

lex2vehicle

Verkehrsrecht zum Endnutzer bringen

Zusammenfassende Darstellung der Projektergebnisse und Zukunftsplan

Februar 2022

Auftraggeberinnen



Bundesministerium
für Digitales
und Verkehr

Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV)

Invalidenstraße 44, 10115 Berlin, Deutschland

www.bmdv.bund.de



Bundesministerium
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie

Bundesministerium für Klimaschutz (BMK)

Radetzkystraße 2, 1030 Wien, Österreich

www.bmk.gv.at



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Strassen (ASTRA)

Papiermühlestrasse 13, 3063 Ittigen, Schweiz

www.astra.admin.ch

Bundesamt für Strassen ASTRA

Auftragnehmerinnen



PRISMA solutions EDV-Dienstleistungen GmbH

Klostergasse 18, 2340 Mödling, Österreich

www.prisma-solutions.at



AlbrechtConsult GmbH

Theaterstraße 24, 52062 Aachen, Deutschland

www.albrechtconsult.com



IAV GmbH Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr

Carnotstraße 1, 10587 Berlin, Deutschland

www.iav.com



Sigmund Freud PrivatUniversität Wien

Campus Prater, Freudplatz 1, 1020 Wien, Österreich

www.sfu.ac.at

Finanzierung

D-A-CH Kooperation Verkehrsinfrastrukturforschung

im Rahmen von Mobilität der Zukunft

Ausschreibung 2020

Ausschreibungsschwerpunkt Digitalisierung verkehrsrechtlicher Anordnungen

Autorinnen

PRISMA solutions



Katharina Grundei
Niklas Schönböck
Gudrun Schrömmner
Nik Widmann

AlbrechtConsult



Josef Kaltwasser
Daniel Kleer

IAV Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr,



Ben Evers
Kathrin Hagemann
Daniel Hermann
Benjamin Weinhardt

SFU Sigmund Freud PrivatUniversität Wien



Susanne Gstöttner
Konrad Lachmayer

unter Konsultation mit
Henning Jessen (Deutschland)
Felix Uhlmann (Schweiz)

Impressum

Herausgeber und Programmverantwortung



Bundesministerium
für Digitales
und Verkehr

Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV)

Invalidenstraße 44, 10115 Berlin, Deutschland

www.bmdv.bund.de



Bundesministerium
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie

Bundesministerium für Klimaschutz (BMK)

Radetzkystraße 2, 1030 Wien, Österreich

www.bmk.gv.at



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Strassen (ASTRA)

Papiermühlestrasse 13, 3063 Ittigen, Schweiz

www.astra.admin.ch

Bundesamt für Strassen ASTRA

Für den Inhalt verantwortlich



PRISMA solutions EDV-Dienstleistungen GmbH

Klostergasse 18, 2340 Mödling, Österreich

www.prisma-solutions.at

Programmmanagement



Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH

Sensengasse 1, 1090 Wien, Österreich

www.ffg.at

Synonyme

Die Tatsache, dass die gegenständliche Studie auf den DACH Raum (Deutschland, Österreich, Schweiz) referenziert, führt unweigerlich zur Verwendung von Begrifflichkeiten, die nicht in allen drei Ländern gebräuchlich sind. Um die Lesbarkeit des Textes zu erhalten, haben sich die Autorinnen dazu entschieden, durchgängig einheitliche Begrifflichkeiten zu verwenden. Nachstehend finden sich zu den verwendeten Begriffen die entsprechenden landesspezifischen Synonyme.

Allgemeine Verkehrsregeln:	auch Straßenverkehrsordnung, Straßenverkehrsgesetz + Straßenverkehrsordnung, Strassenverkehrsgesetz + Verkehrsregelnverordnung + Signalisationsverordnung
Anordnung:	auch verkehrliche Anordnung, verkehrsrechtliche Anordnung, (verkehrs)behördliche Anordnung, Verordnung, Allgemeinverfügung
Verkehrsrechtliche Vorschriften:	auch Verkehrsregeln, Straßenverkehrsrecht (als Überbegriff für Allgemeine Verkehrsregeln und Anordnungen)
Verkehrszeichen:	auch Straßenverkehrszeichen, Signal (im Gegensatz dazu ist ein Verkehrsschild das physische Schild in der Natur)
Zusatztafel	auch Zusatzzeichen
Bodenmarkierung:	auch Straßenmarkierung, Markierung
Behörde:	auch Verkehrsbehörde
Baulastträger:	auch Straßenbaulastträger, Straßenerhalter, Straßenbetreiber

Gendergerechte Formulierung

Um die einfache Lesbarkeit des Textes zu gewährleisten, wird im Gegensatz zu dem bis dato weit verbreiteten generischen Maskulinum das generische Femininum verwendet. Es wird an dieser Stelle ausdrücklich festgehalten, dass mit derartigen Formulierungen ausnahmslos Menschen jeden Geschlechts gleichermaßen adressiert sind.

Kurzfassung

Das Projekt lex2vehicle analysiert, wie verkehrsrechtliche Vorschriften zu gestalten sind, sodass sie zukünftig auch von automatisierten Fahrzeugen problemlos befolgt werden können. Dabei stellen auch die Unterschiede der verkehrsrechtlichen Vorschriften in verschiedenen Ländern eine Herausforderung dar. Das Projekt zeigt einen Weg auf, die entsprechenden Prozesse der öffentlichen Verwaltung zu digitalisieren sowie die daraus hervorgehenden Vorschriften für die Anwendung durch automatisierte Fahrsysteme zu transformieren. Derartige Regelungen richten sich inhaltlich an automatisierte Fahrsysteme in Form einer eindeutigen, formalen Digitalisierung des rechtlichen Verhaltensrahmens. Dies schafft gleichzeitig auch die Grundlage für die Prüfung der Rechtskonformität der Fahrfunktion im Rahmen der Fahrzeugzulassung und bildet darüber hinaus auch die allgemeine Voraussetzung für die Übertragung digitaler Vorschriften in das Fahrzeug.

Wesentlich sind ebenfalls die räumlichen und zeitlichen Gültigkeitsbereiche verkehrlicher Anordnungen. Hierbei zeigt das Projekt auch das Potenzial zur Konvergenz des lex2vehicle-Ansatzes mit aktuell existierenden Datenkanälen ins Fahrzeug auf. Ein Zukunftsplan zeigt, wie ein solcher Ansatz – der komplexe, internationale Stakeholder-Kooperationen bedingt – im Rahmen der nächsten zehn Jahre erfolgreich umgesetzt werden kann.

Inhaltsverzeichnis

Teil A – Zusammenfassende Darstellung der Projektergebnisse

1	Einleitung	12
1.1	Motivation	12
1.1.1	Aufgabenstellung	12
1.1.2	Zielsetzung	13
1.1.3	Innovationsgehalt	14
1.1.4	Herangehensweise.....	16
1.2	Big Picture	17
1.2.1	Übersicht Informationsfluss.....	17
1.2.2	Notwendigkeit der digitalen Kommunikation	19
2	Rechtlicher Rahmen (AP2).....	21
2.1	Internationaler, europa- und verfassungsrechtlicher Rahmen	21
2.1.1	Völkerrechtlicher Rahmen	21
2.1.2	Europarechtlicher Rahmen	25
2.1.3	Verfassungsrechtlicher Rahmen	28
2.2	Verkehrsrechtlicher Rahmen	30
2.2.1	Straßenverkehrsrechtliche Regelwerke.....	30
2.2.2	Verkehrsregeln für automatisiertes Fahren	30
2.3	AD_StVO als Text	33
2.3.1	Digitalisierung verkehrsrechtlicher Regeln.....	33
2.3.2	Problemstellungen der Digitalisierung	34
2.3.3	Defizitäre Regelungssituation für automatisierte Fahrsysteme	36
2.3.4	"AD_StVO" als Lösungsansatz.....	37
2.3.5	Innovationsförderndes Zusammenspiel	43
2.4	Allgemeiner Rechtsrahmen für die Digitalisierung behördlicher Anordnungen	43
2.4.1	Straßenverkehrszeichen als verwaltungsbehördliche Anordnungen im Straßenverkehr	43
2.4.2	Digitale Veröffentlichung von Anordnungen	44
2.4.3	Veröffentlichung/Verbindlicherklärung.....	45
2.4.4	Kollisionsregeln	45

3	Aufgaben und Rollen (AP3)	48
3.1	Rechtliche Perspektiven	48
3.1.1	Gesetzliche Verankerung der Digitalisierungsprozesse	48
3.1.2	Neue Strukturierung der Aufgaben	49
4	Strukturierung (AP4)	52
4.1	Elemente der Strukturierung	53
4.1.1	Manöver als zentrales Bindeglied	53
4.1.2	Maßnahmen als Element zur Verortung verkehrlicher Anordnungen	55
4.2	Strukturierung der StVO	57
4.2.1	Begriffsbestimmungen	57
4.2.2	Bestimmungsmatrizen und Maßnahmen-Hierarchie	58
4.3	Strukturierung der Prozesse	61
4.3.1	Dauerhafte statische stationäre Anordnungen	62
4.3.2	Temporäre statische stationäre Anordnungen	64
4.3.3	Dauerhafte dynamische stationäre Anordnungen	66
4.4	Technische Unterstützung	68
5	Veröffentlichung physisch (AP5)	71
5.1	Grundlagen und Herausforderungen	71
5.1.1	Status Quo	71
5.1.2	Zukünftige Rolle	72
5.1.3	Umsetzung bestehender Vorgaben	73
5.2	Erfordernisse für die Zukunft	74
5.2.1	Räumliche Abgrenzung von Maßnahmen	74
5.2.2	Zusatztafeln	75
5.2.3	Temporäre Maßnahmen	76
6	Veröffentlichung digital (AP6)	80
6.1	Kodierung verkehrsrechtlicher Vorschriften	81
6.1.1	Einführung	81
6.1.2	Formale Modellierung verkehrsrechtlicher Vorschriften	83
6.1.3	Besondere Aspekte	92
6.1.4	Veranschaulichung anhand eines Beispielszenarios	93
6.1.5	Verbesserungspotenzial einer AD_StVO	96

6.2	Verortung verkehrlicher Anordnungen	97
6.2.1	Allgemeines zur Verortung	97
6.2.2	Digitale Grundkarte	98
6.2.3	Modellierung des I2v_regulations_layer	99
6.2.4	Umsetzung des I2v_regulations_layer.....	101
6.3	Rechtssichere Übertragung in das Fahrzeug	104
6.3.1	Einleitung und Überblick.....	104
6.3.2	StVO/StVZO – Spezifikation – OEM – Fahrzeug	105
6.3.3	Digitale Karte	107
6.3.4	Nahbereichskommunikation	110
6.3.5	Dynamische Verkehrsinformationen	119
6.4	Verkehrsinformation basierend auf der Veröffentlichung rechtsverbindlicher Vorschriften	123
7	Prüfung und Abnahme (AP7)	125
7.1	Stand der Technik in der Prüfung von herkömmlichen Kraftfahrzeugen	126
7.1.1	Umsetzung der Fahraufgabe	126
7.1.2	Entwicklung und Prüfung von KFZ beim OEM	127
7.1.3	Aktuelle Prüfverfahren KFZ am Beispiel Deutschland	129
7.1.4	Fazit.....	132
7.2	Analyse notwendiger Anpassungen für die Prüfung automatisierter Fahrzeuge.....	132
7.2.1	Umsetzung der Fahraufgabe	132
7.2.2	Aktuelle Prüfverfahren ADAS und AD am Beispiel Deutschland	134
7.2.3	Fazit.....	137
7.3	Konzept für Prüfverfahren automatisierter Fahrzeuge	138
7.3.1	Grundkonzept Prüfverfahren.....	138
7.3.2	Prüfverfahren – Erstellung und Freigabe der ODD	139
7.3.3	Prüfverfahren – Prüfszenarienkatalog.....	140
7.3.4	Prüfverfahren – Funktionsprüfung und Freigabe Umsetzung	142
7.3.5	Fazit.....	143
8	Stakeholderprozess (AP8)	145
8.1	Erste Serie der Stakeholder-Workshops	145
8.2	Zweite Serie der Stakeholder-Workshops	145

Teil B – Zukunftsplan

9	Zukunftsplan	150
9.1	Handlungsfelder.....	150
9.2	Herangehensweise.....	151
9.3	Nächste Schritte.....	152
9.3.1	Vertiefende Spezifikation mit Beteiligung OEM	152
9.3.2	Multinationales IA-Projekt.....	153
9.3.3	Strukturaufbau, Standardisierung	153
9.3.4	Digitale rechtsverbindliche Anordnungen als Information (nationale Umsetzungen)...	153
9.4	Schwerpunkte	154
9.4.1	Verfassungsrechtlicher und verkehrsrechtlicher Rahmen, Teilharmonisierung AD_StVO, AD_StVO als Text	155
9.4.2	Domänenspezifische Sprache (DSL).....	156
9.4.3	Spezifikation Szenarien, Manöver etc.	157
9.4.4	AD_StVO digital.....	157
9.4.5	Digitale Karte, Modell regulations_layer	158
9.4.6	Abstimmung ODD, Abstimmung ODD-spezifische Prüf szenarien	159
9.4.7	Entwicklung Interpreter für DSL und regulations_layer, Integration Interpreter in Fahrlogik	160
9.4.8	Rechtssichere Übertragung in das Fahrzeug	161
9.4.9	Prüfung Fahrlogik anhand ODD-spezifischer Prüf szenarien, Validierung Prüfergebnisse	162
9.4.10	Allgemeiner Rechtsrahmen für Digitalisierung behördlicher Anordnungen, Prozesse und Zuständigkeiten bei Behörden und Straßenbetreibern.....	163
9.4.11	IT-Lösung für Behörden und Straßenbetreiber, Umsetzung Anordnungen inkl. Veröffentlichung, Bereitstellung digitale Veröffentlichung.....	163
9.4.12	Mapping digitale Veröffentlichung auf Info-Schnittstellen	164
9.5	Strukturelle und zeitliche Zusammenhänge	165

TeilC – Anhänge

10	Anhänge.....	168
-----------	---------------------	------------

Teil A

Zusammenfassende Darstellung der Projektergebnisse

1 Einleitung

1.1 Motivation

1.1.1 Aufgabenstellung

"Die Einführung automatisierter Fahrzeuge auf dem öffentlichen Straßennetz wirft Fragen nach der verbindlichen Umsetzung der jeweils herrschenden straßenverkehrsrechtlichen Rahmenbedingungen auf. Es gilt sicherzustellen, dass die allgemein gültigen nationalen Straßenverkehrsordnungen von den automatisierten Fahrzeugen korrekt interpretiert und befolgt werden." ¹ Vor dieser Herausforderung stehend wurde das gegenständliche Projekt lex2vehicle entwickelt. lex2vehicle versteht sich als Bindeglied zwischen Recht und Technik.

Unabhängig davon, wie schnell sich hochautomatisierte Fahrzeuge in Europa etablieren werden, wird auf lange Sicht der Mischverkehr mit menschlichen Verkehrsteilnehmerinnen und automatisierten Fahrzeugen das Straßenbild prägen. Damit die Sicherheit und Effizienz des Verkehrs nachhaltig gewährleistet werden kann, ist ein Straßenverkehrsrecht erforderlich, das sowohl menschliche Verkehrsteilnehmerinnen als auch automatisierte Fahrzeuge berücksichtigt. Die rechtlich normierten Verkehrsregeln bedürfen damit einer Transformation und Übersetzung in eine maschinell verarbeitbare Kodierung; umgekehrt bedarf es einer Anpassung der rechtlichen Regelungen, um die Besonderheiten des automatisierten Fahrens im Straßenverkehrsrecht zu berücksichtigen.

Vor diesem Hintergrund ist die Intention der Projektpartnerinnen zu verstehen, die in der Ausschreibung unter dem Titel "Digitalisierung verkehrsrechtlicher Anordnungen" formulierte Aufgabenstellung entsprechend zu erweitern: von der bloßen digitalen Bereitstellung verkehrsrechtlicher Anordnungen für automatisierte Fahrzeuge hin zu einer Kombination aus Straßenverkehrsrecht sowie technischer Konzeptionierung und Normierung, welche im Zeitalter der Digitalisierung den Anforderungen im Mischbetrieb gleichermaßen gerecht wird.

Das Straßenverkehrsrecht ist auch innerhalb der EU primär von den Mitgliedsstaaten auf nationaler Ebene geregelt und weist trotz des gemeinsam zugrundeliegenden internationalen Wiener Übereinkommens über den Straßenverkehr teils beachtliche Unterschiede auf. Dem gegenüber stehen technische Standards und Normen, die (nicht nur im Umfeld des automatisierten Fahrens) auf internationaler Ebene und insbesondere im europäischen Raum vereinheitlicht sind. In diesem Spannungsfeld gilt es nun, inhaltliche, rechtliche, technische und organisatorische

¹ BMK Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, D-A-CH Kooperation Verkehrsinfrastrukturforschung, Ausschreibung 2020, S.13 (2020)

Rahmenbedingungen und Strukturen zu entwickeln, welche nationale Besonderheiten weiterhin ermöglichen und dennoch gleichzeitig eine europaweit einheitliche Verständlichkeit der rechtlichen Vorgaben für menschliche Verkehrsteilnehmerinnen sowie die Eindeutigkeit für automatisierte Fahrzeuge sicherstellen.

1.1.2 Zielsetzung

Hinter sämtlichen Aktivitäten in lex2vehicle steht eine klare strategische Zielsetzung:

Jeder Verkehrsteilnehmerin und jedem automatisierten Fahrsystem muss an jeder Stelle im Straßennetz zu jedem Zeitpunkt und in jeder Situation möglichst klar sein, was sie tun dürfen und was nicht. Ziel ist ein möglichst eindeutiger und gemeinsamer Verhaltensrahmen.

Diese erforderliche weitgehende Eindeutigkeit bietet das derzeitige Straßenverkehrsrecht mit Sicherheit nicht. Die Rechtsmaterie ist über Jahrzehnte gewachsen und geht bis heute ausschließlich von menschlichen Verkehrsteilnehmerinnen aus. Die bestehenden Bestimmungen – und sei es mit noch so neuartigen technischen Methoden – nun einfach an automatisierte Fahrzeuge zu kommunizieren, wird nicht den gewünschten Effekt bringen, da automatisierte Fahrsysteme, also Maschinen, zwingend klare Handlungsanweisungen beziehungsweise Handlungsspielräume benötigen. Daraus ergeben sich folgende Zielsetzungen:

- Aufzeigen der inhaltlichen, rechtlichen, technischen und organisatorischen Rahmenbedingungen und Strukturen eines zu überarbeitenden Straßenverkehrsrechts sowie der technischen Normierung der Kommunikation und Interpretation. Derartige Normen müssen den bestehenden und zukünftigen Anforderungen der Digitalisierung gerecht werden, um den Handlungsspielraum für menschliche Verkehrsteilnehmerinnen einerseits und die Vorgaben an automatisierte Fahrzeuge spezifisch kommunizieren zu können.
- Aufbau eines Fachdialogs mit den für die DACH Region relevanten Stakeholdern, um das Thema grundsätzlich zu verankern sowie den Boden für die weiteren Umsetzungsschritte aufzubereiten.
- Erstellung eines Vorschlags für die weitere Vorgangsweise in Form eines Programmentwurfs, um auf Basis gewonnener Erkenntnisse in koordinierter Form auf Konzeptebene die teilweise noch erforderliche fachliche Tiefe zu erlangen beziehungsweise auf Umsetzungsebene die Schritte in Richtung eines Rollouts festzulegen.

1.1.3 Innovationsgehalt

Der Innovationsgehalt von lex2vehicle beginnt bei der zugrundliegenden Ausschreibung selbst und den darin formulierten Forschungsfragen. Bisher waren F&E Ausschreibungen im Kontext des automatisierten Fahrens entweder ausschließlich auf technische Fragestellungen fokussiert oder auf Fragen nach potenziellen Auswirkungen des automatisierten Fahrens, beispielsweise auf das soziale, ökonomische oder ökologische Umfeld. Der so wesentliche Konnex zum Straßenverkehrsrecht wird hier erstmalig in umfassender Form adressiert. Die Idee, verkehrsrechtliche Anordnungen in eine digitale Form zu transformieren sowie abgesichert und verlässlich an automatisierte Fahrzeuge zu kommunizieren, zeigt, dass die öffentliche Verwaltung mit dem Straßenverkehrsrecht sowie den damit verbundenen Organisationsprozessen und technischen Möglichkeiten eine neue Chance im Umgang mit dem Thema des automatisierten Fahrens wahrzunehmen bereit ist. Verkehrsrechtliche Anordnungen wirken regulierend auf das Verkehrsgeschehen, insofern ist dafür zu sorgen, dass diese Regulierungen auch aufgrund eines Transformationsprozesses von rechtlichen Regeln in Codes für automatisierte Fahrzeuge umsetzbar werden.

Innovativ an lex2vehicle ist zunächst die gewählte Erweiterung der Betrachtungsperspektive. Das Thema "Straßenverkehrsrecht zum Endnutzer bringen" kann nicht in Hinblick auf automatisierte Fahrzeuge isoliert betrachtet werden, sondern muss auch Lenkerinnen von nicht automatisierten Fahrzeugen miteinschließen. Denn all diese Endnutzer haben demselben Straßenverkehrsrecht zu folgen.

Thematische Erweiterung bedeutet gleichzeitig auch, dass nicht bloß verkehrsrechtliche Anordnungen (also die Grundlage für Straßenverkehrszeichen und Bodenmarkierungen) Gegenstand der Überlegungen zu sein haben, sondern darüberhinausgehend sämtliche straßenverkehrsrechtlichen Regelungen, welche das Verhalten im Straßenverkehr beeinflussen. Dies beinhaltet zum einen gesetzliche Regelungen, welche ohne weitere behördliche Anordnungen bereits aufgrund des Gesetzes Rechtswirksamkeit entfalten (wie Rechtsvorrang, Fahren auf Sicht, Halten und Parken auf Brücken etc.), zum anderen aber auch dauerhafte und temporäre Anordnungen (im Zusammenhang mit Baustellen und sonstigen planbaren Ereignissen) sowie mobile (zum Beispiel begleitend zu Grünschnitt oder Wartungsdiensten) und dynamische Anordnungen (im Falle von Wechselverkehrszeichen) oder auch ad hoc Anordnungen (aufgrund von Unfällen oder anderen nicht planbaren Ereignissen).

Straßenverkehrsrechtliche Regelungen sind immer gemeinsam mit ihrem räumlichen Geltungsbereich zu betrachten. Neben der bekannten Thematik im Zusammenhang mit der Qualität der räumlichen Verortung von Ereignissen (oder in diesem Fall verkehrsbezogene Regelungen) im Straßennetz, kommt dem digitalen Straßennetz als potenzieller Träger relevanter Information eine deutlich wichtigere und zentralere Bedeutung zu als bisher: Damit beispielsweise ein automatisiertes

Fahrzeug das (ex lege) Verbot des Haltens und Parkens auf Brücken befolgen kann, muss es wissen, wo sich im Straßennetz derartige Brücken befinden.

Innovativ ist außerdem, dass von Beginn an sämtliche Straßenkategorien und möglichst viele Umfeldkonstellationen Berücksichtigung finden. Ein Konzept zu entwickeln, welches ausschließlich auf Autobahnen umgesetzt werden kann, wäre genauso wenig zielführend gewesen wie die Entwicklung eines Konzepts, das ausschließlich im urbanen Umfeld anwendbar ist. Dies betrifft sowohl rechtliche als auch technische Festlegungen.

Innovativ im Zusammenhang mit dem Thema Kommunikation ist zudem die parallele Betrachtung der analogen sowie der digitalen Kommunikation. Für beide Varianten gilt als zwingend, dass verschiedenartigen Empfängerinnen (sowohl Mensch als auch Maschine) dieselben Informationen zur Verfügung stehen müssen. Im Fall der digitalen Kommunikation geht es dabei um Datenformate, Übertragungstechnologien, Daten- und Übertragungssicherheit und einen gesicherten, nicht bestreitbaren Empfang (Rechtssicherheit) sowie die verlässliche Weiterverarbeitung. Hier ist das Ziel, in diesem Bereich bestehende Gegebenheiten, Normen und Standards in die Konzeption miteinzubeziehen und diese bestmöglich zu nutzen. Aber auch potenzielle Anpassungen der analogen Kommunikation (zum Beispiel Verkehrszeichen und Bodenmarkierungen) müssen der Praxistauglichkeit unterzogen werden, insbesondere im Hinblick auf Straßenbetreiber oder Baufirmen, andererseits auch im Hinblick auf Wahrnehmbarkeit durch den Menschen.

Außerdem ist innovativ, dass von Beginn an auch dem Thema Qualitätssicherung in Form entsprechender Prüfungen Raum gegeben wird. Denn analog zur Führerscheinprüfung für menschliche Verkehrsteilnehmerinnen bedarf es einer Art der Führerscheinprüfung für automatisierte Fahrzeuge (oder zumindest für einzelne relevante Fahrfunktionen). Das Verhalten eines automatisierten Fahrzeuges in Bezug auf dessen Konformität zum Straßenverkehrsrecht zu prüfen, ist jedenfalls Neuland.

Innovativ aus rechtlicher Sicht ist die Auseinandersetzung mit dem Thema der Möglichkeiten und Grenzen der Eindeutigkeit im Recht. Auch wenn im Bereich des Straßenverkehrsrechts eine 100%ige Eindeutigkeit vielfach wünschenswert wäre, muss von Beginn an klar sein, dass dies aufgrund der sprachlichen Unschärfe und des generalisierenden Konzepts allgemeiner Vorschriften niemals erzielbar sein wird. Die Beantwortung der Frage, wie vor allem automatisierte Fahrzeuge mit dieser Rest-Unsicherheit umgehen (dürfen), wird einiges an interdisziplinärer Diskussion benötigen.

Innovativ ist auch, dass parallel zu rechtlichen und technischen Themen auch damit verbundene organisatorische Überlegungen angestellt werden. Die Frage, wer in welchen räumlichen Gebieten auf welchen Straßen in welcher Situation welche Regelungen zu treffen hat, ist mindestens ebenso wichtig wie die Frage, wer für die Kommunikation dieser Regeln – gleichzeitig in physischer und digitaler Form – verantwortlich zu sein hat.

Über all dem stehend und ebenfalls mit hohem Innovationsbedarf behaftet ist der Blick auf den mit der Änderung des Straßenverkehrsrechts verbundenen Change Prozess. Denn die Einführung neuer Regelungen in diesem Bereich ist zwangsläufig mit zeitlich großzügigen Übergangsphasen verbunden. Diese Phasen zu beherrschen, erweist sich als höchst anspruchsvoll, da sowohl bestehende (größtenteils nationale) als auch neue Regelungen (die aufgrund der Unzulänglichkeit der bestehenden geschaffen wurden) gültig und somit zu berücksichtigen sind. Parallel dazu findet ein zweiter Change Prozess statt: die Automatisierung im Verkehrsbereich. Dieser Change ist mit dem Mischverkehr von herkömmlichen und automatisierten Fahrzeugen gleichzusetzen, von dem derzeit niemand seriös prognostizieren kann, wie er genau aussehen oder wie lange er dauern wird. Für die mit diesen beiden Änderungsprozessen (sowie der Kombination daraus) verbundenen Unsicherheiten gerüstet zu sein, bedarf jedenfalls innovativer rechtlicher, technischer und organisatorischer Ansätze.

Die hier dargestellte ganzheitliche Betrachtung des Themas stellt eine einmalige (und nahezu einzigartige) Chance dar. Denn höchst selten bietet sich die Gelegenheit, zu einem Zeitpunkt, an dem die Möglichkeit rechtzeitig zu steuern noch nicht verpasst wurde, ein vergleichsweise neues Thema grundsätzlich und systematisch aufzubereiten und zu bearbeiten.

1.1.4 Herangehensweise

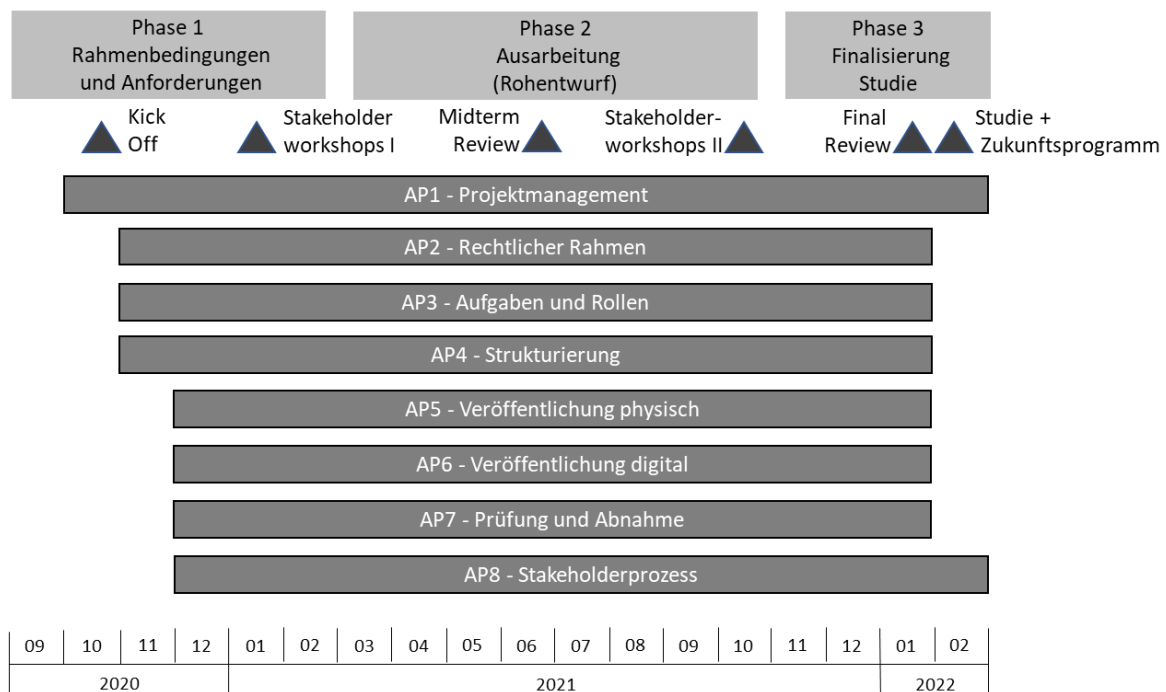


Abbildung 1: Projektplan

Das Projekt lex2vehicle gliedert sich in drei Phasen: das Sammeln von Rahmenbedingungen und Anforderungen, die Ausarbeitung eines Rohentwurfes zur Studie sowie die Finalisierung der Studie. Begleitet wird das Projekt von einem Stakeholderprozess, dessen Meilensteine zwei Workshopserien jeweils in Deutschland, Österreich und der Schweiz bilden: eine Serie in der ersten Phase, um Anforderungen aus der Praxis einzuholen, sowie eine weitere Serie gegen Ende der zweiten Phase, um die erarbeiteten Ergebnisse den Praktikerinnen vorzustellen und deren Feedback einzuholen. Dieses Feedback fließt auch in die gegenständliche Studie ein.

Die inhaltlichen Arbeitspakete (AP2 bis AP7) verlaufen nahezu parallel, was dem hohen Innovationsgrad bei einem derart interdisziplinären Ansatz geschuldet ist. Denn es ist nur der permanente Diskurs zwischen den einzelnen Partnern und Disziplinen, der den Brückenschlag zwischen Recht und Technik letztendlich ermöglicht hat. Zu unterschiedlich wären sonst Standpunkte und Sichtweisen, um diese isoliert betrachtet zu einem erfolgreichen Ergebnis verschmelzen zu können.

1.2 Big Picture

1.2.1 Übersicht Informationsfluss

Die Art und Weise, wie verkehrsrechtliche Information an Verkehrsteilnehmerinnen gelangt um von diesen befolgt zu werden, basiert auf vier Schritten:

- **Formulierung:** Die Formulierung der allgemeinen Verkehrsregeln erfolgt durch den Gesetzgeber respektive die Regierung beziehungsweise im Falle von Anordnungen durch die Behörde. Dies geschieht zurzeit weitestgehend auf textlicher Basis, als Gesetzestext beziehungsweise als Anordnungstext.
- **Behörde**
- **Veröffentlichung:** Die Publikation erfolgt im Fall von Gesetzestexten in der jeweils national vorgesehenen Form (beispielsweise Straßenverkehrsordnung), im Fall von Anordnungen in der Regel mithilfe von Verkehrszeichen und Bodenmarkierungen.
- **Wahrnehmung:** Verkehrsteilnehmerinnen werden in der Regel nur im Rahmen der Fahrausbildung mit Details der Straßenverkehrsordnung konfrontiert. Anordnungen, deren Inhalte über Verkehrszeichen und Bodenmarkierungen kommuniziert werden, sind von Verkehrsteilnehmerinnen permanent wahrzunehmen.
- **Interpretation:** Die Wahrnehmung von Verkehrszeichen und Bodenmarkierungen in Kombination mit dem Wissen über die Straßenverkehrsordnung sowie der Einbeziehung der

konkreten Verkehrsbedingungen führt zur Interpretation seitens der Verkehrsteilnehmerinnen. Diese Interpretation spannt den individuellen Handlungsspielraum auf, innerhalb dessen jede Verkehrsteilnehmerin ihre Entscheidungen zu treffen hat.

Voranschreitender Technologieeinsatz im Fahrzeug führt dazu, dass die menschliche Wahrnehmung von Verkehrszeichen und Bodenmarkierungen zusehends durch fahrzeugseitige Sensorik unterstützt wird. Derartige Systeme präsentieren der Fahrerin die erkannten Elemente auf einem Display im Fahrzeug, wobei die anschließende Interpretation weiterhin der Fahrerin überlassen ist. Zunehmend existieren Systeme, die auch diese Interpretation übernehmen und somit direkt den jeweils aktuellen Handlungsspielraum aufzeigen.

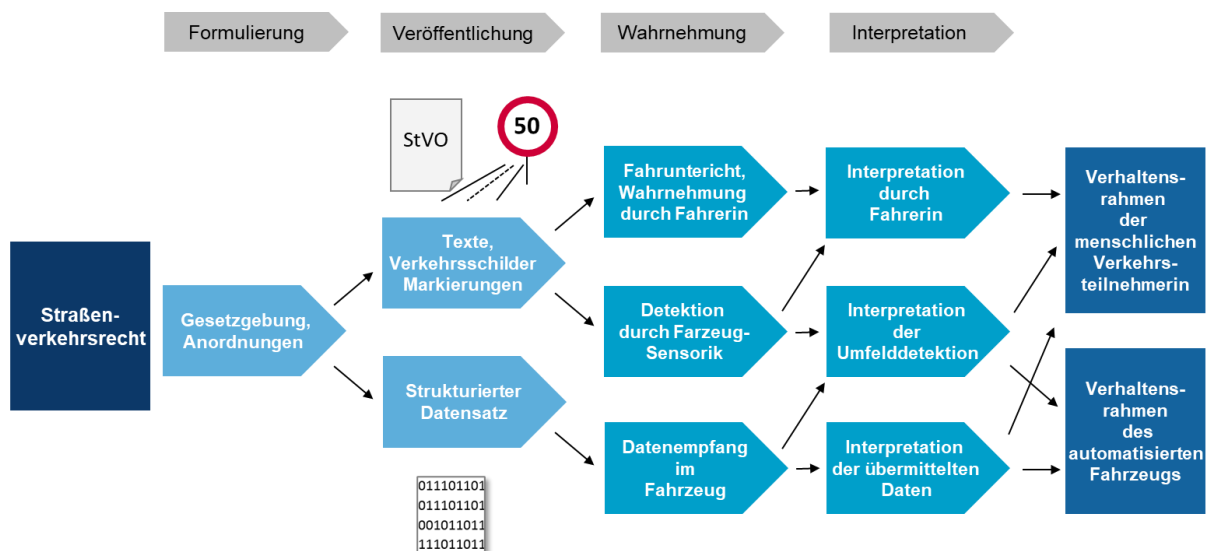


Abbildung 2: Beeinflussung des Verhaltensrahmens von Verkehrsteilnehmerinnen durch das Verkehrsrecht

Der Ansatz von lex2vehicle ergänzt diesen bestehenden Informationsfluss durch eine durchgehend digitale Komponente: Gesetze und Anordnungen werden sodann auch als strukturierte Datensätze veröffentlicht. Diese Datensätze werden verlässlich in das Fahrzeug übertragen und dort rechtssicher empfangen. Klare Interpretationsregeln von rechtlicher Seite vorausgesetzt, ist auf dieser Basis eine klare automatisationsgestützte Interpretation der Daten möglich, was zur Folge hat, dass der Verhaltensrahmen der Verkehrsteilnehmerinnen gänzlich automatisiert ermittelt werden kann – eine unabdingbare Voraussetzung für rechtlich abgesicherte automatisierte Fahrfunktionen.

Die Tatsache, dass die kommenden Jahrzehnte von Mischverkehr mit herkömmlichen und automatisierten Fahrzeugen geprägt sein werden, setzt voraus, dass der Verhaltensrahmen für menschliche Verkehrsteilnehmerinnen möglichst ident zu dem Verhaltensrahmen für automatisierte

sein muss. Um dies zu erreichen, ist es zwingend erforderlich, dass schon am Beginn der Prozesskette jene strukturierten Datensätze, die Gesetze und Anordnungen repräsentieren, semantisch möglichst ident zu den entsprechenden Gesetzestexten, Verkehrsschildern und Bodenmarkierungen sind. Dies ist Grundbedingung und Herausforderung zugleich.

1.2.2 Notwendigkeit der digitalen Kommunikation

Der herkömmliche, weitgehend analoge Informationsfluss ist mit einer Reihe systemimmanenter Unwägbarkeiten verbunden, seien es Medienbrüche oder eben andere Fakten, die Informationsverluste oder Missinterpretationen begünstigen.

Im Falle der Verkehrsregeln ist dies die Vermittlung im Fahrunterricht – beginnend von der Transformation des Rechtstextes in Schulungsunterlagen (Medienbruch), über deren Erläuterung im Unterricht (Medienbruch) bis hin zur Aufnahme dieses Wissens seitens der Fahrschülerinnen. Es darf an dieser Stelle jedenfalls behauptet werden, dass von diesem Wissen nach weiteren Jahren oder Jahrzehnten nur mehr ein gewisses Halbwissen übrigbleibt.



Abbildung 3: Medienbrüche und Probleme bei der Kommunikation von Verkehrsrecht

Im Bereich der Anordnungen ist die Informationskette weitaus brüchiger: Der behördliche Wille wird zunächst in Form der verkehrlichen Anordnung in Text gefasst. Dieser Text wird vom Straßenbetreiber interpretiert und in Form von Verkehrszeichen und Bodenmarkierungen (Medienbruch) in der Natur umgesetzt, wobei es hier nicht selten zu Interpretations- aber auch Umsetzungsproblemen kommt. Die Verkehrszeichen sind von der Verkehrsteilnehmerin wahrzunehmen. Auch kann es hier vorkommen, dass gewisse Elemente in der Praxis schlichtweg

nicht wahrnehmbar sind oder aufgrund mangelnder Aufmerksamkeit nicht vollständig wahrgenommen werden. Zur Interpretation des Wahrgenommenen dient das Halbwissen aus dem oft schon länger zurückliegenden Fahrunterricht. Dies alles führt dazu, dass letztendlich der "gesunde Menschenverstand" herangezogen wird (was hier nicht als Nachteil gewertet werden will), um sich möglichst sicher im Verkehrssystem zu bewegen.

Hier helfen existierende Assistenzsysteme auch nur bedingt. Sensorik zur Detektion von Verkehrszeichen und Bodenmarkierungen sieht auch nur das, was aufgrund der Art und Position der Sensoren sowie der Umgebungsverhältnisse sichtbar ist. Aus diesen Bildern Verkehrszeichen und Bodenmarkierungen zu extrahieren und daraus in einem weiteren Schritt die für die aktuelle Situation relevanten Elemente zu identifizieren, ist eine Aufgabe, die aus heutiger Sicht niemals fehlerfrei erfolgen kann. Zu komplex sind vor allem im urbanen Bereich die Situationen und Konstellationen. Schlussendlich steht aber auch hier die (nicht selten problembehaftete) Interpretation seitens der Fahrerin am Ende der Prozesskette, was in Summe betrachtet aufgrund der nicht gesicherten Verlässlichkeit der zugrundeliegenden Informationen maximal eine geringfügige Verbesserung darstellt.

Dem gegenüber steht die durchgängig digitale Kommunikation. Wenn es gelingt, den Willen des Gesetzgebers sowie der Behörden in strukturierte Datensätze zu codieren, welche zuvor definierten Qualitätskriterien folgen, wenn außerdem diese Datensätze verlustfrei und verlässlich in das Fahrzeug übermittelt werden und wenn die fahrzeugseitige Interpretation der Datensätze nach klar definierten und einheitlichen Regeln erfolgt, dann ist hier eine gänzlich neue Qualität gegeben, die es erstmals ermöglicht, dass nicht nur menschliche Verkehrsteilnehmerinnen, sondern auch automatisierte Fahrsysteme zu Rahmenbedingungen, die zueinander kompatibel sind, am Mischverkehr teilnehmen.

Selbstverständlich bleibt an dieser Stelle zu erwähnen, dass auch eine durchgehend digitale Kommunikation nicht zwingend ohne Probleme erfolgen muss: unterschiedliche Systeme, Formate, Schnittstellen, Protokolle etc. können genauso zu Datenverlusten und somit zu Qualitätsproblemen führen. Im Unterschied zu den Unzulänglichkeiten in der herkömmlichen Kommunikation, lassen sich derartige Probleme in der Regel aber einfacher identifizieren und globaler lösen, was im Falle der herkömmlichen Kommunikation nicht gegeben ist beziehungsweise gegeben sein kann.

2 Rechtlicher Rahmen (AP2)

Die Ergebnisse des AP2 beziehen sich in einem ersten Schritt auf die wesentlichen rechtlichen Rahmenbedingungen für die Digitalisierung der verkehrsrechtlichen Vorgaben für automatisierte Fahrzeuge. Dabei stehen neben dem völker-, europa- und verfassungsrechtlichen Rechtsrahmen insbesondere auch die verkehrsrechtlichen Bedingungen im Zentrum der Analyse. Auf Basis der Identifikation der Problemstellungen bei der Transformation der verkehrsrechtlichen Vorgaben für automatisierte Fahrzeuge wurden Lösungswege entwickelt, die eine zielführende Umsetzung der rechtlichen Informationen in automatisierte Fahrsysteme ermöglichen.

2.1 Internationaler, europa- und verfassungsrechtlicher Rahmen

2.1.1 Völkerrechtlicher Rahmen

Allgemeines

Auf völkerrechtlicher Ebene bestehen im Bereich des Straßenverkehrs zahlreiche Vorgaben, wobei insbesondere das Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr, das Übereinkommen über Straßenverkehrszeichen und die UNECE Harmonisierung der Fahrzeugvorschriften grundlegende Vorgaben festlegen. Dabei enthalten diese Regelwerke sowohl allgemein gehaltene Regeln für das (menschliche) Verhalten im Straßenverkehr als auch technische Spezifikationen für Fahrzeuge, die für den Verkehr zugelassen werden.

Das Verhältnis und die innerstaatliche Verbindlichkeit völkerrechtlicher Verträge sind je nach nationaler Rechtsordnung unterschiedlich zu beurteilen. Die Bandbreite (in Deutschland, Österreich und der Schweiz) reicht dabei von einer direkten Anwendbarkeit (Schweiz) bis hin zu einer nationalen Umsetzung (Deutschland). In Österreich finden sich beide Varianten (abhängig vom sog. Erfüllungsvorbehalt, sodann eine Transformation durch Gesetz oder durch bloße Publikation ohne Erfüllungsvorbehalt).

Alle drei untersuchten Staaten haben die genannten zentralen völkerrechtlichen Verträge im Bereich des Straßenverkehrs ratifiziert. Eine innerstaatliche Gesetzgebung, die diesen völkerrechtlichen Vorgaben widerspricht, wäre damit völkerrechtswidrig, auch wenn innerstaatlich die Erlassung abweichender Regelungen teilweise möglich wäre. Ein Blick in die bestehenden völkerrechtlichen Vorgaben im Bereich des Verkehrsrechts zeigt aber, dass das Thema Digitalisierung von Verkehrsrecht beziehungsweise Verkehrsrecht und automatisiertes Fahren (bisher) nicht im Fokus der Regelungen steht. Verkehrsregeln auf völkerrechtlicher Ebene adressieren dementsprechend menschliche Fahrerinnen und erlauben den Einsatz automatisierter Fahrsysteme beziehungsweise die Abgabe der Fahraufgaben unter Verweis auf die technische Zulässigkeit der Assistenzsysteme. Die

entsprechenden technischen Vorschriften wiederum fokussieren eben auf technische Aspekte und schreiben hinsichtlich des regelkonformen Verhaltens auf der Straße lediglich vor, dass bei der Ausführung von Fahraufgaben den geltenden Straßenverkehrsvorschriften entsprochen werden muss.

Eine Harmonisierung hinsichtlich jener Aspekte, die für das vorliegende Projekt im Fokus stehen, ist daher auf völkerrechtlicher Ebene (noch) nicht erfolgt, womit nationale Lösungen nicht nur möglich, sondern zielführend sind. Angesichts der grundsätzlichen grenzüberschreitenden Bedeutung des Straßenverkehrs im Allgemeinen und vor allem auch der Digitalisierung in diesem Zusammenhang sowie der fortschreitenden Harmonisierungsbestrebungen für Automatisierungssysteme im fahrzeugtechnischen Bereich sind mittel- und langfristig einheitliche internationale Vorgaben erwartbar.

Vorgaben für Verkehrsregeln

Grundlegende Rahmenbestimmungen für den Verkehr legt die "Wiener Straßenverkehrskonvention"² von 1968 fest, welche in Deutschland 1978, in Österreich 1982, und in der Schweiz 1992 in Kraft trat. Alle drei Staaten sind darüber hinaus auch Vertragsparteien des europäischen Zusatzübereinkommens zur Konvention,³ das eine noch größere Harmonisierung der Verkehrsregeln für den europäischen Raum bewirken soll indem es etwa bestimmte Empfehlungen der Straßenverkehrskonvention für verbindlich erklärt oder zusätzliche Bestimmungen hinzufügt. Die Novellierung der Übereinkommen läuft bei der Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (United Nations Economic Commission for Europe, kurz: UNECE) und dort beim Arbeitskreis WP.1 zusammen. Festgelegt werden Pflichten der Lenkerin hinsichtlich des Verhaltens im Straßenverkehr. Seit 2016 können Fahraufgaben gemäß Art 8 Abs 5bis Wiener Straßenverkehrskonvention auch auf automatisierte Systeme übertragen werden, wenn diese den technischen Vorgaben auf internationaler Ebene entsprechen. Über den Verhaltensrahmen, dem diese Fahrsysteme bei Aktivierung entsprechen müssen, trifft das Übereinkommen keine Regelung.

Des Weiteren enthält auch das Übereinkommen über Straßenverkehrszeichen und insbesondere das entsprechende europäische Zusatzübereinkommen vereinheitlichte Vorgaben für Straßenverkehrszeichen, Bodenmarkierungen und Lichtzeichen. Für die im Übereinkommen durch

² Übereinkommen vom 8. November 1968 über den Straßenverkehr Deutschland: BGBl. 1977 II S. 809; Österreich: BGBl 289/1982 idF BGBl 195/2018; Schweiz: SR 0.741.10.

³ Österreich: Europäisches Zusatzübereinkommen zum Übereinkommen über den Straßenverkehr, BGBl 290/1982 idF BGBl 175/2011; Deutschland: Gesetz zu den Übereinkommen vom 8. November 1968 über den Straßenverkehr und über Straßenverkehrszeichen, zu den Europäischen Zusatzübereinkommen vom 1. Mai 1971 zu diesen Übereinkommen sowie zum Protokoll vom 1. März 1973 über Straßenmarkierungen vom 21.9.1977 (BGBl. 1977 II S. 809); Schweiz: Europäisches Zusatzübereinkommen zum Übereinkommen über den Strassenverkehr (SR 0.741.101).

Zeichen ausgedrückten Vorschriften dürfen die Mitgliedsstaaten keine abweichenden Zeichen vorsehen. Ist aber etwa für ein bestimmtes Ge- oder Verbot kein Verkehrszeichen vorgesehen, kann innerstaatlich dafür ein neues Verkehrszeichen vorgesehen werden. Die Vertragsstaaten verpflichten sich zur Annahme dieses Systems der Verkehrszeichen und Bodenmarkierungen. Das Übereinkommen verpflichtet Vertragsstaaten nicht, eine bestimmte Vorschrift mit einem bestimmten Zeichen anzuzeigen. Wenn allerdings ein Zeichen oder eine Markierung verwendet werden soll, um die Vorschrift anzuzeigen, dürfen für die festgelegten Bereiche nur die in dem Übereinkommen bestimmten Zeichen, Symbole und Markierungen verwendet werden. Eine Geschwindigkeitsbeschränkung auf 50 km/h innerorts ist daher nicht zwangsläufig mit einem "50er" Schild anzuzeigen, da sich diese beispielsweise bereits aus allgemeinen gesetzlichen Verkehrsregeln ergibt. Soll die Geschwindigkeitsbeschränkung allerdings neben der Straße durch ein Verkehrszeichen angezeigt werden, ist dafür das Zeichen "C 14" des Übereinkommens zu verwenden.

Einer digitalen Veröffentlichung von Verkehrsanordnungen beziehungsweise der Verbindlicherklärung digitalisierter Datensätze, die verkehrsrechtliche Vorgaben enthalten, steht das Übereinkommen nicht im Weg – auch bisher konnten Verkehrsvorschriften bereits andere Veröffentlichungsformen (Gesetz, Verordnung, Anschlag an der Amtstafel) vorsehen. Sollen vom Übereinkommen über Straßenverkehrszeichen erfasste Vorschriften durch den Staat visuell – digital oder analog – an der entsprechenden Straßenstelle angezeigt werden, dürfen nur die dafür im Übereinkommen festgelegten Zeichen, Symbole oder Markierungen verwendet werden. Eine Bindung Privater durch völkerrechtliche Abkommen besteht jedoch nicht, womit eine "Übersetzung" eines staatlichen digitalen Datensatzes in visuell darstellbare Mitteilungen im Fahrzeug durch den OEM nicht den Beschränkungen des Übereinkommens über Straßenverkehrszeichen unterliegt.

Technische Vorgaben – UNECE Harmonisierung der Fahrzeugvorschriften

Im Fokus der Diskussionen über autonome Fahrsysteme auf internationaler Ebene stehen die technischen Vorgaben in Zusammenhang mit der Zulassung von Fahrzeugen und damit die sogenannten "ECE-Regelungen" oder "UN-Regelungen". Durch diese werden technische Vorgaben für Radfahrzeuge, Ausrüstungsgegenstände und Fahrzeugbestandteile sowie die gegenseitige Anerkennung von Genehmigungen festgelegt, basierend auf dem Fahrzeugteileübereinkommen der UNECE von 1958 (FTÜ)⁴. Deutschland ist seit 1966, Österreich seit 1971, und die Schweiz seit 1973 sowie die Europäische Union seit 1998 Vertragspartei des Übereinkommens. Auf Basis des FTÜ

⁴ Übereinkommen der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa über die Annahme einheitlicher technischer Vorschriften für Radfahrzeuge, Ausrüstungsgegenstände und Teile, die in Radfahrzeuge(n) eingebaut und/oder verwendet werden können, und die Bedingungen für die gegenseitige Anerkennung von Genehmigungen; Deutschland: BGBl. 1965 II S. 858; Österreich: BGBl 177/1971; Schweiz: SR: 0.741.411.

erarbeitet die Arbeitsgruppe 29 der UNECE (auch "Weltforum zur Harmonisierung von Regelungen für Kraftfahrzeuge" genannt) sogenannte "ECE-Regelungen"⁵, von denen aktuell bereits 160 existieren. Diese Regelungen binden Vertragsstaaten des Übereinkommens grundsätzlich nicht automatisch, sondern werden freiwillig anerkannt. Für Mitgliedsstaaten der EU werden viele Regelungen jedoch zum Teil durch Unionsrechtsakte verpflichtend und damit durch europäisches Sekundärrecht unmittelbar anwendbar.⁶ Die Schweiz erklärt in der auf das Strassensverkehrsgesetz (SVG) gestützten Verordnung über die technischen Anforderungen an Strassenfahrzeuge (VTS)⁷ sowohl bestimmte Unionsrechtsakte als auch ECE-Regelungen für verbindlich.

Die ECE-Regelungen befassen sich mit unterschiedlichen technischen Vorgaben etwa für einzelne Bauteile wie Lenkanlagen oder Bremsen. Relevant für automatisiertes Fahren sind dabei insbesondere die ECE-Regelung 79, die Bestimmungen über Lenkanlagen und auch über die Übernahme der Lenkfunktion durch automatisierte Systeme festlegt, und die ECE-Regelung 157, die Anforderungen für den Einsatz automatisierter Spurhaltesysteme normiert. Diese Bestimmungen adressieren dabei zwar direkt Automatisierungssysteme, regeln aber wiederum nicht, welchen konkreten Verhaltensvorgaben sie für die übernommenen Fahraufgaben zu entsprechen haben. Hierzu verweist Art 5.1.2. ECE-Regelung auf die Verkehrsregeln im jeweiligen Land, in dem das Automatisierungssystem zum Einsatz kommt.

Zusammenfassung

Der völkerrechtliche Rahmen zeigt erste Ansätze das Thema der automatisierten Fahrsysteme aufzugreifen und verkehrsrechtliche Vorgaben in technische Weise zu transformieren. Nichtsdestoweniger wird weiterhin von der Einhaltung der straßenverkehrsrechtlichen Vorgaben ausgegangen und nicht ein systematischer Zugang der Digitalisierung der verkehrsrechtlichen Vorgaben völkerrechtlich angesprochen. Der für Menschen bestehende völkerrechtliche Rechtsrahmen schafft nur in stark begrenzter Form Vorgaben für die Digitalisierung verkehrsrechtlicher Vorschriften (etwa im Zusammenhang mit bestimmten Straßenverkehrszeichen).

⁵ UNECE erlässt auch auf Basis andere Übereinkommen etwa dem Übereinkommen über Globale Technische Regelungen (UN-GTR) von 1998 zur Förderung einer weltweiten Harmonisierung von technischen Vorschriften für Kraftfahrzeuge Regelungen. Insofern ist die Bezeichnung "ECE-Regelung" irreführend, da diese sich nur auf Regelungen auf Basis des FTÜ 1958 bezieht.

⁶ UN-ECE Regelungen können durch die EG-Typengenehmigung (siehe dazu gleich) für Österreich und Deutschland verbindlich werden. Art 34 Abs 2 der RL 2007/46/EG verpflichtet Mitgliedsstaaten zur Aufhebung widersprechender innerstaatlicher Vorschriften.

⁷ Verordnung über die technischen Anforderungen an Strassenfahrzeuge (SR 741.41).

2.1.2 Europarechtlicher Rahmen

Regelungen der Union im Bereich des Straßenverkehrs

Das Europäische Unionsrecht enthält im Rahmen der gemeinsamen Verkehrspolitik Kompetenzen der Union, die im Verkehrsrecht eine Harmonisierung ermöglichen. Nimmt die Union eine dieser Zuständigkeiten wahr, so können die Mitgliedstaaten keine eigenen Vorschriften mehr festlegen.⁸ Für die bestehenden Rechtsakte ist bei der Frage, ob abweichende nationale Regelungen zulässig sind aber jedenfalls auch zu klären, ob die entsprechenden unionsrechtlichen Rechtsakte überhaupt unmittelbar anwendbar sind und nicht etwa nur grenzüberschreitende Sachverhalte regeln. Die Grundlage für EU-Rechtsakte der gemeinsamen Verkehrspolitik bilden die in Art 90 bis 100 AEUV umschriebenen Zuständigkeiten. Art 91 Abs 1 lit a AEUV erlaubt der EU, gemeinsame Regeln und Maßnahmen für den internationalen Verkehr aufzustellen. Als "internationaler Verkehr" wird dabei jener Verkehr erfasst, der aus dem, nach dem oder durch das Hoheitsgebiet eines Mitgliedstaats geht; rein innerstaatlicher Verkehr ist von diesem Begriff und der damit zusammenhängenden Kompetenz daher nicht erfasst. Auf Basis anderer Kompetenzen der Union, wie etwa im Bereich der einheitlichen Regelungen für den Binnenmarkt, des Datenschutzes, des Telekommunikationsrechts oder des Elektrizitätswesens können relevante Vorschriften im Zusammenhang mit Fragestellungen der Digitalisierung des Straßenverkehrsrechts und dem Einsatz automatisierter Fahrsysteme bestehen beziehungsweise noch erlassen werden.

Weitgehende Harmonisierung besteht auf Unionsebene im Hinblick auf technische Vorgaben für Fahrzeuge im Hinblick auf deren Genehmigung und Zulassung zum Verkehr. Darüber hinaus bestehen auch noch weitere unionale Rechtsakte mit dem Ziel, die Verkehrssicherheit zu erhöhen, die neben technischen Anforderungen teilweise auch unmittelbar anwendbare Vorgaben für das Verhalten der Verkehrsteilnehmerinnen auf der Straße festlegen. Eine "EU-Straßenverkehrsordnung" oder allgemein weitreichend harmonisierter Verkehrsvorschriften existieren bis dato jedoch nicht.⁹

Für die Schweiz, die nicht Mitglied der Europäischen Union ist, gelten europarechtliche Vorgaben nur, wenn die europarechtlichen Bestimmungen durch einen innerstaatlichen Rechtsetzungsakt übernommen werden. Im Hinblick auf die Übernahme von EU-Recht in nationales Recht spricht man von autonomer Anpassung des schweizerischen Rechts. Dient der unionale Rechtsakt nicht nur als Inspiration, sondern wird weitgehend unverändert übernommen, spricht man von "autonomen

⁸ Art 2 Abs 2 Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union (AEUV), StF: BGBl III 86/1999; Protokoll (Nr. 25) über die Ausübung der geteilten Zuständigkeit, ABl 2008, C 115/307.

⁹ Ein umfassender Überblick über alle im Bereich der Straßensicherheit bestehenden Regel findet sich auf der Homepage der Europäischen Kommission: https://ec.europa.eu/transport/road_safety/eu-road-safety-policy/what-we-do/eu-road-safety-legislation_en [abgerufen am 19.2.2022].

Nachvollzug"¹⁰. Vor allem im Bereich technischer Regelungen für Fahrzeuge wurden für die schweizerische Rechtsordnung vielfach auch Unionsrechtsakte durch Verweis auf diese in der entsprechenden Verordnung (VTS) für verbindlich erklärt.

Technische Vorschriften für Fahrzeuge

Verschiedene Rechtsakte der Europäischen Union treffen technische Bau- und Konstruktionsvorgaben für Fahrzeuge und auch die regelmäßige Kontrolle des technischen Zustandes der Fahrzeuge. Die Basis für die Genehmigung und Marktüberwachung von Kraftfahrzeugen und deren technischen Bestandteilen bildet die VO (EU) 2018/858¹¹. Diese legt Vorgaben für das harmonisierte System der Typen- und Einzelgenehmigungen von Pkw, Lkw und Bussen fest. Mitgliedstaaten dürfen eine EU-Typengenehmigung erteilen, wenn den in der Verordnung sowie bestimmten Einzelrechtsakten oder auch ECE-Regelungen festgelegten Mindeststandards entsprochen wird.

Einen dieser Einzelrechtsakte stellt beispielsweise die VO (EU) 2019/2144¹² dar, die ab Juli 2022 verpflichtend anzuwenden ist. Zeitlich gestaffelt schreibt diese Verordnung den verpflichtenden Einbau bestimmter Fahrerassistenzsystemen für Neuwagen – differenziert nach Fahrzeugklassen – vor. Diese Fahrerassistenzsysteme sind unter anderem ein intelligenter Geschwindigkeitsassistent, ein hochentwickeltes Notbrems-Assistenzsystem, eine Vorrichtung zum Einbau einer alkoholempfindlichen Wegfahrsperre, ein Warnsystem bei Müdigkeit und nachlassender Aufmerksamkeit der Fahrerin, Warnsystem bei nachlassender Konzentration der Fahrerin und ein Rückfahrassistent. Über Verkehrsregeln, denen die einzelnen Assistenzsysteme entsprechen müssen, wenn sie Fahraufgaben übernehmen, enthält die Verordnung keine näheren Vorgaben. Sie verweist dafür in Zusammenhang mit dem Geschwindigkeitsassistenten etwa auf die "geltende" Geschwindigkeitsbeschränkung und Informationen zu Geschwindigkeitsbeschränkungen aus der "Beobachtung von Straßenschildern und Signalen, aufgrund von Infrastruktursignalen oder Daten elektronischer Karten" (Art 6 Abs 2 VO (EU) 2019/2144). Auf die Frage der Digitalisierung des Straßenverkehrsrechts und wie das Fahrzeug aus den vorhandenen Informationen die "geltende" Rechtslage (etwa auch im Hinblick auf nicht durch Verkehrszeichen ausgedrückte

¹⁰ Heinemann, Rechtliche Transplantate zwischen Europäischer Union und der Schweiz in *Fahrländer/Heinzmann* (Hrsg), Europäisierung der schweizerischen Rechtsordnung (2013), 3 (18).

¹¹ VO (EU) 2018/858 über die Genehmigung und die Marktüberwachung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern sowie von Systemen, Bauteilen und selbstständigen technischen Einheiten für diese Fahrzeuge, ABl 2018, L 151/1.

¹² VO (EU) 2019/2144 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, ABl 2019 L 325/1.

Geschwindigkeitsbeschränkungen) feststellt und sich entsprechend verhält, geht das Regelwerk aber nicht näher ein.

Neben den Vorschriften in Zusammenhang mit der Genehmigung und Zulassung sieht das Unionsrecht auch Vorgaben für die regelmäßige technische Überwachung¹³ oder Kontrollen der Verkehrs- und Betriebssicherheit von Nutzfahrzeugen¹⁴ vor.

