fussverkehr und Kameras in Kombination mit Radar für den Veloverkehr. Moderne Systeme kombinieren oft 3D-Kameras, Radar und LiDAR-Sensoren, um Menschen zu Fuss und Velofahrende nicht nur zu erkennen, sondern auch deren Verhalten zu analysieren und zu prognostizieren (PPG Coatings Deutschland GmbH, 2020). Für den Fussverkehr gibt es Modelle, die zusätzlich auch die Grösse der Gruppe berücksichtigen (Schulz & Stiefelhagen, 2015).

In digitalisierten Verkehrssystemen mit Vernetzung (Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS)) können passiv erfasste Informationen mittels Vehicle to Everything (V2X) und Infrastructure to Everything (I2X), den vernetzten Verkehrsteilnehmenden und auch Dritten zur Verfügung gestellt werden (TEMPUS, 2022).

2.3.2 Automatisierte Fahrzeuge

Die Interaktion mit dem LV stellt eine Herausforderung für automatisierte Fahrzeuge dar (Rasouli & Tsotsos, 2020). (Schulz & Stiefelhagen, 2015). So setzt sich etwa das

EU-Projekt SHOW (Koskinen, et al., 2022) unter anderem zum Ziel, die Integration von automatisierten Fahrzeugen in den städtischen Verkehr zu fördern. Dies umfasst die Entwicklung von Technologien und Systemen, die die sichere und effiziente Interaktion von automatisierten Fahrzeugen mit anderen Verkehrsteilnehmenden ermöglichen. Der Fokus liegt auf Tests zu digitalisierten Verkehrssystemen in verschiedenen Städten. Der LV wird insofern erwähnt, als dass der LV detektiert werden muss, seine Position und seine Absichten erkannt werden müssen und dass die Fahrzeuge auf den LV reagieren müssen, mit dem Ziel, Unfälle zu verhindern.

Vollständig selbstfahrende Fahrzeuge für Taxifahrten sind unter anderem bereits in China und in mehreren US-amerikanischen Städten im Einsatz. In San Francisco fahren diese nach entsprechender Genehmigung der lokalen Behörden inzwischen den ganzen Tag hindurch ohne besondere Beschränkungen (z.B. hinsichtlich der Geschwindigkeit) auf nahezu dem gesamten Stadtgebiet z.B. von San Francisco. Die Integration des LVs erfolgt hardwareseitig mithilfe von Kameras, Radar- und LiDAR-Sensoren. Etwa mithilfe der Open Source Software *Webviz* (WEBVIZ, 2025) wird die Verkehrsumgebung samt den Verkehrsteilnehmenden in die virtuelle Umgebung des Fahrzeugs integriert, womit zugleich die Vorhersage von Bewegungstrajektorien vorgenommen wird. Diese Informationen wiederum dienen dem Fahrzeug unter anderem zur Berechnung von Entscheidungen, was beispielsweise die Grundlage für ein Ausweichen vor querenden Zufussgehenden darstellt. Dabei ist die Grundidee, möglichst das Verhalten von menschlichen Fahrzeuglenkenden zu imitieren und dabei ein gewisses Mindestmass an Sicherheitsmargen für eher unwahrscheinliche Verhaltensmuster von übrigen Verkehrsteilnehmenden zu integrieren. Externe Kommunikationsschnittstellen (external Human-Machine-Interface, eHMI) zu anderen Verkehrsteilnehmenden sind inzwischen vorhanden, primär um den übrigen Fahrzeuglenkenden Gründe für den aktuellen Fahrzeugstatus mitzuteilen. Beispielsweise wird damit signalisiert, wieso das Robotaxi aktuell auf der Fahrbahn steht – etwa, weil aufzusteigende Fahrgäste oder auf eine Querung von Zufussgehenden an einer Kreuzung gewartet wird. Zum Zeitpunkt des Forschungsgesuchs sind noch keine systematischen Ergebnisse bekannt, die zeigen, welche Konflikte auftreten. Auch die Akzeptanz der verschiedenen Verkehrsteilnehmenden wurde bislang nicht unabhängig überprüft.

2.4 Aktive Integration des Langsamverkehrs

2.4.1 Infrastruktur

Aktive Systeme zeichnen sich dadurch aus, dass sich der LV aktiv ins digitale Verkehrssystem einbinden muss und somit proaktiv eine Erfassung respektive Erfassbarkeit ermöglicht. Voraussetzung hierfür ist zumindest die Lokalisierung der aktuellen Position und deren Kommunikation an die übrigen Verkehrsteilnehmenden und die Verkehrsinfrastruktur (insb. LSA) in Echtzeit. Denkbar ist, dass auch die Art der Verkehrsteilnahme als Information mitgesandt wird.

Gegebenenfalls kann dabei – in Kombination mit einer entsprechenden Planung – auch die Information zur eingeschlagenen Route kommuniziert werden. Solche Systeme im Sinne von C-ITS für den LV sind aktuell noch wenig im Einsatz und beschränken sich auf frühe Anwendungen im Veloverkehr (ITS International, 2018). Hingegen

hat die Stadt Zürich aktuell die Implementierung einer entsprechenden Applikation gestartet (Dienstabteilung Verkehr, Zürich, 2023). Diese soll es neben den Blaulichtorganisationen auch den Velofahrenden ermöglichen, gestützt auf eine spezielle App mittels Geofencing spezifische Daten zu Position und Route an den städtischen Verkehrsrechner zu übermitteln. In der Folge kann der Veloverkehr bei Bedarf spezifisch priorisiert werden. Für den Fussverkehr sind bisher keine analogen Funktionalitäten vorgesehen.

Dass Solches auch für den Fussverkehr denkbar ist, zeigt beispielsweise das Projekt *CrossWalk App* im niederländischen Tilburg (Buller, 2023). Werden Zufussgehende unmittelbar an einer Ampel lokalisiert, wird dies an die Steuerung der LSA übermittelt. Allerdings hat sich gezeigt, dass dieses System wie auch die analoge App für den Veloverkehr manipuliert werden konnten, indem der Ampelsteuerung virtuell vorgegaukelt wurde, es näherte sich Fuss- und Veloverkehr (Tremmel, 2020) aus (Roldan et al.).

Während sich die genannten Applikationen auf die Regelung an Knotenpunkten beziehen, bleibt die Frage, ob eine Kommunikation auch entlang von Strecken denkbar wäre, beispielsweise die Kommunikation direkt zwischen den einzelnen Verkehrsteilnehmenden mit Kommunikationseinheiten entlang von Strecken (RSU).

2.4.2 Automatisierte Fahrzeuge

Für die aktive Integration des LVs in der direkten Kommunikation mit automatisierten Fahrzeugen werden verschiedene Ansätze untersucht, die in zwei Kategorien eingeteilt werden können. Einerseits könnten automatisierte Fahrzeuge und Nutzende des LV mit einer bidirektionalen Kommunikationseinheit, welche gegenseitig Warnungen und Hinweise übermitteln kann, ausgestattet werden (Berge et al., 2022). Andererseits werden Lösungen angedacht, bei denen das automatisierte Fahrzeug mittels Anzeigen, Lichtern oder Projektionen auf die Strasse den Nutzenden des LVs Hinweise gibt, welche diese auch ohne eine digitale Kommunikationseinheit wahrnehmen können (Dey, et al., 2020).

Bei Velofahrenden werden bereits diverse aktive Systeme getestet. Unterschieden wird zwischen «wearables», also digitalen Geräten, welche die Velofahrenden bei sich tragen, und fest am Velo befestigten digitalen Geräten. Die Bandbreite ist dabei gross: aktive Systeme in Helmen, Brillen, integriert in Mobiltelefonen, der Bekleidung, als Head-up Displays für den Helm oder den Lenker, als kleine Geräte in der Hosentasche, Geräte im oder am Lenker, Geräten im Rahmen des Velos bis hin zu Systemen im Sattel. Die Kommunikation ans Fahrzeug erfolgt dabei auf Basis der Standorterkennung, der Empfang von vom Fahrzeug erhaltenen Informationen erfolgt visuell, auditiv oder haptisch (Berge et al., 2022).

Sowohl mit aktiv integrierten Teilnehmenden des Fussverkehrs, also Teilnehmenden, welche aufgrund eines digitalen Geräts von der digitalisierten Infrastruktur erkannt werden, als auch von passiv integrierten Teilnehmenden des Fussverkehrs kann kommuniziert werden. Dazu werden insbesondere Anzeigen, Lichter und Projektionen auf die Strasse untersucht (unidirektionale Kommunikation). Dabei könnten Fahrzeuge beispielsweise anzeigen, was sie beabsichtigen oder Empfehlungen geben, welche Handlungen Zufussgehende unternehmen sollen. Zu beachten ist dabei, dass das

Fahrzeug nicht kontrollieren kann, wie dritte Verkehrsteilnehmende anschliessend handeln – was wiederum den Fussverkehr damit unter Umständen in eine kritische Situation bringen könnte (Rasouli & Tsotsos, 2020).

Ob eine Integration des LVs ins digitalisierte Verkehrssystem, in welchem Zufussgehende und Velofahrende ein digitales Gerät mit sich tragen müssen, eine gangbare Variante ist, wird in der Forschung hinterfragt (Berge et al., 2022). Tatsächlich zeigt die Praxis – etwa in San Francisco –, dass dies zunächst nicht notwendig zu sein scheint. Auch wenn bereits heute ein Grossteil der Bevölkerung ein Mobiltelefon und damit eine mögliche Technologie mit sich trägt, stellt sich zudem die Frage, ob diese Art der Technologie auch z.B. für Kinder vorausgesetzt werden darf. Externe Hinweise eines Fahrzeugs mittels Projektionen etc. werden darüber hinaus kritisch betrachtet, weil Sehbehinderte oder Kinder diese unter Umständen nicht interpretieren können (Rasouli & Tsotsos, 2020). Nicht zuletzt wird auch im Bereich des Datenschutzes hinterfragt, inwieweit sich jeder Mensch sich für automatisierte Fahrzeuge erkennbar machen muss (Hasan & Hasan, 2022).

2.5 Akzeptanz und Attraktivität für den Langsamverkehr

Für eine reibungslose Interaktion der verschiedenen Verkehrsteilnehmenden ist die Akzeptanz des Systems entscheidend. Da es sich beim LV um eine diverse Gruppe handelt, die sowohl Kinder, ältere Personen und Personen mit geistigen oder körperlichen Einschränkungen, als auch Velofahrende umfasst, müssen auch deren verschiedene Bedürfnisse im Hinblick auf ein digitalisiertes Verkehrssystem erfasst werden. Aktuell kann diese häufig nur in hypothetischer Form erfasst werden, da es kaum Interaktionen zwischen automatisierten Fahrzeugen und dem LV in einem digitalisierten Verkehrssystem gibt – wenn man Pilotprojekte ausser Acht lässt.

Es zeigt sich, dass die individuelle Vorstellung darüber, wie man zukünftige Ereignisse erleben wird, teilweise inakkurat sind (Owens et al., 2018). Mangels Erfahrung in der Interaktion mit einem automatisierten Fahrzeug haben Teilnehmende in Untersuchungen häufig nur eine vage Idee, wie sie diese Technologien bewerten werden, wenn sie tatsächlich eingeführt werden. Dadurch kommt es zu Verzerrungen in dieser Bewertung (Papadoulis et al., 2019).

Derzeit scheint noch eine gewisse Skepsis gegenüber automatisierten Fahrzeugen zu bestehen, die sowohl die Passagierperspektive (Passagier/-in im automatisierten Fahrzeug) als auch die Perspektive der anderen Verkehrsteilnehmenden betrifft. In einer 2022 erschienen Studie gab eine Mehrheit an, sich in einer Interaktion mit automatisierten Fahrzeugen nicht wohlfühlen (Dos Santos, et al., 2022). Als Grund dafür wurden in einer anderen Studie insbesondere Fehlgebrauch der Automation, rechtliche Bedenken und die generelle Sicherheit genannt (Kyriakidis et al., 2015).

Zur a priori Akzeptanzeinschätzung werden vorwiegend Modelle wie das Technikakzeptanz Modell (Technology Acceptance Model TAM (ASTRA, Bundesamt für Strassen, 2020a)) und die darauf basierende Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) (Venkatesh et al., 2003) bzw. deren Weiterentwicklung (UTAUT2) (Venkatesh et al., 2012) genutzt. Das UTAUT und das UTAUT2 erweitern

das TAM in Richtung einer universellen Theorie, an der zwölf Variablen auf die Nutzungsabsicht und die tatsächliche Nutzung wirken, darunter die Leistungserwartung, die Aufwandserwartung und der soziale Einfluss durch andere. Diese Modelle dienen dazu, die Gründe zu verstehen, warum Menschen bestimmte Technologien nutzen oder ablehnen. Es hilft dabei, Massnahmen für die Entwicklung und Kommunikation von Innovationen abzuleiten, um das Nutzungsverhalten zu optimieren.

2.6 Interoperabilität

Angesichts der Integration des LVs in das digitalisierte Verkehrssystem stellt sich die Frage, wie die einzelnen Akteure und Elemente des Verkehrssystems miteinander interagieren können und sollen. Angesichts der Forschungsfrage stehen folgende Interaktionen im Zentrum:

- Fahrzeuge <-> LV
- Fahrzeuge <-> Infrastruktur
- Infrastruktur <-> LV
- LV <-> LV

Im ersten Fall interagiert ein Fahrzeug mit dem LV, im zweiten Fall mit der Infrastruktur, wobei die Infrastruktur die vom Fahrzeug erhaltene Information gegebenenfalls aufbereitet und entsprechend dem dritten Fall an den LV weitergibt. Die Infrastruktur kann auch unabhängig von Fahrzeugen mit dem LV kommunizieren und dabei beispielsweise eine LSA dem Fussverkehr Grün signalisieren, weil kein Fahrzeugverkehr vorhanden ist. Die Interoperabilität resultiert dabei aus dem Wechselspiel zwischen Informationsaustausch unter den Akteuren und Elementen und der (Re-)Aktion der einzelnen Akteure und Elemente. Eine gute Interoperabilität bedingt somit einen zielorientierten Informationsaustausch und qualitative gute Aktionen. Letztere sind auf Seiten der Infrastruktur ausschliesslich von maschineller Natur (z. B. Steuerlogik bei LSA; Ausnahmen: Verkehrszeichengabe von Hand u. ä.), auf Seiten des LV von menschlicher Natur und bei den Fahrzeugen von einer in Abhängigkeit des Levels der Automatisierung geprägten Kombination menschlicher und maschineller Natur.

Der Informationsaustausch zwischen Fahrzeuglenkenden und LV erfolgt heute oftmals implizit: der LV nimmt z.B. wahr, dass ein Fahrzeug abbremst und schliesst daraus, dass ihm der Vortritt gewährt wird. Erfolgt der Informationsaustausch explizit, ist dieser in der Regel nicht-digital. Fahrzeuglenkende und der LV verständigen sich gegenseitig visuell (Handzeichen, Blinker, Scheinwerfer o. ä.) und akustisch (Hupe), während sich die Infrastruktur und insbesondere die LSA gestützt auf ihre Sensorik ein digitales Abbild der Verkehrssituation generiert. Hierbei gibt zuweilen einzig der ÖV digitale Informationen ab wie insbesondere die Linie und gegebenenfalls gar die Fahrplanlage oder auch die Anzahl Passagiere und Passagierinnen. Dies erfolgt schleifenbasiert über den sogenannten SESAM-Dialog oder auf Basis von Funktelegrammen (vgl. Kanton Zürich, 2024).

Im Rahmen einiger Projekte etwa in Deutschland wurde auch der digitale Informationsaustausch etabliert und erprobt. Die hierbei gewonnen Erkenntnisse sind beispielsweise in den C-ITS-Leitfaden der OCA eingeflossen (Neuner, et al., 2020) Die

entsprechenden Anwendungen umfassen die Integration von Ampelassistenten, die Anmeldung von Verkehrsteilnehmenden (insbesondere ÖV, Rettungsfahrzeuge, aber auch MIV und LV) und sogenannte Strategiemanagement-Schaltungen. Ziel solcher Schaltungen ist die direkte Information der Verkehrsteilnehmenden über situative Verkehrsmanagementmassnahmen wie beispielsweise Ereignismeldungen (Unfälle, Baustellen etc.), Verkehrslenkung (Alternativrouten, Parkleitsystem etc.) oder auch ortsfeste (z. B. Wechselwegweiser zusätzlich visualisiert im Fahrzeug) und virtuelle Schilder. In allen genannten Fällen ist stets die Infrastruktur in den Informationsaustausch involviert. Darüber hinaus existieren auf europäischer Ebene entsprechende Richtlinien und Normen in Bezug auf C-ITS und Schnittstellen (Directive 2010/40/EU, 2010) (C/2019/1789, 2019)(European Parliament and Council 2010, 2019; (ISO, CEN, 2020) ISO, CEN 2020) als Grundlagen für einen reibungslosen Datenaustausch.

Was den Informationsaustausch zwischen Fahrzeugen und LV ohne Beteiligung der Infrastruktur betrifft, so steht hier der nicht digitale Informationsaustausch im Vordergrund. Dabei verschafft sich das Fahrzeug gestützt auf seine Sensorik ein Bild des Verkehrsgeschehens in seinem Umfeld und gibt bei Bedarf über ein sogenanntes eHMI Signale an den Fussverkehr (vgl. AWARE2ALL, 2024).

Im Sinne einer Kommunikation zwischen LV und LV erlaubt die LOC.id-App eine solche zwischen sehbehinderten Personen und E-Scootern (Smart Mobility Services, 2025) (siehe Smart Mobility Services GmbH 2025). Denn nähert sich eine Person mit aktiver LOC.id-App einem entsprechend ausgestatteten E-Scooter, so sendet letzterer ein akustisches Warnsignal aus. Das System steht in diversen europäischen Städten im Einsatz.

2.7 Rechtliche Aspekte

2.7.1 Allgemeines

Auch rechtliche Aspekte müssen in Bezug auf die Integration des LVs in das digitalisierte Verkehrssystem beachtet werden. Dabei sollen der Stand der Forschung und vor allem der Gesetzgebung kurz auf allgemeiner Ebene und dann mit Bezug auf einzelne hier besonders interessierende Rechtsgebiete erläutert werden.

Auf allgemeiner Ebene ist hervorzuheben, dass in der Schweiz seit dem 1. März 2025 die Gesetzesnovelle zum automatisierten Fahren in Kraft ist. Dazu gehören neue und geänderte Gesetzesartikel im Strassenverkehrsgesetz (SVG) sowie die neue Verordnung über das automatisierte Fahren (VAF, Verordnung über das automatisierte Fahren, SR 741.59). Die Gesetzesnovelle regelt das automatisierte Fahren auf den SAE-Stufen 3 und 4, während das vollautomatisierte Fahren der SAE-Stufe 5 auf Pilotversuche beschränkt ist (Botschaft zur Änderung des Strassenverkehrsgesetzes vom 29. Dezember 2021, BBl 2021 3026, S. 1 ff.).

Deutschland hat mit dem am 28. Juli 2021 in Kraft getretenen Gesetz zum autonomen Fahren (BGBI. I 2021, Nr. 48, S. 3108) sowie der das Gesetz konkretisierenden Verordnung (BGBI. I 2022, Nr. 22, S. 986) eine Vorreiterrolle übernommen und weltweit den

ersten rechtlichen Rahmen für automatisiertes bzw. autonomes Fahren bis SAE-Stufe 4 geschaffen. Der rechtliche Rahmen wird als Übergangslösung bezeichnet, bis auf internationaler Ebene harmonisierte Vorschriften vorliegen.

Auf europäischer Ebene ist die Verordnung (EU) 2019/2144 vom 27. November 2019 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern sowie von Systemen, Bauteilen und selbstständigen technischen Einheiten für diese Fahrzeuge im Hinblick auf ihre allgemeine Sicherheit und den Schutz der Fahrzeuginsassen und von ungeschützten Verkehrsteilnehmern sowie die Durchführungsverordnung (EU) 2022/1426 der Kommission vom 5. August 2022 mit detaillierten Regelungen zur genannten EU-Verordnung zu erwähnen. Diese Normen regeln die Typgenehmigungen insbesondere im Zusammenhang mit dem automatisierten bzw. autonomen Fahren.

Auf internationaler Ebene gilt das Wiener Übereinkommen über den Strassenverkehr vom 8. November 1968 (SR 0.741.10), bei welchem die Schweiz Vertragspartei ist. Bereits per 23. März 2016 wurden Art. 8 und Art. 39 Abs. 1 insofern angepasst, als Fahrzeugsysteme, die einen Einfluss auf das Führen eines Fahrzeugs haben, zugelassen sind, soweit sie vom Fahrzeugführenden übersteuert oder deaktiviert werden können oder aber den technischen Regelungen der Vereinten Nationen entsprechen. Insoweit ist auf die Regelungsinitiativen der Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (UNECE) hinzuweisen. Dabei hat das Weltforum für die Harmonisierung der Regelungen für Kraftfahrzeuge der UNECE (kurz: WP.29) mit Bezug auf automatisierte bzw. autonome Fahrzeuge folgende Sicherheitsvision formuliert:

«WP.29 recognizes that for automated/autonomous vehicles to fulfil their potential in particular to improve road transport, then they must be placed on the market in a way that reassures road users of their safety. If automated/autonomous vehicles confuse users, disrupt road traffic, or otherwise perform poorly then they will fail. WP.29 seeks to avoid this outcome by creating the framework to helping to deliver safe and secure road vehicles in a consistent manner, and to promote collaboration and communication amongst those involved in their development and oversight» (Economic and Social Council United Nations, 2020).

Es versteht sich von selbst, dass die erwähnten Strassenbenutzer («road users») auch die Teilnehmenden des LV umfasst. Bislang sind aufgrund der Bestrebungen der WP.29, das heisst insbesondere die Arbeitsgruppe «Automatisierte/Autonome und vernetzte Fahrzeuge» (Französische Abkürzung: GRVA), neben verschiedenen Empfehlungen insbesondere folgende UN-Regelungen ergangen: UN-Regelung Nr. 155 (2021) über einheitliche Vorschriften für die Genehmigung von Fahrzeugen hinsichtlich der Cybersicherheit und des Cybersicherheits-Managementsystems, UN-Regelung Nr. 156 (2021) über einheitliche Vorschriften für die Genehmigung von Fahrzeugen hinsichtlich der Softwareaktualisierung und Softwareaktualisierungs-Managementsystems, UN-Regelung Nr. 157 (2021) über einheitliche Vorschriften für die Genehmigung von Fahrzeugen hinsichtlich des automatisierten Spurhalteassistentensystems, UN-Regelung Nr. 158 (2021) über einheitliche Bestimmungen für die Genehmigung von Rückfahrssystemen und Kraftfahrzeugen im Hinblick auf die Aufmerksamkeit des Fahrers für schwächere Verkehrsteilnehmer hinter Fahrzeugen, UN-Regelung Nr. 159 (2021) über einheitliche Bestimmungen für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen im Hinblick auf das Moving-Off-Informationssystem zur Erkennung von Zufussgehenden

und Radfahrenden sowie UN-Regelung Nr. 160 (2021) über einheitliche Vorschriften für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen in Bezug auf den Ereignisdatenspeicher.

Die obigen Regelungen beziehen sich mit Ausnahme von UN-Regelung Nr. 157 auf auch auf nicht automatisierte Fahrzeuge. Im Zusammenhang mit der Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem dürften vor allem die UN-Regelung Nr. 158 betreffend das Rückwärtsfahren und UN-Regelung Nr. 159 und betreffend den toten Winkel im vorderen Bereich des Fahrzeugs relevant sein.

Weder die EU-Verordnungen noch die UN-Regelungen sind direkt auf die Schweiz anwendbar. Jedoch wird in der VAF mit Bezug auf die Anforderungen vielfach darauf verwiesen, weshalb sie insoweit auch Schweizer Recht bilden (siehe etwa Art. 3 Abs. 1 lit. h VAF, Art. 7 Abs. 7 VAF, Art. 8 VAF).

Es sollen nun überblickartig Stand von Lehre, Rechtsprechung der Gesetzgebung spezifisch mit Bezug auf die Rechtsgebiete Verkehrsregeln, Haftung, strafrechtliche Verantwortlichkeit und Datenschutz wiedergegeben werden.

2.7.2 Verkehrsregeln

Verkehrsregeln sind rechtliche Vorschriften, die das Verhalten von Teilnehmenden im Strassenverkehr regeln. Gemäss Art. 1 Abs. 2 SVG gelten die Verkehrsregeln für die Führerinnen und Führer von Motorfahrzeugen und die Velofahrenden auf allen dem ÖV dienenden Strassen; für die übrigen Strassenbenutzerinnen und Strassenbenutzer, also insbesondere Zufussgehende gelten sie nur auf den für Motorfahrzeuge oder für Velos ganz oder beschränkt offenen Strassen. Sind Zufussgehende unter sich, gelten die Verkehrsregeln somit nicht (vgl. Hans Gyger, Kommentar zum SVG, 9. Aufl., Zürich 2022, SVG 1 N 3).

Es liegt auf der Hand, dass mit der zunehmenden Automatisierung des Fahrens für Fahrzeugführende nicht mehr die exakt gleichen Verkehrsregeln gelten können. So sieht das neue SVG in Art. 25b Abs. 1 SVG vor, dass der Bundesrat regle, unter welchen Voraussetzungen und in welchem Umfang der Führer eines Fahrzeugs mit einem Automatisierungssystem von seinen Pflichten nach Art. 31 Abs. 1 SVG (Beherrschen des Fahrzeugs) befreit ist. Der Bundesrat hat in Art. 22 VAF geregelt, dass der Fahrzeugführer bzw. die Fahrzeugführerin nach erfolgreicher Aktivierung des Automatisierungssystems die Lenkvorrichtung loslassen und die Bedienung des Fahrzeugs dem Automatisierungssystem überlassen kann (Art. 22 Abs. 1 VAF). Der Fahrzeugführer bzw. die Fahrzeugführerin hat bei aktiviertem Automatisierungssystem das Fahrzeug und den Verkehr nicht dauernd zu überwachen, muss aber bereit bleiben, die Fahrzeugbedienung jederzeit selbst wieder zu übernehmen (Art. 22 Abs. 2 VAF). Insoweit kommt dem Menschen trotz der Befreiung einer Pflicht (Beherrschen eines Fahrzeugs) eine durchaus zentrale Bedeutung zu.