Zusammenfassung

Das Unionsrecht legt in einer Vielzahl von Rechtsakten (insbes. technische) Vorgaben mit Relevanz für die Digitalisierung von Straßenverkehr fest. Diese gilt es bei der nationalen Erarbeitung eines Konzeptes für digitalisiertes Verkehrsrecht unter anderem für automatisierte Fahrsysteme zu beachten. Weitreichende Harmonisierung besteht im Hinblick auf technische Vorgaben für Fahrzeuge und in diesen verbauten Teilen im Zusammenhang mit deren Genehmigung und Zulassung. Ab 2022 sehen entsprechende Rechtsakte auch den verpflichtenden Einbau gewisser Assistenzsysteme vor. Vereinzelt werden zur Erhöhung der Verkehrssicherheit auch Vorgaben an das Verhalten im Straßenverkehr festgelegt. Eine weiterreichende Harmonisierung durch eine "EU-Straßenverkehrsordnung" erfolgte bislang aber nicht, womit national abweichende Regelungen nicht nur möglich sind, sondern auch bestehen. Im Zusammenhang mit dem Einsatz automatisierter Fahrsysteme wird der Aspekt des Verhaltensrahmens, dem diese Fahrsysteme bei Aktivierung zu entsprechen haben, auf die nationale Ebene verlagert, in dem auf die "geltende" und durch Verkehrsschilder, digitale Karten oder Ähnliches angezeigten Vorschriften verwiesen wird.

Neben den Rechtsakten im Bereich der technischen Fahrzeugsicherheit und allgemein der Verkehrssicherheit sind dabei auch weitere unionale Regelungen für den Datenschutz oder die elektronischen Kommunikationsnetze von Relevanz. Zudem gibt es Legislativvorschläge zur zukünftigen Regulierung von KI-Systemen auf Unionsebene.¹⁵

¹³ Richtlinie 2014/45/EU vom 3. April 2014 über die regelmäßige technische Überwachung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern, ABl 2014, L 127/51.

¹⁴ Richtlinie 2014/47/EU vom 3. April 2014 über die technische Unterwegskontrolle der Verkehrs- und Betriebssicherheit von Nutzfahrzeugen, die in der Union am Straßenverkehr teilnehmen, ABl 2014, L 127/134.

¹⁵ Europäische Kommission, Vorschlag für eine Verordnung zur Festlegung harmonisierter Vorschriften für künstliche Intelligenz (Gesetz über künstliche Intelligenz) und zur Änderung bestimmter Rechtsakte der Union, COM(2021) 206 final, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A52021PC0206> (10.3.2022).

2.1.3 Verfassungsrechtlicher Rahmen

Kompetenzen

Der Vergleich der Kompetenzen zur Gesetzgebung im Bereich des Straßenverkehrs in Deutschland, Österreich, und der Schweiz, bei denen es sich in allen drei Fällen um Bundesstaaten handelt, zeigt in allen drei Rechtsordnungen im Ergebnis eine primäre Zuständigkeit des Bundes. Nichtsdestoweniger bestehen bei der Regelung von Straßenangelegenheiten – mit Ausnahme gewisser höherrangiger Straßeninfrastruktur wie Autobahnen – auch Kompetenzen der Länder beziehungsweise Kantone. Anders als in Österreich kennen die deutsche und die schweizerische Rechtsordnung zudem konkurrierende Kompetenzen beziehungsweise Kompetenzen mit nachträglich derogatorischer Wirkung. Den Ländern beziehungsweise Kantonen bleibt ein gewisser Spielraum, sie können vom Bundesgesetzgeber nicht geregelte Sachbereiche einer gewissen Kompetenzmaterie weiterhin aufgreifen. Automatisierte und/oder autonome Fahrsysteme müssen das in der jeweiligen Situation geforderte regelkonforme Verhalten daher unter Beachtung bundes- und landesgesetzlicher Regelungen sowie in einigen Fällen auch von Rechtsvorschriften auf Gemeindeebene eruieren.

Im Hinblick auf die Vollzugszuständigkeiten betreffend die für den Straßenverkehr maßgeblichen Gesetze zeigt sich in allen drei Rechtsordnungen eine Einbindung von Behörden unterschiedlicher Gebietskörperschaften, wobei der Schwerpunkt auf denen der Länder beziehungsweise Kantone liegt.

Die Erarbeitung eines Konzeptes zur Umsetzung von Verkehrsrecht durch automatisierte Fahrzeuge hat folglich die rechtlichen Voraussetzungen hinsichtlich der Zuständigkeiten der Behörden und der von diesen erlassenen verwaltungsbehördlichen Verkehrsvorschriften wie beispielsweise Verkehrszeichen beziehungsweise Signale zu normieren.

Grundrechtliche Vorgaben

Den Staat treffen bei der Ausgestaltung der rechtlichen Rahmenbedingungen für automatisiertes Fahren Schutzpflichten im Hinblick auf die Gewährleistung des Grundrechtsschutzes. Als für die im Straßenverkehr herzustellende Verkehrssicherheit relevant erweisen sich dabei jedenfalls das Recht auf Leben und auf körperliche Unversehrtheit (Art 2 und Art 8 EMRK; Art 2 GG, Art 10 Abs 2 BV). Dabei hat der Staat für Sicherheitsbestimmungen zu sorgen, um die immanenten Gefahren der im Straßenverkehr eingesetzten Fahrzeuge zu verringern.

Werden daher automatisierte Fahrzeuge zugelassen, ergibt sich dabei die Notwendigkeit rechtlich adäquate Maßnahmen zur Reduktion des durch sie verursachten Risikos vorzusehen. Die grundrechtlichen Verpflichtungen führen nicht zu konkret vorzusehenden Maßnahmen; es verbleibt beim jeweiligen Staat durch Gesetzgebung und Vollziehung die zu ergreifenden Maßnahmen zu konkretisieren. Wesentlich erscheint im Zusammenhang mit der Einführung automatisierter

Fahrzeuge jedenfalls, dass von staatlicher Seite Vorgaben zur Gewährleistung eines sicheren Fahrens im öffentlichen Verkehr aufgestellt werden, die ein über das menschliche Fehlverhalten deutlich hinausgehendes Sicherheitsniveau garantieren. Zu diesem Zweck kann etwa die Kontrolle der Fähigkeit zu regelkonformem Verhalten – bei Zulassung und laufend danach – sowie Vorschriften für eine besondere Ausbildung von Personen, die in unklaren Verkehrssituationen Verantwortung durch Handlungsentscheidungen übernehmen, erforderlich sein.¹⁶ Auch straßenbauliche Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit durch präventive infrastrukturelle Maßnahmen kommen in Betracht.

Die vom Staat zugelassenen Systeme dürfen die körperliche Integrität und das Leben aller Straßenverkehrsteilnehmerinnen nicht gefährden. Gefahren ergeben sich potenziell durch eine Steigerung der ohnehin im Straßenverkehr bestehenden gegenseitigen Gefährdung der Verkehrsteilnehmerinnen etwa durch abweichende oder abweichend umgesetzte Verkehrsregeln. Dabei kann sich der Staat bei der Umsetzung von Verkehrsregeln nicht nur auf Privatunternehmen verlassen, sondern muss eine entsprechende Überprüfung der Einhaltung der Vorgaben am Maßstab der StVO vornehmen. Die grundrechtliche Problematik ist insoweit als verschärft anzusehen, als dem Stand der Technik entsprechend eine Einhaltung aller an die Fahrzeuglenkerinnen gerichteten Verkehrsregeln heute nicht möglich erscheint.¹⁷

Rechtsstaatliche Vorgaben

Bei der Digitalisierung von Verkehrsrecht sind darüber hinaus rechtsstaatliche Vorgaben zu beachten. Insbesondere bei der näheren Ausgestaltung von Verkehrsvorschriften für autonome Fahrzeuge ist darauf zu achten, dass wesentliche Entscheidungen auf Gesetzesebene und in weiterer Folge auf Verordnungsebene getroffen werden müssen. Während auf Verwaltungsebene verlagerte Regelungen mehr Flexibilität ermöglichen und dies vor allem im Hinblick auf laufende technische Weiterentwicklungen durchaus sinnvoll erscheint, sind zentrale Festlegungen nichtsdestoweniger durch Gesetz zu treffen. Diese rechtsstaatliche Anforderung drückt sich in Österreich in Art 18 Abs 1 B-VG und in der Schweiz in Art 164 Abs 1 BV aus; auch das deutsche Bundesverfassungsgericht leitet

¹⁶ *Hiesel*, Rechtsstaatliche Anforderungen an die Erkennbarkeit von unrechtmäßigem Verhalten im Straßenverkehrsrecht und das Erkenntnis VfGH 29. 6. 2001, V 98/99, ZVR 2002, 110; allgemein zu Schutz- und Gewährleistungspflichten siehe *Berka/Binder/Kneihs*, Die Grundrechte² (2019) 158 ff.

¹⁷ Im Regierungsentwurf zum deutschen Gesetz für autonomes Fahren heißt es zu dieser Problematik, die technische Unmöglichkeit der Erfüllung komplexer oder nicht umsetzbarer Verkehrsvorschriften an bestimmten Stellen führe nicht zu einer generellen Unzulässigkeit autonomer Fahrfunktionen, sondern zu einer Begrenzung des zulässigen Betriebsbereiches; siehe *deutscher Bundesrat*, Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes und des Pflichtversicherungsgesetzes – Gesetz zum autonomen Fahren, BR-Drucksache 155/21 <https://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2021/0101-0200/155-21.pdf> (Stand: 12.2.2021).

aus dem Grundgesetz (Rechtsstaats- und Demokratieprinzip gem Art 20, Art 28 Abs 1 GG) einen entsprechenden Grundsatz ab.¹⁸ Dieser verfassungsrechtliche Grundsatz – in seiner jeweiligen nationalen Ausprägung – hat bei der konkreten Umsetzung der Projektergebnisse auf nationaler Ebene Berücksichtigung zu finden. Auch bei der Digitalisierung von Straßenverkehrsrecht dürfen wesentliche rechtssetzende Entscheidungen nicht an die Verwaltung oder Private delegiert werden.

2.2 Verkehrsrechtlicher Rahmen

2.2.1 Straßenverkehrsrechtliche Regelwerke

Die Ausgangslage hinsichtlich straßenverkehrsrechtlicher Regelwerke gestaltet sich in Österreich, Deutschland und der Schweiz unterschiedlich. Während in Österreich der Großteil der Bestimmungen auf Gesetzesebene in der österreichischen StVO (als Gesetz) zu finden sind, spielen in Deutschland und der Schweiz auch Verordnungen eine entscheidende Rolle bei der Festlegung allgemeiner Verhaltensanordnungen an Verkehrsteilnehmerinnen. Während in Deutschland der Fokus klar auf der deutschen StVO¹⁹ (als Verordnung) und nicht auf dem StVG liegt, enthält das Schweizer SVG viele grundlegende Regeln auf Gesetzesebene (SVG) und konkretisiert diese in Verordnungen – insbesondere in der Verkehrsregelverordnung (VRV) und der Signalisationsverordnung (SSV).

Straßenverkehrsteilnehmerinnen ebenso wie autonome Fahrsysteme bei der Übernahme von Fahraufgaben müssen die für die jeweilige Fahrsituation je nach Land unterschiedlichen Rechtsvorschriften unter Rückgriff auf verschiedene Rechtsquellen aber auch Regelungsebenen erfassen.

2.2.2 Verkehrsregeln für automatisiertes Fahren

Sowohl der deutsche als auch der österreichische Gesetzgeber schufen in den letzten Jahren die Grundlage für den Einsatz von Fahrzeugen im öffentlichen Verkehr, die gewisse Fahraufgaben automatisiert ausführen. Während in Österreich Regelungen, die sich primär auf Testfahrten

¹⁸ Lerche, Vorbehalt des Gesetzes und Wesentlichkeitstheorie, in: Merten/Papier (Hrsg), Handbuch der Grundrechte, Bd 3 (2009), § 62.

¹⁹ Trotz gleicher Namensgebung als "Straßenverkehrsordnung" handelt es sich bei der deutschen StVO um eine Verordnung und bei dem österreichischen StVO um ein Gesetz.

beziehen, erlassen wurden, sieht das deutsche Straßenverkehrsgesetz (StVG) Regelungskonzepte für SAE Level 3 und 4²⁰ vor.

Der deutsche Gesetzgeber schuf bereits 2017 durch eine Änderung des Straßenverkehrsgesetzes (StVG) die Grundlage für den Einsatz von Kraftfahrzeugen mit hoch- oder vollautomatisierter Fahrfunktion (bis SAE Level 3). Darunter versteht §1a Abs 2 StVG solche Fahrzeuge mit einer technischen Ausrüstung, die unter anderem das Fahrzeug zur Bewältigung der Fahraufgabe – einschließlich Längs- und Querführung – nach Aktivierung steuern kann und dabei in der Lage ist "den an die Fahrzeugführung gerichteten Verkehrsvorschriften zu entsprechen". Während die Fahrzeugführerin sich bei aktiviertem Fahrassistenzsystem vom Verkehrsgeschehen abwenden darf, verpflichtet die "Übernahmeregel" in § 1b StVG sie dazu, wahrnehmungsbereit zu bleiben und die Steuerung bei Bedarf wieder übernehmen zu können. Mit der Novelle vom 12. Juli 2021 zum deutschen StVG²¹ wurden Regelungen für Kraftfahrzeugen mit autonomer²² Fahrfunktion (SAE Level 4) eingeführt. Die menschliche Entscheidungsbefugnis und Verantwortung wird dabei anders als bisher nicht allein der Fahrzeugführerin, sondern vorrangig Menschen in einer Art Verkehrszentrale ("Technische Aufsicht") übertragen, womit weiterhin menschliche Verantwortung (*human in the loop*) hergestellt werden soll. Die "Technische Aufsicht" kann sodann "remote" die autonome Fahrfunktion deaktivieren oder Fahrmanöver vorgeben. Bis zur Einbindung menschlicher Akteurinnen müssen aber sowohl Fahrsysteme mit hoch- oder vollautomatisierter als auch mit autonomer Fahrfunktion in der Lage sein "den an die Fahrzeugführung gerichteten Verkehrsvorschriften zu entsprechen" (§1a Abs 2 Z 2 beziehungsweise §1e Abs 2 Z 2 StVG). Zur weiteren verwaltungsrechtlichen Konkretisierung der neuen StVG-Vorgaben (insbesondere hinsichtlich technischer Vorschriften und in Bezug auf die Zulassung von Fahrzeugen mit autonomer Fahrfunktion) hat die deutsche Bundesregierung am 23. Februar 2022 die neue "Verordnung zum Autonomen Fahren" vorgelegt, diese bedarf zu ihrem Inkrafttreten noch der Zustimmung des Bundesrates.²³ Das Thema der Einhaltung der Verkehrsvorschriften greift die Verordnung nur am

²⁰ Siehe für die gebräuchlichen Terminologie für die "SAE Levels" genannten Automatisierungstufen *SAE International*, Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles, www.sae.org/standards/content/j3016_202104 (24.2.2022).

²¹ Gesetz zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes und des Pflichtversicherungsgesetzes – Gesetz zum autonomen Fahren vom 12.7.2021, BGBl. I S. 3108.

²² Das deutsche Gesetz verwendet den Begriff "autonom". Sofern dieses Projekt jedoch nicht speziell auf die deutsche Rechtslage Bezug nimmt, soll stattdessen – in Anlehnung an die englischsprachige Terminologie der verschiedenen Automatisierungslevel – von "automatisierten" Fahrsystemen gesprochen werden.

²³ BMDV, Verordnung zur Regelung des Betriebs von Kraftfahrzeugen mit automatisierter und autonomer Fahrfunktion und zur Änderung straßenverkehrsrechtlicher Vorschriften, <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/presse/008-verordnung-automatisierte-autonome-fahrfunktion.pdf> (10.3.2022); Der Entwurf wurde der im Februar 2022 vom Bundeskabinett verabschiedet und bedarf nun noch der Zustimmung des Bundesrates.

Rande auf, wenn etwa § 3 Abs 8 Z3 auf § 1e Abs 2 Z 2 StVO verweist.²⁴ Die Anlage 1 legt nähere Anforderungen über Manöver in bestimmten Verkehrssituationen fest, ohne dabei einen direkten Bezug zu den verkehrsrechtlichen Vorschriften der StVO herzustellen, wobei das Prinzip der Nicht-Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmerinnen dabei klar im Fokus steht.

In Österreich legt die vom BMK auf der Grundlage des Kraftfahrzeuggesetzes²⁵ erlassene Automatisiertes Fahren Verordnung (AutomatFahrV)²⁶ die wesentlichen Rahmenbedingungen für Testfahrten und den Einsatz von einigen bestimmten Assistenz- und vernetzten oder automatisierten Fahrsystemen fest. Eine allgemeine Definition dieser Begriffe enthält die Verordnung nicht, sondern versteht darunter Systeme, die einem der genannten Anwendungsfälle für Testzwecke (Autonomer Kleinbus, Autobahnpilot mit automatischem Spurwechsel, selbstfahrendes Heeresfahrzeug) oder für genehmigte Systeme (Einparkhilfe, Autobahn-Assistent mit automatischer Spurhaltung) entsprechen. Die Anwendungsfälle für genehmigte Systeme gehen aktuell nicht über SAE Level 2 hinaus; die Fahrerin ist weiterhin verpflichtet aufmerksam zu bleiben, um bei einer "kritischen Situation" das System deaktivieren oder übersteuern zu können. Ähnlich zur deutschen Regelung sieht § 1 Abs 2 AutomatFahrV in Österreich vor, dass automatisierte oder vernetzte Fahrsysteme so ausgestaltet sein müssen, dass "die Einhaltung der Bestimmungen der [...] StVO [...] bei der Verwendung dieser Systeme, jedenfalls gewährleistet ist".

Eine ähnliche – wie in Deutschland gewählte - Vorgangsweise wählt auch ein mit Botschaft vom 17. November 2021 vom Bundesrat der Bundesversammlung vorgeschlagener Entwurf einer Änderung des schweizerischen Strassenverkehrsgesetzes ("E-SVG"), die für Fahrzeuge mit Automatisierungssystemen in der Schweiz eine rechtliche Grundlage schaffen soll. Art. 25a E-SVG in der provisorischen Fassung versteht "[...] unter Fahrzeugen mit einem Automatisierungssystem [...] Fahrzeuge [...], die in der Lage sind, die Fahraufgaben zumindest unter bestimmten Bedingungen [...] dauerhaft und umfassend zu übernehmen."²⁷ Gemäß Art. 25e E-SVG muss der Bundesrat sicherstellen, dass im Zusammenhang mit Fahrzeugen mit einem Automatisierungssystem "die

²⁴ Im Fokus stehen im Verordnungsentwurf Verfahren und Prozess sowie technische Spezifikationen im Zusammenhang mit der Erteilung der Betriebserlaubnis innerhalb eines genehmigten Betriebsbereiches sowie der Zulassung von Kraftfahrzeugen mit autonomen Fahrfunktionen; auch auf die Anforderungen für die Technischen Aufsicht wird ua eingegangen.

²⁵ Bundesgesetz vom 23. Juni 1967 über das Kraftfahrwesen (Kraftfahrzeuggesetz 1967 – KFG 1967), BGBl 267/1967 idF BGBl I 78/2019.

²⁶ Verordnung des Bundesministers für Verkehr, Innovation und Technologie über Rahmenbedingungen für automatisiertes Fahren (Automatisiertes Fahren Verordnung - AutomatFahrV) BGBl II 402/2016 idF BGBl II 67/2019. Siehe auch: *Stolzlechner*, Die Verordnung als Instrument flexibler Rechtsgestaltung, ZfV 1977, 573; *Stolzlechner*, Neuerlich: Zur Frage der Durchführungsverordnungen mit gesetzänderndem Charakter, ZfV 1978, 379; *Walter*, Gibt es wirklich "Durchführungsverordnungen mit gesetzänderndem Charakter"? ZfV 1978, 377.

²⁷ Botschaft zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes vom 17. November 2021, BBl 2021 3026, S. 61.

Verkehrssicherheit nicht beeinträchtigt wird [und] die Verkehrsregeln beachtet werden können".²⁸ Auch bei den Versuchen nach Art. 25h muss die "Verkehrssicherheit [...] jederzeit gewährleistet sein" (Art. 25h Abs. 2 E-SVG).

Die deutsche ebenso wie die österreichische Rechtslage sowie die geplante schweizerische Rechtslage verpflichten daher die Hersteller automatisierter Fahrsysteme, die Einhaltung der Verkehrsvorschriften zu gewährleisten. Die Einhaltung der Regeln im Straßenverkehr durch Automatisierungssysteme erweist sich aber nicht als Selbstverständlichkeit. Im Gegenteil, eine Vielzahl von Regeln richtet sich an menschliche Fahrzeugführerinnen, die nicht durch Automatisierungssysteme umgesetzt werden können.²⁹ Für viele Problemstellungen, die sich bei der Heranziehung bestehender Straßenverkehrsregeln für automatisierte Fahrzeuge zeigen, gibt der Gesetzgeber durch das pauschale Einfordern der "Gewährleistung" der Einhaltung der geltenden Verkehrsregeln keine Lösungen vor, sondern wälzt die Verantwortung auf die Herstellerinnen ab, die die Einhaltung der Verkehrsregeln in ihrer Gesamtheit aber nicht erfüllen können. Die gesetzlich aufgestellte Fiktion der Einhaltung der Verkehrsregeln durch automatisierte Fahrsysteme kann dem Erfordernis der Einhaltung der Verkehrsregeln nicht entsprechen.

In Hinblick auf das rechtliche Verständnis der Verkehrsregeln und die damit bestehenden Möglichkeiten der Anwendung, Übertragung und Anpassung derselben für automatisierte Fahrsysteme bestehen zahlreiche rechtliche Problemstellungen.

2.3 AD_StVO als Text

2.3.1 Digitalisierung verkehrsrechtlicher Regeln

Eine digitale Veröffentlichung der verbindlichen Fassung von bundesweiten Regelungen auf Gesetzesebene erfolgt bisher nur in Österreich und der Schweiz. In Deutschland bestehen Bestrebungen, eine (verfassungs-)gesetzliche Basis für die elektronische Verkündung von Gesetzen und Verordnungen des Bundes zu schaffen. Eine einheitliche Publikationsform für die digitalisierte Fassung der amtlichen Papieraussgabe der Gesetze besteht auch in Deutschland über die Seite "bgbl.de" – der Zugang hierzu ist über den privaten Bundesanzeiger Verlag teilweise kostenpflichtig. Auf Ebene der Bundesländer beziehungsweise Kantone erfolgt eine rechtsverbindliche Veröffentlichung online auf der einheitlichen Publikationsplattform, in der auch die Bundesgesetze

²⁸ Botschaft Straßenverkehrsgesetz, a.a.O., S. 34.

²⁹ Siehe dazu gleich. Zur Herausforderung der Umsetzung der aktuellen Verkehrsregeln auch bereits *Huonder/Raemy*, Autonomes Fahren – Rechtlicher Anpassungsbedarf: Ein Werkstattbericht, Straßenverkehr 2016, 46, 51 f.

kundgemacht werden, nur durch die österreichischen Bundesländer. In Deutschland und der Schweiz haben vereinzelte Bundesländer beziehungsweise Kantone bereits die gesetzliche Grundlage für die elektronische Veröffentlichung ihrer eigenen Rechtsvorschriften geschaffen – eine einheitliche Publikationsplattform fehlt.

In allen drei Rechtsordnungen finden sich aber von staatlicher Seite (mit-) betriebene Seiten im Internet, die Zugang zu möglichst aktuellen, konsolidierten Fassungen der geltenden Gesetze und auch Rechtsverordnungen bieten. Einen zentralen Zugang zu konsolidierten Fassungen des Landesrechts bietet das österreichische RIS; auch in Deutschland und der Schweiz führen Bundesländer beziehungsweise Kantone derartige Sammlungen ihrer Rechtsvorschriften, die jedoch nicht auf einer einheitlichen Plattform zu finden sind.

Die digitale Veröffentlichung der verbindlichen Fassung von Rechtsvorschriften kann zwar einen wichtigen Beitrag zur jederzeitigen digitalen Abrufbarkeit der aktuell geltenden Rechtslage durch automatisierte Fahrzeuge auf der Straße leisten, löst aber grundsätzliche Problemstellungen der Umsetzung dieses für Regelungsregimes für menschliche Fahrerinnen nicht. Ein autonomes Fahrzeug kann zwar etwa bei Grenzübertritt die aktuelle verbindliche Textfassung der österreichischen Straßenverkehrsordnung direkt aus der vorhandenen Datenbank, dem Rechtsinformationssystem (RIS), abrufen. Viele offene Problemstellungen stehen einer direkten Umsetzung dieser vorhandenen Textfassung aber dennoch im Weg. Der Download der normalen Textfassung ist für automatisierte Fahrzeuge zwar grundsätzlich möglich, für diese aber in keiner Weise nutzbar. Abseits der fehlenden inhaltlichen Adaption an die Spezifika automatisierter Fahrsysteme, besteht ganz grundlegend das Problem, dass normaler Text nicht direkt automatisiert umgesetzt werden kann. Eine Digitalisierung verkehrsrechtlicher Regelungen muss daher weiterdenken als das bloße digitale Verfügbarmachen von Rechtstexten, sondern erfordert im Hinblick auf die maschinelle Umsetzbarkeit der Regelungen auch inhaltliche Anpassungen.

2.3.2 Problemstellungen der Digitalisierung

Die Digitalisierung von (Verkehrs-)Recht steht unter zahlreichen Vorbehalten, die sich aus der spezifischen Qualität beziehungsweise Charakteristik von Recht ergeben. Recht ist ein Instrument der gesellschaftlichen Ordnung und Steuerung, um durch Regeln (staatliche) Strukturen zu schaffen beziehungsweise zu gestalten und konkrete Handlungen von Menschen einzufordern beziehungsweise diese zu fördern. Recht basiert auf sprachlicher Kommunikation, womit der Sprache eine besondere Rolle in rechtlicher Kommunikation und rechtlichem Verständnis zukommt. Das Verkehrsrecht veranschaulicht aber auch, dass Recht mit visuellen, nicht-sprachlichen Kommunikationselementen (wie sie sich in Straßenverkehrszeichen manifestieren) arbeitet.

Im kontinentaleuropäischen Rechtssystem stehen Gesetze (sowie diese konkretisierenden Verordnungen) als generell-abstrakte Rechtsnormen im Vordergrund. Gesetzliche Bestimmungen zielen auf allgemeine Formulierungen ab, die auf eine möglichst breite Anzahl von Sachverhalten (also konkreten juristischen Fällen, die sich auf Ereignisse der Wirklichkeit beziehen) Anwendung finden können. Um dieses Ziel zu erreichen, verwenden Gesetze allgemeine Begriffe, die sich als auslegungsbedürftig erweisen, und deren Anwendung im Einzelfall überprüft werden müssen. Gesetze regeln daher nicht fallbezogen Einzelfälle, sondern schaffen eine regulatorische Flexibilität, die sodann in der konkreten Situation ausgelegt werden muss. Bei der Digitalisierung entsteht damit die besondere Herausforderung zwischen den allgemeinen Regeln einerseits und deren konkreter Anwendung andererseits schon im Vorhinein vermitteln zu müssen.

Bei der Gesetzeskonkretisierung kommt den Gerichten eine besondere Bedeutung zu, da diese für bestimmte Einzelfälle die regelkonforme Auslegung der gesetzlichen Bestimmungen beziehungsweise Begrifflichkeiten festlegen. Die Besonderheit des gerichtlichen Verfahrens besteht darin, dass dieses im Nachhinein präzise für einen konkreten Fall eine Entscheidung trifft. Die gerichtlichen Entscheidungen können daher nur begrenzt zur Digitalisierung konkreter Einzelfälle beitragen; nichtsdestoweniger spielen die durch die Rechtsprechung durchgeführten Konkretisierungen für das Verständnis des Rechts eine wesentliche Rolle. Eine Besonderheit der Rechtsprechung besteht darüber hinaus in der damit verbundenen Dynamik. Die Rechtsprechung unterliegt einem steten Wandel, wobei auch der jeweiligen gerichtlichen Instanz (erstinstanzlich bis höchstgerichtlich) eine besondere Bedeutung zukommt.

Bei der Digitalisierung des Verkehrsrechts reicht es nicht aus, die konkreten Verhaltensvorschriften der jeweiligen Verkehrsordnung zu berücksichtigen. Bei konkreter Betrachtung der Steuerung des menschlichen Verkehrsverhaltens im Straßenverkehr zeigt sich, dass abgesehen von der schulischen Vermittlung von Verhaltensregeln und der konkreten Ausbildung im Rahmen der Führerscheinqualifikationen eine konkrete Kenntnis der Bestimmungen von StVO typischerweise bei Fahrzeuglenkerinnen nicht vorliegt. Den konkreten Entscheidungen im Straßenverkehr liegen daher vielmehr die baulichen Grundstrukturen, die konkreten Anordnungen durch Verkehrsschilder und ein Zugang auf Basis allgemeiner Grundsätze zu Grunde. Menschen halten sich daher nicht nur aufgrund der genauen Rechtskenntnis an das Recht, sondern agieren flexibler, insbesondere nach allgemeinen Grundsätzen (die sich auch in den Regeln des Verkehrsrechts widerspiegeln). Die rechtlichen Regeln bilden daher nur einen allgemeinen Rahmen, währenddessen dem pragmatischen Zugang im konkreten Straßenverkehrsverhalten eine besondere Bedeutung zukommt. Diese Divergenz muss bei der Digitalisierung der Verkehrsregeln Berücksichtigung finden.

Die Flexibilisierung im menschlichen Straßenverkehrsrecht findet aber nicht nur durch den Rückgriff auf allgemeine Grundsätze statt, sondern auch durch die Möglichkeit von Menschen sich an die Regeln des Straßenverkehrsrechts nicht zu halten. Auch wenn diese Nicht-Einhaltung von Regeln mit

der Möglichkeit einer Geldbuße, einer gerichtlichen Strafe oder auch zivilrechtlichen Schadenersatzansprüchen behaftet ist (ja sogar zur strafrechtlichen Verfolgung führen kann), so stellen die Möglichkeit der Nicht-Einhaltung eine Form der Flexibilisierung im Umgang mit dem Straßenverkehrsrecht dar, die wesentlich zur rechtlichen Umsetzung des Straßenverkehrsrechts bei menschlichen Straßenverkehrsteilnehmerinnen beitragen. Die Nicht-Einhaltung des Rechts ebenso wie das Zusammenspiel des Verkehrsrechts mit anderen Rechtsmaterien bedürfen der Berücksichtigung bei der Digitalisierung des Straßenverkehrsrechts.

Eine besondere Rolle spielen konkrete Anordnungen im Straßenverkehrsrecht, die Vorgaben an die Straßenverkehrsteilnehmerinnen vorsehen. Sie schaffen ein besonderes Zusammenspiel mit den allgemeinen gesetzlichen Vorgaben, wobei die Frage der Priorisierung in unterschiedlichen Fallkonstellationen zu Gunsten der konkreten Anordnungen einerseits oder des allgemeinen Gesetzes andererseits zu lösen sind.

2.3.3 Defizitäre Regelungssituation für automatisierte Fahrsysteme

Die bisherigen regulatorischen Strategien erweisen sich als unzureichend. Bereits die gewählte Regelungstechnik, die bestehende StVO als Maßstab für automatisierte Fahrzeuge heranzuziehen, ist nicht zielführend.³⁰ Damit wird automatisierten Fahrsystemen unterstellt, dass sie menschliches Verhalten setzen. Dem ist allerdings nicht so. Die StVO baut nicht nur auf menschlichem Verhalten, sondern auch auf menschlicher Autonomie auf, die sich im Rahmen der verkehrsrechtlichen Verantwortung der Menschen manifestiert. Nicht regelkonformem Verhalten des Menschen im Straßenverkehr wird durch Sanktionen im (Verwaltungs-) Strafrecht oder zivilrechtliche Haftung für entstehende Schäden begegnet. Beide Rechtsregime sind aus dieser Perspektive als Teil des regulatorischen Ansatzes des Straßenverkehrsrechts zu begreifen; in beiden Fällen stößt allerdings die äquivalente Anwendbarkeit auf automatisierte Fahrzeuge auf deutliche Grenzen. So wirken spezial- und generalpräventive Zielsetzungen bei automatisierten Fahrzeugen nicht. Rechtfertigende oder entschuldigende Gründe, die zur Straffreiheit führen, eignen sich nicht in gleicher Weise, um die gewollte Flexibilisierung des Verhaltens zu ermöglichen. Ebenso bestehen grundrechtliche Grenzen für eine fingierte Entscheidungsfreiheit automatisierter Fahrzeuge, da den Staat bei der Gestaltung der rechtlichen Rahmenbedingungen für diese insbesondere Schutzpflichten im Hinblick auf die Vermeidung von Gefahren für Leben und körperliche Unversehrtheit treffen.³¹

³⁰ Zu Recht kritisch zu diesen "Entsprechungsklauseln" siehe auch *Rodi*, Die Zulassung autonomer Fahrzeuge zum Straßenverkehr aus rechtlicher und rechtspolitischer Sicht in: Oppermann/Stender-Vorwachs (Hrsg), *Autonomes Fahren – Technische Grundlagen Rechtsprobleme Rechtsfolgen*² (2020) 429, Rz 9, 38.

³¹ Siehe zu grundrechtlichen Gewährleistungspflichten in Zusammenhang mit staatlicher Regulierung technologischer Innovationstätigkeit *I. Eisenberger*, *Innovation im Recht* (2016) 53.

Neben der Fiktion eines menschlichen Verhaltens durch automatisierte Fahrsysteme steht die – oben geschilderte – weiterhin bestehende Involvierung von Menschen im Vordergrund: sei es im Rahmen von Übernahmen durch menschliche Lenkerinnen, sei es in Form einer technischen Aufsicht, die vom automatisierten Fahrsystem zur Entscheidungshilfe angefragt werden kann. Die menschliche Involvierung kann aber nicht als Lösung für die Übertragung von Fahraufgaben auf automatisierte Fahrsysteme dienen. Erstens sollen langfristig automatisierte Fahrsysteme autonom ohne menschliche Involvierung agieren können; zweitens verlangt der Einsatz automatisierter Fahrsysteme, dass diese auch unter den jetzt bestehenden technischen Möglichkeiten in der Lage sind einen risikominimalen Zustand einzunehmen. Damit müssen die automatisierten Fahrsysteme aber zumindest bis ein derartiger risikominimaler Zustand erreicht wurde, in der Lage sein die Verkehrsregeln eigenständig zu berücksichtigen. Drittens schließlich kann die Involvierung von Menschen nicht einen Automatismus dahingehend bedeuten, dass primär diese für Fragen der rechtlichen Verantwortlichkeit herangezogen werden und die Hersteller automatisierter Fahrsysteme tendenziell nicht zur Verantwortung gezogen werden.

Aus den genannten Überlegungen erweisen sich die bisherigen regulatorischen Strategien als defizitär. Programmierte oder selbstlernende Maschinen können daher nicht unter gleichen rechtlichen Bedingungen am allgemeinen Straßenverkehr teilnehmen, sondern bedürfen eines eigenen regulatorischen Regimes, das auf absehbare Zeit auch eine räumliche Begrenzung ihres Einsatzgebietes beinhalten wird.

2.3.4 "AD_StVO" als Lösungsansatz

Eigenständiges Regelwerk

Der regulatorische Lösungsansatz für automatisierte Fahrzeuge besteht weder in einer fingierten Entscheidungsfreiheit noch in der Involvierung von Menschen, die in Zukunft immer mehr abnehmen wird. Es bedarf vielmehr einer eigenständigen Herangehensweise, die nicht nur dem privaten Unternehmen die Übersetzungsleistung der bestehenden StVO überlässt. Programmiererinnen in Unternehmen, die automatisierte Fahrsysteme entwickeln, sind derzeit von staatlicher Seite mit der Umsetzung der Verkehrsregeln, die sich an Menschen richten, alleine gelassen. Aus vielfältigen

Gründen (man denke nur an allgemeine Prinzipien³² oder unbestimmte Rechtsbegriffe³³) können aber die bestehenden Verkehrsregeln nicht eins zu eins für automatisierte Fahrsysteme angewandt werden.

Demgegenüber kann ein eigenständiges Regelwerk, das von staatlicher Seite als rechtlicher Rahmen für das Fahrverhalten automatisierter Fahrzeuge zur Verfügung gestellt wird ("AD_StVO"³⁴), konkretere Vorgaben für Programmiererinnen vorsehen, die nicht im Grundsatz von den Verkehrsregeln für menschliche Verkehrsteilnehmerinnen abweichen,³⁵ aber auf die spezifische regulatorische Situation automatisierter Fahrsysteme und deren Möglichkeiten und Grenzen eingehen können.

Konkretisierung von Verkehrsregeln und klare Definition von Regeln und Ausnahmen

Dabei können die allgemeinen Prinzipien etwa in technisch umsetzbarer, Weise konkretisiert oder weitere Regeln, die sich aus den allgemeinen Prinzipien ergeben, ausformuliert werden. Eine AD_StVO ermöglicht auch die Einbeziehung von Rechtsprechung zu einzelnen Prinzipien oder Begriffen zur Konkretisierung. Damit ist aber keinesfalls eine automatische Übernahme von fallbezogenen Auslegungen der Rechtsprechung angedacht, sondern nur eine Berücksichtigung einer Auswahl relevanter Judikaturaussagen zur sinnhaften Ergänzung konkreter Verhaltensvorschriften.

An vielen Stellen schafft das Recht zudem für menschliche Verkehrsteilnehmerinnen bewusst gewisse Spielräume, wie sich beispielsweise bei Regelbrüchen zeigt, bei denen ordnungs-, straf- und zivilrechtliche Rechtfertigungs- oder Entschuldigungsgründe zum Tragen kommen. Ein Abweichen

³² Das Straßenverkehrsrecht beruht auf allgemeinen Prinzipien, die in unterschiedlicher Weise – teils explizit, teils implizit – im Straßenverkehrsrecht zum Ausdruck kommen. Die Problematik dieser Prinzipien besteht darin, dass sie – im Gegensatz zu den konkreten Regelungen, die spezifischere Verhaltensanweisungen beinhalten – sehr allgemein formuliert sind und zu ganz unterschiedlichen Verhaltensanforderungen führen können. So kann das Nicht-Gefährdungsprinzip im Straßenverkehr je nach Situation etwa eine Erhöhung der Geschwindigkeit oder eine Verringerung derselben gebieten.

³³ Auch die Verwendung unbestimmter Rechtsbegriffe (zum Beispiel das Gebot "ausreichend" Abstand zu wahren in Art. 34 Abs. 4 SVG oder "ausreichend" auszuweichen in § 10 ö StVO) erfordert eine Konkretisierung des gebotenen Verhaltens im Straßenverkehr durch die menschliche Verkehrsteilnehmerin, die je nach Situation unterschiedliche Verhaltenspflichten nach sich zieht.

³⁴ Der Begriff "AD_StVO" soll in Anlehnung an die in Deutschland und Österreich existierenden Verkehrsregelwerke dieser Bezeichnung als Titel des vorgeschlagenen neuen Regelwerkes dienen, das speziell auf die Anforderungen des Einsatzes automatisierter Fahrsysteme eingeht. Damit soll weder vorweggenommen werden auf welcher rechtlichen Ebene ein solches Regelwerk erlassen werden kann – die StVO ist in Deutschland eine Verordnung und in Österreich ein Gesetz – noch soll eine andere Bezeichnung abhängig von der in der jeweiligen Rechtsordnung üblichen Terminologie zum Beispiel "AD_VRV" für die Schweiz ausgeschlossen werden.

³⁵ Immerhin bleibt auch zu bedenken, dass automatisierte Fahrzeuge auf nicht-absehbare Zeit im Straßenverkehr im Mischverkehr mit menschlichen Verkehrsteilnehmerinnen zusammentreffen werden.

von Regeln zum Schutz Anderer kann eventuell sogar geboten sein. Bei der Umsetzung eigenständiger Fahrregeln für automatisierte Fahrsysteme kann der Regelbruch jedoch kein relevantes Szenarium darstellen, da die general- und spezialpräventiven Gründe nicht erreicht werden können. Es gilt im Rahmen einer AD_StVO vielmehr von vornherein darauf abzustellen, dass Regeln durch automatisierte Fahrzeuge umgesetzt werden können. Der Regelbruch wäre daher von Anfang an als Regel-Ausnahmeverhältnis aufzulösen. Es bestünde im Rahmen einer AD_StVO daher für automatisierte Fahrsysteme die Möglichkeit von Verkehrsregeln bei Vorliegen bestimmter, zu definierender Voraussetzungen abzuweichen. Diese Abweichmöglichkeiten wären daher ausdrücklich festzulegen und in bestimmte Kategorien aufzuteilen.

Ein derartiges Regelwerk würde daher die Spezifika der Umsetzung von verkehrsrechtlichen Vorschriften durch autonome Fahrzeuge berücksichtigen, wie es sich etwa am Beispiel des Regelbruchs darstellen lässt:

Bestehende Verkehrsregeln	AD_StVO
Beispiel Regelbruch und Ausnahmen	
SAE Level 4; Landstraße; beide Fahrbahnhälften sind durch eine durchgängige weiße Linie getrennt; ein umgefallener Baum verhindert die Weiterfahrt; kein Gegenverkehr oder sonstige Gefahren auf der Gegenfahrbahn (ausreichende Sicht): DE: Es besteht ein Verbot "Fahrstreifenbegrenzungen" (Zeichen 295) zu überfahren (Nr. 68 der Anlage 2 zur StVO DE) ABER Ausnahmen in Literatur und Rsp → Vorbeifahren unter Anwendung eines Höchstmaßes an Sorgfalt möglich. Ö: Es besteht ein Verbot "Sperrlinien" zu überfahren (§ 9 Abs 1 StVO AT) ABER tlw einschränkende Auslegung durch Rsp → besondere Vorsicht und Aufmerksamkeit wird beim Vorbeifahren verlangt. CH: Es besteht ein Verbot "Sicherheitslinien" zu überfahren (Art 34 Abs2 SVG; Art 73 Abs 6 lit a SSV) ABER es wurde eine Abweichungsmöglichkeit durch Rsp entwickelt → nur bei Vorliegen zwingender Gründe; es gilt die allgemeine Sorgfaltspflicht.	Regel-Ausnahme-Verhältnis statt Regelbruch ▪ Regel: Durchgezogene Linie darf nicht überfahren werden. ▪ Ausnahme: Ein nicht nur vorübergehendes Hindernis kann nicht anders umfahren werden. ▪ Bedingung: Die Gefährdung oder Behinderung anderer Verkehrsteilnehmerinnen ausgeschlossen.

Herstellerinnen, Betreiberinnen und Programmiererinnen als Adressatinnen der AD_StVO

Eine AD_StVO adressiert als rechtliches Regelwerk weiterhin Menschen und nicht Maschinen (dies wäre aufgrund der Definition und Funktion von Recht als soziales Regelwerk von Menschen für Menschen gar nicht anders möglich³⁶). Statt – wie bisher – einen bloßen Verweis auf das geltende Verkehrsrecht vorzusehen, dessen Einhaltung die Herstellerinnen, Betreiberinnen, Programmiererinnen zu "gewährleisten" haben, würde sodann eine rechtliche Verpflichtung für Herstellerinnen, Betreiberinnen, Programmiererinnen eingeführt werden, die das maschinell besser umsetzbare Regelwerk der AD_StVO bei der Programmierung berücksichtigen müssen.

Rechtliche Ebene der Umsetzung

Diese rechtliche Verpflichtung müsste jedenfalls gesetzlich verankert sein; die AD_StVO selbst, also die inhaltlichen verkehrsrechtlichen Verhaltensvorgaben für automatisierte Fahrsysteme, müssten aber nicht auf Gesetzesebene festgelegt werden. Nach dem Vorbild bestehender Verordnungen zu konkreten Verkehrsregeln in Deutschland (StVO) oder der Schweiz (VRV) könnte eine Verankerung dieses Regelwerks für automatisierte Fahrsysteme auf Verordnungsebene erfolgen, um größere Flexibilität zu schaffen. Auch eine gesetzliche Verbindlicherklärung technischer Normungen wäre denkbar.

Schrittweise Umsetzung

Es gilt überdies zu betonen, dass die Einführung einer AD_StVO keinesfalls bereits von Beginn an das gesamte vorhandene Verkehrsrecht abbilden müsste. Es könnte vielmehr ein stufenweises Vorgehen gewählt werden, bei dem Schritt für Schritt – abhängig von der technischen Entwicklung – für gewisse Maßnahmen oder Szenarien die rechtliche Verbindlicherklärung inhaltlicher verkehrsrechtlicher Verhaltensvorgaben für automatisierte Fahrsysteme gesetzlich verankert wird.

AD StVO als Basis für Homologation

Darüber hinaus kann ein derartiges Regelwerk auch zur Homologation von Kraftfahrzeugen herangezogen werden. Bisherige Vorschriften regeln die Zulassung von automatisierten Fahrzeugen vor allem aus kraftfahrtechnischer Sicht;³⁷ eine Überprüfung der in das automatisierte Fahrsystem integrierten Verhaltensregeln auf ihre StVO-Konformität erfolgt jedoch nicht. Eine Klärung, ob die

³⁶ Es besteht zwar die Möglichkeit eigene Rechtspersönlichkeiten für juristische Person zu generieren; hinter diese stehen aber immer noch Menschen, konkret Personen die als Organe für die juristische Person tätig werden und deren (menschliches) Handeln den juristischen Personen zuzurechnen ist.

³⁷ Siehe die bestehenden Regelungen zum automatisierten Fahren in Österreich in §34 Abs 6 sowie § 102 Abs 3a und 3b KFG, sowie der auf dieser Grundlage erlassenen AutomatFahrV, welche vor allem auf Aspekte der technischen Genehmigung und Ausführung abstellen.

vom Hersteller gewählte Übersetzung der StVO in die technische Fahrzeuglogik tatsächlich den Vorgaben der StVO entspricht, erfolgt daher nach den derzeitigen Regelungen nicht bei der Zulassung, sondern (wenn überhaupt) erst in Zusammenhang mit Fragen der Haftung im Wege zivil- oder strafrechtlicher Rechtsprechung nach einem Schadensfall. Eine kontinuierliche Überprüfung des regelkonformen Verhaltens des Fahrzeuges durch das automatisierte Fahrsystem ist nicht in Hinblick auf das geltende Straßenverkehrsrecht, sondern nur gegen diesen zuvor durch Private konkretisierten Verhaltensrahmen als "Übersetzung" des Gesetzestextes möglich.

Konkretes Umsetzungsbeispiel "Highway Chauffeur"

Zur Veranschaulichung des Lösungskonzeptes einer AD_StVO erarbeitete das Projektkonsortium anhand eines konkreten Beispiels exemplarisch einige mögliche Umsetzungsbeispiele. Dazu wurde der Rahmen zunächst auf das Szenario eines "Highway Chauffeurs" eingegrenzt. Damit gemeint ist ein Fahrzeug mit automatisiertem Fahrsystem des SAE Level 3 welches sämtliche Fahraufgaben auf einer Autobahn (ausgenommen Auf- und Abfahrt sowie Baustellen) wahrnehmen kann. Für dieses Szenario wurden relevante Bestimmungen aus den deutschen, österreichischen und schweizerischen Verkehrsvorschriften identifiziert.

Erfasst sind dabei neben allgemeinen Grundprinzipien (§ 1 StVO DE, § 3 StVO AT, Art 26 SVG) insbesondere allgemeine Verkehrsregeln zur einzuhaltenden Höchstgeschwindigkeit (§ 3 StVO DE; § 20 StVO AT; Art 4 und 4a VRV), zum Überholen (§ 5 StVO DE; §§ 15f StVO AT; Art 10 und 11 VRV) oder auch der Abgabe von Warnzeichen bei Richtungsänderung (§§ 5 Abs 4a, 7 Abs 5, 9 Abs 1, 10 StVO DE; §§ 11 Abs 2, 15 Abs 3 StVO AT; Art 28 VRV) und der Beleuchtung des Fahrzeugs (§ 17 Abs 1 StVO DE; § 60 Abs 3 StVO AT; Art 41 SVG und Art 32 Abs 1 VRV).

Zudem bestehen zum Teil auch spezielle Vorschriften für die Fahrt auf der Autobahn, wie das Verbot zu wenden (§ 18 Abs 7 StVO DE; § 46 Abs 4 lit b StVO AT; Art 36 Abs 1 VRV) oder auf dem Seitenstreifen/Pannestreifen zu halten (§ 18 Abs 8 StVO DE; § 46 Abs 4 lit e StVO AT; Art 36 Abs 3 VRV) oder das Gebot eine freie Gasse für Einsatzfahrzeuge zu bilden (§ 11 Abs 2 StVO DE; § 46 Abs 6 StVO AT; Art 36 Abs 7 VRV). Aus diesen identifizierten Vorschriften mit Relevanz für das Szenario Highway Chauffeur wurden mögliche Umsetzungsbeispiele ausgearbeitet. Ein Auszug daraus:

Bestehende Verkehrsregeln	AD_StVO
§ 5 StVO DE Überholen (4a) Das Ausscheren zum Überholen und das Wiedereinordnen sind rechtzeitig und deutlich anzukündigen; dabei sind die Fahrtrichtungsanzeiger zu benutzen.	Bei einem Fahrstreifenwechsel und Ausscheren aus dem eigenen Fahrstreifen ist der Fahrtrichtungsanzeiger der Richtung, in die gelenkt werden soll, mindestens x Sekunden vor dem Einlenken bis zum Abschluss des Fahrstreifenwechsels oder Ausscherens einzuschalten.
§ 60 StVO AT Zustand und Beleuchtung der Fahrzeuge (3) Während der Dämmerung, bei Dunkelheit oder Nebel oder wenn es die Witterung sonst erfordert, sind Fahrzeuge auf der Fahrbahn zu beleuchten; ausgenommen hiervon sind Fahrräder, die geschoben werden. [...]	Bei einer Beleuchtungsstärke unter x Lux sind die vorgeschriebenen Beleuchtungseinrichtungen zu benutzen.
Art 41 schweizerisches SVG ¹ Während der Fahrt müssen Motorfahrzeuge stets beleuchtet sein, die übrigen Fahrzeuge nur vom Beginn der Abenddämmerung bis zur Tageshelle sowie bei schlechten Sichtverhältnissen.	Während der Fahrt sind die vorgeschriebenen Beleuchtungseinrichtungen zu benutzen.

Eine umfassende und ins Detail gehende Ausarbeitung der AD_StVO sowie die Erweiterung auf weitere Szenarien setzt jedenfalls eine tiefergehende Auseinandersetzung mit den relevanten Bestimmungen sowohl individuell als auch im System aller übrigen Verkehrsvorschriften, der vorhandenen nationalen Rechtsprechung und Literatur voraus. Auch eine Einbindung relevanter Stakeholder (öffentliche Hand, OEM, Tier 1, etc...) sowohl im Hinblick auf die technische Umsetzbarkeit der Regelungen als auch auf den zu gewährleistenden Standard an Verkehrssicherheit ist erforderlich.

AD_StVO digital

Auf Basis des rechtlich verankerten eigenständigen Regelwerks, der AD_StVO als Rechtstext, ist eine Umsetzung von Verkehrsregeln in maschinell verarbeitbaren Code in einer domänenspezifischen Sprache (AD_StVO digital; siehe dazu AP 6) als nächster Schritt vorzusehen. Der in dieser DSL ausgedrückte Regelsatz ist dabei auf seine Kompatibilität mit der rechtlich verbindlichen AD_StVO in Textform überprüfbar. Wird der AD_StVO Datensatz von staatlicher Seite zur Verfügung gestellt, um die technische Umsetzung der für automatisierte Fahrzeuge spezifizierten Verkehrsregeln zu ermöglichen, werden Herstellerinnen, Betreiberinnen und Programmiererinnen verpflichtet eine

Umsetzung dieses Datensatzes durch die automatisierten Fahrsysteme zu gewährleisten. Gleichzeitig besteht bei Umsetzung dieser AD_StVO digital die gesetzliche Vermutung eines rechtskonformen Verhaltens mit der AD_StVO Text. Der Begriff AD_StVO bezieht sich in weiterer Folge sowohl auf die gesetzlich verankerte AD_StVO als Text als auch auf deren Umsetzung in eine AD_StVO digital.

2.3.5 Innovationsförderndes Zusammenspiel

Um althergebrachte Mythen, wie dass Recht der Technik hinterherhinkt, zu überwinden und ein innovationsförderndes Zusammenspiel zwischen Recht und Technik zu ermöglichen,³⁸ bedarf es der Einsicht, dass technische Innovationen die Schaffung neuer rechtlicher Zugänge (Rechtstechniken) bedingen. Während einerseits automatisierte Fahrsysteme durch Testfahrten und menschliche Entscheidungsträger lernen regelkonformes Fahrverhalten anzuwenden, muss andererseits auch die Rechtsordnung einen Rahmen für automatisierte Fahrsysteme schaffen, die nicht an für Menschen gedachte Kriterien anknüpfen. Schafft man die rechtliche Grundlage einer auf die Anforderungen automatisierten Fahrens eingehenden AD_StVO, ermöglicht man einerseits automatisierten Fahrsystemen regelkonformes Verhalten für ausgewählte Szenarien und kann andererseits auch den Rechtsrahmen kontinuierlich - abhängig vom technischen Fortschritt - anpassen und um zusätzliche Szenarien erweitern.

2.4 Allgemeiner Rechtsrahmen für die Digitalisierung behördlicher Anordnungen

2.4.1 Straßenverkehrszeichen als verwaltungsbehördliche Anordnungen im Straßenverkehr

Neben den gesetzlichen oder durch Verordnung festgelegten allgemeinen Verkehrsregeln kommt auch den konkreten, spezifischen Anordnungen von Behörden für Straßenverkehrsteilnehmerinnen eine besondere Bedeutung zu, die in der Regel durch Verkehrszeichen oder Bodenmarkierungen angezeigt werden.

Die Vollziehung straßenverkehrsrechtlicher Rechtsvorschriften und damit die Zuständigkeit für verwaltungsbehördliche Akte wie Verkehrszeichen beziehungsweise Signale liegt in Österreich und Deutschland überwiegend bei den Landesbehörden und in der Schweiz bei den Kantonen. Für hochrangige Straßen besteht jedoch eine Zuständigkeit des Bundes. So liegt die Zuständigkeit für die Verwaltung für Nationalstrassen in der Schweiz beim Bundesamt für Strassen (ASTRA) als Bundesbehörde, in Deutschland übernimmt "Die Autobahn GmbH des Bundes" die

³⁸ Siehe dazu grundlegend *Eisenberger*, Innovation im Recht 2016, 75 ff.

Bundesverwaltung für die Bundesautobahnen und auch in Österreich ist für Verordnungen betreffend Autobahnen der Verkehrsminister zuständige Bundesbehörde.

Darüber hinaus sind auch Zuständigkeiten der Gemeinden beziehungsweise die Möglichkeit der Übertragung von Zuständigkeiten an Gemeinden vorgesehen. Für das Aufstellen der Verkehrsschilder, die die angeordneten Verkehrsvorschriften zum Ausdruck bringen und veröffentlichen, variiert die Zuständigkeit abhängig von der für die Anordnung kompetenten Behörde. Üblicherweise liegt diese bei der zuständigen Organisationseinheit des Straßeneigentümers oder des Straßenbaulastträgers (Straßenmeisterei, Tiefbauamt etc.); in Deutschland kann aber etwa in bestimmten Fällen auch ein Baustellenbetreiber Verkehrsanordnungen erlassen und die entsprechenden Verkehrsschilder aufstellen.

Während ein Großteil der Vollzugskompetenz bei den Landesbehörden liegt, sind auch Kompetenzen der Gemeinden (Österreich, Schweiz) oder des Bundes vorgesehen. Zur vollständigen Erfassung verwaltungsbehördlicher Anordnungen im Straßenverkehr haben autonome Fahrzeuge daher Verwaltungsakte von Verwaltungsbehörden des Bundes, der Länder und der Gemeinden zu erfassen und zu befolgen. Sollte in einem ersten Schritt nur das hochrangige Straßennetz betroffen sein, so ist die Anzahl der zuständigen Behörden entsprechend verringert. Aufgrund der einheitlichen Zuständigkeit des Bundes für das höhere Straßennetz bietet sich bei einer schrittweisen Umsetzung des vorgeschlagenen Digitalisierungskonzeptes ein Beginn für Autobahnen an.

2.4.2 Digitale Veröffentlichung von Anordnungen

Während Verkehrszeichen beziehungsweise Signale in Deutschland und der Schweiz als Allgemeinverfügung anzusehen sind, haben diese in Österreich die Rechtsaktqualität einer Verordnung. Alle drei Rechtsordnungen bestimmen in ihren straßenverkehrsrechtlichen Regelwerken die verschiedenen Formen, die diese Zeichen beziehungsweise Signale annehmen dürfen. Dabei besteht auch die Möglichkeit der elektronischen Darstellung beziehungsweise Veröffentlichung mittels lichttechnischer Anlagen. Eine nicht-optische elektronische Veröffentlichung ist hingegen nicht vorgesehen. Die den Verkehrszeichen beziehungsweise Signalen zugrundeliegenden verkehrsrechtliche Anordnungen können in Deutschland und der Schweiz bereits teilweise rechtsverbindlich elektronisch veröffentlicht werden. Ein Absehen vom Aufstellen von Verkehrsschildern – etwa durch Veröffentlichung durch Anschlag an der Amtstafel (§ 44 Abs 3 StVO AT) oder Verlautbarung in Rundfunk und Fernsehen (§ 44 Abs 5 StVO AT; § 45 Abs 4 StVO DE) – sehen die österreichische und die deutsche Rechtsordnung zwar in bestimmten Fällen vor, diese stellen aber insgesamt die Ausnahme zur Regel dar. Für die Schweiz bestimmt Art 5 SVG, dass Beschränkungen und Anordnungen für den Motorfahrzeug- und Fahrradverkehr durch Signale oder Markierungen angezeigt werden müssen. Ausgenommen sind nur solche Beschränkungen und Anordnungen, die sich auf das ganze Gebiet der Schweiz gelten. Für eine digitale Veröffentlichung

regionaler Verkehrsanordnungen muss daher eine neue gesetzliche Grundlage geschaffen werden – auf Basis einer solchen ist sie sodann aber zulässig.

Damit verbunden bedarf es auch der gesetzlichen Verankerung neuer organisations- und verfahrensrechtlicher Rahmenbedingungen für Behörden und Einrichtungen, die in Zusammenhang mit der digitalen Veröffentlichung involviert werden sollen. Wie im AP3 (siehe unten) dargestellt, sind neue Prozesse und damit verbunden neue Zuständigkeiten gesetzlich festzulegen.

2.4.3 Veröffentlichung/Verbindlicherklärung

Der Begriff Veröffentlichung soll zum Ausdruck bringen, dass der Adressatenkreis einer Norm die Möglichkeit zur Kenntnisnahme bekommt. Die Adressatinnen des Rechts sind immer Menschen (siehe bereits oben). Auch eine digital veröffentlichte AD_StVO und digitalisierte verkehrsbehördliche Anordnungen begegnen zwar unter anderem spezifischen Problemstellungen in Zusammenhang mit dem Einsatz automatisierter Fahrzeuge, sie beziehen sich dabei aber weiterhin auf menschliche Adressatinnen. Die Form der Veröffentlichung – ob analog oder digital – führt nicht dazu, dass automatisierte Fahrsysteme bestimmte Vorschriften befolgen sollen. Es bedarf dafür vielmehr eines weiteren Zwischenschritts, der als "Verbindlicherklärung" bezeichnet werden kann. Zu diesem Zweck müssen Regelungen für automatisiertes Fahren Bestimmungen enthalten, die sich an die für den Einsatz/Betrieb des Fahrzeuges verantwortlichen Menschen (beziehungsweise Unternehmen) richten und diese verpflichten, dafür Sorge zu tragen, dass ein solches System sich in bestimmter (verkehrsrechtskonformer) Weise verhält. Aktuell verweisen nationale Bestimmungen in Österreich (AutomatFahrV), Deutschland (StVG) und auch die vorgeschlagene gesetzliche Regelung für die Schweiz (Botschaft) etwa auf die geltenden Verkehrsregeln. Zusätzlich zu einer digitalen Veröffentlichung gilt es daher auch, die digitalisierten Anordnungen für automatisierte Fahrsysteme in einem separaten Schritt gesetzlich für verbindlich zu erklären, in dem von den verantwortlichen Personen beziehungsweise Unternehmen verlangt wird, eine Konformität des Systems mit den digitalisierten Anordnungen herzustellen.

2.4.4 Kollisionsregeln

Bei der Digitalisierung von Anordnungen bestehen ebenso grundsätzliche rechtliche Herausforderungen, wobei durch das Zusammenspiel zwischen allgemeinen Verkehrsregeln und konkreten verkehrsrechtlichen Anordnungen rechtliche Problemstellungen entstehen. So kann es im Hinblick auf die digitale Veröffentlichung von verkehrsbehördlichen Anordnungen insbesondere zu Widersprüchen zwischen diesen Anordnungen mit den bestehenden analogen durch Verkehrsschilder ausgedrückten Anordnungen kommen.

Das Projekt geht davon aus, dass autonome Fahrsysteme sich zunächst im Mischverkehr mit von Menschen gesteuerten Fahrzeugen bewegen werden. Zudem wird auch bis zu einer potentiell denkbaren Vollausschüttung eines digitalisierten Anordnungssystems, bei dem digital kundgemachte Verkehrsanordnungen direkt vom Fahrsystem empfangen beziehungsweise im Fahrzeug für menschliche Fahrerinnen angezeigt werden, eine lange Übergangsphase bestehen, in der Verkehrsvorschriften weiterhin auch mittels Verkehrszeichen neben oder durch Bodenmarkierung auf der Straße angezeigt werden. Damit stellt sich die Frage, welche Verhaltensregeln befolgt werden sollen, wenn ein Widerspruch zwischen einer analog "auf der Straße" veröffentlichten Vorschrift zu einer digital veröffentlichten "im Fahrzeug" besteht. Dieser Widerspruch besteht etwa, wenn in einer konkreten Verkehrssituation nur einer dieser beiden Kanäle eine bestehende Vorschrift meldet (60 km/h Schild an der Straße, keine digitale Meldung) oder beide unterschiedliche Vorschriften melden (60 km/h Schild an der Straße, digitale 80 km/h Meldung). Für den Fall, dass die digital veröffentlichten Vorschriften den analog aufgestellten Verkehrsschildern beziehungsweise angebrachten Bodenmarkierungen widersprechen, müssen klare rechtliche Regeln festgelegt werden. Grundregeln zum Auflösen dieses Widerspruchs können dabei aufbauend auf dem obersten Prinzip des Verkehrsrechts, also der Verkehrssicherheit, für bestimmte typisierte Konfliktsituationen festgelegt werden (zum Beispiel im Zweifel das Einhalten der niedrigeren Geschwindigkeit).