Umgekehrt richten sich Verkehrsregeln, soweit der Mensch nicht mehr daran gebunden ist, an Automatisierungssysteme. Dabei wird, wie selbstverständlich davon ausgegangen, dass die Automatisierungssysteme diese befolgen können. An Menschen gerichtete Verkehrsregeln lassen oft einen gewissen Spielraum, wie sich etwa an Art. 31 Abs. 1 SVG veranschaulichen lässt, der vorschreibt, dass den Fussgängern das

Überqueren der Fahrbahn in angemessener Weise zu ermöglichen ist. Zudem stehen Menschen bei Regelbrüchen Rechtfertigungs- und Entschuldigungsgründe zu. Die momentane Rechtslage lässt tatsächlich ungeklärt, wie Automatisierungssysteme mit diesen Spielräumen umgehen sollen vgl. dazu (Uhlmann, Lachmayer, & Gstöttner, 2022, S.9 ff.; Gstöttner & Lachmayer, 2021, S. 481 f.; Hounder & Raemy, 2016, S. 478 ff.).

Im Zusammenhang mit der Integration des LVs in das digitalisierte Verkehrssystem sind keine neuen Verkehrsregeln statuiert. Auch im Bereich der Lehre ist dies – soweit überblickbar – nicht thematisiert worden.

2.7.3 Strafrechtliche Verantwortlichkeit

Strafrecht lässt sich definieren als die Gesamtheit der Rechtssätze, welche für ein bestimmtes menschliches Verhalten Strafen vorsehen (Donatsch et al., 2022). Ein wichtiges Prinzip ist das sogenannte Legalitätsprinzip. Dieses besagt, dass eine Strafe nur wegen einer Tat verhängt werden darf, welche das Gesetz ausdrücklich unter Strafe stellt.

Für den Strassenverkehr ist dabei vor allem der Artikel 90 SVG relevant. Dieser Artikel stellt die Verletzung einer Verkehrsregel mit einer Busse unter Strafe (Art. 90 Abs. 1 SVG). Wer durch grobe Verletzung von Verkehrsregeln eine ernstliche Gefahr für die Sicherheit anderer hervorruft oder in Kauf nimmt, kann mit einer Freiheitsstrafe von bis zu drei Jahren oder einer Geldstrafe bestraft werden (Art. 90 Abs. 2 SVG). Zusätzliche Absätze von Art. 90 SVG stellen krasse Missachtungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit unter Strafe. Weitere Straftatbestände sind das Fahren in fahruntfähigem Zustand oder die Vereitelung von Massnahmen (Art. 91 und 91a SVG). Auch das Strafgesetzbuch (StGB) ist für den Strassenverkehr relevant. Hier sind es meistens Fahrlässigkeitsdelikte wie die fahrlässige Körperverletzung (Art. 125 StGB) oder die fahrlässige Tötung (Art. 117 StGB) die eine Rolle spielen. Bei Fahrlässigkeitsdelikten erfolgt die Verletzung nicht vorsätzlich. Fahrlässig handelt, wer die Folge seines Verhaltens aus pflichtwidriger Unvorsichtigkeit nicht bedenkt oder darauf nicht Rücksicht nimmt (Art. 12 Abs. 3 StGB).

S. Huonder/O. Raemy gehen davon aus, dass, sobald und soweit die Fahrzeuglenkenden von ihren Beherrschungspflichten befreit sind, ihnen insoweit keine Verletzung einer Verkehrsregel vorgeworfen werden kann und auch eine entsprechende Strafbarkeit entfällt (Hounder & Raemy, 2016, S.54). Probst weist darauf hin, dass die Fahrzeugführenden aktuell nur von der Pflicht befreit seien, das Fahrzeug zu beherrschen, nicht aber die Geschwindigkeit im Sinne von Art. 34 Abs. 1 und 2 einzuhalten. Er sieht Fahrzeugführende der Gefahr der Strafbarkeit ausgesetzt, wenn das Automatisierungssystem die erlaubte Höchstgeschwindigkeit überschreitet und diese nicht eingreifen. Zudem sieht dieser Autor aufgrund des allgemeinen Gefahrensatzes potenziell stets ein Fahrlässigkeitsdelikt als möglich an (Probst, 2021, S. 57). Thommen kommt nach einer Analyse von ausländischen Unfällen im Zusammenhang mit automatisiertem Fahren zum Schluss, dass Fahrzeugnutzende, durch die ihnen obliegende Pflicht, der Technik nicht vertrauen zu dürfen, auch eine strafrechtliche Verantwortlichkeit treffe, obwohl ihnen letztlich nichts vorgeworfen werden könne (Thommen, 2018, S.28).

Zusammenfassend geht die Lehre von einer gewissen Rechtsunsicherheit aus, was die strafrechtliche Verantwortlichkeit der Fahrzeugführenden betrifft, wenn das Automatisierungssystem Fahraufgaben übernimmt. Dies äussert sich etwa darin, dass beim führerlosen Fahrzeug, bei welchem die Strafbarkeit des Fahrzeugführenden entfallen muss, gar die strafrechtliche Verantwortlichkeit des Passagiers bzw. der Passagierin diskutiert wird (Probst et al., 2016, S.88 ff.). Die Botschaft zur Änderung des Strassenverkehrsgesetzes vom 29. Dezember 2021 widmet sich ebenso der Thematik der strafrechtlichen Verantwortlichkeit von Fahrzeugführenden, Fahrzeughaltenden und Fahrzeugherstellenden. Sie sieht jedoch im Zusammenhang mit der Gesetzesnovelle zum automatisierten Fahren die bestehenden strafrechtlichen Regeln als genügend an (BBl 2021 3026, S. 37 ff.).

2.7.4 Zivilrechtliche Haftung

Art. 58 Abs. 1 SVG regelt im Grundsatz, dass der Fahrzeughalter oder die Fahrzeughalterin kausal dafür haftet, wenn durch den Betrieb eines Motorfahrzeuges ein Mensch getötet oder verletzt wird oder Sachschaden verursacht wird. Diese Kausalhaftung wird dadurch begründet, dass der Halter durch den Betrieb des Fahrzeugs einen gefährlichen Zustand schafft und entsprechend auch ohne Verschulden für die entstandenen Schäden aufkommen soll. Keine Haftung des Halters besteht bei höherer Gewalt oder grobem Drittverschulden. Sobald die fehlerhafte Beschaffenheit des Fahrzeugs zum Unfall beigetragen hat, haftet der Halter auf jeden Fall. Eine Haftungsbefreiung ist diesfalls ausgeschlossen (Art. 59 Abs. 1 SVG). Die kausale Halterhaftung ist kombiniert mit einer Haftpflichtversicherungspflicht (Art. 63 ff. SVG). Der Zweck ist, sicherzustellen, dass Geschädigte nicht auf zahlungsunfähige Schädiger treffen.

Der schweizerische Gesetzgeber hat das Prinzip der Halterhaftung auch mit der Einführung der Gesetzgebung zum automatisierten Fahren beibehalten. Es sei sachgerecht, dass jedenfalls vorläufig weiter Halterin oder der Halter weiter für das Betriebsrisiko eintreten müssten (BBl 2021 3026, S.40).

Probst erwartet nicht, dass automatisierte Fahrzeuge grundsätzlich neue Haftungsprobleme aufwerfen wird (Probst T. , 2021, S.56). Ebenso zu bedenken ist, dass im Zuge der Automatisierung und Digitalisierung vermehrt Produktfehler und somit Haftungsfälle nach Produkthaftungsgesetz (PrHG) in Frage kommen können. Gemäss Rechtsprechung, welche mittlerweile mit Art. 96c Abs. 2 VVG (Bundesgesetz über den Versicherungsvertrag, SR 221,229.1) eine gesetzliche Verankerung erfahren hat, haben Haftpflichtversicherer vollumfängliche Regressrechte und können gegen Hersteller von automatisierten Fahrzeugen vorgehen, wenn eine Verletzung des Bundesgesetzes über die Produkthaftung (PrHG), in Frage steht (Lohmann, 2018). Auch Huonder und Raemy erkennen keinen wirklichen Handlungsbedarf, was das Haftungssystem anbelangt. Immerhin können sie sich vorstellen, dass Herstellerinnen von automatisierten Fahrzeugen den Käuferinnen und Käufern die Übernahme der Kosten von Haftpflichtversicherungen anbieten könnten oder gar selbst Haftpflichtversicherungen für ihre Flotte abschliessen würden. Diesfalls könnte ein Übergang des Prinzips der Halterhaftung zur Herstellerhaftung geprüft werden (Huonder & Raemy, 2016, S.54) Verbunden mit der Produkthaftung ist das Bundesgesetz über die Produktesicherheit (PrSG). Damit sollen die Sicherheit von Produkten gewährleistet und der grenzüberschreitende freie Warenverkehr erleichtert werden. Dieses Gesetz sieht

für Hersteller eine Marktbeobachtungspflicht nach dem Inverkehrbringen der Produkte vor (siehe Art. 8 PrSG).

Mit Bezug auf digitalisierte Verkehrsinfrastrukturen kommt die Werkeigentümerhaftung im Sinne von Art. 58 OR in Betracht. So haften Bund, Kanton und Gemeinden heute für mangelhafte bzw. nicht genügend unterhaltene Strassen, wobei auch eine fehlende Signalisation von Gefahren einen Werkmangel darstellen kann (Müller, 2023, OR 58 N42 ff.). Die Unterstellung von staatlichen Akteuren, welche eine öffentliche Aufgabe erfüllen, unter eine privatrechtliche Haftungsnorm ist untypisch, aber ein Weg, den die Rechtsprechung deshalb gewählt hat, weil das kantonale öffentliche Recht insoweit lückenhaft ist (Brehm, 2021, OR 58 N 165 ff.). Es scheint jedenfalls naheliegend, bei einer mangelhaften digitalisierten Verkehrsinfrastruktur ebenso die Werkeigentümerhaftung gemäss Art. 58 OR anzuwenden. Dies scheint in der Lehre bis anhin aber nicht vertieft diskutiert worden zu sein.

2.7.5 Datenschutz und Datennutzung

Seit dem 1. September 2023 gilt für die Schweiz das neue Datenschutzgesetz (DSG) samt neuer Datenschutzverordnung (DSV). Für die EU gilt bereits seit 2018 die Datenschutz-Grundverordnung (EU-DSGVO), welche je nach Umständen, etwa bei einer eigentlichen Verhaltensbeobachtung im EU-Raum, auch für in der Schweiz ansässige Personen anwendbar ist. Diese datenschutzrechtlichen Grundlagen regeln den Umgang mit personenbezogenen Daten. Das sind Daten, welche sich auf eine bestimmte oder bestimmbar natürliche Person beziehen. Als bestimmbar gelten gemäss dem schweizerischen Bundesgericht auch Personen, wenn aufgrund von zusätzlichen Informationen auf sie geschlossen werden kann (BGE 136 III E. 3.2. «Logistep»).

Im Rahmen eines digitalisierten Verkehrssystems unter Einbezug des LVs ist davon auszugehen, dass Personendaten erhoben und bearbeitet werden, etwa wenn digitale Kennungen auf persönlichen digitalen Geräten abgerufen werden oder wenn die Umgebung mit visuellen Methoden erfasst wird. Betreffend Erfassung der Umgebung sei auf BGE 138 II 346 «Google Street View» verwiesen. In diesem Entscheid verpflichtete das Bundesgericht den Weltkonzern Google, den Dienst «Street View» nur nach Unkenntlichmachung der aufgenommenen Personen und Autoschildernummern zugänglich zu machen. Lehre und Rechtsprechung diskutieren das Aufnehmen der Umgebung im Zusammenhang mit dem Autoverkehr vor allem im Zusammenhang mit Dashcams, die nicht im Zusammenhang mit dem digitalisierten Verkehrssystem stehen. Hier besteht der Grundtenor, dass solche privaten Aufnahmen in einem Strafprozess nur als Beweis verwendet werden dürfen, wenn diese für die Aufklärung einer schweren Straftat unerlässlich sind bzw. auch in Zivilprozessen nur ausnahmsweise als Beweismittel zugelassen werden sollten (BGE 146 IV 226, Gmüner et al., 2018, S.54-60).

Nach geltendem Recht sind weiter, abgeleitet vom Grundsatz der Verhältnismässigkeit gemäss Art. 6 Abs. 2 DSG, die Prinzipien der Datenvermeidung und der Datensparsamkeit zu erwähnen (Baeriswyl, 2023, DSG 6 N 57). Hervorzuheben ist auch die Pflicht der Ergreifung von geeigneten technischen und organisatorischen Massnahmen, um für eine dem Risiko angemessene Datensicherheit zu sorgen Art. 8 DSG, Art. 2 und 3 DSV.

Der Bund hat im Rahmen der Gesetzesnovelle zum automatisierten Fahren auch im Bereich des Datenschutzes neue Bestimmungen erlassen. So hält Art. 25e Abs. 1 SVG fest, dass die Automatisierungssysteme Daten nur dann bearbeiten können, wenn deren Richtigkeit und Integrität gewährleistet ist. Dies sind Bestimmungen die grundsätzlich bereits aufgrund von Art. 8 DSGVO i.V.m. Art. 2 und 3 DSV gelten, aber der Gesetzgeber hat entschieden, die Grundsätze spezifisch im Zusammenhang mit dem automatisierten Fahren zu erwähnen. Zudem hält Art. 25e Abs. 2 SVG fest, dass Fahrzeug mit Automatisierungssystem mit einem Fahrmodusspeicher ausgerüstet sein müssen. Das Automatisierungssystem und der Fahrmodusspeicher müssen gegen unbefugte Zugriffe geschützt sein (Art. 25e Abs. 2 und 3 SVG). Für den Fahrmodusspeicher wird festgehalten, dass dieser nicht deaktivierbar sein darf, und es wird detailliert geregelt, welche Ereignisse mit einem Zeitstempel versehen werden müssen (Art. 25f Abs. 1 und 2 SVG). Diese Bestimmungen zum Fahrmodusspeicher sollen sicherstellen, dass jederzeit nachvollzogen werden kann, inwieweit der Fahrzeugführer oder -führerin und inwieweit das Automatisierungssystem die Kontrolle oder eben die Nichtkontrolle über die verkehrsspezifische Situation hat. So sollen spezifische straf- und zivilrechtliche Verantwortlichkeiten abgegrenzt werden können und im Rahmen der Analyse von Unfällen, das automatisierte Fahren sicherer gemacht werden. Die Gesetzesnovelle enthält keine neuen datenschutzrechtlichen Bestimmungen, wie mit anderen Daten als den Fahrmodusdaten umzugehen ist bzw. inwieweit diese aufgezeichnet und gespeichert werden dürfen.

Im Zusammenhang mit der Integration des Mischverkehrs in ein digitalisiertes Verkehrssystem kann sich nicht nur die Frage nach dem Schutz von Personendaten stellen, sondern auch die Frage, inwieweit die Nutzung von Personendaten aber auch von Sachdaten wirtschaftlich sinnvoll ist. Die Schweiz kennt keine spezifische rechtliche Grundlage, welche einem einzelnen ein Recht auf Datenzugang ermöglichen würde. Die EU dagegen hat gleich in mehreren Bereichen zum Bereich Datenzugang legifert. So ist auf die Richtlinie (EU) 2019/1024 vom 20. Juni 2019 über offene Daten und die Weiterverwendung von Informationen des öffentlichen Sektors hinzuweisen wie auch auf die Verordnung (EU) 2022/868 vom 30. Mai 2022 über europäische Daten-Governance und zur Veränderung der Verordnung (EU) 2018/1724 (Daten-Governance-Rechtsakt). Letztere Verordnung regelt die Nutzung geschützter Daten des öffentlichen Sektors, die Anforderungen an Datenvermittlungsdienste und das freiwillige Zuverfügungstellen von Daten, dies alles mit dem Ziel einen möglichst fairen Rahmen für die Datennutzung zur Verfügung zu stellen und die Datennutzung zu erleichtern. Einen direkteren Bezug zum digitalisierten Verkehrssystem hat nun die Verordnung (EU) 2023/2854 vom 13. Dezember 2023 über harmonisierte Vorschriften für einen fairen Datenzugang und eine faire Datennutzung sowie zur Änderung der Verordnung (EU) 2017/2394 und der Richtlinie (EU) 2020/1828 (Datenverordnung). Die Datenverordnung gilt für Hersteller vernetzter Produkte und der damit verbundenen Dienste, welche sich auf den EU-Markt ausrichten. Sie haben den Nutzenden die Daten unentgeltlich zur Verfügung zu stellen. Ausnahmen bestehen für Geschäftsgeheimnisse und personenbezogene Daten. Soweit Daten anderweitig zur Verfügung gestellt werden, muss dies diskriminierungsfrei und zu fairen Bedingungen geschehen. Die Datenverordnung wird zum grossen Teil am 12. September 2025 in den EU-Ländern geltendes Recht sein. Gerade für die Automobilindustrie wird sie eine Herausforderung darstellen (Wasilewski, 2024, S.82). Da die Datenverordnung und die dort

geregelten Datenzugangsrechte rechtliches Neuland sind, besteht entsprechend kaum Lehre und keine Rechtsprechung dazu.

Eine weitere datenbezogene Regulierungsthematik, wie es mit Bezug auf das digitalisierte Verkehrssystem unter Eingebzug des LV im Auge zu behalten gilt, ist die Regelung der künstlichen Intelligenz. Die Schweiz hat insoweit (noch) keine spezifische Regelung erlassen. Anders ist die Rechtslage in der EU. Seit dem August 2024 ist die Verordnung EU 2024/1689 vom 13. Juni 2024 zur Festlegung harmonisierter Vorschriften für künstliche Intelligenz und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 300/2008, (EU) Nr. 167/2013, (EU) 168/2013, EU 2018/1139 und EU 2018/2144 sowie der Richtlinien 2014/90/EU (KI-Verordnung) in Kraft getreten. Die KI-Verordnung verfolgt einen risikobasierten Ansatz. Es definiert verbotene KI-Praktiken und unterscheidet ansonsten zwischen Hochrisiko-KI-Systemen, Transparenzpflichten für bestimmte KI-Systemen und KI-Systemen mit allgemeinem Verwendungszweck. Je nach Kategorie sind unterschiedliche Anforderungen zu erfüllen. Gemäss Art. 6 Ziffer 1 KI-Verordnung in Verbindung mit Anhang 1 und der dort erwähnten Verordnung (EU) 2019/2144 betreffend Typengenehmigungen sind KI-Systeme, welche zusammen mit Technologien für automatisiertes bzw. autonomes Fahren verwendet werden, als Hochrisiko-KI-System einzustufen und entsprechend haben solche Systeme strengere Anforderungen zu erfüllen. Th. Hochstrasser/A. Göbel bezeichnen in ihrem Aufsatz zur KI-Regelung in der Schweiz KI-Systeme im Zusammenhang mit autonomen Fahrzeugen als hochriskante Technologien und bezeichnen diesbezüglich die Haftung für fehlerhafte KI-Systeme in diesem Bereich als unklar (Hochstrasser & Göbel, 2025). Der Regulierungs- und Forschungsstand muss somit auch bei diesem rechtlichen Aspekt als nicht weit fortgeschritten bezeichnet werden.

2.8 Forschungsbedarf und Forschungsfragen

Basierend auf dem derzeitigen Forschungsstand zeichnet sich ab, dass weltweit (u.a. in Europa, USA, China) unterschiedliche Einführungsstrategien in Bezug auf digitalisierte Verkehrssysteme und automatisiertes Fahren verfolgt werden. Während beispielsweise in den USA die sehr breit angelegten Pilotversuche weiter ausgedehnt werden und bei Unfällen sowie anderen unvorhergesehenen Zwischenfällen die rechtliche Verantwortung der Betreiber geprüft wird, werden in Europa vor der Einführung selbstfahrender Fahrzeuge deren Zulassungsbedingungen umfassend diskutiert und der Rechtsrahmen definiert. Um eine auf die Schweiz abgestimmte Integration zu ermöglichen, bedarf es daher einer nationalen Untersuchung, in welchen Situationen der LV teilweise oder vollständig in das digitalisierte Verkehrssystem integriert werden kann und muss, sowie welche Varianten der Integration des LV ins digitalisierte Verkehrssystem in der Schweiz bevorzugt werden sollten. Sind wahrscheinliche Varianten erarbeitet, bestehen offene Fragen im Hinblick auf die rechtlichen und technischen Rahmenbedingungen, aber auch bezüglich der Attraktivität für den LV und bezüglich der Akzeptanz der Schweizer Bevölkerung.

Folgende Forschungsfragen sollen beantwortet werden:

- Welche Varianten der Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem sind für die Schweiz denkbar?
- Wie hoch ist die Akzeptanz der Nutzendengruppen pro Variante?

- Welche Variante der Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem ist am wahrscheinlichsten und wird am besten akzeptiert?
- Ist die Variante angesichts der in der Schweiz vorhandenen Infrastruktur und sonstigen Rahmenbedingungen anwendbar oder sind Anpassungen notwendig.
- Welche Empfehlungen lassen sich hinsichtlich der Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem ableiten?

3 Vorgehen und Methoden

3.1 Übergeordnetes Vorgehen

Für die Beantwortung der Forschungsfragen wurde ein Vorgehen in vier Schritten, siehe auch Abbildung 1, gewählt. Diese werden im Folgenden erläutert:

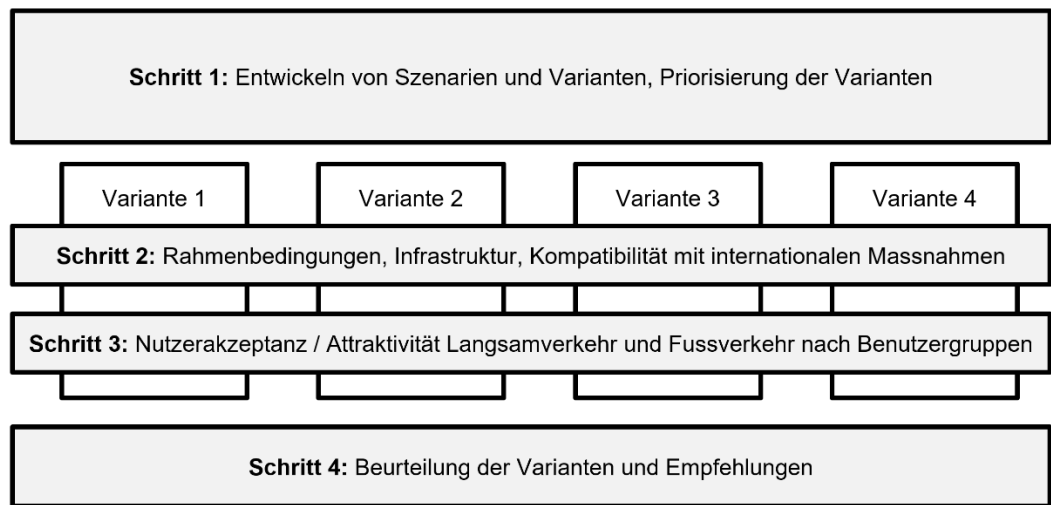


Abbildung 1: Übergeordnetes Vorgehen in vier Schritten.

Schritt 1:

In einem ersten Schritt wurden Szenarien aus der Literatur abgeleitet. Diese Szenarien beschreiben mögliche Verkehrsentwicklungen in den nächsten Jahren mit einem Fokus auf die erwartete Verkehrssituation im Jahr 2050 in der Schweiz.

In jedem Szenario wurden anschliessend auf Basis von Expertenwissen und -einschätzungen und den Bedürfnissen der betroffenen Verkehrsteilnehmenden Varianten der Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem beschrieben und priorisiert.

Schritt 2:

In einem zweiten Schritt wurden pro Variante technische und rechtliche Rahmenbedingungen auf Basis eines Expertenworkshops aufgezeigt.

Schritt 3:

Parallel zum zweiten Schritt wurde die Nutzendenakzeptanz und die Attraktivität der Varianten anhand von Interviews mit Vertretenden unterschiedlicher Nutzendengruppen geführt.

Schritt 4:

Auf Basis der Erkenntnis, die in den Schritten 2 und 3 gewonnen wurden, wurden die Varianten bewertet und für die Bestvarianten wurden Empfehlungen erarbeitet.

3.2 Methoden Kapitel 4 «Szenarien und Varianten»

Vorhandene Prognosen für den Verkehr in der Schweiz im Jahr 2050 wurden als Basis für die Beschreibung von vier Szenarien verwendet. Daraus ergab sich eine Beschreibung von vier möglichen Szenarien des digitalisierten Verkehrssystems im Jahr 2050. Die Szenarien bilden die Basis für die Varianten, die sich einerseits durch das zugrunde gelegte Szenario und andererseits in der Art der Integration voneinander unterscheiden. Die Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem kann passiv oder aktiv erfolgen. Theoretisch könnte die Integration ausschliesslich aktiv und damit verpflichtend aktiv erfolgen. Eine Kombination von passiver Integration als Standard und einer freiwilligen aktiven Integration ist ebenfalls denkbar (siehe Tabelle 2).

Übersicht über die Varianten der Integration des LV

	Verpflichtend aktive Integration	Passive Integration	Passive Integration mit freiwilliger aktiver Integration
Szenario 1: Weiter-Wie-Bisher	Variante 1A	Variante 1B	Variante 1C
Szenario 2: Basis	Variante 2A	Variante 2B	Variante 2C
Szenario 3: Individualisierte Gesellschaft	Variante 3A	Variante 3B	Variante 3C
Szenario 4: Nachhaltige Gesellschaft	Variante 4A	Variante 4B	Variante 4C

Tabelle 2: Varianten der Integration des LVs in das digitalisierte Verkehrssystem.

3.2.1 Interviews mit Experten im Bereich des technischen Entwicklungspfads

Die Interviews mit Fachexperten zum technischen Entwicklungspfad wurden anhand eines teilstandardisierten Fragebogens qualitativ geführt. Der Fragebogen ist in Anhang 1 abgebildet. Die zu interviewenden Personen wurden gemäss folgender Expertisen und Fachgebiete ausgewählt:

- Verkehrsplanung und automatisierte Fahrzeuge, Fokus E-Bike-City
- Digitalisierung der Verkehrssysteme in der Schweiz und Europa
- Betreiben von automatisierten Fahrzeugen in anderen Ländern
- Entwicklung von E-Bikes und Fahrrädern im Bereich von Fahrerassistenzsystemen und Sicherheitssystemen
- Entwicklung der (digitalisierten) Infrastrukturen
- Erfahrung mit Pilotprojekten im Bereich der Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem
- Entwicklung der Rahmenbedingungen insbesondere der rechtlichen Rahmenbedingungen in der Schweiz

3.2.2 Interviews mit Vertretenden des LV

Die Interviews mit Vertretenden des LV, welche Rückschlüsse auf die Bedürfnisse des LV in Bezug auf die Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem geben sollen, wurden anhand eines teilstandardisierten Fragebogens qualitativ geführt. Der

Fragebogen ist in Anhang 2 abgebildet. Die zu interviewenden Personen wurden so ausgewählt, dass sie folgende Gruppen und Expertisen repräsentieren:

- Velofahrende
- Zufussgehende
- Kinder im Strassenverkehr
- Bedürfnisse von Menschen mit Behinderung

3.2.3 Entwicklung von Situationen

Zur Verdeutlichung der Varianten wurden Situationen als plakative Beispiele, welche die wesentlichen Interaktionen der jeweiligen Integrationsvariante beschreiben, entwickelt. Diese Situationen wurden im Rahmen eines projektteaminternen Workshops diskutiert. Der Fokus lag dabei auf Situationen, bei denen der Unterschied von aktiver und passiver Integration besonders deutlich wird.