Für geringfügige Abweichungen hinsichtlich des räumlichen Geltungsbereichs können zudem Spielräume vorgesehen werden, für die eine Abweichung unerheblich wäre (zum Beispiel ein gewisser longitudinaler Spielraum für Geschwindigkeitsbeschränkungen abhängig von der Verkehrssituation). In diesem Fall ist das Verhalten rechtskonform unabhängig davon, welcher der beiden Vorschriften (beziehungsweise ab wann) gefolgt wird.

Neben konkreten Kollisionsregeln muss bedacht werden, dass auch die bestehenden Regeln über das Anpassen des Fahrverhaltens bei gewissen Gefahrensituationen zu berücksichtigen sind. Beispielsweise ist die konkrete Fahrgeschwindigkeit, etwa an die Straßen-, Verkehrs- und Sichtverhältnisse und damit auch an vor langsamer fahrenden Verkehrsteilnehmerinnen anzupassen (zum Beispiel würde dem erwähnten 60 km/h Schild ohnedies Folge geleistet werden, unabhängig von einer Kollisionsregel über das Verhältnis zweier sich widersprechender Anordnungen, wenn die Verkehrssituation eine Maximalgeschwindigkeit von 50 km/h ermöglicht).

Aus der erwähnten Grundregel der gegenseitigen Rücksichtnahme (siehe oben) ergibt sich so oftmals zur Vermeidung der Gefährdung der Verkehrsteilnehmerinnen, die der analogen Regelung folgen, eine an diese angepasste Fahrweise. Schließlich bleibt auch immer die Option des Regelbruchs, etwa wenn eine Verkehrsteilnehmerin sich entscheidet, ein "vergessenes" Baustellenschild (etwa 80 km/h auf der Autobahn) nicht zu beachten. Der Themenkomplex Regelbruch und dessen Relevanz in Zusammenhang mit der Erstellung einer AD_STVO stellt kein neues oder spezifisch mit der digitalen Veröffentlichung verbundenes Thema dar, weil auch schon in der "rein analogen Welt" bei

Widerspruch zwischen dem Verkehrsschild und der Verkehrssituation derartige Fragestellungen bestehen (zur Problematik des Umgangs mit für den Menschen in gewissen Situationen gerechtfertigten oder gebotenen Regelbrüchen siehe bereits oben).

Jedenfalls ist das Thema der potenziellen Widersprüche oder Kollisionen zwischen Vorschriften in unterschiedlichen Veröffentlichungsformen bei der Ausarbeitung einer AD_StVO ebenso wie für die digitale Veröffentlichung behördlicher Anordnungen zu problematisieren und einer die Verkehrssicherheit gewährleistenden Lösung zuzuführen.

3 Aufgaben und Rollen (AP3)

3.1 Rechtliche Perspektiven

Für die zukünftige Umsetzung der Digitalisierungsprozesse (AD_StVO; digitale Anordnungen) bedarf es der Berücksichtigung von Aufgaben und Rollen, wobei zumindest teilweise neue Aufgaben und Rollen zu definieren und auch rechtlich zu etablieren sind.

3.1.1 Gesetzliche Verankerung der Digitalisierungsprozesse

Aufgaben und Rollen bei der Erlassung allgemeiner verkehrsrechtlicher Vorschriften ebenso wie bei konkreten Anordnungen sind durch das Recht (Gesetz / Verordnung) determiniert. Die Digitalisierung der verkehrsrechtlichen Vorgaben hat nicht nur organisatorische Auswirkungen, sondern bedarf auch der entsprechenden rechtlichen Verankerung. Einerseits bedarf die Etablierung einer AD_StVO der gesetzlichen Verankerung sowie der Konkretisierung auf Gesetz-, Verordnungs- oder technischer Ebene. Andererseits können bereits im Sinne bestehender verkehrsrechtlicher Vorschriften konkrete Anordnungen auf unterschiedliche Weise veröffentlicht werden; nichtsdestoweniger bedarf aber auch die Möglichkeit der Digitalisierung von verkehrsbehördlichen Anordnungen der Verankerung auf Gesetzesebene. Mit der gesetzlichen Verankerung der Digitalisierungsprozesse verbunden ist die Festlegung der konkreten Zuständigkeiten und Kompetenzen der adressierten Behörden unter Beachtung der verfassungsrechtlichen Kompetenzvorgaben im Bundesstaat. Überdies gilt es die rechtliche Verbindlichkeit der AD_StVO und der digitalisierten Anordnungen gesetzlich festzulegen.

Diese gesetzliche Verankerung von Digitalisierungsprozessen folgt den allgemeinen (länderspezifischen) Vorgangsweisen bei der Erlassung von Gesetzen. Eine spezifische Abweichung im konkreten Zusammenhang ergibt sich dabei nicht. Die Vorbereitung der gesetzlichen Anpassung erfolgt dabei durch die zuständigen Ministerien (Deutschland und Österreich) oder durch das zuständige Departement beziehungsweise die zuständige parlamentarische Kommission (Schweiz) jeweils unter Einbindung der relevanten Stakeholder. Soweit auf bestehende gesetzliche Verankerung zurückgegriffen werden kann oder nach Erlassung einer solchen entsteht potenziell auch ein Anpassungsbedarf auf Verordnungsebene (etwa: StVO in Deutschland). Auch auf Verordnungsebene kommt es bei Erlassung der allgemeinen Bestimmungen zu keiner Änderung der Zuständigkeiten, Aufgaben oder Rollen.

Die Veränderungen von Aufgaben und Rollen zeigen sich vielmehr bei der – aufgrund der sodann bestehenden gesetzlichen Möglichkeiten – Erlassung und Umsetzung einer AD_StVO sowie bei der Digitalisierung von Anordnungen.

3.1.2 Neue Strukturierung der Aufgaben

Die Normierung spezifischer verkehrsrechtlicher Regelungen, die für automatisierte Fahrsysteme konkretisierte beziehungsweise modifizierte Anforderungen enthalten und die die Hersteller derartiger Fahrsysteme beziehungsweise Serviceprovider binden (zu dieser "AD_StVO" siehe bereits oben), folgt einem eigenständigen Prozess. Je nach der landesspezifischen Ausgangssituation kommt es zu einer Verankerung dieser Regelungen auf der relevanten rechtlichen Ebene, wobei sich insbesondere eine Verankerung auf Verordnungsebene empfiehlt, um größere Flexibilität zu schaffen. Da die AD_StVO eine inhaltliche Adaption der allgemeinen verkehrsrechtlichen Vorschriften aus dem Gesichtspunkt der technischen Übertragbarkeit in automatisierte Fahrsysteme darstellt, bedarf es für die Erlassung der entsprechenden Vorschriften, nicht nur des rechtlichen Wissens, sondern auch des technischen Sachverstandes und der Einbindung der OEM / Tier 1, um eine umsetzbare Ausformulierung der verkehrsrechtlichen Inhalte zu erzielen. Im Gegensatz zur Erlassung und Umsetzung der AD_StVO zeigen sich bei der Digitalisierung von verkehrsrechtlichen Anordnungen weitreichendere Veränderung des relevanten Prozesses. Während die Umstrukturierung dieses Prozesses Gegenstand des Folgekapitels ist, gilt es an dieser Stelle zunächst die damit verbundenen Aufgaben und möglichen Rollen zu definieren.

- Harmonisierung AD_StVO. Dieser Schritt liegt im Verantwortungsbereich des Kollektivs der Länder und ist als Chance, aber nicht als Verpflichtung zu einer länderübergreifenden Vereinfachung zu werten und ist als laufender Prozess zu verstehen. Dieser Versuch der Harmonisierung soll dazu beitragen, dass Länderspezifika nach Möglichkeit auf ein Minimum reduziert werden.
- Manöverdefinition. Dabei geht es vor allem um den laufenden multinationalen Abstimmungsprozess zwischen öffentlicher Verwaltung und OEM mit dem Ziel einer weitgehenden Vereinheitlichung der Beschreibung einzelner Manöver. Die Manöverdefinition stellt das zentrale Bindeglied zwischen Recht und Technik dar – je besser diese Definitionen auf einander abgestimmt beziehungsweise vereinheitlicht sind, desto leichter die Umsetzung und höher die Akzeptanz auf Seiten der OEM.
- Technische Schnittstellenstandardisierung. Die möglichen Übertragungskanäle, -protokolle und -formate (vor allem in Hinblick auf Domain Specific Language und I2v_regulations_layer)³⁹ bedürfen multinationaler Abstimmung und Standardisierung. Einzubinden in diesen laufenden Prozess sind jedenfalls das Kollektiv der Länder auf der einen Seite und das Kollektiv der OEM auf der anderen Seite.

³⁹ Auf die Begriffe "Domain Specific Language" und "I2v_regulations_layer" wird in Kapitel 6 näher eingegangen.

- Umsetzung AD_StVO. Die Umsetzung der AD_StVO in einer DSL als weitergehende Voraussetzung stellt eine Aufgabe dar, die von staatlicher Seite zu gewährleisten und insoweit in Auftrag zu geben ist. Es ist nicht davon auszugehen, dass von staatlicher Seite die Umsetzung der AD_StVO selbst erfolgen wird, aber dass das Ergebnis einer in dieser DSL technisch ausformulierten Vorgabe den OEM / Tier 1 zur Verfügung gestellt wird. Diese sind sodann gesetzlich verpflichtet die AD_StVO in die automatisierten Fahrsysteme zu integrieren, wobei sich die gesetzliche Verpflichtung aus der gesetzlichen Verbindlicherklärung der Digitalisierungsprozesse (siehe oben) ergibt.
- Entwicklung, Wartung und laufende Anpassungen der relevanten IT-Systeme der öffentlichen Verwaltung (betrifft jedenfalls Anordnungsmanagement, physische Veröffentlichung, digitale Veröffentlichung, Qualitätssicherung und gegebenenfalls die Übertragung ins Fahrzeug);
- Nationale Vereinheitlichung der Prozesse der öffentlichen Verwaltung inklusive laufender Nachjustierungen und Anpassungen an veränderte Rahmenbedingungen. In Hinblick auf die Vereinfachung der Zuständigkeitsbereiche von Behörden und Baulastträgern wäre die Digitalisierung zum Anlass zu nehmen, um "verschränkte" Zuständigkeiten zu vermeiden und Zuständigkeiten von der kommunalen in eine regionale Ebene zu heben. Da diesbezüglich allerdings die kompetenzrechtlichen Rahmenbedingungen zu berücksichtigen sind, ist ein diesbezüglicher Änderungsprozess mit langfristigen Vorbereitungen und Abstimmungen der betroffenen Gebietskörperschaften und Behörden abzustimmen.
- Anordnungsmanagement. Dies wird bisher schon seitens der Behörden wahrgenommen, wird mit lex2vehicle allerdings durchgängig digitalisiert.
- Physische Veröffentlichung. Diese liegt auch weiterhin hauptsächlich bei den Baulastträgern und wird mit lex2vehicle ebenfalls durchgängig digitalisiert.
- Digitale Veröffentlichung. Diese neue Aufgabe wird jedenfalls im Verantwortungsbereich der öffentlichen Verwaltung anzusiedeln sein, da es sich um die zentrale Publikation rechtsverbindlicher Informationen handelt. Ob hier auf bestehende Organisationseinheiten zurückgegriffen werden kann oder neue Einheiten zu schaffen sind, wird länderspezifisch zu beantworten sein. Auch wäre das Heranziehen eines verlässlichen Drittleisters denkbar.
- Qualitätssicherung Anordnungen. Dafür Sorge zu tragen, dass Anordnung, physische und digitale Veröffentlichung konvergieren, ist eine in dieser Form neue Aufgabe und bei der Behörde anzusiedeln.
- Übertragung ins Fahrzeug. Spezielles Augenmerk ist auf die größtmögliche Verlässlichkeit der Übertragung zu legen, sodass die Übertragung der rechtsverbindlichen Information im Fahrzeug auch als rechtssicher vorausgesetzt werden kann. Wer für diese Übertragung die

Verantwortung zu übernehmen hat, ist aus derzeitiger Sicht noch vollständig offen. Dies kann die öffentliche Hand genauso sein, wie die einzelnen OEM oder aber Dritte, die diese Dienstleistung als Service-Provider für öffentliche Verwaltung und OEM übernehmen. Die hier zu treffende Entscheidung betrifft nicht nur das Thema Anordnungen, sondern die Übertragung sämtlicher verkehrsrechtlicher Vorschriften.

- Verarbeitung im Fahrzeug. Diese Aufgabe ist eindeutig und ausschließlich bei der Industrie (OEM / Tier 1) verortet.
- Prüfprozess des Fahrzeugtyps. Die Aufgabe des Prüfprozesses liegt sowohl bei der Prüforganisation als auch beim Gesetzgeber. Der Gesetzgeber bietet hierbei die Grundlage, damit die Prüforganisation einen Prozess durchführen kann, der die Zulassung eines Fahrzeugs bedeutet. Initial wird der Prüfprozess durch den OEM gestartet. Die Verantwortung der vollständigen Durchführung dieses Prozesses liegt bei der Prüforganisation, diese muss eine ganzheitliche Prüfung garantieren. Auch bei Einzelzulassungen (Zulassung nur eines Fahrzeuges) liegt die Verantwortung bei der Prüforganisation.

Diese Aufzählung neuer sowie der Erweiterung bestehender Aufgaben mag auf den ersten Blick sehr umfassend wirken, ist jedoch für eine erfolgreiche Digitalisierung der verkehrsrechtlichen Vorschriften bis hin zur Verarbeitung dieser rechtsverbindlichen Informationen im Fahrzeug unerlässlich. Die Tatsache, dass das Verkehrsrecht zwar nationales Recht ist, die OEM jedoch ausschließlich international agieren, macht ein hohes Maß an multinationaler Abstimmung erforderlich. Dabei handelt es sich nicht nur um initiale Abstimmungen, sondern um Abstimmungsprozesse, die auch entsprechend zu institutionalisieren sind.

4 Strukturierung (AP4)

Der Kommunikation von Verkehrsrecht von Gesetzgebern und Behörden bis hinein in die Fahrzeuge liegt die Herausforderung zugrunde, dass Sprache und Denkmodelle von Juristinnen zu Sprache und Denkmodellen von Technikerinnen zumindest auf den ersten Blick hin nicht kompatibel sind. Dies ist wohl auch der Grund, weshalb trotz allseits großer Investitionen in Vorbereitung und Entwicklung des automatisierten Fahrens das Thema Verkehrsrecht ins Fahrzeug zu bringen sichtlich ausgespart wurde. lex2vehicle hat sich diesem Thema von beiden Seiten angenähert und auf diese Weise den gemeinsamen Nenner identifiziert, der eine friktionsfreie Kommunikation in Zukunft ermöglichen kann.



Abbildung 4: Unterschiedliche Betrachtungsweisen im Zuge der Kommunikation von Straßenverkehrsrecht

Dieser gemeinsame Nenner umfasst Strukturelemente und deren Definition, die von beiden Seiten akzeptiert werden können. Das bedeutet, dass auf der einen Seite Gesetzgeber und Behörden in der Lage sind, ihren Willen (Gesetze, Anordnungen etc.) unter Zuhilfenahme dieser Strukturelemente zu formulieren ("Codierung") und auf der anderen Seite die Fahrzeugindustrie die derart strukturierte Information zu übernehmen sowie zu interpretieren vermag ("Decodierung"). Um diese Herausforderung besser nachvollziehen zu können, ist zu beachten, dass Gesetzgeber und Behörden im Rahmen der Codierung immer den Blick "von oben" auf das Geschehen haben (also immer mit Blick auf das gesamte Straßennetz, auf sämtliche Verkehrsteilnehmerinnen beziehungsweise auf die Vielfalt möglicher Situationen), während im Rahmen der Decodierung immer die individuelle

Sichtweise von Bedeutung ist (mein konkreter Standort, mein konkretes Fahrzeug, meine konkrete Situation).

4.1 Elemente der Strukturierung

4.1.1 Manöver als zentrales Bindeglied

Fahrmanöver stellen das zentrale Bindeglied zwischen Recht und Technik dar. Aufgrund dieser immensen Bedeutung ist es erforderlich, den Begriff des Manövers einer möglichst klaren Definition zu unterziehen:

"Ein Manöver ist die Abstraktion des Verhaltens eines Verkehrsteilnehmers zwischen zwei stationären Zuständen, Szenen oder Beziehungen. Je nach Abstraktionsgrad kann zwischen atomaren Manövern, Basismanövern oder Kompositionsmanövern unterschieden werden."⁴⁰

Näher betrachtet bedeutet diese Kategorisierung:

- Atomare Manöver weisen eine geringe Komplexität auf und versuchen das Fahrverhalten möglichst exakt zu beschreiben. (Lenkwinkel, Bremspedal, Gaspedal, ...)
- Basismanöver gelten als Grundeinheiten zur Längs- und Quer-Steuerung in konkreten Anwendungsfällen. (Straßenzug folgen, Zielgeschwindigkeit halten, ...)
- Kompositionsmanöver sind äußerst komplex und können sich aus verschiedenen Basismanövern zusammensetzen. Auch Interaktionen zwischen Verkehrsteilnehmerinnen können mittels Kompositionsmanövern abgebildet werden. (Überholen, Folgen, Annähern, ...)

Während atomare Manöver eindeutig und ausschließlich im Verantwortungsbereich des Fahrzeugherstellers liegen, werden Basismanöver und Kompositionsmanöver vom Straßenverkehrsrecht geregelt und sind von menschlichen Verkehrsteilnehmerinnen und eben auch von automatisierten Fahrzeugen dementsprechend umzusetzen.

Zwecks Veranschaulichung könnte für ein Szenario Highway Chauffeur eine Manöverliste wie folgt aussehen:

⁴⁰ Pfeffer, Szenariobasierte simulationsgestützte funktionale Absicherung hochautomatisierter Fahrfunktionen durch Nutzung von Realdaten (2020).

Basismanöver

- Vorwärtsfahren (geradeaus fahren)
- Anhalten, Verzögern (Geschwindigkeit verringern)
- Anfahren (Geschwindigkeit erhöhen)
- Spur wechseln rechts (Fahrstreifenwechsel rechts)
- Spur wechseln links (Fahrstreifenwechsel links)
- Rechtszufahren (an rechtem Rand anhalten)
- Linkszufahren (an linkem Rand anhalten)

Kompositionsmanöver

- Einordnen auf Autobahn
- Sich an einen vor dem Fahrzeug befindenden Gegenstand annähern
- Rechts überholen
- Links überholen
- Überholt werden
- Ausweichen (links/rechts an einem Gegenstand vorbeifahren)
- Nebeneinanderfahren
- Vorbeifahren
- Rettungsgasse bilden
- Hintereinanderfahren (einem Fahrzeug folgen)

Es ist unmöglich beziehungsweise nicht zielführend eine abschließende Liste von Manövern im Vorfeld erstellen zu wollen, genauso wie es unrealistisch ist, eine umfassende Liste an Beziehungen (Abhängigkeiten, Gleichzeitigkeit etc.) zwischen Basis- und Kompositionsmanövern vorab zu definieren. Zu unterschiedlich sind nationale Gesetzgebungen auf der einen Seite und Umsetzungsvorgaben seitens der Fahrzeughersteller auf der anderen Seite. Umgekehrt ist eine gemeinsame Manöverdefinition von nationalen Gesetzgebern und Fahrzeugherstellern unerlässlich.

Insofern sind Gesetzgeber und Fahrzeughersteller in Zukunft gefordert, innerhalb eines klar definierten Prozesses ein gemeinsames Verständnis für einzelne Manöver aufzubauen und dies entsprechend zu dokumentieren. Ziel muss es sein, dass im Rahmen dieses Prozesses Manöver nach Möglichkeit länderübergreifend vereinheitlicht werden, wobei länderspezifische Manöverdefinitionen genauso möglich sein müssen.

Ein derart flexibler Ansatz ermöglicht es, dass sowohl auf Seiten der Länder als auch auf Seiten der Fahrzeughersteller unterschiedliche Geschwindigkeiten hinsichtlich der Bereitschaft für beziehungsweise der Entwicklung von automatisierten Fahrfunktionen zulässig sind. Ein derart evolutionärer Ansatz in diesem zentralen Bereich ist jedenfalls als Schlüssel zum Erfolg zu werten, da

er offen für den aus heutiger Sicht nicht absehbaren unterschiedlichen Fortschritt der weiteren Entwicklungen im Bereich der Automatisierung ist.

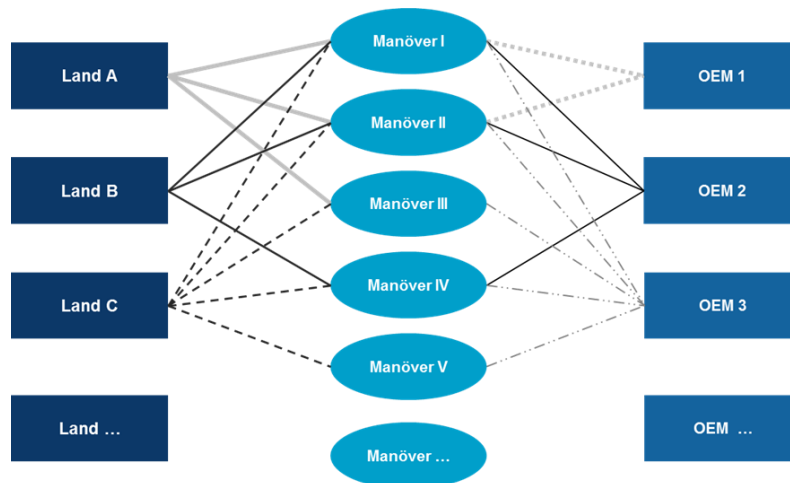


Abbildung 5: Gemeinsame Manöverdefinition als Bindeglied zwischen Ländern und Fahrzeugherstellern

4.1.2 Maßnahmen als Element zur Verortung verkehrlicher Anordnungen

Verkehrsrechtliche Anordnungen werden aktuell primär mit Hilfe von Verkehrszeichen und Bodenmarkierungen veröffentlicht. Verkehrszeichen und Bodenmarkierungen sind nicht nur unmittelbarer Bestandteil der Anordnung, sondern auch Mittel zur Kommunikation des in der Anordnung formulierten behördlichen Willens. Es werden also nicht das Tempo-70-Anfang-Schild an Punkt A und das Tempo-70-Ende-Schild an Punkt B angeordnet, sondern eine Tempo-70-Beschränkung von Punkt A bis Punkt B. Dies bezeichnet man als Maßnahmen. Jegliche Maßnahmen haben semantische, zeitliche und räumliche Komponenten.

Maßnahmen sind beispielsweise Geschwindigkeitsbeschränkungen, Ortsgebiete⁴¹, aber genauso auch Parkverbote oder Stopps an Kreuzungen. Die mit Maßnahmen verbundene Semantik (Bestimmungen, Handlungsanweisungen) ist im jeweiligen Gesetz festgelegt. Zusätzlich können einzelne Maßnahmen je nach Erfordernis im Sinne von Zusatzschildern individuell erweitert oder auch beschränkt werden.

Die Verortung von Maßnahmen folgt ebenfalls klaren Regeln. In einer ersten Annäherung unterscheidet man hier zwischen zonalen Maßnahmen (Geschwindigkeitszonen, Ortsgebiete, ...),

⁴¹ Der Begriff "Ortsgebiet" bezeichnet in Österreich gem § 2 Abs 2 Z 15 StVO AT das Straßennetz innerhalb einer Ortschaft zwischen den entsprechenden Ortstafeln.

linearen Maßnahmen (Überholverbote, streckenweise Geschwindigkeitsbeschränkungen, ...) und – in der Regel im Kreuzungsbereich – punktuellen Maßnahmen (Abbiegeverbote, Stopps, ...). Zusätzlich können lineare und punktuelle Maßnahmen auf den gesamten Straßenquerschnitt, auf eine Fahrtrichtung, aber auch auf einzelne Fahrstreifen bezogen sein.

An einer Stelle im Straßennetz können mehrere Maßnahmen gleichzeitig wirken. Dabei können die unterschiedlichen Maßnahmen unabhängig voneinander unterschiedliche Manöver adressieren, wie beispielsweise bei der Kombination der Maßnahme "Geschwindigkeitsbeschränkung" mit der Maßnahme "Überholverbot", oder aber die Maßnahmen adressieren dasselbe Manöver und stehen dafür in einer in der Regel hierarchischen Beziehung zueinander. Dies führt dazu, dass eine gemeinsame Interpretation der Maßnahmen erforderlich ist, um deren Wirkung abzuleiten, wie beispielsweise die Ableitung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit bei der Kombination der Maßnahmen "Ortsgebiet" und "Geschwindigkeitsbeschränkung". In diesem Fall überlagert die Geschwindigkeitsbeschränkung das Ortsgebiet, was konkret bedeutet, dass die Höchstgeschwindigkeit für das Ortsgebiet bei Vorliegen einer Maßnahme "Geschwindigkeitsbeschränkung" ausgesetzt ist.

In diesem Konstrukt fehlen noch die allgemeinen Fahrregeln, die gesetzlich festgeschrieben sind und flächendeckend gelten. Auch hier gibt es Bestimmungen die generell gelten (wie beispielsweise ein Rechtsfahrgebot), genauso wie Bestimmungen, die von Maßnahmen überlagert werden können. Anschauliches Beispiel hierfür ist wiederum die Höchstgeschwindigkeit: so gilt beispielsweise in Österreich Tempo 100. Im Bereich der Maßnahme "Ortsgebiet" wird diese mit Tempo 50, im Bereich von Autobahnen mit Tempo 130 überlagert. Die Maßnahme "Geschwindigkeitsbeschränkung" überlagert dann wiederum das Tempo 100 (Freiland), oder eben das Ortsgebiet oder die Autobahn.

Um das Konzept der Maßnahmen und deren Beziehungen auch für die allgemeinen Fahrregeln anwenden zu können, ist es dahingehend zu erweitern, dass es eine (fiktive) Basismaßnahme namens "Bundesgebiet" gibt, deren Bestimmungen nicht wie bei allen übrigen Maßnahmen in Form einer Anordnung, sondern als allgemeine Verkehrsregel vorliegen. Damit wird auch anschaulich, wie dieses Konzept ein länderübergreifendes Funktionieren sicherstellt. Mit den Basismaßnahmen ist über Länder hinweg betrachtet ein flächendeckendes Vorliegen von Fahrregeln gegeben. Darauf aufbauend sind in jedem Land weitere (landesspezifische) Maßnahmen festgelegt. Eine Verkehrsteilnehmerin oder ein automatisiertes Fahrzeug, das dieses Konzept verinnerlicht hat, ist somit in der Lage sich auch im grenzüberschreitenden Verkehr gesetzeskonform zu verhalten.

4.2 Strukturierung der StVO

4.2.1 Begriffsbestimmungen

Das Ziel möglichst klarer gesetzlicher Vorgaben ist untrennbar mit der Klarheit der verwendeten Begriffe verbunden. Denn lassen die Begriffe einen Interpretationsspielraum zu, dann vergrößert das den Interpretationsspielraum jener Bestimmungen, denen diese Begriffe zugrunde liegen.

Diese von Technikerinnen herbeigesehnte Eindeutigkeit ist in der Praxis der verkehrsrechtlichen Vorschriften nicht gegeben: Begriffsbestimmungen, die an Eindeutigkeit zu wünschen übriglassen, Begriffe, denen keine explizite Definition zugrunde liegt, sondern deren Definition implizit aus der Verwendung dieser Begriffe abzuleiten ist, bis hin zu Begriffen, die aus anderen Gesetzen übernommen werden, ohne die Bedeutung für deren konkrete Anwendung zu präzisieren.

Nachstehende Skizze stellt beispielsweise den Versuch dar, anhand der Begriffsbestimmungen der österreichischen StVO jene Begriffe, welche die Einteilung des Straßenraumes beschreiben, in Relation zueinander zu setzen. Eine derartige Klarheit, wie in der Skizze dargestellt, wäre wünschenswert aus den Begriffsbestimmungen direkt ableiten zu können, ist jedoch keineswegs gegeben.

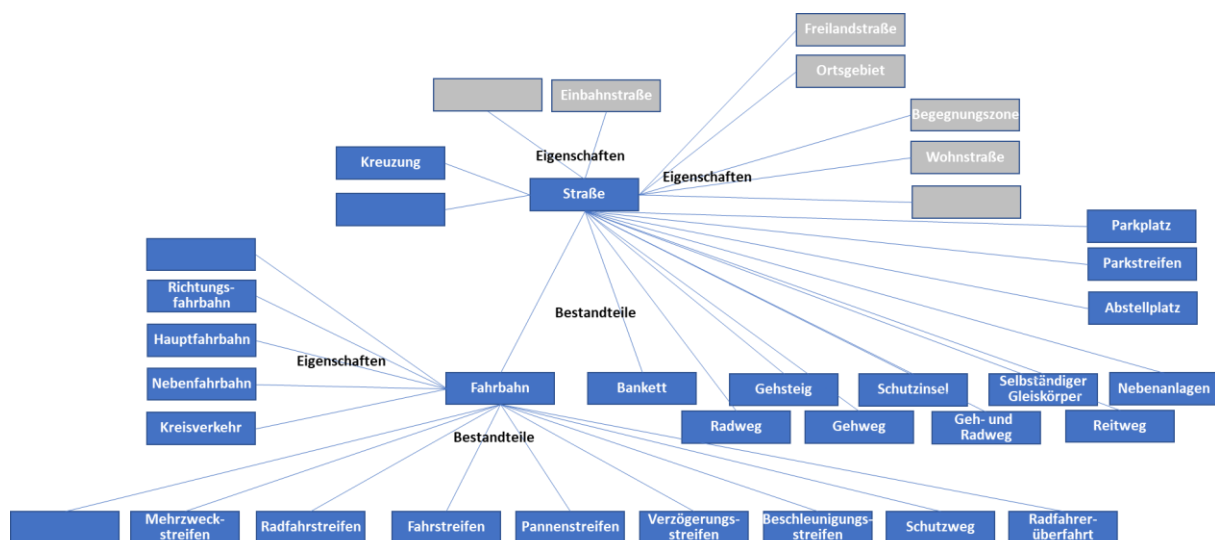


Abbildung 6: Versuch der Ableitung von Relationen zwischen Begriffen der österreichischen StVO

Um das Ziel der Digitalisierung der verkehrsrechtlichen Vorschriften zu erreichen, sind auch die verwendeten Grundbegriffe klar zu definieren. Für den Fall, dass eine allgemeine Definition unzulänglich oder gar unmöglich ist, hat zusätzlich eine Verortung des Begriffs in der digitalen Karte zu erfolgen.

Als anschauliche Beispiele seien hier die Begriffe "Fahrbahn" und "Kreuzung" genannt. Die Fahrbahn versteht sich gemäß §2(1) StVO AT als "der für den Fahrzeugverkehr bestimmte Teil der Straße". Sofern die Fahrbahn von den übrigen Elementen der Straße baulich klar getrennt (Gehsteigkante, Bankett, ...) ist, ist alles klar. Problematisch wird es dann, wenn diese bauliche Trennung nicht gegeben und der Fahrbahnrand auch anderwärtig nicht erkennbar ist. Im Falle des Falles entscheidet dann am Ende – also im Nachhinein – ein Gericht. Automatisierte Fahrzeuge müssen um sich korrekt verhalten zu können bereits im Vorhinein wissen, wo sich der Fahrbahnrand befindet. Aus diesem Grund ist der "für den Fahrzeugverkehr bestimmte Teil der Straße" auch entsprechend zu bestimmen. Dies erfolgt am besten auf Basis der digitalen Karte.

Ähnlich verhält es sich bei der Kreuzung, die ebenfalls gemäß §2(1) StVO AT als "eine Stelle, auf der eine Straße eine andere überschneidet oder in sie einmündet, gleichgültig in welchem Winkel" definiert ist. Unzählige Gerichtsurteile befassen sich mit der Frage, ob im jeweils konkreten Fall ein Fahrzeug bereits in den Kreuzungsbereich eingefahren ist, im Kreuzungsbereich war oder diesen bereits verlassen hat. Auch hier gilt: wenn das für menschliche Verkehrsteilnehmerinnen nicht immer klar ersichtlich ist, wird das für automatisierte Fahrzeuge nicht anders sein. Und ein automatisiertes Fahrzeug muss verlässlich wissen, ob es sich in einer Kreuzung befindet oder nicht, um sein Verhalten dann entsprechend automatisiert steuern zu können. Aus diesem Grund sind auch Kreuzungen auf Basis der Grundkarte "amtlich" zu verorten. Dies ist jedenfalls mit Aufwand verbunden, ist aber Grundlage dafür, dass auch automatisierte Fahrzeuge klaren Regeln folgen.

4.2.2 Bestimmungsmatrizen und Maßnahmen-Hierarchie

Ein erster Schritt im Zuge der Strukturierung ist das Szenario "Tabula rasa" – eine Welt ohne Verkehrszeichen und Bodenmarkierungen. Auch in einer solchen Welt gibt es klare Vorschriften, die in den allgemeinen Verkehrsregeln festgehalten sind: beginnend mit dem Rechtsfahrgebot, der angepassten Geschwindigkeit, dem Rechtsvorrang bis hin zu Regelungen für das Überholen oder das Parken.

Dem zuvor beschriebenen Manöver-Ansatz folgend werden nun alle Bestimmungen, die nicht mit Maßnahmen in Verbindung stehen, extrahiert und Manövern zugeordnet. Bestimmungen, die keinem Manöver explizit zuzuordnen sind (wie zum Beispiel das Rechtsfahrgebot oder die angepasste Geschwindigkeit), werden als manöver-übergreifend bezeichnet.

Zusammenfassende Darstellung der Projektergebnisse

Innerhalb eines jeden Manövers werden die einzelnen Bestimmungen weiters den nachstehenden fünf Fahraspekten zugeordnet:

- Erlaubnis
- Fahrlinie (inklusive Seitenabstand)
- Geschwindigkeit (inklusive Längsabstand)
- Vorrang und Nachrang (gegenüber anderen Verkehrsteilnehmerinnen)
- Kommunikation und Warnsignale

Auf diese Weise entsteht eine Bestimmungsmatrix für das Szenario "Tabula rasa", aus der für jedes Manöver und jeden Fahraspekt die zu beachtenden Bestimmungen abzulesen sind.

	Erlaubnis	Fahrlinie inkl. Seitenabstand	Geschwindigkeit inkl. Längsabstand	Vorrang und Nachrang gegenüber anderen Verkehrsteilnehmern	Kommunikation / Warnsignale
Manöver- übergreifend	§60 (1) Ein Fahrzeug darf auf Straßen nur verwendet werden, wenn es so gebaut und ausgerüstet ist, daß durch seinen außergewöhnlichen Betrieb Personen nicht gefährdet oder durch Gerusch, Geräusch, Staub, Schmutz u. dgl. nicht über das gewöhnliche Maß hinaus belästigt oder Sachen, insbesondere die Fahrbahn, nicht beschädigt werden.	§7 (1) Der Lenker eines Fahrzeuges hat, sofern sich aus diesem Bundesgesetz nichts anderes ergibt, so weit möglich zu fahren, wie ihm dies unter Berücksichtigung der Leichtigkeit und Beherrschbarkeit des Verkehrs zumutbar und dies ohne Gefährdung, Behinderung oder Belästigung anderer Straßenbenutzer, ohne eigene Gefährdung und ohne Beschädigung von Sachen möglich ist. Gleise von Schienenfahrzeugen, die an beiden Rändern der Fahrbahn liegen, dürfen jedoch nicht in der Längsrichtung befahren werden, wenn der übrige Teil der Fahrbahn genügend Platz bietet. §27 (2) Alle Straßenbenutzer haben unbeschadet der Bestimmungen des § 26 Abs. 3 über das Verhalten gegenüber Einsatzfahrzeugen den Fahrzeugen des Straßenverkehrs, wenn sie sich auf einer Arbeitsfahrt befinden, insofern Platz zu machen, als dies zur Erreichung des Zweckes der jeweiligen Arbeitsfahrt notwendig ist. Entgegenkommenden Fahrzeugen des Straßenverkehrs, die auf einer Arbeitsfahrt die linke Fahrbahnseite benutzen, ist links auszuweichen.	§20 (1) Der Lenker eines Fahrzeuges hat die Fahrgeschwindigkeit den gegebenen oder durch Straßenverkehrsregeln angeordneten, insbesondere den Straßen-, Verkehrs- und Sichtverhältnissen, sowie den Eigenschaften von Fahrzeug und Ladung anzupassen. Er darf auch nicht so schnell fahren, daß er andere Straßenbenutzer oder an der Straße gelegene Sachen beschmutzt oder Verletzt, wenn dies vermeidbar ist. Er darf auch nicht ohne zureichenden Grund so langsam fahren, daß er den übrigen Verkehr behindert. §18 (1) Der Lenker eines Fahrzeuges hat stets einen solchen Abstand von nach vorne vor ihm fahrenden Fahrzeugen einzubehalten, daß ihm jederzeit das rechtzeitige Anhalten möglich ist, auch wenn das vordere Fahrzeug plötzlich abgebremsst wird.	§19 (1) Fahrzeuge, die von rechts kommen, haben, sofern die folgenden Absätze nichts anderes bestimmen, den Vorrang. Schienenfahrzeuge jedoch auch dann, wenn sie von links kommen. §19 (2) Fahrzeuge, die ihre Fahrschrichtung beibehalten oder nach rechts einbiegen, haben, sofern sich aus Abs. 4 nichts anderes ergibt, den Vorrang gegenüber entgegenkommenden, nach links einbiegenden Fahrzeugen; Fahrzeuge, die ihre Fahrschrichtung beibehalten, haben den Vorrang auch gegenüber aus derselben Richtung kommenden, nach rechts einbiegenden Fahrzeugen. §19 (3) Wer keinen Vorrang hat (der Wartepflichtige), darf durch Kreuzen, Einbiegen oder Einordnen die Lenker von Fahrzeugen mit Vorrang (die Vorrangsberechtigten) weder zu unvermitteltem Bremsen noch zum Abbremsen ihrer Fahrzeuge zwingen. §8 (8) Der Lenker eines Fahrzeuges darf auf seinen Vorrang verzichten, wobei ein solches Verzicht dem Wartepflichtigen deutlich erkennbar zu machen ist. Das Zum Stillstand Bringen eines Fahrzeuges, ausgenommen eines Schienenfahrzeuges in Notausfällen, aus welchem Grund immer, insbesondere auch in Befolgung eines gesetzlichen Gebotes, gilt als Verzicht auf den Vorrang. Der Wartepflichtige darf nicht annehmen, daß ein Vorrangsberechtigter auf seinen Vorrang verzichtet wurde, und er darf insbesondere auch nicht annehmen, daß bei Vorrangverzicht eines Vorrangsberechtigten ein anderer Vorrangsberechtigter gleichfalls auf seinen Vorrang verzichtet wurde, es sei denn, dem Wartepflichtigen ist der Vorrangverzicht von Vorrangsberechtigten zweifelsfrei erkennbar.	§22 (1) Wenn es die Verkehrssicherheit erfordert, hat der Lenker eines Fahrzeuges andere Straßenbenutzer mit der zum Abgeben von akustischen Warnzeichen bestimmten Vorrichtung durch deutliche Schallzeichen, sofern solche Vorrichtungen nicht vorhanden oder gestört sind, durch deutliche Zurufe zu warnen. Der Lenker darf auch durch Blinkzeichen warnen, wenn sie ausreichen und nicht blenden. (2) Die Abgabe von Schallzeichen (Abs. 1) ist unbeschadet der Bestimmungen über das Hupeverbot (§ 43 Abs. 2) verboten, wenn es die Sicherheit des Verkehrs nicht erfordert. Schallzeichen dürfen insbesondere vor Kirchen und gekennzeichneten Schulen und Krankenhäusern sowie zur Nachtzeit nicht länger als unbedingt nötig gegeben werden. §60 (3) Während der Dämmerung, bei Dunkelheit oder Nebel oder wenn es die Witterung sonst erfordert, sind Fahrzeuge auf der Fahrbahn zu beleuchten; ausgenommen hiervon sind Fahrräder, die geschoben werden. Weißes Licht darf nicht nach hinten und rotes Licht nicht nach vorne leuchten. Eine Beleuchtung des Fahrzeuges darf unterbleiben, wenn es stillsteht und die sonstige Beleuchtung ausreicht, um es aus einer Entfernung von ungefähr 50 m zu erkennen. (4) Wenn es die Verkehrssicherheit erfordert
Vorwärtsfahren (Bremsen, Beschleunigen, Geschw. halten, Spur halten)	§ 9 (1) Nebenfahrbahnen sind zum Ziehen oder Schieben von Handwagen, Handkarren oder Handschritten sowie zum Schieben von einspurigen Fahrzeugen zu benutzen. Radfahrer dürfen in Nebenfahrbahnen auch fahren, wenn kein Radfahrstreifen, Radweg oder Geh- und Radweg vorhanden ist. Sont. dürfen Nebenfahrbahnen, sofern sich aus Straßenverkehrsregeln oder Bodenmarkierungen nichts anderes ergibt, nur zum Zu- oder Abfahren benutzt werden. Nebenfahrbahnen dürfen nur in der dem zunächst geringeren Fahrstreife der Hauptfahrbahn entsprechenden Fahrschrichtung befahren werden, sofern sich aus Straßenverkehrsregeln nichts anderes ergibt. §8 (4) Die Benutzung von Gehwegen, Gehwegen und Schutzstreifen mit Fahrzeugen aller Art und die Benutzung von Radfahrstreifen mit Fahrzeugen, die keine Fahrräder sind, insbesondere mit Motorfahrzeugen, ist verboten. Dieses Verbot gilt nicht 1. für Arbeitsfahrten mit Fahrzeugen oder Arbeitsmaschinen, die nicht mehr als 3.500 kg Gesamtgewicht haben und für die Schwenkung, die Steuerung, die Rangierung oder Pflege verwendet werden. §8 (5) Die Lenker von anderen als Schienenfahrzeugen dürfen selbständige Gleiskörper nicht in der Längsrichtung befahren und dürfen sie nur an den dazu bestimmten Stellen überqueren. Von diesem Verbot sind Fahrzeuge des Verkehrsmittelverkehrs, das den Verkehr mit den Schienenfahrzeugen betreibt, oder in dessen Auftrag fahrende Fahrzeuge und Fahrzeuge des Straßenverkehrs	§8 (2) (1) Umgi eine Schutzinsel oder ein Parkplatz in der Mitte einer Straße, so ist rechts davon vorbeizufahren. Befindet sich eine solche Anlage in einer Einbahnstraße oder Fahrbahnmitte, so darf sowohl rechts als auch links von ihr vorbeigefahren werden, sofern sich aus Straßenverkehrsregeln oder Bodenmarkierungen nichts anderes ergibt. §8 (3) (1) Umgi im Zuge einer Straße ein Platz, so darf die Fahrt in der gesamten Verlängerung der Straße fortgesetzt werden, sofern sich aus Straßenverkehrsregeln oder Bodenmarkierungen nichts anderes ergibt. §12 (1) (1) Beabsichtigt der Lenker eines Fahrzeuges geradeaus zu fahren, so darf er hierzu jeden Fahrstreifen seiner Fahrschrichtung benutzen.	§20 (2) (1) Sofern die Behörde nicht gemäß § 43 eine geringere Höchstgeschwindigkeit erläßt oder eine höhere Geschwindigkeit erlaubt, darf der Lenker eines Fahrzeuges im Ortsgebiet nicht schneller als 50 km/h, auf Ausfallstraßen nicht schneller als 100 km/h und auf den übrigen Freilandstraßen nicht schneller als 100 km/h fahren. §21 (1) Der Lenker darf das Fahrzeug nicht jäh und für den Lenker eines nachfolgenden Fahrzeuges überraschend abbremsen, wenn andere Straßenbenutzer dadurch gefährdet oder behindert werden, es sei denn, daß es die Verkehrssicherheit erfordert.	§21 (2) (1) Der Lenker eines Kraftfahrzeuges hat die Verminderung der Geschwindigkeit den Lenkern nachfolgender Fahrzeuge mit den am Fahrzeug hierfür angebrachten Vorrichtungen anzuzeigen. Sind solche Vorrichtungen nicht vorhanden oder gestört, so ist die Geschwindigkeitsverminderung durch Hochheben eines Armes, wenn diese Zeichen jedoch wegen der Beschaffenheit des Fahrzeuges oder seiner Ladung nicht erkennbar sind, durch Hochheben einer Signaltafel anzuzeigen.	§22 (2) Der Lenker eines Fahrzeuges hat die bevorstehende Änderung der Fahrschrichtung oder den bevorstehenden Wechsel des Fahrtreffens so rechtzeitig anzuzeigen, daß sich andere Straßenbenutzer auf den angezeigten Vorrang einstellen können. Er hat die Anzeige zu beenden, wenn er sein Vorhaben ausgeführt hat oder von ihm Abstand nimmt.
Rechtsabbiegen		§12 (2) Beabsichtigt der Lenker eines Fahrzeuges nach rechts einzubiegen, so hat er das Fahrzeug auf den rechten Fahrstreifen seiner Fahrschrichtung zu lenken. §12 (4) (1) Die Bestimmungen der Abs. 1 bis 3 gelten nur insofern, als es die Fahrbahnbreite zuläßt, die für das Verhalten gegenüber Schienenfahrzeugen getroffenen Bestimmungen (§ 29 Abs. 2) nicht entgegenstehen und sich aus Bodenmarkierungen (§ 9 Abs. 4) nichts anderes ergibt. §13 (1) Nach rechts ist in Kurven, nach links in weitem Bogen einzubiegen. §13 (2) (1) Auf Kreuzungen mehrstreifiger Fahrbahnen ist der Fahrstreifen, der vor dem Einbiegen befahren wurde, auch beim Einbiegen zu benutzen. Der Lenker eines Fahrzeuges darf den Fahrstreifen wechseln, wenn er sich überzeugt hat, daß dies ohne Gefährdung oder Behinderung anderer Straßenbenutzer möglich ist.		§13 (4) (1) Bei dem Einbiegen in eine Fahrbahn hat der Lenker eines Fahrzeuges, das kein Schienenfahrzeug ist, einem Fußgänger, der die Fahrbahn bereits betreten hat, das unbehinderte und ungefährdete Überqueren dieser Fahrbahn zu ermöglichen. §19 (1) Fahrzeuge, die von rechts kommen, haben, sofern die folgenden Absätze nichts anderes bestimmen, den Vorrang. Schienenfahrzeuge jedoch auch dann, wenn sie von links kommen. §19 (2) Fahrzeuge, die ihre Fahrschrichtung beibehalten oder nach rechts einbiegen, haben, sofern sich aus Abs. 4 nichts anderes ergibt, den Vorrang gegenüber entgegenkommenden, nach links einbiegenden Fahrzeugen; Fahrzeuge, die ihre Fahrschrichtung beibehalten, haben den Vorrang auch gegenüber aus derselben Richtung kommenden, nach rechts einbiegenden Fahrzeugen.	§12 (2) Der Lenker eines Fahrzeuges hat die bevorstehende Änderung der Fahrschrichtung oder den bevorstehenden Wechsel des Fahrtreffens so rechtzeitig anzuzeigen, daß sich andere Straßenbenutzer auf den angezeigten Vorrang einstellen können. Er hat die Anzeige zu beenden, wenn er sein Vorhaben ausgeführt hat oder von ihm Abstand nimmt.

Abbildung 7: Ausschnitt Bestimmungsmatrix "Tabula rasa" für Österreich

In der Struktur der Maßnahmen ist das Szenario "Tabula rasa" gleichzusetzen mit der zuvor beschriebenen (fiktiven) Basismaßnahme "Bundesgebiet". Genauso wie für diese Basismaßnahme werden in weiterer Folge für alle in den allgemeinen Verkehrsregeln beschriebenen Maßnahmen Bestimmungsmatrizen nach demselben Prinzip erstellt.

Zusätzlich zur Überführung der allgemeinen Verkehrsregeln in Bestimmungsmatrizen sind die einzelnen Maßnahmen zueinander in Beziehung zu setzen. Hierbei geht es darum festzulegen, welche Maßnahmen zu gleicher Zeit am selben Ort vorhanden sein dürfen oder welche einander ausschließen. Bei jenen Maßnahmen, die parallel bestehen können, ist weiters festzulegen ob sie zueinander in Beziehung stehen (also Einfluss auf dieselben Fahraspekte bei einzelnen Manövern haben) und wenn ja, in welcher normativen Beziehung sie zueinanderstehen. So darf in Österreich zum Beispiel die Maßnahme "Autobahn" niemals parallel zur Maßnahme "Ortsgebiet" gelten. Die Maßnahmen "Geschwindigkeitsbeschränkung" und "Überholverbot" dürfen parallel vorkommen und haben keinerlei wechselseitige Abhängigkeiten in Bezug auf die Beeinflussung des Fahrverhaltens. Die Maßnahmen "Geschwindigkeitsbeschränkung" und "Ortsgebiet" dürfen ebenfalls parallel vorkommen, beeinflussen jedoch beide die zulässige Höchstgeschwindigkeit und folgen dabei einer klaren Hierarchie: das "Ortsgebiet" geht als spezifischere Regelung dem "Bundesgebiet" vor, ebenso wie eine konkret angeordnete "Geschwindigkeitsbeschränkung" der allgemeineren Festlegung des Ortsgebiets vorgeht.

Manöver:
Geradeausfahren

Fahraspekt:
Geschwindigkeit
inkl. Längsabstand

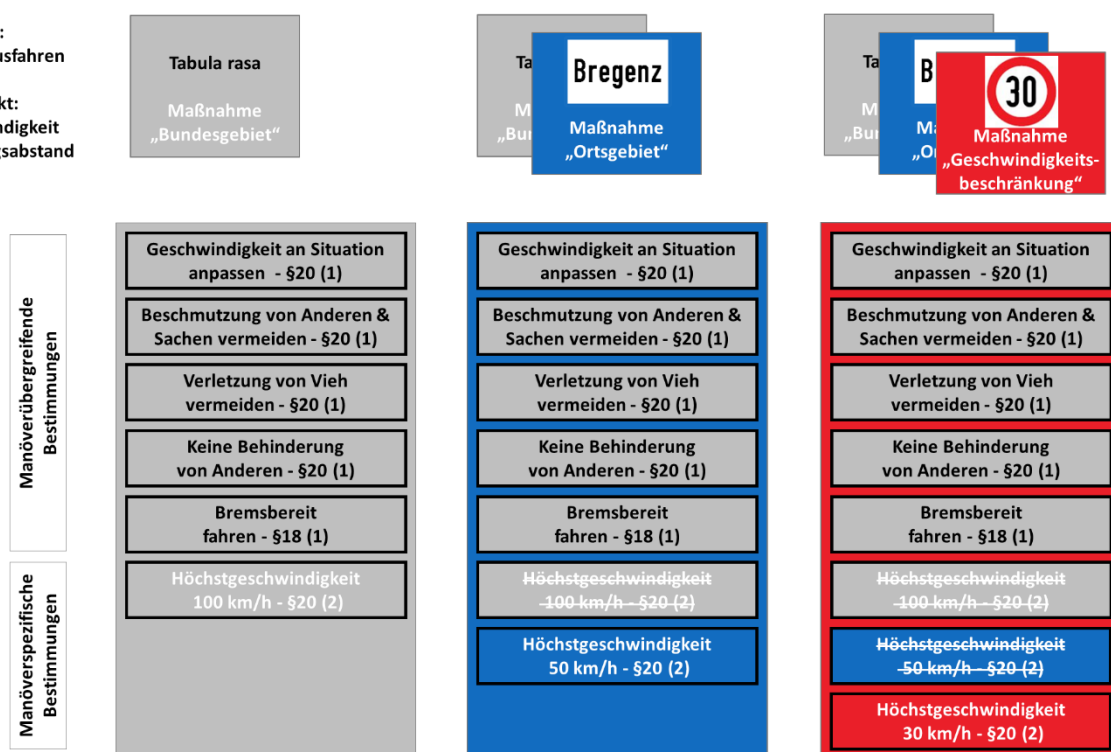


Abbildung 8: Gültigkeit von Bestimmungen am Beispiel des Manövers "Geradeausfahren" hinsichtlich des Fahraspekts "Geschwindigkeit (inklusive Längsabstand)"

Das hier dargelegte Beispiel stellt den "Durchstich" eines automatisierten Fahrsystems durch die aufgrund der an einem Ort gleichzeitig gültigen Maßnahmen relevanten Beziehungsmatrizen dar.

Eine weitere Herausforderung bringen jene zusätzlichen Informationen mit sich, die den Verkehrsteilnehmerinnen über Zusatztafeln vermittelt werden. Zusatztafeln haben mehrere Funktionen: sie schränken den Adressatenkreis für Maßnahmen ein (nur für LKW >7,5 t, Anlieger frei etc.), sie spezifizieren jene Situationen, in welcher die Maßnahmen ihre Gültigkeit haben (beispielsweise Witterung, Uhrzeit etc.) oder sie verändern den in den allgemeinen Verkehrsregeln und somit in den Bestimmungsmatrizen festgelegten Handlungsspielraum. Letzterer Fall bedeutet, dass für die konkrete Maßnahme eine weitere maßnahmenspezifische Bestimmungsmatrix zu erstellen ist, die die Bestimmungsmatrix der zugrundeliegenden Maßnahme erneut überstimmt.

4.3 Strukturierung der Prozesse

Genauso wie die verkehrsrechtlichen Vorschriften semantisch neu zu strukturieren sind, sind auch die mit der Erstellung dieser Vorschriften verbundenen Prozesse einheitlich zu strukturieren. Von spezieller Bedeutung in diesem Zusammenhang ist die Gestaltung des Anordnungsprozesses. Anordnungen werden in der Praxis von einer Vielzahl von Dienststellen oder anderen Einrichtungen (zumeist der öffentlichen Verwaltung) erstellt beziehungsweise publiziert. Die operative Gestaltbarkeit des analogen Prozesses hat dazu geführt, dass sich trotz verhältnismäßig klarer gesetzlicher Vorgaben über die Jahrzehnte hinweg unzählige Variationen und innerhalb derselben Mutationen etabliert haben, sodass derzeit von einem einheitlichen Prozessverständnis der beteiligten Dienststellen kaum zu sprechen ist.

Mit der Digitalisierung dieser Prozesse besteht nun die Chance zu einer Vereinheitlichung, wobei selbstverständlich auch anzumerken ist, dass dies mit Akzeptanzschwierigkeiten seitens der betreffenden Dienststellen verbunden sein kann. Insofern sind hier vor allem die Vorteile der einheitlichen Prozessgestaltung hervorzuheben. Diese reichen von abstrakteren Formulierungen wie der Ermöglichung zukünftiger technischer Errungenschaften wie dem automatisierten Fahren bis hin zu konkreten, unmittelbaren Auswirkungen wie Arbeitserleichterungen und Qualitätsverbesserungen.

Grundsätzlich gelten für Anordnungen mehrere Differenzierungsmerkmale:

- **Dauerhaft / Temporär:** Das Kriterium spiegelt nicht zwingend die Dauer der Gültigkeit einer Anordnung wider, sondern ob die Anordnung unbefristet oder für einen gewissen Zeitraum Gültigkeit haben soll. Dabei werden in der Regel auch zwei grundsätzlich unterschiedliche Prozesse adressiert, die – wie nachstehend dargelegt – jedenfalls starke Gemeinsamkeiten aufweisen.
- **Statisch / Dynamisch:** Während statische Anordnungen derart gestaltet sind, dass sie mittels klassischer Verkehrsschilder ("Blechtefeln") veröffentlicht werden können, erfolgt die

Veröffentlichung dynamischer Anordnungen mittels Wechselverkehrszeichen. Die Grundlagen zur Schaltung der Wechselverkehrszeichen (beispielsweise bestimmte Verkehrssituationen, Witterung etc.) sind Bestandteil der Anordnung. Solange bei der manuellen oder automatischen Schaltung diesen Grundlagen entsprochen wird, liegt eine korrekte Veröffentlichung der Anordnung vor.

- Stationär / Mobil: In der Regel haben Anordnungen einen festgeschriebenen räumlichen Geltungsbereich. Es gibt allerdings auch Situationen, wo ein solcher Bereich zwar festgeschrieben ist, die tatsächlichen Maßnahmen sich zu einem gewissen Zeitpunkt aber immer nur auf Teilbereiche beziehen, deren räumliche Ausprägung von unterschiedlichsten Faktoren wie Baufortschritt, Witterung etc. abhängt (Stichwort "Wanderbaustellen"). Die Veröffentlichung dieser Anordnung bezieht sich immer nur auf den jeweils aktuellen Teilbereich.

Die Prinzipien des Anordnungsprozesses sind in weiterer Folge anhand der drei gängigsten Beispiele dargelegt, der dauerhaften statischen stationären Anordnung, der temporären statischen stationären Anordnung sowie der dauerhaften dynamischen stationären Anordnung.

4.3.1 Dauerhafte statische stationäre Anordnungen

Kernstück im Anordnungsmanagements sind die dauerhaften Anordnungen. Der Begriff "dauerhaft" ist mitunter irreführend, da Erfahrungen zufolge sich der Bestand an dauerhaften Anordnungen jährlich um etwa 10% verändert. Gemeint sind jedenfalls Anordnungen, deren Gültigkeit unbefristet ist und die in der Regel durch fix installierte Schilder und permanente Markierungen veröffentlicht werden.

Der Gesamtprozess gliedert sich in vier Teile:

- die Erstellung der Anordnung seitens der Behörde,
- die physische Veröffentlichung durch den Baulastträger/Straßeneigentümer,
- nun neu hinzukommend die parallel dazu erfolgende digitale Veröffentlichung durch eine Stelle, die zum heutigen Zeitpunkt noch nicht benannt werden kann, sowie
- die abschließende Qualitätssicherung durch die Behörde, um die Konvergenz zwischen Anordnung, physischer und digitaler Veröffentlichung zu gewährleisten.

Ergebnis des ersten Teilprozesses ist eine rechtsverbindliche Anordnung in digitaler Form, deren Kernstück die digitalisierte Maßnahme bildet. Alle mit dem Anordnungsprozess verbundenen Informationen werden auf einer behördeninternen Plattform verwaltet. Aus den zum aktuellen Zeitpunkt relevanten Maßnahmen werden im Teilprozess "Veröffentlichung physisch" – idealerweise automatisationsgestützt – Verkehrszeichen und Bodenmarkierungen abgeleitet, die daraufhin in der

physischen Realität durch Errichtung rechtsverbindlich veröffentlicht werden und deren Errichtung dokumentiert wird. Ähnlich verhält es sich im parallelen Teilprozess "Veröffentlichung digital". Hier werden die aktuell relevanten Maßnahmen übernommen und in digitaler Form rechtsverbindlich auf einer Plattform integriert. Von dieser Plattform können die Daten in weiterer Folge abgerufen werden, um auf rechtssicherem Weg in die Fahrzeuge übertragen zu werden. Die korrekte Integration der Daten auf der Plattform wird ebenfalls dokumentiert.

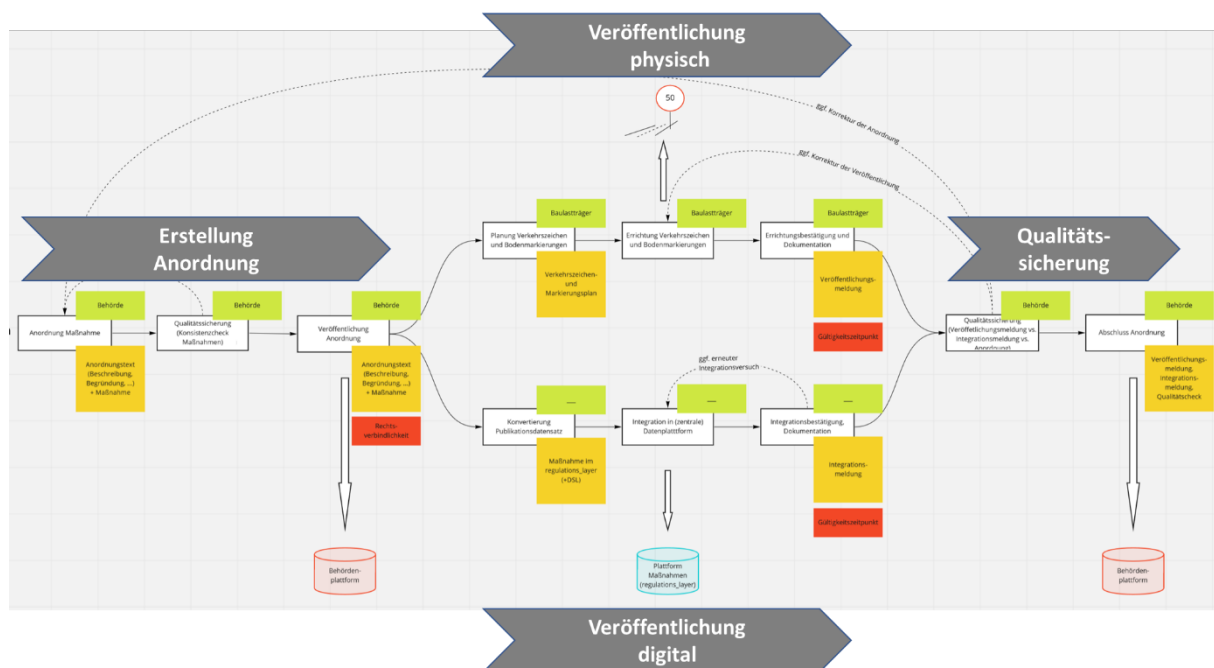


Abbildung 9: Prozess "Dauerhafte statische stationäre Anordnungen" im Überblick

Im Zuge der abschließenden Qualitätssicherung werden die digitale Anordnung sowie die Dokumentation ihrer physischen und ihrer digitalen Veröffentlichung geprüft und im Falle von Differenzen entsprechende Qualitätssicherungsschritte eingeleitet. Diese können von einer Abänderung der Anordnung bis zu einer Abänderung der physischen Veröffentlichung reichen.

Um eine Synchronität zwischen physischer und digitaler Veröffentlichung herzustellen wäre es auch denkbar, den Schritt der digitalen Veröffentlichung von der erfolgreichen physischen Veröffentlichung anhängig zu machen. Technisch wäre dies kein Problem. Abhängig davon, wie die in jedem Fall erforderlichen Kollisionsregeln zwischen physischer und digitaler Veröffentlichung gestaltet sind, ist hier der vor allem auch aus rechtlicher Sicht passende(re) Ansatz zu wählen.

4.3.2 Temporäre statische stationäre Anordnungen

Mit dem Begriff der temporären Anordnungen ist das gemeint, was im allgemeinen Sprachgebrauch als Baustelle, korrekterweise als verkehrsfremde Nutzung des Straßenraumes (also nicht zwingend nur Baustellen per se) bezeichnet wird. In der nachstehenden Betrachtung geht es um stationäre Baustellen – im Vergleich zu mobilen "Wanderbaustellen" oder Bauarbeiten, für die es eine Rahmenanordnung gibt und die vom Bauführer innerhalb dieses Rahmens nach Belieben gestaltbar sind.

Grundsätzlich ist der Prozess einer temporären Baustelle analog zu dem der stationären Baustelle gestaltet: der Erstellung einer digitalen Anordnung folgt die physische sowie digitale Veröffentlichung, und diesen Schritten folgt wiederum die abschließende Qualitätssicherung. Es liegt jedoch in der Natur einer Baustelle, dass sich deren Beginn und Ende aufgrund äußerer, oft nicht beeinflussbarer Einflüsse (Witterung, Organisation etc.) nicht immer im Voraus bestimmen lassen. Aus diesem Grund ist der gesamte Prozess dreigeteilt:

- die Erstellung der Anordnung, die das frühest zulässige Beginn- und das spätest zulässige Enddatum beinhaltet,
- die mit der Errichtung der Baustelle verbundene Aktivierung der Veröffentlichung sowie
- die mit dem Abschluss der Baustelle verbundene Deaktivierung.

Da eine Anordnung erst mit ihrer korrekten Veröffentlichung rechtswirksam wird, sind Aktivierung und Deaktivierung wesentliche Bestandteile des Gesamtprozesses.

Jeder dieser drei Teilprozesse folgt demselben Schema, welches bereits bei der dauerhaften Anordnung vorgestellt wurde, mit dem Unterschied, dass in jedem Teilprozess gewisse Schritte wegfallen.

Im ersten Teilprozess, der hauptsächlich der Erstellung der Anordnung dient, wird die Anordnung erstellt, die physische Veröffentlichung nur vorbereitet (also die Planung von Verkehrszeichen und Markierungen durchgeführt) sowie im Sinne der digitalen Veröffentlichung die Maßnahme als Aviso veröffentlicht. Dieses Aviso hat zunächst keine rechtliche Relevanz, dient aber sämtlichen nachgelagerten Systemen (Auskunft, Routing, Navigation etc.) als Information, dass in dem angegebenen Zeitraum mit einer Baustelle zu rechnen ist. Bereits hier finden auch erste Schritte zur Qualitätssicherung statt, vor allem um die Qualitätssicherung in den folgenden Schritten zu vereinfachen.

Erst die tatsächliche Aktivierung der Baustelle hat zur Folge, dass einerseits Verkehrszeichen und

Zusammenfassende Darstellung der Projektergebnisse

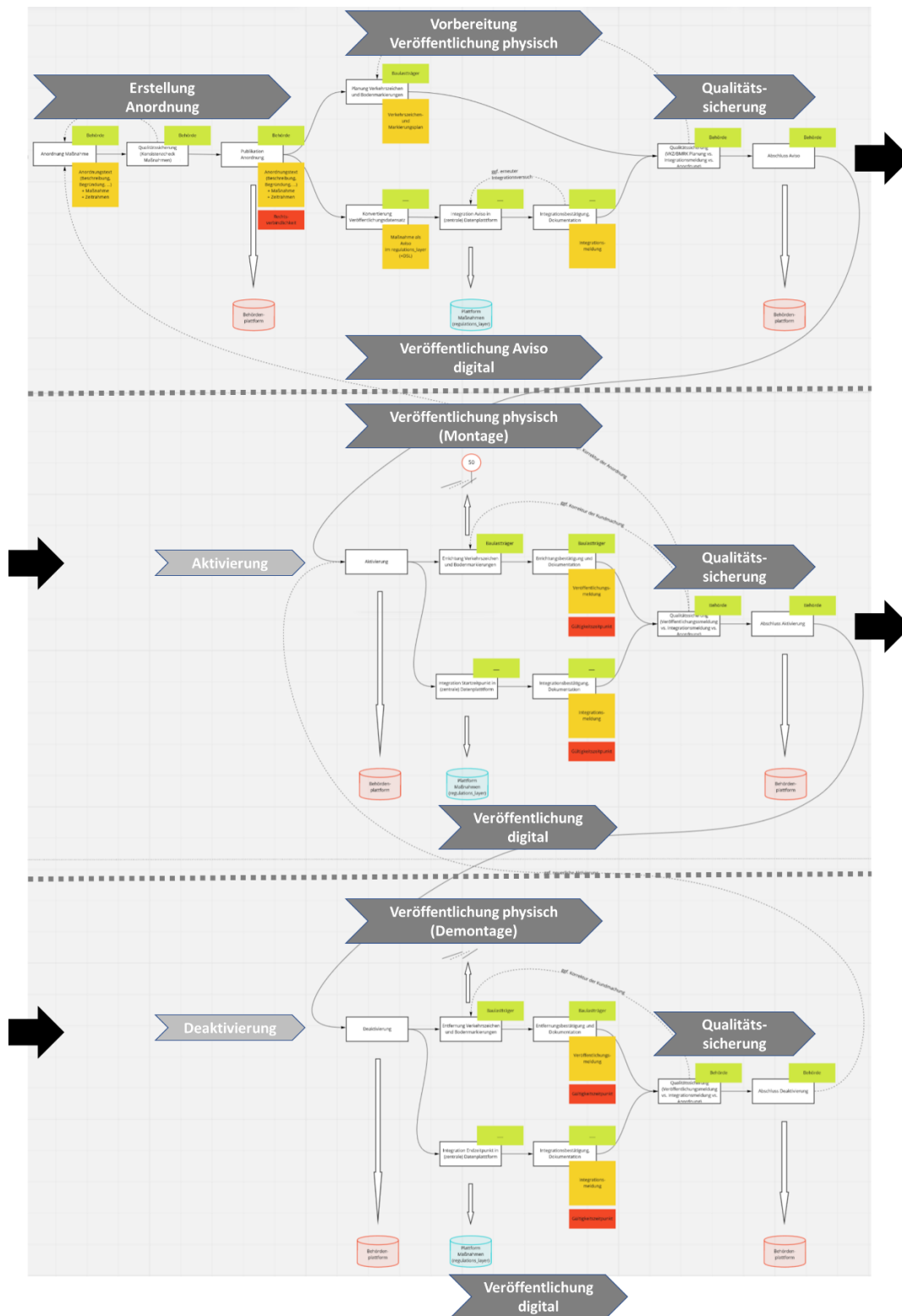


Abbildung 10: Prozess "Temporäre statische stationäre Anordnung" im Überblick

Bodenmarkierungen errichtet werden (physische Veröffentlichung) sowie die Maßnahme über die dafür vorgesehene Plattform publiziert wird (digitale Veröffentlichung). Wie schon bei der dauerhaften Anordnung erfolgt hier die Qualitätssicherung mit dem Ziel, dass Anordnung, physische und digitale Veröffentlichung konvergieren.

Mit Beendigung der Bauarbeiten erfolgt die Deaktivierung der Baustelle – nach demselben Prinzip wie bei der Aktivierung: Verkehrszeichen und Bodenmarkierungen werden demontiert (physische Veröffentlichung) und die Publikation der Maßnahme über die Plattform wird beendet (digitale Veröffentlichung). Dies wird auch hier begleitet von den entsprechenden qualitätssichernden Schritten.

Die Qualitätssicherung bildet auch jene Fälle ab, wenn beispielsweise der tatsächliche Beginn vor oder das tatsächliche Ende der Baustelle nach dem angeordneten Termin zu liegen kommt. Dies führt in der Regel dazu, dass die Behörde – sofern sie dazu bereit ist – die Anordnung entsprechend abändert, was wiederum die erwähnten Veröffentlichungsschritte zur Folge hat.

4.3.3 Dauerhafte dynamische stationäre Anordnungen

Der Begriff der dynamischen Anordnungen steht für Maßnahmen, die anlass- oder situationsbedingt über dynamische Anzeigen (Wechselverkehrszeichen, Verkehrsbeeinflussungsanlagen etc.) geschaltet werden.

Grundsätzlich weist der Prozess große Parallelen zum jenem der zuvor beschriebenen temporären statischen Anordnungen (Baustellen) auf und gliedert sich demnach ebenso in drei Teilprozesse:

- die Erstellung der Anordnung quasi als Rahmenanordnung, welche die Rahmenbedingungen für sämtliche zulässigen Schaltungen umfasst,
- die Aktivierung (= Aufschalten) einer Schaltung sowie
- die Deaktivierung (= Abschalten) dieser Schaltung.

Während der erste Teilprozess (Rahmenanordnung) nur ein einziges Mal durchlaufen wird, wird die Kombination aus den anderen beiden Teilprozessen (Aufschaltung / Abschaltung) beliebig oft wiederholt.

Als Rahmenanordnung wird eine Anordnung bezeichnet, welche die angeordneten Maßnahmen an Bedingungen wie Witterung, Verkehrsaufkommen, Unfälle etc. knüpft. Diese Kombinationen aus Bedingungen und Maßnahmen werden in der Anordnung festgehalten und deren Schaltung technisch vorbereitet. Dies betrifft sowohl die physische als auch die digitale Veröffentlichung. Für letztere bedeutet dies ein Aviso aller zulässigen Schaltvarianten respektive der damit verbundenen Maßnahmen.

Zusammenfassende Darstellung der Projektergebnisse

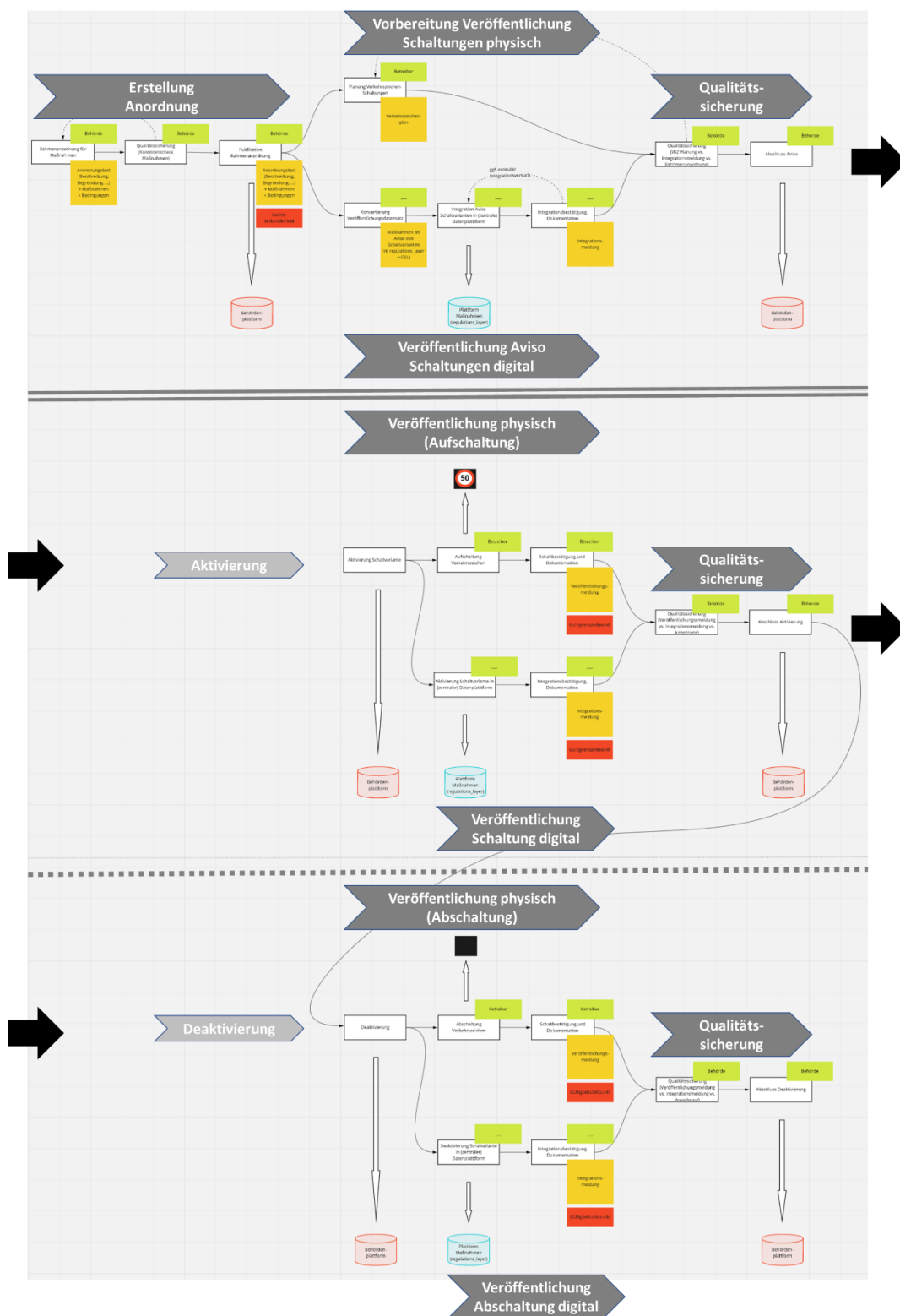


Abbildung 11: Prozess "Dauerhafte dynamische stationäre Anordnung" im Überblick

Dieses Aviso hat keinerlei rechtliche Relevanz, sondern dient diversen nachgelagerten Systemen als Information, dass an gewissen Stellen mit gewissen Maßnahmen zu rechnen ist. Die abschließende Qualitätssicherung sorgt dafür, dass die Vorbereitung der physischen sowie der digitalen Veröffentlichung mit den Inhalten der Rahmenanordnung in Einklang stehen.

Sobald eine der in der Rahmenanordnung genannten Bedingungen eintritt erfolgt die (manuelle oder automatisierte) Aktivierung der mit diesen Bedingungen verknüpften Maßnahmen. Im Sinn der der physischen Veröffentlichung bedeutet dies das Aufschalten der entsprechenden Verkehrszeichen, im Sinne der digitalen Veröffentlichung die Live-Schaltung der entsprechenden Schaltvariante aus dem Aviso. Auch hier sorgt die abschließende Qualitätssicherung dafür, dass die Konvergenz zwischen physischer und digitaler Veröffentlichung gegeben ist.

Fällt die Voraussetzung für die getroffene Schaltung weg, so erfolgt die Deaktivierung der Schaltung nach demselben Vorgehensmodell wie bei der Aktivierung. Dies bedeutet, dass sowohl physische als auch digitale Veröffentlichung wieder zurückgenommen werden und dies qualitätsgesichert dokumentiert wird. Sobald die Bedingungen für diese (oder eine andere in der Rahmenanordnung festgelegte) Schaltung wiederum eintreten, erfolgt erneut deren Aktivierung.

4.4 Technische Unterstützung

Um den Prozess von der Anordnung seitens der Behörde bis zur physischen sowie der digitalen Veröffentlichung durchgängig zu digitalisieren, sind spezialisierte IT-Lösungen erforderlich. Nachdem es sich dabei um Prozesse der öffentlichen Verwaltung handelt, wird deren IT-Unterstützung national unterschiedlich umzusetzen sein. Ob dies auch bedeutet, dass jedes Land zwingend eine eigene Lösung entwickeln muss oder auch länderübergreifende Lösungsansätze denkbar sind, kann mit derzeitigem Kenntnisstand noch nicht abschließend beurteilt werden.

Wesentliche Voraussetzung ist die zuvor bereits beschriebene Vereinheitlichung der Prozesse. Es ist davon auszugehen, dass dies bei einzelnen Behörden und Baulastträgern zu Widerständen führen wird – dem sind die Argumente der erhöhten Verkehrs- und Rechtssicherheit, einer erhöhten Qualität, einer langfristig betrachtet reduzierten Arbeitsbelastung sowie einer zeitgemäßen Verwaltung entgegenzuhalten, die auch offen für aktuelle Entwicklungen ist (Stichwort: automatisiertes Fahren) und diese entsprechend unterstützt.

Die Gesamtlösung besteht aus mehreren Teilsystemen: zu Beginn steht eine Plattform für den behördeninternen Gebrauch. Diese Behördenplattform wird über Softwareanwendungen bedient, welche die behördeninternen Prozesse, also das gesamte Anordnungsverfahren unterstützen. Dieses Verfahren geht weit über das Formulieren der konkreten Anordnung und das Festlegen der Maßnahmen hinaus und ist je Land und Situation unterschiedlich gestaltet: Beantragung,

Ortsaugenschein, Verhandlung, Anhörung von Verfahrensparteien – um nur einige mögliche Verfahrensbausteine zu nennen. Als Ergebnis eines solchen Verfahrens werden die rechtswirksamen Anordnungen mit den angeordneten Maßnahmen auf der Plattform abgelegt.

Diese zentrale Ablage ermöglicht auch den behördenübergreifenden Überblick über die jeweiligen Maßnahmen. In Erfahrung bringen zu können, was die "Nachbarbehörde" anzuordnen plant oder bereits angeordnet hat, ist im Sinne einer Qualitätssteigerung der gesamten Verkehrsorganisation jedenfalls begrüßenswert. Mit "Nachbarbehörde" ist in diesen Zusammenhang sowohl die für ein unmittelbar angrenzendes Gebiet zuständige Behörde, als auch die im selben Gebiet tätige über- oder nachgeordnete Behörde gemeint. Für Verkehrsteilnehmerinnen nur schwer auflösbare Konflikte im Bereich von Anordnungen solcher "Nachbarbehörden" sollen dem Vernehmen nach das eine oder andere Mal schon vorgekommen sein.

Doch nicht alle auf der Behördenplattform abgelegten Anordnungen und Maßnahmen sind zum aktuellen Zeitpunkt auch relevant. So kommt es durchaus vor, dass eine Anordnung von einer aktuelleren Anordnung inhaltlich und/oder räumlich, gegebenenfalls zeitlich beschränkt, gänzlich oder teilweise außerkraft gesetzt wird (juristisch: Derogation). In diesem Fall ist es erforderlich, dass auch die (teilweise) außerkraft gesetzte Anordnung vollständig im System erhalten bleibt, um nach Wegfall der "überstimmenden" Bestimmungen die ursprünglichen Bestimmungen wieder zur Verfügung zu haben.

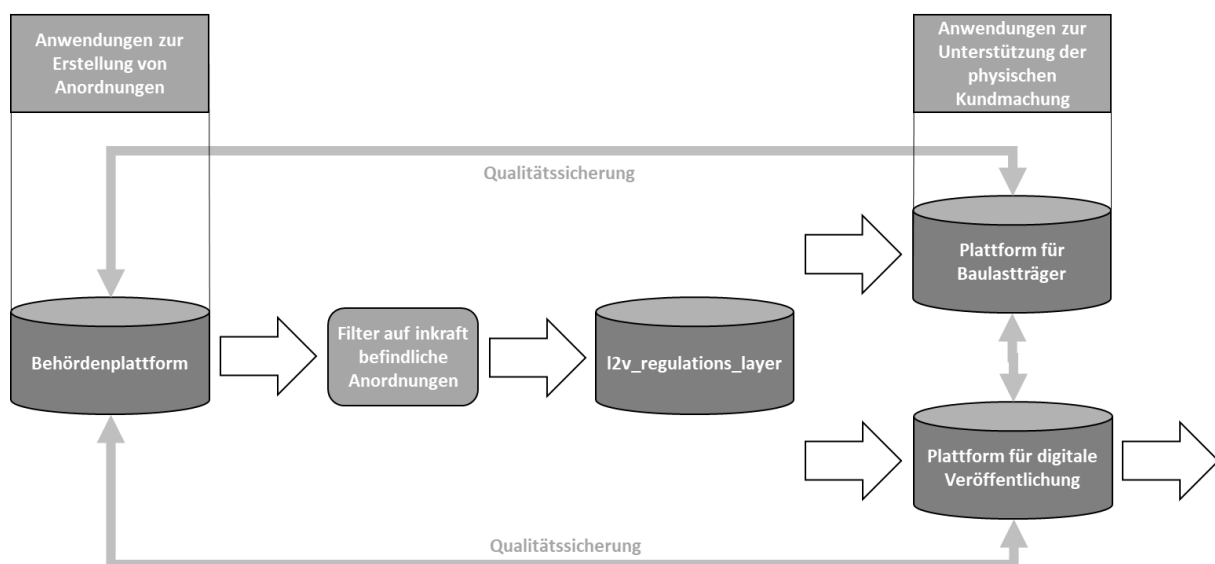


Abbildung 12: Architekturskizze

Aus diesem Grund ist über die auf der Behördenplattform verfügbaren Daten ein Filter zu legen, der dem Derogationsprinzip folgend die angeordneten Maßnahmen dahingehend aufbereitet, dass nur

auf die zum aktuellen Zeitpunkt in Kraft befindlichen (Teile von) Maßnahmen zugegriffen werden kann. Um dies zu erreichen, ist eine räumliche sowie inhaltliche Verschneidung der Maßnahmen durchzuführen. Auf diese Weise entsteht die aktuelle "Maßnahmenkarte", der I2v_regulations_layer.

Der I2v_regulations_layer findet Eingang in die Plattform für Baulastträger. Wir bereits die Behördenplattform versteht sich auch diese Plattform als übergreifende Plattform für sämtliche Baulastträger, da auch hier der gemeinsame Überblick und das Wissen über die Aktivitäten benachbarter Dienststellen essenziell ist. Die Anwendungen für die Baulastträger bestehen – wie auch bei den Behörden – in der Prozessunterstützung sowie im Speziellen in der Aufgabe der Ableitung von Beschilderungs- und Markierungsplänen aus Maßnahmen. Diese Ableitung kann weitestgehend automatisiert erfolgen, doch ist ein manuelles Zutun der Bearbeiterinnen jedenfalls zu gewährleisten. Wichtigster Aspekt im Sinne der Prozessunterstützung ist die Veröffentlichungsmeldung, also die Dokumentation der Errichtung von Schildern und Markierungen durch den Baulastträger.

Parallel dazu wird der I2v_regulations_layer auf der Plattform für die digitale Veröffentlichung publiziert sowie diese Publikation dokumentiert. Hier endet der digitale Datenfluss aus Sicht der öffentlichen Verwaltung (Behörden und Baulastträger). Die Übermittlung an Verkehrsteilnehmerinnen und automatisierte Fahrzeuge erfolgt über eigene Kanäle.

Die begleitende und abschließende Qualitätssicherung überspannt alle drei Plattformen und wird federführend von der Behörde betrieben. Ziel ist die Sicherstellung der Konvergenz und Synchronität zwischen Anordnung, physischer und digitaler Veröffentlichung.

5 Veröffentlichung physisch (AP5)

Behördliche Anordnungen werden mit ihrer Veröffentlichung wirksam. Im Verkehrsbereich erfolgt diese Veröffentlichung weitestgehend mittels Verkehrszeichen und Bodenmarkierungen. Dies wird – im Gegensatz (oder in Ergänzung) zu einer zukünftigen digitalen Veröffentlichung – als physische Veröffentlichung bezeichnet. Viele Aspekte der physischen Veröffentlichung werden bereits in anderen Kapiteln ausführlich behandelt, weshalb diese Themen hier nicht nochmals wiederholt werden.

Bei allen Überlegungen zur physischen Veröffentlichung ist sorgsam darauf zu achten, dass das Ziel sein sollte, die Art der physischen Veröffentlichung trotz Digitalisierungsbestrebungen möglichst unberührt zu lassen. Hintergrund dieser Überlegung ist, dass Änderungen der physischen Veröffentlichung in der Regel mit hohen Kosten sowie auch mit langen Übergangsfristen verbunden sind.

5.1 Grundlagen und Herausforderungen

5.1.1 Status Quo

Die physische Veröffentlichung ist in den jeweiligen nationalen verkehrsrechtlichen Vorschriften geregelt. Auch wenn diese nationalen Vorschriften durchwegs dem multinationalen Übereinkommen über Straßenverkehrszeichen folgen (müssen), gibt es darin Spielräume für länderspezifische Regelung, die zu einer Vielzahl an Unterschieden führen: die länderspezifische Ausprägung von Verkehrszeichen, eigene Verkehrszeichen und Bodenmarkierungen aufgrund länderspezifischer Maßnahmen sowie je Land unterschiedliche Bestimmungen für dieselben Maßnahmen/Verkehrszeichen/Bodenmarkierungen. All diese Unterschiede sind nicht grundsätzlicher Natur, da ansonsten grenzüberschreitender Verkehr nicht funktionieren würde.

Doch stößt die physische Veröffentlichung auch nicht selten an ihre Grenzen. Gemeint ist damit, dass der in einer Anordnung formulierte behördliche Wille nicht 1:1 mittels der vordefinierten Verkehrszeichen veröffentlicht werden kann: Nimmt man die semantische Komponente einer Anordnung, so lässt sich der Inhalt nicht immer auf einfache Art und Weise mithilfe von Verkehrszeichen und Bodenmarkierungen darstellen. Dies führt nicht selten zu Zusatztafeln, deren Inhalt sich derart komplex darstellt, dass er in der gebotenen Kurzfristigkeit weder wahrgenommen noch interpretiert werden kann. Aber auch die räumliche Komponente von Anordnungen ist nicht immer direkt im Straßenraum umsetzbar. Nicht selten ist die Veröffentlichung mittels Verkehrszeichen aufgrund örtlicher Gegebenheiten eingeschränkt beziehungsweise verunmöglicht. Hier können mangelnde Sichtbeziehungen genauso limitierend wirken wie schlichtweg die Tatsache,

dass an bestimmten Stellen im Straßenraum aufgrund baulicher Gegebenheiten die Anbringung von Verkehrszeichen einfach unmöglich ist.

In der Praxis führt das dazu, dass von den Verkehrsteilnehmerinnen erwartet wird, den behördlichen Willen bestmöglich zu erraten, beziehungsweise dass jedenfalls deren gesunder Menschenverstand dafür sorgt, dass derartige Unschärfen zu keinen größeren Problemen im Verkehrsablauf führen. Sollte es dennoch zu Problemen kommen, entscheiden am Ende Gerichte über Recht und Unrecht.

Die Problematik der teilweise unzulänglichen physischen Veröffentlichung (beziehungsweise Veröffentlichbarkeit) des behördlichen Willens wird auch durch zunehmend verbreitete Assistenzsysteme nicht entschärft. Denn eine Verkehrszeichendetektion kann ebenfalls nur jene Schilder identifizieren, die von einem gewissen Punkt aus erkennbar sind. Außerdem steht die Detektion zusätzlich vor dem Problem herauszufinden, welche der erkannten Verkehrszeichen nun tatsächlich für die aktuelle Fahrt relevant sind – eine Problematik, die vor allem im urbanen Bereich zu Tragen kommt. Die dazu erforderliche erfahrungsbasierte selektive Wahrnehmung algorithmisch umzusetzen könnte sich noch zu einer nur schwer bezwingbaren Herausforderung entwickeln.

Letztendlich ist die physische Veröffentlichung von Anordnungen immer mit den Möglichkeiten der menschlichen Wahrnehmbarkeit limitiert – sowohl in qualitativer als auch quantitativer Hinsicht.

5.1.2 Zukünftige Rolle

Mit lex2vehicle und der Digitalisierung des Verkehrsrechts soll zusätzlich zur physischen Veröffentlichung die digitale Veröffentlichung verkehrsrechtlicher Bestimmungen eingeführt werden. Auch wenn früher oder später der digitalen Veröffentlichung die führende Rolle zukommen sollte, wird die physische Veröffentlichung noch über einen sehr langen Zeitraum zumindest als Backup zur Verfügung zu stehen haben.

Konsequenz dieser Überlegungen ist, dass der physischen Veröffentlichung noch über einen langen Zeitraum hinweg zumindest die Rolle eines Backup-Kanals zuteilwird: Backup für die Wahrnehmung der menschlichen Verkehrsteilnehmerinnen in Form von Assistenzsystemen auf der einen Seite und Backup für die digitale Veröffentlichung auf der anderen Seite. Damit dieser Backup-Kanal auch möglichst verlässlich funktionieren kann, ist den Regeln zur physischen Veröffentlichung mitunter größere Bedeutung beizumessen, als dies bis dato in einer rein analogen Welt der Fall war. Größere Bedeutung heißt sowohl, dass das Einhalten bestehender Regelungen in diesem Bereich konsequent einzufordern ist, als auch, dass unter Umständen zusätzliche Vorgaben für das Anbringen von Verkehrszeichen und Bodenmarkierungen erforderlich sind. Dem ist wiederum entgegenzuhalten, dass Änderungen am System der physischen Veröffentlichung potenziell mit teilweise deutlich höheren Aufwänden und Kosten verbunden sind, deren Verhältnis zum erwarteten Nutzen jedenfalls im Vorhinein zu evaluieren ist.

5.1.3 Umsetzung bestehender Vorgaben

Im Rahmen der verkehrsrechtlichen Vorschriften gibt es eine Vielzahl an Vorgaben, deren Einhaltung schon heute verpflichtend ist. Im Bereich der Verkehrszeichen ist dies die klar definierte grafische Ausprägung des Schildes, dessen technische Beschaffenheit (Größe, Reflexionsgrad etc.), dessen Zustand (frei von Verschmutzung jeglicher Art) aber auch dessen Positionierung im Straßenraum. So ist für viele Schilder festgelegt, ob sie rechts und/oder links und/oder oberhalb der Fahrbahn angebracht werden müssen beziehungsweise dürfen bis hin zu exakt definierten Minimal- und Maximalabständen vom Fahrbahnrand. Auch für Bodenmarkierungen gibt es klare Vorgaben an deren Ausführung: Farbtonbereich, Ausprägung, Reflexionsgrad, Leuchtdichtefaktoren und dergleichen.

In der Praxis kommt es nun durchaus vor, dass die bestehenden Vorgaben für Verkehrszeichen und Bodenmarkierungen nicht gänzlich eingehalten werden. Im Zuge der Diskussionen rund um das automatisierte Fahren wird dieses Thema durchaus kontrovers gesehen: während die einen fordern, dass die bestehenden Bestimmungen nicht nur rigoros eingehalten, sondern auch dahingehend verschärft werden, dass fahrzeugseitige Detektionssysteme verlässlichere Ergebnisse liefern können, sind die anderen der Meinung, dass sich nicht die Infrastruktur an die Fahrzeugtechnik, sondern umgekehrt die Fahrzeugtechnik an die Infrastruktur in ihrer gegebenen Beschaffenheit anzupassen hat. Beiden Sichtweisen liegen massive wirtschaftliche Argumente zugrunde: entweder sind auf der Seite der öffentlichen Hand große Investitionen in die Schaffung und Erhaltung der Infrastruktur erforderlich, oder es sind auf Seiten der Industrie große Investitionen in die Entwicklung geeigneter Technologien erforderlich.

Unabhängig von dieser wirtschaftlichen Komponente ist in dem Zusammenhang auch die Zeitschiene zu beachten: Um Änderungen an der Infrastruktur im Rahmen der bestehenden Erhaltungszyklen annähernd flächendeckend umzusetzen, ist je nach Erfordernis eine Übergangsfrist von bis zu zehn Jahren und mehr zu kalkulieren. Diesem Zeitraum sind technische Innovationszyklen auf Seiten der Fahrzeugindustrie gegenüberzustellen, die hier – selbstverständlich immer abhängig von der Art der Innovation – mitunter viel kürzer anzusetzen sind.

Letztendlich ist hier keine klare Entscheidung für oder gegen die eine oder andere Sichtweise zu erwarten und so werden die öffentliche Hand in eine sichtliche Verbesserung der Infrastruktur und die Industrie in eine von diesen Verbesserungen ausgehende Weiterentwicklung der Technologie investieren.

Wo genau dieser Kompromiss zwischen öffentlicher Hand und Industrie zu verorten ist, kann zum heutigen Zeitpunkt nicht gesagt werden. Jedenfalls wird es im Zuge der weiteren Diskussionen rund um das automatisierte Fahren immer wesentlicher, hier klare Rahmenbedingungen zu schaffen.

5.2 Erfordernisse für die Zukunft

Es ist davon auszugehen, dass mittelfristig die digitale Veröffentlichung die führende Rolle übernehmen wird und die physische Veröffentlichung als Backup-Kanal ihren Platz in der zweiten Reihe einnehmen wird. Hauptgrund dafür ist, dass die digitale Veröffentlichung jedenfalls präziser (sowohl räumlich als auch semantisch) und vor allem auch flexibler erfolgen kann. Ungeachtet dessen ergeben sich aus der Koexistenz beider Arten der Veröffentlichung auch Anforderungen an die physische Veröffentlichung der Zukunft. Derartige Anforderungen sind ohne Anspruch auf Vollständigkeit an dieser Stelle am Beispiel der Situation in Österreich dargestellt.

5.2.1 Räumliche Abgrenzung von Maßnahmen

Ein wesentlicher Aspekt einer korrekt angeordneten Maßnahme ist, dass deren räumliche Ausprägung klar ersichtlich ist. Gemäß §48 (3) StVO AT ist es in Österreich beispielsweise zulässig, dass im Zuge von Arbeitsfahrten des Straßendienstes auch Verkehrszeichen am Arbeitsfahrzeug angebracht sind (Geschwindigkeitsbeschränkungen, Fahrstreifensperren etc.). "Solcherart angebrachte Straßenverkehrszeichen gelten nur für den Bereich der Arbeitstätigkeit; das Ende einer Beschränkung ist daher in diesem Falle nicht anzuzeigen". Führt diese Regelung schon bei menschlichen Verkehrsteilnehmerinnen nicht selten zu Verunsicherung, wäre es für automatisierte Fahrzeuge noch schwieriger zu beurteilen, ob beziehungsweise an welcher Stelle die mit der physischen Veröffentlichung am Arbeitsfahrzeug verbundenen Arbeiten nun tatsächlich beendet sind oder nicht. Konsequenter Weise müsste auf einem zweiten Arbeitsfahrzeug am Ende der Arbeiten dieses Ende mittels entsprechender Verkehrsschilder veröffentlicht werden. Dass dies zusätzlicher Ressourcen bedürfte, ist klar.

Doch zieht man darüberhinaus die digitale Veröffentlichung in Betracht, so bedarf es auch hier der klaren Abgrenzung dieser mobilen ("wandernden") Maßnahme. Vor allem für die digitale Veröffentlichung zur Nutzung durch automatisierte Fahrzeuge ist das jeweils aktuelle Ende einer derartigen Maßnahme eindeutig zu definieren.

Ein anderes Beispiel sind zonale Maßnahmen wie beispielsweise Geschwindigkeitszonen, Ortsgebiete und dergleichen. Diese Zonen sollten räumlich klar definiert und an deren Rändern durch Verkehrszeichen physisch veröffentlicht sein. In der Praxis ist das nicht immer gegeben, denn nicht selten werden an weniger bedeutend scheinenden Wegen und Straßen Schilder (vermutlich aus Kostengründen) weggelassen. Abgesehen davon, dass es sich dabei um eine ungenügende Veröffentlichung der zugrundliegenden Anordnung handelt und damit deren Rechtswirksamkeit beeinflusst, bedeutet dies für menschliche Verkehrsteilnehmerinnen oder automatisierte Fahrzeuge, die sich auf Verkehrszeichen verlassen, dass sie nicht in der Lage sind, sich an die behördlich angeordneten Regelungen zu halten. Dies betrifft nicht nur die angesprochenen Zonen, sondern

beinahe jede Art von Maßnahmen: Anfang-Schilder ohne zugehörige Ende-Schilder, Anfang- und Ende-Schilder mit unterschiedlichen Zusatztafeln, um nur die häufigsten Beispiele zu nennen. Konkret bedeutet dies, dass – sogar unabhängig von lex2vehicle – Baulastträger angehalten sind, die bestehende Beschilderung auf Konsistenz und Konformität zu den bestehenden verkehrsrechtlichen Vorschriften zu prüfen.

Die digitale Veröffentlichung bringt in diesem Zusammenhang einen klaren Qualitätsgewinn, da nicht die einzelnen Verkehrszeichen, sondern die räumliche Ausprägung der zugrundeliegenden Maßnahme veröffentlicht wird.

5.2.2 Zusatztafeln

Zusatztafeln haben im Rahmen der physischen Veröffentlichung einen besonderen Stellenwert. In der Regel schränken sie den Adressatenkreis einer Maßnahme ein (durch Angabe von Fahrzeug-Parametern wie Gewicht, Maße etc., Angabe des Fahrtzwecks und dergleichen), definieren Gültigkeits-Zeitfenster oder beschreiben die jeweilige Situation, bei deren Eintreten die entsprechende Maßnahme zu beachten ist (Witterung etc.).

Genauso dienen Zusatztafeln dem besseren Verständnis von Maßnahmen, um deren Akzeptanz bei den Verkehrsteilnehmerinnen zu erhöhen. Wird unter einer Geschwindigkeitsbeschränkung beispielsweise die Zusatztafel "Ölspur" angebracht, so beinhaltet diese keine konkretisierte Verhaltensvorgabe auf die mit der Maßnahme "Geschwindigkeitsbeschränkung" verbundenen Bestimmungen, sondern dient primär der Information über die vorliegende Gefahr, um die Verkehrssicherheit zu erhöhen.

Weniger häufig liegt der Zweck von Zusatztafeln darin, die mit den Maßnahmen verbundenen Bestimmungen zu erweitern oder einzuschränken. So besagt beziehungsweise die in Österreich gängige Zusatztafel "ausgenommen Traktoren" unter einem Überholverbot, dass die mit der Maßnahme Überholverbot verbundene Bestimmung, dass das Überholen mehrspuriger Fahrzeuge absolut verboten ist, dahingehend aufgeweicht wird, dass trotz dieser Bestimmung das Überholen von Traktoren gestattet wird.

In der Praxis ergibt dies eine nahezu unendlich wirkende Zahl unterschiedlicher Zusatztafeln. Während diese Annahme sich in Österreich und der Schweiz bewahrheitet, existiert beispielsweise in Deutschland ein abschließend definierter Katalog zulässiger Zusatztafeln. Diese Art der Vereinheitlichung stellt nicht nur für Behörden und Baulastträger eine klare Vorgabe dar, auch menschlichen Verkehrsteilnehmerinnen vermittelt diese Vereinheitlichung ein klareres Bild und weniger Interpretationsspielraum. In Österreich sowie der Schweiz sind Zusatztafeln bis auf einige Ausnahmen nicht normiert. Jede Behörde kann somit – sofern sich der behördliche Wille nicht durch vorgegebene Zusatztafeln ausdrücken lässt – nahezu jeden beliebigen Prosa-Text via Zusatztafel

veröffentlichen. Dies führt nicht nur zu einem ungeahnten Wildwuchs (unterschiedliche Formulierungen für denselben Inhalt), sondern auch zu ungeahnter "behördlicher Kreativität" (manchmal mitunter unabsichtlich auch ins Absurde abgleitend), die Verkehrsteilnehmerinnen im Rahmen der Interpretation ein hohes Maß an Aufmerksamkeit abverlangt.

Will man Zusatztafeln in Zukunft automatisiert erkennen und interpretieren, dann wird man an einer Standardisierung wie in Deutschland nicht vorbeikommen. Zu groß wäre das Risiko einer automatisierten fahrzeugseitigen Fehlinterpretation. Auch für die digitale Veröffentlichung stellt eine Standardisierung der Semantik von Zusatztafeln eine enorme Vereinfachung dar. Bildlich gesprochen sind Zusatztafeln wie ergänzende Textbausteine zu Anordnungstexten zu sehen – freitextliche Formulierungen sind damit nicht (mehr) möglich. Auf diese Weise kann auch die Interpretation im Fahrzeug standardisiert werden, was letztendlich zu größtmöglicher Sicherheit und Verlässlichkeit führt.

5.2.3 Temporäre Maßnahmen

In der Praxis ist nicht selten zu beobachten, dass die physische Veröffentlichung temporärer Maßnahmen (also beispielsweise von Baustellen) nicht den verkehrsrechtlichen Vorschriften entspricht. Dabei geht es vor allem um die Einbettung dieser Maßnahmen in eine bestehende "Maßnahmen-Landschaft".

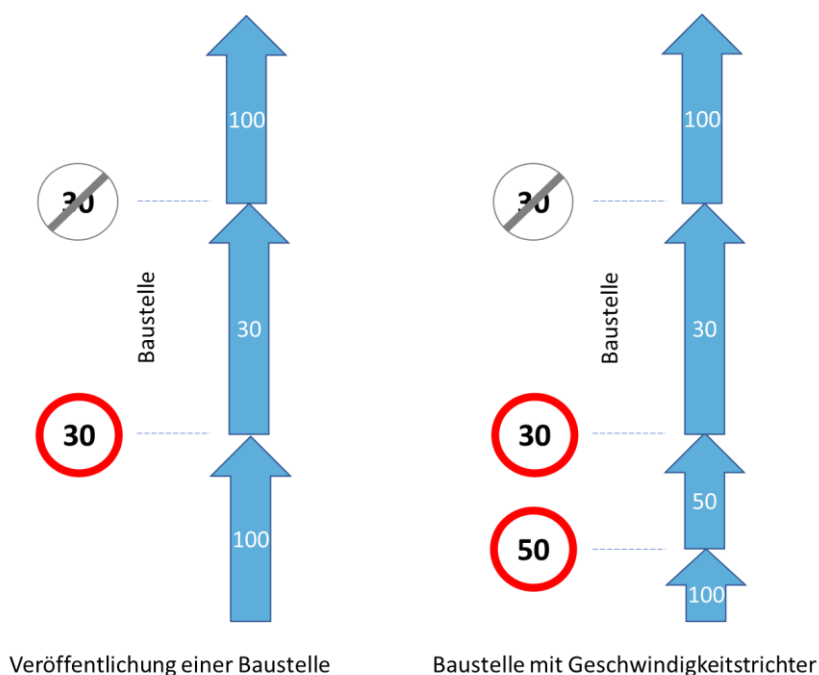


Abbildung 13: Prinzip der Veröffentlichung von Geschwindigkeitsbeschränkungen

Dem vorangestellt sein ein kurzer Exkurs zur Systematik von Geschwindigkeitsbeschränkungen. Den Beginn einer solchen Maßnahme signalisiert ein Anfang-Schild, während das Ende der Maßnahme durch das entsprechende Ende-Schild oder ein neues Anfang-Schild veröffentlicht wird.

Kommt die in Abbildung 13 beispielhafte Baustelle allerdings innerhalb einer bestehenden Tempo-70-Maßnahme zu liegen, gestaltet sich die korrekte Veröffentlichung schon ein wenig komplexer. Das Tempo-30-Anfang-Schild signalisiert den Beginn der Maßnahme, während das Ende derselben nicht durch ein Tempo-30-Ende-Schild, sondern durch ein Tempo-70-Anfang-Schild zu veröffentlichen ist, da nach der Baustelle die ursprüngliche Geschwindigkeitsbeschränkung von 70 km/h weiterhin gelten soll.

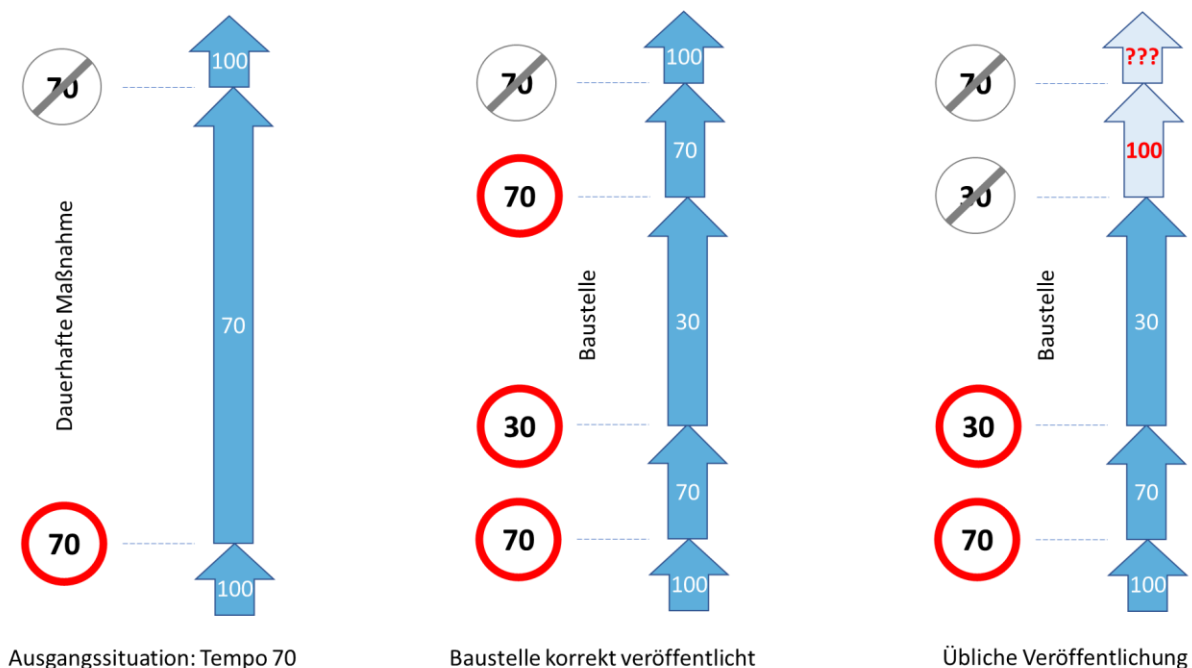


Abbildung 14: Korrekte versus übliche Veröffentlichung einer temporären Geschwindigkeitsbeschränkung

Die Gründe für die "übliche", also nicht korrekte Veröffentlichung vor allem im niederrangigeren Straßennetz liegen auf der Hand: Es sind oft Baufirmen, die für derartige Beschilderungen von Baustellen zuständig sind. Diesen fehlt einerseits die erforderliche Kenntnis über die Zusammenhänge verkehrsrechtlicher Vorschriften und andererseits verfügen sie niemals über ein derart umfassendes Lager mit unterschiedlichen Verkehrsschildern, um für alle etwaigen Situationen die korrekte Beschilderung vornehmen zu können.

Problematisch wird dies alles vor allem dann, wenn abgesehen von der damit verbundenen Rechtsunsicherheit – unabhängig vom automatisierten Fahren – Assistenzsysteme versuchen,

derartige Beschilderungssequenzen zu interpretieren. Letztendlich wird es niemals möglich sein, aus der hier dargestellten Sequenz der "üblichen" Beschilderung die zulässigen Geschwindigkeitslimits abzuleiten.

Für diese Situation gibt es einen Lösungsvorschlag, der sowohl für menschliche Verkehrsteilnehmerinnen als auch für automatisierte Fahrzeuge klar interpretierbar und gleichzeitig für Baufirmen oder andere für die physische Veröffentlichung Zuständige auch handhabbar ist. Temporäre Maßnahmen werden durch spezielle Verkehrszeichen veröffentlicht, die den Verkehrsteilnehmerinnen klar signalisieren, dass die temporäre Maßnahme an derselben Stelle geltende bestehende Maßnahmen bloß "überlagert". Sofern die temporäre Maßnahme beendet ist, gilt wieder die "darunter liegende" dauerhafte Maßnahme. Dies wäre die konsequente Fortsetzung der Vorgehensweise wie bei temporären Bodenmarkierungen. Auch hier werden die dauerhaften Markierungen nicht entfernt, sondern ist deren Gültigkeit in diesem Bereich aufgehoben.

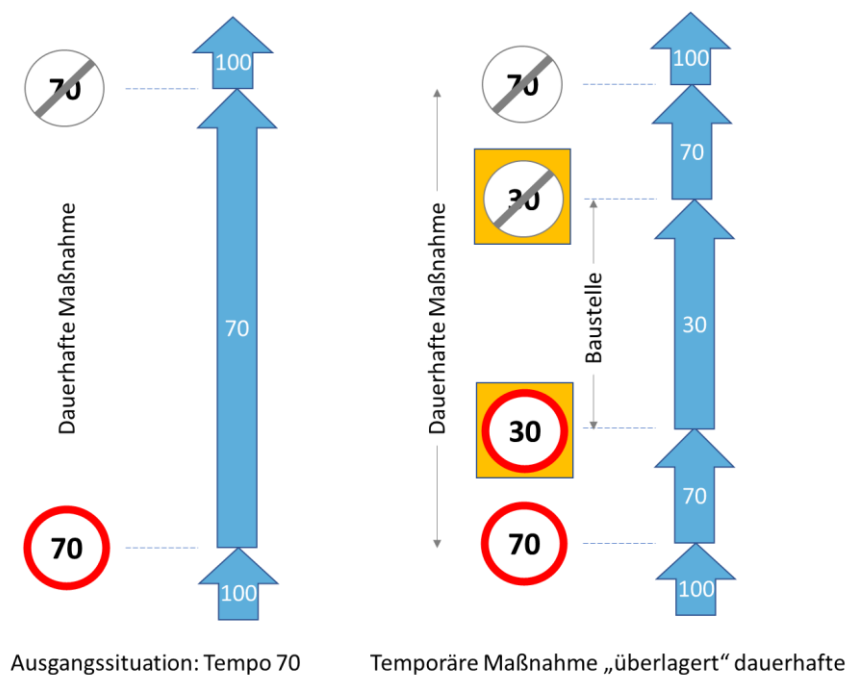


Abbildung 15: Vorschlag für die Veröffentlichung temporärer Maßnahmen

Würden die temporären Verkehrszeichen beispielsweise derart gestaltet sein, dass das ursprüngliche Schild in einem orangen Quadrat angeordnet ist, würden sich die Investitionskosten für diese neuen Baustellenschilder bestenfalls auf die Anschaffung orangener Tafeln beschränken, über die – zumindest in einer Übergangsphase – die ursprünglichen Schilder montiert werden können.

Die grundlegende Systematik dieser "Überlagerung" von temporären und dauerhaften Maßnahmen ist bereits Bestandteil der zuvor beschriebenen Strukturierung verkehrsrechtlicher Vorschriften und bedarf an dieser Stelle somit keiner Erweiterungen.

6 Veröffentlichung digital (AP6)

Im Rahmen von Arbeitspaket 6 wird ein Konzept zur Entwicklung notwendiger Mechanismen vorgestellt, die eine digitale Übertragung verkehrsrechtlicher Vorschriften in automatisiert fahrende Fahrzeuge erlaubt. Denn, genauso wie eine menschliche Fahrerin, muss auch ein automatisiert fahrendes Fahrzeug, die für das Fahrzeug geltenden verkehrsrechtlichen Vorschriften einhalten. Um dies zu gewährleisten, muss eine Schnittstelle zwischen Recht und Maschine geschaffen werden. Verkehrsrechtliche Vorschriften sind üblicherweise in Textform verfasst und nicht an Maschinen, sondern an Menschen adressiert. Diese Rechtstexte folgen im Aufbau somit keiner maschinene geeigneten Struktur und können zudem Bedingungen und Handlungsanweisungen enthalten, die allgemein und oftmals unbestimmt formuliert sind und von der menschlichen Fahrerin interpretativ umgesetzt werden müssen. Wie bereits in Arbeitspaket 2 beschrieben ist daher für automatisiert fahrende Fahrzeuge ein angepasster Rechtstext ("AD_StVO") notwendig, welcher die bestehenden verkehrsrechtlichen Vorschriften so präzisiert und strukturiert, dass diese in eine digitale, maschinell interpretierbare Form überführt werden können und ihre Übertragung in das Fahrzeug ermöglicht wird. Dies bedingt sowohl die Betrachtung des digitalen Übertragungskanal als auch der dabei verwendeten Datenstrukturen.

Verkehrsrechtliche Vorschriften für automatisiert fahrende Fahrzeuge müssen so aufgebaut sein, dass sie von der Fahrlogik richtig interpretiert werden können. Hierfür wird eine formale Sprache als länderübergreifende Plattform vorgeschlagen, in der verkehrsrechtliche Vorschriften länderspezifisch auf atomarer Ebene ausgedrückt werden können und die jedes Fahrzeug versteht und eindeutig interpretieren kann. Dabei kann sich ein OEM bei der Realisierung einer interpretierenden Logik auf die Teile der AD_StVO beschränken, die innerhalb der ODD der Automatisierungsfunktion auftreten können. Bietet man zum Beispiel eine Automatisierungsfunktion nur für Autobahnen an, brauchen Regeln die nur innerorts gelten nicht umgesetzt zu werden.

Vorschriften entsprechen dabei elementaren, rechtlichen Festlegungen, welche Bedingungen mit Konsequenzen koppeln. Diese Isolierung entspricht weitgehend der Art, wie rechtliche Sachverhalte zitiert werden. Wichtig ist, dass das Fahrzeug die benötigten, elementaren Informationen zur Auswertung der Bedingungen für die Vorschriften aus dem seiner Fahrlogik zugrundeliegenden Datenbestand liefern beziehungsweise ableiten kann sowie die Konsequenzen der Vorschriften, also die rechtsverbindlichen Handlungsanweisungen, in seiner Fahrlogik umsetzen kann. Durch die aussagenlogische Verknüpfung der Bedingungen und Konsequenzen lässt sich die Logik verkehrsrechtlicher Vorschriften formal abbilden. Da nicht jede existierende Vorschrift jederzeit gilt, ist zusätzlich ein Mechanismus implementiert, welcher fortlaufend die Menge der aktuell für das Fahrzeug geltenden Vorschriften rechtsverbindlich identifiziert. Nur für diesen Satz aktuell relevanter Regeln muss das Fahrzeug dynamisch und fortlaufend den Bedingungsterm aussagenlogisch

überprüfen, um die aktuell geltenden rechtlichen Konsequenzen zu ermitteln und umzusetzen. Dieses Konzept zur Kodierung verkehrsrechtlicher Vorschriften wird in Kapitel 6.1 näher spezifiziert.

Neben der semantischen gilt es auch eine räumliche Komponente zu beachten. Die Frage, an welcher Stelle im Straßenraum welche Vorschriften gelten, ist für die korrekte Interpretation des Handlungsspielraums seitens der menschlichen Verkehrsteilnehmerinnen genauso wie der automatisierten Fahrzeuge essenziell und wird in Kapitel 6.2 behandelt. Basis für eine entsprechende Verortung von Maßnahmen ist eine digitale Grundkarte, deren Inhalte und Qualitätskriterien klar zu definieren sind. Für die auf diese Grundkarte referenzierenden Maßnahmen ist in weiterer Folge ein geeigneter Modellierungsansatz zu finden, der Grundlage sowohl für die physische als auch die digitale Veröffentlichung ist.

Bezogen auf die Datenkommunikation ist das Bestreben, dass das Fahrzeug zu jeder Zeit den aktuellen Stand, der an der Position des Fahrzeugs geltenden verkehrsrechtlichen Vorschriften empfängt. Wir können aber nicht davon ausgehen, dass es möglich sein wird, auf allen Straßen und zu jeder Zeit eine 100%ige Verfügbarkeit von digitaler Konnektivität zu garantieren. Der Ausfall von Kanälen beziehungsweise das Unterschreiten minimaler Qualitätsgütekriterien darf dabei aber auf keinen Fall zu Rechtsunsicherheit führen. Ein Fahrzeug muss daher auf jeden Fall jederzeit erkennen, wenn diese Information gar nicht oder nicht aktuell vorliegt. Diese Anforderung gilt sowohl für statische wie auch dynamisch wechselnde Informationen (zum Beispiel bei Wechselverkehrszeichen). Aktuell existieren bereits eine Vielzahl unterschiedlicher Kommunikationskanäle zwischen Fahrzeug und Infrastruktur, welche jedoch lediglich den Charakter einer Informationsübermittlung für die menschliche Fahrerin besitzen und auch keiner rechtlichen Verbindlichkeit unterliegen. Außerdem ist es momentan nicht möglich, das Nicht-Vorhandensein von Informationen zu übermitteln. Isoliert betrachtet ist somit keiner der existierenden Kanäle für die rechtsverbindliche Übertragung verkehrsrechtlicher Vorschriften ausreichend geeignet. In Kapitel 6.3 werden existierende Kanäle hinsichtlich ihrer Eigenschaften analysiert sowie die Anforderungen an einen geeigneten Übertragungskanal für verkehrsrechtliche Vorschriften beschrieben.

6.1 Kodierung verkehrsrechtlicher Vorschriften

6.1.1 Einführung

In diesem Abschnitt wird das Konzept zur Kodierung verkehrsrechtlicher Vorschriften vorgestellt. Ziel ist es, dass der Fahrlogik eines automatisiert fahrenden Fahrzeugs jederzeit der Inhalt aller relevanten Vorschriften in einer für die Fahrlogik des Fahrzeugs verarbeitbaren und verständlichen Form vorliegen, sodass daraus resultierende, konkrete Handlungsanweisungen definiert sind und umgesetzt werden können. Als formale Sprache wird hierfür eine domänenspezifische Sprache

verwendet, in der anwendungsbezogenen ein Rahmen geschaffen wird, um die Logik verkehrsrechtlicher Vorschriften länderübergreifend in einer maschinenlesbaren Form abzubilden. Die formale Modellierung wird in diesem Bericht mit einer grafischen Modellierungssprache auf Basis der Unified Modelling Language (UML)⁴² realisiert und begünstigt somit das Verständnis des Konzepts auch ohne ausgeprägte Programmierkenntnisse. Grundsätzlich kann die formale Modellierung genauso aber auch in einer formalen Sprache in textueller Form erfolgen (beispielsweise durch Sprachdefinition in Erweiterter Backus-Naur-Form⁴³). Die Wahl der Verwendung einer grafischen Sprache für diesen Bericht sollte nicht als Empfehlung für die spätere Wahl für eine Form zur Umsetzung des Konzepts verstanden werden. Sie ist vielmehr ausschließlich durch den Wunsch einer besseren Verständlichkeit in dieser frühen Phase des Konzepts geleitet. Es sei auch darauf hingewiesen, dass es möglich ist grafische Modellierungssprachen so zu gestalten, dass eine textuelle, formale Sprachrepräsentation automatisch daraus abgeleitet werden kann. So verwenden zum Beispiel einige der Standards im Bereich Verkehrsinformationen, die in Kapitel 6.3 beschrieben werden ebenfalls UML zur Definition von Daten, wobei die Modelle dann zur maschinellen Verarbeitung automatisch in textuelle, formale Sprachen (zum Beispiel gemäß dem XML Schema Standard⁴⁴) überführt werden.

Angelehnt an den Aufbau von Rechtstexten sind Vorschriften im Modell so aufgebaut, dass sie Bedingungen als aussagenlogische Terme beschreiben und sie mit einer konkreten rechtlichen Konsequenz koppeln. Die Informationen zur Auswertung der Bedingungen müssen maschinell ermittelbar sein und vom Fahrzeug zur Verfügung gestellt werden können. Das bedeutet, dass die Attribute des Bedingungsmodells (alternativ: relevante Terminalsymbole der Bedingungen in einer textuellen DSL) elementare Sachverhalte abbilden, die der Fahrlogik des Fahrzeuges bereits konkret als Daten vorliegen, oder die sie aus den vorliegenden Daten eindeutig berechnen kann. Ebenso müssen die Attribute des Konsequenz Modells vom Fahrzeug eindeutig interpretierbar und umsetzbar sein. Eine formal modellierte Vorschrift entspricht immer einer atomaren Sequenz als Teil der verkehrsrechtlichen Vorschriften, welche genau eine konkrete Konsequenz beinhaltet.

Nicht jede Vorschrift muss von jedem Fahrzeug sowie an jeder Position und in jeder Situation im Straßenverkehr eingehalten werden. Aus diesem Grund ist ein Mechanismus zur Ermittlung der aktuell relevanten Vorschriften implementiert. Dadurch existiert für das Fahrzeug zu jedem Zeitpunkt eine rechtsverbindliche Teilmenge aller verkehrsrechtlichen Vorschriften, die fortlaufend ausgewertet und ggf. eingehalten werden müssen. Durch Verkehrszeichen oder andere Einflüsse, die

⁴² ISO/IEC 19505-1:2012 – Information technology — Object Management Group Unified Modeling Language (OMG UML) — Part 1: Infrastructure.

⁴³ ISO/IEC 14977:1996 – Information technology — Syntactic metalanguage — Extended BNF.

⁴⁴ World Wide Web Consortium (W3C), XML Schema, <https://www.w3.org/XML/Schema> (2.2.2022).

als Trigger fungieren, wird die Menge der aktuell relevanten Vorschriften neu bewertet. Das bedeutet, dass aktuell relevante Vorschriften nicht mehr relevant werden können und bislang nicht relevante Vorschriften relevant werden.

Zum Schluss wird anhand einiger Beispiele aufgezeigt, welches Verbesserungspotenzial die Anpassung der bestehenden verkehrsrechtlichen Vorschriften im Rahmen einer AD_StVO beinhaltet.