In jedem der vier Szenarien sind drei Varianten der Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem denkbar. Daraus ergeben sich zwölf Varianten. Für die weitere Betrachtung wurden die Varianten im Rahmen des Workshops durch die Projektteammitglieder priorisiert. Massgebend für die Priorisierung war die Eintretenswahrscheinlichkeit und die Aussagekraft für die weiteren Schritte gemäss Kapitel 3.1. Die Priorisierung durch das Projektteam wurde in einer Sitzung mit der Begleitkommission diskutiert und auf Basis der Rückmeldungen angepasst.

3.3 Methoden Kapitel 5 «Rahmenbedingungen»

Die technischen Voraussetzungen und Rahmenbedingungen für die Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem wurden für die priorisierten Varianten auf Basis eines Expertenworkshops, mit den bereits für die Entwicklung der Varianten interviewten Experten und einem weiteren Experten aus dem Bereich der Zulassungen, erarbeitet.

Im Bereich der rechtlichen Fragen wurde ebenfalls eine Expertin zum Workshop eingeladen.

3.4 Methoden Kapitel 6 «Nutzenakzeptanz und Attraktivität der Varianten»

Zur Bewertung der Nutzenakzeptanz und der Attraktivität der Varianten wurden teil-standardisierte Interviews durchgeführt, die sich am UTAUT2 (Venkatesh et al., 2012) orientierten. Der Leitfaden ist im Anhang 3 aufgeführt. Die Interviewpartner und -partnerinnen wurden so ausgewählt, dass sie die Diversität des LVs widerspiegeln. Dies umfasste erneut die Perspektive der Velofahrenden, der Zufussgehenden sowie von Menschen mit Behinderung. Zusätzlich wurde ein Mobilitätsexperte hinzugezogen, der sich bereits intensiv mit dem LV der Zukunft beschäftigt hat.

3.5 Methoden Kapitel 7 «Bewertung der Varianten und Empfehlungen»

Für die Bewertung der Varianten wurden in einem projektinternen Workshop in einem ersten Schritt zu bewertende Kriterien, eine Bewertungsmethode und die Gewichtung der Kriterien festgelegt, anhand welcher die priorisierten Varianten beurteilt werden sollen, mit dem Ziel, die Bestvariante zu ermitteln. Bei der Erarbeitung der Kriterien standen folgende Fragestellungen im Zentrum:

- Wie realistisch ist die Umsetzung der Variante bis zum Zielzeitpunkt 2050?
- Wie wird die Sicherheit im Strassenverkehr und insbesondere für den LV in dieser Variante beurteilt?
- Wie wird das Verkehrssystem hinsichtlich von Effizienz beurteilt und wie diskriminierungsfrei ist das Verkehrssystem?
- Wie gut werden die Velofahrenden die Variante akzeptieren und wie attraktiv ist sie für Velofahrende?
- Wie gut wird der Fussverkehr, insbesondere mobilitätseingeschränkte Personen und Kinder, die Variante akzeptieren und wie attraktiv ist sie für diese Gruppe von Menschen?
- Wie werden die rechtlichen bzw. politischen Hürden für die Umsetzung der Variante eingeschätzt? (Mit dem Fokus auf die Schweiz wird davon ausgegangen, dass das Recht auf neue Situationen angepasst werden kann, das äussert sich z.B. auch in der neuen VAF. Somit stehen eher Rechtssetzungsfragen, also politische Fragen und Hürden im Zentrum)
- Wie hoch sind die Zusatzkosten, für die in der Variante benötigte, neue Infrastruktur?

Die Bewertungsmethode wurde bewusst einfach gewählt. Die Herausforderung bestand darin, für verschiedene Varianten der Integration die Auswirkungen in der Zukunft auf Basis von Studien und Expertenwissen, sowie Antworten von Nutzenden abzuschätzen. Um dieser Abschätzung auf Basis vager Informationen gerecht zu werden, wurde eine Dreierskala, z.B. «klein», «mittel», «gross», gewählt. Die Varianten wurden anschliessend vergleichend beurteilt.

Die Nutzendenakzeptanz wurde einmal aus Sicht Veloverkehr, einmal aus Sicht Fussverkehr und einmal aus Sicht von mobilitätseingeschränkten Personen und Kindern beurteilt. So wird die Nutzendenakzeptanz in drei Kriterien aus drei verschiedenen Blickwinkeln beurteilt, und folglich drei Mal so hoch gewichtet, wie die anderen Kriterien. Diese hohe Gewichtung widerspiegelt, dass ohne die Akzeptanz der Nutzenden eine Variante der Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem nicht denkbar ist. Die anderen Kriterien wurden als vergleichbar wichtig eingestuft. Folglich wurde jedem Kriterium dasselbe Gewicht zugesprochen.

Die Bestvariante ergab sich nach Bewertung der Einzelkriterien: die Variante, bei der die Summe der Bewertungen am grössten ist, gilt als Bestvariante. Da zwei Varianten die gleiche Punktzahl erreichten, wurden zwei Varianten als Bestvarianten weiterverfolgt.

Im zweiten Teil des projektinternen Workshops wurden Empfehlungen für die beiden Bestvarianten aus den bisherigen Arbeiten hergeleitet. Die stichwortartig skizzierten Varianten wurden mit der Begleitkommission des Forschungsprojekts (BK) diskutiert und anschliessend finalisiert.

4 Szenarien und Varianten

4.1 Entwicklung und Beschreibung von Szenarien

Die vorliegenden Szenarien beschreiben, welche Formen des automatisierten Fahrens den zukünftigen Verkehr in der Schweiz prägen könnten. Die Entwicklung der Szenarien basiert auf den Erkenntnissen aus der Literatur. Die in diesem Forschungsprojekt zugrunde gelegten Szenarien orientieren sich an den Hauptszenarien gemäss ASTRA (ASTRA, Bundesamt für Strassen, 2020b) und werden durch die Annahmen und Erkenntnisse der Verkehrsperspektiven 2050 (ARE, Bundesamt für Raumentwicklung, 2022) ergänzt. Alle Szenarien werden für den gleichen Zeitpunkt, d.h. das Jahr 2050, definiert und umschrieben.

Als Grundlage werden die vier Szenarien der Verkehrsperspektiven 2050 verwendet: «Weiter-Wie-Bisher», «Basis», «ITG» und «NTG» (siehe 2.2). Diese werden im Folgenden mit Bezug zur Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem weiter umschrieben. Für die Beschreibung der Szenarien werden verschiedene Trends herangezogen, die sowohl auf wissenschaftlichen Studien basieren als auch durch Annahmen des Projektteams ergänzt werden. Diese Trends sind entscheidend, um die einzelnen Szenarien hinsichtlich der Integration des LV in das digitale Verkehrssystem zu beschreiben. Die ausgewählten Trends liefern wichtige Informationen zum LV und dienen als Rahmenbedingungen für die im nachfolgenden Kapitel dargestellte Variantenentwicklung. Die zugrunde gelegten Trends zur Beschreibung der Szenarien umfassen folgende Aspekte:

- **Anteil automatisiertes Fahren:** Der Anteil der Automatisierung im Mischverkehr beeinflusst, wie der LV in das Gesamtverkehrssystem eingebunden werden kann.
- **Entwicklung Langsamverkehr:** Trends und Entwicklungen im LV geben Aufschluss darüber, wie dieser künftig integriert werden sollte. Steigende Nutzendenzahlen und veränderte Mobilitätsgewohnheiten erfordern angepasste Massnahmen und Systeme.
- **Angebots- und Organisationsform:** Die Organisation von Mobilitätsangeboten (z. B. Privatbesitz, Sharing- und Pooling-Systeme) beeinflusst die Möglichkeiten und die Effizienz der Einbindung des LV in das digitale Verkehrssystem.
- **Physische Infrastruktur:** Die physische Infrastruktur spielt eine entscheidende Rolle bei der Integration des LV in das digitale Verkehrssystem. Abhängig von den vorhandenen Gegebenheiten und dem Grad der Entflechtung der Verkehrsmittel sind unterschiedliche Varianten zur Integration denkbar.
- **Datenaustausch:** Der Grad der Vernetzung und die Effektivität des Datenaustausches zwischen verschiedenen Verkehrssystemen bestimmen massgeblich die Möglichkeiten der Integration des LV. Je effizienter, zuverlässiger und sicherer der Datenaustausch ist, desto effizienter kann der LV eingebunden werden.
- **Verkehrszustand (Staustunden):** Die Verkehrssteuerung hat direkten Einfluss auf den Verkehrsfluss. Dank geringerer Staustunden können sicherere und effizientere Möglichkeiten zur Integration des LV entstehen, da unter anderem das

Risiko von Auffahrunfällen und riskanten Spurwechseln deutlich reduziert wird und zugleich stabilere sowie besser planbare Rahmenbedingungen für eine verlässliche und sichere Integration geschaffen werden.

In den folgenden Tabellen werden je Trend die einzelnen Szenarien beschrieben.

Anteil automatisiertes Fahren im Jahr 2050

Weiter-Wie-Bisher	32% im Bestand (PW); 39% im Bestand (SV)
Basis	32% im Bestand (PW); 39% im Bestand (SV)
ITG	62% im Bestand (PW); 67% im Bestand (SV)
NTG	62% im Bestand (PW); 67% im Bestand (SV)

Tabelle 3: Anteil automatisierte Fahrzeuge je Szenario (ARE, 2022).

Zunahme Langsamverkehr im Jahr 2050

Weiter-Wie-Bisher	• Zunahme, aber weniger dynamisch als in den letzten 10 Jahren • Velogeschwindigkeiten erhöhen sich leicht
Basis	• Dynamischer Trend der letzten Jahre setzt sich fort • Velogeschwindigkeiten erhöhen sich spürbar (als Resultat aus infrastrukturellen Massnahmen sowie einem vermehrten Einsatz von E-Bikes)
ITG	• Zunahme, aber weniger dynamisch als in den letzten 10 Jahren • Velogeschwindigkeiten erhöhen sich leicht
NTG	• Leicht dynamischerer Trend als im Basis-Szenario • Velogeschwindigkeiten erhöhen sich deutlich (als Resultat aus infrastrukturellen Massnahmen sowie einem vermehrten Einsatz von E-Bikes)

Tabelle 4: Zunahme LV je Szenario (ARE, 2022).

Angebots- und Organisationsform im Jahr 2050

Weiter-Wie-Bisher	• Mehrheitliche Nutzung des eigenen Fahrzeugs • ÖV-Angebote bieten eine zuverlässige Alternative • Sharing-Angebote bleiben in der Nische • On-Demand-Angebote können sich nicht durchsetzen
Basis	• Sharing-Angebote ersetzen zunehmend Privatbesitz • In Städten dominiert hoch automatisiertes ÖV-Angebot • On-Demand-Angebote ergänzen ÖV vorwiegend im ländlichen Raum
ITG	• Stark individuelle, monomodale Mobilität • Wenig differenzierte Angebots- und Organisationsformen • ÖV verliert an Bedeutung, konkurriert zunehmend mit On-Demand-Angeboten
NTG	• Kollektive, vielfach multimodale Mobilität mit differenzierten Angebots- und Organisationsformen • Hoch automatisiertes ÖV-Angebot • On-Demand-Angebote ergänzen ÖV

Tabelle 5: Angebots- und Organisationsform je Szenario (ARE, 2022; ASTRA 2019a).

Physische Infrastruktur im Jahr 2050

Weiter-Wie-Bisher	• Geringe Entflechtung der Verkehrsmittel im Strassenverkehr
Basis	• Zunehmende Entflechtung der Verkehrsmittel im Strassenverkehr
ITG	• Zunehmende Entflechtung der Verkehrsmittel im Strassenverkehr
NTG	• Hohe Entflechtung der Verkehrsmittel im Strassenverkehr

Tabelle 6: Angebots- und Organisationsform je Szenario (Annahme Projektteam)

Datenaustausch Infrastruktur/Betreiber/Fahrzeug im Jahr 2050

Weiter-Wie-Bisher	• Daten werden bereitgestellt (NaDIM) • Durch tiefen Anteil automatisierter Fahrzeuge ist der Vernetzungsgrad gering
Basis	• Daten werden bereitgestellt (NaDIM) • Durch tiefen Anteil automatisierter Fahrzeuge ist der Vernetzungsgrad gering
ITG	• Daten werden bereitgestellt und ausgetauscht (mutual data sharing) • Durch höheren Anteil automatisierter Fahrzeuge ist der Vernetzungsgrad hoch
NTG	• Daten werden bereitgestellt und ausgetauscht (mutual data sharing) • Durch höheren Anteil automatisierter Fahrzeuge ist der Vernetzungsgrad hoch

Tabelle 7: Angebots- und Organisationsform je Szenario (ASTRA, 2022; TA-Swiss, 2020)

Verkehrszustand im Jahr 2050

Weiter-Wie-Bisher	• Weiterhin hoher Anteil an Privatbesitz, wenig geteilte Fahrzeuge führt zu unverändertem Verkehrszustand
Basis	• Zunahme geteilte Fahrzeuge, jedoch weiterhin hoher Anteil an Privatbesitz führt zu leichter Veränderung des Verkehrszustands
ITG	• Hoher Vernetzungsgrad führt zu einer spürbaren Verbesserung des Verkehrszustands
NTG	• Hoher Vernetzungsgrad und hoher Sharing-Anteil führt zu einer sehr starken Verbesserung des Verkehrszustands

Tabelle 8: Verkehrszustand je Szenario (Annahme Projektteam)

4.2 Erkenntnisse aus den Interviews

4.2.1 Technischer Entwicklungspfad

Zur Einordnung der Entwicklung von V2X und weiteren Technologien im Zusammenhang mit der Integration des LVs ins digitalisierte Verkehrssystem in den nächsten Jahren oder Jahrzehnten wurden Interviews mit verschiedenen Fachpersonen durchgeführt. Dabei wurden sowohl Fachpersonen in der Entwicklung intelligenter Infrastruktur als auch möglichst unabhängige Experten aus den Bereichen ICT und Infrastruktur befragt. Die Interviewpartner sind in Tabelle 9 aufgeführt.

Übersicht der interviewten Personen

Namen	Firma oder Institut
Prof. Kay Axhausen	Emeritierter Prof. für Verkehrsplanung und Transportsysteme an der ETH Zürich
Ralf Bosch	RB Consulting
Roland Wunder	Yunex Traffic
Andreas Reschka	Pony.ai
Janko Heller und Nils Gayer	Landesbetrieb Strassen Brücken und Gewässer (LSBG) Hamburg
Georgios Kapousizis	Ph.D. Candidate Uni Twente Niederland
Markus Riederer	ASTRA intelligente Mobilität

Tabelle 9: Interviewte Personen

Die Interviews beleuchteten verschiedene Aspekte der Integration von automatisierten Fahrzeugen und LV ins digitalisierte Verkehrssystem. Gemäss den Experten werden automatisierte Fahrzeuge in Zukunft eine wichtige Rolle spielen, wobei klare Signale und eine digitale Kommunikation zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur sowie LV entscheidend sind.

Die Interviews hoben die Bedeutung der Vernetzung mit der Infrastruktur und die Vorteile für den LV hervor. Eine verbesserte Vernetzung zwischen Verkehrsteilnehmern und Infrastruktur könne die Verkehrssicherheit und den Verkehrsfluss erhöhen. Es gäbe bereits erfolgreiche Ansätze, aber die Finanzierung und Regulierung müsse vorrangig geklärt werden. Datenschutz und Vertrauen in den Staat und die Politik seien

dabei entscheidend für die Akzeptanz eines digitalisierten Verkehrssystems. Ein weiteres wichtiges Thema war die Cybersicherheit. Die zunehmende Digitalisierung birgt Risiken wie Sabotage und verursacht zunehmend hohe Kosten.

Ein zentrales Thema war die Notwendigkeit, dass automatisierte Fahrzeuge den LV erkennen, ohne dabei die Privatsphäre der Personen zu verletzen. Es wurde betont, dass die Erkennung und der Umgang von automatisierten Fahrzeugen mit LV standardisiert erfolgen müsse, um Sicherheitsrisiken zu minimieren. Es wurde auch auf die Herausforderungen bei der Integration von älteren und mobilitätseingeschränkten Personen hingewiesen. Die Integration solle alle Verkehrsteilnehmer gleichberechtigt berücksichtigen.

Zusammenfassend zeigten die Interviews, dass die Integration von automatisierten Fahrzeugen und LV sorgfältig geplant und umgesetzt werden muss, um die Sicherheit und Akzeptanz zu gewährleisten. Die Mehrheit der Interviewpartner betonte, dass die Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssysteme passiv erfolgen sollte. Eine schrittweise, praxisorientierte Integration ins digitalisierte Verkehrssysteme wird dabei empfohlen. Die Themen Datenschutz, politische Haltung und daraus folgende Regulierung und Finanzierung sowie die Zuverlässigkeit der Systeme wurden dabei als entscheidend erachtet.

4.2.2 Nutzende

Um die Perspektive möglichst vieler Teilnehmenden des LV abzudecken, wurden Vertretende verschiedener Verbände und der Stadtpolizei Zürich interviewt (Tabelle 10). Der Leitfaden der teilstandardisierten Interviews findet sich im Anhang 2.

Interviewpartner und -partnerinnen

Interviewte Person	Verband bzw. Themenfokus
Christoph Merkli	proVelo Schweiz
Reto Müller und Christian Schaellibaum	Stadtpolizei Zürich, Kommissariat Prävention, Schulinstruktion
Eva Schmidt	Hindernisfreie Architektur
Dominik Bucheli	Fussverkehr Schweiz

Tabelle 10: Interviewte Personen

Alle befragten Personen sprachen sich für eine passive Integration des LVs aus und sahen darin die realistischere Form der Integration. Insbesondere die Rücksichtnahme auf Kinder, ältere Personen und Personen mit Behinderungen, die sich möglicherweise beim Mitführen eines Digitalen Geräts schwertun könnten, wurde dabei thematisiert. Zudem wurde kritisch angemerkt, dass durch das verpflichtende Mitführen eines Gerätes zum einen Kosten entstünden, deren Übernahme nicht geklärt sei. Darüber hinaus wurde zu bedenken gegeben, dass die Verantwortung für die Integration an den LV übertragen werde, was als inakzeptabel bewertet wurde.

Im Hinblick auf eine freiwillige aktive Integration wurden verschiedene mögliche Situationen genannt, wie etwa das frühzeitige Anmelden an einer LSA für Rollstuhlfahrende oder eine auditive Rückmeldung für Personen mit visuellen Beeinträchtigungen. Für Velofahrende wurde das Anbringen eines Digitalen Geräts am Velo selbst in Betracht gezogen, was beispielsweise für die Umsetzung der «grünen Welle» hilfreich sein könne.

Alle befragten Personen sahen in der Integration des LVs in das digitalisierte Verkehrssystem Möglichkeiten, den Verkehrsfluss zu lenken bzw. für den LV zu verbessern und auch die Verkehrssicherheit des LVs zu erhöhen. Zudem wurde die Hoffnung formuliert, dass durch aktive Integration eine bessere Inklusion für Personen mit Behinderungen umgesetzt werden kann.

4.3 Beschreibung von Situationen der Interaktion

Um die Varianten der Integration des LV in das digitale Verkehrssystem zu veranschaulichen, werden zunächst exemplarische Verkehrssituationen beschrieben. Diese zeigen die verschiedenen Interaktionsmöglichkeiten zwischen Verkehrsmitteln, Infrastrukturen und dem LV auf. So lassen sich die Unterschiede zwischen einer aktiven und einer passiven Integration des LV darstellen und hervorheben. Eine passive Integration des LV bezeichnet die Integration des LV wie heute üblich, sprich, bei der der LV im System nicht digital sichtbar ist und auch selbst keine Informationen erhält. Bei der aktiven Integration wird zwischen unidirektionaler und bidirektionaler Integration unterschieden.

Eine aktive Integration bietet Vorteile, wie u.a. eine erhöhte Sicherheit, die Möglichkeit, spezifischer auf den LV eingehen zu können, sowie eine attraktivere Teilnahme am Verkehr. Hierbei ist auch denkbar, dass nicht nur die aktuelle Trajektorie, sondern der komplette, vorgeplante Weg zum Bestimmungsort ein Teil der vorhandenen Information ist. Nachteile sind hingegen die Anschaffung oder Nutzung eines digitalen Geräts (z.B. On-Board-Unit oder App), Datenschutzbedenken sowie die Notwendigkeit gemeinsamer Schnittstellen mit entsprechender technischer Ausstattung der Verkehrsteilnehmenden.

In einem projektinternen Workshop wurden verschiedene Situationen erarbeitet, anhand derer sich die unterschiedlichen Arten der Interaktion besonders anschaulich darstellen lassen. Diese wurden anschliessend mit der Begleitkommission (BK) diskutiert. Im Fokus stand dabei die Frage, in welchen Situationen eine aktive bzw. passive Integration besonders deutlich wird oder veranschaulicht werden kann. Dabei wurden folgende Interaktionen betrachtet:

- Interaktion zwischen Infrastruktur und LV
- Interaktion zwischen LV und LV
- Interaktion zwischen Automatisierten Fahrzeugen und LV
- Interaktion zwischen Infrastruktur und LV (mit Fokus auf Fussverkehr mit und ohne Einschränkungen)
- Interaktion zwischen MIV und LV (mit Fokus auf Fussverkehr mit und ohne Einschränkungen)

Insgesamt wurden fünf spezifische Situationen entwickelt und im Hinblick auf die aktive und passive Integration des LV beschrieben. Diese wurden exemplarisch erarbeitet, um mögliche Situationen konkreter zu untersuchen. Im Folgenden werden diese tabellarisch dargestellt, einschliesslich ihrer Zwecke sowie Vor- und Nachteile.

Grüne Welle (Interaktion Infrastruktur – LV)

Beschreibung der Situation	Fahrzeuge, die die Veloinfrastruktur nutzen dürfen, sollen eine grüne Welle auf allen Relationen in Abhängigkeit der jeweiligen Nachfrage und Verkehrslage erhalten. Die LSA sind folglich für den LV optimiert.
Zweck	• Erkennung des LV durch LSA • Verbesserung des Verkehrsflusses für den LV
Aktive unidirektionale Integration	Der/die Velofahrende erhält auf seinem digitalen Gerät eine Information von der digitalisierten Infrastruktur (LSA oder RSU) mit einem Hinweis dazu, ob seine Geschwindigkeit optimal, zu langsam oder zu schnell ist, um bei der nächsten LSA bei grün anzukommen und somit direkt weiterfahren zu können. Vorteile: • LV wird attraktiver, weil bei optimaler Fahrgeschwindigkeit an der LSA nicht gehalten werden muss. • Diskriminierungsfreie Berücksichtigung unterschiedlicher Verkehrsmittelarten. Nachteile: • LV muss ein digitales Gerät mitführen. • Die digitalen Geräte auf dem Velo müssen mit verschiedenen digitalisierten Infrastrukturen kommunizieren können oder die digitalisierte Infrastruktur muss standardisiert werden.
Aktive bidirektionale Integration	Velofahrende sind mit einem bidirektionalen, digitalen Gerät ausgestattet, das in Echtzeit mit der Umgebung und Infrastruktur (z.B. LSA) und anderen Fahrzeugen kommuniziert. Das Velo profitiert somit nicht nur passiv von optimierten Ampelschaltungen, sondern ist aktiv in die Steuerung der LSA eingebunden. Vorteile: • LV wird attraktiver, weil bei optimaler Fahrgeschwindigkeit an der LSA nicht gehalten werden muss. Nachteile: • Hohe Standardisierung gefordert
Passive Integration	Die LSA reagiert auf ankommende Velofahrende mittels Sensorik und schaltet vor deren Ankunft an der LSA auf grün. Velofahrende erhalten eine Art Vorsignal vor der Ampel, welches darauf hinweist, dass die Geschwindigkeit optimal, zu langsam oder zu schnell ist, um an der nächsten LSA bei grün anzukommen und somit direkt weiterfahren zu können. Vorteile: • Funktioniert für jeden Velofahrenden gleichermassen Nachteile: • Wenn mehrere Velofahrende gleichzeitig den Abschnitt befahren, kann die Anzeige nicht für jeden einzelnen die passende Information anzeigen bzw. Ampel nicht für jeden einzelnen optimiert schalten.

Tabelle 11: Beispielssituation der Interaktion «Grüne Welle»

Begegnungszone (LV – LV)

Beschreibung der Situation	Gegenseitige Begegnungen beim LV in einem für den LV priorisierten Bereich – z.B. in einer Begegnungszone.
Zweck	• Vorausberechnung und Vermeidung von Konfliktpotenzialen
Aktive bidirektionale Integration	Velofahrende sind mit einem bidirektionalen, digitalen Gerät ausgestattet, das in Echtzeit mit der Umgebung und anderen solchen Geräten kommuniziert. Die aktiven, bidirektionalen, digitalen Gerät berechnen in jedem Moment das Konfliktpotential der einzelnen Exponenten des LVs und erkennen mögliche Konfliktsituationen. Zudem gibt es Information von der digitalisierten Infrastruktur, welche die Bewegungen (Geschwindigkeiten, Richtungsänderungen, Beschleunigungen, etc.) aller Verkehrsteilnehmenden erfasst und analysiert, ob der Abstand für ein sicheres Überholmanöver ausreichend ist und ob möglicherweise andere Verkehrsteilnehmende (z.B. Zufussgehende) gefährdet sein könnten. Im Falle einer erkennbaren, möglichen, zukünftigen Konfliktsituation werden die involvierten Exponenten gewarnt. So werden Velofahrende z.B. bei einem Überholmanöver, bei welchem ein Velo das andere mit geringem Abstand überholt, informiert, dass der Abstand gering ist, bzw. dass ein anderes Velo gerade im Begriff ist, zu überholen. Viele weitere Beispielanwendungen, z.B. auch mit bidirektionalen, digitalen Gerät für den Fussverkehr sind denkbar. Vorteile: • Die Kommunikation zwischen dem LV und der Umgebung ermöglicht es, potenzielle gefährliche Situationen im Vorfeld zu erkennen und sichere Entscheidungen zu treffen. Nachteile: • LV muss ein digitales Gerät mitführen. • Die digitalen Geräte auf dem Velo müssen mit verschiedenen digitalisierten Infrastrukturen kommunizieren können oder die digitalisierte Infrastruktur muss standardisiert werden. • Aufgrund kurzer Reaktionsmöglichkeiten und möglicher falscher Aufmerksamkeitsausrichtung sicherheitsabträglich.