6.1.2 Formale Modellierung verkehrsrechtlicher Vorschriften

6.1.2.1 Konzept und Funktionsweise

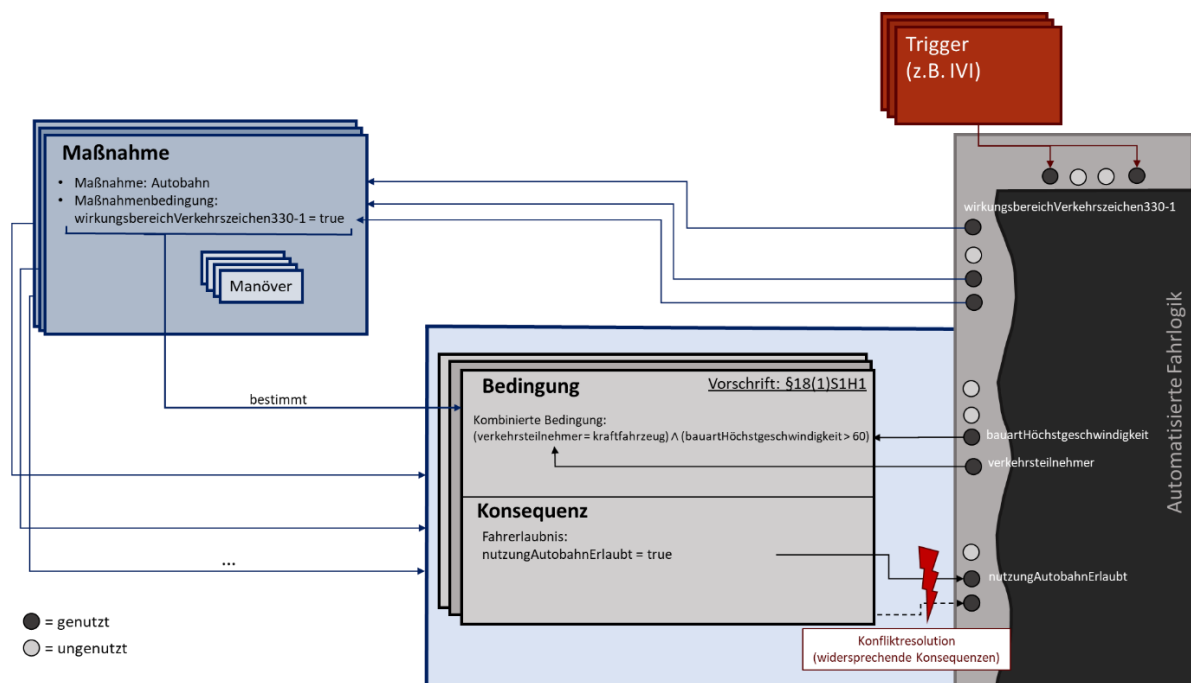


Abbildung 16: Grafische Darstellung des Konzepts

In Abbildung 16 ist die grundsätzliche Funktionsweise dargestellt, wie Inhalte von verkehrsrechtlichen Vorschriften mit der Fahrlogik eines automatisiert fahrenden Fahrzeugs verknüpft werden können. Im rechten Bereich ist die automatisierte Fahrlogik als schwarze Fläche abgebildet. Die hellen und dunklen Kreise stellen elementare Attribute (Terminalsymbole der DSL) dar, die zwischen der Fahrlogik und der digitalen Instanz verkehrsrechtlicher Vorschriften ausgetauscht werden. Grundsätzlich muss der Fahrlogik zu jedem Zeitpunkt klar sein, welche Vorschriften aktuell für das Fahrzeug gelten und welche Rechtskonsequenz daraus folgt.

Mit Hilfe von bedingt gültigen Maßnahmen und Manövern wird die "Relevanz" einer Vorschrift ermittelt. Die Maßnahmen sind in der Grafik oben links als überlagerte blaue Rechtecke abgebildet

und entsprechen dem Wirkungsbereich von Verkehrszeichen (zum Beispiel Verkehrszeichen 330.1 in Deutschland für die Autobahn). Jede Maßnahme enthält Manöver, die als kleine hellblaue Rechtecke innerhalb der Maßnahme sichtbar sind. Maßnahmen und Manöver sind mit Bedingungen verknüpft, deren Auswertung definiert, ob die jeweilige Maßnahme beziehungsweise das jeweilige Manöver zurzeit relevant ist. Zur Auswertung dieser Bedingungen werden über die jeweiligen Terminalsymbole fahrzeugseitige Inputs vorausgesetzt. Sobald eine Maßnahme oder ein Manöver relevant ist, werden auch die referenzierten Vorschriften relevant und müssen fortlaufend ausgewertet werden (zum Beispiel bei der Maßnahme Autobahn alle Vorschriften, die auf der Autobahn manöverübergreifend eingehalten werden müssen).

Die übereinander gelagerten grauen Rechtecke entsprechen einzelnen Vorschriften, die Bedingungen mit einer Konsequenz koppeln. Zur Auswertung der Bedingungen innerhalb der Vorschriften werden ebenfalls fahrzeugseitige Inputs über die Terminalsymbole benötigt (zum Beispiel um welche Art von Verkehrsteilnehmerin handelt es sich bei dem Fahrzeug oder wie hoch ist die bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit). Damit die Fahrlogik diese Information liefern kann, muss sie maschinell ermittelbar sein. Dabei kann dieser Input zum Beispiel von den intern hinterlegten Daten bezogen werden, mit entsprechender Sensorik erfasst oder anderweitig vom Hersteller zur Verfügung gestellt sein. Die mit den Bedingungen gekoppelte Konsequenz muss ebenfalls maschinell verarbeitbar und eindeutig umsetzbar sein (zum Beispiel "höchstgeschwindigkeit=80"). Jede Konsequenz enthält ein Attribut (beziehungsweise Terminalsymbol), worüber der Fahrlogik die entsprechende Anweisung übermittelt wird (zum Beispiel "beleuchtungseinrichtungenBenutzen=true"). Die aktuell genutzten Schnittstellen beziehungsweise Terminalsymbole zwischen dem Modell und der Fahrlogik sind als dunkle Kreise abgebildet. Dabei kann es sich um an die Fahrlogik übermittelte Konsequenzen oder um von der Fahrlogik erhaltene Inputs handeln. Aktuell ungenutzte Schnittstellen werden mit hellen Kreisen symbolisiert und sind aktuell nicht relevant.

Vorschriften, die von relevanten Maßnahmen oder Manövern referenziert werden, sind somit auch relevant und müssen fortlaufend ausgewertet und ggf. nach positiver Prüfung weiterer interner Vorschriftenbedingungen eingehalten werden. Das entspricht der Umsetzung der in der Vorschrift enthaltenen Konsequenz.

Der rote Blitz im unteren Bereich der Grafik stellt den Fall von sich widersprechenden Konsequenzen dar. Das bedeutet, dass ein Attribut zeitgleich mit unterschiedlichen Werten beschrieben wird oder aber, dass zwei unterschiedliche Attribute der Fahrlogik sich gegenseitig widersprechende Anweisungen erteilen. Diese Thematik wird in Kap 6.1.3.2 behandelt.

Im oberen Bereich der Grafik sind Trigger als rote Rechtecke dargestellt. Ein Trigger wird zum Beispiel ausgelöst, wenn die Verortung einer gültigen Maßnahme übermittelt wird (dies kann sowohl durch visuelle Erkennung von Verkehrszeichen, aber auch digital zum Beispiel über IVI erfolgen oder aufgrund des Matchings der Fahrzeugposition auf einer digitalen Karte). Trigger bewirken eine

Neuberechnung der Menge relevanter Vorschriften, sodass die Relevanz der aktuellen Vorschriften sowie die aktuellen Attribut-Werte neu bewertet werden (siehe Kapitel 6.1.3.1).

6.1.2.2 Formale Sprache (domain-specific language)

Für die Modellierung des Konzepts aus Abbildung 16 wird eine formale Sprache verwendet. Besonders geeignet ist hierfür eine domänenspezifische Sprache (engl. domain-specific language, kurz DSL), da mittels einer DSL in einfacher Form sowie anwendungsspezifisch ein Problemfeld abgebildet werden kann. Dabei wird die DSL anwendungsspezifisch so entwickelt, dass sie länderübergreifend in der Lage ist, als geeignete Schnittstelle zwischen verkehrsrechtlichen Vorschriften und automatisiert fahrenden Fahrzeugen zu fungieren. Der Fokus der verwendeten, grafischen DSL liegt hierbei auf der Anwendungsdomäne und setzt keine ausgeprägten Programmierkenntnisse voraus. Dabei wird hier die grafische Modellierungssprache Unified Modeling Language (UML) verwendet. UML ist eine weit verbreitete Modellierungssprache und wird unter anderem auch in existierenden Datenaustauschstandards mit verkehrsrechtlichen Inhalten (wie zum Beispiel DATEX II⁴⁵ oder TN-ITS⁴⁶) verwendet. Grundsätzlich sei noch einmal erwähnt, dass das vorgestellte Konzept der Modellierung verkehrsrechtlicher Vorschriften nicht abhängig von der gewählten Modellierungssprache ist und sich ebenso mit anderen Sprachen umsetzen lässt.

6.1.2.3 Strukturierung verkehrsrechtlicher Vorschriften im Modell

Das vorgestellte Konzept wird nun in einer geeigneten Struktur modelliert. Exemplarisch wird die formale Modellierung auf konkreter Ebene anhand der deutschen StVO durchgeführt. Genauso lassen sich jedoch auch die verkehrsrechtlichen Vorschriften aus anderen Rechtstexten abbilden.

In Abbildung 17 ist der Überblick des Modells als Klassendiagramm grafisch modelliert. Die Rechtecke im Klassendiagramm sind einzelne Klassen und fungieren als Oberbegriff für eine Gruppe von konkreten Objekten, zum Beispiel "Maßnahme" als Klasse für die konkreten Objekte "Autobahn" oder "Kraftfahrtstraße". Im Modell beschreiben Klassendiagramme die DSL (mit limitierter Nutzung von Spezialisierungen zur Strukturierung), wohingegen Objektdiagramme (also die konkrete Instanz eines Klassendiagramms) die AD_StVO digital beschreiben.

⁴⁵ CEN/TS 16157 – Intelligent transport systems - DATEX II data exchange specifications for traffic management and information.

⁴⁶ CEN/TS 17268:2018 – Intelligent transport systems - ITS spatial data - Data exchange on changes in road attributes.

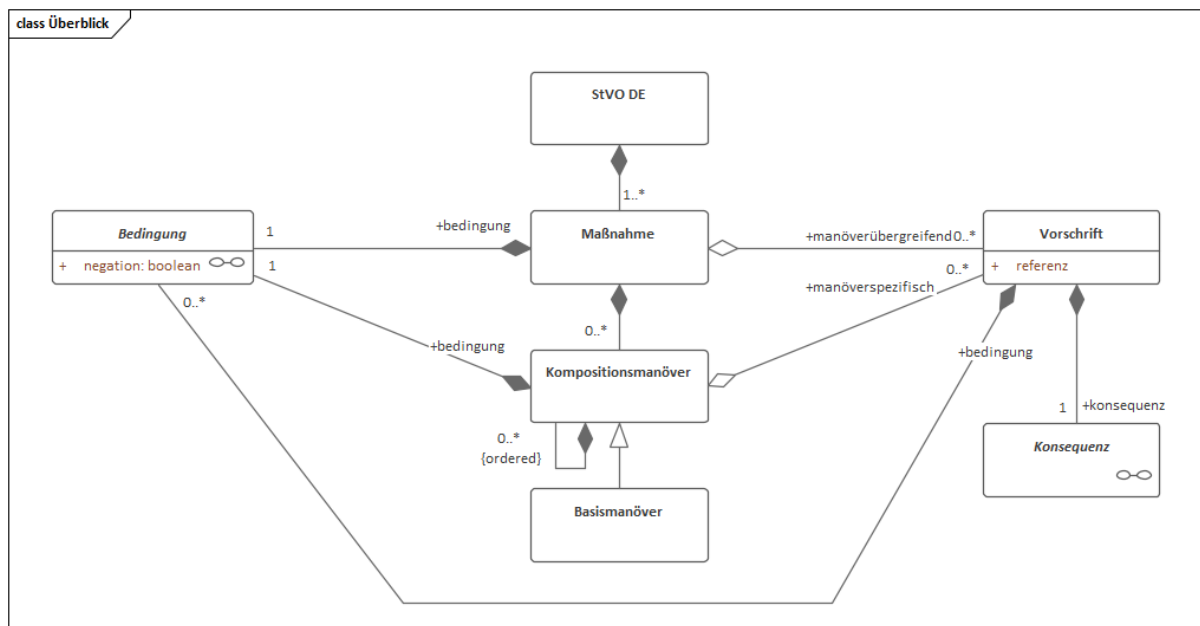


Abbildung 17: Überblick

Die dargestellten Klassen in Abbildung 17 sowie die Beziehungen, werden im Folgenden näher erläutert.

Abstrakte Ebene: Maßnahmen

Maßnahmen beziehen sich auf die im Geltungsbereich von Verkehrszeichen gültigen Anordnungen und sind bedingt gültig. Das bedeutet, wenn sich ein Fahrzeug im Wirkungsbereich eines Verkehrszeichens befindet, zum Beispiel Verkehrszeichen 330.1 (StVO DE; Autobahn), so werden alle Vorschriften relevant, die von dieser Maßnahme referenziert werden. Im genannten Beispiel also alle manöverübergreifenden Vorschriften, die auf der Autobahn in Deutschland gelten. Das hat zur Folge, dass diese fortlaufend ausgewertet werden und ggf. eingehalten werden müssen. Die Bedingungen für die Relevanz von Maßnahmen sind als aussagenlogischer Ausdruck modelliert. Zum aktuellen Zeitpunkt erzeugen die aufgestellten Schilder eine rechtlich bindende Wirkung und werden von Fahrzeugen zum Beispiel mit Hilfe von Kameras erfasst und ausgewertet. Die Relevanz von Maßnahmen müssen technisch nicht zwangsweise aufgrund der Bilderkennung entsprechender Schilder ermittelt werden. Sie können durchaus auch digital veröffentlicht werden, also zum Beispiel durch Empfang einer IVS-Meldung oder Attributierung einer digitalen Karte. Entscheidend für das Konzept ist, dass die Software des Fahrzeugs die Relevanz einer Maßnahme jederzeit ermitteln kann.

Abstrakte Ebene: Manöver

Alle Maßnahmen können Manöver enthalten, welche ebenfalls bedingt gültig sind. Wie bereits in Arbeitspaket 4 beschrieben, handelt es sich hierbei um "Basismanöver" oder

"Kompositionsmanöver", die aus verschiedenen Teilmanövern bestehen können. Basismanöver sind Manöver mit einem geringen Abstraktionsgrad, wie zum Beispiel "Vorwärtsfahren" oder "Geschwindigkeit erhöhen". Kompositionsmanöver können sich aus mehreren Basis- oder anderen Kompositionsmanövern zusammensetzen, wie zum Beispiel "Linksüberholen", wo beispielsweise die Basismanöver "FahrstreifenwechselLinks" oder "Vorbeifahren" enthalten sind.

Der Status der Relevanz eines Manövers wird ebenfalls über aussagenlogische Ausdrücke ermittelt. Normalerweise handelt es sich hierbei um Aktionen, die von der Fahrlogik selbst eingeleitet werden, so dass die Ermittlung für die Software des Fahrzeugs trivial ist. Es existieren jedoch auch Bedingungen, wo zusätzliche Informationen benötigt werden, die beispielsweise sensorisch erfasst werden müssen (zum Beispiel Fahrzeug wird überholt). Auch Manöver können Vorschriften referenzieren, welche dann in die Menge relevanter Vorschriften überführt werden.

Konkrete Ebene: Vorschriften

Vorschriften entsprechend elementaren, rechtlichen Festlegungen, welche Bedingungen mit Konsequenzen koppeln. Diese Isolierung entspricht weitgehend der Art, wie konkrete, rechtliche Sachverhalte zitiert werden. Deswegen hat jede im Modell instanziierte Vorschrift eine Referenz, die an die Konventionen zur Referenz rechtlicher Sachverhalte angelegt ist.

Wie bereits erwähnt, sind viele von diesen Vorschriften in einer konkreten Fahrsituation nicht relevant. Einige sind aufgrund der ODD eines automatisierten Fahrzeugs niemals relevant. Dieser Prozess wird mittels der Abstrakten Ebene (Maßnahmen und Manöver) abgebildet, die eine Teilmenge "relevanter" (d.h. in der aktuellen Fahrsituation vom Fahrzeug auszuwertender) Vorschriften definiert. Innerhalb der konkreten Ebene, also innerhalb der Vorschriften, können weitere Bedingungen enthalten sein. Taucht innerhalb einer Vorschrift keine Bedingung auf, muss diese Vorschrift innerhalb des jeweiligen Landes immer eingehalten werden und ist nicht abhängig von zum Beispiel einer bestimmten Fahrsituation.

Beispiel: § 1 Abs. 1 StVO DE

"Die Teilnahme am Straßenverkehr erfordert ständige Vorsicht und gegenseitige Rücksicht."

Wenn Bedingungen in einer Vorschrift enthalten sind, dann kann es sich dabei um Maßnahmenbedingungen (zum Beispiel "wirkungsbereichVerkehrszeichen330-1"), Manöverbedingungen (zum Beispiel "manöverLinksÜberholen") oder um Bedingungen innerhalb der Vorschrift handeln (zum Beispiel "verkehrsteilnehmer = Pkw"). Sobald eine Bedingung aus einer Vorschrift mit einer Maßnahme oder einem Manöver verknüpft wird, taucht diese in der konkreten Ebene nicht mehr auf, da sie ja bereits auf einer höheren Ebene ausgewertet wurde. Wenn eine Vorschrift "relevant" ist (d.h. Maßnahmenbedingung und ggf. Manöverbedingung sind erfüllt) und die Bedingung auf konkreter Ebene erfüllt ist, so muss die Konsequenz dieser Vorschrift eingehalten werden.

Beispiel: § 5 Abs. 1 StVO DE

"Es ist links zu überholen."

Die Handlungsvorgabe innerhalb einer geltenden Vorschrift, die sich an die Fahrzeugführerin beziehungsweise an ein automatisiert fahrendes Fahrzeug richtet, wird im Modell als Konsequenz bezeichnet. Die Konsequenz einer Vorschrift ist mit anderen Worten eine rechtliche Anforderung, die von der Adressatin zwingend eingehalten beziehungsweise umgesetzt werden muss. Das Prinzip von Bedingung und Konsequenz bilden die Grundlage, um die Logik verkehrsrechtlicher Vorschriften zu modellieren.

Häufig ist es nicht möglich, ganze Paragraphen oder Absätze als eine einzelne Vorschrift in das Bedingungs- und Konsequenzen-Modell zu überführen, da häufig mehrere Bedingungen mit unterschiedlichen Konsequenzen verknüpft sind und somit nicht eindeutig interpretierbar darstellbar sind.

Beispiel: § 4 Abs. 1 StVO DE

"Der Abstand zu einem vorausfahrenden Fahrzeug muss in der Regel so groß sein, dass auch dann hinter diesem gehalten werden kann, wenn es plötzlich gebremst wird. Wer vorausfährt, darf nicht ohne zwingenden Grund stark bremsen."

Im Beispiel ergeben sich innerhalb eines Absatzes aus der deutschen StVO zwei unterschiedliche Konsequenzen ("Abstand zu einem vorausfahrenden Fahrzeug" und "nicht ohne zwingenden Grund stark bremsen"), welche aufgrund der Erfüllung unterschiedlicher Bedingungen umgesetzt werden müssen ("Abstand zu einem vorausfahrenden Fahrzeug" und "wer vorausfährt" beziehungsweise selbst vorausfahrend). Im Modell muss diese Vorschrift in folgende Regeltherme unterteilt werden, so dass Bedingungen und Konsequenzen eindeutig miteinander verknüpft werden können:

Regeltherm 1: § 4 Abs. 1 Satz 1 StVO DE

"Der Abstand zu einem vorausfahrenden Fahrzeug muss in der Regel so groß sein, dass auch dann hinter diesem gehalten werden kann, wenn es plötzlich gebremst wird."

Regeltherm 2: § 4 Abs. 1 Satz 2 StVO DE

"Wer vorausfährt, darf nicht ohne zwingenden Grund stark bremsen."

Letztendlich muss jeder Paragraf innerhalb verkehrsrechtlicher Vorschriften so weit in einzelne Regeltherme unterteilt werden (zum Beispiel in Satz, Halbsatz, Nummer, litera), so dass jede Vorschrift genau eine Konsequenz für die Fahrzeugführerin beziehungsweise für das automatisiert fahrende Fahrzeug enthält.

Bedingungsmodell (Inputs)

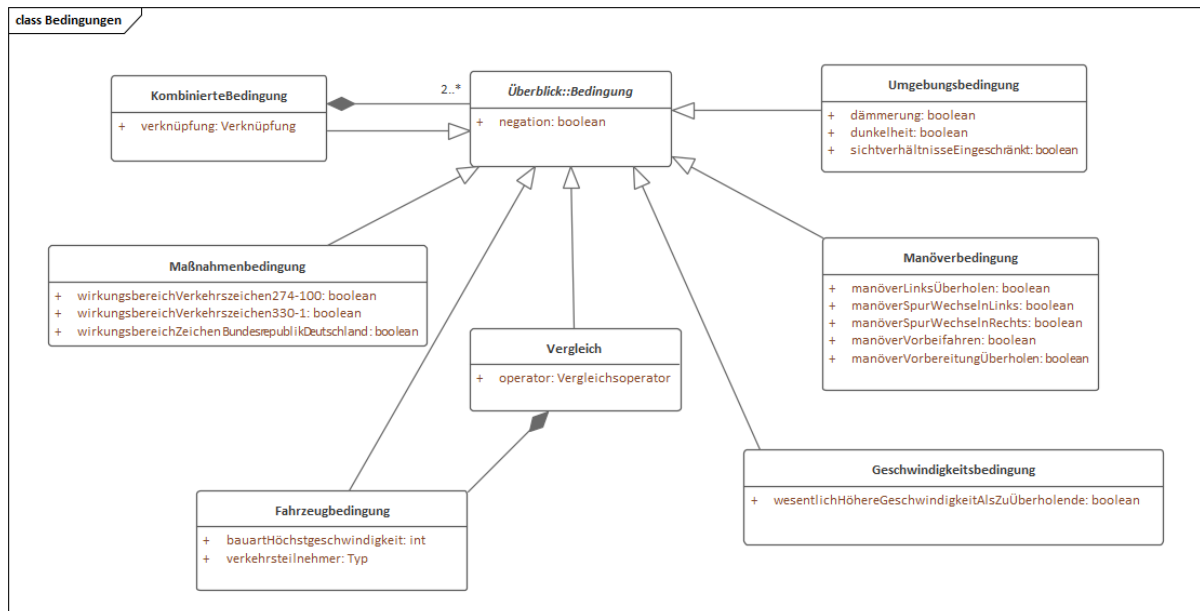


Abbildung 18: Bedingungsmodell

Maßnahmen, Manöver und somit auch alle referenzierten Vorschriften sind bedingt relevant. Die Relevanz wird auf Basis unterschiedlicher Bedingungen aus dem Bedingungsmodell ermittelt. Jedes Bedingungsattribut, welches für die Ermittlung der Relevanz benötigt wird, muss im Bedingungsmodell enthalten sein.

Mit den Möglichkeiten einer Negation (*negation* = „true“), der logischen Konjunktion (*verknüpfung* = „und“) und der logischen Disjunktion (*verknüpfung* = „oder“) und mit Vergleichsoperatoren („größer“, „größerGleich“, „kleiner“, „kleinerGleich“), lässt sich die Bedingungs-Logik von Vorschriften modellieren. Auf Ebene der Bedingungsattribute werden drei Arten von primitiven Datentypen verwendet:

- Numerisches Attribut
zum Beispiel "bauartHöchstgeschwindigkeit >= 60"
- Elementarer Sachverhalt als Wahrheitswert
zum Beispiel "wirkungsbereichVerkehrszeichen274-100 = true"
- Wert aus einer Auswahlliste (Enumeration)
zum Beispiel "verkehrsteilnehmer = kraftfahrzeug"

Für die Auswertung der Bedingungen ("true" oder "false") werden bestimmte Informationen vom Fahrzeug oder aus der Umgebung benötigt und werden als Inputs bezeichnet. Die elementaren Aussagen aus dem Bedingungsmodell müssen so modelliert sein, dass sie vom Fahrzeug ermittelbar

sind. Die Bereitstellung beziehungsweise Ermittlung von fahrzeuginternen Informationen ist dabei einfach (zum Beispiel aktuelle Geschwindigkeit). Umgebungsinformationen hingegen können zum Beispiel über die interne Sensorik oder über geeignete Kanäle bezogen und bereitgestellt werden (zum Beispiel Wetterverhältnisse).

Die Gruppierung der Bedingungs-Attribute in zum Beispiel "Umgebungsbedingung" oder "Fahrzeugbedingung" enthält keine aussagenlogische Semantik, sondern dient der besseren Strukturierung zur übersichtlicheren Darstellung.

Konsequenzmodell

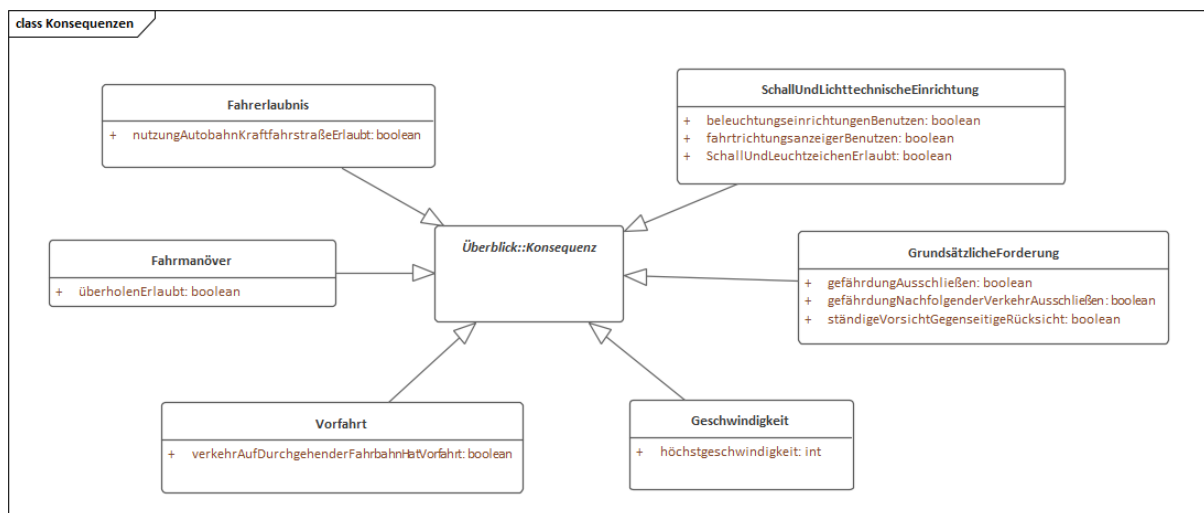


Abbildung 19: Konsequenzmodell

Im Konsequenzmodell müssen alle möglichen Konsequenzen aus den unterschiedlichen Vorschriften enthalten sein. Dabei besitzt jede Vorschrift genau eine Konsequenz. Sobald eine Vorschrift relevant ist und ggf. auch die konkrete Bedingung innerhalb der Vorschrift "true" ergibt, ist die verknüpfte Konsequenz einzuhalten. Auf elementarer Ebene werden für die Konsequenzattribute die gleichen Arten von primitiven Datentypen verwendet, wie im Bedingungsmodell:

- Numerisches Attribut
zum Beispiel "höchstgeschwindigkeit = 100"
- Elementarer Sachverhalt als Wahrheitswert
zum Beispiel "beleuchtungseinrichtungenBenutzen = true"
- Wert aus einer Auswahlliste (Enumeration)
zum Beispiel "fahrtrichtungsanzeigerAktivieren = rechts"

Analog zu den Bedingungs-Attributen muss die Fahrlogik in der Lage sein, die Konsequenz-Attribute zu interpretieren und auch umsetzen können.

Die Gruppierung der Konsequenz-Attribute in zum Beispiel "Fahrmanöver" oder "Grundsätzliche Forderung" enthält keine Semantik, sondern dient der Strukturierung zur übersichtlichen Darstellung.

6.1.2.4 Modellierung einer Vorschrift (Beispiel)

Anhand einer Vorschrift aus der deutschen StVO soll im Folgenden das Prinzip der Modellierung verdeutlicht werden. Dabei korrelieren die verwendeten Farben innerhalb der Textform mit denen im UML-Modell und zeigen auf, welcher Teil der Vorschrift wo modelliert ist.

§ 18 Abs. 1 Satz 1 Halbsatz 1 StVO (DE)

Autobahnen (Zeichen 330.1) und Kraftfahrstraßen (Zeichen 331.1) dürfen nur mit Kraftfahrzeugen benutzt werden, deren durch die Bauart bestimmte Höchstgeschwindigkeit mehr als 60 km/h beträgt;

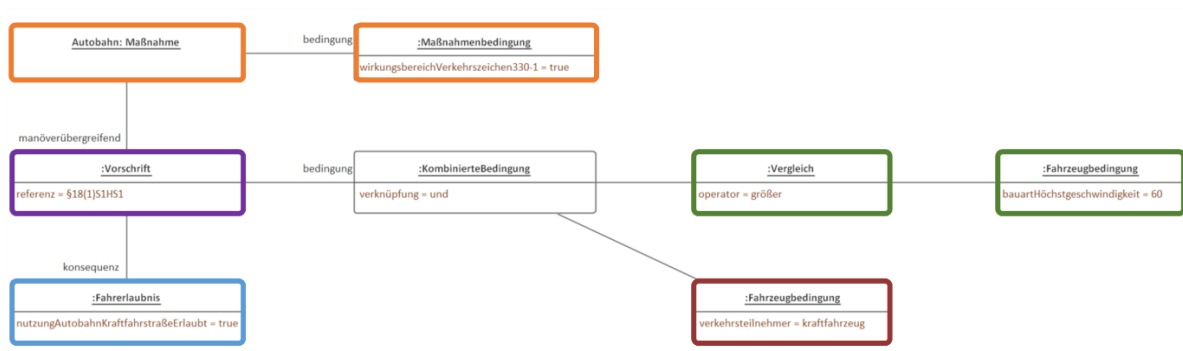


Abbildung 20: UML-Modell einer Vorschrift aus der deutschen StVO

Die Vorschrift ist relevant auf Autobahnen mit dem Zeichen 330.1 (orange) sowie für Kraftfahrstraßen mit dem Zeichen 331.1. Im Beispiel ist lediglich die Maßnahme "Autobahn" modelliert. Parallel dazu existiert auch eine Maßnahme "Kraftfahrstraße", wo die gleiche Vorschrift referenziert wird. Sobald sich das Fahrzeug im Wirkungsbereich des Verkehrszeichens 330.1 befindet, wird die Maßnahme "Autobahn" aufgrund der mit "true" ausgewerteten Maßnahmenbedingung relevant. Da keine manöverspezifischen Aussagen innerhalb der Vorschrift vorliegen, wird sie manöverübergreifend modelliert.

Die Maßnahme "Autobahn" ist nun relevant, und somit werden auch alle referenzierten Vorschriften relevant (im Beispiel: § 18 Abs. 1 Satz 1 Halbsatz 1 StVO DE). Die Referenz zum Rechtstext der StVO wird innerhalb der Instanz angegeben (lila). Aus dieser Instanz ergeben sich die beiden Pfade "bedingung" und "konsequenz". Die Vorschrift nennt zwei Bedingungen, welche beide erfüllt sein müssen, damit die aus der Vorschrift resultierende Konsequenz gilt. Diese beiden Bedingungen werden deshalb mit einem logischen "und" verknüpft.

Die Art der Verkehrsteilnehmerin bildet die erste Bedingung (rot). Lediglich Kraftfahrzeuge werden mit dieser Vorschrift adressiert. Die zweite Bedingung bezieht sich auf die bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs (grün). Die Bedingung muss dann "true" ergeben, wenn diese größer als 60 km/h ist. Hierfür wird der Operator "größer" verwendet.

Wenn das Resultat aus dem Bedingungspfad "true" ergibt, gilt die aus der Vorschrift resultierende Konsequenz, welche die Nutzung der Autobahn beziehungsweise Kraftfahrstraße erlaubt (blau).

6.1.3 Besondere Aspekte

6.1.3.1 Trigger

Jederzeit existiert für das Fahrzeug eine Menge aktuell relevanter Vorschriften, die ständig überprüft und ausgewertet werden. Trigger bewirken eine Neuberechnung des Raumzustandes. Die Attribut-Werte zur Berechnung der aktuell relevanten Vorschriften werden neu bewertet. Dabei können einzelne aktuelle Vorschriften ihre Relevanz verlieren, da zum Beispiel bestimmte Maßnahmen oder Manöver nicht mehr relevant sind, und andere aktuell nicht relevanten Vorschriften relevant werden. Ein Trigger wird beispielsweise durch Erkennung eines Verkehrszeichens am Straßenrand (Maßnahmentrigger) oder durch Detektion eines überholenden Fahrzeugs (Manövertrigger) ausgelöst.

6.1.3.2 Widersprechende Konsequenzen

Bei verkehrsrechtlichen Vorschriften kann es vorkommen, dass bestimmte Konsequenzen (zum Beispiel bezogen auf die zulässige Höchstgeschwindigkeit) in unterschiedlichen Vorschriften im Rahmen der verknüpften Konsequenz mehrmals auftauchen. Es ist also möglich, dass zu einem bestimmten Zeitpunkt zwei Vorschriften relevant sind, wo die jeweiligen Konsequenzen umgesetzt werden müssen und dabei dasselbe Attribut beschreiben. Solange es sich dabei um denselben Wert handelt, besteht kein Problem. Sobald diese beiden Werte jedoch unterschiedlich sind, ist ein Mechanismus notwendig, um zu gewährleisten, dass zu jedem Zeitpunkt der richtige Wert, im rechtlichen Sinne, dominiert und für das Fahrzeug gilt.

Im Rahmen der AD_StVO werden verkehrsrechtliche Vorschriften so strukturiert, dass Konfliktfälle weitestgehend aufgelöst beziehungsweise konkretisiert werden. Gänzlich ausschließen lassen sich diese aber nicht. In diesen Fällen kann ein Lösungsansatz die juristische *lex specialis* Regel sein, die besagt, dass spezifische Vorschriften den Allgemeinen vorgehen. Bei diesem Ansatz wird soweit möglich den verkehrsrechtlichen Bestimmungen im Modell ein Wert für die "Spezifität" zugeteilt, welcher im Konfliktfall über die Priorisierung entscheidet. Bei gleicher "Spezifität" sollte innerhalb der Vorschrift ein defensiver Modus definiert sein, welcher eine defensive Handlungsvorgabe enthält. Die Fahrlogik des Fahrzeugs muss dann in der Lage sein, den Konfliktfall selbstständig aufzulösen. Außerdem gilt bei menschlichen Fahrerinnen grundsätzlich das Nicht-

Gefährdungsprinzip, welches im Zweifel dominiert. Das Prinzip der Nicht-Gefährdung kann dabei auch als Notfallebene für die Fahrlogik fungieren.

6.1.4 Veranschaulichung anhand eines Beispielszenarios

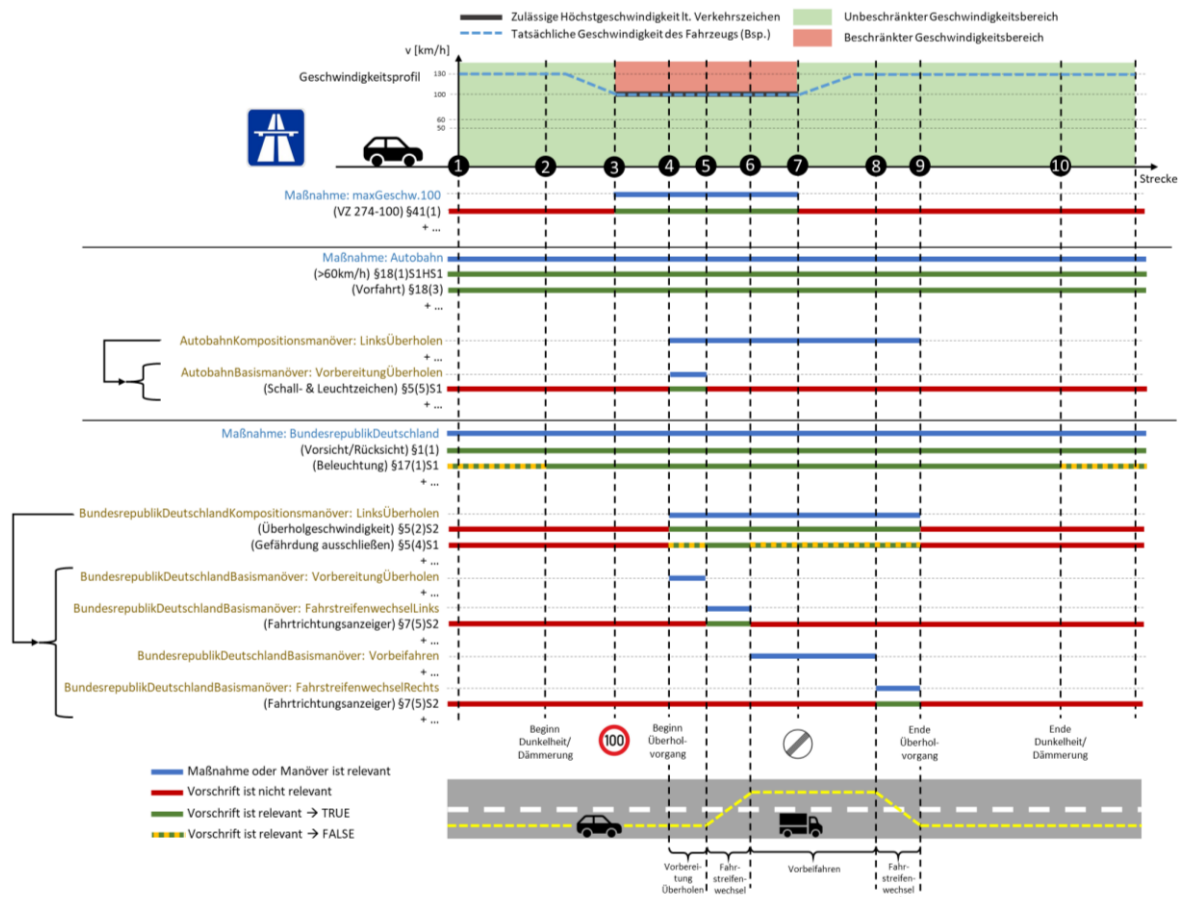


Abbildung 21: Beispielszenario

Anhand der Abbildung 21 soll das vorgestellte Konzept in einem Beispielszenario veranschaulicht werden. Im Beispiel handelt es sich um einen Autobahnabschnitt in Deutschland, auf dem sich ein Pkw bis 3,5 Tonnen fortbewegt. Im unteren Bereich ist der Streckenabschnitt als Fahrbahn grafisch dargestellt. Mit der gelben gestrichelten Linie wird die Fahrlinie des Fahrzeugs abgebildet.

Im oberen Bereich befindet sich ein Geschwindigkeitsprofil. Die blaue gestrichelte Linie stellt die tatsächliche Geschwindigkeit des Fahrzeugs dar. Der grüne Geschwindigkeitsbereich ist unbeschränkt wohingegen der rote Bereich beschränkt ist. Die dicke schwarze Linie zeigt die zulässige Höchstgeschwindigkeit gemäß Verkehrszeichen an.

Aufgrund unterschiedlicher Bedingungen werden Maßnahmen und Manöver relevant, welche Vorschriften referenzieren, die fortlaufend ausgewertet und wo die verknüpften Konsequenzen ggf. eingehalten werden müssen. Maßnahmen (blaue Schrift), Manöver (dunkelgelbe Schrift) und referenzierte Vorschriften (schwarze Schrift) sind links dargestellt. Das "+" und die drei Punkte sollen aufzeigen, dass es sich hierbei um eine beispielhafte Auswahl von Vorschriften handelt. Bei der Betrachtung aller in Deutschland existierenden verkehrsrechtlichen Vorschriften wäre die Anzahl der referenzierten Vorschriften innerhalb der Maßnahmen und Manöver erheblich größer. In welchem Zeitraum eine Maßnahme oder ein Manöver relevant ist, wird mit einem blauen Balken angezeigt. Vorschriften besitzen drei Zustände. Sie können nicht relevant sein (roter Balken), relevant sein und ggf. weitere intern vorhandene Bedingungen ergeben "true" (grüner Balken) oder aber die Vorschrift ist relevant, muss also ständig überprüft werden, aber die internen Bedingungen ergeben "false" und die Konsequenz innerhalb der Vorschrift muss nicht umgesetzt werden (grüner Balken und darüber gelbe gestrichelte Linie). Im Folgenden werden die interessanten Zeitpunkte (vertikale, schwarze gestrichelte Linien) chronologisch erläutert.

Zeitpunkt 1:

Das Fahrzeug befindet sich in der Bundesrepublik Deutschland auf der Autobahn. Die Maßnahmen "BundesrepublikDeutschland" und "Autobahn" sind relevant (blauer Balken). Somit sind auch die manöverübergreifenden Vorschriften relevant (unter den beiden Maßnahmen aufgeführt; grüner Balken). Die Konsequenzen dieser Vorschriften sind umzusetzen. § 17 Abs. 1 Satz 1 enthält eine weitere interne Bedingung (nur bei Dunkelheit, Dämmerung oder wenn die Sichtverhältnisse es erfordern). Im Zeitpunkt 1 ist diese Vorschrift zwar relevant, aber die interne Auswertung ergibt "false" und die verknüpfte Konsequenz muss nicht eingehalten werden (grüner Balken und darüber gelbe gestrichelte Linie). Da aktuell keine aufgeführten Manöver gefahren werden, werden keine weiteren Vorschriften in die Menge relevanter Vorschriften überführt.

Zeitpunkt 2:

Die eintretende Dämmerung beziehungsweise Dunkelheit bewirkt, dass die Auswertung der relevanten Vorschrift aus § 17 Abs. 1 Satz 1 "true" ergibt (grüner Balken). Somit ist die verknüpfte Konsequenz einzuhalten ("beleuchtungseinrichtungenBenutzen = true").

Zeitpunkt 3:

Die Vorbeifahrt an dem Verkehrszeichen 274.100 fungiert als Trigger und bewirkt eine Neuberechnung des Raumzustands. Die Attribut-Werte sowie der Satz aktuell relevanter Vorschriften werden neu bewertet. Durch die Einfahrt in den Wirkungsbereich des Verkehrszeichens, wird die Maßnahme "maxGeschw.100" relevant (blauer Balken). Dadurch erhält die bisher nicht relevante Vorschrift den Status "relevant" (grüner Balken) und die verknüpfte Konsequenz ("höchstgeschwindigkeit = 100") muss eingehalten werden. Bereits vor dem Verkehrszeichen wird

die Geschwindigkeit des Fahrzeugs von 130 km/h auf 100 km/h reduziert, so dass mit Einfahrt in den Wirkungsbereich des Verkehrszeichens die zulässige Höchstgeschwindigkeit eingehalten wird.

Würde man das Beispielszenario zum Beispiel auf der Autobahn in Österreich darstellen, so würde ein grundsätzliches Tempolimit in Höhe von 130 km/h gelten. In diesem Fall würde bei einem Verkehrszeichen mit Geschwindigkeitsbegrenzung auf 100 km/h, der Konflikt zwei sich widersprechender Konsequenzen auftreten. Wie bereits in Kapitel 6.1.3.2 erläutert, könnte hier der Spezifitätsindikator Anwendung finden. Die Geschwindigkeitsbegrenzung auf 100 km/h gilt für einen bestimmten Streckenabschnitt und ist somit spezifischer als die allgemein gültige Beschränkung auf 130 km/h. In diesem Konfliktfall würde also die Konsequenz "höchstgeschwindigkeit=100" gegenüber der Konsequenz "höchstgeschwindigkeit=130" dominieren.

Zeitpunkt 4:

An dieser Stelle wird ein Manöver ("LinksÜberholen") eingeleitet. Dieses Kompositionsmanöver setzt sich aus mehreren Basismanövern zusammen ("VorbereitungÜberholen", "FahrstreifenwechselLinks", "Vorbeifahren", "FahrstreifenwechselRechts"). Zu diesem Zeitpunkt ist das Kompositionsmanöver "LinksÜberholen" und das Basismanöver "VorbereitungÜberholen" relevant sowie die jeweilig referenzierten Vorschriften. Sowohl Kompositionsmanöver als auch Basismanöver sind immer einer Maßnahme zugeordnet und können abhängig von der Maßnahme unterschiedliche Vorschriften referenzieren. Zur Unterscheidung wird dem jeweiligen Manöver der Name der Maßnahme vorangestellt.

Zeitpunkt 5:

Das Basismanöver "VorbereitungÜberholen" ist abgeschlossen und nicht mehr relevant. Die von diesem Manöver referenzierten Vorschriften müssen nicht mehr ausgewertet werden. Nun wird das Basismanöver "FahrstreifenwechselLinks" relevant sowie die mit diesem Manöver referenzierten Vorschriften.

Zeitpunkt 6:

Das Basismanöver "FahrstreifenwechselLinks" ist abgeschlossen und nicht mehr relevant. Die von diesem Manöver referenzierten Vorschriften müssen nicht mehr ausgewertet werden. Nun wird das Basismanöver "Vorbeifahren" relevant sowie die mit diesem Manöver referenzierten Vorschriften.

Zeitpunkt 7:

Während dem Überholvorgang wird mit dem Verkehrszeichen 282 (Ende sämtlicher Streckenverbote) die Maßnahme "maxGeschw.100" auf nicht relevant gesetzt. Die referenzierte Vorschrift ist somit ebenfalls nicht mehr relevant und die verknüpfte Konsequenz ("höchstgeschwindigkeit = 100") muss nicht mehr eingehalten werden. Das Fahrzeug beschleunigt wieder auf 130 km/h, da sonst keine geschwindigkeitslimitierenden Konsequenzen gelten.

Zeitpunkt 8:

Das Basismanöver "Vorbeifahren" ist abgeschlossen und nicht mehr relevant. Die von diesem Manöver referenzierten Vorschriften müssen nicht mehr ausgewertet werden. Nun wird das Basismanöver "FahrstreifenwechselRechts" relevant sowie die mit diesem Manöver referenzierten Vorschriften.

Zeitpunkt 9:

Der Überholvorgang ist abgeschlossen und das Kompositionsmanöver "LinksÜberholen" sowie das Basismanöver "FahrstreifenwechselRechts" sind nicht mehr relevant. Somit sind auch die von diesen beiden Manövern referenzierten Vorschriften nicht mehr relevant.

Zeitpunkt 10:

An dieser Stelle ist die Bedingung "dunkelheitOderDämmerung=true" innerhalb der Vorschrift § 17 Abs. 1 Satz 1 nicht mehr erfüllt. Die Vorschrift ist immer noch relevant und muss fortlaufend ausgewertet werden, aber da die Bedingung innerhalb der Vorschrift nicht mehr erfüllt ist, muss die Konsequenz "beleuchtungseinrichtungenBenutzen=true" nicht mehr umgesetzt werden (grüner Balken und darüber gelbe gestrichelte Linie).

6.1.5 Verbesserungspotenzial einer AD_StVO

Bestehende verkehrsrechtliche Vorschriften adressieren explizit Menschen. Das bedeutet, dass sich der Aufbau und die Formulierung daran orientiert, dass Menschen den Inhalt verstehen und umsetzen können. Grundsätzlich kann mit der vorgestellten DSL zur Kodierung verkehrsrechtlicher Vorschriften die Logik der bestehenden Vorschriften abgebildet werden. Diese Umsetzung garantiert jedoch nicht, dass die Vorschriften von einem automatisiert fahrenden Fahrzeug auch eindeutig interpretiert und umgesetzt werden können.

Beispiel: § 17 Abs. 1 Satz 1 StVO DE

Während der Dämmerung, bei Dunkelheit oder wenn die Sichtverhältnisse es sonst erfordern, sind die vorgeschriebenen Beleuchtungseinrichtungen zu benutzen.

Die Bedingung dieser Vorschrift lässt sich innerhalb der DSL mit einem aussagenlogischen Ausdruck modellieren (zum Beispiel "dämmerungOderDunkelheit=true"). Es liegt jedoch nahe, dass eine Maschine diese Bedingung nicht sinnvoll auswerten kann, da keine konkreten Werte zur Ermittlung der Dämmerung oder Dunkelheit gegeben sind. Damit der Inhalt aller Vorschriften für Maschinen möglichst eindeutig interpretierbar und umsetzbar ist, ist teilweise eine Anpassung beziehungsweise Konkretisierung der Vorschriften notwendig. Dies kann mit einer explizit an automatisierte Fahrzeuge formulierte AD_StVO umgesetzt werden, die an die bestehenden verkehrsrechtlichen Vorschriften anknüpft. So könnte im Beispiel das Kriterium zum Einschalten der Beleuchtung in der AD_StVO über einen Schwellwert einer physikalischen Größe definiert werden.

6.2 Verortung verkehrlicher Anordnungen

6.2.1 Allgemeines zur Verortung

Verkehrliche Anordnungen haben einen räumlichen Bezug. Für die Verortung von Anordnungen gibt es historisch betrachtet sehr unterschiedliche Herangehensweisen. Am weitesten verbreitet ist im höherrangigen Netz die Nutzung der Straßenkilometrierung, im urbanen Bereich werden oft Straßennamen und Hausnummern zur Beschreibung der Verortung herangezogen. In Ausnahmefällen war es üblich, dass bei komplexeren Situationen der Anordnungen auch Skizzen und Pläne beigelegt wurden, um möglichst sicherzustellen, dass die Veröffentlichung über Verkehrszeichen und Bodenmarkierungen seitens des Baulastträgers auch tatsächlich dem Inhalt der Anordnung und somit der Intention der Behörde entspricht.

Während die Digitalisierung der Infrastruktur in der Regel mit klassischen GIS Werkzeugen erfolgt, haben Digitalisierungen im Verkehrsbereich vermehrt auf Netzbezugssysteme gesetzt. Netzbezugssysteme etablierten sich vor allem über die Fahrzeugnavigation, deren Aufgabe es ist, geeignete Routen zu ermitteln und die Verkehrsteilnehmerinnen entlang dieser Routen zu navigieren. Ereignisse mit Einfluss auf dieses Routing (Unfälle, Staus etc.) werden demnach ebenfalls entlang des Netzes verortet und können somit auf einfache Weise im Routing berücksichtigt werden. Doch nicht nur dynamische Ereignisse, sondern auch andere grundlegende Umstände beeinflussen das Routing, wie beispielsweise Fahrverbote, Einbahnen, Abbiegeverbote aber auch Geschwindigkeitsbeschränkungen und dergleichen. Diese Inhalte werden in der Praxis aus Verkehrszeichen und Bodenmarkierungen abgeleitet und als Elemente im Netzbezugssystem abgelegt. Dabei handelt es sich jedoch niemals um rechtsverbindliche Daten, sondern bloß Informationen, deren Verlässlichkeit auch nicht zwingend gegeben ist.

Netzbezugssysteme unterstützen eine an der Straßenkilometrierung orientierte Verortung von Informationen, welche die longitudinale Verortungskomponente (also entlang der Straßenachse) gut abzubilden in der Lage ist. Problematisch wird diese Art der Verortung dann, wenn die Situation komplexer wird (jegliche Kreuzungssituationen, nicht nur im urbanen Bereich) oder die laterale (also den Straßenquerschnitt betreffende) Verortungskomponente verstärkt zu tragen kommt (Bezug zu Fahrstreifen und Längsmarkierungen). In derartigen Fällen besteht der Anspruch, auf eine zweidimensionale Abbildung des Naturbestands in Form einer Karte zurückzugreifen, da Netzbezugssysteme maximal bedingt in der Lage sind "flächige" Informationen in der erforderlichen Qualität abzubilden.

Während bisherige Digitalisierungsbestrebungen von Anordnungen (beispielsweise in Österreich) den Anspruch haben auf Informationsbasis das Routing und somit die Navigation zu unterstützen (wofür ein Netzbezugssystem vollkommen ausreichend ist), besteht der Anspruch von lex2vehicle

darin, rechtsverbindliche Information rechtssicher in die Fahrzeuge zu bringen, sodass auch automatisierte Fahrzeuge diese Information eindeutig zu interpretieren in der Lage sind. Dazu ist die longitudinale Komponente mit der lateralen Komponente gleichbedeutend, weshalb Netzbezugssysteme (unabhängig davon, ob die laterale Komponente schematisch oder geometrisch abbildbar ist) als nicht geeignet einzustufen sind.

Dies führt dazu, dass für die Verortung von Anordnungen die "flächige" Betrachtung im Sinne einer zweidimensionalen Abbildung erforderlich ist. Basis dafür ist eine entsprechende digitale Grundkarte.

6.2.2 Digitale Grundkarte

Als Basis der Verortung verkehrlicher Anordnungen dient eine digitale Grundkarte. Diese Grundkarte hat zwingend jene baulich relevanten Elemente zu enthalten, die für Verkehrsteilnehmerinnen Barrieren darstellen sowie solche, die zwar keine physischen Barrieren sind, aber dennoch zur optischen Gliederung des Straßenraumes beitragen (beispielsweise, wenn Fahrbahn und Fußgängerbereich durch unterschiedliche Straßenbeläge gekennzeichnet sind). Bei der digitalen Grundkarte handelt es sich also nicht um eine Ultra/3D/HD/...-Map oder einen Digital Twin, wie man es aus dem Building Information Modelling (BIM) kennt, sondern explizit um eine auf das Wesentliche (= hauptsächlich Bauliche Barrieren) reduzierte Karte.

Zu ergänzen ist diese Karte um weitere Elemente der baulichen Infrastruktur, auf die in den verkehrsrechtlichen Vorschriften Bezug genommen wird, was am Beispiel von Brücken leicht erklärt ist. §24 (1) b) StVO AT besagt in Österreich, dass "das Halten und Parken [...] auf Brücken [...]" verboten ist. Eine menschliche Verkehrsteilnehmerin wäre im Falle ihrer Unsicherheit verpflichtet, aus dem Fahrzeug auszusteigen und sich zu versichern, dass sie das Fahrzeug nicht auf einer Brücke abgestellt hat. Für automatisierte Fahrzeuge müssen derartige Informationen auf andere Weise zugänglich gemacht werden – im konkreten Fall als Bestandteil der digitalen Grundkarte.

Die erforderliche Genauigkeit dieser digitalen Grundlage orientiert sich an den Anforderungen zur Verortungsgenauigkeit im Sinne der Rechtssicherheit. Denn erfordert die Verortung von Anordnungen eine gewisse räumliche Genauigkeit, so muss die Grundkarte, auf der diese Anordnungen verortet werden, jedenfalls dieselbe, wenn nicht sogar eine höhere Genauigkeit aufweisen. Aus rechtlicher Perspektive bewegt sich das Genauigkeitserfordernis in longitudinaler Sicht von wenigen Dezimetern bis zu mehreren Metern, wohl auch abhängig von der jeweils höchstzulässigen Geschwindigkeit (ist also auf Autobahnen großzügiger zu bemessen als im urbanen Bereich). Lateral ist jedenfalls der Dezimeterbereich relevant, um Fahrstreifen etc. entsprechend abbilden zu können. Auch können bei Kreuzungssituationen wenige Dezimeter jedenfalls ausschlaggebend sein.

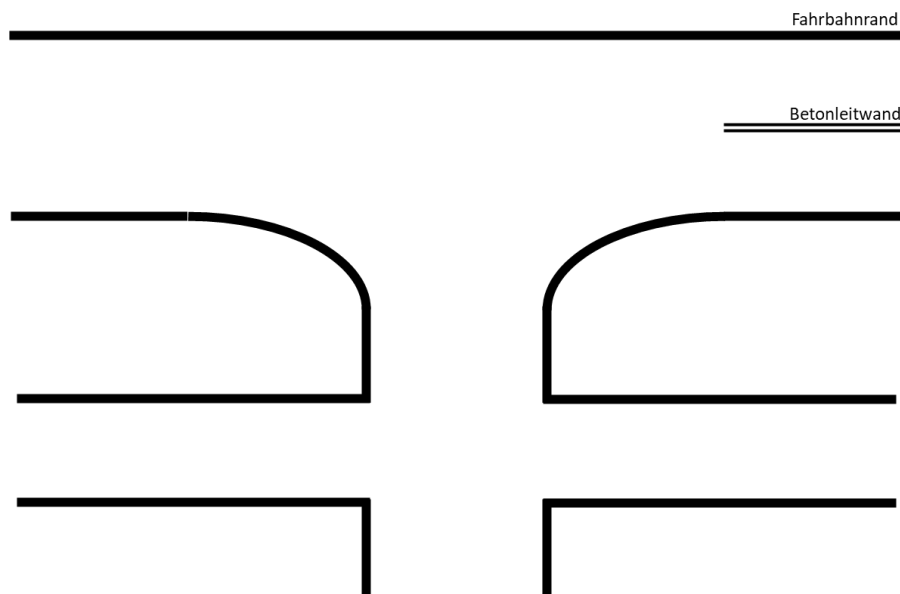


Abbildung 22: Beispiel für eine digitale Grundkarte

Dies bedeutet, dass für eine Grundkarte eine geometrische Genauigkeit "im Dezimeterbereich" Voraussetzung ist, was – unwissenschaftlich formuliert – der Genauigkeit eines aktuellen und korrekt referenzierten Orthofotos entspricht. Damit soll vor allem ausgedrückt werden, dass – sofern keine anderen Datenquellen zur Verfügung stehen – eine Grundkarte auch durch Digitalisierung derartiger Orthofotos erstellt werden kann.

6.2.3 Modellierung des l2v_regulations_layer

Anordnungen bestehen aus einzelnen Maßnahmen. Jede dieser Maßnahmen hat eine semantische ("was gilt?") und eine räumliche Komponente ("wo gilt das?"). Während die semantische Komponente zuvor bereits ausführlich beschrieben wurde, liegt nun der Fokus auf der räumlichen Ausprägung von Maßnahmen.

Vor dem Hintergrund eines Netzbezugssystems wurden Maßnahmen zuvor unterschieden nach zonalen Maßnahmen (Geschwindigkeitszonen, Ortsgebiete, ...), linearen Maßnahmen (Überholverbote, streckenweise Geschwindigkeitsbeschränkungen, ...) und – in der Regel im Kreuzungsbereich – punktuellen Maßnahmen (Abbiegeverbote, Stopps, ...). Zusätzlich können lineare und punktuelle Maßnahmen sich auf den gesamten Straßenquerschnitt, auf eine Fahrtrichtung, aber auch auf einzelne Fahrstreifen bezogen sein. Diese netzorientierte Betrachtung hat jedenfalls ihre Daseinsberechtigung, wenngleich sie vordergründig auch nicht mit dem zuvor argumentierten Erfordernis der flächigen Festlegung von Maßnahmen im Einklang steht. Es gilt also eine Art der

Abbildung zu finden, in der sowohl die Topologie eines Straßen-/Fahrstreifennetzes als auch die Topographie im Sinne einer zweidimensionalen Kartendarstellung Berücksichtigung findet.

Dieser Anspruch ist auch in der Simulation von Fahrscenarien im automatisierten Fahren zu finden. Diese benötigt (abgesehen von unterschiedlichster Umgebungsinformation) als Grundlage Daten, die den befahrbaren Straßenraum abbilden (Topographie) und gleichzeitig jene Information beinhalten, welche Teile dieses Straßenraumes in welche Richtung befahrbar sind (Topologie). In einer derartigen Simulationsumgebung können unter Berücksichtigung dieser Vorgaben unterschiedlichste Szenarien durchlaufen werden.

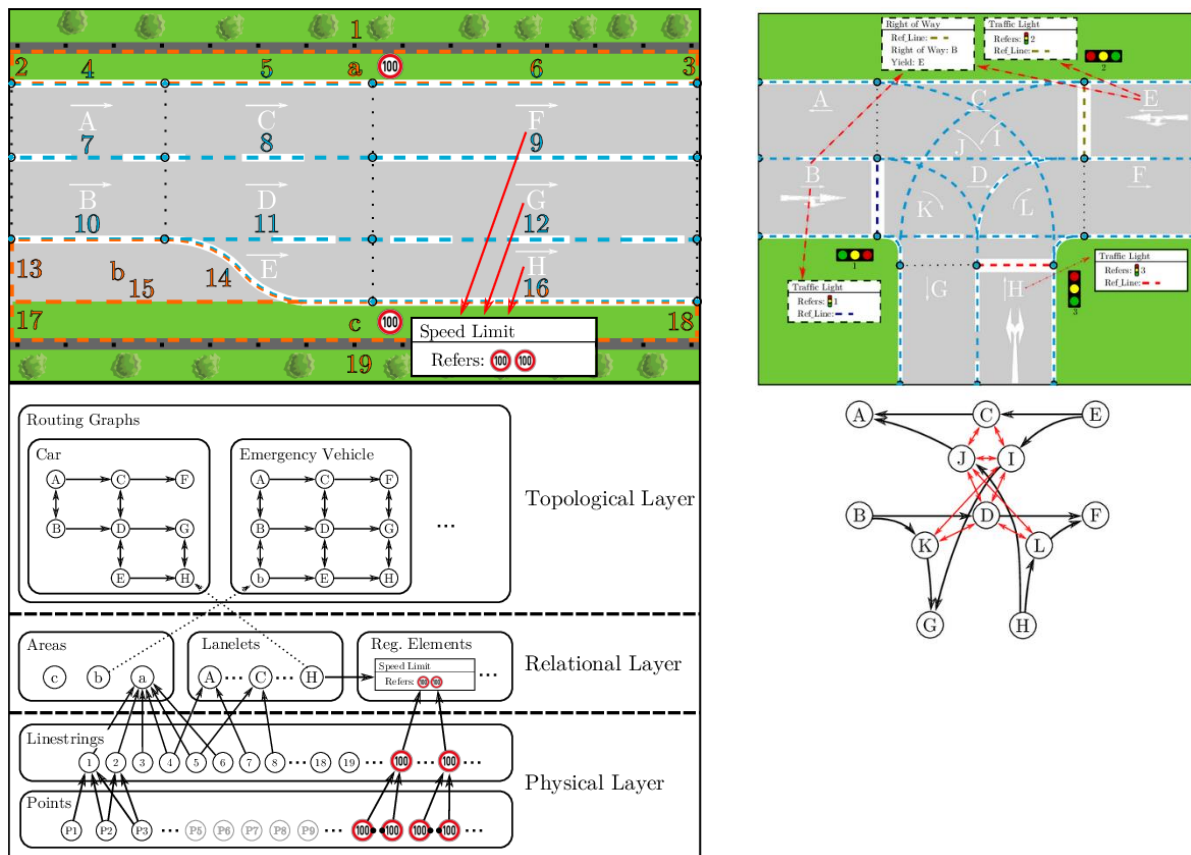
Diese Analogie zur Simulation findet ihre Fortsetzung in der zukünftigen Anwendung von lex2vehicle. Denn geht man davon aus, dass die Information über den rechtlichen Handlungsspielraum eines automatisierten Fahrzeugs nach dem Prinzip von lex2vehicle vollständig und verlässlich in das Fahrzeug gelangt und dieser Kanal der rechtsverbindliche und somit führende Kanal ist, dann muss dieses Fahrzeug auch ohne fahrzeugseitige Detektion weiterer Elemente wie Verkehrszeichen und Bodenmarkierungen seinen gesamten verkehrsrechtlichen Handlungsspielraum kennen. Diesen Gedanken in die Praxis übersetzend bedeutet das, dass sich, auch wenn die Fahrbahn schneebedeckt und alle Schilder zugeschneit sind, ein automatisiertes Fahrzeug immer noch zu 100% rechtskonform bewegen kann – wie ein Ego-Fahrzeug in seiner Simulationsumgebung. Hinsichtlich der Suche nach einer geeigneten Modellierung für die Verortung verkehrsrechtliche Informationen ist die Anleihe an der Simulation also jedenfalls zulässig.

Datenmodelle als Grundlage für die Fahrzeugsimulation gibt es mehrere – zu den bekanntesten zählen OpenDRIVE⁴⁷ und Lanelet2⁴⁸. Um die Prinzipien der Modellierung zu veranschaulichen, wird an dieser Stelle Lanelet2 herangezogen. Wie eine tatsächliche Modellierung zu gestalten ist, bedarf jedenfalls weiterführender Recherchen. Lanelet2 veranschaulicht sehr deutlich, dass es in diesem Bereich bereits einiges an wissenschaftlich fundierter Vorleistung gibt, auf die es jedenfalls aufzubauen gilt.

Stark verkürzt lässt sich der Modellierungsansatz wie folgt beschreiben: Mit dem "Physical Layer" wird die Natur in Form von Linien und Punkten abgebildet. Aus der wechselseitigen Verschneidung der Linien ergeben sich Teilflächen, sogenannte Lanelets. Diese werden im "Topological Layer" zueinander in Beziehung gesetzt, um darzustellen, von welchem Lanelet man sich zu welchem (angrenzenden) Lanelet bewegen darf.

⁴⁷ <https://www.opendrive.com/> (28.02.2022).

⁴⁸ Poggenhans F., Pauls J.-H., Janosovits J., Orf S., Naumann M., Kuhnt F., Mayr M.; Lanelet2: A high-definition map framework for the future of automated driving (2018).

Abbildung 23: Modellierungsansatz von Lanelet2⁴⁹

6.2.4 Umsetzung des l2v_regulations_layer

Der behördliche Wille, der bestimmt, welche Verkehrsteilnehmerin sich wo wie zu verhalten hat, manifestiert sich in Anordnungen. Die räumliche Komponente dieser Anordnungen (also das Wo) wird im sogenannten l2v_regulations_layer festgehalten. Dies geschieht auf möglichst generische Art und sei anhand des nachfolgenden Beispiels erläutert.

Aufbauend auf der zuvor bereits besprochenen Grundkarte legt die Behörde fest,

- welchen Teil der Fahrbahn ein "von unten" kommendes Fahrzeug benutzen darf, dass ein solches nur rechts abbiegen darf und dass es dabei Nachrang hat (roter Bereich);

⁴⁹ Poggenhans F., Pauls J.-H., Janosovits J., Orf S., Naumann M., Kuhnt F., Mayr M.; Lanelet2: A high-definition map framework for the future of automated driving (2018).

- welchen Teil der Fahrbahn ein "von rechts" kommendes Fahrzeug benutzen darf und dass ein solches geradeaus fahren oder links abbiegen darf (roter Bereich);
- welchen Teil der Fahrbahn ein "von links" kommendes Fahrzeug benutzen darf und dass dieses geradeaus fahren oder rechts abbiegen darf (gelber Bereich);
- einen Radweg, der die anderen Bereiche kreuzt, und Radfahrerinnen an dieser Stelle Vorrang haben;

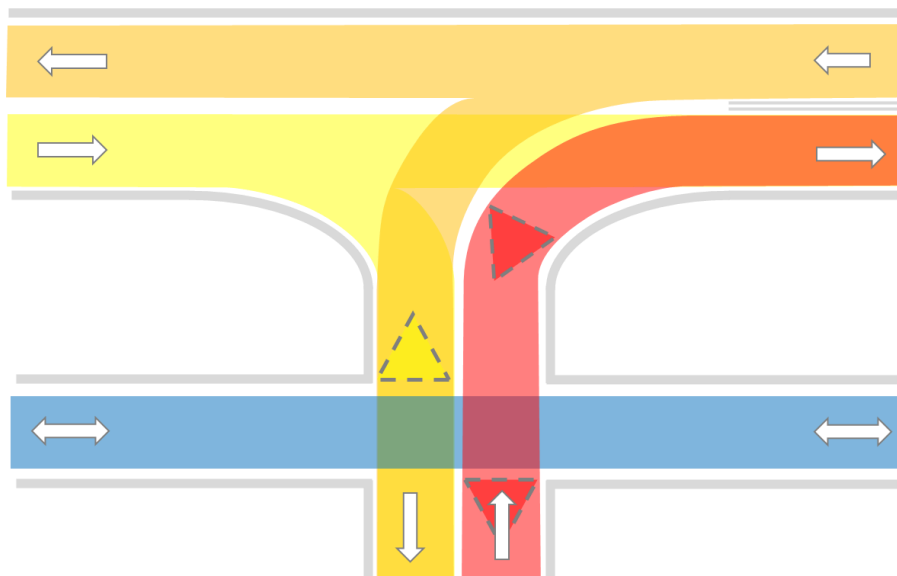


Abbildung 24: Beispiel für die verkehrliche Regelung einer Kreuzung

Mit diesen Festlegungen ist die Regelung dieser exemplarischen Kreuzung vollständig definiert. Diese Information ergibt den `l2v_regulations_layer`, der einem Modellierungsansatz wie beispielsweise Lanelet2 folgend in das Fahrzeug übertragen werden kann. Damit herrscht für jede Verkehrsteilnehmerin und jedes automatisierte Fahrzeug an jeder Stelle Klarheit über den individuellen Handlungsspielraum.

Doch ist dieser Datenbestand nicht nur Basis für die digitale, sondern auch für die physische Veröffentlichung. Denn aus derartigen Daten kann in der Regel vollständig automatisiert ein Vorschlag für die gesetzeskonforme Veröffentlichung durch Verkehrszeichen und Bodenmarkierungen gemacht werden. Selbstverständlich muss dieser Vorschlag seitens des Baulastträgers noch geringfügig anpassbar sein, da örtliche Gegebenheiten oft eine situationsangepasste physische Veröffentlichung erforderlich machen.

Die Tatsache, dass aus ein und demselben behördlichen Datenbestand sowohl die physische als auch die digitale Veröffentlichung gespeist werden, sorgt dafür, dass in der Praxis möglichst wenige

Differenzen auftreten sollten. Nichtsdestotrotz ist mit entsprechenden Kollisionen zu rechnen, für die es auch entsprechende Regeln zur Auflösung derselben geben muss.

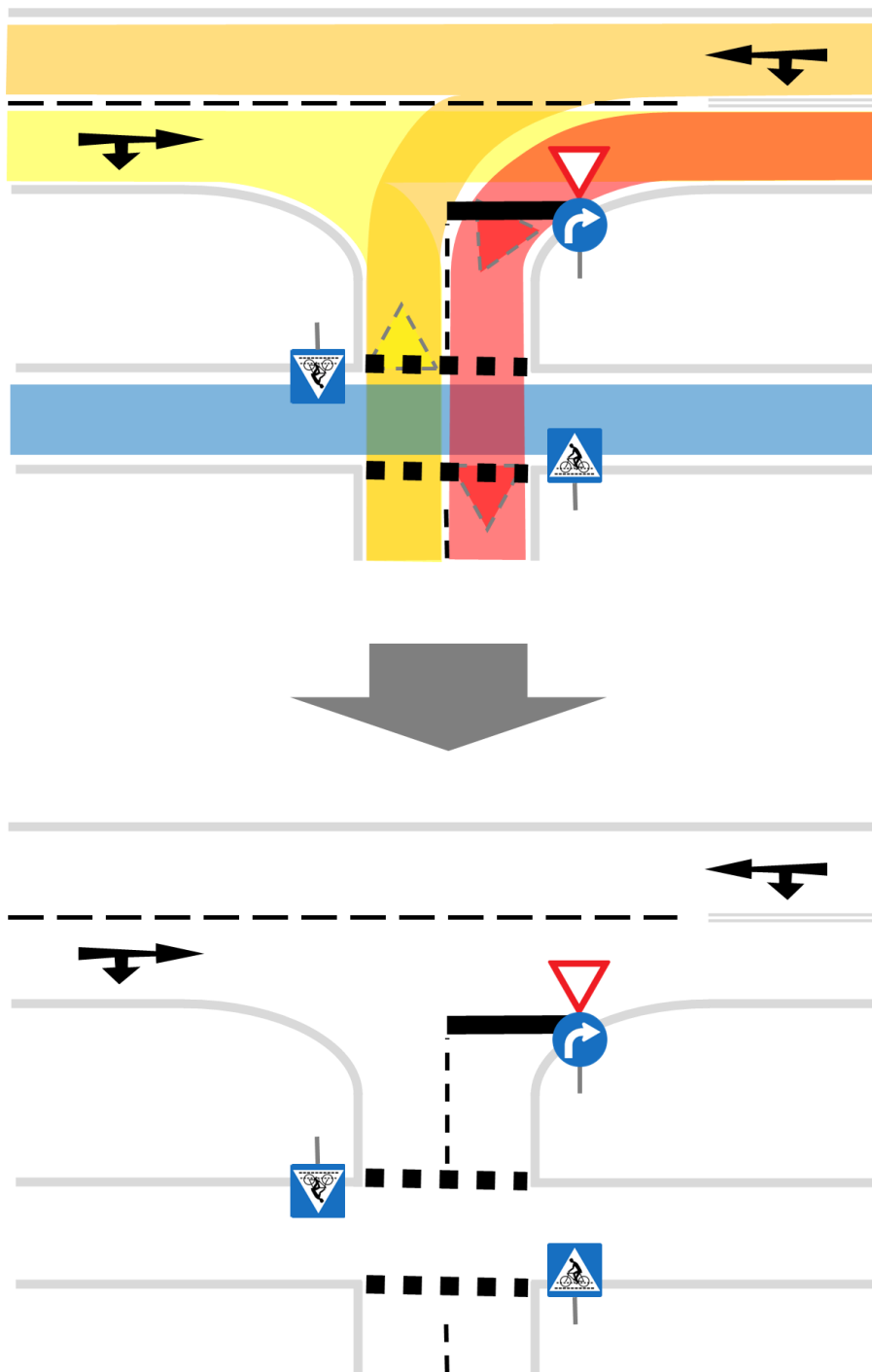


Abbildung 25: Ableitung von Verkehrszeichen und Bodenmarkierungen aus dem I2v_regulations_layer

6.3 Rechtssichere Übertragung in das Fahrzeug

6.3.1 Einleitung und Überblick

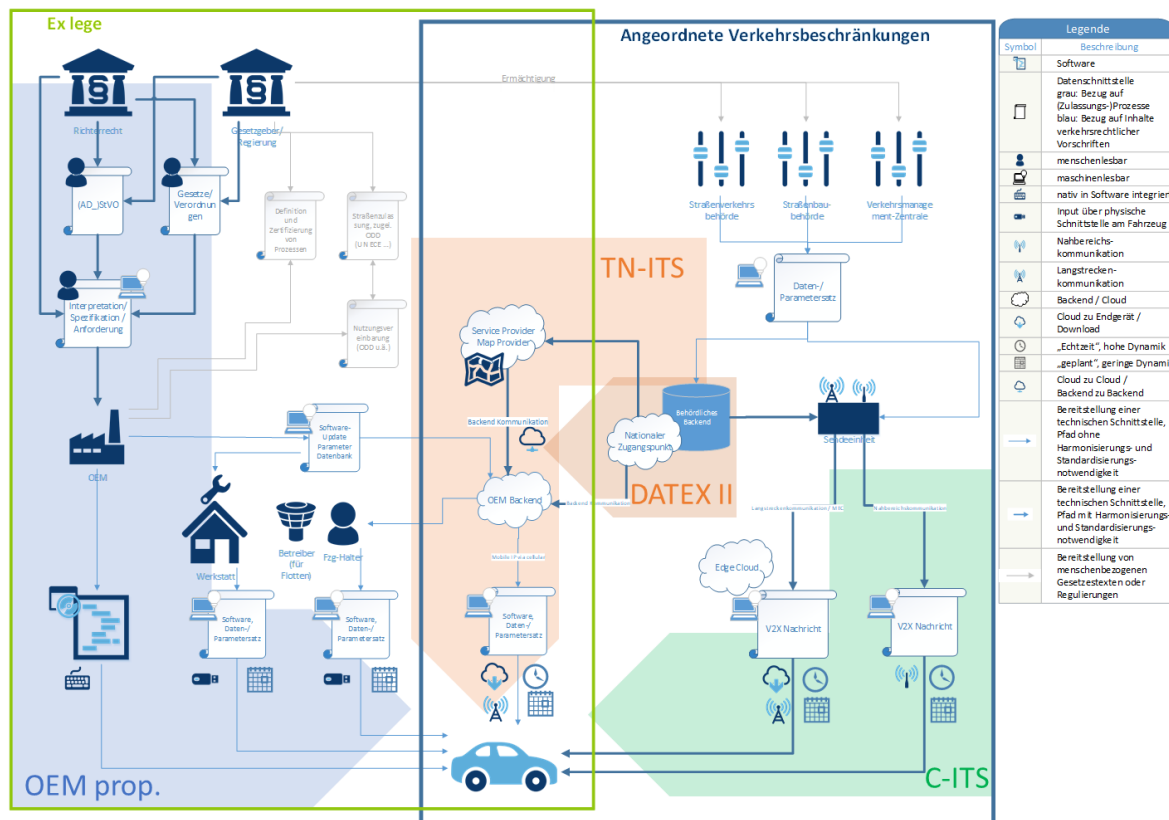


Abbildung 26: Kommunikationskanäle im Überblick

In diesem Abschnitt werden digitale Kanäle untersucht, die bereits heute Daten – zum Teil auch mit Inhalten verkehrsrechtlicher Vorschriften – ins Fahrzeug übertragen. Es wird untersucht, inwieweit diese Kanäle Eigenschaften aufweisen, die sich für die Umsetzung des lex2vehicle Konzepts eignen. Dabei unterscheiden wir die Betrachtung von ex lege Regeln sowie den Inhalten von verkehrsbehördlichen Anordnungen. Letztere stellen ja neben dem grundsätzlichen Verständnis der geregelten Inhalte noch zusätzlich die Anforderung der Erkennung der genauen räumlichen Verortung. Letzteres bedeutet lateral zumindest eine ausreichende Genauigkeit zur Ermittlung von Fahrstreifenbegrenzungen (auf benachbarten Fahrstreifen sind zum Beispiel unterschiedliche Geschwindigkeitsbeschränkungen möglich und der Fahrstreifenwechsel kann untersagt sein) und longitudinal eine ausreichende Genauigkeit zur Ermittlung der relativen Position zu Schilderpositionen (inkl. entsprechender Bodenmarkierungen wie zum Beispiel Haltelinien).

Außerdem gibt es – je nach geltendem Rechtsrahmen – auch dynamisch erlassene, verkehrsrechtliche Vorschriften. Hierzu zählen sprachlich formulierte Vorschriften, welche direkt auf Schildern wiedergegeben werden und keine durch den Verkehrszeichenkatalog einem bestimmten Verkehrszeichen zugewiesene, verkehrsrechtliche Vorschriften sind. Man muss sich klarmachen, dass eine für eine bestimmte ODD komplette Digitalisierung einer AD_StVO im Fahrzeug bedeutet, dass es für die im Rahmen der AD_StVO definierten Vorschriften ausreicht, die Verortung einer Maßnahme zu kennen. Die Bedeutung der Maßnahme ist ja im Rahmen der AD_StVO digital bereits bekannt. Dies gilt nicht für zum Beispiel nicht kodifizierte Zusatztafel. Hier muss also eine digitale Kodierung der Vorschriften direkt (zum Beispiel bei Annäherung) über einen digitalen Kanal ins Fahrzeug übertragen werden.

6.3.2 StVO/StVZO – Spezifikation – OEM – Fahrzeug

Einleitung

Neben der Übertragung konkreter Ausprägungen von verkehrsrechtlichen Anordnungen (aktuelles Signal für einen konkreten Signalgeber an einer Kreuzung, Geschwindigkeitsbegrenzung auf einem konkreten Straßenabschnitt und ähnliches) muss dem Fahrzeug die zugrundeliegende ex lege Regulierung selbst (StVO, StVZO) bekannt sein. Zu diesem Zweck wurde im Rahmen des Projektes ein erstes Konzept für eine AD_StVO erarbeitet, die in AP 2-4 beschrieben ist.

Diese StVO muss den OEM in geeigneter Weise zur Verfügung gestellt werden, d.h. sie muss allen OEM zugänglich sein, bei gleichzeitiger Absicherung der inhaltlichen Integrität und Authentizität der Daten.

Diese ist durch den OEM bei der Umsetzung automatisierter Fahrfunktionen als Grundspezifikation zu berücksichtigen. In den folgenden Abschnitten werden relevante Aspekte dieses Pfades beschrieben

Dynamik

Der hier beschriebene Pfad zur Einbringung der ex lege Vorgaben in die automatisierten Fahrfunktionen baut auf der Umsetzung dieser Funktionen ab Werk auf. Dynamische Anpassungen sind über diesen Pfad somit nicht möglich. Denkbar sind spätere Updates (Software/Hardware) über die Werkstatt, dabei ist allerdings genau zu prüfen, inwieweit solche Updates erneute Prüf- und Zertifizierungsverfahren erfordern (siehe auch Arbeitspaket 7). Auch Updates "over-the-air" (d.h. ähnlich automatisch wie Software-Updates beispielsweise für Smartphones) sind zukünftig denkbar. Die Absicherung solcher Updates stellt dabei zusätzliche Herausforderungen.

Auch bei einer Umsetzung von Updates sind allerdings Umsetzungszeiten von mehreren Monaten oder auch Jahren einzuhalten. Es bleibt zu klären, wie mit diesen Verzögerungen auch regulatorisch (beispielsweise in Form von Übergangsfristen) umzugehen ist.

Kapazität

Da es sich bei diesem Pfad nicht um einen klassischen Kommunikationsweg mit beschränkter Kapazität handelt, liegen hier keine primären Einschränkungen vor.

Sicherheit

Die AD_StVO muss von einer öffentlichen Stelle zur Verfügung gestellt werden. Wie bereits in der Einleitung erwähnt, muss dies diskriminierungsfrei erfolgen, das heißt, allen Stakeholdern mit berechtigtem Interesse muss es möglich sein, die AD_StVO einzusehen und zu nutzen, da es sonst schon an der rechtlichen Verbindlichkeit mangelt.

Neben dieser Verfügbarkeit ist allerdings auch die Absicherung der Daten von zentraler Bedeutung. Ihre Integrität, Authentizität und Nichtabstreitbarkeit müssen zu jeder Zeit gewährleistet sein. Dies kann beispielsweise durch ein geeignetes Online-Portal mit Zugriffsbeschränkung und die Verwendung digitaler Zertifikate und darauf basierende Signaturen erreicht werden.

Eine bereits existierende Umsetzung für ein solches Online-Portal ist die "Protected Zone Database" der ASECAP. Hierbei handelt es sich um eine Datenbank, die die Positionen von Mautstationen, die mit DSRC Technologie arbeiten, enthält. Mithilfe dieser Daten können Fahrzeuge, die ITS G5 Kommunikation nutzen, im Sendebereich einer solchen Mautstation ihre Sendeleistung reduzieren, um die Maut-relevante Kommunikation nicht zu stören⁵⁰.

Da an diese Datenbank die gleichen Grundanforderungen der Verfügbarkeit für alle mit berechtigtem Interesse bei gleichzeitiger Gewährleistung der Integrität und Schutz vor unrechtmäßiger Manipulation gelten, ist ihr Konzept eine geeignete Grundlage für die zukünftige Erarbeitung eines Konzepts für die Bereitstellung der AD_StVO.

Abdeckung verkehrsrechtlicher Inhalte

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, dient der hier skizzierte Pfad dazu, die zugrundeliegende ex lege Regulierung in das Fahrzeug zu bringen. Dazu gehören Vorgaben wie die Definition einer öffentlichen Straße oder das Rechtsfahrgebot.

⁵⁰ C-ITS Deployment Group, ASECAP maintains "Protected Zone Database", <https://c-its-deployment-group.eu/mission/statements/27-august-2020-asecap-maintains-protected-zone-database/> (3.2.2022).

Rechtliche Einbettung

Die rechtlichen Grundlagen für automatisiertes Fahren werden derzeit in einem ersten Schritt geschaffen. Das Gesetz zum Autonomen Fahren⁵¹ der deutschen Bundesregierung fordert von autonomen Fahrzeugen, dass sie sich jederzeit konform zu geltenden Verkehrsvorschriften verhalten. Auch die im Juli 2021 veröffentlichte UNECE R157 stellt diese Anforderung an automatisiertes Fahren. Eine weitere Detaillierung, wie dies umzusetzen und auch nachzuweisen ist, liegt derzeit noch nicht vor. Die Grundlagen hierfür sind noch zu schaffen, die Arbeitspakete 2-4 und 7 dieses Projekts haben hierzu erste Konzepte erarbeitet. In Arbeitspaket 7 werden die derzeitigen rechtlichen Vorgaben für autonomes Fahren allgemein genauer vorgestellt.

Wertung/Ausblick

Die technische Bereitstellung der AD_StVO an alle Stakeholder mit berechtigtem Interesse (insbesondere OEM) ist ein elementarer Baustein für StVO-konformes autonomes Fahren auf europäischen Straßen. Die Grundlage zur Beschreibung der AD_StVO ist in Arbeitspaketen 2-4 und 7 erarbeitet worden.

Das Konzept zur technischen Bereitstellung ist noch zu erarbeiten, dabei ist die bereits bestehende Umsetzung der ASECAP eine sehr gute Grundlage, die in zukünftigen Arbeiten auf die Bereitstellung der AD_StVO angepasst werden kann.

6.3.3 Digitale Karte

Einleitung

Digitale Karten sind eine wesentliche Grundlage für viele Dienste im IVS-Bereich. Während solche Karten früher als Grundlage für On-Board Navigation oft über physikalische Medien (zum Beispiel DVD) im Fahrzeug mitgeführt wurden (Wechsel-/Aktualisierungsintervalle typischerweise ≥ 1 Jahr), sind sie heute Grundlage für Dienste, die im Backend aufgrund aktueller Daten erzeugt werden. Der OEM bedient sich hierzu typischerweise spezialisierter Dienstleister. Damit konnte die Aktualität der Kartendaten stark verbessert werden.

Für die Interaktion der Straßenbehörden mit den Anbietern solcher digitalen Kartendienste wurde mit TN-ITS eine dedizierte Schnittstellenspezifikation erstellt, welche im technischen Komitee CEN TC278 in der Arbeitsgruppe 7 standardisiert wurde⁵². Diese Schnittstelle erlaubt es Straßenbehörden, Änderungen im Straßenverlauf (zum Beispiel temporäre Änderungen durch

⁵¹ Gesetz zum Autonomen Fahren vom 12. Juli 2021 (BGBl. I S. 3108).

⁵² CEN/TS 17268:2018 – Intelligent transport systems - ITS spatial data - Data exchange on changes in road attributes.

Baustellen), aber auch Verkehrsbeschränkungen sowie Verkehrsschilder an den Kartendienstanbieter im Rahmen einer standardisierten Schnittstelle zu übertragen. Aktivitäten wie das TN-ITS GO Projekt haben Projektpartner aus verschiedenen, europäischen Staaten zusammengebracht, wobei der DACH-Raum an dieser Stelle bislang aber noch nicht prominent in Erscheinung getreten ist. Zurzeit ist TN-ITS eine der Technologien, die von der Europäischen Kommission, EU-Mitgliedsstaaten und anderen Partnerinnen bis Ende 2024 im Rahmen einer CEF Programme Support Action mit dem Namen NAPCORE weiterentwickelt wird. Dabei wird TN-ITS als relevanter Standard auch im Entwurf der gerade in Überarbeitung befindlichen Delegierten Verordnung 962 für die Bereitstellung von Echtzeitverkehrsinformationen benannt.

Dynamik

Die aktuellen Initiativen betrachten typischerweise eine Aktualisierungsfrequenz von einmal täglich. Damit kann eine Ereignisdynamik bis hin zu Arbeitsstellen kürzerer Dauer zumindest als planerisches Datum abgebildet werden. Höhere Dynamikanforderungen (zum Beispiel die aktuelle Position beweglicher Baustellen oder tatsächliche Zeiträume der Einrichtung einer Arbeitsstelle kürzerer Dauer) müssen zumindest aus heutiger Sicht getrennt betrachtet werden. Nichtsdestotrotz sieht man aber das Potential, die Schnittstelle für höhere Dynamik weiterzuentwickeln, um damit einen digitalen Zwilling der physischen Infrastruktur in Echtzeit abzubilden, in dem die Kartengrundlage dynamisch, zum Beispiel durch Sensordaten, quasi in Echtzeit aktualisiert wird. Inwieweit die bislang entwickelte Schnittstelle hierzu geeignet ist, scheint bislang aber nicht belegt zu sein.

Kapazität

Dieser Datenfluss beschreibt Datenaustausch komplett auf dem Backend. Insofern steht zunächst substanzielle Bandbreite und niedrige Latenz zur Verfügung, insbesondere, wenn man die aktuellen Aktualisierungszyklen berücksichtigt. Es ist aber nicht abzusehen, wie sich die angekündigte Integration von Sensordaten (zum Beispiel IoT-Sensoren, oder Fahrzeugdaten über SENSORIS) auf die im letzten Jahrzehnt aufgebaute Architektur des Datenflusses von Straßenbehörden zu Kartendienstanbietern auswirken wird. Hier ist die Diskussion im Rahmen von NAPCORE abzuwarten, wo der Abgleich der weiteren Entwicklung von TN-ITS, insbesondere auch mit dem DATEX II-Standard diskutiert werden soll.

Sicherheit

Übertragungssicherheit

Grundsätzlich ist TN-ITS ein klassischer Backend-Standard der Client/Server-Datenaustauschmechanismen basierend auf TCP/IP nutzt. Der Standard CEN/TS 17268:2018 ist an dieser Stelle agnostisch und verweist beispielhaft auf die Möglichkeit, die definierten Dienste als

REST- oder SOAP-Schnittstelle zu realisieren. Grundsätzlich sind solche TCP-basierten Datenflüsse auf dem Internet als zuverlässige Kanäle anzusehen, die Übertragungsfehler erkennen und beheben.

IT-Sicherheit

Der Standard betrachtet den Aspekt der IT-Sicherheit nicht. Grundsätzlich sind solche TCP-basierten Datenflüsse auf dem Internet aber vermöge marktgängiger Techniken sehr gut abzusichern, insbesondere durch TLS, wobei das unabhängig von der Wahl der Protokolle höherer Schichten (also zum Beispiel REST/http oder SOAP/http) geschieht. Die Absicherung solcher Kanäle mittels der Verwendung von X.509v3-Zertifikaten und geeigneter Wahl der Algorithmen für Schlüsselaustausch, Verschlüsselung und Authentifizierung stellt den Stand der Technik dar. Wenn man aber einen Austausch auf europäischer oder noch größerer Dimension (zum Beispiel internationales Abkommen basierend auf Kooperation im Rahmen der UNECE) avisiert, wird man Regelungen für das Zertifikatsmanagement festlegen müssen. Grundsätzlich können kommerziell gehandelte Zertifikate zum Einsatz kommen, es besteht also keine unbedingte Notwendigkeit zur Errichtung einer dedizierten Public-Key-Infrastruktur. Trotzdem bedarf es aber klarer Regeln, zum Beispiel über die Akkreditierung von Stammzertifizierungsinstanzen (*Root Certificate Authorities*) sowie die Sperrung (*Revocation*) von Zertifikaten

Abdeckung verkehrsrechtlicher Inhalte

TN-ITS modelliert sogen. *Road Features*, welche sowohl Verkehrsbeschränkungen als auch die sie kundmachende Verkehrszeichen sein können. Hierbei wird allerdings nicht klar, inwieweit die *Road Features* und die verwendeten *Code Lists* mit konkreten Straßenverkehrsordnungen und den darin enthaltenen Verkehrszeichenkatalogen abgeglichen wurden, und wenn ja mit welchen. Die *Code List* für Verkehrszeichen basiert auf dem ISO-Standard 14823⁵³, welcher auf der Wiener Konvention aufsetzt. Ex lege Regeln werden nicht explizit modelliert, es wird aber darauf hingewiesen, dass solche *Road Features* auch mit einer landesweiten Verortung modelliert werden können. Es ist also zum Beispiel möglich, eine grundsätzlich im ganzen Land geltende Geschwindigkeitsbeschränkung anzugeben.

Rechtliche Einbettung

TN-ITS wurde bislang in der Delegierten Verordnung 962 nicht erwähnt, diese wird aber zurzeit überarbeitet und in dem aktuellen Entwurf wird TN-ITS zusammen mit DATEX II explizit als Format für die Bereitstellung von Infrastrukturdaten sowie Verkehrsregulierung und Verkehrsbeschränkung benannt.

⁵³ ISO 14823:2017 – Intelligent transport systems — Graphic data dictionary.

Wertung / Ausblick

TN-ITS stellt eine typische Situation dar, in der ein Standard in der eher trägen Dynamik des Verkehrssektors viele Jahre braucht, bis er eine weitgehende Akzeptanz findet. Diese Akzeptanz kann man TN-ITS für den DACH-Raum zurzeit noch nicht zusprechen. Es gab zum Beispiel in Deutschland ein Forschungsprojekt, das das Verhältnis von TN-ITS zum in Deutschland verbreiteten OKTSRA-Standard untersucht hat (FE03.0500/2012/IRB⁵⁴). Dort wurde die grundsätzliche Möglichkeit festgestellt, die Schnittstellen existierender Datenbestände weiterzuentwickeln, um einen TN-ITS-basierten Datenfluss zu ermöglichen. Mit der expliziten Aufnahme des Standards in die neue Version der Delegierten Verordnung 962 dürften diese Überlegungen an Bedeutung gewinnen.

Was aber zurzeit nicht wirklich absehbar ist, ist die notwendige Weiterentwicklung des TN-ITS-Standards, die zur Aufnahme von Daten mit höherer Dynamik und auf automatisiertes Fahren ausgelegter Ortsreferenzierungsverfahren notwendig wäre. In diesem Rahmen wäre auch die Ausdehnung der Modellierung verkehrsrechtlicher Konzepte zu integrieren. Der Standard CEN/TS 17268 ist grundsätzlich mit Abstraktionsebenen versehen, die eine Evolution erlauben. Es ist an dieser Stelle aber noch nicht abzusehen, inwieweit der organisatorische Rahmen hierzu in der Kooperation verschiedener Plattformen (ERTICO, NAPCORE) entsteht. Hierbei ist sicherlich auch die Frage zu stellen, inwieweit die ursprüngliche konzeptuelle Festlegung auf den Datenfluss Straßenbehörde → Kartenanbieter → weitere Verarbeitung hier zielführend ist, vor allem wenn extrem niedrige Latenzen avisiert werden müssen. Außerdem adressiert der aktuelle Standard sowohl was die Komplexität des Datenmodells auch die Technologie der Serialisierung (XML) angeht konzeptionell eher das Backend als die letzte Meile ins Fahrzeug. Insofern wäre eine Abstimmung mit den entsprechenden Entwicklungen im Bereich der Fahrzeugkonnektivität zum Digitalen Zwilling notwendig.

6.3.4 Nahbereichskommunikation

Einleitung

Eine weitere Option für die Übertragung verkehrsrechtlicher Anordnungen einer Behörde oder des Verkehrsmanagements ist die Nutzung lokaler Sendeeinheiten und einer entsprechenden Nahbereichskommunikation. Üblicherweise wird diese lokale Direktkommunikation mit dem Begriff V2X bezeichnet (Vehicle-to-Everything).

⁵⁴ Bundesanstalt für Straßenwesen, Entwicklung eines Verfahrens zur optimierten Zugänglichkeit von kartenrelevanten Straßendaten für IVS, https://www.okstra.de/forschung/FE03%200500-2012-irb_Schlussbericht_v-1-0.pdf (3.2.2022).

In Europa stehen für die V2X Kommunikation derzeit mehrere Kanalzugriffstechnologien zur Verfügung. Eine erprobte Zugriffstechnologie für V2X ist ITS-G5 (basierend auf IEEE 802.11p⁵⁵, auch "pWLAN" genannt, spezifiziert in ETSI EN 302 663⁵⁶). Diese ist bereits von VW im Golf 8, und der ID-Serie umgesetzt und auch Straßeninfrastruktur wird bereits großflächig ausgestattet (in Deutschland durch die Autobahn GmbH des Bundes, in Österreich durch die ASFINAG⁵⁷).

Andere Technologien zur Direktkommunikation, die noch in der Erprobung und Entwicklung sind, bauen auf Mobilfunkstandards auf und werden häufig als "C-V2X" (Cellular-V2X) bezeichnet. Zu diesen Technologien gehören LTE-V2X⁵⁸ und zukünftig 5G-NR V2X⁵⁹. Diese Standards bieten, neben der Langstreckenkommunikation über das Netzwerk (bezeichnet mit "Uu"), auch dedizierte Protokolle zur Umsetzung von Direktkommunikation (bezeichnet mit "Sidelink" beziehungsweise "PC5").

Die genannten Technologien unterscheiden sich in der Form des Kanalzugriffs ("Wer darf wann in welcher Art und Weise senden"), nicht aber auf inhaltlicher Ebene. Die Nachrichtenformate und ihre inhaltliche Anwendung sind nicht Bestandteil der technischen Spezifikation der Kanäle und sind somit identisch. Daher wird in den folgenden inhaltsbezogenen Abschnitten keine Unterscheidung vorgenommen, während in den anschließenden technologiebezogenen Abschnitten die Technologien gegenübergestellt werden.

Datenschnittstellen – Nachrichtenformate und -inhalte

Die erforderlichen Kommunikationsprotokolle und Nachrichtenformate sind in Europa umfänglich durch ETSI standardisiert. Für die Übertragung verkehrsrechtlicher Anordnungen sind hier insbesondere die Nachrichten In-Vehicle-Information Message (IVIM), Signal Phase and Timing

⁵⁵ IEEE 802.11p -2010, IEEE Standard for Information technology-- Local and metropolitan area networks-- Specific requirements-- Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 6: Wireless Access in Vehicular Environments.

⁵⁶ ETSI EN 302 663 V1.3.1 (2019-10) – Intelligent Transport Systems (ITS); ITS-G5 Access layer specification for Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz frequency band.

⁵⁷ ASFINAG, ASFINAG connects roads with vehicles on a large scale in Europe, https://www.c-roads.eu/fileadmin/user_upload/pics/News/PA_ASFINAG_Connects_Roads_with_Vehicles.pdf (7.3.2022).

⁵⁸ 3GPP, 3GPP Release 14, <https://www.3gpp.org/release-14> (4.2.2022).

⁵⁹ 23, 3GPP Release 16, <https://www.3gpp.org/release-16> (4.2.2022).

Message (SPATEM), Map Message (MAPEM)⁶⁰ und Decentralized Environmental Notification Message (DENM)⁶¹ zu nennen.

Die oben genannten Standards beschreiben die Grundstruktur der Nachrichteninhalte. Sie sind bewusst so gestaltet, dass sie Freiraum für Interpretation und individuelle Umsetzung je nach Bedarf im einzelnen Anwendungsfall lassen. Die konkrete funktionale Nutzung der Nachrichten je nach Anwendungsfall ist in den entsprechenden Spezifikationen von C-Roads⁶² und C2C-CC⁶³ festgelegt. Diese auf den Standards aufbauenden Spezifikationen (auf Englisch "Profiling" genannt), sind essenziell für eine harmonisierte Umsetzung der Anwendungsfälle in Europa. Für die Herstellung einer Rechtsverbindlichkeit für V2X-Kommunikation wird es erforderlich sein, diese weiter zu präzisieren.

Datenschnittstellen – Abdeckung verkehrsrechtlicher Inhalte

Die im vorherigen Abschnitt genannten Nachrichtenformate decken verschiedene Bereiche verkehrsrechtlicher Anordnungen ab.

Die IVIM bietet die Möglichkeit, Verkehrsschilder jeder Art zu übertragen. Gemäß den Spezifikationen von C-Roads wird in aktuellen Umsetzungen der IVIM die Verkehrszeichenkodierung nach ISO 14823⁶⁴ verwendet. Diese bildet einen Großteil der in Europa verwendeten Verkehrszeichen ab, jedoch existiert kein offizielles Verzeichnis, welcher Code nach ISO 14823 genau welchem Verkehrszeichen der verschiedenen StVOen zugewiesen ist.

Die DENM-Nachricht ist eine Event-basierte Nachricht, die insbesondere zur Warnung vor potenziellen Gefahrenstellen verwendet werden kann. Mit verkehrsrechtlicher Relevanz können hier beispielsweise Informationen über temporäre Baustellen, mobile Straßenarbeiten oder Rettungskräfte im Einsatz (zum Beispiel zur Bildung einer Rettungsgasse) übertragen werden.

⁶⁰ ETSI TS 103 301 V2.1.1 (2021-03), Intelligent Transport Systems (ITS);

Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Facilities layer protocols and communication requirements for infrastructure services.

⁶¹ ETSI EN 302 637-3 V1.3.1 (2019-04), Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 3: Specifications of Decentralized Environmental Notification Basic Service.

⁶² C-Roads - The Platform of harmonised C-its deployment in europe, Harmonised C-ITS Specifications for Europe, https://www.c-roads.eu/fileadmin/user_upload/media/Dokumente/Harmonised_text_v2.pdf (11.2.2022).

⁶³ CAR 2 CAR Communication Consortium, Basic System Profile, <https://www.car-2-car.org/documents/basic-system-profile/> (11.2.2022).

⁶⁴ ISO 14823:2017 - Intelligent transport systems — Graphic data dictionary.

Die Nachrichten SPATEM und MAPEM werden gemeinsam verwendet. Die MAPEM gibt Informationen über die Topologie eines Straßenabschnitts beziehungsweise insbesondere eines Kreuzungsbereiches an. Für eine Lichtsignal-gesteuerte Kreuzung liefert die SPATEM pro Fahrspur die jeweils aktuelle Phase und Prognosen zu folgenden Signalphasen der Lichtsignalanlage (LSA).

Kanalzugriffstechnologie – Grundsätzliche Funktionsweise

Für die Umsetzung von V2X-Kommunikation zur Übertragung verkehrsrechtlicher Anordnungen werden "Roadside Units" (RSU), d.h. straßenseitige Empfangs-Sendeeinheiten benötigt. Bei entsprechender Installation und Anbindung kann eine Straßenbehörde ihre RSUs bei Bedarf ansteuern und das Senden von V2X-Nachrichten aktivieren.

Alle genannten Technologien nutzen in Europa das Frequenzspektrum 5875-5925 MHz für sicherheitsrelevante C-ITS Anwendungen^{65 66}. Gemäß Annex A in EU 2020/1426 ist dieser Frequenzbereich in Blöcke von je 10 MHz Größe unterteilt, woraus sich sieben Blöcke zur Nutzung ergeben. Innerhalb dieser Blöcke findet für gewöhnlich ein Broadcast statt, bei dem die Information eines Senders allen Empfängern bereitgestellt wird. Eine dedizierte Verbindung zwischen einem bestimmten Sender und Empfänger bildet die Ausnahme.

ITS-G5 nutzt in den Serienumsetzungen bisher nur einen Kanal. Die Nutzung mehrerer Kanäle ist derzeit noch in der Spezifizierung. Der Kanalzugriff folgt bei ITS-G5 dem "listen-before-talk"-Prinzip. D.h. ein Sender prüft zunächst, ob der Kanal gerade genutzt wird und sendet erst, wenn der Kanal frei ist. Dabei nutzt er für seine Übertragung die gesamte Breite des Kanals.

Für C-V2X wird jeder Kanal in mehrere Subfrequenzen unterteilt, die dann wiederum für eine begrenzte Zeit von einzelnen Stationen genutzt werden. Bei Kommunikation mit zentraler Infrastruktur (Mobilfunkzelle) weist die Zelle den Einheiten die jeweiligen Subfrequenzen und Zeitintervalle zu, bei Direktkommunikation ohne zentrale Infrastruktur wählen die Einheiten die Subfrequenzen und Intervalle selbst auf Basis eines definierten Prozesses aus. Zentrale Grundlage für dieses Vorgehen ist die zeitliche Synchronisierung aller Einheiten in näherer Umgebung. Beim Übergang von einer Mobilfunkzelle in eine andere oder von einem Bereich ohne Abdeckung zu einer Mobilfunkzelle können Wechsel der genutzten Subfrequenz bei den Einheiten erforderlich werden.

⁶⁵ Durchführungsbeschluss (EU) 2020/1426 der Kommission zur harmonisierten Nutzung von Funkfrequenzen im Frequenzband 5 875-5 935 MHz für sicherheitsbezogene Anwendungen intelligenter Verkehrssysteme (IVS) und zur Aufhebung der Entscheidung 2008/671/EG, L 328/19.

⁶⁶ Bundesnetzagentur, Frequenzplan gemäß § 54 TKG über die Aufteilung des Frequenzbereichs von 0 kHz bis 3000 GHz auf die Frequenznutzungen sowie über die Festlegungen für diese Frequenznutzungen.

Detailliertere Informationen zum Kanalzugriff bei LTE-V2X können den Access Layer Spezifikationen von ETSI entnommen werden⁶⁷.

Die unterschiedlichen Strategien zum Kanalzugriff resultieren in weiteren Unterschieden in einzelnen Details anderer Kommunikationsebenen, deren detaillierte Erläuterung allerdings über den Rahmen dieses Dokuments hinausgeht.

Kanalzugriffstechnologie – Dynamik

V2X Kommunikation selbst ermöglicht hoch dynamische Aktualisierungen im Bereich von wenigen hundert Millisekunden, da es sich um Direktkommunikation ohne Zwischenvermittler handelt (im Grundprinzip vergleichbar mit der Sprachkommunikation über Funkgeräte). Somit lassen sich hochdynamische Vorgaben (wie zum Beispiel ein akutes Geschwindigkeitslimit aufgrund eines Unfalls) nach Aktivierung der Regelung im System nahezu in Echtzeit an die Fahrzeuge kommunizieren⁶⁸.

Diese Dynamik kann bei ITS-G5 eingeschränkt werden, wenn viele Teilnehmer den Kanal zeitgleich nutzen. Dann greifen dezentrale Mechanismen zur Kontrolle der Kanallast "Decentralized Congestion Control" (DCC)⁶⁹. Ein Betrieb von ITS-G5 in mehreren parallelen Kanälen (Multi Channel Operation, MCO⁷⁰) zur Verteilung der Datenmenge auf mehrere Kanäle ist aber bereits vorgesehen und konkrete Umsetzungskonzepte werden diskutiert.

Im Falle von Direktkommunikation über C-V2X ist die Dynamik differenzierter zu betrachten. Bei der Direktkommunikation (Sidelink) gilt auch hier prinzipiell die mögliche Echtzeit-nahe Übertragung

⁶⁷ ETSI EN 303 613 V1.1.1 (2020-01), Intelligent Transport Systems (ITS); LTE-V2X Access layer specification for Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz frequency band.

⁶⁸ Einschränkungen dieser Dynamik ergeben sich unter anderem auch aus den Systemlaufzeiten innerhalb des sendenden Systems. Dies kann zum Beispiel davon abhängen, wie genau die Sendeeinheit in das technische Gesamtsystem der Behörde bzw. des Verkehrsmanagements eingebunden ist und wieviel Zeit zwischen Aktivierung einer Regulierung im System bis zum tatsächlichen Versand der V2X Daten vergeht.

⁶⁹ ETSI TS 102 687 V1.2.1 (2018-04), Intelligent Transport Systems (ITS); Decentralized Congestion Control Mechanisms for Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz range; Access layer part.

⁷⁰ ETSI TS 103 696 V2.1.1 (2021-11), Intelligent Transport System (ITS); Communication Architecture for Multi-Channel Operation (MCO); Release 2.

(variable Datenraten 56.6 kbps - 15.1 Mbps gemäß ECC Report^{71 72}). Durch die Aufteilung des Kanals in Subfrequenzen und deren dynamischer zeitlicher Zuweisung an kommunizierende Einheiten kann es aber insbesondere an den Grenzen von Mobilfunkzellen zu kurzzeitigen Verzögerungen im Sekundenbereich kommen, bis eine neue nutzbare Subfrequenz zugewiesen oder ausgewählt wurde. Das gleiche gilt außerhalb der Mobilfunkabdeckung, wenn sich Einheiten begegnen, die zeitgleich auf der gleichen Subfrequenz senden und sich somit gegenseitig überlagern würden.

Kanalzugriffstechnologie – Kapazität

Für ITS G5 ist die genaue Sendekapazität unter anderem von der in der jeweiligen Situation vorliegenden Kanallast abhängig⁷³. Es ist eine theoretische, maximale Nachrichtengröße von 3 kB sowie eine pro Sendeeinheit pro Sekunde versendete Datenmenge von 22,5 kB möglich. Die oben erwähnten DCC Mechanismen reduzieren die möglichen Datenmengen. Unter Verwendung von DCC lässt sich eine durchschnittliche mögliche Nachrichtengröße von noch 750 B berechnen. Ist der Versand wesentlich größerer Nachrichten erforderlich (beispielsweise für große MAPEMs), können diese fragmentiert und in kleineren Teilen versendet werden.

LTE-V2X kann in verschiedenen Modi betrieben werden. Die Sendekapazität hängt vom gewählten Modus und weiter von der für den jeweiligen Modus gewählten Parametrierung ab. Daher lassen sich keine verallgemeinerten Aussagen treffen. Ergebnisse durchgeführter Untersuchungen weichen stark voneinander ab, Basisannahmen sind häufig sehr theoretisch (beispielsweise Vernachlässigung dynamischer Nachrichtengrößen und Sendefrequenzen⁷⁴). Daten aus größeren Feldversuchen liegen bisher nicht vor. Grundsätzlich lässt sich aber festhalten, dass LTE-V2X eine höhere Sendekapazität als ITS-G5 ermöglichen könnte. Das basiert im Wesentlichen auf dem Ersatz von "listen-before-talk" durch eine zeitliche Zuweisung der Sendemöglichkeiten zu den Stationen. Damit ließen sich bis zu

⁷¹ Die Datenraten hängen stark von der gewählten Modulation und Kodierung ab, die gewählt wird. Zudem sind die genannten Werte im Report unter der Annahme angegeben, dass V2X-Nachrichten eine Größe von 190-300 Byte haben. Gemäß einer statistischen Auswertung von C2C-CC haben mehr als 50% der CAMs von Serienfahrzeugen aber bereits eine Größe von mehr als 350 Byte siehe CAR 2 CAR Communication Consortium, Survey on ITS-G5 CAM statistics, https://www.car-2-car.org/fileadmin/documents/General_Documents/C2CCC_TR_2052_Survey_on_CAM_statistics.pdf (10.3.2022).

⁷² CEPT ECC, ECC Report 290, Studies to examine the applicability of ECC Reports 101 and 228 for various ITS technologies under EC mandate (RSCOM 17-26Rev.3), <https://docdb.cept.org/download/1369> (07.03.2022).

⁷³ ETSI EN 302 571 V2.1.1 (2017-02), Intelligent Transport Systems (ITS); Radio communications equipment operating in the 5 855 MHz to 5 925 MHz frequency band; Harmonized EN covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive.

⁷⁴ Kumar Gulia, A simulation Study on the Performance Comparison of the V2X Communication Systems: ITS-G5 and C-V2X (2020).

100% eines Zeitfensters nutzen, "listen-before-talk" benötigt dagegen einen zeitweise ungenutzten Kanal.

Kanalzugriffstechnologie – Sicherheit

Übertragungssicherheit

Da die V2X Kommunikation derzeit als einfacher Broadcast ohne unmittelbare Rückmeldung umgesetzt wird, hat der Sender keine Möglichkeit, Übertragungsprobleme zu erkennen oder darauf zu reagieren. Die Erhöhung der Übertragungssicherheit wird unter anderem durch Sende- und Wiederholfrequenz von 1-10 Hz erreicht.

Bei einer hohen Kanalnutzung werden nicht mehr alle erzeugten Nachrichten auch tatsächlich gesendet werden können. Dieses Phänomen tritt unabhängig von der genutzten Technologie auf, da das nutzbare Frequenzspektrum begrenzt ist. Bei ITS-G5 führt DCC dazu, dass Nachrichten priorisiert werden. Weniger dringende Nachrichten werden dann nicht ausgesendet. Derzeit sind DENMs mit zeitkritischen, sicherheitsrelevanten Informationen (zum Beispiel Notbrems-Warnung) am höchsten priorisiert, IVIM, SPATEM und MAPEM haben in aktuellen Spezifikationen eine niedrige Priorisierung. Zur Reduktion dieser Effekte ist bereits ein Betrieb von ITS-G5 auf mehreren Kanälen vorgesehen (MCO). Die finale Spezifikation der Details von MCO steht noch aus.

Wie bereits zuvor erwähnt, erfolgt der Kanalzugriff bei LTE-V2X über die zentrale oder dezentrale Zuweisung von Sub-Kanälen und Zeitfenstern an die einzelnen Kommunikationseinheiten. Die Aufteilung in Subkanäle bringt jedoch neue Aspekte mit sich. So ist es möglich das zwei Stationen zeitgleich unterschiedliche Subkanäle nutzen. Da sie in diesem Zeitraum senden, können sie die Nachricht der jeweiligen anderen Station aber nicht "hören". Diesem Effekt wird durch mehrfache "re-transmissions" der Nachrichten in unterschiedlichen Zeitslots begegnet. Je voller allerdings ein Kanal ist, umso weniger "re-transmissions" können stattfinden. Darüber hinaus muss die Zuweisung neu verhandelt werden, wenn sich unabhängige Einheiten einander nähern, die zuvor den gleichen Sub-Kanal in den gleichen Zeitintervallen für den Versand ihrer Nachrichten nutzen wollten. Erst nach der neuen Zuteilung verläuft die Kommunikation wieder störungsfrei, wodurch es zu Verzögerungen von mehreren Sekunden kommen kann⁷⁵. Darüber hinaus hängen auch die Charakteristiken der Übertragungssicherheit stark vom gewählten Modus und Parametrierung ab.

IT-Sicherheit

Die V2X-Kommunikation erfolgt unverschlüsselt als Broadcast – jede geeignete Empfangseinheit mit entsprechender Dekodier-Funktionalität kann die Nachrichten empfangen und auswerten. Durch

⁷⁵ Kumar Gulia, A simulation Study on the Performance Comparison of the V2X Communication Systems: ITS-G5 and C-V2X (2020).

ETSI⁷⁶ und die EU sind aber Mechanismen zur Authentifikation, Autorisierung und Sicherstellung der Datenintegrität definiert^{77 78}. Einer V2X-Nachricht kann ein Zertifikat angehängt werden. Dieses Zertifikat kann der Empfänger auf Gültigkeit überprüfen – und entsprechend Nachrichten ohne oder mit einem ungültigen Zertifikat verwerfen. Zudem ermöglicht es dem Empfänger zu prüfen, ob der Sender über die erforderlichen Berechtigungen verfügt, die jeweiligen Informationen zu versenden ("service specific permissions", definiert pro Nachricht). Zur Sicherstellung der Pseudonymität (jedoch keine Anonymität) werden die Zertifikate zudem regelmäßig gewechselt ("AT changeover")⁷⁹. Darüber hinaus existiert ein sogenanntes "Protection Profile" mit Hardware-Spezifikationen, um sicherzustellen, dass die Zertifikate einer Sendeeinheit vor externem Zugriff geschützt sind⁸⁰.

Rechtliche Einbettung

Rechtsgrundlage für die V2X-Kommunikation bildet die Entscheidung der Kommission EC/2008/671, welche festlegt, dass das Frequenzband 5875-5905 MHz für sicherheitsrelevante Anwendungen in C-ITS verfügbar ist. Dem entspricht ebenfalls der Frequenzplan der deutschen Bundesnetzagentur. Als weiteres rechtsverbindliches Dokument im Rahmen der Umsetzung von V2X-Kommunikation ist die Radio Equipment Directive (RED) 2014/53/EU zu nennen, welche die Grundbedingungen für die Bereitstellung von Funkanlagen auf dem Europäischen Markt definiert⁸¹.

Zur weiteren rechtlichen Regulierung der Umsetzung von V2X-Funktionalitäten in Europa war 2019 das Inkrafttreten eines Delegierten Rechtsaktes der EU für die Einführung und den Betrieb kooperativer intelligenter Verkehrssysteme vorgesehen⁸². Nach Annahme des Rechtsaktes durch die Kommission wurde er schließlich allerdings durch den Europäischen Rat abgelehnt. Dadurch ist der

⁷⁶ ETSI TS 103 097 V1.3.1 (2017-10), Intelligent Transport Systems (ITS); Security; Security header and certificate formats.

⁷⁷ *European Commission*, Certificate Policy for Deployment and Operation of European Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS), Release 1.1, https://transport.ec.europa.eu/system/files/2018-05/c-its_certificate_policy-v1.1.1.pdf (07.03.2022).

⁷⁸ *European Commission*, Security Policy & Governance Framework for Deployment and Operation of European Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS), Release 1.1, https://transport.ec.europa.eu/system/files/2018-06/c-its_security_policy_release_1.pdf (07.03.2022).

⁷⁹ *CAR2CAR Communication Consortium*, Vehicle C-ITS station profile, Release 1.6.1.

⁸⁰ *CAR2CAR Communication Consortium*, Protection Profile V2X Hardware Security Module, Release 1.6.1 (07.03.2022).

⁸¹ Richtlinie (EU) 2014/53 über die Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über die Bereitstellung von Funkanlagen auf dem Markt und zur Aufhebung der Richtlinie 1999/5/EG, ABl 2014 L 153/62.

⁸² *European Commission*, Specifications for the provision of cooperative intelligent transport systems (C-ITS), <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/1381-Specifications-for-the-provision-of-cooperative-intelligent-transport-systems-C-ITS-de> (7.3.2022).

Rechtsakt nie in Kraft getreten, sodass nach wie vor kein rechtlicher Rahmen zur Umsetzung von V2X Kommunikation in Europa existiert.

Allerdings sieht das European New Car Assessment Programme (Euro NCAP) die V2X Kommunikation in seiner Roadmap vor⁸³. Demnach werden V2X-basierte Sicherheitsfunktionen ab 2024 in ihr Bewertungsschema aufgenommen.

Wertung / Ausblick

Die V2X-Kommunikation – insbesondere über ITS-G5 – ist ein Kommunikationspfad, an dem bereits viele Jahre gearbeitet wird. Mit dem Golf 8 hat VW 2019 das erste europäische Serienfahrzeug mit V2X-Technologie basierend auf ITS-G5 in den Markt gebracht. Seit November 2020 hat die österreichische ASFINAG zudem als erster Straßenbetreiber mit einer großflächigen Ausstattung ihrer Autobahnen mit stationären V2X-Einheiten und Baustellensperranhängern begonnen⁸⁴.

Im Rahmen der Kommunikation verkehrsrechtlicher Anordnungen ist die Direktkommunikation im Nahbereich über V2X insbesondere geeignet für lokale, temporäre und dynamische Informationen (zum Beispiel kurzfristige Geschwindigkeitsbegrenzungen oder Signalphasen bedarfsgesteuerter LSA). Unter Verwendung von ITS-G5 können darüber hinaus hochgradig zeitkritische, sicherheitsrelevante Daten (Warnung vor nahendem Einsatzfahrzeug) übertragen werden. Durch ihre Netzunabhängigkeit entfallen zudem im Betrieb die Kosten für die Kommunikation selbst. Ein oder mehrere Netzbetreiber sind nicht erforderlich.

Für C-V2X bestehen derzeit noch einige offene Fragen, wie zum Beispiel der zu verwendende Modus. Das Profiling ist noch nicht abgeschlossen. Aufgrund der möglichen Situationen, in denen sich begegnende Einheiten gegenseitig in der Kommunikation stören, bis die Zuweisung von Sub-Kanälen und Zeitfenstern wieder erfolgt ist, eignet sich C-V2X weniger für äußerst zeit- und sicherheitskritische Übertragungen. Die aktuelle C-V2X Ausprägung LTE-V2X ist eher für regelmäßige Nachrichten konstanter (oder ähnlicher) Größe vorgesehen. Bei größeren zu übertragenden Datenmengen mit geringerer Kritikalität, kann C-V2X aber Vorteile gegenüber ITS-G5 haben. Ein Vergleich mit der nächsten Generation von ITS-G5 (IEEE 802.11bd) wurde bisher nicht durchgeführt.

Der zuvor erwähnte fehlende rechtliche Rahmen und die daraus resultierende Unsicherheit bezüglich der umzusetzenden Technologie, der rechtlichen Verantwortlichkeiten und Haftungen für die gesendeten Inhalte sind bislang ein wesentlicher Grund für die bisher noch zögerliche Umsetzung von V2X in Europa. Das Deployment durch die ASFINAG und VW hat jedoch gezeigt, dass notwendige

⁸³ Euro NCAP, Euro NCAP 2025 Roadmap in Pursuit of Vision Zero, <https://cdn.euroncap.com/media/30700/euroncap-roadmap-2025-v4.pdf> (7. 3.2022).

⁸⁴ ASFINAG, ASFINAG connects roads with vehicles.

Technologien, Spezifikationen und Profile vorhanden sind, nur eine Rechtsverbindlichkeit ist noch nicht gewährleistet. Dieser rechtliche Rahmen auf europäischer Ebene muss geschaffen werden, um V2X als zentralen Baustein für die Kommunikation zeitkritischer, lokaler Informationen mit Rechtsverbindlichkeit zu nutzen. Damit einhergehend ist es ebenfalls relevant, die existierenden Spezifikationen europäisch koordiniert weiterzuentwickeln, sodass sie das für Rechtsverbindlichkeit erforderliche Präzisionslevel erreichen und die Funktionalität gesamteuropäisch zur Verfügung steht.

6.3.5 Dynamische Verkehrsinformationen

Einleitung

Für die Bereitstellung von dynamischen Straßenverkehrsdaten sehen die Delegierten Verordnungen der Europäischen Kommission, die auf der IVS-Richtlinie fußen, die Verwendung des DATEX II-Standards vor. Dieser beschreibt die maschinell verarbeitbare Kodierung von im Verkehr relevanten Konzepten im Rahmen eines mehrteiligen CEN Standards (CEN 16157). Für die Bereitstellung solcher Datenangebote werden Nationale Zugangspunkte (engl. National Access Point – NAP) vorgeschrieben, die die Mitgliedsstaaten einzurichten und bei der Europäischen Kommission zu notifizieren haben. Wichtig ist allerdings an dieser Stelle festzuhalten, dass diese Forderungen noch keinen vollständigen Kanal beschreiben.

Zum einen legen die Teile des CEN 16157 Standards nur die Struktur und die Kodierung der Inhalte solcher Schnittstellen fest, nicht die zum eigentlichen Datenaustausch zu verwendenden Protokolle. Es gibt hierzu zwar auch Entwicklungen aus dem Bereich der DATEX-Entwicklerinnen, diese werden aber bei ISO standardisiert und in der Delegierten Verordnungen nicht zitiert. Jeder NAP geht hier also seinen eigenen Weg. Darüber hinaus lassen die Delegierten Verordnungen sogar bewusst offen, ob der NAP die eigentlichen Daten zum Zugriff anbietet, oder nur Metadaten, die über zugreifbare Daten informieren. Auch hier gehen die EU-Mitgliedsstaaten unterschiedliche Wege.

DATEX II wird dabei ausschließlich als Backend Standard im Business-to-Business Bereich verwendet, wobei der Begriff "Business" hier weit zu interpretieren ist, also insbesondere auch Behörden umfasst. Für die "letzte Meile" – also die Übertragung von Informationen an ein Gerät im Zugriff des Endnutzers – dienen eine Vielzahl anderer Datenformate, die an den finalen Übertragungskanal angepasst sind (zum Beispiel TPEG für DAB, HTML für Webseiten, ALERT-C für den RDS/TMC, etc.). Das zugrundeliegende Konzept sieht vor, dass Dienstanbieter, die diese Kanäle beschicken, die zugrundeliegenden Daten vom NAP in DATEX II maschineninterpretierbar und sprachunabhängig beziehen können, so dass sie sich in die unterschiedliche Geschäftslogiken der verschiedenen Dienste integrieren lassen.

Dynamik

DATEX II ist explizit für dynamische Verkehrsdaten gedacht, in diesem Sinne also komplementär zu TN-ITS zu sehen. Aus diesem Grunde verwendet DATEX II auch ein anderes Grundparadigma. Standards, die eher statische Daten adressieren, legen typischerweise ein Straßenmodell zugrunde, wobei die verschiedenen Komponenten dieses Modells auf unterschiedlichen Hierarchieebenen mit verkehrsrelevanten Attributen versehen werden. Demgegenüber fokussiert DATEX II das verkehrsrelevante Geschehen als primäres Objekt, mit zum Teil sehr mächtigen und detaillierten Modellen, wobei das Geschehen mit vielen Aspekten beschrieben wird, wovon einer die Verortung ist. DATEX II definiert dabei keine eigenen Verortungssysteme, sondern orientiert sich an anderen, im Verkehrswesen gängigen Standards. Diese unterschiedliche Herangehensweise reflektiert die speziell im Hinblick auf die unterliegende Dynamik der Daten unterschiedlichen Anwendungsfälle (Kartenupdate versus dynamische Verkehrsinformation). Sie stellt aber keine grundsätzliche, logische Inkompatibilität dar. Ein F&E-Projekt der BAST hat eine Abbildung von DATEX II-Modellen auf die GML Application Schema Methodik (welche auch TN-ITS zugrunde liegt) formal spezifiziert und als Software Plug-In für ein UML-Werkzeug prototypisch realisiert⁸⁵.

Mit dem beschriebenen Ansatz lassen sich über DATEX II empfangene Daten auch auf Medien verwenden, die nicht auf Straßenmodellen aufbauen, zum Beispiel als textuelle Verkehrsmeldungen. Diese Aussage gilt natürlich nur, wenn man auch textuelle Optionen zur Beschreibung des Ortsbezugs verwendet.