Tabelle 12: Beispielssituation der Interaktion «Begegnungszone» (LV-LV)

Begegnungszone (LV– AF)

Beschreibung der Situation	Gegenseitige Begegnungen zwischen LV und automatisierten Fahrzeugen in einem für den Fussverkehr priorisierten Bereich – z.B. in einer Begegnungszone.
Zweck	• Vorausberechnung und Vermeidung eines Konfliktpotenzials, Erhöhung des Verkehrsflusses
Aktive unidirektionale Integration	Bei einer aktiven unidirektionalen Integration erfolgt die Integration durch die alleinige Verwendung von Sensorik im automatisierten Fahrzeug. Der LV führt keinerlei Kommunikationsgeräte oder Sensoren bei sich. Automatisierte Fahrzeuge können in jedem Moment die Umgebung

erkennen und analysieren, um mögliche Konfliktsituationen mit dem LV zu identifizieren und Bewegungsmuster des LVs zu antizipieren. Im Falle einer erkannten Konfliktsituation passt das Fahrzeug seine Geschwindigkeit an, um Hindernisse ohne kompletten Stopp zu umfahren. Auf dieser Grundlage plant das automatisierte Fahrzeug seine Route so, dass es möglichst nahtlos und effizient am LV vorbeifahren kann und keine Konflikte entstehen.

Vorteile:

- Es erhöht die Effizienz der Fortbewegung automatisierter Verkehrsmittel (heute würden AV entweder nicht überholen oder häufiger den Überholvorgang abbrechen, wenn unvorhersehbar – z.B. durch Sichtverdeckung – Personen im Bewegungspfad erscheinen).
- Die Präzise Sensorik und Vorhersagekapazität des automatisierte Fahrzeuge reduziert das Risiko unerwarteter Kollisionen oder abrupter Bremsmanöver.

Nachteile:

- LV muss sich vollständig auf die Sensorik des automatisierte Fahrzeuge verlassen.

Tabelle 13: Beispielssituation der Interaktion «Begegnungszone» (AF-LV)

Lichtsignalanlage (Infrastruktur – LV)	
Beschreibung der Situation	Besonders mobilitätseingeschränkte Personen im LV, generell auch für Zufussgehende und Velofahrende jeden Alters mit und ohne körperliche Einschränkungen, die an einer LSA die Strasse queren wollen.
Zweck	• Verkehrsfluss erhöhen • Subjektive Sicherheit für mobilitätseingeschränkte Personen mit LV verbessern (Querungswunsch wird zuverlässiger erkannt)
Aktive bidirektionale Integration	Die Zufussgehenden, Velofahrende und Rollstuhlfahrenden sind mit einem bidirektionalen, digitalen Gerät ausgestattet, das in Echtzeit mit der Umgebung und mit gleichartigen digitalen Geräten kommunizieren und seine Querungsintention schon vor dem Erreichen der LSA anmelden kann. Die LSA meldet die nächste Grünphase entsprechend via Ampelschaltung zurück. Vorteile: • Verkehrsfluss für LV wird erhöht. • Mobilitätseingeschränkte Personen sehen sich im digitalen Verkehrssystem repräsentiert. • Rollstuhlfahrende müssen nicht Knopf drücken (teilweise umständlich) • Bidirektionales, digitales Gerät kann eingeschränkten Personen angepasstes Feedback (visuell/ auditiv) geben. Nachteile: • LV muss ein bidirektionales, digitales Gerät mitführen. • Die bidirektionalen digitalen Geräte müssen mit verschiedenen digitalisierten Infrastrukturen kommunizieren können oder die digitalisierte Infrastruktur muss standardisiert sein.

	• Priorisierung muss geklärt werden.
Aktive unidirektionale Integration	Die Zufussgehenden, Velofahrende und Rollstuhlfahrenden sind mit einem unidirektionalen, digitalen Gerät ausgestattet, das in Echtzeit die Umgebung über ihre Wunschtrajektorie und somit auch über ihre Queue-Intention schon vor dem Erreichen der LSA informiert. Die Wunschtrajektorie kann z.B. durch vorherige Eingabe in eine App als Information bekannt gegeben werden. Die LSA nimmt diese Informationen auf und gibt diese an die Verkehrsteilnehmenden zurück (z.B. Grünphase). Vorteile: • Verkehrsfluss für LV wird erhöht. • Rollstuhlfahrende müssen nicht Knopf drücken (teilweise umständlich) • Chancen der Priorisierung für Zufussgehende und Rollstuhlfahrende Nachteile: • Keine verbesserte Rückmeldung für Beeinträchtigte gegenüber dem status quo.
Passive Integration	LSA erkennt den sich nähernden LV (Fuss- und Veloverkehr) via Sensorik oder Induktionsschleifen und schaltet zeitnah auf grün. Vorteile: • Kein Mitführen eines digitalen Geräts notwendig Nachteile: • Begrenzte Reichweite und Genauigkeit, um den LV zu erkennen • Unzureichende Priorisierung

Tabelle 14: Beispielssituation der Interaktion «Begegnungszone» (LV-LV)

Unübersichtliche Bereiche, z.B. an einer Kreuzung (MIV– LV)	
Beschreibung der Situation	LV der mit Sichtverdeckung ausserorts die Strasse kreuzt, wird vom motorisierten Verkehr rechtzeitig erkannt.
Zweck	• Sicherheit für LV erhöhen
Aktive bidirektionale Integration	Der LV (Zufussgehende und Veloverkehr) sind mit einem bidirektionalen, digitalen Gerät ausgestattet, das in Echtzeit mit der Umgebung und dem motorisierten Verkehr kommuniziert. Dadurch können kritische Situation entschärft bzw. diesen vorgebeugt werden (z.B. LV kreuzt die Strasse hinter einer Kurve, Person tritt zwischen Sichthindernissen auf die Strasse etc.) Vorteile: • Die Kommunikation zwischen dem LV und dem motorisierten Verkehr ermöglicht es, potenzielle gefährliche Situationen im Vorfeld zu erkennen und sichere Entscheidungen zu treffen Nachteile: • LV muss ein bidirektionales, digitales Gerät mitführen. • Die digitalen Geräte müssen mit verschiedenen digitalisierten Infrastrukturen kommunizieren können oder die digitalisierte Infrastruktur muss standardisiert sein.

Aktive unidirektionale Integration	• Riskantes Verhalten in Folge von Risikokompensation möglich Die Exponenten des LV sind mit einem unidirektionalen, digitalen Gerät ausgestattet. Der LV informiert somit über den eigenen aktuellen Standort und die gewünschte oder mutmasslich zukünftig gewählte Trajektorie, ohne jedoch selbst Informationen zu erhalten. Vorteile: • Die Kommunikation zwischen dem LV und dem motorisierten Verkehr ermöglicht es, potenziell gefährliche Situationen im Vorfeld zu erkennen und sichere Entscheidungen zu treffen • Kosteneffizient, da die städtische Infrastruktur keine Anpassungen benötigt Nachteile: • LV erhält keine Rückmeldung darüber, ob er erkannt wurde • Riskantes Verhalten in Folge von Risikokompensation möglich
Passive Integration	Bis zu einem gewissen Grad ist das bereits der status quo bei Fahrzeugen mit modernen Fahrerassistenzsystemen. Die Sensorik der Fahrzeuge hat aber physikalische Grenzen, wenn der LV aufgrund der Örtlichkeit und Umgebungsbedingungen mit keiner Sensorik (Radar, LIDAR, Kamera, Infrarot) erkannt werden kann. Vorteile: • Kein Mitführen eines digitalen Geräts notwendig Nachteile: • LV erhält keine Rückmeldung darüber, ob er erkannt wurde.

Tabelle 15: Beispielsituation der Interaktion «Begegnungszone» (AF-LV)

4.4 Varianten der Integration

Die Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem kann passiv oder aktiv erfolgen. Theoretisch könnte die Integration als ausschliesslich aktiv und damit verpflichtend aktiv betrachtet werden. Eine Kombination von passiver Integration als Standard und einer freiwilligen aktiven Integration ist ebenfalls möglich. In Kombination mit den aus der Literatur hergeleiteten, möglichen Szenarien ergeben sich folglich die Varianten gemäss Tabelle 15.

Übersicht über die Varianten der Integration des LV

	Verpflichtend aktive Integration	Passive Integration	Passive Integration mit freiwilliger aktiver Integration
Szenario 1: Weiter-Wie-Bisher	Variante 1A	Variante 1B	Variante 1C
Szenario 2: Basis	Variante 2A	Variante 2B	Variante 2C
Szenario 3: Individualisierte Gesellschaft	Variante 3A	Variante 3B	Variante 3C
Szenario 4: Nachhaltige Gesellschaft	Variante 4A	Variante 4B	Variante 4C

Tabelle 16: Varianten der Integration des LVs in das digitalisierte Verkehrssystem.

4.5 Priorisierung der Varianten

Für die weitere Bearbeitung werden die Varianten, welche auf der einen Seite realistisch erscheinen (Szenario 2, passive Integration und freiwillige aktive Integration) und auf der anderen Seite eine Art Extremszenario (Szenario 4, starke Zunahme des LV) darstellen, detailliert dargestellt, um klare Aussagen zu den verschiedenen Varianten, für die Rahmenbedingungen sowie die Nutzendenakzeptanz und die Attraktivität für die Nutzenden zu erhalten.

Die Idee einer verpflichtenden aktiven Integration wird aus zwei Gründen nicht weiterverfolgt: Aus technischen Gründen spricht dagegen, dass aus Gründen der Sicherheitsredundanz trotzdem die passive Erkennung des LV immer gegeben sein muss, da ein digitales Gerät ausfallen (technisches Problem oder der Akku ist leer) oder vergessen gehen kann. Aus Sicht der Nutzendenakzeptanz muss zudem angenommen werden, dass immer auch Menschen am Strassenverkehr teilnehmen werden, die kein digitales Gerät mit sich tragen können oder wollen. Zudem müssen Fahrzeuge auch auf ungewohnte Situationen wie z.B. Tiere auf der Fahrbahn reagieren können. Die passive Integration ist somit ohnehin weiterhin erforderlich.

Es werden daher nachfolgend für die Szenarien 2 und 4 jeweils eine passive Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem und eine freiwillige, aktive Integration beschrieben. Letzteres wird dabei in Analogie zu einer Leuchtweste betrachtet: Das Tragen ist freiwillig, fördert aber die eigene Sicherheit. Gleichwohl ist auch denkbar, dass sich dieses zusätzliche Sicherheitspotenzial durch ein Übervertrauen in das digitale Gerät in manchen Fällen nicht vollständig entfaltet (Aschenbrenner, Biehl, & Wurm, 1992).

4.5.1 Szenario 2: Basis, Varianten 2B und 2C

Die Varianten basieren auf dem Szenario «Basis», dessen Eintritt als sehr wahrscheinlich betrachtet wird. Der Anteil der automatisierten Fahrzeuge wird mit 32% (PW) bzw. 39% (SV) angenommen. Der LV wird zunehmen und die Velogeschwindigkeiten, insbesondere aufgrund eines höheren Anteils an E-Bikes, im Schnitt höher sein als heute. Sharing-Angebote ersetzen zunehmend den Privatbesitz. Während in der Stadt

hochautomatisierte öV-Angebote dominieren, ergänzen in ländlichen Gebieten On-Demand-Angebote den öV. Es wird davon ausgegangen, dass die Verkehrsflächen für die verschiedenen Verkehrsteilnehmenden zunehmend entflechtet werden aber teilweise auch Mischverkehr herrscht. Die Fahrzeuge werden nicht alle vernetzt sein, es kann aber davon ausgegangen werden, dass Daten von vernetzten Fahrzeugen und digitalisierter Infrastruktur bereitgestellt werden.

Variante 2B (Passive Integration im Szenario 2): Wie bereits heute, erkennen die Fahrzeuge den LV dank ihrer Sensoren. Für die Automatisierungssysteme der Fahrzeuge stellt der LV eine Art Hindernis dar, auf die das Fahrzeug reagieren muss. Der Fokus liegt auf der Verkehrssicherheit, also darauf, dass das Fahrzeug nicht mit dem LV kollidiert. Es findet keine Kommunikation statt. Die digitalisierte Infrastruktur erkennt den LV ebenfalls auf Basis von Sensoren. Zufussgehende müssen z.B. bei einer LSA nicht mehr einen Knopf drücken, um sich anzumelden, sondern werden von automatisch erkannt. Die Länge der Wartezeit und die Anzahl an Personen wird erkannt und überwacht.

Variante 2C (Passive Integration mit freiwilliger aktiver Integration im Szenario 2): Wie in der Variante 2B wird der LV passiv erkannt. Auf diese Weise wird insbesondere die Verkehrssicherheit und die Priorisierung an LSA sichergestellt. Zusätzlich führt ein Teil des LV ein digitales Gerät mit sich, welches unidirektional oder bidirektional kommunizieren kann. An der LSA kann das digitale Gerät z.B. einer (sehbehinderten) Person mitteilen, ob sie grün hat, also die Strasse kreuzen darf, oder – falls die Grünphase voraussehbar ist – wie lange sie auf die nächste Grünphase warten muss. Im Zusammenhang mit automatisierten Fahrzeugen kann ein digitales Gerät für den LV wie eine digitale Leuchtweste funktionieren. Dank des Geräts können Fahrzeuge den LV allenfalls früher erkennen, das Mittragen des Geräts ist aber freiwillig, so dass auch Personen ohne Gerät oder Personen dessen Gerät ausgefallen ist, erkannt werden.

4.5.2 Szenario 4: Nachhaltige Gesellschaft, Varianten 4B und 4C

Die Varianten basieren auf dem Extremszenario «Nachhaltige Gesellschaft», in dem der LV deutlich zunimmt und insbesondere mehr Velos und E-Bikes den Verkehr prägen. Die Verkehrsmittel werden grösstenteils entflechtet geführt, der Mischverkehr bildet eher eine Ausnahme. Innenstädte, in denen gewisse Strassen ausschliesslich vom LV genutzt werden, sind vermehrt denkbar. Das öV-Angebot ist automatisiert und wird durch On-Demand-Angebote ergänzt. Der Anteil der automatisierten Fahrzeuge liegt bei 62% für PW und 67% für den SV. Die Fahrzeuge und die digitalisierte Infrastruktur sind vernetzt und Daten werden ausgetauscht. Es wird davon ausgegangen, dass viele multimodale, kollektive Mobilitätsangebote genutzt werden. Die Vernetzung der automatisierten Fahrzeuge und der Infrastruktur führt insbesondere zu einer Verbesserung des Verkehrszustands.

Variante 4B (Passive Integration im Szenario 4): Aufgrund der hohen Entflechtung der Verkehrsmittel dient die passive Integration des LV vor allem der Verkehrssicherheit. Die Konfliktsituationen sind seltener – dank der Entflechtung. Kommt es aber zu einer solchen Situation wird der LV von den automatisierten Fahrzeugen passiv erkannt. Der strassenbasierte öV wird grösstenteils auf eigenen

Verkehrsflächen automatisiert fahren und erkennt den LV passiv. Die digitalisierte Infrastruktur ist teilweise ausschliesslich auf den LV ausgerichtet und erkennt diesen passiv. Die Priorisierung von Velos und E-Bikes gegenüber Zufussgehenden und umgekehrt wird eine der Hauptdiskussionen in den Innenstädten sein, da der LV nicht Teil des ansonsten stark vernetzten, digitalisierten Verkehrssystems ist.

Variante 4C (Passive Integration mit freiwilliger aktiver Integration im Szenario 4): Führt der LV ein digitales Gerät mit sich, dient dieses in erster Linie der Priorisierung für den LV bzw. der Optimierung des Verkehrsflusses. Ein Bedürfnis für den LV könnte in diesem Fall die Information sein, wann an der nächsten LSA eine Grünphase vorgesehen ist und ob die LSA mit der aktuell gefahrenen Geschwindigkeit während dieser Grünphase erreicht werden kann. Dank der hohen Vernetzung des digitalisierten Verkehrssystems werden die Informationen verfügbar sein und der Nutzen eines solchen freiwillig mitgeführten Kommunikationsgerätes ist gross. Wie auch in Variante 2C kann ein digitales Gerät für den LV wie eine digitale Leuchtweste funktionieren und so zu mehr Sicherheit beitragen.

5 Rahmenbedingungen

5.1 Grundlagen

Um die Entwicklungen im Bereich der Technik sowie die Auswirkungen in den Bereichen Verkehrssicherheit und Verkehrsfluss sowie die rechtlichen Herausforderungen in den priorisierten Varianten (2B, 2C und 4B, 4C) abzuschätzen, wurde ein Workshop mit Experten durchgeführt. Die Teilnehmenden sind in Tabelle 17 aufgeführt.

Übersicht der Teilnehmenden am Workshop

Namen	Themenfokus / Firma / Verband
Ralf Bosch	RB Consulting
Markus Deublein	BFU
Markus Riederer	ASTRA
Martin Neubauer	SAAM, Postauto AG
Andreas Vetsch	Strassenverkehrsamt Appenzell Ausserrhoden
Sabine Gless	Uni Basel (online)

Tabelle 17: Teilnehmende am Workshop.

5.2 Thema: Verkehrssicherheit und verkehrliche Auswirkungen

Aus der Diskussion mit den Expertinnen und Experten ergeben sich folgende Erkenntnisse in Bezug auf die **verkehrlichen Auswirkungen**:

- Die Experten und Expertinnen sind sich einig, dass ein digitalisiertes Verkehrssystem in der Theorie positive Auswirkungen auf den Verkehrsfluss und das Mobilitätsverhalten haben kann.
- Zudem kann durch eine freiwillig aktive Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem die Kommunikation verbessert und das Datenmanagement effizienter gestaltet werden. Die Herausforderung hier wird sein, die Routenwahl vom Fuss- und Veloverkehr zu kalkulieren, da diese aufgrund ihrer grösseren Freiheitsgrade schwer vorhersehbar ist. Im Gegensatz zum motorisierten Verkehr können Fussgänger/-innen und Velofahrer/-innen ihre Route flexibler anpassen, indem sie die ursprünglich geplante Route durch eine Abkürzung oder einen spontanen Zwischenstopp kurzfristig ändern. Die Experten sind sich jedoch auch einig, dass das System dadurch komplexer wird - insbesondere im Szenario 4, bei einem erhöhten Fuss- und Veloverkehrsaufkommen.
- Mögliche Verbesserungspotenziale u.a. hinsichtlich des Verkehrsflusses sowie der Verkehrssicherheit für den LV werden von den Expertinnen und Experten in der Umsetzung und Praxis jedoch auch angezweifelt. Einzelne Verkehrsmittel werden auch in Zukunft, je nach politischen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Gegebenheiten und Rahmenbedingungen (sprich je nach Szenario) unterschiedlich priorisiert werden. In einer fuss- und velofreundlichen Gesellschaft (sprich Szenario

- 4) könnten sich die verkehrlichen Auswirkungen für den LV deutlich verbessern, während der motorisierte Individualverkehr weniger profitieren würde und häufiger im Stau stehen müsste. Folglich wird die Frage auch in Zukunft bestehen bleiben, wer im Strassenverkehr bevorzugt werden soll.
- Gemäss Experteneinschätzung ist es auch fragwürdig, ob die Vorzüge des digitalisierten Fahrens dazu führen könnten, dass der MIV noch attraktiver wird und dadurch induzierter Verkehr entsteht. Dies hätte wiederum negative Auswirkungen auf den Verkehrsfluss und das Mobilitätsverhalten trotz digitaler Optimierungsmöglichkeiten.

Zusammengefasst lässt sich sagen, dass in der Theorie eine verkehrliche Verbesserung möglich ist - insbesondere durch eine freiwillig aktive Integration des LV (sprich Varianten C). In der Praxis sind Optimierungen betreffend den verkehrlichen Wirkungen auch in Zukunft anhängig von unterschiedlichen Rahmenbedingungen (Politik, Gesellschaft, Wirtschaft), die derzeit nur schwer abzuschätzen sind.

Aus der Diskussion mit den Expertinnen und Experten ergeben sich folgende Erkenntnisse in Bezug auf die **Verkehrssicherheit**:

- Die Expertinnen und Experten betonen, dass sich die Verkehrssicherheit durch das digitalisierte Verkehrssystem und die optimierte Integration des LVs nicht verschlechtern darf. Politische Ziele, wie «Vision Zero» und gesellschaftliche Erwartungen verlangen, dass automatisierte Fahrzeuge einen positiven Beitrag leisten.
- Der technologische Fortschritt eines digitalisierten Verkehrssystems bietet Chancen zur Verringerung von Sicherheitsdefiziten, da auf potenzielle Gefahren schneller reagiert werden kann. Jedoch wird davon ausgegangen, dass automatisierten Systemen die menschliche Intuition fehlt, komplexe Situationen besser einzuschätzen (z. B. Kausalschlüsse, warum ein Ball auf die Strasse gerollt ist und welche Konsequenzen daraus drohen). Es stellt sich also die Frage, welcher Aufwand notwendig ist, um diese Defizite zu beheben.
- Die freiwillige aktive Integration des LV kann gemäss Experteneinschätzung die Sicherheit im Strassenverkehr erhöhen. In der Diskussion wurde ein digitales Gerät des LV mit einer Leuchtweste verglichen, welche die Sicherheit erhöht, jedoch nicht obligatorisch ist und auf welche sich Autofahrende nicht verlassen dürfen. Technische Fehler, bzw. der Fakt, dass sich der LV zu sehr auf das digitale Gerät verlässt, dieses aber nicht einwandfrei funktioniert, sowie zusätzliche Ablenkungen durch die digitalen Geräte, könnten zusätzliche Sicherheitsrisiken verursachen. Dennoch wird betont, dass durch eine steigende Marktdurchdringung solcher digitaler Geräte das System langfristig trainiert und im Hinblick auf die Verkehrssicherheit kontinuierlich verbessert werden könnte.

Es lässt sich festhalten, dass sichergestellt werden muss, dass die Digitalisierung und der Einsatz automatisierter Fahrzeuge die Verkehrssicherheit nicht verschlechtern dürfen, um den gesellschaftlichen Erwartungen und politischen Zielen zu entsprechen.

Während Technologie die Reaktion auf Gefahren beschleunigt, fehlen automatisierten Systemen die menschliche Intuition. Die freiwillige Integration technischer Lösungen könnte langfristig die Sicherheit erhöhen, birgt jedoch Herausforderungen, wie die Akzeptanz und mögliche Ablenkungen.

5.3 Technische Voraussetzungen und Rahmenbedingungen

Aus dem Workshop mit den Expertinnen und Experten lassen sich die folgenden Erkenntnisse in den Bereichen Infrastruktur, Fahrzeugen, LV und Vernetzung ableiten.

5.3.1 Infrastruktur

Die heutige Infrastruktur wird zu einem gewissen Teil auch im Jahre 2050 noch bestehen. Nicht nur in den Städten, sondern allgemein in der Schweiz kann davon ausgegangen werden, dass der Strassenraum und insbesondere die Verkehrsflächen nicht massiv ausgebaut werden. Die Entscheidungen, die getroffen werden, betreffen die Nutzung der vorhandenen Flächen. Es ist vorstellbar, dass Flächen, die heute vom MIV genutzt werden, zukünftig dem LV vorbehalten sind. Automatisierte Fahrzeuge müssen mit der heute vorhandenen Infrastruktur und deren Charakteristik zurechtkommen. Eine spezifische Ausrüstung der Infrastruktur im Sinne einer digitalisierten Infrastruktur, welche vernetzt ist und Daten austauscht, kann als zusätzliche Informationsquelle auch für automatisierte Fahrzeuge angedacht werden, die Rückfallebene wird aber die passive Infrastruktur, welche optisch, mit Radar, Lidar oder Kameras erfasst werden kann, bleiben.

Es ist davon auszugehen, dass die Infrastruktur Schritt für Schritt digitalisiert wird. Eine grosse Herausforderung dabei wird die Sicherheit der Systeme sein. Einerseits das sichere Funktionieren im Strassenverkehr und andererseits die Sicherheit im Sinne von Cybersicherheit. Es ist davon auszugehen, dass der Hersteller verpflichtet sein wird, die Sicherheit zu gewährleisten. Im Kontext von Schnittstellen sind dabei die Verantwortlichkeiten klar zu regeln. Weil etwa Mobiltelefone, die als Kommunikationsmittel des LV denkbar sind, in kurzen Abständen Updates erfahren, aber auch, weil möglicherweise die Anforderungen an die Mindestvoraussetzungen der Sensorik erhöht werden, müssen aus heutiger Erfahrung im Bereich Cybersicherheit die Hersteller und Nutzenden voraussichtlich regelmässige Updates der digitalisierten Infrastruktur (Software und u. U. auch Hardware) vornehmen. Die Anforderungen an die Infrastruktur, insbesondere was die Lebenszeiten angeht, werden sich also bei einer aktiven Integration des LV stark verändern.

Für eine aktive Integration des LV, wie sie in den Varianten 2C und 4C auf freiwilliger Basis beschrieben wird, wäre eine weiträumige Standardisierung der digitalisierten Infrastruktur ein Vorteil. Durch die Standardisierung werden einerseits die Produkte günstiger und andererseits würde ein grösserer Anteil des LV die freiwillige aktive Integration des LV nutzen. Es bleibt zu klären, wie weit diese Standardisierung gehen muss. Ein Standard zum Datenaustausch könnte als minimale Voraussetzung für die Ermöglichung der aktiven Integration gelten.

5.3.2 Fahrzeuge und LV

Im Themenbereich Fahrzeuge und LV wurde insbesondere über die Voraussetzungen für die Fahrzeuge diskutiert. Hier sehen die Experten die grössten Herausforderungen. Als Grundsatz ist klar, dass alle automatisierten Fahrzeuge mit allen vorhandenen Infrastrukturen zurechtkommen müssen. Eine mögliche Art der Reaktion eines automatisierten Fahrzeugs mit Übernahmeaufforderung kann sein, dass für einen Strassenabschnitt mit einer Infrastruktur, welche das automatisierte Fahrzeug nicht

selbstständig erkennen und befahren kann, der/die Fahrer/-in die Fahraufgabe übernehmen muss. Das Fahrzeug muss folglich mindestens seine Systemgrenzen erkennen.

Die Inverkehrbringer von Automatisierungssystemen müssen die Fähigkeit des Fahrzeugs nachweisen, innerhalb einer vordefinierten Operational Design Domain (ODD, Bereich, in welchem das Fahrzeug automatisiert fahren darf) sicher zu fahren. Die Experten diskutierten diverse Möglichkeiten von Prüfungsverfahren für automatisierte Fahrzeuge in der Zukunft. In allen Varianten, in denen das Fahrzeug geprüft wird, wird in einer Prüfung bestätigt, dass das Fahrzeug sicher am Strassenverkehr teilnehmen kann. Im Grundsatz wird somit an der Zulassung festgehalten werden.