Wenn man die Dynamik typischer Anwendungen von DATEX II bewerten will, wird man in einem Bereich zwischen digitaler Karte und Nahbereichskommunikation landen. Die Grenzen sind hier schwer zu quantifizieren. Klassische über NAPs verteilte Daten arbeiten mit Aktualisierungszyklen bis in den Minutenbereich. Mittlerweile werden aber Daten angeboten, für die ein Sekundenbereich erstrebenswert wäre. Hier zeigt sich eine deutliche Überlappung mit der parallel stattfindenden Entwicklung von C-ITS-Angeboten über das Internet Backend mit dem von C-Roads entwickelten Internet-Profil. Eine abgestimmte Vorgehensweise, die Inhalte insbesondere basierend auf ihren Dynamikanforderungen den verschiedenen Möglichkeiten zuweist, existiert zurzeit noch nicht.

Kapazität

Als Backendschnittstelle sind über DATEX II bereitgestellte Daten eigentlich keinen Kapazitätsbegrenzungen unterworfen. Probleme entstehen hier typischerweise aufgrund des Zusammenspiels von Datenpublikationsgröße, Übertragungszeit und avisierte Latenz / Aktualisierungszyklus. Diese Probleme lassen sich aber in der Regel lösen, wenn man Publikationen

⁸⁵ [BAST](#), Konzept für die Erzeugung eines ISO-konformen UML-Modells und Generierung eines GML-Applikationsschemas für DATEX II zur Verbesserung der Interoperabilität – [BAST-Bericht F 137](#) (2021).

geeignet zuschneidet. Wenn der NAP einer Message Broker-Architektur folgt, muss dies der typischerweise der Datenanbieter vornehmen, indem er einer Publikation einen eigenen Meldungskanal zuweist (oft im Umfeld von Message Broker-Technologie als ‚Topic‘ bezeichnet). Alternativ lassen sich von datenhaltenden Systemen direkt angebotene Datendienste über sogenannte Application Programmer Interfaces (API) so gestalten, dass der Datenabnehmer Datensätze begrenzter Größe aufgrund von ihm definierter Kriterien abfragen kann.

Sicherheit

Übertragungssicherheit

Da DATEX II genau wie TN-ITS als Kommunikations-agnostischer Standard für Datenstrukturierung und Kodierung zum Austausch über Standard Internet-Verbindungen gestaltet ist, gilt hier das in Kapitel 6.3.3 gesagte analog.

IT-Sicherheit

Da DATEX II genau wie TN-ITS als Kommunikations-agnostischer Standard für Datenstrukturierung und Kodierung zum Austausch über Standard Internet-Verbindungen gestaltet ist, gilt hier das in Kapitel 6.3.3 gesagte analog.

Abdeckung verkehrsrechtlicher Inhalte

Viele DATEX II Datenmodelle enthalten zum Teil verkehrsrechtliche Inhalte, insbesondere im Hinblick auf die Inhalte straßenverkehrsbehördlicher Anordnungen. Eines der ältesten DATEX II Datenmodelle beschreibt Verkehrssituationen⁸⁶, von denen viele Aspekte verkehrsrechtliche Vorschriften beschreiben, zum Beispiel Geschwindigkeitsbeschränkungen oder Überholverbote. Dieser DATEX II Standard hat in Europa eine sehr große Verbreitung, insbesondere auch zur Übertragung verkehrsrechtlicher Anordnungen. In jüngster Vergangenheit wurde aber kritisiert, dass der Standard diese Aspekte mit allgemeinen Aspekten der Verkehrsinformation vermischt. Dies scheint insbesondere im Hinblick auf die wachsende Zahl von Anwendungen zur Unterstützung von Fahrzeugen mit zunehmend höher automatisierten Fahrerassistenzsystemen nicht sinnvoll. Deshalb wurde im Rahmen der DATEX II Programm Support Action der Connected Europe Facility der Europäischen Kommission ein neues Modell entwickelt, welches explizit straßenverkehrsbehördliche Anordnungen modelliert. Dieses Modell, welches als CEN/TS 16157-11:2022⁸⁷ zwar schon beschlossen, aber aktuell noch nicht veröffentlicht wurde, enthält daher Ansätze, die dem in diesem

⁸⁶ CEN EN 16157-3:2018 – Intelligent transport systems – DATEX II data exchange specifications for traffic management and information – Part 3: Situation Publication.

⁸⁷ CEN/TS 16157-11:2022 – Intelligent transport systems – DATEX II data exchange specifications for traffic management and information – Part 11: Publication of machine interpretable traffic regulations.

Dokument vorgestellten Modell einer DSL für digitales Verkehrsrecht ähneln. Der wesentliche Unterschied ist aber, dass dieser Standard mit seinem Bedingungs- und Wirkungsmodell nicht auf vollautomatisiert fahrende Fahrzeuge abzielt, sondern auf die Vermittlung verkehrsrechtlicher Regelungen an menschliche Fahrerinnen. Außerdem enthält er ausschließlich die über straßenverkehrsrechtliche Anordnungen erlassenen Vorschriften und nicht die ex lege Regelungen der StVO.

Rechtliche Einbettung

DATEX II wird in den durch die IVS-Richtlinie⁸⁸ mandatierten Delegierten Verordnungen explizit als Standard für die Bereitstellung relevanter Informationen auf den Nationalen Zugangspunkten aufgeführt. Diese Richtlinie befindet sich zurzeit in der Überarbeitung. Wie man aus den aktuellen Diskussionen zur Überarbeitung, wie auch der zur Veröffentlichung anstehenden, überarbeiteten Fassung der Delegierten Verordnung 2015/962 hinsichtlich der Bereitstellung EU-weiter Echtzeit-Verkehrsinformationsdienste, entnehmen kann, wird die Rolle von DATEX II in Zukunft noch stärker betont. Auch ist bezüglich der geforderten Inhalte eine Betonung verkehrsrechtlicher Themen zu erkennen. Weiterhin enthält die Überarbeitung von 2015/962 Elemente der Verpflichtung zur Datenbereitstellung, die bislang nicht existierten. Dieser sich aktuell bildende Rahmen wird bei der Betrachtung der Umsetzung von lex2vehicle-Ergebnissen genauer zu betrachten sein.

Wertung / Ausblick

DATEX II kommt im Rahmen der zurzeit in Bearbeitung befindlichen IVS-Richtlinie eine zunehmende Bedeutung zu. Die überarbeitete Delegierte Verordnung 2015/962 definiert das Konzept der "wichtigsten Datentypen" (engl. crucial data types), wobei ein recht großer Teil hiervon verkehrsbehördlich angeordnete Verkehrsbeschränkungen adressiert. Dies liegt zum einen in der Tatsache begründet, dass diese Daten für häufig genutzte IVS-Dienste (allen voran Navigation) von besonderer Bedeutung sind. Darüber hinaus werden die Inhalte aber zunehmend auch im Kontext der Regulierung von Fahrerassistenzsystemen wichtig, zum Beispiel für intelligente Geschwindigkeitsassistenten⁸⁹. Diese offensichtlich zunehmende Unterstützung von Fahrerassistenzsystemen niedriger Automatisierungsstufe durch Datenbereitstellung kann durchaus als erster Schritt in die Richtung gesehen werden, die lex2vehicle für höherer Automatisierungsstufen konsequent weiterdenkt. In gewissen Teilen kann die vorgeschlagene Entwicklung einer

⁸⁸ Richtlinie 2010/40/EU zum Rahmen für die Einführung intelligenter Verkehrssysteme im Straßenverkehr und für deren Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern, ABl 2010 L 207/1.

⁸⁹ VO (EU) 2019/2144 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, ABl 2019 L 325/1.

domänenspezifischen Sprache durchaus mit der Weiterentwicklung eines solchen Standards zusammenfallen oder zumindest interoperabel abgestimmt werden, was Synergieeffekte bei Einführung und Pflege ermöglichen würde, da man auf existierenden Strukturen aufsetzen könnte.

6.4 Verkehrsinformation basierend auf der Veröffentlichung rechtsverbindlicher Vorschriften

Das vorhergehende Kapitel enthält eine Analyse existierender Kanäle, die geeignet sind, verkehrsrechtliche Inhalte ins Fahrzeug zu bringen und dies zum Teil auch heute schon tun. An einigen Stellen wurde dabei auf strukturelle Ähnlichkeiten hingewiesen (zum Beispiel Bedingungs-/Konsequenz-Modell) beziehungsweise mögliche Synergien aufgezeigt. Ganze allgemein gibt es europaweit zurzeit ein signifikantes Bestreben im Rahmen der Überarbeitung der IVS-Richtlinie, die Bereitstellung verkehrsbehördlich angeordneter Verkehrsbeschränkungen zumindest in der Europäischen Union rechtlich vorzuschreiben. Andere europäische Staaten wie die Schweiz, Norwegen und das Vereinigte Königreich sind zwar von EU-Verordnungen und Richtlinien nicht rechtsverbindlich betroffen, signalisieren aber gerade im Bereich der Datenbereitstellung einen Kooperationswunsch, wie man zum Beispiel der Beteiligung an der EU-Initiative zur Harmonisierung nationaler Zugangspunkt NAPCORE entnehmen kann.

Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang, dass sich das Ziel solcher Information bereits im Bereich aktueller Fahrerassistenzsysteme wandelt. Bislang diente die Übertragung solcher Daten ausschließlich als Information für die Fahrerin, zum Beispiel durch Darstellung von Symbolen oder Text auf einem Bildschirm oder durch gesprochenen Text. Mit der zunehmenden Unterstützung der Fahrerin durch ADAS (Advanced Driver Assistance System), wächst die Bedeutung der maschinellen Interpretation der Daten. Soll zum Beispiel ein ADAS vor Geschwindigkeitsübertretung warnen, wie es die EU-Verordnung Nr. 2019/2144⁹⁰ ab 2022 von allen neuen Fahrzeugmodellen verlangt, so muss dieses System natürlich maschinell in der Lage sein, die aktuell gefahrene Geschwindigkeit (dem System durch Sensorik bekannt) mit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit zu vergleichen. Hier zeigen sich also die in lex2vehicle vorgeschlagenen Konzepte in einfacher Form:

- Bedingungsmodell: das Fahrzeug muss seine aktuell gefahrene Geschwindigkeit aus der Fahrzeug-Sensorik ermitteln
- Maßnahmentrigger: das Fahrzeug muss die zulässige Höchstgeschwindigkeit gemäß allgemeinen Verkehrsregeln und speziellen Maßnahmen (Straßenkategorie, innerorts/außerorts, angeordnete Geschwindigkeitsbeschränkungen linear/zonal) ermitteln

⁹⁰ VO (EU) 2019/2144 ABl 2019 L 325/1.

können – das ganze nebst einschränkenden Elementen wie Zeitbereichen ("22 – 6h") oder Umfeldbedingungen ("bei Nässe").

- Konsequenzmodell: das Fahrzeug muss die Fahrerin warnen

In diesem Sinne bietet sich hier also die Möglichkeit von Synergien und Konvergenz der Weiterentwicklung existierender, digitaler Datenübertragungskanäle ins Fahrzeug mit der Einführung der digitalen Übertragung von digitalisierten, verkehrsrechtlichen Vorschriften gemäß dem im Projekt entwickelten Ansatz. Hierzu muss aber die Weiterentwicklung der diesen Kanälen zugrundeliegenden Standards im Sinne der Orientierung zugrundeliegender Bedingungs- und Konsequenzmodelle auf automatisierte Fahrfunktionen aktiv betrieben werden. Entsprechende Vorschläge werden im lex2vehicle Zukunftsplan unterbreitet.

7 Prüfung und Abnahme (AP7)

Zielsetzung des Arbeitspakets 7 ist es, Rahmenbedingungen für ein verlässliches Abprüfen der korrekten Interpretation von Verkehrsregeln durch automatisierte Fahrzeuge zu schaffen. Die erarbeiteten Ergebnisse und Konzepte werden in diesem Kapitel im Detail vorgestellt.

Die in Arbeitspaket 7 erarbeiteten Konzepte bauen auf den in den vorherigen Kapiteln erarbeiteten Inhalten auf. Die grundsätzlichen Beiträge der anderen Arbeitspakete zu Arbeitspaket 7 sind in Abbildung 27 dargestellt.

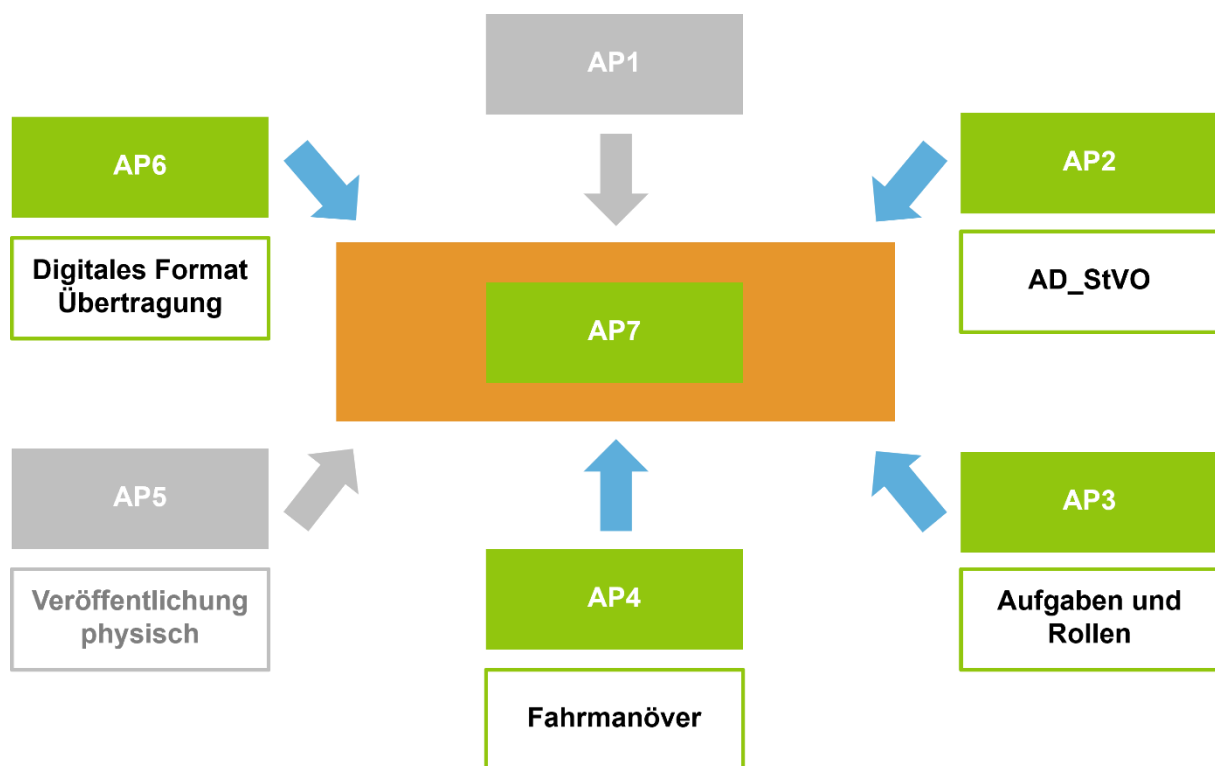


Abbildung 27: Beitrag anderer Arbeitspakete zu Arbeitspaket 7

In den folgenden Kapiteln wird zunächst vorgestellt, wie Prüfverfahren zur Zulassung einer Fahrfunktion in Deutschland aktuell aufgebaut sind. Anschließend werden die notwendigen Änderungen für das automatisierte Fahren erläutert. Aufbauend auf dieser Grundlage werden die Kerninhalte, d.h. das Prüfverfahren für automatisierte Fahrzeuge und unterstützende Konzepte präsentiert.

7.1 Stand der Technik in der Prüfung von herkömmlichen Kraftfahrzeugen

In diesem Teilkapitel wird vorgestellt, wie ein Prüfprozess für herkömmliche Kraftfahrzeuge in Deutschland aktuell aufgebaut ist. Hierbei erfolgt eine Beschränkung auf Deutschland, da die Prüfprozesse in verschiedenen Ländern, auch innerhalb der europäischen Union, voneinander abweichen. Zur besseren Übersicht und Verständlichkeit der Grundprinzipien wurde daher diese Einschränkung auf ein einzelnes Land gewählt.

In einem ersten Schritt wird die Umsetzung der Fahraufgabe im Kontext der Straßenverkehrsordnung und anderer Regelwerke betrachtet. Hierbei wird ein konzeptueller Vergleich zwischen der aktuellen Umsetzung der Fahraufgabe durch eine menschliche Fahrerin und der zukünftigen Umsetzung durch eine automatisierte Fahrfunktion gezogen.

Im darauffolgenden Abschnitt werden die aktuellen Prüfverfahren für herkömmliche Kfz in Deutschland dargestellt.

Diese Betrachtungen dienen als Grundlage für den anschließenden Vergleich mit den Erfordernissen für die Prüfung hochautomatisierten Fahrens und die Evaluierung, welche Anpassungen im Kontext der Prüfung und Freigabe von autonomen Fahrzeugen im Vergleich zum Status Quo erforderlich sind.

7.1.1 Umsetzung der Fahraufgabe

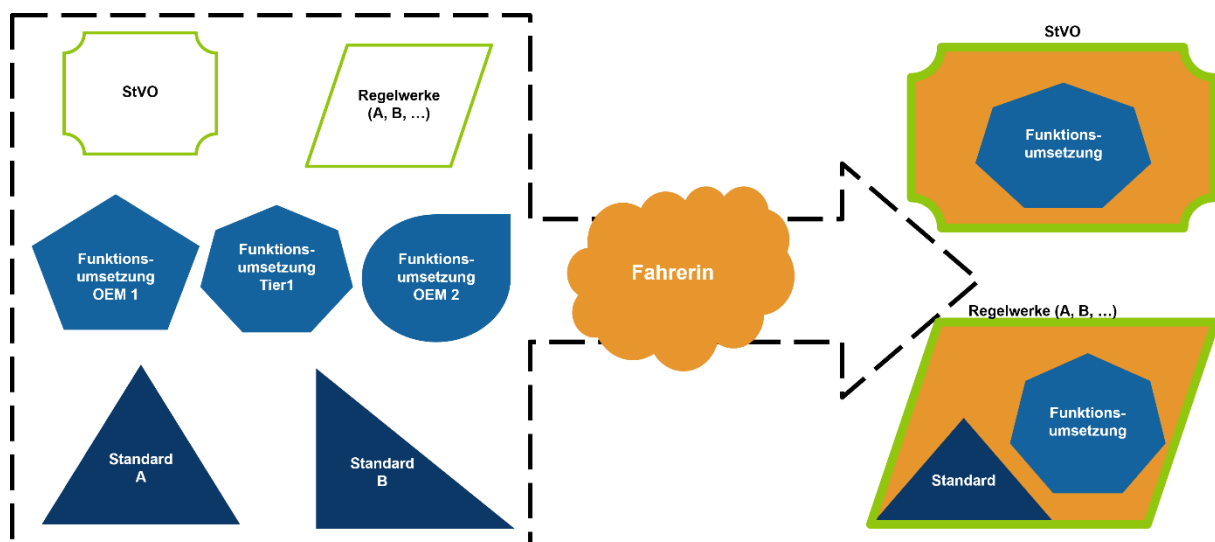


Abbildung 28 Schema der rechtskonformen Umsetzung der Fahraufgabe durch die Fahrerin

Dieser Abschnitt stellt das aktuelle Zusammenspiel zwischen dem Fahrzeug, der Fahrerin und den Regelwerken sowie der Straßenverkehrsordnung für die eigentliche Umsetzung der Fahraufgabe

schematisch dar. Das Schema ist in Abbildung 28 dargestellt und ist in drei zentrale Bereiche eingeteilt.

Der linke Bereich der Abbildung stellt das Zusammenspiel der relevanten Elemente, die für die regelkonforme Umsetzung der Fahraufgabe relevant sind, dar. Dazu gehören die Standards, auf Basis derer OEM und Zulieferer die Funktionsumsetzung im Fahrzeug realisieren, sowie die Straßenverkehrsordnung und weitere relevante Regelwerke.

Die Fahrerin ist bewusst im Mittelpunkt des Schemas als eigentliche Schnittstelle zwischen Funktion und Regelwerken und ihrer Anwendung im Straßenverkehr dargestellt. In herkömmlichen Kraftfahrzeugen übernimmt die Fahrerin die Interpretation der Verkehrsordnungen und der jeweiligen Fahrsituation auf Basis ihrer Führerscheinprüfung, ihres erlernten Wissens sowie ihrer Erfahrung und wendet die verfügbaren Fahrfunktionen entsprechend den jeweils geltenden Gesetzen und Regeln an. Diese zentrale Rolle der Fahrerin ist auch in der Rechtslage widerspiegelt, die ausschließlich auf die Ausführung der Fahrfunktionen durch den Menschen ausgelegt ist. Die Adaption und das In-Einklang-Bringen von Verkehrsordnung, weiteren Regelwerken, Fahrsituation und verfügbarer Fahrzeugfunktionen durch die Fahrerin ist im Schema auf der rechten Seite dargestellt.

Mit dem im Zuge des Arbeitspaketes 7 entwickelten Schema konnte somit der Status quo, der Zusammenhänge von StVO, der Fahrerin und letztendlich der Umsetzung beschreibt, in einer übersichtlichen Struktur dargestellt werden. In der späteren Analyse der erforderlichen Anpassungen für das automatisierte Fahren, wird dieses Schema entsprechend angepasst werden. So werden aus den konzeptuellen Änderungen bei der regelkonformen Umsetzung der Fahraufgabe im Zusammenspiel von StVO, Regelwerken und Funktionsumsetzung bereits erste Auswirkungen auf die Anforderungen eines Prüfverfahrens ersichtlich.

7.1.2 Entwicklung und Prüfung von KFZ beim OEM

Vor einer Genehmigungs- und Freigabeanfrage eines Fahrzeugherstellers für einen neuen Fahrzeugtyp, durchläuft das System und die umgesetzten Funktionen bereits einen ausführlichen Prüfprozess aus mehreren Stufen beim Fahrzeughersteller selbst. Um ein gesamtheitliches Verständnis der Prüfkonzepte vor dem Hintergrund dieser vorgelagerten Prüfungen beim Hersteller zu ermöglichen, wird dieses im Folgenden näher erläutert.

Üblicherweise folgt das Vorgehen zur Entwicklung und Prüfung dem sog. V-Modell. Dieses ist (mit Fokus auf die Entwicklung und Prüfung von Fahrerassistenzfunktionen) in Abbildung 29 dargestellt.

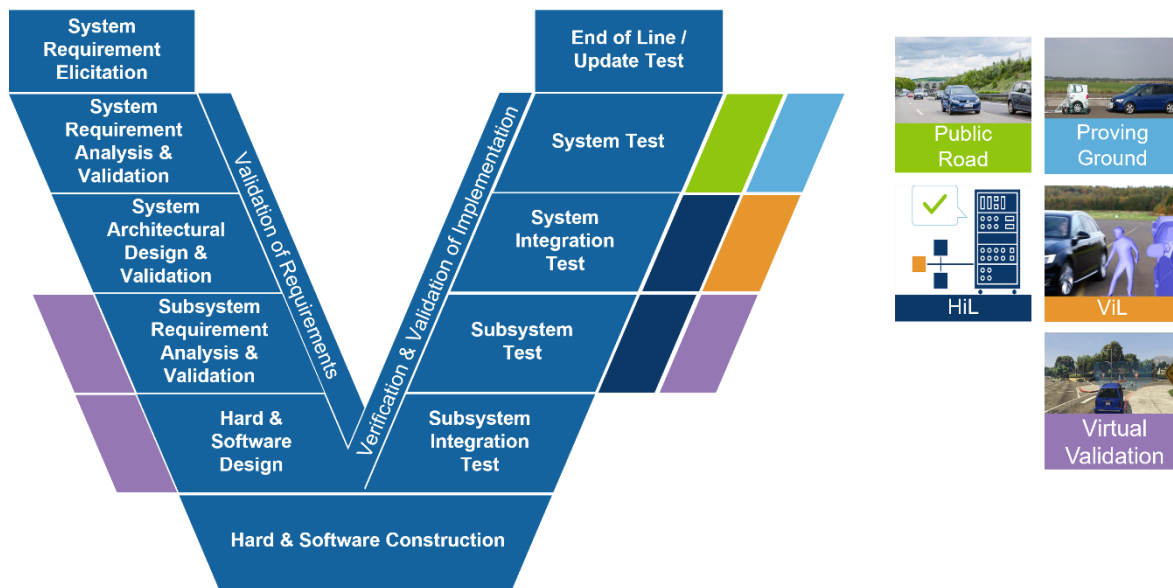


Abbildung 29 Entwicklung und Prüfung von KFZ beim OEM

Grundsätzlich beginnt das V-Modell mit einem groben Systemkonzept, das in den weiteren Schritten immer weiter verfeinert wird. Bereits während der Erarbeitung der Konzepte und der Anforderung werden diese beständig auf Eignung für den angestrebten Funktionsumfang validiert. Nach dieser Spezifikations- und Konzeptarbeit erfolgt die eigentliche Umsetzung der Funktionen und Hardware, die anschließend auf den gleichen Abstraktionsebenen wie zuvor die Konzepte abgeprüft werden.

Für die verschiedenen Konzept- und Prüfstufen werden unterschiedliche Validierungsverfahren verwendet. Diese Zuordnung ist in der Grafik farblich verdeutlicht.

Bei den ersten Systemspezifikationen erfolgen abhängig vom zu spezifizierenden System verschiedene Arten von Validierungen, beispielsweise über Erstumsetzungen in einer Simulation oder auch in Fahrzeugtests, um die grundsätzliche Konzeptidee zu validieren.

Auf Ebene der Teilsysteme erfolgt eine virtuelle Validierung durch Simulationen. Parallel und nachfolgend werden in der Verifikation und Validierung ("rechte Seite des V-Modells") bereits Hardware-in-the-Loop (HiL) Tests durchgeführt. Bei diesen Tests werden erstmals Teilkomponenten des Gesamtsystems in einem Prüfstand physisch unter Simulation der Eingangsschnittstellen getestet. Die Bezeichnung "in the loop" verdeutlicht, dass in dieser Phase der Validierung die Systeme und Funktionen wiederholt und reproduzierbar den gleichen externen Triggern ausgesetzt werden. Diese Tests werden anschließend erweitert, indem immer mehr Teilsysteme physisch zusammengeschaltet (also die Systeme "integriert") werden. Tests auf dieser Ebene werden "Systemintegrationstests" genannt. Die nächste Stufe im Testprozess sind dann Vehicle-in-the-Loop (ViL) Tests. Hier werden die Systeme nicht in einem separaten Prüfstand getestet, sondern im

Gesamtverbund innerhalb des Fahrzeugs. Diese Phase der Validierung bildet den Übergang von "Labortests" zu Tests in realen Fahrbedingungen. Die Systeme werden in ein reales Fahrzeug integriert, aber weiterhin mit simulierten Signalen angesteuert und getriggert. Diese Art des Testens erlangt mit der fortschreitenden Entwicklung von Fahrerassistenz- und automatisierten Funktionen immer größere Bedeutung. Die letzte Phase der Validierung sind schließlich die Systemtests in dem der gesamte Verbund aller Systeme und Funktionen eines neuen Fahrzeugtyps in realen Fahrscenarien zunächst auf einem Testgelände und schließlich auf öffentlichen Straßen auf Basis vordefinierter Testfälle geprüft wird. Bei erfolgreicher Durchführung all dieser Tests erfolgt eine interne Freigabe beim Fahrzeughersteller. In einem formalen Prozess bestätigen damit die Verantwortlichen intern, dass das System bereit ist für die Serienentwicklung und die Zulassung durch die national zuständige Behörde für die Erteilung von Typengenehmigungen.

Wie beschrieben erfolgt dieses Vorgehen als elementarer Bestandteil von Entwicklung und Prüfung beim Fahrzeughersteller. Im Folgenden wird nun die Prüfung und Freigabe von Fahrzeugtypen durch die Behörden erläutert.

7.1.3 Aktuelle Prüfverfahren KFZ am Beispiel Deutschland

In diesem Abschnitt wird nun der Prozess für ein behördliches Prüfverfahren nach aktuellen Vorgaben aufgezeigt. Die rechtliche Grundlage für ein harmonisiertes Genehmigungsverfahren schaffen die EG-Fahrzeug-Genehmigungsverordnung (EG-FGV)⁹¹ und die Verordnung (EU) 2018/858⁹² zur Schaffung des Rahmens für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen (Rahmenrichtlinie). Die Erteilung einer Betriebserlaubnis wird in Deutschland durch das Kraftfahrtbundesamt (KBA) durchgeführt. In Österreich liegt die Zuständigkeit für die Erteilung einer EG-Betriebserlaubnis bei der BMK (Bundesministerin für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie) und für innerstaatliche Typengenehmigungen bei der zuständigen Bezirksverwaltungsbehörde oder Landespolizeidirektion. Für die Schweiz ist das Bundesamt für Straßen (ASTRA) für die Erteilung von Typengenehmigungen zuständig.

Der Prozess für ein behördliches Prüfverfahren in weiterer Folge am Beispiel Deutschland und der Prüfung durch das KBA näher dargestellt. Die praktischen Prüfungen werden jedoch nicht durch das KBA selbst durchgeführt, sondern über Technische Dienste, die vom KBA anerkannt sind.

⁹¹ EG-Fahrzeuggenehmigungsverordnung vom 3. Februar 2011 (BGBl. I S. 126).

⁹² VO (EU) 2018/858 über die Genehmigung und die Marktüberwachung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern sowie von Systemen, Bauteilen und selbstständigen technischen Einheiten für diese Fahrzeuge, ABl 2018, L 151/1.

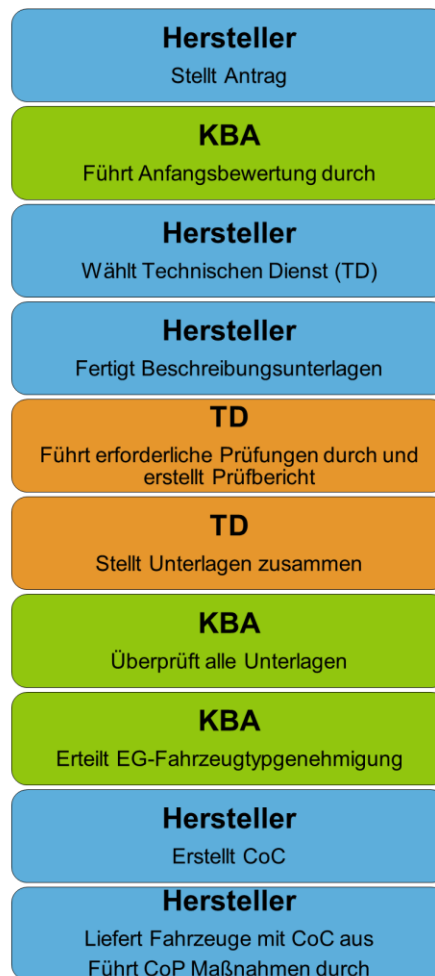


Abbildung 30 Ablaufplan für eine EG-Fahrzeugtypgenehmigung ⁹³

Im Folgenden wird der Vorgang und die einzelnen Schritte der Prüfgenehmigung genauer erläutert, welcher zur besseren Übersicht in Abbildung 30 dargestellt ist. Der erste Prozessschritt besteht aus dem Antrag des Herstellers auf Erteilung der Genehmigung für einen neuen Fahrzeugtyp. Nachdem ein Antrag gestellt wurde, wird vom KBA als erstes eine Anfangsbewertung durchgeführt, um zu prüfen, ob ein Hersteller ausreichend qualitätssichernde Maßnahmen einsetzt. Wenn ein Hersteller in der Vergangenheit bereits eine Typgenehmigung erhalten hat, ist dieser Schritt nicht mehr notwendig, denn der Hersteller gilt dann schon als anfangsbewertet.

⁹³ KBA, Wegweiser zur EG-Fahrzeugtypgenehmigung nach der Richtlinie 2007/46/EG, https://www.kba.de/DE/Themen/Typgenehmigung/Zum_Herunterladen/ErteilungTypgenehmigungen/Wegweiser.pdf?__blob=publicationFile&v=1, (6.3.2022).

Danach wählt der Hersteller einen Technischen Dienst aus, welcher die Funktionen prüfen soll, und fertigt die Beschreibungsunterlagen an. Hier ist zu erwähnen, dass das KBA seit dem Dieselskandal auch zunehmend selbst Prüfungen durchführt, die Prüfung durch einen Technischen Dienst ist aber weiterhin üblich. Daher beschränkt sich die weitere Beschreibung auf diese Option. Der Technische Dienst kann nun im nächsten Schritt die Funktionen prüfen und erstellt gleichzeitig einen Prüfbericht. Dieser Bericht wird anschließend zum KBA weitergeleitet, dort werden erneut alle Unterlagen geprüft⁹⁴, bevor eine EG-Fahrzeugtypgenehmigung erteilt wird. Abschließend kann der Hersteller nun die geprüften Funktionen in das Fahrzeug implementieren und die Fahrzeuge in den Markt bringen.

Neben diesem gesamten Prozess der Prüfung von Fahrzeugtypen (Klein- und Großserie) existiert auch die Prüfung von Einzelbetriebserlaubnissen (EBE). Bei der Einzelbetriebserlaubnis wird keine ganze Serie, sondern nur ein bestimmtes einzelnes Fahrzeug zugelassen (beispielsweise für Kleinserien, Einzelfertigungen, oder umfangreiche, individuelle Veränderungen von Fahrzeugen). Das bedeutet, dass jedes Fahrzeug einzeln beschrieben und geprüft wird. Diese Einzelgenehmigungsverfahren finden in Deutschland meistens durch das KBA statt. In anderen Staaten führen die jeweiligen Typgenehmigungsbehörden diese Prüfung durch. Eine Einzelbetriebserlaubnis kann dabei durch zwei Varianten charakterisiert werden, die in Artikel 44 beziehungsweise Artikel 45 der VO (EU) 2018/858, Art. 45 beschrieben sind⁹⁵. Die Besonderheit ist, dass die Zulassung nach Artikel 44 eine EU weite Zulassung beinhaltet. Die Zulassung gilt daher nach der Prüfung nicht nur im eigenen Land, sondern EU-weit.

Zusätzlich zu diesen beiden Genehmigungsformen existieren auch noch Zulassungen für Sonderfahrzeuge, wie zum Beispiel das HEAT Projekt in Hamburg⁹⁶, bei diesen Zulassungen greifen auch die lokalen Behörden maßgeblich in den Prozess ein. Diese Zulassungsvorgänge können meist nicht generalisiert werden. Im konkreten Fall des HEAT Projekts haben IAV als Hersteller des Fahrzeugs und die DEKRA Prüfungen in mehreren Integrationsstufen durchgeführt. Wie bei anderen Zulassungsverfahren hat die DEKRA als Technischer Dienst die Prüfung und Erstellung der erforderlichen Unterlagen übernommen, auf Basis derer die Hamburger Behörden schließlich eine lokal auf die festgelegte Strecke eingeschränkte Zulassung erteilt haben.

⁹⁴ Grundlage hierfür bilden die Rechtsakte der UN ECE, welche von der WP29 ausgearbeitet werden, siehe dazu auch WP.29 – Outcomes, <https://unece.org/transportvehicle-regulations/wp29-outcomes> (6.3.2022).

⁹⁵ VO (EU) 2018/858 über die Genehmigung und die Marktüberwachung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern sowie von Systemen, Bauteilen und selbstständigen technischen Einheiten für diese Fahrzeuge, ABI 2018 L 151/1

Kurz: VO (EU) 2018/858 ABI 2018 L 151/1.

⁹⁶ *Hamburger Hochbahn*, Das Projekt HEAT – Die Zukunft fährt autonom, <https://www.hochbahn.de/de/projekte/das-projekt-heat> (7.3.2022).

7.1.4 Fazit

Die Betrachtung des aktuellen Stands der Technik für die Prüfung und Zulassung herkömmlicher Kraftfahrzeuge zeigt die Komplexität der bereits bestehenden Prozesse. Die hier aufgezeigten Verfahren konzentrieren sich auf die Prüfung des Fahrzeugs hinsichtlich seiner grundsätzlichen Eignung und ausreichenden Sicherheit für den Straßenverkehr. Die Einhaltung von verkehrsrechtlichen Vorschriften in einzelnen Situationen obliegt dem Fahrer, der das hierfür erforderliche Wissen im Rahmen einer Führerscheinprüfung nachgewiesen hat.

Für automatisierte und autonome Fahrzeuge ist eine Verknüpfung des derzeit bestehenden Zulassungsprozesses mit einem "Führerschein für autonome Fahrzeuge", also einer Prüfung der Konformität zu verkehrsrechtlichen Vorschriften erforderlich. Um dies zu realisieren, muss der Prozess entsprechend erweitert werden. Ein Konzept, um dies umzusetzen, ist im folgenden Kapitel beschrieben.

7.2 Analyse notwendiger Anpassungen für die Prüfung automatisierter Fahrzeuge

Auf Basis der Erkenntnisse zum Stand der Technik in der Prüfung von herkömmlichen Kraftfahrzeugen wird in diesem Kapitel evaluiert, welche Anpassungen für die Prüfung automatisierter Fahrzeuge erforderlich sind.

Analog zum Vorgehen für den derzeitigen Stand der Technik wird hierzu zunächst die Umsetzung der Fahraufgabe im hochautomatisierten Fahren im Kontext der geltenden Regelwerke schematisch dargestellt. Im Vergleich mit dem in Kapitel 7.1.1 vorgestellten Umsetzung der Fahraufgabe durch den Menschen wird deutlich, welche Herausforderungen sich bei der Prüfung von automatisierten Fahrfunktionen ergeben.

Anschließend werden bereits vorhandene rechtliche Vorgaben für die Prüfung und Zulassung von hochautomatisiertem Fahren vorgestellt.

Dieser Vergleich der Fahraufgabenumsetzung durch Menschen beziehungsweise Maschinen im Kontext mit den bereits geltenden Vorgaben ist die Basis für das im anschließenden Kapitel vorgestellte Konzept für Prüfverfahren automatisierter Fahrzeuge.

7.2.1 Umsetzung der Fahraufgabe

Analog zu Kapitel 7.1.1 stellt dieser Abschnitt nun das Zusammenspiel zwischen dem OEM, den Regelwerken beziehungsweise der Straßenverkehrsordnung und der automatisierten, regelkonformen Umsetzung der Fahraufgabe schematisch dar. Dieses auf das automatisierte Fahren angepasste Schema ist in Abbildung 31 dargestellt.

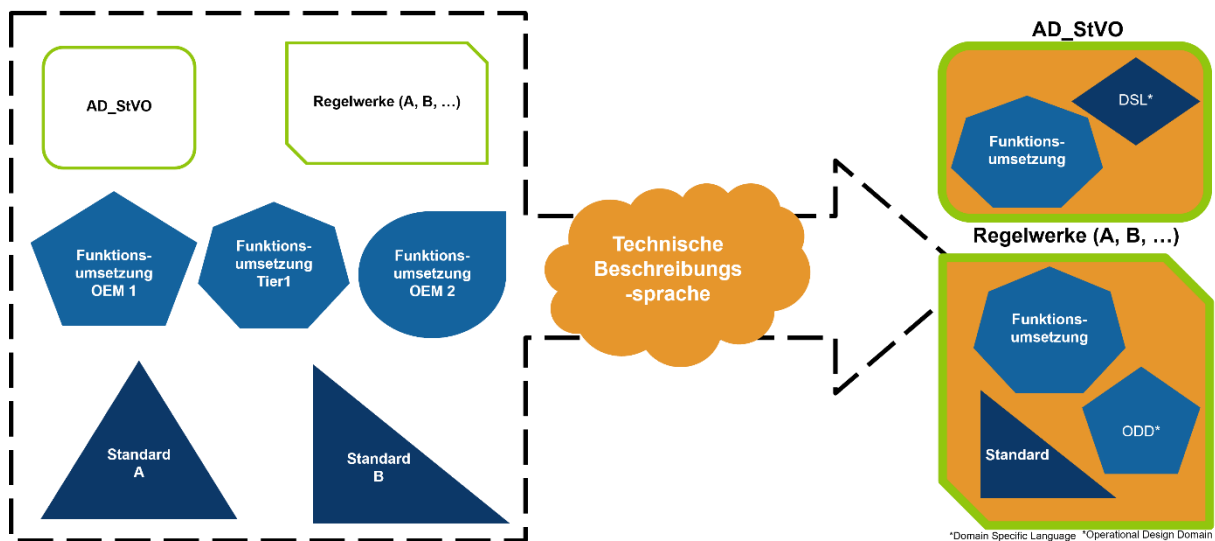


Abbildung 31 Schema der rechtskonformen Umsetzung der Fahraufgabe durch hochautomatisierte Fahrzeuge

Wie zuvor stellt der linke Bereich der Abbildung das Zusammenspiel der relevanten Elemente, die für die regelkonforme Umsetzung der Fahraufgabe relevant sind, dar. Die hier relevanten Elemente sind im Vergleich zur Umsetzung der Fahraufgabe in herkömmlichen Fahrzeugen, wie im Schema in Abbildung 28 dargestellt, weitestgehend unverändert. Einzige Anpassung ist hier die Ersetzung der herkömmlichen StVO durch die AD_StVO. Eine genaue Beschreibung der AD_StVO findet sich in Kapitel 2.3.

An die Stelle der Fahrerin als zentrale Schnittstelle zwischen Funktionsumsetzung, Regelwerken, Standards und konkreter Fahrsituation tritt nun eine technische Beschreibungssprache. Für das automatisierte Fahren erfolgt dies nicht länger als rein rechtliche Interpretation, sondern als technisch konkretisierte Spezifikation. Auf Basis dieser technisch konkretisierten und klareren Einordnung kann dann eine hochautomatisierte Fahrfunktion innerhalb des vorgegebenen Rechtsrahmens agieren. Mit dieser technischen Beschreibungssprache soll es möglich sein, alle im Straßenverkehr auftretenden Situationen zu beschreiben und somit Vorgaben der Regelwerke, AD_StVO, ODD, konkrete Funktionsumsetzung und Fahrsituation in Einklang zu bringen.

Eine solche möglichst präzise Beschreibung ermöglicht im Rahmen des Prüfens autonomer Fahrfunktionen nicht nur eine harmonisierte Spezifikation von verallgemeinerten, reproduzierbaren Testfällen, sondern eine ebenso harmonisierte und genaue Spezifikation der "Operational Design Domain" (ODD) einer Funktion beziehungsweise eines automatisierten Fahrzeugs. Die ODD

beschreibt die präzisen Bedingungen (Umgebung, Verkehr, Lichtverhältnisse, Geschwindigkeiten etc.) unter denen eine Fahrfunktion funktional ist (vgl. Definition in UN-Regelung 157⁹⁷).

Für das im Rahmen dieses Projekts erarbeitete Konzept für Prüfverfahren automatisierter Fahrzeuge spielen gerade die ODD und die zugehörigen Prozesse für ihre Definition, Freigabe und die darauffolgende Ableitung der Prüfszenarien eine zentrale Rolle.

7.2.2 Aktuelle Prüfverfahren ADAS und AD am Beispiel Deutschland

Neben den in Kapitel 7.1.3 vorgestellten Vorgaben und Prozessen zur Zulassung von herkömmlichen Kraftfahrzeugen in Deutschland wurden in den vergangenen Jahren auch erste Änderungen zur Zulassung automatisierter und autonomer Fahrfunktionen vorgenommen. Übergreifend für Europa gibt es derzeit keine einheitliche Gesetzgebung zur Zulassung und Nutzung autonomer Fahrfunktionen. Da Deutschland als erstes europäisches Land sein Straßenverkehrsgesetz entsprechend angepasst hat, beschränkt sich die vorliegende Betrachtung darauf.

In Deutschland wurde das Straßenverkehrsgesetz mit dem "Achten Gesetz zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes vom 16.Juni 2017"⁹⁸ für Level-3-Systeme grundsätzlich geöffnet. Mit dieser Änderung werden Kraftfahrzeuge mit hoch- oder vollautomatisierter Fahrfunktion erstmalig berücksichtigt. Das Gesetz legt Rahmenbedingungen für den Betrieb eines solchen Fahrzeugs, sowie Rechte und Pflichten des Fahrzeugführers fest. Eine Regelung zur Zulassung solcher Fahrzeuge erfolgt hier nicht.

Eine weitere Anpassung des deutschen StVG erfolgte im Juli 2021⁹⁹. Diese bestand in einer zusätzlichen Erweiterung um "Bestimmungen für Kraftfahrzeuge mit autonomer Fahrfunktion in festgelegten Betriebsbereichen". Anders als in der Erweiterung von 2017 geht es hier nicht um automatisierte Privatfahrzeuge für den allgemeinen Individualverkehr, sondern um autonom fahrende Fahrzeuge in definierten Betriebsbereichen (beispielsweise für Anwendungsfälle wie Personen- oder Güterbeförderung).

Ebenfalls im Juli 2021 wurde der Entwurf einer "Verordnung zur Genehmigung und zum Betrieb von Kraftfahrzeugen mit autonomer Fahrfunktion in festgelegten Betriebsbereichen" (Autonome-Fahrzeuge-Genehmigungs-und-Betriebs-Verordnung – AFGBV¹⁰⁰) veröffentlicht. In dieser Verordnung

⁹⁷ UN-Regelung Nr. 157 – Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Fahrzeugen hinsichtlich des automatischen Spurhalteassistentensystems (ALKS), ECE/TRANS/WP.29/2020/81.

⁹⁸ Aches Gesetz zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes vom 16.Juni 2017 (BGBl. I S. 1648).

⁹⁹ Gesetz zum autonomen Fahren vom 21. Juli 2021 (BGBl. I S. 3108).

¹⁰⁰ Bundesministerium für Digitales und Verkehr, Verordnung zur Regelung des Betriebs von Kraftfahrzeugen mit automatisierter und autonomer Fahrfunktion zur Änderung straßenverkehrsrechtlicher Vorschriften,

werden die Anforderungen aus der o.g. Änderung des StVG von 2021 präzisiert sowie allgemeine Vorgaben zur Erteilung einer Betriebserlaubnis festgelegt. Diese Verordnung wurde am 23.2.2022 vom deutschen Bundeskabinett verabschiedet. Für das In-Kraft-Treten steht noch die Zustimmung des deutschen Bundesrates aus.

Die präzisierten Rechte und Pflichten von Hersteller und Halter sowie allgemeine Vorgaben zum Betrieb werden im Rahmen der vorliegenden Betrachtung nicht genauer vorgestellt. Der Fokus des Dokumentes liegt auf den Vorgaben zur Betriebserlaubnis, Genehmigung der Betriebsbereiche und der Fahrzeugzulassung.

Zunächst soll der primäre Unterschied in der Typgenehmigung und Zulassung herkömmlicher Fahrzeuge im Vergleich zu den Prozessen für autonome Fahrzeuge deutlich hervorgehoben werden. Für herkömmliche Fahrzeuge erhält der Hersteller eine Genehmigung für den Fahrzeugtyp. Damit hat jeder Käufer eines Fahrzeugs dieses Typs das Recht auf Zulassung und Betrieb des Fahrzeugs. Für autonome Fahrzeuge im Sinne der Gesetzesänderungen von 2021 gilt, dass zwar weiterhin eine Typgenehmigung besteht, der Betrieb aber nicht mehr in direkter Folge garantiert ist. Die Betriebserlaubnis erfolgt nun nach der Typgenehmigung durch eine Einzelfallprüfung, in der das Gesamtpaket aus Fahrzeug, Betriebsbereich und beteiligten Personen bewertet wird.

Der grundsätzliche Ablauf zur Genehmigung eines Fahrzeugtyps stimmt mit den derzeitigen Prozessen, wie in Kapitel 7.1.3 beschrieben, überein. Auch hier erfolgt ein Antrag des Herstellers an das KBA, welches die Begutachtung des Kfz an einen Technischen Dienst übertragen kann und schließlich die Betriebserlaubnis erteilt.

Die Zulassung eines Fahrzeugs mit automatisierten Fahrfunktionen für den Betrieb ist durch den Halter zu beantragen. Zuvor ist es ebenfalls Pflicht des Halters, den vorgesehenen Betriebsbereich für das Fahrzeug festzulegen und diesen durch die nach Landes- oder Bundesrecht zuständige Behörde (beziehungsweise bei Bundesfernstraßen durch die Autobahn GmbH) genehmigen zu lassen¹⁰¹. An diese Behörde ist der Antrag für den Betrieb des Fahrzeugs zu stellen. Die Verordnung listet hierzu die erforderlichen Nachweise und Dokumente auf, die dem Antrag beizulegen sind.¹⁰² Vorgaben zum konkreten Prüfverfahren (beispielsweise Art, Inhalt und Umfang konkreter Tests) sind in der AFGVBV nicht enthalten.

https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/presse/008-verordnung-automatisierte-autonome-fahrfunktion.pdf?__blob=publicationFile (6.3.2022).

¹⁰¹ Bundesministerium für Digitales und Verkehr, Verordnung für automatisierte Fahrfunktionen, §7.

¹⁰² Bundesministerium für Digitales und Verkehr, Verordnung für automatisierte Fahrfunktionen, §8.

Ein erster Schritt für die Konkretisierung der erforderlichen Prüfverfahren erfolgte im Januar 2021 mit dem Inkrafttreten der UN-Regelung 157¹⁰³. Eine genaue Beschreibung der UNECE im Allgemeinen findet in Kapitel 2.1.1 statt. Für ein automatisiertes Spurhaltesystem definiert diese Regelung die zu erfüllenden Anforderungen und macht konkretere Vorgaben zur Prüfung und Zulassung. Auf letzteren Aspekten liegt der Fokus der vorliegenden Betrachtung.

Zunächst definiert die Regelung unter anderem eine Operational Design Domain (ODD) allgemein für die jeweils individuellen Betriebsbedingungen eines konkreten Systems (zum Beispiel bezüglich Umgebung, geografisch, Uhrzeit, Verkehrsbedingungen, vorhandene Infrastruktur, Geschwindigkeitsbereich), in denen das System in der Lage sein muss, Kollisionen zu vermeiden.

In Anhang 4 der Regelung werden unter anderem die durch den Hersteller zu erbringenden Dokumentationen und Informationen vorgestellt. Hierzu gehört insbesondere die Definition der o.g. ODD.

Die Spezifikation der für die Zulassung durchzuführenden Tests erfolgt in Anhang 5 der UN-Regelung. Bereits in der Einführung wird darauf hingewiesen, dass die Regelung lediglich eine Mindestmenge von Tests spezifiziert, die in jedem Fall durchzuführen sind. Der Technische Dienst hat die Verantwortung, sicherzustellen, dass mindestens diese Tests durchzuführen sind. Es wird angedeutet, dass zukünftig weitere Testdetails festzulegen sind.¹⁰⁴ Weitere Verantwortungen des Technischen Dienstes gemäß dieser Regulierung ist die Definition der Bewertungskriterien zum Bestehen oder Nicht-Bestehen eines Tests auf Basis der Anforderungen des Haupttextes der Regulierung, sowie die Auswahl geeigneter Testparameter anhand der durch den Hersteller definierten ODD.

Erste Anwendung fand diese neue Regulierung bereits im Dezember 2021 für das System "Drive Pilot" von Mercedes-Benz. Damit hat das KBA zum ersten Mal eine Typgenehmigung für ein System mit automatisierten Fahrfunktionen auf Level 3 erteilt.¹⁰⁵ Auf deutschen Autobahnen ist es der Fahrerin bei aktiviertem System bis zu einer Geschwindigkeit von 60 km/h gestattet, die Aufmerksamkeit von der Fahraufgabe abzuwenden und beispielsweise ein Video im Zentralsdisplay zu schauen. Nach wie vor allerdings unter der Bedingung, dass die Fahrerin jederzeit mit angemessener Vorwarnzeit wieder übernehmen kann.

¹⁰³ UN-Regelung Nr. 157 – Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Fahrzeugen hinsichtlich des automatischen Spurhalteassistentensystems (ALKS), ECE/TRANS/WP.29/2020/81.

¹⁰⁴ UN-Regelung Nr. 157 157 – Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Fahrzeugen hinsichtlich des automatischen Spurhalteassistentensystems (ALKS), ECE/TRANS/WP.29/2020/81.

¹⁰⁵ Mercedes-Benz Group, Erste international gültige Systemgenehmigung für hochautomatisiertes Fahren, <https://group.mercedes-benz.com/innovation/produktinnovation/autonomes-fahren/systemgenehmigung-fuer-hochautomatisiertes-fahren.html> (6.3.2022).

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts existieren weitere Aktivitäten zur Erarbeitung von Regulierungen für die Zulassung von automatisierten Fahrzeugen in Europa¹⁰⁶.

7.2.3 Fazit

Die vorangegangenen Betrachtungen zeigen, dass bereits erste Schritte für die Integration automatisierter und autonomer Fahrfunktionen in das Verkehrsrecht erfolgt sind. Mit der UN ECE R157 ist eine erste Grundlage für konkrete Prüfungsvorgaben im Rahmen einer Zulassung geschaffen, die durch den Drive Pilot von Mercedes-Benz auch bereits eine erste Anwendung gefunden hat.

Für einen allgemeinen Prüf- und Zulassungsprozess vollautonomer Fahrzeuge hinsichtlich ihrer Fähigkeit zur Einhaltung aller relevanten Verkehrsregeln ("Führerschein für autonome Fahrzeuge") fehlt allerdings nach wie vor ein einheitliches Gesamtkonzept (von den Gesetzen/Regeln über die Kommunikation bis zur ODD sowie abschließend der Abnahme und Freigabe der umgesetzten Fahrfunktion). Gemäß der aktuellen Fassung der UN ECE R157 liegt große Verantwortung auch bei der Prüfung autonomer Fahrfunktionen alleinig beim Technischen Dienst. Dazu gehört beispielsweise die Entscheidung über Art und Umfang der durchzuführenden Tests. Dies ist bei der herkömmlichen Prüfung auch der Fall, allerdings ist das Ausmaß von Fehlfunktionen bei autonomen Fahrfunktionen noch einmal kritischer zu bewerten als bei herkömmlichen Fahrfunktionen. Zudem umfasst die Prüfung automatisierter Fahrzeuge zukünftig nicht nur die kraftfahrtechnische Sicht, sondern auch die Prüfung auf Konformität zu allgemeinen Verkehrsregeln der in das Fahrsystem integrierten Verhaltensregeln ("Führerscheinprüfung für automatisierte Fahrzeuge"). Darüber hinaus fehlen eine harmonisierte Grundlage und technische Beschreibungssprache für die präzise Spezifikation von ODDs und daraus folgender Prüfscenarien. Die Basis für ein solches Gesamtkonzept wird im nächsten Kapitel daher grundlegend vorgestellt.

¹⁰⁶ UNECE, EU Work Programme – UNECE activities 2022-2023 Proposals under the responsibility of DG GROW (Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs),
<https://unece.org/transport/documents/2021/11/informal-documents/eu-work-programme-unece-activities-2022-2023> (7.3.2022);

European Commission, Draft laying down rules for the application of Regulation (EU) 2019/2144 of the European Parliament and of the Council as regards uniform procedures and technical specifications for the type-approval of motor vehicles with regard to their automated driving system (ADS),
[https://circabc.europa.eu/sd/a/95016565-f2fc-4212-8da2-823597e15228/Com%20Impl%20act%20AD%20annexes%20v4.1 urban shuttles.pdf](https://circabc.europa.eu/sd/a/95016565-f2fc-4212-8da2-823597e15228/Com%20Impl%20act%20AD%20annexes%20v4.1%20urban%20shuttles.pdf) (07.03.2022).

7.3 Konzept für Prüfverfahren automatisierter Fahrzeuge

Nach der Betrachtung des Status Quo sowie der Analyse der erforderlichen Anpassungen für die Prüfung automatisierter Fahrzeuge, wird in diesem Kapitel das erarbeitete Konzept zur Umsetzung von Prüfverfahren automatisierter Fahrzeuge vorgestellt.

Dazu wird in einem ersten Abschnitt die grundsätzliche Konzeptidee erläutert. Das Konzept gliedert sich in drei grundlegende Prozessschritte. Jeder der drei Prozessschritte wird anschließend in einem eigenen Abschnitt im Detail vorgestellt.

7.3.1 Grundkonzept Prüfverfahren

Die grundlegende Konzeptidee ist in Abbildung 32 dargestellt. Das Konzept beruht auf drei Akteuren, abgebildet als Überschriften im Diagramm – der Gesetzgeber, die technische Prüforganisation und der OEM.

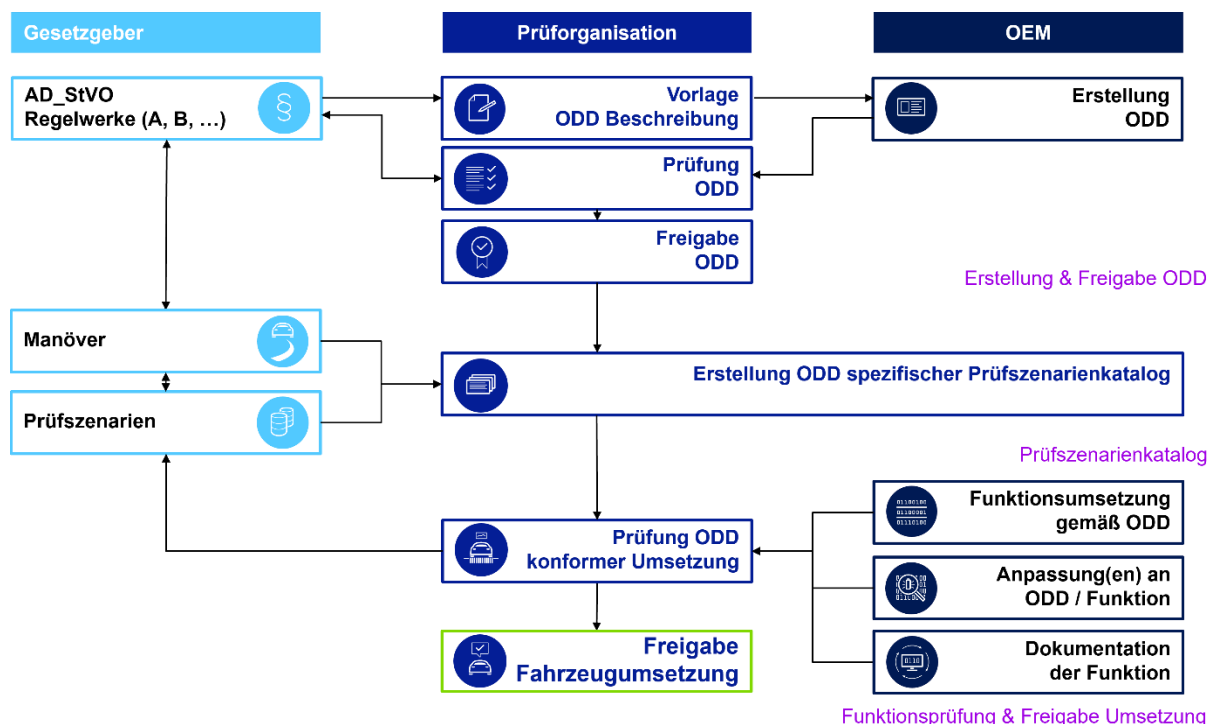


Abbildung 32 Konzept von Erstellung der ODD bis zur Freigabe der Fahrzeugumsetzung

Diese drei Akteure interagieren während des Prozesses miteinander und erarbeiten somit eine Freigabe der Umsetzung der AD-Fahrfunktion des Fahrzeugtyps (aufgezeigt in der grünen Box des Diagramms). Der Prozess hin zur Freigabe startet im oberen Teil des Diagramms und geht die einzelnen Abschnitte schrittweise durch, dargestellt durch die einzelnen Boxen und der Beschreibung

dieser. Der Gesetzgeber interagiert mit den anderen Akteuren ausschließlich durch die grundlegende AD_StVO und die Manöver und Szenarien, welche in dieser festgehalten sind. Die technische Prüforganisation nimmt die kontrollierende Rolle ein, da diese nach jedem Schritt des OEM eine Bewertung vornimmt und der OEM dann, mit dem nächsten Schritt darauf aufbauend, fortfahren kann oder nachbessern muss. In den folgenden Abschnitten werden nun die einzelnen Abschnitte und Prüfprozesse genauer beschrieben und verknüpft.

7.3.2 Prüfverfahren – Erstellung und Freigabe der ODD

Das Prüfverfahren startet mit der Komponente "Erstellung & Freigabe ODD". Die einzelnen Prozessschritte "Vorlage ODD Beschreibung", "Erstellung ODD", "Prüfung ODD" und "Freigabe ODD" werden im Folgenden beschrieben.

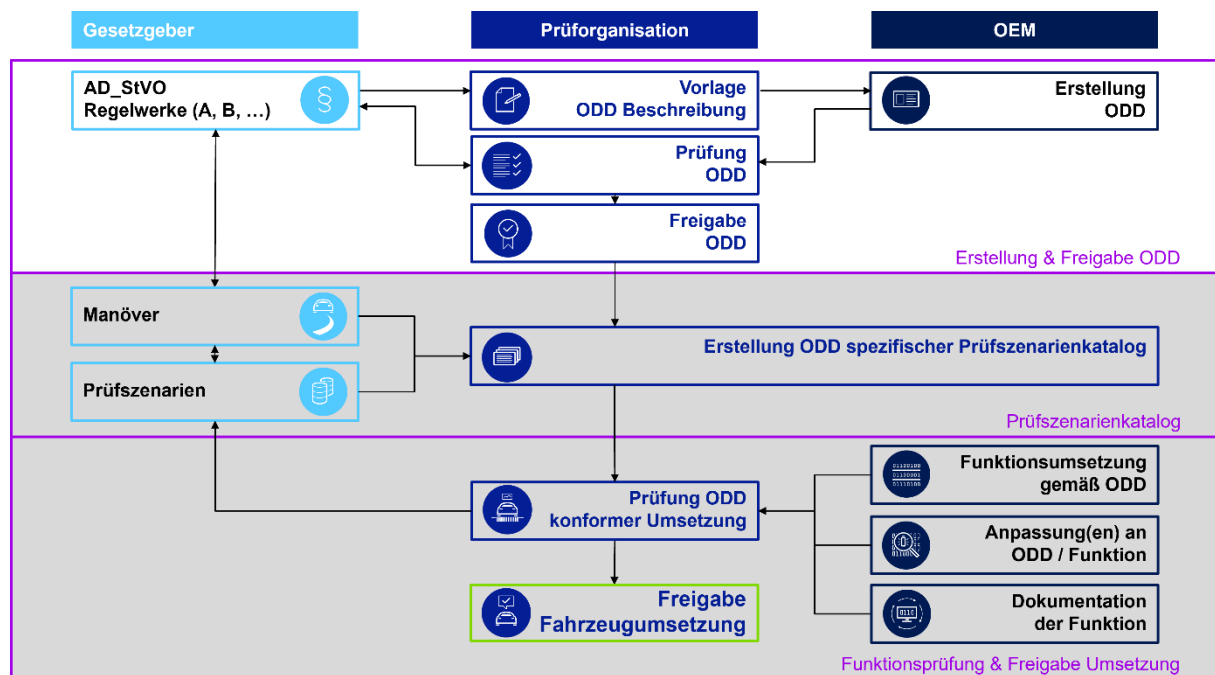


Abbildung 33 Erstellung & Freigabe ODD

Der erste Prozessschritt ist die Erstellung einer Vorlage der ODD Beschreibung. Anhand dieser eindeutig definierten Blaupause ist sichergestellt, dass die nachfolgenden Schritte alle dem gleichen Muster folgen. Der technische Prüfdienst erstellt die Vorlage der ODD und stellt sie dem beteiligten OEM in einer geeigneten Art und Weise zur Verfügung. Der darauf aufbauende nächste Prozessschritt ist die Erstellung einer ODD Spezifikation. Dies wird durch den OEM auf Basis der ausgehändigten Vorlage durchgeführt und erfolgt mithilfe der technischen Beschreibungssprache, um die allgemeingültige Struktur und Darstellung zu gewährleisten.

Nachdem die ODD Spezifikation vom OEM erstellt wurde, wird diese im nächsten Schritt der technischen Prüforganisation vorgelegt. Der Antrag zur Freigabe wird in der Regel vom OEM beziehungsweise der Organisation, die die entsprechende ODD Spezifikation erstellt hat, gestellt. Wenn eine ODD Spezifikation durch den OEM für die Freigabe angemeldet wurde, wird die ODD Spezifikation durch eine Prüfstelle geprüft. Im Zuge dieser Prüfung wird die vorher erstellte ODD Spezifikation mit der AD_StVO abgeglichen, dieser Vergleich ist zwingend notwendig, da geprüft wird, ob alle notwendigen Gesetze & Regelungen berücksichtigt werden und die ODD eine ausreichende Präzision vorweist. Dabei wird die Prüfung zusätzlich dahingehend erweitert, ob neben der bereits als notwendig identifizierten AD_StVO weitere Gesetze & Regelungen beachtet werden müssen (zum Beispiel weitere länderspezifische Regelungen, die im Kontext der ausgewählten ODD gelten).

Ein zentrales Ziel der Prüfung ist, eine Möglichkeit zu schaffen, die Fahrfunktionen Anhand der vorher spezifizierten und freigegebenen ODD von einer Prüfstelle prüfen zu lassen und somit eine Einheitlichkeit und Generalisierbarkeit der Freigabe über verschiedene Hersteller und Fahrzeugmodelle hinweg zu generieren.

Nachdem die ODD Spezifikation im vorherigen Schritt geprüft wurde und die Prüfung zu dem Ergebnis gekommen ist, dass die ODD allen Vorgaben entspricht und vor allem eine ausreichende Detailtiefe, Präzision und "Vollständigkeit" vorweist, kann die ODD Spezifikation im nächsten Schritt freigegeben werden. Somit wird in diesem Schritt die Anerkennung durch eine offizielle Prüfstelle bestätigt. Bei diesem Vorgehen ist es wichtig, dass eine eindeutige Klarstellung erfolgt, welche Gesetze & Regelungen durch die ODD in der vorgelegten Spezifikation erfüllt werden.

Die ODD wurde nun freigegeben, somit kann der OEM im nächsten Schritt gemeinsam mit der technischen Prüforganisation den ODD spezifischen Prüfscenarien-katalog erstellen. Dieser Prozessschritt wird im nächsten Abschnitt beschrieben.

7.3.3 Prüfverfahren – Prüfscenarien-katalog

Die zweite Komponente "Prüfscenarien-katalog" besteht aus den Prozessschritten "Manöver", "Prüfscenarien" sowie "Erstellung ODD spezifischer Prüfscenarien-katalog" und wird in den folgenden Abschnitten näher beschrieben.

Nachdem die ODD freigegeben wurde, folgt die Zusammenstellung eines Prüfscenarien-katalogs spezifisch für die festgelegte ODD. Dieser Schritt ist erforderlich, da auch für ähnliche Kundenfunktionen die konkreten Umsetzungen und damit die ODD der Funktionen je nach Hersteller stark variieren werden. Die konkreten erforderlichen Szenarien zur ausreichenden Prüfung der jeweiligen Funktion müssen daher gemäß den individuellen Details der jeweils festgelegten ODD ausgewählt werden. Ziel ist es, mit dem Katalog eine hinreichende Abdeckung mit Szenarien des

Straßenverkehrs für die jeweils beschriebene ODD zu erreichen. Die Bedeutung von "hinreichend" in diesem Zusammenhang ist kaum allgemeingültig zu definieren und im Einzelfall durch die Prüforganisation zu beurteilen. Es ist davon auszugehen, dass gewisse Basis-Szenarien für ähnliche Funktionstypen immer Bestandteil des Katalogs sein werden und nur eine Teilmenge individuell zu gestalten ist.

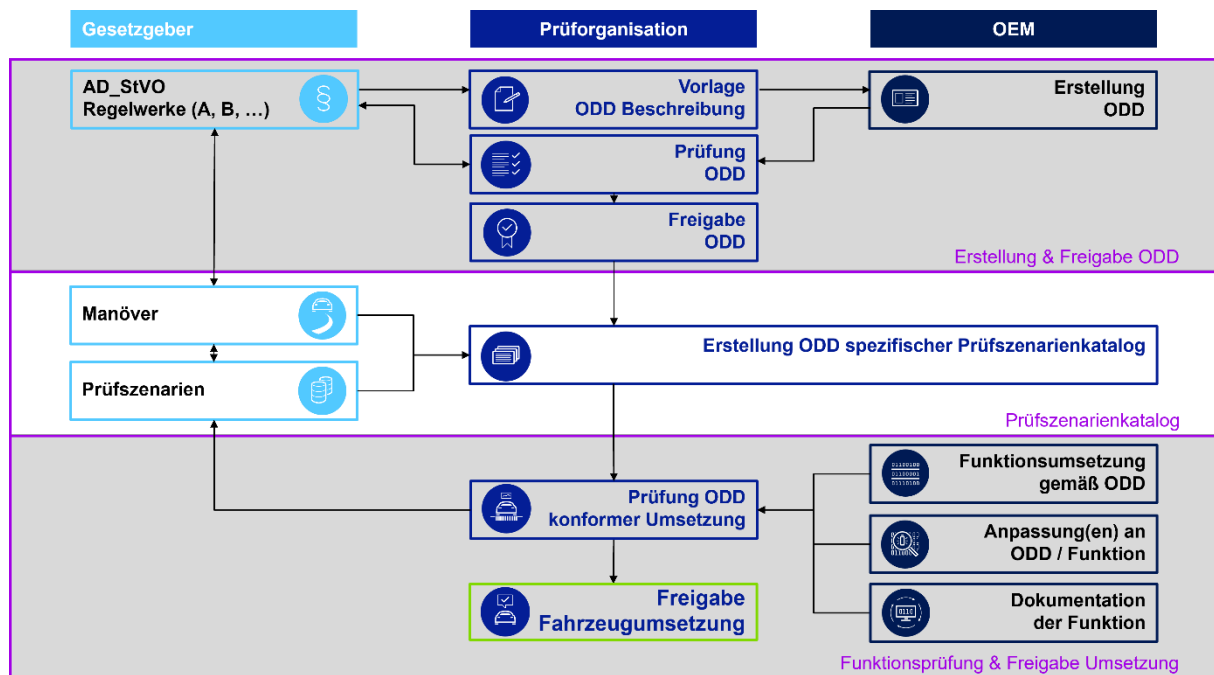


Abbildung 34 Prüfverfahrenkatalog

Die im Katalog enthaltenen Prüfverfahren sind einzelnen Manövern aus der AD_StVO zugeordnet. Die Beschreibung und Erläuterung von Manövern finden in Kapitel 4.1.1 statt. Mit diesen Szenarien kann die im Fahrzeug implementierte Fahrfunktionen für die Prüfung und Abnahme vorbereitet werden, denn die abschließende Prüfung der ODD konformen Umsetzung wird anhand des in diesem Schritt zugeteilten Prüfverfahrenkataloges erfolgen.

Für diesen Prozessschritt ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Prüforganisation und OEM erforderlich, um einen angemessenen Prüfverfahrenkatalog zu erhalten. Das genaue Vorgehen und die Verantwortlichkeiten innerhalb dieser Zusammenarbeit sind in einer vertiefenden Konzeptausarbeitung zu klären.

Auf Basis der freigegebenen ODD Spezifikation wird die zugehörige Funktionalität durch den OEM implementiert und diese abschließend durch die Prüforganisation durch Abprüfen des Prüfverfahrenkatalogs und der Dokumentation des OEM final freigegeben. Die Details dieser letzten Komponente sind im folgenden Abschnitt beschrieben.

7.3.4 Prüfverfahren – Funktionsprüfung und Freigabe Umsetzung

In diesem Abschnitt wird die dritte Komponente "Funktionsprüfung & Freigabe Umsetzung" mit ihren Prozessschritten "Funktionsumsetzung gemäß ODD", "Prüfung ODD konformer Umsetzung", "Dokumentation der Funktion" sowie dem finalen Schritt "Freigabe Fahrzeugumsetzung" beschrieben.

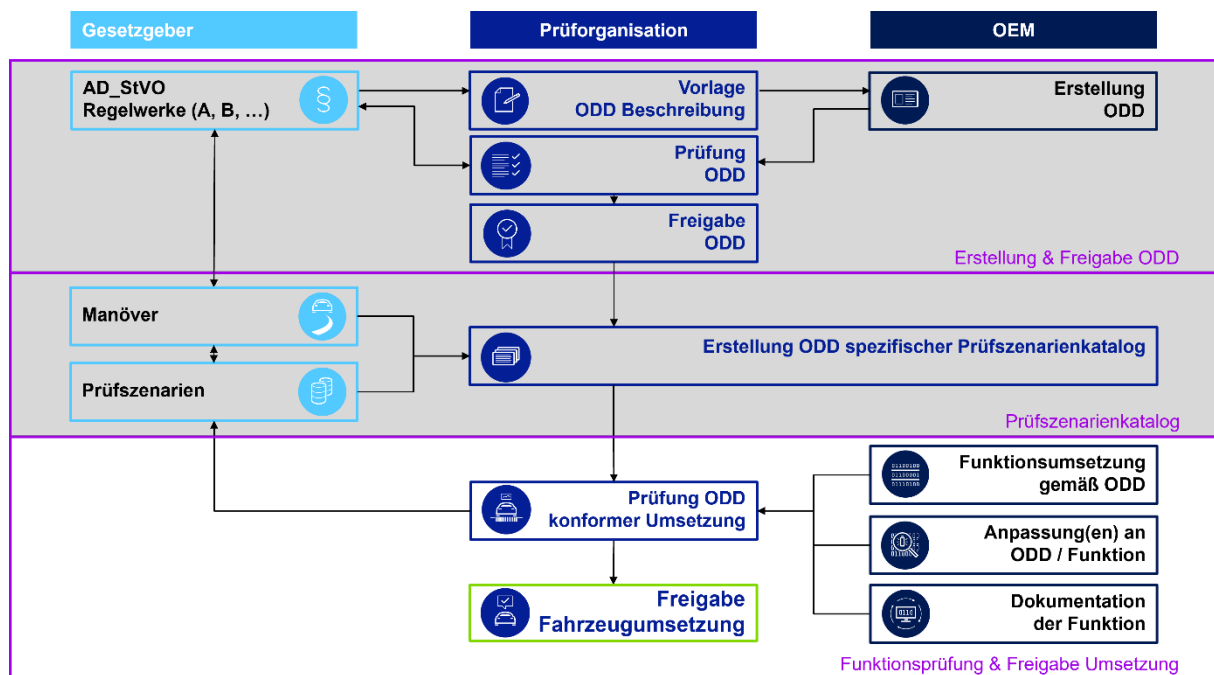


Abbildung 35 Funktionsprüfung & Freigabe Umsetzung

Das eigentliche Prüf- und Zulassungsverfahren erfolgt in seinen Grundzügen ähnlich wie die derzeitigen Prüfverfahren für KFZ. Das heißt der OEM beantragt die Zulassung beim KBA, welches eine Anfangsbewertung ausführt. Fällt diese positiv aus, wählt der OEM einen Technischen Dienst, die die Durchführung der eigentlichen Prüfung übernimmt. Abschließend entscheidet wiederum das KBA auf Basis der durch den Technischen Dienst erstellten Unterlagen über die Zulassung des Fahrzeugs. Weitere Details dieses Grundprozesses sind in Kapitel 7.1.3 erläutert. Dieser Abschnitt fokussiert sich im Folgenden auf die Details der Prüfung, die vom derzeitigen Prozess abweichen.

Zentrale Grundlage dieser Komponente ist die Realisierung der Funktionsumsetzung gemäß der spezifizierten und freigegebenen ODD durch den OEM. Dieser Prozessschritt ist zur strukturierten Darstellung des erarbeiteten Prozesskonzepts als Bestandteil der letzten Komponente dargestellt. In der Umsetzung wird die Realisierung der Funktion selbst parallel zu allen hier vorgestellten Komponenten verlaufen und die Erstkonzeption bereits vor Erstellung der ODD Beschreibung erfolgen. Die Funktionsumsetzung sowie die zugehörige ODD stehen in einem engen

Wechselverhältnis zueinander, Änderungen des Funktionskonzeptes im Laufe der Entwicklung wirken sich direkt auf die Details der ODD aus. Wie diese natürliche Entwicklungsdynamik von "Funktionsumsetzung gemäß ODD" und "Anpassung(en) an ODD / Funktion" im Prozess abgebildet werden kann, ist in einem vertiefenden Konzept zu erarbeiten.

Werden bei der Prüfung durch den Technischen Dienst mithilfe des Prüfszenarienkatalogs Lücken oder Fehler identifiziert, muss entweder die ODD angepasst und erneut freigegeben oder einzelne Funktionen durch den OEM angepasst werden. Wie schon in aktuellen Prüfverfahren ist auch in diesem erweiterten Konzept die Dokumentation der Funktion ein wichtiges durch den OEM beizustellendes Element. Durch diese Dokumentation kann auch in der Zukunft eine Nachvollziehbarkeit gewährleistet werden. Ein wichtiger Baustein dafür sind ebenso die UNECE Regelungen, beschrieben in Kapitel 2.1.1.

Die Prüforganisation kontrolliert auf Basis der Dokumentation und der Ergebnisse der Tests mithilfe des Katalogs, ob die Umsetzung ODD konform durchgeführt wurde, um dann eine finale Freigabe der Umsetzung der Fahrzeugfunktion für die freigegebene ODD zu erteilen. Diese Prüfung von staatlicher Seite wird wie schon in heutigen Prüfverfahren durch diese selbst oder durch einen Technischen Dienst durchgeführt. In weiteren vertiefenden Konzepten ist zu klären, ob hier der gleiche Technische Dienst in Anspruch genommen werden darf oder sollte, der schon die Freigabe der ODD begleitet hat oder explizit ein anderer Technischer Dienst zu beauftragen ist, um eine lückenlose Prüfung stärker abzusichern.

Wenn die Funktionen durch die staatliche oder technische Prüfstelle als sicher und funktionsfähig getestet wurden, kann diese schlussendlich durch das KBA freigegeben werden.

7.3.5 Fazit

In diesem Kapitel wurde ein Konzept vorgestellt, mit dem die zukünftige Prüfung automatisierter Fahrfunktionen auf Einhaltung der verkehrsrechtlichen Vorschriften einheitlich und strukturiert erfolgen kann. Das erarbeitete Konzept baut auf den grundsätzlich bestehenden Zulassungsprozessen auf, hat aber als neuen, zentralen Bestandteil die Erstellung und Freigabe einer ODD, Erstellung zugehöriger Prüfszenarien und die abschließende Prüfung der Fahrfunktion auf Basis dieser ODD und der definierten Szenarien.

Erste Gespräche mit Vertretern von Automobilherstellern zeigten, dass dieses Konzept viele Herausforderungen der Hersteller bei der Entwicklung und Zulassung von automatisierten Fahrfunktionen adressiert und lösen kann.

Im Rahmen dieses Projektes erfolgte die Erarbeitung des grundlegenden Basiskonzeptes. In der vorangegangenen Beschreibung der einzelnen Prozessschritte wurde bereits deutlich, dass die

Ausdetaillierung des Konzepts innerhalb der einzelnen Schritte weitere, vertiefende Arbeit in Zusammenarbeit von Experten der Automobilhersteller, der Prüforganisationen sowie des Gesetzgebers erfordert.

Bestandteil einer solchen vertiefenden Arbeit ist unter anderem die Ausarbeitung einer geeigneten technischen Beschreibungssprache für die ODD, die Festlegung von Inhalt, Umfang und Struktur der ODD Vorlage und der ODD Spezifikationen sowie die Ausdetaillierung der einzelnen Prozessschritte selbst. Diese Arbeiten sollten zur Validierung der Konzepte durch schrittweise Umsetzungen der Prozessschritte begleitet werden.

Details zum Plan für die zukünftige Weiterentwicklung sind in Teil B beschrieben.

8 Stakeholderprozess (AP8)

Im Arbeitspaket 8 wurden zwei dedizierte Serien-Workshops (jeweils einer in A/D/CH) durchgeführt, die primär als interaktive Veranstaltung zur Einholung von Meinungen, Anforderungen und Kommentaren gestaltet wurden. Darüber hinaus wurden persönliche Interviews durchgeführt, die als zusätzlicher Input dienten, um Meinungen, Anforderungen und Kommentare aus einem weiteren Umfeld als den Stakeholder-Workshops einzuholen. Die Ergebnisse aus den Interaktionen wurden zusammengeführt und bewertet und leisteten einen wertvollen Beitrag bei der Entwicklung des lex2vehicle-Konzepts.

8.1 Erste Serie der Stakeholder-Workshops

Die erste Serie der Stakeholder-Workshops fand in der zweiten Januar-Hälfte 2021 statt. In Österreich mit ca. 25 Teilnehmerinnen, in Deutschland mit ca. 30 Teilnehmerinnen und in der Schweiz mit ca. 15 Teilnehmerinnen. Es wurde ein guter Grundstein für den Aufbau eines Fachdialogs mit den für die DACH Region relevanten Stakeholdern gelegt, um das Thema grundsätzlich zu verankern, weiteren Input für die Projektarbeit zu gewinnen und den Boden für die weiteren Umsetzungsschritte aufzubereiten.

Unter der Leitung eines kompetenten Projektpartners, gab es während eines Workshops jeweils drei parallele Arbeitsgruppen zu den folgenden Thematiken:

- Gruppe 1 – Rechtliche Aspekte
- Gruppe 2 – Veröffentlichungen und Verordnungen
- Gruppe 3 – Digitale Übertragung und Verarbeitung im Fahrzeug

Nach der Gruppen-Phase wurden die Ergebnisse im Plenum präsentiert und in einer Diskussion offene Fragen und Themen bearbeitet.

8.2 Zweite Serie der Stakeholder-Workshops

Im Zuge der zweiten Runde der Stakeholder-Workshops im Oktober 2021 wurden mittels des sli.do Tools interaktive Umfragen abgehalten. Die Teilnehmerinnen sollten zu 3 themenspezifischen Fragen Stellung nehmen, wobei eine Frage mit Wortspenden in Stichworten zu beantworten war. Die anderen beiden waren als direkte Umfragen mit Auswahlmöglichkeiten formuliert. Insgesamt nahmen rund 30 Personen an den folgenden Umfragen teil:

Welche Bedeutung hat das Konzept von lex2vehicle für die Entwicklung des automatisierten Fahrens?

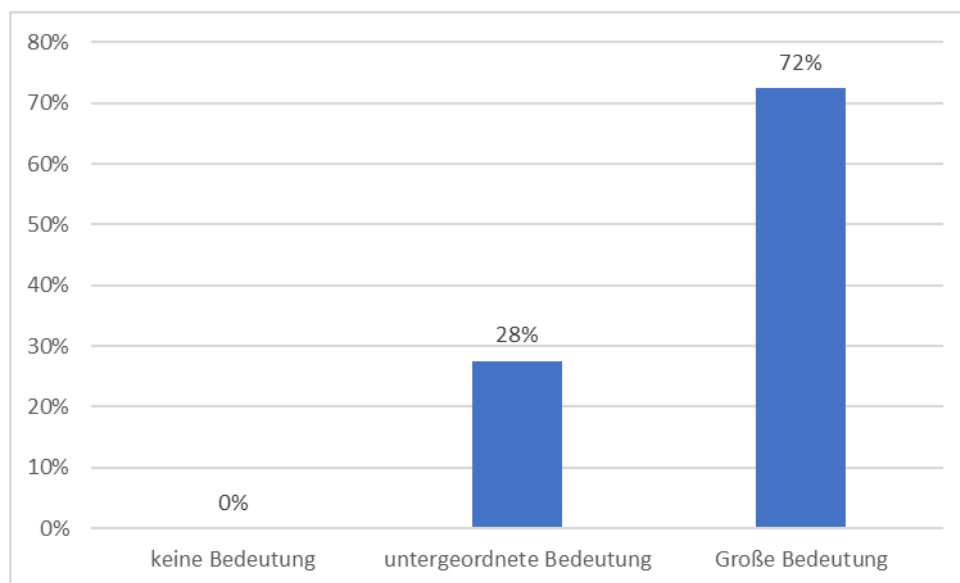


Abbildung 36: Umfrageergebnis hinsichtlich der Bedeutung von lex2vehicle für die Entwicklung des automatisierten Fahrens

Abbildung 36 zeigt eine Zusammenschau aller drei Workshop-Umfragen zur ersten Fragestellung nach der Bedeutung des Konzeptes von lex2vehicle für die Entwicklung des automatisierten Fahrens, bei der drei Antwortmöglichkeiten zur Auswahl standen. Demnach antworten knapp drei Viertel der Befragten mit "große Bedeutung". Keiner der Teilnehmerinnen wählte die Option "keine Bedeutung". Länderspezifisch gesehen wählte in Österreich und in der Schweiz die überwiegende Mehrheit der Teilnehmerinnen die Option "große Bedeutung", während in Deutschland rund zwei Drittel der Anwesenden für "untergeordnete Bedeutung" voteten. Das Gesamtergebnis zeigt jedoch eindeutig, dass bei den Teilnehmerinnen das Bewusstsein vorherrscht, dass die Thematik des lex2vehicle Projekts für die Entwicklung des automatisierten Fahrens definitiv von Bedeutung ist.

Wo sehen Sie die größten Hürden bei der Implementierung einer AD_StVO?



Abbildung 37: Umfrageergebnis hinsichtlich der größten Hürden bei der Implementierung einer AD_StVO

Bei der zweiten Frage nach den größten Hürden der Implementierung einer AD_StVO (ohne Auswahlmöglichkeiten) ergab sich in den einzelnen Workshops, wie in Abbildung 37 ersichtlich, ein unterschiedliches Bild. Während in Deutschland die Frage nach dem politischen Willen und der internationalen Kooperation im Vordergrund stand, hielten die Teilnehmerinnen am Schweizer Workshop die Haftungsfragen für besonders relevant. Für die österreichischen Mitwirkenden überwog der Bedarf an Harmonisierung, auch auf europäischer Ebene. Es gab jedoch auch übereinstimmende Wortmeldungen, allen voran die Notwendigkeit des politischen Willens, gefolgt von der Notwendigkeit der Kooperation und der Harmonisierung.

Welchen Zeithorizont sehen Sie für die Umsetzung von lex2vehicle?

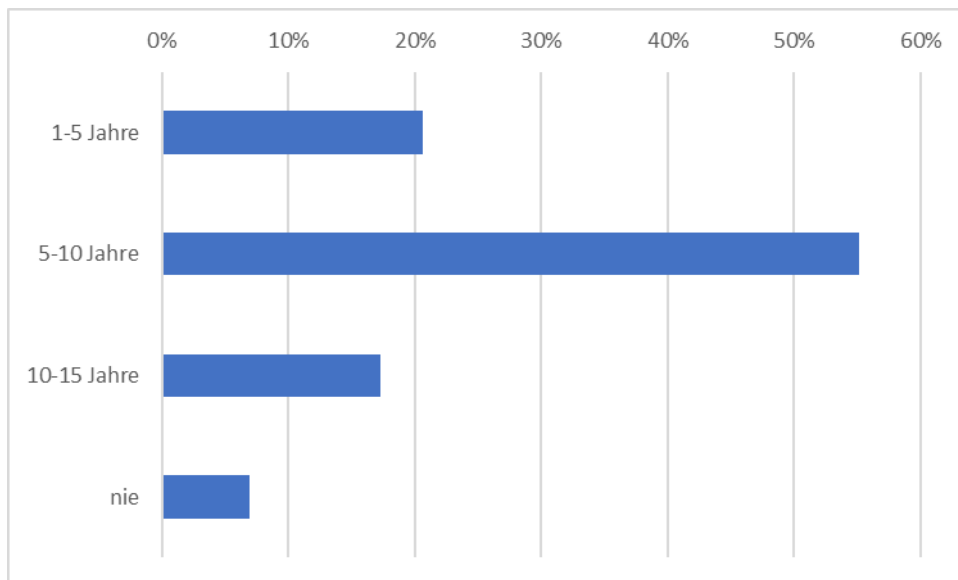


Abbildung 38: Umfrageergebnis hinsichtlich des Zeithorizonts für die Umsetzung von lex2vehicle

Zuletzt wurden die Teilnehmerinnen noch nach ihrer Meinung zum Zeithorizont für die Umsetzung von lex2vehicle befragt. Das Ergebnis ist in Abbildung 38 dargestellt. Mehr als die Hälfte war davon überzeugt, dass ein Zeitrahmen von 5-10 Jahren wahrscheinlich sei. Jene Angaben für 1-5 Jahre beziehungsweise 10-15 Jahre hielten sich mit ca. 20 % die Waage. Unter 10 % hielten es für unwahrscheinlich, dass das Projekt umgesetzt würde. Die Aussagen zur Umsetzungswahrscheinlichkeit waren in allen drei länderspezifischen Workshops ähnlich.

Teil B

Zukunftsplan

9 Zukunftsplan

Aufbauend auf den in Teil A dargestellten Ergebnissen gilt es nun die weiteren Schritte zu entwickeln, die erforderlich sind, um lex2vehicle erfolgreich zur Umsetzung zu bringen. Zu diesem Zweck ist die Aufgabenstellung entsprechend zu strukturieren. Es werden Handlungsfelder identifiziert, innerhalb derer einzelne thematische Schwerpunkte gesetzt sind. Parallel dazu ist die zeitliche Komponente zu berücksichtigen, die im Sinne einer Top-Down-Sicht nicht nur die Rahmenbedingungen der öffentlichen Verwaltung, sondern auch der Fahrzeugindustrie berücksichtigt. Aus dem heraus entsteht eine detaillierte Planung der nächsten Schritte, welche sowohl nach thematischen als auch zeitlichen Kriterien gegliedert ist.

9.1 Handlungsfelder

Die Handlungsfelder zur Realisierung der Ziele von lex2vehicle lassen sich in drei Ebenen gliedern: die multinationale beziehungsweise OEM-übergreifende Ebene, die nationale Ebene sowie die operative Ebene.



Abbildung 39: Zukünftige Handlungsfelder

Die multinationale / OEM-übergreifende Ebene dient der Abstimmung der Definition von Manövern, Szenarien und dergleichen. Sie legt auch die Basis für die unbedingt anzustrebende Teilharmonisierung der verkehrsrechtlichen Vorschriften der AD_StVO. Auch sind diverse Standardisierungen auf dieser Ebene angesiedelt: von der Domain Specific Language (DSL) und dem l2v_regulations_layer bis hin zur rechtssicheren Datenübertragung ins Fahrzeug.

Auf nationaler Ebene sind sowohl der Rechtsrahmen herzustellen als auch die organisatorischen Rahmenbedingungen innerhalb der öffentlichen Verwaltung zu schaffen. Kernstück ist die Erstellung der AD_StVO als Text sowie deren technische Übersetzung mittels der DSL. Außerdem ist die Entwicklung allgemeiner Prüfscenarien auf nationaler Ebene angesiedelt.

Die operative Ebene umfasst zwei Handlungsstränge. Einerseits sind dies alle Aktivitäten im Zusammenhang mit der Erstellung sowie der sowohl physischen als auch digitalen Veröffentlichung von Anordnungen bis hin zur rechtssicheren Übermittlung ins Fahrzeug. Auf der anderen Seite steht die fahrzeugseitige Entwicklung zur Interpretation von DSL und I2v_regulations_layer, die Abstimmung von ODD und ODD-spezifischen Prüfscenarien sowie schlussendlich die tatsächliche Durchführung der Prüfung.

9.2 Herangehensweise

Es stellt sich also die Frage, in welcher Form beziehungsweise mit welcher Priorisierung die einzelnen Ebenen zu bespielen sind. Auch stellt sich die Frage, ob man gewisse Handlungsfelder auf einen späteren Zeitpunkt verschieben oder unter Umständen komplett weglassen kann, ohne die Zielerreichung von lex2vehicle zu gefährden. Genauso stellt sich die Frage nach möglichen Umsetzungsvarianten oder Teilumsetzungen.

Kurz zusammengefasst kann man dazu festhalten, dass für die Zielerreichung von lex2vehicle, einen rechtsverbindlichen Verhaltensrahmen zu schaffen – damit jeder Verkehrsteilnehmerin und jedem automatisierten Fahrsystem an jeder Stelle im Straßennetz zu jedem Zeitpunkt und in jeder Situation möglichst klar ist, was sie tun dürfen und was nicht – auf allen der angeführten Handlungsfelder die vollständige Umsetzung sämtlicher nachstehend dargelegter Einzelschritte erforderlich ist. Dies ist nicht nur der Zielsetzung an sich, sondern auch der Interdisziplinarität und Komplexität der gesamten Materie geschuldet. Die beispielsweise nationale Umsetzung einzelner Teilschritte ist zwar möglich, doch ohne die multinationale und OEM-übergreifende Abstimmung wird es niemals eine funktionierende Lösung geben.

Dazu sind nochmals die Rahmenbedingungen vor Augen zu führen: Verkehrsrecht ist und wird auch mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit in Zukunft nationale Angelegenheit bleiben. Die Fahrzeugindustrie ist international tätig und wird dies mit Sicherheit auch bleiben.

Individuallösungen zwischen einem einzelnen Land und mehreren OEM oder umgekehrt zwischen einem OEM und mehreren Ländern sind wirtschaftlich niemals darstellbar und somit undenkbar. Bleibt also der (sicherlich nicht einfach zu gehende) Weg der multinationalen und OEM-übergreifenden Abstimmung.

Unabhängig von dieser Tatsache sind nach ersten Abstimmungsschritten zwischen Ländern und OEM sowie daraus resultierenden Standardisierungsschritten individuelle Aktivitäten seitens interessierter Länder möglich, um den gesamten Anordnungs- und Veröffentlichungsprozess der öffentlichen Verwaltung zu digitalisieren. Allein dies stellt eine vor allem operativ mitunter äußerst herausfordernde Aufgabe dar, deren Ergebnis rechtsverbindliche veröffentlichte Anordnungen sind, die auf einem Portal öffentlich zur Verfügung stehen. Von dort können beliebige Service-Provider (oder aber auch die OEM selbst) diese Daten abgreifen, über bereits vorhandene Kanäle transportieren und in ihren (teilweise bereits bestehenden) Services nutzen. Wesentlicher Unterschied dieses sogenannten "Parallelpfads" zum ganzheitlichen Konzept von lex2vehicle ist, dass auf der Plattform zwar rechtsverbindliche Anordnungen veröffentlicht werden, die, sobald sie von dort abgegriffen wurden, lediglich Informationscharakter haben, wodurch in weiterer Folge keinerlei Rechtssicherheit mehr besteht. Damit fällt aber auch eine wesentliche Voraussetzung für die weiterführende Nutzung in automatisierten Fahrzeugen weg, da dort der Rechtssicherheit im Zusammenhang mit verkehrsrechtlichen Vorschriften zentrale Bedeutung beizumessen ist.

Sollte sich ein Land für diese zu den übrigen Aktivitäten von lex2vehicle parallel verlaufende nationale Vorgehensweise entscheiden, ist jedenfalls immer darauf zu achten, dass diese nationalen Aktivitäten zwingend auch den Zielen von lex2vehicle folgen. Denn würden diese Ziele aus den Augen verloren, liegen am Ende zwar digital veröffentlichte Anordnungen vor, der Nutzen für das automatisierte Fahren wäre aber nicht im erforderlichen Umfang gegeben.

9.3 Nächste Schritte

Um die mit lex2vehicle verbundenen Realisierungsmaßnahmen in ein Gesamtbild einordnen zu können, werden vier Realisierungsschritte definiert. Diese dienen zunächst einer groben Einteilung, was bedeutet, dass es im Falle einer Umsetzung aus operativen Gründen jedenfalls auch noch zur Verschiebung von Aufgaben zwischen den Schritten kommen kann.

9.3.1 Vertiefende Spezifikation mit Beteiligung OEM

Bei diesem Schritt handelt es sich um eine unmittelbare Folgeaktivität zum gegenständlichen Projekt. Das Setting sieht die Beteiligung von zwei bis drei Ländern vor, genauso wie von ein bis zwei OEM. Die Fahrzeugindustrie hier mit an Bord zu haben stellt für einige der zentralen Fragestellungen einen wesentlichen Erfolgsfaktor dar.

Zusammengefasst geht es in diesem Schritt darum, in einzelnen Teilbereichen die Spezifikation zu vertiefen (beispielsweise in der Sondierung von Standards sowie Akteuren im Bereich der Standardisierung), aber auch Akteure für zukünftige Rollen zu identifizieren. Weiters sind in den

betreffenden Ländern der Rechtsrahmen vorzubereiten und erste technische Spezifikationen auf Basis des Highway Chauffeurs vorzunehmen.

9.3.2 Multinationales IA-Projekt

Aufbauend auf der vertiefenden Spezifikation erfolgt eine F&E-Initiative, die einerseits die bisher entwickelten Konzepte prototypisch in die Realität umsetzt und demonstriert, andererseits idealerweise gleichzeitig geografisch betrachtet einen ersten Schritt in die Breite geht. Der Begriff IA (Innovation Action) steht nicht zwingend für das damit verbundene Instrument in der europäischen Förderkulisse, sondern für eine Art von Projekt, an dessen Ende tatsächlich Fahrzeuge im grenzüberschreitenden Verkehr unterwegs sind und den rechtlichen Vorgaben im Sinne von lex2vehicle folgen. Außerdem ist hier ein etwas umfassenderes Setting angestrebt, wie beispielsweise drei bis sechs beteiligte Länder und zwei bis vier beteiligte OEM.

Konkret geht es zunächst um die tatsächliche Schaffung des erforderlichen Rechtsrahmens, gegebenenfalls in Form von rechtlichen Experimentierräumen (Sandboxes). Dem folgt die tatsächliche prototypische Implementierung auf Basis des Highway Chauffeurs entlang der gesamten Prozesskette. Zusätzlich wird in diesem Schritt auch eine Erweiterung sowohl der Spezifikation als auch der Umsetzung um über den Highway Chauffeur hinausgehende Szenarien angestrebt.

9.3.3 Strukturaufbau, Standardisierung

Auf Basis der Forschungsergebnisse aus dem multinationalen IA-Projekt folgt nun jene Phase, die dazu geeignet ist, lex2vehicle vom Forschungs- und Entwicklungsprojekt in die Linie zu bringen. Dies betrifft jedenfalls die im IA-Projekt behandelten Themen. Darüber hinaus sind eine Vielzahl internationaler Vereinbarungen zu schließen (oder bestehende zu erweitern), die Standardisierung voranzutreiben und vorwiegend international organisatorische Rahmenbedingungen zu schaffen, die den hinter lex2vehicle stehenden Prozess auch nachhaltig ermöglichen.

Zusätzlich ist es das Ziel dieser Phase auch operativ sehr schnell in die Breite zu kommen. Dies bedeutet auf der einen Seite möglichst viele Länder und auf der anderen Seite möglichst viele OEM zu involvieren und zu integrieren am Ende dieser Phase steht das "Go Live" von lex2vehicle.

9.3.4 Digitale rechtsverbindliche Anordnungen als Information (nationale Umsetzungen)

Bei diesem Schritt handelt es sich um die zuvor als "Parallelpfad" beschriebenen nationalen Aktivitäten im Zusammenhang mit der Digitalisierung sowie der digitalen Veröffentlichung von Anordnungen. Dies kann als optionaler Schritt von interessierten Ländern bereits nach Vorliegen der Ergebnisse der vertiefenden Spezifikation vorgezogen werden. Dieses Vorziehen ist mitunter auch erforderlich, da für die Einführung der Digitalisierung von Verwaltungsprozessen vor allem in dieser

komplexen Materie mit erhöhten Durchlaufzeiten zu rechnen ist. Ergebnis sind auf einem Portal veröffentlichte rechtsverbindliche digitale Anordnungen, die zunächst über bestehende Informationsservices an Verkehrsteilnehmerinnen weitergeleitet werden können, dort aber keinerlei Anspruch auf Rechtssicherheit bewirken.

9.4 Schwerpunkte

Die mit der Umsetzung von lex2vehicle verbundenen inhaltlichen Schwerpunkte lassen sich in drei Kategorien gliedern: rechtliche Themen, Themen der Digitalisierung sowie fahrzeugseitige Themen. Diesen Kategorien werden die Schwerpunkte wie folgt zugeordnet.

Rechtliche Themen:

- Auf multinationaler / OEM-übergreifender Ebene
 - Teilharmonisierung AD_StVO
- Auf nationaler Ebene
 - Verfassungsrechtlicher und verkehrsrechtlicher Rahmen
 - Allgemeiner Rechtsrahmen für Digitalisierung behördlicher Anordnungen
 - AD_StVO als Text
 - Prozesse und Zuständigkeiten bei Behörden und Straßenbetreibern

Themen der Digitalisierung:

- Auf multinationaler / OEM-übergreifender Ebene
 - Spezifikation Szenarien, Manöver etc.
 - Domänenspezifische Sprache (DSL)
 - Digitale Karte
 - Modell regulations_layer
- Auf nationaler Ebene
 - AD_StVO digital
- Auf operativer Ebene
 - IT-Lösung für Behörden und Straßenbetreiber
 - Umsetzung Anordnungen inkl. Veröffentlichung
 - Bereitstellung digitale Veröffentlichung
 - Mapping digitale Veröffentlichung auf Info-Schnittstellen

Fahrzeugseitige Themen:

- Auf nationaler Ebene
 - Abstimmung ODD
 - Abstimmung ODD-spezifische Prüfscenarien
- Auf operativer Ebene
 - Rechtssichere Übertragung in das Fahrzeug
 - Entwicklung Interpreter für DSL und regulations_layer
 - Integration Interpreter in Fahrlogik
 - Prüfung Fahrlogik anhand ODD-spezifischer Prüfscenarien
 - Validierung Prüfergebnisse

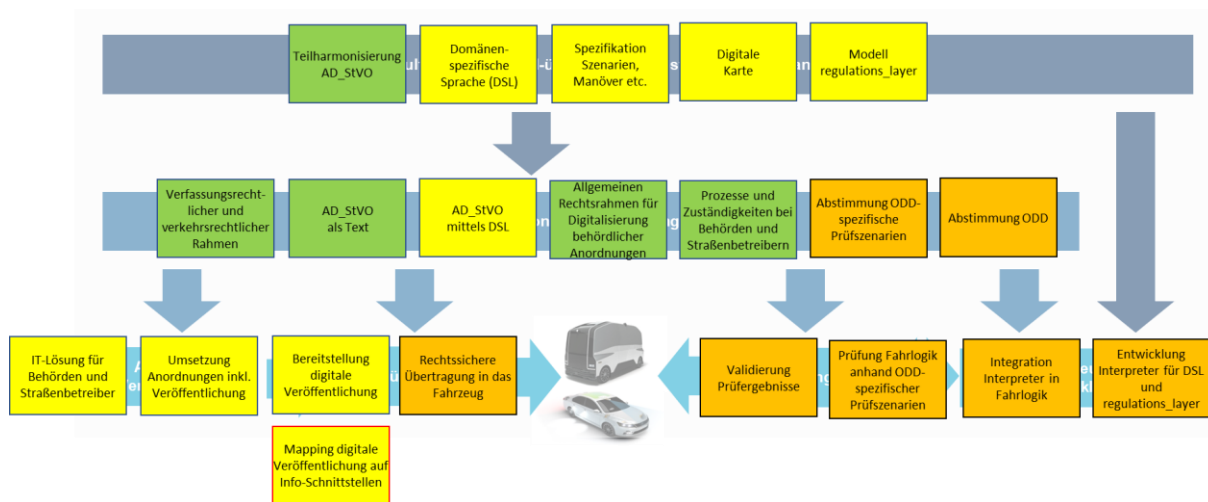


Abbildung 40: Zuordnung der Schwerpunkte zu den Handlungsfeldern

In weiterer Folge werden die einzelnen Schwerpunkte näher beschrieben. Dabei wird auf die zuvor beschriebenen nächsten Schritte Rücksicht genommen, sodass für jeden Schwerpunkt klar hervorgeht, welche Aktivitäten in welchem der vier Schritte zu setzen sind.

9.4.1 Verfassungsrechtlicher und verkehrsrechtlicher Rahmen, Teilharmonisierung AD_StVO, AD_StVO als Text

Vertiefende Spezifikation

- Vorbereitung der Verankerung der Grundlagen der AD_StVO auf nationaler Ebene in ausgewählten Rechtsordnungen (inkl. Identifikation von Harmonisierungspotenzialen)
- Großes Potenzial von Experimentierräumen zur Erprobung und Entwicklung der AD_StVO
- Ausarbeitung der AD_StVO für das Szenario Highway Chauffeur

Multinationales IA-Projekt & Begleitende Validierung

- Durchführung von IA-Projekt in Experimentierräumen (Rücksichtnahme auf Harmonisierungsbestrebungen)
- Etablierung von Evaluationsmechanismen und -intervallen
- Erweiterung auf zusätzliche Szenarien: Ausarbeitung AD_StVO + Erprobung im Rahmen bestehender Experimentierraum Regelung

Strukturaufbau, Standardisierung & Rollout

- Übergang in den Realbetrieb für erprobte Szenarien
- Kontinuierliche Anpassung des Rechtsrahmens
- schrittweise Erweiterung um weitere Szenarien
- Erweiterung um zusätzliche Rechtsordnungen → Anpassung an nationaler Rechtslage
- Umsetzung der Harmonisierung

9.4.2 Domänenspezifische Sprache (DSL)

Vertiefende Spezifikation

- Spezifikation der DSL-Anforderungen für Homologation und Fahrzeugbetrieb
- (Erste) Formale Spezifikation einer DSL gemäß lex2vehicle-Konzept (Metamodell / EBNF, Rahmenstruktur, erster Satz elementarer Attribute/Terminalsymbole von Bedingungs- und Konsequenz-Modell)
- Evaluierung anhand exemplarisch ausgewählter Fallbeispiele (Highway Chauffeur, eventuell weitere)

Multinationales IA-Projekt & Begleitende Validierung

- Validierung der DSL auf der Basis der Umsetzungen im Projekt (insbesondere umfängliches Bedingungs- und Konsequenz-Modell) auf der Grundlage mehrerer AD_StVO
- Ggf. Anpassung der DSL anhand der Anforderungen aus der Umsetzung
- Analyse der Anforderungen anderer StVO-Teile (und anderer StVO) als Desktop Research

Strukturaufbau, Standardisierung & Rollout

- Entwicklung eines Pflegekonzepts für die Rahmen-DSL (absolute Priorität auf Rückwärtskompatibilität)
- Aufbau Pflegestelle DSL und notwendige Standardisierung (inkl. Feedback-Kanal)
- Konzept für die Registrierung/Bereitstellung von AD_StVO digital

9.4.3 Spezifikation Szenarien, Manöver etc.

Vertiefende Spezifikation

- Gemeinsame Definition (Länder mit OEM) des Szenarios "Highway Chauffeur"
- Gemeinsame Spezifikation Manöver des Highway Chauffeurs
- Gemeinsame Definition weiterer Szenarien

Multinationales IA-Projekt & Begleitende Validierung

- Erweiterung der Manöverspezifikation zur Abdeckung der weiteren Szenarien
- Entwicklung eines Vorgehensmodells zur Spezifikation von Szenarien und Manövern

Strukturaufbau, Standardisierung & Rollout

- Schaffung einer (beziehungsweise Nutzung einer bestehenden) Plattform zur Spezifikation von Szenarien und Manövern

9.4.4 AD_StVO digital

Vertiefende Spezifikation

- (Erste) digitale Umsetzung exemplarischer AD_StVO-Teile in DSL für den Highway Chauffeur
- Abstimmung von Bedingungs-/Konsequenz-Modell mit OEM/Tier 1
- Analyse der Anforderungen von angeordneten Rechtsvorschriften außerhalb der StVO

Multinationales IA-Projekt & Begleitende Validierung

- Verschiedene (Teil-)AD_StVO werden auf Basis der DSL in digitale Datensätze umgesetzt (im Umfang beschränkt auf definierte Manöver und Maßnahmen)
- Anordnungsinhalte, die nicht in der AD_StVO enthalten sind, werden gegebenenfalls ebenso digital kodiert
- Spezifikation der Anforderungen an Systeme zur Erzeugung DSL-kodierter Inhalte (zum Beispiel für straßenverkehrsbehördliche Anordnungen)

Strukturaufbau, Standardisierung & Rollout

- Notwendige Vereinbarungen zwischen Staaten und der Industrie
- Ggf. Aufbau einer Registrierungs-/Bereitstellungsinfrastruktur
- Ggf. Internationale Kooperation zur digitalen Übertragung (beachte grenzüberschreitende Interoperabilität und Kontinuität)

9.4.5 Digitale Karte, Modell regulations_layer

Vertiefende Spezifikation

- Spezifikation der Anforderungen an die digitale Karte und Abstimmung mit Straßenbetreibern (Testdaten, Aktualisierungsprozesse, Qualitätsmanagement)
- Definition der Anforderungen an die Modellierung des regulations_layer
- Identifikation und Prüfung geeigneter Modellierungsansätze (beispielsweise Lanelet2) beziehungsweise Prüfung der Erweiterbarkeit bestehender Standards (DATEX, TN-ITS, ...)
- Spezifikation der Modellierung und Evaluierung anhand exemplarisch ausgewählter Fallbeispiele (Teststrecken im Rahmen des Szenarios Highway Chauffeur)

Multinationales IA-Projekt & Begleitende Validierung

- Übernahme der für das jeweilige Testgebiet vorhandenen digitalen Karte inkl. Qualitätsmanagement
- Erweiterung der Modellierung des regulations_layer auf Basis neu hinzukommender Szenarien
- Entwicklung eines Pflegekonzepts für die Modellierung des regulations_layer

Strukturaufbau, Standardisierung & Rollout

- Etablierung von Prozessen zur Übernahme und Aktualisierung der digitalen Karte
- Standardisierung des regulations_layer (idealerweise als Erweiterung bestehender Standards)
- Bedarfsgesteuerte Weiterentwicklung der Modellierung des regulations_layer auf Basis des Pflegekonzeptes

9.4.6 Abstimmung ODD, Abstimmung ODD-spezifische Prüfzenarien

Vertiefende Spezifikation

- Festlegung auf einheitliche technische Beschreibungssprache für die ODD (verschiedene Beispiele UNECE, ASAM, diverse OEM und Projektumsetzungen)
- Gesetzgeber / Prüforganisationen aus den beteiligten Ländern erstellen eine Vorlage zur Beschreibung der ODD für die OEM
- Erstellung von ausgewählten ODD Beispielen (zum Beispiel für Highway Chauffeur) durch den OEM
- Mapping der Prüfzenarien für die ausgewählten ODD Beispiele zur Prüfung der Konformität des Fahrverhaltens mit der AD_StVO
- Gesetzgeber / Prüforganisationen aus den beteiligten Ländern prüfen und geben die erstellte ODD und die zugehörigen Prüfzenarien frei

Multinationales IA-Projekt & Begleitende Validierung

- Erstellung exemplarischer ODD mit Prüfzenarien für alle als relevant eingestuften Fahrzeugfunktionen
- Gesetzgeber / Prüforganisationen aus den beteiligten Ländern prüfen die exemplarischen ODD und Prüfzenarien für alle relevanten Fahrzeugfunktionen
- Zur begleitenden Validierung Festlegung einer Menge von zulassungsrelevanten ODD und Prüfung dieser ODD durch den Gesetzgeber / Prüforganisation, sowie Erstellung der zugehörigen Prüfzenarien

Strukturaufbau, Standardisierung & Rollout

- Anpassung der ODD an alle relevanten Änderungen (Vermeidung von undefinierten Zuständen)
- Entsprechende Aktualisierung der Prüf- und Freigabeprozesse der ODD in Verantwortung der Gesetzgeber / Prüforganisationen
- Erstellung von Prüfscenarien für alle relevanten Anpassungen in Verantwortung der Gesetzgeber / Prüforganisationen

9.4.7 Entwicklung Interpreter für DSL und regulations_layer, Integration Interpreter in Fahrlogik

Vertiefende Spezifikation

- Abstimmung harmonisierter Schnittstellen zwischen "Interpreter für DSL" und "regulations_layer" zur Blackbox-Umsetzung der OEM
- Prototypische Umsetzung der "Highway Chauffeur Funktion" Anhand der ODD-Beschreibung durch OEM als Blackbox
- Test des Fahrverhaltens der "Highway Chauffeur Funktion" anhand der vorher ausgewählten Prüfscenarien

Multinationales IA-Projekt & Begleitende Validierung

- Prototypische Umsetzungen verschiedener zu bestimmender Funktionen über mehrere Straßenkategorien hinweg durch OEM als Blackbox
- Validierung der Blackbox-Umsetzung anhand der definierten Prüfscenarien und ODD
- Identifikation weiterer zu adressierender Herausforderungen als Lessons Learned aus Umsetzung und Validierung Strukturaufbau, Standardisierung & Rollout
- Strukturaufbau und Standardisierung nicht erforderlich (Blackbox-Umsetzung des einzelnen OEM)
- Anpassung des Interpreters und der Fahrlogik an relevante Änderungen in Verantwortung des jeweiligen OEM
- Abstimmung weiterer Anforderungen, die bei der Umsetzung identifiziert werden, zwischen den OEM, Einbringung in Standardisierung und Regulierung

9.4.8 Rechtssichere Übertragung in das Fahrzeug

Vertiefende Spezifikation

- Erarbeitung eines Konzepts für rechtssichere Datenübertragung und Identifikation erforderlicher technischer, rechtlicher und prozessualer Elemente
- OEM, Infrastruktur- und Kommunikationsexperten bewerten diese Konzeptstufe hinsichtlich Umsetzbarkeit und Eignung in Bezug auf technische und rechtliche Anforderungen
- Umsetzung des Konzepts für rechtssichere Übertragung für eine exemplarische Funktion

Multinationales IA-Projekt & Begleitende Validierung

- Erweiterung des erarbeiteten Konzepts für alle als relevant eingestuften Fahrfunktionen und exemplarischen ODD
- Gesetzgeber/Prüforganisationen aus den beteiligten Ländern prüfen und OEM, Infrastruktur- und Kommunikationsexperten bewerten dieses Konzept bezüglich Umsetzbarkeit und Eignung
- Zur begleitenden Validierung Ausweitung des erarbeiteten Konzepts auf alle relevanten Fahrfunktionen und zulassungsrelevanten ODD mit anschließender Prüfung durch die Gesetzgeber/Prüforganisationen und die OEM, Infrastruktur- und Kommunikationsexperten

Strukturaufbau, Standardisierung & Rollout

- Problemmanagement zur Identifikation von Risiken sowie Erarbeitung der erforderlichen Kommunikations- und Datenformatstandards
- Festschreibung (in Standards und Recht) eines stabilen Konzepts und Einbindung in nationales und internationales Recht (StVO, StVZO)
- Anpassung der Vorgaben zur rechtssicheren Kommunikation an alle relevanten Änderungen in Zuständigkeit der Gesetzgeber / Prüforganisationen

9.4.9 Prüfung Fahrlogik anhand ODD-spezifischer Prüfszenarien, Validierung Prüfergebnisse

Vertiefende Spezifikation

- Erarbeitung eines Prozesses für die Prüfung der Konformität zur AD_StVO
- Abstimmung des Prozesses mit allen projektbeteiligten OEM, Gesetzgeber / Prüforganisationen
- Zur Realisierung einer Freigabe ordnen Gesetzgeber / Prüforganisationen (aus den beteiligten Ländern) die ausgewählten ODD den geeigneten Prüfszenarien zu (am Beispiel Highway Chauffeur)
- Erarbeitung eines Prozesses für die Validierung der Prüfergebnisse
- Abstimmung des Prozesses mit allen projektbeteiligten OEM, Gesetzgeber / Prüforganisationen

Multinationales IA-Projekt & Begleitende Validierung

- Gesetzgeber / Prüforganisationen aus den beteiligten Ländern ordnen die zulassungsrelevanten ODD den zugehörigen Prüfszenarien zu
- Validierung des Gesamtkonzepts durch alle Projektbeteiligten einschließlich der Ausführung der Prüfszenarien
- Prüfstellen aus den beteiligten Ländern erstellen Prüfergebnisse für alle relevanten ODD

Strukturaufbau, Standardisierung & Rollout

- Anpassung der Zuordnung der ODD zu den jeweiligen Prüfszenarien an alle relevanten Änderungen in Verantwortung der Gesetzgeber / Prüforganisationen (Vermeidung von undefinierten Zuständen)
- Fortlaufende Überprüfung der Prüfergebnisse hinsichtlich aller relevanten Änderungen (Vermeidung von undefinierten Zuständen nach eventuellen Gesetzes- oder Anordnungsänderungen)

9.4.10 Allgemeiner Rechtsrahmen für Digitalisierung behördlicher Anordnungen, Prozesse und Zuständigkeiten bei Behörden und Straßenbetreibern

Vertiefende Spezifikation

- Vorbereitung der Verankerung der rechtlichen Grundlagen digitaler Anordnungen auf nationaler Ebene in ausgewählten Rechtsordnungen
- Definition und Etablierung von Rollen und Zuständigkeiten im Digitalisierungsprozess
- Erstellung von Kollisionsregeln; Konzept einer Verpflichtung zur digitalen Veröffentlichung und Verbindlicherklärung
- Spezifikation für das Szenario Highway Chauffeur

Multinationales IA-Projekt & Begleitende Validierung

- Erprobung digital veröffentlichter und verbindlich erklärter behördlicher Anordnungen im Rahmen von Experimentierräumen
- Etablierung von Evaluationsmechanismen und -intervallen
- Behördliche Kontrollbefugnisse und Berichtspflichten
- Erweiterung auf zusätzliche Szenarien möglich

Strukturaufbau, Standardisierung & Rollout

- Übergang von Experimentierräumen in den Realbetrieb
- Kontinuierliche Anpassung des Rechtsrahmens
- Schrittweise Erweiterung um weitere Szenarien
- Erweiterung um zusätzliche Rechtsordnungen
- Anpassung an nationale Rechtslage

9.4.11 IT-Lösung für Behörden und Straßenbetreiber, Umsetzung Anordnungen inkl. Veröffentlichung, Bereitstellung digitale Veröffentlichung

Vertiefende Spezifikation

- Analyse und Konzeption der Anpassung der Behördenprozesse gemeinsam mit Behörden und Straßenbetreibern
- Festlegen der technischen und organisatorischen Rahmenbedingungen für eine digitale Veröffentlichung
- Definition der Anforderungen an eine IT-Lösung mit spezieller Berücksichtigung der Strukturen von AD_StVO, DSL und regulations_layer

Multinationales IA-Projekt & Begleitende Validierung

- Anpassung der Behördenprozesse auf Basis der Konzeption
- Entwicklung der IT-Lösung zur Unterstützung des Anordnungsmanagements
- Implementierung der IT-Lösung bei den für die ausgewählten Szenarien relevanten Behörden und Straßenbetreibern inkl. Feedbackschleifen
- Digitalisierung der "Grundbegriffe" im regulations_layer
- Erstellung neuer Anordnungen
- Digitalisierung bestehender Anordnungen auf Basis von Verkehrsschildern und Markierungen
- Bereitstellung der digitalen Veröffentlichung über das entsprechende Portal

Strukturaufbau, Standardisierung & Rollout

- Übernahme der bestehenden Konzepte und Lösungen in die Linienorganisation
- Etablierung nachhaltiger Wartungs-, Support und Weiterentwicklungsprozesse

9.4.12 Mapping digitale Veröffentlichung auf Info-Schnittstellen

Vertiefende Spezifikation

- Analyse relevanter, existierender Standards in den Bereichen
Digitale Karte (zum Beispiel TN-ITS), dynamische Verkehrsinformation
(zum Beispiel DATEX II, TPEG) und C-ITS (zum Beispiel IVI, Integration in ISAD)
- Grundlegende Konzepte einer sinnvollen Ko-Existenz
- Anforderungen an die Konvergenz, insbesondere für existierende
Standards als Teil des I2v_regulations_layer

Multinationales IA-Projekt & Begleitende Validierung

- Existierende Schnittstellen als Maßnahmentrigger
- Existierende Schnittstellen zur Übertragung digitaler
Rechtsvorschriften außerhalb der StVO
(hierzu: Abgleich Bedingungs-/Konsequenz-Modell)

Strukturaufbau, Standardisierung & Rollout

- Anbindung der verschiedenen Datenräume an die Plattform zur digitalen
Veröffentlichung der AD_StVO und der digitalen Anordnungen

9.5 Strukturelle und zeitliche Zusammenhänge

Für die Entwicklung eines stimmigen Struktur- und Zeitplans sind Rahmenbedingungen für einen Entwicklungspfad auf Seiten der öffentlichen Verwaltung genauso zu berücksichtigen wie der Entwicklungspfad der OEM. Denn die Ansprüche von lex2vehicle gelten erst dann als erfüllt, wenn diese beiden Entwicklungspfade in enger wechselseitiger Abstimmung zum Ziel geführt werden. Dieses Ziel lässt sich als "Go Live" bezeichnen und bedeutet, dass Serienfahrzeuge in der Lage sind, die über Standardprozesse der öffentlichen Verwaltung generierten verkehrsrechtlichen Vorschriften zu empfangen und im Mischverkehr umzusetzen.

Nächster Schritt in unmittelbarer Folge des gegenständlichen Projektes ist ein Projekt zur vertiefenden Spezifikation mit Beteiligung ein oder mehrerer OEM. Aus der Sicht der OEM befindet man sich zu diesem Zeitpunkt in einer frühen F&E-Phase. Dieses Spezifikationsprojekt ist auf eineinhalb bis zwei Jahre anberaumt.

Auf das Spezifikationsprojekt folgt ein in seiner Dimension um einiges größeres IA-Projekt inklusive eines Demonstrators. Die Durchlaufzeit für dieses multinationale IA-Projekt beträgt etwa drei Jahre. Mit diesem Projekt ist auch die F&E-Phase auf Seiten der OEM abgeschlossen. Dieses IA-Projekt erfährt parallel dazu eine begleitende Validierung mit dem Ziel nach dem Projekt eine klare Stop-or-Go-Entscheidung treffen zu können.

Sofern sich dieses IA-Projekt den Erwartungen entsprechend entwickelt, ist es möglich, dass der OEM bereits vor Ende dieses Projektes parallel zu seiner F&E-Phase die Phase der Vorentwicklung startet, die üblicherweise zwei Jahre in Anspruch nimmt. Auf diese Vorentwicklung folgt die Phase der Serienentwicklung, die mit etwa vier Jahren zu veranschlagen ist.

Parallel zu Vor- und Serienentwicklung beim OEM erfolgt im Anschluss an das multinationale IA-Projekt die Phase des Strukturaufbaus sowie der Standardisierung. Nach den ersten drei Jahren dieser Phase ist mit dem Rollout zu starten, so dass nach weiteren zwei Jahren gleichzeitig mit dem Abschluss der Serienentwicklung beim OEM das "Go Live" möglich ist.

Über die gesamte Laufzeit hat auch ein intensives begleitendes Stakeholdermanagement stattzufinden, um die langfristige Akzeptanz von lex2vehicle sicherzustellen.

Ebenfalls parallel zu sämtlichen genannten Aktivitäten kann auf Basis der ersten Festlegungen im Rahmen der vertiefenden Spezifikation optional das Thema der digitalen rechtsverbindlichen Anordnungen angegangen werden ("Parallelpfad"). Die Ergebnisse dieser nationalen Prozesse fließen sowohl in das multinationale IA-Projekt als auch später in den Rollout ein.

Zukunftsplan



Abbildung 41: Struktur- und Zeitplan

Entlang der dargestellten Zeitachse bedeutet dies, dass mit dem "Go-Live" von lex2vehicle nach einem Zeitraum von zehn Jahren intensiver Arbeit an diesem höchst relevanten Thema zu rechnen ist.

Teil C

Anhänge

10 Anhänge

Anhang 1

Österreichische "Zeitschrift für Verkehrsrecht":

"Digitalisierung des Straßenverkehrsrechts im Zusammenhang mit automatisiertem Fahren"

(Konrad Lachmayer, Susanne Gstöttner)

Anhang 2

Deutsche "Neue Zeitschrift für Verkehrsrecht":

"Dürfen automatisierte Fahrzeuge Recht brechen? Zur rechtl. Konzeption von Vorgaben für automatisierte Fahrzeuge"

(Susanne Gstöttner, Henning Jessen, Felix Uhlmann, Konrad Lachmayer)

Anhang 3

Schweizer Zeitschrift "Strassenverkehr":

"Verkehrs- und Rechtssicherheit bei Fahrzeugen mit einem Automatisierungssystem"

(Felix Uhlmann, Konrad Lachmayer, Susanne Gstöttner)

zur Veröffentlichung angenommen