Es wäre auch denkbar, dass auf ein eigentliches Zulassungsverfahren des automatisierten Fahrens verzichtet wird. Der Hersteller würde in diesem Fall verpflichtet, alles ihm Mögliche zu unternehmen, um die sichere Teilnahme seines Fahrzeugs am Strassenverkehr zu gewährleisten. Eine Definition von «alles ihm Mögliche» besteht derzeit nicht. Es ist denkbar, dass die Prozesse des Herstellers evaluiert werden, um sicherzustellen, dass er alles ihm Mögliche unternimmt. Es wäre auch möglich, dass der Hersteller für alle Unfälle im automatisierten Fahrmodus oder sogar für alle Unfälle haftet. In diesem Fall würden den Behörden eine Überwachungsfunktion übernehmen. Eine unabhängige Unfalluntersuchungsstelle müsste sicherstellen, dass die Unfallursachen objektiv untersucht werden. Wird ein Teil der Unfallursache dem Automatisierungssystem zugeordnet, ist eine Prüfung notwendig, ob der Hersteller alles ihm Mögliche unternommen hat, um Unfälle zu vermeiden.

Beim LV wird davon ausgegangen, dass weiterhin keine Zulassung erforderlich ist, also keine technischen Voraussetzungen definiert werden können. Die digitalen Geräte, die eine freiwillige aktive Integration des LV erlauben, würden von einer Standardisierung zumindest der Kommunikation mit dem digitalisierten Verkehrssystem profitieren. Als Herausforderung wurde erkannt, dass solche digitale Geräte mutmasslich ähnlich wie Mobiltelefone relativ häufige Updates erfahren und auch die Hardware einen kürzeren Lebenszyklus hat, als das typischerweise bei Fahrzeugen und insbesondere bei der Strasseninfrastruktur der Fall ist.

5.3.3 Vernetzung

Die Vernetzung des digitalisierten Verkehrssystems kann dann einen Mehrwert für die Verkehrssicherheit und den Verkehrsfluss bieten, wenn Behörden und die Industrie zusammenarbeiten. Dabei sind Standards die Voraussetzungen für eine Vernetzung. Als Herausforderung wird hierbei insbesondere die Cybersicherheit gesehen.

Wird die Vernetzung lokal, also z.B. im Perimeter eines Knotens, organisiert, ist die Verzögerung durch Signalübertragung vernachlässigbar und die Vernetzung kann in Echtzeit erfolgen. Auch der Datenschutz kann bei einer lokalen Vernetzung gewährleistet werden, da nur sehr kurze Trajektorien der Verkehrsteilnehmenden bekannt sein müssen und diese nur lokal und kurzzeitig gespeichert werden müssen. Auch die Wahrscheinlichkeit von Cyberangriffen kann reduziert werden, wenn die lokale Vernetzung unabhängig von einer globalen Vernetzung den Verkehr z.B. an einem bestimmten Knoten oder in einer Stadt organisiert.

Bei einer Vernetzung des digitalisierten Verkehrssystems, welches über das Internet mit zentralen Servern organisiert wird, ist einerseits das Sicherstellen von Echtzeitinformationen und andererseits die Cybersicherheit eine Herausforderung.

5.4 Internationale Sicht

Aus internationaler Warte betrachtet, spielt die Integration des LVs ins digitalisierte Verkehrssystem insbesondere in Bezug auf die Fahrzeugindustrie eine Rolle. Als diesbezügliches Beispiel sei hier der von der Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles (OICA) eingebrachte Vorschlag für die künftige Zertifizierung automatisierter Fahrzeuge erwähnt (OICA, 2019). Darin spielen in den «Test Track Scenarios «Urban»» auch der Fuss- und Veloverkehr eine Rolle. Dies steht nicht zuletzt in Bezug zur Konditionierung der Bremstechnologie (UNECE, 2023).

Ansonsten kann gesagt werden, dass es gerade im Kontext zum vernetzten automatisierten Fahren kein weltweit harmonisiertes Regelwerk gibt, da nicht alle Länder ihr entsprechendes Regelwerk auf die Anforderungen nach UNECE abstützen. Somit gibt es auch keine weltweit integrale Strategien und damit verbundene Massnahmen (vgl. [connected automated driving.eu](https://connectedautomateddriving.eu/), 2025). Vielmehr gehen Projekte zur Integration des LV ins digitalisierte Verkehrssystem bottom-up aus der Initiative einzelner Städte oder Regionen hervor. Auch wenn die Realisierung durch Förderinstrumente wie beispielsweise das Sofortprogramm Saubere Luft 2017-2020 und das damit verbundenen Förderprogramms «Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme» mitfinanziert wird, geht die Initiative aus der jeweiligen Körperschaft hervor und ist nicht behördenverbindlich angeordnet.

In diesem Kontext bemerkenswert ist der Beschluss des Deutschen Verkehrssicherheitsrats vom 25.10.2021 zur «Erhöhung der Verkehrssicherheit durch Vehicle-to-X-Kommunikation» (DVR, 2021). Er unterstützt eine flächendeckende Einführung von V2X und erachtet hierfür einen entsprechenden konsistenten Rechtsrahmen als erforderlich, da bislang aufgrund entsprechender Unsicherheiten die vorhandenen technischen Möglichkeiten nicht genutzt werden.

5.5 Rechtliche Aspekte

5.5.1 Allgemeines

Die Frage, was die rechtlichen Rahmenbedingungen der Integration des LVs in das digitalisierte Verkehrssystem sind, lässt sich genau genommen so nicht beantworten. Das Recht stellt keinen unabänderlichen Rahmen dar. Vielmehr hat das Recht die Eigenschaft, dass es wandelbar ist und auf ändernde andere Rahmenbedingungen und wandelnde gesellschaftliche Wertvorstellungen reagieren kann.

Soweit die Expertinnen und Experten die rechtlichen Aspekte der Integration des LVs in digitalisierte Verkehrssysteme diskutiert haben, so ist dies vor diesem Hintergrund geschehen. Es ging somit darum, Ideen für neue sinnvolle Regelungen zu sammeln.

In oben Ziffer 2.7 wurde der nationale, europäische und internationale Regulierungs- und rechtliche Forschungsstand der Integration des LVs ins digitalisierte Verkehrssystem mit Bezug auf die Verkehrsregeln, die strafrechtliche Verantwortlichkeit, die zivilrechtliche Haftung und den Datenschutz bzw. die Datennutzung aufgezeigt. Entlang dieser Gliederung sollen hier nun die rechtlichen Aspekte der Rahmenbedingungen diskutiert werden.

5.5.2 Verkehrsregeln

Die Expertinnen und Experten haben die Frage diskutiert, inwieweit die geltenden Verkehrsregeln im Rahmen der Integration des LVs in das digitalisierte Verkehrssystem zu belassen oder zu ändern sind. Dabei ist auch die Gesetzesnovelle zum automatisierten Fahren (siehe oben Ziffer 2.7.1.) berücksichtigt worden, wobei das vollautomatisierte Fahren der SAE-Stufe 5, dass gemäss SVG-Novelle auf Pilotversuche beschränkt ist, als miteinbezogen gilt.

Dabei ist die Frage aufgeworfen worden, wer automatisierte Fahrzeuge bedienen soll, konkret ob dies auch Personen unter Alkoholeinfluss sein dürfen. Soweit bei den Fahrzeugführerinnen und Fahrzeugführern eine Bereitschaftspflicht besteht, die Fahrzeugbedienung jederzeit selbst wieder übernehmen zu müssen, besteht wohl wenig Anlass an den bestehenden Regeln etwas zu ändern. Entfällt der Fahrer ganz oder entfällt die Bereitschaftspflicht, schadet Alkoholeinfluss nicht. Hier müsste wohl umgekehrt reglungsmässig sichergestellt werden, dass die alkoholisierte Person nicht die Fahrzeugbedienung übernimmt und so das hoch- oder vollautomatisierte Fahren stört.

Grundsätzlich sind die Pflichten der Fahrzeugführenden beim Fahren mit Automatisierungssystem und ohne Automatisierungssystem genauer zu umschreiben. So könnte festgelegt werden, dass die Fahrzeugführenden grundsätzlich nicht verantwortlich sind, wenn das Automatisierungssystem dafür verantwortlich ist, etwas bei der Überschreitung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit. Bereits umgesetzt ist eine Eingriffspflicht der Fahrzeugführenden, wenn sie erkennen oder aufgrund offensichtlicher Umstände erkennen müssten, dass die Voraussetzungen für eine sichere und verkehrsregelkonforme Verwendung des Automatisierungssystems nicht mehr gegeben sind (Art. 23 Abs. 4 lit. n VAF). Neue Pflichten treffen die Operatorinnen und Operatoren beim führerlosen Fahrzeug (Art. 34 VAF). Zu bedenken wäre, ob beim führerlosen Fahrzeug auch Passagierinnen und Passagieren bestimmte Verhaltenspflichten auferlegt werden sollten, falls sie technisch die Möglichkeit hätten, bei einem Systemversagen technisch einzugreifen.

Bei den Expertinnen und Experten hat Einigkeit darüber bestanden, dass das automatisierte Fahren kein höheres Gefährdungspotential für den LV mit sich bringen darf. Dabei ist von Seiten der Hersteller und auch von Seiten des Gesetzgebers damit zu rechnen, dass sich der LV disziplinlos verhält. Die schwächeren Verkehrsteilnehmer sind nichtsdestotrotz zu schützen.

Als allgemeiner Leitsatz, was die Verkehrsregeln betrifft, ist zudem formuliert worden, dass die geltenden Verkehrsregeln auch für vollautomatisierte Fahrzeuge gelten sollen. Konkret ist etwa verneint worden, dass vollautomatisierte Fahrzeuge eine höhere Geschwindigkeit fahren dürfen sollen als weniger automatisierte Fahrzeuge, obwohl diese

im konkreten Fall trotz höherer Geschwindigkeit gleich sicher unterwegs wären. Gerade für den LV könnte es irritierend sein, wenn Fahrzeuge mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten unterwegs sind und allgemein würde der Strassenverkehr an Berechenbarkeit verlieren.

Als weitere Problematik ist erkannt worden, dass Verkehrsregeln oft in sehr allgemeiner Weise umschrieben werden, beispielsweise: «Fussgängern ist das Überqueren der Fahrbahn in angemessener Weise zu ermöglichen» (Art. 33 Abs. 1 SVG). Einem Menschen wird zugetraut, mit solch offenen Umschreibungen umgehen und sich im Einzelfall adäquat verhalten zu können. Es fragt sich aber, ob das Automatisierungssystem dies auch kann. Es ist denkbar, dass es Menschen und/oder deren Querungswunsch gar nicht erkennt. Dann wäre die Regel verletzt. Denkbar ist auch das Umgekehrte, nämlich dass es bei sich am Strassenrand aufhaltenden zu Zufussgehenden zu Unrecht einen Querungswunsch annimmt und anhält oder dass zwar ein Querungswunsch besteht, aber es in der konkreten Situation nicht angemessen wäre, diesem stattzugeben. Diese unnötigen Stopps können zu Verwirrung und gefährlichen Situationen führen. Es geht letztlich um die Frage, ob die Verkehrsregeln weiter offen formuliert werden sollen und ob die Anforderungen, konkreter sprich maschinentauglicher umschrieben werden sollen. Dies könnte gar so weit gehen, dass maschinenlesbare Verkehrsregeln formuliert werden. Momentan wird ein zweifacher Ansatz verfolgt. So formuliert die UNECE in detaillierten Regelungen konkrete Anforderungen, welche die Fahrzeuge zu erfüllen haben (siehe etwa UN-Regelungen 158 und 159, oben Ziffer 2.7.1). Die Anforderungen richten sich an die Fahrzeugherstellerinnen, welche diese umzusetzen haben und welche im Rahmen der Typengenehmigung geprüft werden. Denkbar wäre somit eine UN-Regelung, welche sich dem Querungswunsch der Zufussgehenden widmet. Vorherrschend ist aber der andere Ansatz, nämlich dass der offen formulierte Art. 33 Abs. 1 SVG auch für automatisierte und autonome Fahrzeuge gilt und es an den Fahrzeugherstellerinnen ist, diese Regel automatisierungstechnisch korrekt umzusetzen. Es erscheint sinnvoll, diesen dualen Ansatz auch weiter zu verfolgen und dabei insbesondere die Regelungen der UNECE im Auge zu behalten.

5.5.3 Strafrechtliche Verantwortlichkeit

Es sei vorweg auf die Darstellung des strafrechtlichen Regulierungs- und Forschungsstand auf oben Ziffer 2.7.3 verwiesen.

Die Expertinnen und Experten haben im Rahmen eines fiktiven Beispiels im Zusammenhang mit der Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem die Frage aufgeworfen, ob ein Autofahrer an einem tödlichen Unfall schuld ist, wenn er den Autopiloten des Fahrzeugs einschaltet, um ein paar Nachrichten zu posten und das Fahrzeug ein Mädchen tödlich verletzt, weil dessen Automatisierungssystem das Mädchen nicht erkennt, da dieses sein digitales Gerät zur sicheren Kommunikation mit dem digitalisierten Verkehrssystem zuhause vergessen hat. Ist der Fahrer schuld oder liegt ein Selbstverschulden des Mädchens vor?

Strafrechtliche Fragestellungen sind jeweils eng verknüpft mit ethischen Fragestellungen. Im vorliegenden Fall kann man dem Autofahrer kaum einen Vorwurf machen, wenn er in der konkreten Situation den Autopiloten einschalten durfte. Auch dem Mädchen kann kein Vorwurf gemacht werden, denn das Vergessen eines digitalen

Geräts ist ethisch betrachtet nicht ein vorwerfbares Verhalten. Der fiktive Fall zeigt vielmehr auf, dass ein digitalisiertes Verkehrssystem, welches allein auf eine aktive Integration des LV baut, fehleranfällig ist.

Allgemein ist von den Expertinnen und Experten (naheliegend) festgehalten worden, dass mit zunehmender Automatisierung typisches verkehrsdeltisches Verhalten von Fahrzeugführerinnen und Fahrzeugführern abnimmt. So tritt an die Pflicht, das Fahrzeug zu beherrschen, eine blossere Bereitschaftspflicht. Bei der Vollautomation (hoch- und vollautomatisiertes Fahren) hat der Fahrzeugführende keine Rolle mehr. Er führt dieses nicht mehr und kann auch keine Höchstgeschwindigkeit überschreiten und es ist gleichgültig, ob er wegen Alkohol fahrfähig ist oder nicht, denn ihn braucht es nicht mehr (vgl. aber oben Ziffer 5.5.2, wo mögliche Pflichten durchaus denkbar sind).

Das Strafrecht ist auf menschliches Verhalten ausgerichtet. Soweit Fahrzeuge Fehler begehen, können diese logischerweise nicht straffällig werden. Zu fragen ist allenfalls, ob gegenüber Programmieren oder Ingenieuren von digitalen Verkehrssystemen bzw. automatisierten Fahrzeugen neue strafrechtliche Normen eingeführt werden sollen. Hier ist sicherlich Vorsicht geboten, denn entsprechende Normen wären auch Innovationshemmer. Zu messen haben sich die verantwortlichen Personen jedenfalls am allgemeinen Strafrecht und insbesondere an den Fahrlässigkeitsdelikten. Es ist danach zu fragen, ob sie aus pflichtwidriger Unvorsichtigkeit Programmierungen vorgenommen oder Entscheidungen gefällt haben, welche voraussehbar zum Tod oder zur Verletzung einer Person geführt haben. In einer arbeitsteiligen Welt und bei komplizierter werdenden Technologien, bei denen auch der Einbezug von KI-Systemen denkbar ist, mag es praktisch durchaus schwierig sein, „die schuldige Person» bzw. „die schuldigen Personen” zu eruieren. Immerhin lässt es das schweizerische Strafrecht zu, dass subsidiär ein Unternehmen mit einer Busse bis zu CHF 5 Mio. bestraft werden kann, falls die Tat wegen mangelhafter Organisation nicht einer bestimmten Person zugerechnet werden kann (siehe Art. 102 StGB).

Es kann sich nicht nur die Frage stellen, ob jemand verletzt oder getötet wird, sondern es kann sich bei einer unvermeidbaren Unfallsituation die Frage stellen, wer verletzt werden soll. Hier ist zu fordern, dass eine Software nicht nach Geschlecht, Rasse oder Alter der potenziell zu schädigenden Person unterscheiden darf, da ansonsten eine Bewertung des Lebens stattfinden würde (dpma, 2024).

5.5.4 Zivilrechtliche Haftung

Der schweizerische Gesetzgeber hat das Prinzip der Halterhaftung auch mit der Einführung der Gesetzgebung zum automatisierten Fahren beibehalten. Sollten Fehler des automatisierten Fahrzeugs für den Schaden ursächlich sein, wird die Haftpflichtversicherung gestützt auf das PrHG bzw. das PrSG regressweise die Hersteller in Anspruch nehmen (siehe oben Ziffer 2.7.4).

Aufgrund der zunehmenden Komplexität der Fahrzeuge kann man sich die Frage stellen, ob die Halterhaftung nicht durch eine Herstellerhaftung abgelöst werden soll. Denn so würde der Stakeholder zur Verantwortung gezogen, der am nächsten am fehleranfälligen Produkt ist und die Produktesicherheit am ehesten verbessern kann. Umgekehrt ist in Betracht zu ziehen, dass es für die Teilnehmenden des LV am einfachsten

ist, wenn sie sich im Falle einer Schädigung an die lokalen Haftpflichtversicherer der meist lokalen Halter wenden können. Es scheint angezeigt zu sein, das bisherige System der Halterhaftung beizubehalten, aber dabei allfällige internationale Trends Richtung ausschliesslicher oder primärer Produkthaftung weiter zu verfolgen. Falls eine solche Produkthaftung in der Schweiz Gesetz würde, dann wäre sie zum Schutz des LV mit einer obligatorischen Haftpflichtversicherung für die Fahrzeugherstellerinnen und allenfalls auch für Fahrzeugimporteure zu kombinieren. Denkbar wäre auch, die Halterversicherungsspflicht mit der Fahrzeughersteller- bzw. Importeureversicherungspflicht zu kombinieren.

In der Expertenrunde wurde darauf hingewiesen, dass Typengenehmigungen für automatisierte Fahrzeuge an Bedeutung gewinnen werden. Insoweit seien auf internationaler Ebene die Regelungsinitiativen der UNECE weiter genau zu verfolgen (siehe dazu oben Ziffer 2.7.1).

Die Expertinnen und Experten äusserten sich zudem dahingehend, dass sich mit der zunehmenden Digitalisierung vermehrt rechtliche Fragen stellen werden, bei denen es um die Abgrenzung der Verantwortung von Menschen (Fahrern oder Teilnehmende LV) und von digitalen Systemen bzw. dahinterstehenden Stakeholder stellen werden. Je mehr Digitalisierung desto mehr derartige Interaktionen entstehen und eine bessere und differenziertere Rechtspraxis im Umgang mit solchen Fragen werde entwickelt.

Die Haftung für digitalisierte Verkehrsinfrastrukturen würde heute wohl über die Werkeigentümerhaftung gemäss Art. 58 OR abgewickelt werden. Diese privatrechtliche Kausalhaftungsnorm wird jedenfalls durch die Gerichtspraxis auf mangelhafte bzw. mangelhaft unterhaltene Strassen angewendet und es ist anzunehmen, dass diese auch auf digitalisierte Verkehrsinfrastrukturen angewendet würde, jedenfalls insoweit als ein Werk im Sinne von Art. 58 OR vorliegt. Bei zunehmender Digitalisierung dürfte der Mangel aber nicht mehr immer so klar am Werk festzumachen sein, sondern eher an der Software oder an einer mangelhaften Datenverarbeitung, welche irgendwo in einer Cloud stattfinden kann. Findet die Werkeigentümerhaftung aber keine Anwendung, wären Geschädigte des LV gezwungen, gegen den Bund auf Grundlage des VG und gegen die Gemeinden und Kantone aufgrund der unterschiedlichen kantonalen Staatshaftungsgesetze vorzugehen. Dieses Resultat wäre unerfreulich. Vor dem Hintergrund, dass die Anwendung der privatrechtlichen Kausalhaftung von Art. 58 OR auf den durch Bund, Kantone und Gemeinde betriebenen Strassenunterhalt eher aus der Not heraus geboren worden ist (siehe oben Ziffer 2.7.3), ist jedenfalls genauer abzuklären, ob es nicht sinnvoll wäre, ein allgemeines Verkehrsinfrastrukturhaftungsgesetz zu erlassen und dabei auch die digitalisierte Verkehrsinfrastruktur zu umfassen oder spezifisch nur die digitalisierte Verkehrsinfrastruktur zu regeln. Sollten diese Regelungen auch für Private gelten, wäre wohl eine obligatorische Haftpflichtversicherung vorzusehen.

5.5.5 Datenschutz und Datennutzung

Wie oben in Ziffer 2.7.4 aufgezeigt, enthält die Gesetzesnovelle zum automatisierten Fahren keine neuen datenschutzrechtlichen Bestimmungen, wie mit anderen Daten als den Fahrmodusdaten umzugehen ist bzw. inwieweit diese aufgezeichnet und gespeichert werden dürfen.

Die Expertinnen und Experten waren überwiegend der Meinung, dass die im Rahmen des automatisierten Fahrens gesammelten Daten anfällig sind und der Schutz von Personendaten im Rahmen der Integration des LV eine hohe Bedeutung haben muss. Dies soll insbesondere dadurch erreicht werden, dass die Personendaten früh anonymisiert und aggregiert werden sollen. Umgekehrt wurde auch die Meinung geäußert, dass die Fahrzeugherstellenden unverfälschte Personendaten benötigen, um das automatisierte Fahren besser und damit sicherer zu machen. So müssten die von Kameras aufgezeichneten Gesichter von Teilnehmenden des LV, insbesondere deren Mimik, den Herstellenden von automatisierten Fahrzeugen zur Verfügung gestellt werden. Solche Daten seien wichtig und dürften nicht anonymisiert werden.

Das Projektteam priorisiert eine frühe Anonymisierung und Aggregation der aufgezeichneten Umgebungsdaten. Es erscheint jedenfalls ratsam, dass der Bundesgesetzgeber mit Bezug auf das digitalisierte Verkehrssystem eine konkrete Güterabwägung vornimmt und bestimmt, inwieweit und insbesondere wie lange Umgebungsdaten gespeichert werden dürfen und allenfalls auch sollen (etwa zur Aufklärung von Straftaten oder zur Verwendung im Zivilprozess).

Es wurde mit Bezug auf Daten, welche auf Seiten der Verkehrsinfrastruktur aufgezeichnet werden, eine Gefahr für das informationelle Selbstbestimmungsrecht der Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmer insbesondere dann erkannt, wenn die Verkehrsinfrastruktur von Privaten betrieben wird.

Allgemein als Gefahr für das informationelle Selbstbestimmungsrecht wurden die Datensammlungen auf Seiten der Herstellenden identifiziert. Insoweit wurde befürwortet, dass die Weitergabe von Fahrzeughalter- und Fahrzeugführerdaten nur auf Grundlage einer wirklich freiwilligen Entscheidung erfolgen soll. Diese wäre dann nicht gegeben, wenn die Fahrzeugherstellenden nicht genau informieren würden, inwieweit die Daten genutzt werden. Auch Preisnachlässe auf Fahrzeugpreise aufgrund einer Zustimmung zu einer extensiven Verwendung von Personendaten wäre wohl nicht mehr als freiwillig zu bezeichnen.

Gemäss Expertinnen und Experten sei genau zu überlegen und definieren, welche Daten des digitalisierten Verkehrssystems welchen Dritten weitergegeben werden sollen.

Es wurde erwähnt, dass im Einzelfall auch Zählzeiten einer Verkehrsinfrastruktur heikel sein können. Dies ist etwa dann der Fall, wenn auf einer bestimmten Strecke nur sehr wenig Zählzeiten anfallen und man mit anderweitigen Daten kombinieren kann, welcher Person diese Zählzeiten zuzuordnen sind.

Ein Experte erkannte bei Mobiltelefonen grosse Sicherheitslücken, was einer unerlaubten Datennutzung oder gar einer Manipulation in der Kommunikation zwischen der Verkehrsinfrastruktur und automatisierten Fahrzeugen einerseits und den Teilnehmern des LV führen könnte.

Die Expertinnen und Experten haben auch den Nutzen der Daten hervorgehoben. So können auch sehr einfache Daten, wie etwa Zählzeiten, interessant sein, und im

Rahmen eines Wirtschaftsindex genutzt werden. Weiter wurde betont, dass die Daten dazu genutzt werden sollten, um das automatisierte Fahren und insgesamt das digitalisierte Verkehrssystem und dessen Zusammenwirken mit dem LV zu verbessern und letztlich effizienter und sicherer zu machen. Insoweit sind die Regulierungen der EU im Bereich der Datennutzung (Daten-Governance-Verordnung und Datenverordnung, siehe oben Ziffer 2.7.4) und deren praktische Auswirkungen weiter zu verfolgen und Gesetzgebungstätigkeiten des Bundes in diese Richtung zu erwägen.

Auch KI-Regulierungen haben Auswirkungen auf die Integration des LVs in das digitalisierte Verkehrssystem (siehe oben Ziffer 2.7.4 am Ende). Diese Regelungen werden aber weder durch das hier zu behandelnde Forschungsthema noch durch das automatisierte bzw. autonome Fahren im Allgemeinen bestimmt. Dennoch sind sie pro memoria zu erwähnen und die diesbezüglich internationale und nationale Entwicklung ist zu beobachten.

6 Nutzendenakzeptanz und Attraktivität der Varianten

6.1 Interviewvorbereitung und -durchführung

Um die Akzeptanz und Attraktivität der verschiedenen Varianten für zukünftige Nutzende einschätzen zu können, wurden Interviews mit verschiedenen Experten und Expertinnen durchgeführt. Es wurde dabei darauf geachtet, dass verschiedene Untergruppen des LV repräsentiert sind. In Tabelle 18 ist eine Übersicht über die teilnehmenden Interviewpartner und -partnerinnen gegeben. Wie in Kapitel 3.4 beschrieben, wurde ein teils-standardisierter Interviewleitfaden basierend auf dem UTAUT 2 (Venkatesh, 2012) entwickelt, der im Anhang 3 zu finden ist.

Übersicht der interviewten Personen

Namen	Verband bzw. Themenfokus
Charlotte Hauri	Fussverkehr Schweiz
Daniel Bachofner	Pro Velo Schweiz
Martin Randelhoff	Herausgeber von Zukunft Mobilität
Joachim Schoss	Gründer von EnableMe
Sonja Haustein	Prof. an DTU in Kopenhagen

Tabelle 18: Interviewte Personen

6.2 Erkenntnisse aus den Interviews

Die interviewten Experten und Expertinnen waren sich hinsichtlich ihrer Präferenz für oder gegen eine freiwillige aktive Integration des LV in ein digitalisiertes Verkehrssystem nicht einig. Als Argumente für eine aktive Einbindung wurde genannt, dass auch mobilitätseingeschränkte Personen, sowie Personen mit Behinderungen besser am Strassenverkehr partizipieren können. Kritisch wurde angebracht, dass keine Zweiklassen-Gesellschaft entstehen dürfe, in der Personen, die sich nicht aktiv integrieren, gefährdet sind. Die Möglichkeit sich aktiv integrieren zu können muss niederschwellig sein und allen Verkehrsteilnehmenden zur Verfügung stehen. Das Unfallrisiko für den LV dürfe auf keinen Fall steigen. Es wurde aber von einzelnen Expertinnen und Experten angezweifelt, ob ein geringeres Unfallrisiko bei Einführung garantiert werden kann.

Höhere Hürden wurden für die freiwillige aktive Integration gesehen, die zunächst allen Angehörigen des LVs vermittelt werden muss, damit das volle Potenzial genutzt werden kann. Dem gegenüber steht die passive Integration, bei der sich die Angehörigen des LV kein neues Wissen aneignen müssten und wenig Veränderung bemerken würden.

Alle Interviewten waren sich einig, dass die Akzeptanz und das Vertrauen in ein digitalisiertes Verkehrssystem von der Gestaltung und Umsetzung abhängen. Ein solches System muss leicht verständlich und barrierefrei sein. Zu erwartende Schwachstellen oder Fehler bei der Einführung müssen zeitnah behoben werden. Der Mehrwert digitalisierter Verkehrssysteme wird nur dann gesehen, wenn sie eine Verbesserung gegenüber der aktuellen Situation liefern. Sollte das nicht gewährleistet werden können, sahen die Expertinnen und Experten wenig Sinn in der Umsetzung.

Hinsichtlich der Nützlichkeit digitalisierter Verkehrssysteme zeigte sich eine Tendenz, diese im Szenario der nachhaltigen Gesellschaft höher zu bewerten. Es wurde mehrheitlich angenommen, dass die Gesellschaft unter diesen Bedingungen auch aufgeschlossener gegenüber einer freiwilligen aktiven Integration sein werde (siehe Abbildung 2).

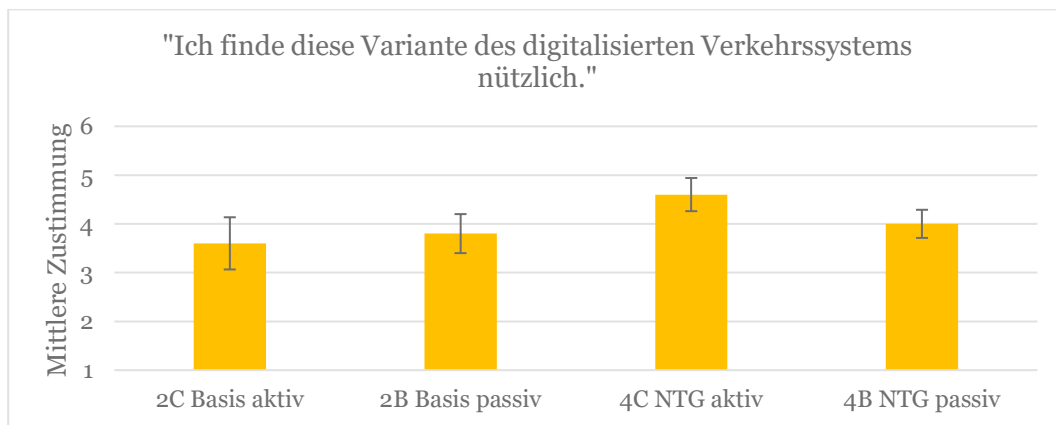


Abbildung 2: Mittelwerte und Standardfehler für die Einschätzung der Nützlichkeit der digitalisierten Verkehrssysteme auf einer sechsstufigen Likert- Skala von «trifft nicht zu» bis «trifft zu» in Abhängigkeit des Szenarios bewertet durch die interviewten Personen (Tabelle 18).

Insgesamt gaben mehrere der befragten Experten- und Expertinnen an, dass digitalisierte Verkehrssysteme in ihrem Kreis noch nicht tiefgreifend diskutiert wurden. Alle Interviewten waren sich einig, dass noch einige offene Fragen hinsichtlich der genauen Umsetzung geklärt werden müssen.

7 Bewertung der Varianten und Empfehlungen

Für die Bewertung der vier zuvor priorisierten Varianten der Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem wurden basierend auf den bis dahin durchgeführten Arbeiten im Forschungsprojekt (vgl. Kapitel 3) Bewertungskriterien in einem Workshop innerhalb des Projektteams festgelegt und anschliessend angewendet. Die Kriterien zur Bewertung der Bestvariante wurden vom Projektteam so gewählt, dass sie die Verkehrssicherheit, die Akzeptanz der Nutzenden sowie die Umsetzbarkeit im Hinblick auf politische, rechtliche und finanzielle Aspekte berücksichtigen (siehe dazu auch Kapitel 3.5).

7.1 Kriterien

Die festgelegten Kriterien zur Bewertung der Varianten und zur Ermittlung der Bestvariante sind nachfolgend aufgelistet. Jedem Kriterium wurde eine Skala von 1-3 zugrunde gelegt, bei der der Wert 3 die höchste und somit bestmögliche Bewertung des Kriteriums darstellt.

- Wie realistisch ist der Eintritt der Variante?
1 = unrealistisch, 2 = möglich, 3 = realistisch
- Wie verändert sich die Sicherheit des LV im Verkehr?
1 = unsicherer, 2 = unverändert, 3 = sicherer
- Wie gross ist die Attraktivität / Akzeptanz beim Veloverkehr?
1 = unattraktiv, 2 = teilweise attraktiv, 3 = attraktiv
- Wie gross ist die Attraktivität / Akzeptanz beim Fussverkehr?
1 = unattraktiv, 2 = teilweise attraktiv, 3 = attraktiv
- Wie gross ist die Attraktivität / Akzeptanz bei mobilitätseingeschränkten Personen oder Kindern?
1 = unattraktiv, 2 = teilweise attraktiv, 3 = attraktiv
- Wie gross sind die politischen und rechtlichen Hürden?
1 = gross, 2 = mittel, 3 = klein
- Wie hoch sind die Kosten für die zusätzliche Infrastruktur auf Seite der Strasseneigentümer?
1 = hoch, 2 = begrenzt, 3 = tief
- Wie diskriminierungsfrei gegenüber verschiedenen Verkehrsmitteln und effizient in der Interaktion ist das Verkehrssystem?
1 = ineffizient / diskriminierend, 2 = akzeptabel, 3 = effizient / diskriminierungsfrei

7.2 Bewertung

Zur vergleichenden und qualitativen Bewertung der Varianten wurden die oben genannten Kriterien herangezogen. Zudem wurden die bis dahin im Rahmen des Forschungsprojektes, durch einen Expertenworkshop (vgl. Kapitel 4 und 5) und Interviews (vgl. Kapitel 4 und 6), erlangten Erkenntnisse ebenfalls berücksichtigt. Die Bewertung ist in Tabelle 19 dargestellt.

Bewertung der Varianten				
	Basis (2B)	Basis (2C)	NTG (4B)	NTG (4C)
	passive Integration	aktive Integration (freiwillig)	passive Integration	aktive Integration (freiwillig)
Eintritt der Variante	3	1	2	1
Veränderung Sicherheit	2	2	1	2
Attraktivität / Akzeptanz beim Veloverkehr	2	2	2	3
Attraktivität / Akzeptanz beim Fussverkehr	3	2	2	2
Attraktivität / Akzeptanz bei mobilitätseingeschränkte n Personen oder Kindern	2	3	2	3
Politische und rechtliche Hürden	2	1	2	3
Kosten	3	1	3	1
Frei von Diskriminierung einzelner Verkehrsmittel und Effizienz	1	2	2	3
Σ Gesamtpunktzahl	18	14	16	18

Tabelle 19: Beurteilung der Varianten der Integration des LVs in das digitalisierte Verkehrssystem.

Die Nutzendenakzeptanz wird durch drei Kriterien abgebildet. Durch die dreifache Betrachtung wurde diese somit höher gewichtet als die anderen Kriterien. Dies spiegelt wider, dass ohne die Akzeptanz der Nutzenden eine Variante der Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem nicht denkbar ist. Die anderen Kriterien wurden als vergleichbar wichtig eingestuft. Folglich wurde jedem Kriterium dasselbe Gewicht zugesprochen. Die Varianten 2B (Basis – passive Integration) und 4C (NTG –

freiwillige aktive Integration) werden mit einer Gesamtpunktzahl von 18 als Bestvarianten bestimmt.

7.3 Empfehlungen für die Bestvarianten

Für die zwei ausgewählten Bestvarianten, 2B (Basis – passive Integration) und 4C (NTG – freiwillige aktive Integration), gibt das Projektteam Empfehlungen für verschiedene Nutzniessende des Forschungsprojektes, wie das ASTRA, den Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS) oder Interessenvertreter, insbesondere des LV, ab. Die Empfehlungen beziehen sich nicht nur auf die Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem, sondern umfassen auch allgemeine Empfehlungen für das digitalisierte Verkehrssystem sowie automatisierte Fahrzeuge. Diese Empfehlungen stehen in den Augen des Projektteams in enger Verbindung zum Forschungsprojekt.

Angesichts der derzeitigen Unsicherheiten bezüglich der zukünftigen Entwicklungen (Zeithorizont 2050) sollen die nachfolgenden Empfehlungen als eine vorläufige Einschätzung des Projektteams und der Expertinnen und Experten verstanden werden. Sie erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit oder absolute Richtigkeit.

7.3.1 Allgemeine Hinweise

Allgemein wird empfohlen, dass die massgeblichen Erlasse des Bundes und der Kantone derart ausgestaltet sind, dass sie den Städten den Freiraum gewähren, den LV im Rahmen des digitalisierten Verkehrssystems zu fördern.

Zudem wird übergeordnet empfohlen bei der Verkehrsplanung die Strassentypisierung (Verbindungsstrasse, Sammelstrasse, Erschliessungsstrasse) und die Hierarchie für die Lenkung von automatisierten Fahrzeugen zu berücksichtigen (z.B. Strassentypen vor Direktheit/Reisezeit). Mit Hilfe einer gezielten Regulierung von Strecken oder Gebieten innerhalb der Richtplanung kann sowohl die Sicherheit als auch die Aufenthaltsqualität der Zufussgehenden und Velofahrenden gesteigert werden.

Für beide Bestvarianten wird empfohlen Sharing-Angebote zu fördern, um Leerfahrten zu vermeiden und damit die Verkehrsbelastung zu reduzieren und eine Attraktivitätssteigerung des LV zu ermöglichen.

Weiter wird empfohlen, geeignete Regulierung zu erlassen, die zur Vorbeugung der Manipulation des digitalisierten Verkehrssystems dienen. Dem missbräuchlichen Gebrauch von digitalen Geräten und Technologien zur passiven und freiwilligen aktiven Integration des LV, ins digitalisierte System, ist vorzubeugen. Dies gilt ebenfalls für die Integration der automatisierten Fahrzeuge. Diese Regulierung soll sicherstellen, dass sich im Verkehrssystem keine unlauteren Vorteile verschafft werden, sonst könnten Nutzer ihre Position oder Absichten fälschen, um z. B. Ampelphasen zu beeinflussen oder kommerzielle Akteure einen Sonderzugang zum digitalisierten Verkehrssystem bekommen. Weiterhin soll diese Regulierung sicherstellen, dass die Verkehrssicherheit garantiert werden kann.

7.3.2 Infrastruktur

Im Falle einer rein passiven Integration des LV gemäss der Variante 2B ergeben sich besondere Anforderungen an die digitalisierte Infrastruktur aus Sicht des LV. Im Zuge der Digitalisierung der Infrastruktur ist bei Variante 2B besonders zu beachten, dass der LV passiv von der physischen Infrastruktur und den automatisierten Fahrzeugen erfasst wird. Diese passive Integration erfordert Anpassungen sowohl an den Fahrzeugen (Autos) als auch an der bestehenden Infrastruktur. Die Notwendigkeit dieser Anpassungen gilt es ebenfalls bei der Verkehrs- und Raumplanung zu berücksichtigen. Weitergehend braucht es zusätzliche Schnittstellen für die Kommunikation zwischen LV und Infrastruktur. Es wird empfohlen, zu klären, wer die Zusatzkosten für die digitalisierte Infrastruktur tragen soll.

Die physische, passive Infrastruktur umfasst alle physischen, fest installierten Elemente, die den Verkehrsfluss ermöglichen und steuern, aber nicht aktiv auf den Verkehr reagieren. Im Falle eines Ausfalls der digitalen Kommunikation soll diese auch in einem digitalisierten Verkehrssystem mit passiver Integration (2B) und freiwilliger aktiver Integration (4C) als Rückfallebene genutzt werden.

Die Herausforderungen der digitalisierten Infrastruktur umfassen sowohl die sichere Funktion als auch die Cybersicherheit. Für das sichere Funktionieren sind Aspekte wie Selbstdiagnose der Systeme, regelmässige Updates von Hard- und Software sowie Redundanzen zu berücksichtigen. Hier gilt es zu beachten, dass auch die Infrastruktur, insbesondere die Elektronik, gewartet werden muss.

Da die Lebenszyklen von Infrastruktur, Fahrzeugen und Kommunikationsgeräten sowie Software erheblich variieren können, was negative Auswirkungen auf die Interoperabilität haben könnte, muss ein reibungsloser Übergang zwischen verschiedenen Versionen gewährleistet werden.

Es wird empfohlen, klar festzulegen, wer für die Erkennung und Behebung von Sicherheitslücken verantwortlich ist, wenn diese über die Herstellerhaftung hinausgehen. Sowohl die Überwachung der Sensortechnik als auch des sicheren Betriebs des Verkehrssystems sind essenziell. Weiter wird empfohlen, zu klären, welche Verantwortung der Infrastrukturbetreiber tragen muss und ob eine ausreichende Werkeigentümerhaftung im Falle eines Ausfalls der digitalisierten Infrastruktur besteht.

Des Weiteren muss gewährleistet sein, dass die für die Unfallanalyse relevanten Informationen sowohl von den automatisierten Fahrzeugen als auch von der physischen Infrastruktur für Fachleute zugänglich sind. So wird auch sichergestellt, dass Fehlfunktionen erkannt und behoben werden können.

7.3.3 Gesetzgebung

Es wird empfohlen, die internationale Entwicklung zur Haftung (Halterhaftung, Produkthaftung) zu beobachten und gegebenenfalls das Haftungssystem anzupassen, insbesondere in Bezug auf die Bedingungen, unter denen Produkthaftung die Halterhaftung ersetzen könnte.

Vorschriften im Strassenverkehr/Verkehrsregeln

Die Fahrzeugführenden werden in Zukunft, in Fahrzeugen mit Automatisierungssystemen, voraussichtlich weniger Pflichten nachkommen müssen. Die Fahrzeuge bzw. deren Hersteller auf der anderen Seite mehr. Dennoch bleibt der Mensch als Schnittstelle zur Maschine wichtig. So sollten die konkreten Pflichten zur Betriebssicherheit, wie etwa die Pflicht zu regelmässigen Softwareupdates oder cybersicherheitsrelevante Pflichten und auch die Eingriffspflicht beibehalten werden.

Die automatisierten Fahrzeuge müssen, da sie nicht allein am Strassenverkehr teilnehmen, dieselben Regeln befolgen wie nicht-automatisierte Fahrzeuge, auch wenn ihre Fähigkeiten die der Menschen potenziell übersteigen, und diese z.B. auch bei schnelleren Geschwindigkeiten sicherer unterwegs sein könnten.

Es ist zu untersuchen, ob und in welchem Umfang Verkehrsregeln in einer maschinenlesbaren Formulierung bereitgestellt werden müssen.

Für den LV ergeben sich aus Sicht des Projektteams gegenwärtig keine neuen Verpflichtungen.

Strafrecht

Das allgemeine StGB ist auch auf die Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem anwendbar. So gelten die Fahrlässigkeitsdelikte von Art. 117 und 125 StGB auch für Verantwortliche von Fahrzeugherstellerinnen und Verkehrsinfrastrukturen. Deshalb wird im Allgemeinen empfohlen, bei der Einführung neuer Strafnormen Zurückhaltung zu üben.

Soweit neue Verkehrsregeln eingeführt werden, ist zu empfehlen, diese wie bis anhin mit einer Strafbarkeit gemäss Art. 90 SVG zu verknüpfen. Für Verkehrsregeln, die wegfallen (Beherrschen des Fahrzeugs), entfällt die Strafbarkeit.

Angesichts der möglichen erheblichen Gefährdung der Verkehrssicherheit wird empfohlen, die vorsätzliche Manipulation von automatisierten Fahrzeugen sowie digitalisierten Verkehrsinfrastrukturen gesetzlich zu ahnden.

Zivilrecht

Die aktuelle kausale Halterhaftung kombiniert mit der obligatorischen Haftpflichtversicherung sollte vorerst beibehalten werden. Die Produkthaftung steht Geschädigten, im Schadensfall durch ein automatisiertes Fahrzeug, grundsätzlich alternativ zur Verfügung. In der Praxis wird diese aber vor allem für Regressforderungen der Haftpflichtversicherer von Bedeutung sein. Hierbei gilt es insbesondere die internationale Entwicklung von der Halterhaftung hin zur Produkthaftung zu verfolgen.

Es ist zu prüfen, ob im Bereich der Haftung für digitalisierte Verkehrsinfrastrukturen ein einheitliches Kausalhaftungsgesetz geschaffen werden soll, welches für alle Betreiber (Bund, Kantone, Gemeinden, Private) und alle Verkehrsinfrastrukturen (auch nicht digitalisierte) gilt, oder ob die bisherige für Strassen und andere Werke geltende Werkeigentümerhaftung gemäss Art. 58 OR genügt.

Datenschutz/Datennutzung

Die schweizerische Datenschutzgesetzgebung gilt auch für die Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem. Neue Datenschutzregelungen sollten nur dann eingeführt werden, wenn die allgemeine Datenschutzgesetzgebung nicht ausreicht. Das Projektteam vertritt die Ansicht, dass die DSG an dieser Stelle nicht ausreichend ist. Es muss genau festgelegt werden, wie automatisierte Fahrzeuge und digitale Verkehrssysteme Umgebungsdaten erheben und sammeln dürfen. Weiterhin muss festgelegt werden, ob und gegebenenfalls wann diese Daten anonymisiert werden müssen und wie lange sie gespeichert werden dürfen oder gegebenenfalls müssen.

Im Kontext der Datennutzung zur Steigerung der Verkehrssicherheit könnte eingeführt werden, dass Dateninhaber verpflichtet werden, ihre Daten Dritten entweder kostenfrei oder zu fairen Bedingungen zur Verfügung zu stellen. Dabei sollte der Verwendungszwecke der Daten sowie gegebenenfalls auch die Voraussetzungen für den Datenempfänger definiert werden.

7.3.4 Harmonisierung

Um den Nutzen einer freiwilligen Integration des LV (Variante 4C) in das digitalisierte Verkehrssystem zu maximieren, ist eine Harmonisierung unerlässlich. Beim Aufbau der digitalisierten Infrastruktur ist sowohl auf eine Harmonisierung von Verkehrsregeln, Signalisation als auch Zulassungsbedingungen innerhalb der Schweiz als auch innerhalb Europas zu achten. Weiterhin ist die Umsetzung der oben aufgeführten Empfehlungen nicht nur im Kontext der Schweiz prüfen.

Es wird deutlich, dass viele Aspekte noch zu klären sind. Dazu gehören die Verantwortlichkeiten von Politik, Gesetzgebung, Verwaltungseinheiten sowie den Herstellern automatisierter Fahrzeuge und den Betreibern digitalisierter Infrastrukturen, aber auch den Nutzenden und dem LV selbst. Weiterhin bleiben offene Fragen in Bezug auf die Kosten- und Gewinnaufteilung bei der Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem und den dabei entstehenden Daten. Ausserdem sind weitergehende Überlegungen zu Überwachungs- und Kontrollmöglichkeiten für eine sichere Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem sinnvoll.

8 Ausblick

Insgesamt wurde deutlich, dass die Integration des LVs in das digitalisierte Verkehrssystem unter Einhaltung bestimmter technischer und rechtlicher Rahmenbedingungen durchaus sinnvoll sein kann. Generelle Vorteile sind dabei hinsichtlich eines besseren Verkehrsflusses und einer Erhöhung der Sicherheit zu erwarten. In der Mobilität rasch voranschreitende technische und gesellschaftliche Veränderungen, die zur Zeit des Projekts nur hypothetisch absehbar waren, bedingen jedoch eine fortlaufende Neubewertung der vorliegenden Fragestellung.

Vor diesem Hintergrund betrifft der Forschungsbedarf einerseits die hier betrachteten Varianten. Erst mit der Zeit wird etwa absehbar sein, welches Szenario – z.B. Basis, NTG oder eine hier nicht betrachtete – sich durchsetzen wird. Im Zuge des kürzlich per Verordnung in der Schweiz ermöglichten Einsatzes selbstfahrender Fahrzeuge könnten sich bereits infolge politischer Entscheidungen Hinweise dazu ergeben, ob deren individueller Einsatz ermöglicht wird oder ob im Sinne des NTG-Szenarios nur eine kollektive Nutzung ermöglicht wird. Diese Ungewissheit betreffend der künftigen Entwicklung im aktuellen Projekt zu antizipieren war kaum möglich, wird aber in Zukunft eher möglich sein; denn wie anhand der Ergebnisse der Forschungsarbeit deutlich wurde, hängt damit auch die Art und Weise zusammen, wie der LV ins digitalisierte Verkehrssystem integriert werden könnte.

In Abhängigkeit zu den Varianten aber auch losgelöst davon können sich andererseits die Ausprägung der Kriterien in Zukunft verändern. Beispielsweise wird es nützlich sein, fortlaufend die Akzeptanz einer digitalisierten Integration bei den verschiedenen Verkehrsteilnehmenden zu beobachten. Im Rahmen der Forschungsarbeit wurde deutlich, dass bei weitem noch nicht alle Verkehrsteilnehmenden das volle Potenzial der möglichen Veränderungen infolge der technischen Entwicklungen im Strassenverkehr abschätzen können. Das verwundert aufgrund der Schnelligkeit der Entwicklungen kaum, führt jedoch dazu, dass je mehr die verschiedenen Verkehrsteilnehmenden die Folgen der Veränderungen abschätzen können, je präziser die Akzeptanzurteile zu bewerten sein werden. Konkret bedeutet dies, dass sich in Zukunft die Akzeptanz für die Integration verschieben könnte, sobald sich die betreffenden Personen ein klareres Bild über Art und Richtung der technologischen Entwicklungen machen können. Diese Entwicklungen fortlaufend zu begleiten, diese aber zumindest in einigen Jahren neu zu bewerten, wird sinnvoll sein.

Auch hinsichtlich der Kosten einer Integration des LVs ist eine Veränderung in den nächsten Jahren und Jahrzehnten zu erwarten. Bereits im vorliegenden Projekt wurde beispielsweise mit der Vorstellung gearbeitet, dass eine solche Integration beispielsweise in Form von Smartphones erfolgen könnte. Dies erscheint vor dem Hintergrund sinnvoll, dass bereits jetzt eine hohe Zahl an Verkehrsteilnehmenden darüber verfügt. Allenfalls wäre dazu die zusätzliche Installation einer noch zu entwickelnden separaten Applikation erforderlich, sofern überhaupt ein gemeinsamer Standard zur Verfügung stünde. Der derzeitige Aufwand wäre auch vor dem Hintergrund der anzunehmenden

geringen Bereitschaft, sich eine solche Applikation auf das eigene Smartphone zu installieren, eher gross. Hinzu käme, dass die bidirektionale Kommunikation nur dann sinnvoll praktikierbar wäre, wenn die Nutzenden mehr oder weniger häufig das digitale Gerät während der Fortbewegung aktiv in die Hand nehmen und eine Blickabwendung in Kauf nehmen müssten, was wiederum für die Sicherheit nachteilig wäre.

Erwartbar ist hingegen, dass die Integration in vorhandene Systeme (z.B. in das Smartphone) in Zukunft günstiger und einfacher erreichbar wäre; sei es dadurch, dass wesentliche Funktionen bereits in den Betriebssystemen integriert wären (ähnlich, wie die Kontakterfassung während der Covid-Pandemie) oder dadurch, dass solche Funktionen Teil intelligenter visueller Systeme (Smart Glasses oder vielleicht Smart Lenses) werden. Früher erreichbar sind mutmasslich aber auch Synergien aufgrund der zunehmend höheren technischen Ausstattung der Strasseninfrastruktur – z.B. durch intelligente LSA. Insbesondere die aktive Integration wäre dann mit deutlich geringeren Kosten verbunden, als derzeit vermutet.

Abschliessend kann gefolgert werden, dass bereits jetzt unter bestimmten, im Projekt formulierten Rahmenbedingungen zahlreiche Vorteile einer Integration des LVs in das digitale Verkehrssystem erkennbar sind. Aufgrund vieler, heute noch nicht abschliessend beurteilbarer gesellschaftlicher und technologischer Entwicklungen empfiehlt sich aber eine regelmässige Neubetrachtung dieser Fragestellung.

Literaturverzeichnis

Bundesgesetze

PrHG. (1993). *Bundesgesetz über die Produkthaftpflicht*. Schweizerische Eidgenossenschaft.

PRSG. (2009). *Bundesgesetz über die Produktesicherheit*. Schweizerische Eidgenossenschaft.

StGB. (1937). *Schweizerisches Strafgesetzbuch*. Schweizerische Eidgenossenschaft.

SVG. (1958). *Strassenverkehrsgesetz*. Schweizerische Eidgenossenschaft.

VVG. (2024). *Bundesgesetz über den Versicherungsvertrag*. Schweizerische Eidgenossenschaft.

Bundesgerichtsentscheide

BGBI I 2021. (27. Juli 2021). Bundesgesetzblatt Teil I 2021 Nr. 48.

BGBI I 2022. (30. Juni 2022). Bundesgesetzblatt Teil I 2022 Nr.22.

Verordnungen

VAf. (2025). *Verordnung über das automatisierte Fahren*. ASTRA Bundesamt für Strassen.

Richtlinien EU

C/2019/1789. (2019). *COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) .../... supplementing Directive 2010/40/EU of the European Parliament and of the Council with regard to the deployment and operational use of cooperative intelligent transport systems*. European Union.

Directive 2010/40/EU. (2010). *on the framework for the deployment of Intelligent Transport Systems in the field of road transport and for interfaces with other modes of transport*. European Parliament and European Council.

Richtlinie (EU) 2019/1024. (2019). *offene Daten und die Weiterverwendung von Informationen des öffentlichen Sektors (Neufassung)*. Europäisches Parlament und Rat.

Richtlinie (EU) 2020/1828. (2020). *Verbandsklagen zum Schutz der Kollektivinteressen der Verbraucher und zur Aufhebung der Richtlinie 2009/22/EG*. Europäisches Parlament und Rat.

Verordnungen EU

EU-DSGVO. (2016). *Datenschutz-Grundverordnung*. Europäische Union.

EU-Durchführungsverordnung 2022/1435. (2022). *hinsichtlich der Evaluierung der GAP-Strategiepläne und der Bereitstellung von Informationen für die Überwachung und die Evaluierung*. Europäische Union.

Verordnung EU 2017/2394. (2017).

Verordnung EU 2023/2854. (2023).

Verordnung EU 2022/868. (2022).

Verordnung EU 2024/1689. (2024).

UN-Regelungen

UNECE. (21. Februar 2023). *unece.org*. Von Regulation No.131 Revision 1 Amendment 2:

<https://unece.org/transport/documents/2023/02/standards/regulation-no-131-revision-1-amendment-2>

UN-Regelung Nr. 155. (2025). *Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Fahrzeugen hinsichtlich der Cybersicherheit und des Cybersicherheitsmanagementsystems [2025/5]*. UN/ECE.

UN-Regelung Nr. 156. (2021). *Einheitliche Bestimmungen für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich der Softwareaktualisierung und des Softwareaktualisierungsmanagementsystems [2021/388]*. UNECE.

UN-Regelung Nr. 157. (2021). *Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Fahrzeugen hinsichtlich des automatischen Spurhalteassistentensystems (ALKS) [2021/389]*. UNECE.

UN-Regelung Nr. 158. (2021). *Einheitliche Vorschriften für die Genehmigung von Einrichtungen zum Rückwärtsfahren und von Kraftfahrzeugen hinsichtlich der Wahrnehmung ungeschützter Verkehrsteilnehmer hinter dem Fahrzeug durch den Fahrzeugführer [2021/828]*. UNECE.

UN-Regelung Nr. 160. (2021). *Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich des Ereignisdatenspeichers [2021/1215]*. UNECE.

UN-Regelung Nr.159. (2021). *Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich des Anfahrinformationssystems zur Erkennung von Fußgängern und Fahrradfahrern [2021/829]*. UNECE.

Normen / Wegleitungen

ISO, CEN. (2020). *Cooperative intelligent transport systems (C-ITS)*.

Kanton Zürich, B. (2024). *Wegleitung Lichtsignalanlagen*.

Dokumentation

ARE, Bundesamt für Raumentwicklung. (2022). *Schweizerische Verkehrsperspektiven 2050*. Bern: ARE.

- Aschenbrenner, K., Biehl, B., & Wurm, G. (1992). *Mehr Verkehrssicherheit durch bessere TEchnik? Felduntersuchungen zur Risikokompensation am Beispiel des Antiblockiersystems (ABS)*. Bergisch-Gladbach: Bundesanstalt für Strassenwesen.
- ASTRA, Bundesamt für Strassen. (2019). *Teilstrategie Intelligente Mobilität, V1.0*. Bern: ASTRA.
- ASTRA, Bundesamt für Strassen. (2020a). *Auswirkungen des automatisierten Fahrens; Teilprojekt 1: Nutzungsszenarien und Auswirkungen*. Bern: ASTRA.
- ASTRA, Bundesamt für Strassen. (2020b). *Auswirkungen des automatisierten Fahrens; Teilprojekt 5: Mischverkehr*. Bern: ASTRA.
- ASTRA, Bundesamt für Strassen. (2020c). *Verkehr der Zukunft 2060: Synthesebericht*. Bern: ASTRA.
- ASTRA, Bundesamt für Strassen. (2022). *Daten automatisierten Fahrens*. Bern: ASTRA.
- ASTRA, Bundesamt für Strassen. (2023). «Langsamverkehr». Abgerufen am 03. 09 2023 von <https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/themen/langsamverkehr.html>
- AWARE2ALL. (2024). *AWARE2ALL*. Von Improving Pedestrian-Vehicle Communication with Acoustic and Visual Interface (eHMI): <https://aware2all.eu/ehmi-aware2all/>
- Baeriswyl, B., Pärli, K., & Blonski, D. (2023). Handkommentar Datenschutzgesetz (DSG).
- BBI. (17. November 2021). Botschaft zur Änderung des Strassenverkehrs.
- Berge, S., Hagenzieker, M., Farah, H., & De Winter, J. (2022). Brauchen Radfahrer HMIs im zukünftigen automatisierten Verkehr? Eine Interviewstudie. *Transport. Res. F. Verkehrspsychol. Behav.*(84), 33-52. doi:10.1016/j.trf.2021.11.013
- bfu, Beratungsstelle für Unfallverhütung. (2020). Automatisiertes Fahren, Mischverkehr. *Forschung* 2,376.
- Brehm, R. (2021). *Berner Kommentar zum OR AT, 5. Auf.* Bern.
- Buller, I. (03. 09 2023). *Autofahrer werden es hassen: Fussgänger können Ampeln jetzt selbst steuern*. (Burda Forward GmbH, München) Von <https://tinyurl.com/azy9nhp3>
- connected automated driving.eu. (2025). Von <https://www.connectedautomateddriving.eu/regulation-and-policies/world-wide-harmonization/>
- Davis, F. (1985). A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: theory and results. *Doctoral dissertation*. MIT Sloan School of Management, Cambridge, MA.
- Dey, D., Habibovic, A., Locken, A., Wintersberger, P., Pfleging, B., Riener, A., et al. (2020). *Taming the eHMI jungle: a classification taxonomy to guide, compare, and assess the design principles of automated vehicles' external human-machine interfaces*. *Transp. Res. Interdiscip. Perspect.*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100174>

Dienstabteilung Verkehr, Zürich. (2023). Massgeschneiderte Priorisierung von ausgewählten Verkehrsarten, Ausschreibungsunterlagen. Stadt Zürich.

Donatsch, A., Dodenzi, B., & Tag, B. (2022). Strafrecht I, 10. Aufl. Zürich.

Dos Santos, F. L., Duboz, A., Grosso, M., Raposo, M. A., Krause, J., & Mourtzo, A. (2022). An acceptance divergence? Media, citizens and policy perspectives on autonomous cars in the European Union, Transportation Research, Part A, Policy and Practice.

dpma. (9. September 2024). *Deutsches Patent- und Markenamt*. Von Autonomes Fahren, Teil 2: Recht, Ethik und Datenschutz:
<https://www.dpma.de/dpma/veroeffentlichungen/hintergrund/autonomesfahren/autonomesfahren-rechtethikteil2/index.html>

DVR. (25. Oktober 2021). *dvr.de*. Von Erhöhung der Verkehrssicherheit durch Vehicle-to-X-Kommunikation:
https://www.dvr.de/politik/beschluesse/erhoehung-der-verkehrssicherheit-durch-vehicle-to-x-kommunikation#_ftnref10

Economic and Social Council United Nations. (2020). Revised Framework document on automated/autonomous vehicles. *Economic Commission for Europe. Inland Transport Committee. World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations. 180th session*. Geneva:
<https://documents.un.org/doc/undoc/gen/g19/356/o8/pdf/g19356o8.pdf>.

Flückiger Strebel, E. (2014). *Geschichte des Langsamverkehrs in der Schweiz des 19. und 20. Jahrhunderts: Eine Übersicht über das Wissen und die Forschungslücken (Materialien Langsamverkehr Nr. 130)*. Bern: ViaStoria und ASTRA.

Gmüner, L., Reut, C., & Zuber, S. (2018). BGE 146 IV 226; Zur Verwertbarkeit von privaten Dashcam-Aufnahmen im Zivilprozess. *Strassenverkehr* 3/2018.

Gstöttner, & Lachmayer. (2021). Digitalisierung des Strassenverkehrsrechts im Zusammenhang mit automatisiertem Fahren. Über die Notwendigkeit eines eigenen Regelungsregimes. *Österreichische Zeitschrift für Verkehrsrecht*, S. 481 f.

Gyger, H. (2022). *Kommentar zum SVG, 9. Auflage., Zürich 2022, SVG 1 N3*.

Hagenzieker, M., Berge, S., & De Winter, J. (2023). Support systems for cyclists in automated traffic: A review and future outlook. *Applied Ergonomics*.
doi:10.1016/j.apergo.2023.104043

Hasan, R., & Hasan, R. (2022). Fussgängersicherheit durch das Internet der Dinge und Sensoren: Fragen, Herausforderungen und offene Probleme. *Future Generat. Comput. Syst.*, 134, 187-203. doi:10.1016/j.future.2022.03.036

Hochstrasser, T., & Göbel, A. (2025). KI-Regulierung und rechtliche Auswirkungen im Fokus. *Anwaltsrevue* 1/2025, S. 26 f.

Hounder, S., & Raemy, O. (2016). Autonomes Fahren - rechtlicher Anpassungsbedarf: Ein Werkstattbericht. *Strassenverkehr* 1/2016, S. 478 ff.

ITS International. (2018). Dynniq applications streamline traffic flows. ITS International, Dartford. Abgerufen am 03.09.2023 von

- <https://www.itsinternational.com/products/dynniq-applications-streamline-traffic-flows>,
https://eur-elec.gr/beyond/assets/brochures/cits/DYNNIQ_CROSSCYCLE_BROCHURE_EN.pdf
-
- KINRW. (2021). *Smarte Ampelanlagen - Erprobung eines KI-gesteuerten Verkehrsmanagementsystems geht in die zweite Runde*. (Fraunhofer Institut, Sankt Augustin) Abgerufen am 03. 09 2023 von Kompetenzplattform Künstliche Intelligenz Nordrhein-Westfalen: <https://www.ki.nrw/smarte-ampelanlagen/>
-
- Koskinen, S., Lambing, N., Karnutsch, M., Paier, A., Rivas Caneiro, M., Schaub, A., . . . Amritzer, J. (2022). *SHared automation Operation models for Worldwide adoption. SHOW. Deliverable 8.2: Solutions for on-site digital and communication infrastructure*.
-
- Kyriakidis, M., Happee, R., & de Winter, J. (2015). Public opinion on automated driving: Results of an international questionnaire among 5000 respondents, Transportation Research, Part F, Traffic Psychology and Behaviour.
-
- Lohmann, M. (2018). Der Regress des Versicherers im Kontext der Fahrzeugautomation. *HAVE - Haftung und Versicherung, Probst*, 57, 349 f.
-
- Müller, C. (2023). *Handkommentar zum Schweizer Privatrecht, Obligationenrecht Allgemeine Bestimmungen*, 4. Aufl. Zürich.
-
- Neuner, M., Bauer, A., Grünfeld, H., Kanngiesser, V., Koch, O., Miltner, T., . . . Schappacher, J. (2020). Leitfaden zur Einführung kommunaler C-ITS Verkehrssysteme.
-
- OICA. (28. Januar 2019). *unece.org*. Von Future Certification of Automated/Autonomous Driving Systems: <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2019/wp29grva/GRVA-02-09e.pdf>
-
- Owens, J., Greene-Roesel, R., Habibovic, A., Head, L., & Apricio, A. (2018). Reducing conflict between vulnerable road users and automated vehicles. (G. Meyer, & S. Beiker, Hrsg.) *Lecture Notes in Mobility*, 69-75. doi:10.1007/978-3-319-60934-8_7
-
- Papadoulis, A., Quddus, M., & Imprialou, M. (2019). Bewertung der Sicherheitsauswirkungen von vernetzten und autonomen Fahrzeugen auf Autobahnen. *Accid. Anal. Prev.*, 124, 12-22. doi:10.1016/j.aap.2018.12.019
-
- Perret, F., Arnold, T., Fischer, R., de Haan, P., & Haefeli, U. (2020). Automatisiertes Fahren in der Schweiz: Das Steuer aus der Hand geben? (T.-S. Publikationsreihe, Hrsg.) *TA 71/2020*.
-
- PPG Coatings Deutschland GmbH. (2020). Höhere Sicherheit für autonome Fahrzeuge. *J. Oberfl. Techn.*, 60, 24-25. doi:10.1007/s35144-020-0502-x
-
- Probst, T. (2021). Das selbstfahrende Auto: entfernte Illusion oder nahe Realität. *Strassenverkehr*, 1/2021, 56 f.
-
- Probst, T., Werro, F., & Riedo, C. (2016). Die Benutzung automatisierter Motorfahrzeuge aus strafrechtlicher Sicht. *Strassenverkehrsrechts-Tagung 21.-22. Juni 2016*.
-

- Rasouli, A., & Tsotsos, J. (2020). Autonome Fahrzeuge, die mit Fussgängern interagieren: ein Überblick über Theorie und Praxis. *IEEE Trans. Intell. Transport Syst.*, 21(3), 900-918. doi:10.1109/TITS.2019.2901817
- Riel, J., Gothe, K., Kunz, A. M., & Matzdorff, L. (2022). *AUTORICH Autonomes Fahren. Risiken & Chancen für die Städte*.
- Roldan, S., Greenwood, A., Gonzalez, T., & Kidd, D. (2020). *Smartphone-Based Mid-Block Pedestrian Crossing In-Vehicle Warning - Phase 2: Final Project Report*. (Federal Highway Administration, Washington) Abgerufen am 04. 09 2023 von https://rosap.nhtl.gov/view/dot/64953/dot_64953_DS1.pdf
- SAE International. (2025). *Surface vehicle recommended practice - Taxonomy and definitions for terms related to driving automation systems for on-road motor vehicles*. Von USA. J3016_201806: <https://www.sae.org/blog/sae-j3016-update#:~:text=Since%20its%20initial%20launch%20in%202014%2C%20SAE%20J3016%E2%84%A2,been%20the%20industry%E2%80%99s%20most-cited%20source%20for%20driving%20automation.>
- Schulz, A., & Stiefelhagen, R. (2015). A controlled interactive multiple model filter for combined pedestrian intention recognition and path prediction. *Proc. ITSC*, 173-178.
- Smart Mobility Services. (4. April 2025). *sms-start.de*. Von <https://sms-start.de/loc-id-in-e-scootern>
- Störr, M. (2022). *Intelligente Fussverkehrssteuerung regelt Strassenübergänge bedarfsgerechter*. (SVI, Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten, St.Gallen) Abgerufen am 04. 09 2023 von <https://www.svi.ch/de/blog/intelligente-fussverkehrssteuerung-regelt-st-ceb9/>
- TEMPUS. (2022). *Aufbau Testfeld und Erprobung moderner Verkehrstechnik*. (Landeshauptstadt München, München) Abgerufen am 03. 09 2023 von <https://tempus-muenchen.de>
- Thommen, M. (2018). Strafrechtliche Verantwortlichkeit für autonomes Fahren. *Strassenverkehr 2/2018*.
- Tremmel, M. (2020). *Intelligente Verkehrssysteme: Wenn Autos an leeren Kreuzungen warten müssen*. (Golem Media GmbH, Berlin) Abgerufen am 03. 09 2023 von <https://glm.io/150093>
- Uhlmann, F., Lachmayer, K., & Gstöttner, S. (2022). Verkehrs- und Rechtssicherheit bei Fahrzeugen mit einem Automatisierungssystem. *Strassenverkehr 2/2022*, S. 9 ff.
- Venkatesh, V., Morris, M., Davis, G., & Davis, F. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly*.
- Venkatesh, V., Thong, J., & Xu, X. (2012). Consumer acceptance and use of information technology: extending the unified theory of acceptance and use of technology. *MIS quarterly*, 36(1), 157-178.
- Wasilewski, D. (2024). *Datenschutz in der Praxis: EU Data Act und grenzüberschreitende Datenübermittlungen - Tagungsbericht*. Datenschutz-Berater.

WEBVIZ. (2025). Von <https://webviz.io>

Yunex Traffic. (2023). *Mehr Sicherheit auf den Strassen dank unseres Abbiegeassistenten*. (Yunex-Traffic, München. LinkedIn-Post) Abgerufen am 03. 09 2023 von https://www.linkedin.com/posts/yunextraffic_tempus-projekt-abbiegeassistent-f%C3%BCr-mehr-activity-7085261869669564417-guzc/?utm_source=share&utm_medium=member_ios

Anhang 1

Interviewleitfaden: Integration des Langsamverkehrs in das digitalisierte Verkehrssystem

Hintergründe des Interviews und Definitionen

Vielen Dank, dass du/Sie dich/sich bereit erklärt haben mit uns ein kurzes Interview zu führen. In den kommenden 10 bis 15 Minuten möchten wir gemeinsam die Entwicklung des Verkehrssystems thematisieren. Das Interview ist Teil eines ASTRA Projekts zur Integration von Langsamverkehr in das digitale Verkehrssystem, welches EBP Schweiz AG, die ZHAW, Lumisera und Kohlilaw gemeinsam bearbeiten.

Das ASTRA-Projekt hat zum Ziel mögliche Szenarien und Varianten der passiven und aktiven Integration des Langsamverkehrs ins zunehmend digitalisierte Verkehrssystem darzustellen. Dabei wird unter digitalisiertem Verkehrssystem einerseits das automatisierte Fahren und andererseits die digitalisierte Infrastruktur verstanden. Die Varianten werden im Projekt hinsichtlich rechtlicher, funktionaler und technischer Gesichtspunkte bewertet. Zusätzlich sind Einschätzungen zur Akzeptanz und Umsetzbarkeit Ziele des Projekts. Aus diesen Vorarbeiten wird das Projektteam Handlungsempfehlungen für die Bereiche Infrastruktur, Gesetzgebung und Sensibilisierung der Betroffenen ableiten.

In diesem Rahmen holen wir verschiedene Meinungen von Expert/-innen ein. Falls du/Sie zu einer Frage keine Aussage treffen kannst/können, ist das kein Problem. Es gibt auch generell keine «richtigen» oder «falschen» Antworten.

Damit wir vom Gleichen reden, würde ich noch kurz die Definitionen mit dir durchgehen, wie wir Langsamverkehr und digitalisierte Verkehrssystem definieren

Langsamverkehr:

Definition Langsamverkehr

- **Fuss** (Trend: Reduktion Distanzen aufgrund zunehmender Hitze in Städten)
- **Velo und E-Bikes** (Trend: Zunahme elektrifizierte Bikes, Abnahme Velo)
- **Trendfahrzeuge im Bereich Mikromobilität** (Trend: Zunahme, aufgrund Elektrifizierung und zunehmender Geschwindigkeiten)

Abgrenzung:

- ≠ Grenze bei 45kmh und nach VTS+FG bis und mit Motorfahrrad
- ≠ Lieferroboter sowie Serviceroboter (z.B. zur Reinigung)

Definition Digitales Verkehrssystem – Was wird berücksichtigt?

- **MIV** (Personenwagen, Motorräder, etc.)
- **SV** (Lastwagen, Lastzug, etc.)
- **ÖIV** (individualisierter Kollektivverkehr, z.B. On-Demand)
- **ÖV** (Konventionelle Angebote, wie Bus, Tram)

Abgrenzung:

≠ Zug nach Eisenbahngesetz wird nicht berücksichtigt

Definition passiver Langsamverkehr

- Kein proaktives, digitales Einbringen der Verkehrsteilnehmenden
- Heutige Erfassung des LV in der Interaktion mit anderen Verkehrsmitteln geschieht vorwiegend an LSA (z.B. durch Detektorschleifen, «Drücken»)
- Weitere Möglichkeiten/absehbare Trends: Optische, thermische sowie lasergestützte Erfassung

Definition aktiver Langsamverkehr

- Proaktive Erfassung, sprich LV bindet sich aktiv ins digitale Verkehrssysteme ein
- Voraussetzung dafür ist die Lokalisierung der aktuellen Position und deren Kommunikation mit dem Verkehrssystem (Verkehrsteilnehmer sowie Infrastruktur)

Hast du / haben Sie noch Fragen? Sonst fangen wir an.

Thema I: Allgemeine Erfahrungen in Bezug auf das digitalisierte Verkehrssystem?

1. Welche Berührungspunkte haben Sie zu digitalisierte Verkehrssysteme?
 2. Wie stellen Sie sich das Zusammenspiel von Langsamverkehr und motorisiertem Individualverkehr im Jahr 2050 vor?
-

Thema II: Varianten

1. Welche Möglichkeiten sehen Sie, wie sich der Langsamverkehr, also beispielsweise Velofahrende, Zufussgehende, und E-Trottifahrende in ein digitalisierte Verkehrssystem integriert?
2. Welche Möglichkeiten sehen Sie auf Seiten der Infrastruktur?
3. Wären Sie bereit, Ihre Daten zu teilen? [nachfragen] Können Sie sich Szenarien oder Zwecke vorstellen, bei denen Sie das Teilen von Daten begrüßen würden [Beispiele falls nicht von sich aus genannt z.B. zur Verbesserung der Verkehrssicherheit, im Bereich des Verkehrsmanagements oder bei der Beweisführung/Entlastung in Straf - oder Zivilverfahren)?
4. Welche Risiken sehen sie, wenn Langsamverkehr nicht integriert wird?
5. Sehen Sie weitere relevanten technologischen Entwicklungen im Hinblick auf digitale Verkehrssysteme bis 2050? Wenn Ja, welche?
6. Realistisch?
7. Zu welcher der besprochenen Varianten sollte unsere Forschungsarbeit prioritär Ergebnisse liefern?
8. Verfügen Sie über Daten, Grundlagen oder Studien bezüglich der Integration von LV (Varianten)? Wenn ja, über welche? Sind diese für Forschungszwecke verfügbar oder können Sie uns diese zur Verfügung stellen?

Thema III: Wünsche? Wohin soll die Reise hingehen?

1. Welche Art der Integration ins digitale Verkehrssystem würdest du dir/ würde sich dein Verband wünschen?
 2. Was könntest du dir / könnte sich dein Verband gar nicht vorstellen?
 3. Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit ...
-

Anhang 2

Interviewleitfaden: Integration des Langsamverkehrs in das digitalisierte Verkehrssystem

Hintergründe des Interviews und Definitionen

Vielen Dank, dass du/Sie dich/sich bereit erklärt haben mit uns ein kurzes Interview zu führen. In den kommenden 10 bis 15 Minuten möchten wir gemeinsam die Entwicklung des Verkehrssystems thematisieren. Das Interview ist Teil eines ASTRA Projekts zur Integration von Langsamverkehr in das digitale Verkehrssystem, welches EBP Schweiz AG, die ZHAW, Lumisera und Kohlilaw gemeinsam bearbeiten.

Das ASTRA-Projekt hat zum Ziel mögliche Szenarien und Varianten der passiven und aktiven Integration des Langsamverkehrs ins zunehmend digitalisierte Verkehrssystem darzustellen. Dabei wird unter digitalisiertem Verkehrssystem einerseits das automatisierte Fahren und andererseits die digitalisierte Infrastruktur verstanden. Die Varianten werden im Projekt hinsichtlich rechtlicher, funktionaler und technischer Gesichtspunkte bewertet. Zusätzlich sind Einschätzungen zur Akzeptanz und Umsetzbarkeit Ziele des Projekts. Aus diesen Vorarbeiten wird das Projektteam Handlungsempfehlungen für die Bereiche Infrastruktur, Gesetzgebung und Sensibilisierung der Betroffenen ableiten.

In diesem Rahmen holen wir verschiedene Meinungen von Expert/-innen ein. Falls du/Sie zu einer Frage keine Aussage treffen kannst/können, ist das kein Problem. Es gibt auch generell keine «richtigen» oder «falschen» Antworten.

Damit wir vom Gleichen reden, würde ich noch kurz die Definitionen mit dir durchgehen, wie wir Langsamverkehr und digitalisierte Verkehrssystem definieren

Langsamverkehr:

Definition Langsamverkehr

- **Fuss** (Trend: Reduktion Distanzen aufgrund zunehmender Hitze in Städten)
- **Velo und E-Bikes** (Trend: Zunahme elektrifizierte Bikes, Abnahme Velo)
- **Trendfahrzeuge im Bereich Mikromobilität** (Trend: Zunahme, aufgrund Elektrifizierung und zunehmender Geschwindigkeiten)

Abgrenzung:

- ≠ Grenze bei 45kmh und nach VTS+FG bis und mit Motorfahrrad
- ≠ Lieferroboter sowie Serviceroboter (z.B. zur Reinigung)

Definition Digitales Verkehrssystem – Was wird berücksichtigt?

- **MIV** (Personenwagen, Motorräder, etc.)
- **SV** (Lastwagen, Lastzug, etc.)
- **ÖIV** (individualisierter Kollektivverkehr, z.B. On-Demand)
- **ÖV** (Konventionelle Angebote, wie Bus, Tram)

Abgrenzung:

≠ Zug nach Eisenbahngesetz wird nicht berücksichtigt

Definition passiver Langsamverkehr

- Kein proaktives, digitales Einbringen der Verkehrsteilnehmenden
- Heutige Erfassung des LV in der Interaktion mit anderen Verkehrsmitteln geschieht vorwiegend an LSA (z.B. durch Detektorschleifen, «Drücken»)
- Weitere Möglichkeiten/absehbare Trends: Optische, thermische sowie lasergestützte Erfassung

Definition aktiver Langsamverkehr

- Proaktive Erfassung, sprich LV bindet sich aktiv ins digitale Verkehrssysteme ein
- Voraussetzung dafür ist die Lokalisierung der aktuellen Position und deren Kommunikation mit dem Verkehrssystem (Verkehrsteilnehmer sowie Infrastruktur)

Hast du / haben Sie noch Fragen? Sonst fangen wir an.

Thema I: Allgemeine Erfahrungen in Bezug auf das digitalisierte Verkehrssystem?

1. Welche Berührungspunkte haben Sie zu digitalisierte Verkehrssysteme?
 2. Wird das Thema in ihrem Fachkreis/ Verband diskutiert?
 3. Welche Aspekte werden vordergründig diskutiert?
 4. Wie stellen Sie sich das Zusammenspiel von Langsamverkehr und motorisiertem Individualverkehr im Jahr 2050 vor?
-

Thema II: Varianten

1. Welche Möglichkeiten sehen Sie, wie sich der Langsamverkehr, also beispielsweise Velofahrende, Zufussgehende, und E-Trottifahrende in ein digitalisierte Verkehrssystem integriert?
2. Welche Möglichkeiten sehen Sie auf Seiten der Infrastruktur?
3. Welche Möglichkeiten sehen Sie auf Seiten des MIV?
4. Welche dieser gerade genannten Varianten der **Integration** werden aktuell in Ihrem Fachkreis diskutiert? Welche dieser Varianten erachten Sie im Hinblick auf zukünftige Entwicklungen als besonders relevant oder realistisch?
5. [Falls nur aktive/passive genannt wurden] Werden auch andere (**passiven/aktive**) Varianten diskutiert? Wie bewerten Sie diese hinsichtlich ihrer Relevanz
6. Wären Sie bereit, Ihre Daten zu teilen? [nachfragen] Können Sie sich Szenarien oder Zwecke vorstellen, bei denen Sie das Teilen von Daten begrüssen würden [Beispiele falls nicht von sich aus genannt z.B. zur Verbesserung der Verkehrssicherheit, im Bereich des Verkehrsmanagements oder bei der Beweisführung/Entlastung in Straf - oder Zivilverfahren)?

Optional:

7. [Falls noch nicht genannt] Welche Wirkung / welche Vorteile erwarten Sie von der Integration des Langsamverkehrs?
8. Welche Risiken sehen sie, wenn Langsamverkehr nicht integriert wird?
9. Sehen Sie weitere relevanten technologischen Entwicklungen im Hinblick auf digitale Verkehrssysteme bis 2050? Wenn Ja, welche?
10. Realistisch?
11. Zu welcher der besprochenen Varianten sollte unsere Forschungsarbeit prioritär Ergebnisse liefern?
12. Verfügen Sie über Daten, Grundlagen oder Studien bezüglich der Integration von LV (Varianten)? Wenn ja, über welche? Sind diese für Forschungszwecke verfügbar oder können Sie uns diese zur Verfügung stellen?

Thema III: Wünsche? Wohin soll die Reise hingehen?

1. Welche Art der Integration ins digitale Verkehrssystem würdest du dir/ würde sich dein Verband wünschen?
 2. Was könntest du dir / könnte sich dein Verband gar nicht vorstellen?
 3. Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit ...
-

Anhang 3

Interviewleitfaden: Integration des Langsamverkehrs in das digitalisierte Verkehrssystem

Hintergründe des Interviews und Definitionen

Vielen Dank, dass du/Sie dich/sich bereit erklärt haben mit uns ein kurzes Interview zu führen. In den kommenden 10 bis 15 Minuten möchten wir gemeinsam die Entwicklung des Verkehrssystems thematisieren. Das Interview ist Teil eines ASTRA Projekts zur Integration von Langsamverkehr in das digitale Verkehrssystem, welches EBP Schweiz AG, die ZHAW, Lumisera und Kohlilaw gemeinsam bearbeiten.

Das ASTRA-Projekt hat zum Ziel mögliche Szenarien und Varianten der passiven und aktiven Integration des Langsamverkehrs ins zunehmend digitalisierte Verkehrssystem darzustellen. Dabei wird unter digitalisiertem Verkehrssystem einerseits das automatisierte Fahren und andererseits die digitalisierte Infrastruktur verstanden. Die Varianten werden im Projekt hinsichtlich rechtlicher, funktionaler und technischer Gesichtspunkte bewertet. Zusätzlich sind Einschätzungen zur Akzeptanz und Umsetzbarkeit Ziele des Projekts. Aus diesen Vorarbeiten wird das Projektteam Handlungsempfehlungen für die Bereiche Infrastruktur, Gesetzgebung und Sensibilisierung der Betroffenen ableiten.

In diesem Rahmen holen wir verschiedene Meinungen von Expert/-innen ein. Falls du/Sie zu einer Frage keine Aussage treffen kannst/können, ist das kein Problem. Es gibt auch generell keine «richtigen» oder «falschen» Antworten.

Damit wir vom Gleichen reden, würde ich noch kurz die Definitionen mit dir durchgehen, wie wir Langsamverkehr und digitalisierte Verkehrssystem definieren

Langsamverkehr:

Definition Langsamverkehr

- **Fuss** (Trend: Reduktion Distanzen aufgrund zunehmender Hitze in Städten)
- **Velo und E-Bikes** (Trend: Zunahme elektrifizierte Bikes, Abnahme Velo)
- **Trendfahrzeuge im Bereich Mikromobilität** (Trend: Zunahme, aufgrund Elektrifizierung und zunehmender Geschwindigkeiten)

Abgrenzung:

- ≠ Grenze bei 45kmh und nach VTS+FG bis und mit Motorfahrrad
- ≠ Lieferroboter sowie Serviceroboter (z.B. zur Reinigung)

Definition Digitales Verkehrssystem – Was wird berücksichtigt?

- **MIV** (Personenwagen, Motorräder, etc.)
- **SV** (Lastwagen, Lastzug, etc.)
- **ÖIV** (individualisierter Kollektivverkehr, z.B. On-Demand)
- **ÖV** (Konventionelle Angebote, wie Bus, Tram)

Abgrenzung:

≠ Zug nach Eisenbahngesetz wird nicht berücksichtigt

Definition passiver Langsamverkehr

- Kein proaktives, digitales Einbringen der Verkehrsteilnehmenden
- Heutige Erfassung des LV in der Interaktion mit anderen Verkehrsmitteln geschieht vorwiegend an LSA (z.B. durch Detektorschleifen, «Drücken»)
- Weitere Möglichkeiten/absehbare Trends: Optische, thermische sowie lasergestützte Erfassung

Definition aktiver Langsamverkehr

- Proaktive Erfassung, sprich LV bindet sich aktiv ins digitale Verkehrssysteme ein
- Voraussetzung dafür ist die Lokalisierung der aktuellen Position und deren Kommunikation mit dem Verkehrssystem (Verkehrsteilnehmer sowie Infrastruktur)

Hast du / haben Sie noch Fragen? Sonst fangen wir an.

Thema I: Allgemeine Erfahrungen in Bezug auf das digitalisierte Verkehrssystem?

1. Welche Berührungspunkte haben Sie zu digitalisierte Verkehrssysteme?
 2. Wird das Thema in ihrem Fachkreis/ Verband diskutiert?
 3. Welche Aspekte werden vordergründig diskutiert?
 4. Wie stellen Sie sich das Zusammenspiel von Langsamverkehr und motorisiertem Individualverkehr im Jahr 2050 vor?
-

Thema II: Varianten

6. Welche Möglichkeiten sehen Sie, wie sich der Langsamverkehr, also beispielsweise Velofahrende, Zufussgehende, und E-Trottifahrende in ein digitalisierte Verkehrssystem integriert?
7. Welche Möglichkeiten sehen Sie auf Seiten der Infrastruktur?
8. Welche Möglichkeiten sehen Sie auf Seiten des MIV?
9. Welche dieser gerade genannten Varianten der **Integration** werden aktuell in Ihrem Fachkreis diskutiert? Welche dieser Varianten erachten Sie im Hinblick auf zukünftige Entwicklungen als besonders relevant oder realistisch?
10. [Falls nur aktive/passive genannt wurden] Werden auch andere (**passiven/aktive**) Varianten diskutiert? Wie bewerten Sie diese hinsichtlich ihrer Relevanz
11. Wären Sie bereit, Ihre Daten zu teilen? [nachfragen] Können Sie sich Szenarien oder Zwecke vorstellen, bei denen Sie das Teilen von Daten begrüßen würden [Beispiele falls nicht von sich aus genannt z.B. zur Verbesserung der Verkehrssicherheit, im Bereich des Verkehrsmanagements oder bei der Beweisführung/Entlastung in Straf - oder Zivilverfahren)?

Optional:

12. [Falls noch nicht genannt] Welche Wirkung / welche Vorteile erwarten Sie von der Integration des Langsamverkehrs?
13. Welche Risiken sehen sie, wenn Langsamverkehr nicht integriert wird?
14. Sehen Sie weitere relevanten technologischen Entwicklungen im Hinblick auf digitale Verkehrssysteme bis 2050? Wenn Ja, welche?
15. Realistisch?
16. Zu welcher der besprochenen Varianten sollte unsere Forschungsarbeit prioritär Ergebnisse liefern?
17. Verfügen Sie über Daten, Grundlagen oder Studien bezüglich der Integration von LV (Varianten)? Wenn ja, über welche? Sind diese für Forschungszwecke verfügbar oder können Sie uns diese zur Verfügung stellen?

Thema III: Wünsche? Wohin soll die Reise hingehen?

1. Welche Art der Integration ins digitale Verkehrssystem würdest du dir/ würde sich dein Verband wünschen?
 2. Was könntest du dir / könnte sich dein Verband gar nicht vorstellen?
 3. Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit ...
-

Leitfaden InLID: Integration des Langsamverkehrs in das digitalisierte Verkehrssystem

Hintergründe des Interviews und Definitionen

Vielen Dank, dass du/Sie dich/sich bereit erklärt haben mit uns ein kurzes Interview zu führen. In den kommenden 15 bis 20 Minuten möchten wir gemeinsam die Entwicklung des Verkehrssystems thematisieren. Das Interview ist Teil eines ASTRA Projekts zur Integration des Langsamverkehrs in das digitale Verkehrssystem, welches EBP Schweiz AG, die ZHAW, Lumisera und Kohlilaw gemeinsam bearbeiten.

Zunächst möchte ich dir gerne die Varianten, die erarbeitet wurden, genauer vorstellen [weiter mit Powerpoint].

Gibt es zunächst Verständnisfragen?

Variante 2C

Ich kann mir vorstellen, dass Angehörige des Langsamverkehrs diese Variante des digitalisierten Verkehrssystems gerne verwenden.

1 «Trifft nicht zu»							6 «Trifft zu»
---------------------	--	--	--	--	--	--	---------------

Passive Integration mit freiwilliger aktiver Integration

Reine Passive Integration

«Basis»

«Nachhaltige Gesellschaft (NTG)»

Ich kann mir vorstellen, dass Angehörige des Langsamverkehrs diese Variante des digitalisierten Verkehrssystems ins tägliche Leben integrieren.

1 «Trifft nicht zu»							6 «Trifft zu»
---------------------	--	--	--	--	--	--	---------------

Passive Integration mit freiwilliger aktiver Integration

Reine Passive Integration

«Basis»

«Nachhaltige Gesellschaft (NTG)»

Warum?

Ich finde diese Variante des digitalisierten Verkehrssystems nützlich.

1 «Trifft nicht zu»							6 «Trifft zu»
---------------------	--	--	--	--	--	--	---------------

Passive Integration mit freiwilliger aktiver Integration

Reine Passive Integration

«Basis»

«Nachhaltige Gesellschaft (NTG)»

Diese Variante des digitalisierten Verkehrssystems erhöht den Komfort für den Langsamverkehr.

1 «Trifft nicht zu»							6 «Trifft zu»
---------------------	--	--	--	--	--	--	---------------

Passive Integration mit
freiwilliger aktiver In-
tegration

Reine Passive Integra-
tion

«Basis»

«Nachhaltige Gesell-
schaft (NTG)»

Diese Variante des digitalisierten Verkehrssystems erhöht die Flexibilität im Alltag der Angehörigen des Langsamverkehrs

1 «Trifft nicht zu»							6 «Trifft zu»
---------------------	--	--	--	--	--	--	---------------

Passive Integration mit
freiwilliger aktiver In-
tegration

Reine Passive Integra-
tion

«Basis»

«Nachhaltige Gesell-
schaft (NTG)»

Nachfragen: Warum?

Zu lernen, sich in dieser Variante des digitalisierten Verkehrssystems zu bewegen, wird für Angehörige des Langsamverkehrs leicht sein.

1 «Trifft nicht zu»							6 «Trifft zu»
---------------------	--	--	--	--	--	--	---------------

Passive Integration mit
freiwilliger aktiver In-
tegration

Reine Passive Integra-
tion

«Basis»

«Nachhaltige Gesell-
schaft (NTG)»

Ich denke, dass es bequem ist, sich in dieser Variante des digitalisierten Verkehrssystems zu bewegen.

1 «Trifft nicht zu»							6 «Trifft zu»
---------------------	--	--	--	--	--	--	---------------

	Passive Integration mit freiwilliger aktiver Integration	Reine Passive Integration
«Basis»		
«Nachhaltige Gesellschaft (NTG)»		

Nachfragen: Warum?

Experten und Medien werden diese Variante des digitalisierten Verkehrssystems meiner Meinung nach positiv bewerten

1 «Trifft nicht zu»							6 «Trifft zu»
---------------------	--	--	--	--	--	--	---------------

Passive Integration mit
freiwilliger aktiver In-
tegration

Reine Passive Integra-
tion

«Basis»

«Nachhaltige Gesell-
schaft (NTG)»

Nachfragen: Warum?

Die Angehörigen des Langsamverkehrs verfügen über die notwendigen Ressourcen, um an dieser Variante des digitalisierten Verkehrssystems teilzunehmen.

1 «Trifft nicht zu»							6 «Trifft zu»
---------------------	--	--	--	--	--	--	---------------

	Passive Integration mit freiwilliger aktiver Integration	Reine Passive Integration
«Basis»		
«Nachhaltige Gesellschaft (NTG)»		

Die Angehörigen des Langsamverkehrs haben das nötige Wissen, um an dieser Variante des digitalisierten Verkehrssystems teilzunehmen.

1 «Trifft nicht zu»							6 «Trifft zu»
---------------------	--	--	--	--	--	--	---------------

	Passive Integration mit freiwilliger aktiver Integration	Reine Passive Integration
«Basis»		
«Nachhaltige Gesellschaft (NTG)»		

Nachfragen: Warum? Was bräuchte es, um daran teilzunehmen bzw. sich sicher fühlt?

Diese Variante des digitalisierten Verkehrssystems wird für Angehörige des Langsamverkehrs zur Gewohnheit werden.

1 «Trifft nicht zu»							6 «Trifft zu»
---------------------	--	--	--	--	--	--	---------------

Passive Integration mit
freiwilliger aktiver In-
tegration

Reine Passive Integra-
tion

«Basis»

«Nachhaltige Gesell-
schaft (NTG)»

Nachfragen:

Die Teilnahme an dieser Variante des digitalisierten Verkehrssystems ist für Angehörige des Langsamverkehrs riskant.

1 «Trifft nicht zu»							6 «Trifft zu»
---------------------	--	--	--	--	--	--	---------------

Passive Integration mit
freiwilliger aktiver In-
tegration

Reine Passive Integra-
tion

«Basis»

«Nachhaltige Gesell-
schaft (NTG)»

Ich könnte mir vorstellen, dass Angehörige des Langsamverkehrs dieser Variante des Langsamverkehrs nicht vertrauen.

1 «Trifft nicht zu»							6 «Trifft zu»
---------------------	--	--	--	--	--	--	---------------

Passive Integration mit
freiwilliger aktiver In-
tegration

Reine Passive Integra-
tion

«Basis»

«Nachhaltige Gesell-
schaft (NTG)»

Diese Variante des digitalisierten Verkehrssystems funktioniert möglicherweise nicht so gut wie herkömmliche Verkehrssysteme

1 «Trifft nicht zu»							6 «Trifft zu»
---------------------	--	--	--	--	--	--	---------------

Passive Integration mit
freiwilliger aktiver In-
tegration

Reine Passive Integra-
tion

«Basis»

«Nachhaltige Gesell-
schaft (NTG)»

Es gibt noch zu viele offene Fragen rund um digitalisierte Verkehrssysteme
Ich habe eine gewisse Angst vor digitalisierten Verkehrssystemen

1 «Trifft nicht zu»							6 «Trifft zu»
---------------------	--	--	--	--	--	--	---------------

Passive Integration mit
freiwilliger aktiver In-
tegration

Reine Passive Integra-
tion

«Basis»

«Nachhaltige Gesell-
schaft (NTG)»

Nachfragen:

Variante 4: Rein passive Integration

Ich kann mir vorstellen, dass Angehörige des Langsamverkehrs diese Variante des digitalisierten Verkehrssystems gerne verwenden.

1 «Trifft nicht zu»							6 «Trifft zu»
---------------------	--	--	--	--	--	--	---------------

Ich kann mir vorstellen, dass Angehörige des Langsamverkehrs diese Variante des digitalisierten Verkehrssystems ins tägliche Leben integrieren.

1 «Trifft nicht zu»							6 «Trifft zu»
---------------------	--	--	--	--	--	--	---------------

Warum?

Ich finde diese Variante des digitalisierten Verkehrssystems nützlich.

1 «Trifft nicht zu»							6 «Trifft zu»
------------------------	--	--	--	--	--	--	------------------

Diese Variante des digitalisierten Verkehrssystems erhöht den Komfort für den Langsamverkehr.

1 «Trifft nicht zu»							6 «Trifft zu»
------------------------	--	--	--	--	--	--	------------------

Diese Variante des digitalisierten Verkehrssystems erhöht die Flexibilität im Alltag der Angehörigen des Langsamverkehrs

1 «Trifft nicht zu»							6 «Trifft zu»
------------------------	--	--	--	--	--	--	------------------

Nachfragen: Warum?

Zu lernen, sich in dieser Variante des digitalisierten Verkehrssystems zu bewegen, wird für Angehörige des Langsamverkehrs leicht sein.

1 «Trifft nicht zu»							6 «Trifft zu»
------------------------	--	--	--	--	--	--	------------------

Ich denke, dass es bequem ist, sich in dieser Variante des digitalisierten Verkehrssystems zu bewegen.

1 «Trifft nicht zu»							6 «Trifft zu»
------------------------	--	--	--	--	--	--	------------------

Nachfragen: Warum?

Experten und Medien werden diese Variante des digitalisierten Verkehrssystems meiner Meinung nach positiv bewerten

1 «Trifft nicht zu»							6 «Trifft zu»
---------------------	--	--	--	--	--	--	---------------

Nachfragen: Warum?

Die Angehörigen des Langsamverkehrs verfügen über die notwendigen Ressourcen, um an dieser Variante des digitalisierten Verkehrssystems teilzunehmen.

1 «Trifft nicht zu»							6 «Trifft zu»
---------------------	--	--	--	--	--	--	---------------

Die Angehörigen des Langsamverkehrs haben das nötige Wissen, um an dieser Variante des digitalisierten Verkehrssystems teilzunehmen.

1 «Trifft nicht zu»							6 «Trifft zu»
---------------------	--	--	--	--	--	--	---------------

Nachfragen: Warum?

Diese Variante des digitalisierten Verkehrssystems wird für Angehörige des Langsamverkehrs zur Gewohnheit werden.

1 «Trifft nicht zu»							6 «Trifft zu»
---------------------	--	--	--	--	--	--	---------------

Nachfragen:

Die Teilnahme an dieser Variante des digitalisierten Verkehrssystems ist für Angehörige des Langsamverkehrs riskant.

1 «Trifft nicht zu»							6 «Trifft zu»
---------------------	--	--	--	--	--	--	---------------

Ich könnte mir vorstellen, dass Angehörige des Langsamverkehrs dieser Variante des Langsamverkehrs nicht vertrauen.

1 «Trifft nicht zu»							6 «Trifft zu»
---------------------	--	--	--	--	--	--	---------------

Diese Variante des digitalisierten Verkehrssystems funktioniert möglicherweise nicht so gut wie herkömmliche Verkehrssysteme

1 «Trifft nicht zu»							6 «Trifft zu»
---------------------	--	--	--	--	--	--	---------------

Es gibt noch zu viele offene Fragen rund um digitalisierte Verkehrssysteme

1 «Trifft nicht zu»							6 «Trifft zu»
---------------------	--	--	--	--	--	--	---------------

Nachfragen:

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: 16.05.2025

Grunddaten

Projekt-Nr.: MB4_20_04A_02
Projektitel: Integration des Langsamverkehrs in das digitalisierte Verkehrssystem
Enddatum: 31.05.2025

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Die heute denkbaren Varianten der Integration des Langsamverkehrs (LV) in das digitalisierte Verkehrssystem wurden im Rahmen des Forschungsprojekts aufgezeigt, technische Voraussetzungen und Rahmenbedingungen beschrieben, rechtliche Fragen diskutiert und die Akzeptanz von Nutzenden berücksichtigt. Dazu wurde ein Vorgehen in vier Schritten gewählt. In einem ersten Schritt wurden Zukunftsszenarien für den Verkehr aus der Literatur abgeleitet und mit passiver, aktiver und freiwillig aktiver Integration des LV verknüpft. Daraus entstanden zwölf Varianten der Integration. Vier davon wurden priorisiert. Im zweiten Schritt wurden für die vier Varianten die technischen und rechtlichen Rahmenbedingungen auf Basis von Expertenwissen beschrieben. In einem dritten Schritt wurde die Akzeptanz der Nutzenden und die Attraktivität der Varianten für die Nutzenden mittels Interviews erhoben. Im vierten Schritt wurden aus den bisherigen Ergebnissen die zwei bevorzugten Varianten ermittelt. Für die Beurteilung wurden dazu die Akzeptanz und die Attraktivität für die Nutzenden besonders hoch gewichtet. Daneben spielten auch der positive Effekt auf die Verkehrssicherheit und auf den Verkehrsfluss eine wesentliche Rolle.

Für die zwei bevorzugten Varianten wurden Empfehlungen abgeleitet: Es wird empfohlen, eine standardisierte digitale Infrastruktur aufzubauen, welche datenschutzkonform und sicher ist, sowie Optimierungen zulässt. Der rechtliche Rahmen sollte angepasst werden insbesondere um Fragen der Haftung, des Datenschutzes und der (strafrechtlichen) Verantwortung zu klären. Missbrauch der Systeme und auch deren Manipulation muss verhindert werden. Zur Förderung der Integration des LVs wird empfohlen, dass Städte und Gemeinden ausreichend Handlungsspielraum erhalten, um den LV und dessen Integration ins digitalisierte Verkehrssystem zu fördern bzw. in Pilotversuchen zu testen. Längerfristig scheint eine Harmonisierung zumindest auf europäischer Ebene sinnvoll, um ein einheitliches, sicheres und effizientes digitalisiertes Verkehrssystem zu entwickeln, welches den LV gleichberechtigt berücksichtigt.

Das Forschungsprojekt zeigt, dass die Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem technische und rechtliche Herausforderungen mit sich bringt, jedoch auch Vorteile hinsichtlich Sicherheit und Effizienz. Eine kontinuierliche Neubewertung der Ansätze und Rahmenbedingungen wird empfohlen, um die Integration erfolgreich umzusetzen. Dies umfasst einerseits die Nutzendenakzeptanz, welche mit der Verbreitung der Technologien steigen kann als auch die technischen und die rechtlichen Aspekte.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Zielerreichung:

Das Ziel der Forschungsarbeit war es, eine umfassende und systematische Auslegeordnung und Bewertung von Varianten der Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem zu erarbeiten. Diese Auslegeordnung wurde gemacht und zwei bevorzugte Varianten, abhängig von der gesellschaftlichen Entwicklung, wurden näher beschrieben. Die technischen, funktionalen und rechtlichen Aspekte sowie die Akzeptanz der Nutzenden und die Umsetzbarkeit der Varianten in der Schweiz wurden berücksichtigt. Eine rein aktive Integration des LV in das digitalisierte Verkehrssystem konnte ausgeschlossen werden. Als weiteres Ziel wurde die Ableitung von Empfehlungen genannt, welche auf Basis der Erkenntnisse formuliert, und an verschiedene Institutionen und Stellen innerhalb und ausserhalb der Verwaltung adressiert wurden.

Folgerungen und Empfehlungen:

Es wird empfohlen, eine standardisierte digitale Infrastruktur aufzubauen, welche datenschutzkonform und sicher ist, sowie Optimierungen zulässt. Der rechtliche Rahmen sollte angepasst werden, um insbesondere Fragen der Haftung, des Datenschutzes und der (strafrechtlichen) Verantwortung zu klären. Missbrauch der Systeme und auch deren Manipulation muss verhindert werden. Zur Förderung der Integration des LVs wird empfohlen, dass Städte und Gemeinden ausreichend Handlungsspielraum erhalten, um den LV und dessen Integration ins digitalisierte Verkehrssystem zu fördern bzw. in Pilotversuchen zu testen. Längerfristig scheint eine Harmonisierung zumindest auf europäischer Ebene sinnvoll, um ein einheitliches, sichereres und effizientes digitalisiertes Verkehrssystem zu entwickeln, welches den LV gleichberechtigt berücksichtigt.

Publikationen:

Der Schlussbericht wird auf der Mobilityplattform des Bundes publiziert (www.mobilityplatform.ch).

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Zahnd

Vorname: Bettina

Amt, Firma, Institut: EBP Schweiz AG

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:

Bettina Zahnd, EBP Schweiz AG
Zürich, 16 May 2025

Simple electronic signature



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:

Ziel der Forschungsarbeit war es, eine umfassende und systematische Auslegeordnung und Bewertung von Varianten der Integration des Langsamverkehrs in das digitalisierte Verkehrssystem zu erarbeiten. Diese Varianten und deren Auswirkungen sollten in technischer, funktionaler und rechtlicher Hinsicht beurteilt und deren Akzeptanz und Umsetzbarkeit in der Schweiz eingeschätzt werden. Zudem sollten Empfehlungen an Expertinnen und Experten in- und ausserhalb der Verwaltung abgegeben werden.

Das vorliegende Forschungsprojekt hat dies Ziele in vollem Umfang erreicht. Die zentrale Erkenntnis besteht darin, dass die Einbindung des Langsamverkehrs in das digitale Verkehrssystem sowohl den Verkehrsfluss optimieren als auch die Verkehrssicherheit erhöhen kann. Eine digitale Integration ist daher nicht nur sinnvoll, sondern auch zukunftsweisend.

Dank eines zielgerichteten und strukturierten Vorgehens sowie des engagierten Einsatzes des kompetenten Projektteams konnte das Forschungsprojekt erfolgreich innerhalb des vorgesehenen Zeit- und Budgetrahmens abgeschlossen werden.

Umsetzung:

Das Projekt wurde auf der Grundlage eines mehrstufigen Analysemodells durchgeführt. Dieses umfasste die Verwendung der Verkehrsperspektiven des ARE, Entwicklung von möglichen Varianten zur Integration des Langsamverkehrs in das digitalisierte Verkehrssystem sowie deren Bewertung, die Ableitung technischer, rechtlicher und gesellschaftlicher Anforderungen sowie die Formulierung konkreter Empfehlungen. Diese Herangehensweise ermöglichte sowohl einen Blick auf unterschiedliche Entwicklungspfade als auch auf praktische Umsetzungsmöglichkeiten. Mittels Expertenworkshops sowie Interviews mit Vertretenden unterschiedlicher Nutzergruppen, Velo- und Behindertenverbände sowie mit technischen und rechtlichen Experten konnten die wesentlichen Erkenntnisse gewonnen, bewertet und eine Empfehlung für die Bestvariante erarbeitet werden.

weitergehender Forschungsbedarf:

Die konkrete Ausgestaltung der Integration des Langsamverkehrs ins digitale Verkehrssystem ist in weiteren Forschungen zu erarbeiten. Dabei sind technische, rechtliche als auch gesellschaftliche Rahmenbedingungen zu berücksichtigen bzw. deren Entwicklungen laufend zu beobachten und deren Folgen zu beurteilen. Wichtig ist insbesondere auf die Interoperabilität sowohl innerhalb der Schweiz als auch im internationalen Kontext (über die Grenzen) zu achten.

Einfluss auf Normenwerk:

keiner

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Pirkelbauer

Vorname: Sigrid

Amt, Firma, Institut: Bundesamt für Strassen ASTRA

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

S. Pirkelbauer