

Einführung

A. Autonomes Fahren: Die Zukunft der Mobilität*

Die Technik moderner Fahrzeuge hat sich in den vergangenen Jahren rasant weiterentwickelt. Bereits heute werden zahlreiche hochentwickelte Assistenzsysteme serienmäßig in Pkw eingebaut, die den menschlichen Fahrzeugführer bei der Wahrnehmung seiner Fahraufgaben unterstützen (zB Tempomat, Totwinkel- oder Spurhalteassistent).¹ Die stetige Zunahme der Fahrzeugautomatisierung soll letztlich im **selbstfahrenden Automobil** gipfeln, in dem sämtliche Fahraufgaben vom technischen System des Fahrzeugs wahrgenommen werden und somit die Anwesenheit eines menschlichen Fahrzeuglenkers nicht mehr zwingend erforderlich ist.²

Das gesellschaftliche und politische Interesse an der Entwicklung und Realisierung selbstfahrender Fahrzeuge lässt sich insb auf die erhofften Vorteile zurückführen, die unmittelbar mit der Fahrzeugautomatisierung verbunden sind. So sollen autonome Fahrzeuge in erster Linie einen wesentlichen Beitrag zur Erhöhung der **Sicherheit im Straßenverkehr** leisten.³ Allein in Österreich ereigneten sich im **Jahr 2022** über 34.000 Straßenverkehrsunfälle mit Personenschäden, bei denen über 43.000 Menschen verletzt und 370 getötet wurden.⁴ Nahezu sämtliche Verkehrsunfälle (ca 99%) waren dabei auf **menschliches Fehlverhalten** (zB unangepasste Geschwindigkeit, Unachtsamkeit, Ablenkung, mangelnder Sicherheitsabstand, Verkehrsverstöße) sowie **Beeinträchtigungen** (zB Alkohol- und Suchtmittelmissbrauch, Ermüdung, gesundheitliche Beeinträchtigungen) zurückzuführen. Demgegenüber waren fahrzeugspezifische Mängel (zB technische Defekte, unzureichende Ladungssicherung) lediglich für 1% der Verkehrsunfälle mit Personenschäden ursächlich. Gerade Verkehrsunfälle, die ausschließlich auf menschliches Fehlverhalten bzw Versagen zurückzuführen sind, könnten in Zukunft durch den Einsatz selbststeuernder Fahrzeuge verhindert werden.⁵

* Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird bewusst auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

1 Siehe dazu ADAC, Fahrerassistenzsysteme: So können sie Autofahrer entlasten, www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/ausstattung-technik-zubehoer/assistenzsysteme/fahrerassistenzsysteme/ (zuletzt abgefragt am 10. 5. 2023); Höttzsch/May in Hilgendorf 189; Kunnert in I. Eisenberger/Lachmayer/G. Eisenberger 169 (171); vgl dazu auch den Autopiloten von Tesla abrufbar unter www.tesla.com/de_AT/autopilot (zuletzt abgefragt am 10. 5. 2023).

2 Vgl dazu Kleinschmidt/Wagner in Oppermann/Stender-Vorwachs Kap 1.1 Rz 1 f.

3 Vgl BMVIT, Aktionspaket Automatisierte Mobilität 5 ff; Winkle in Maurer et al 351 ff.

4 Siehe www.statistik.at/statistiken/tourismus-und-verkehr/unfaelle/strassenverkehrsunfaelle (zuletzt abgefragt am 10. 5. 2023).

5 So auch Gasser et al, Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung 11; Kath, Auf dem Weg zum Autonomen Fahren 3.

Darüber hinaus ist der **Mobilitäts- und Komfortgewinn**, der durch die Fahrzeugautomatisierung erzielt werden kann, hervorzuheben. Werden sämtliche Steuerungsfunktionen vom Fahrzeug übernommen, dann kann die Fahrzeit für produktive Tätigkeiten – etwa zum Lesen oder zur Beantwortung von Emails – verwendet werden.⁶ Zugleich ermöglichen selbstfahrende Fahrzeuge auch jenen Personen Zugang zum Individualverkehr, die zuvor aufgrund rechtlicher Normen (zB aus Alters- oder Gesundheitsgründen) davon ausgeschlossen waren.⁷ Außerdem erwartet man sich durch die Zulassung autonomer Fahrzeuge zum Straßenverkehr eine Steigerung der Verkehrseffizienz und damit einhergehend eine signifikante **Reduktion der Umweltbelastung** (zB Verringerung des Spritverbrauchs durch Vermeidung von Staus, Stop-and-go-Verkehr oder abrupter Bremsmanöver).⁸ Schließlich kann die Weiterentwicklung und Forschung im Bereich des automatisierten Fahrens sowie der Ausbau der Testinfrastruktur auch einen wesentlichen Beitrag zur Stärkung des Wirtschaftsstandortes, zur Nutzung von Wertschöpfungspotentialen sowie zur Sicherung und dem Ausbau von Arbeitsplätzen leisten.⁹

Autonomes Fahren kann somit zu Recht als **disruptive Technologie** bezeichnet werden, die das Verkehrs- und Mobilitätsverhalten grundlegend verändern könnte. Allerdings wirft auch das autonome Fahren zahlreiche rechtliche Fragestellungen auf, die es zunächst zu lösen gilt, bevor selbstfahrende Fahrzeuge tatsächlich zum Straßenverkehr zugelassen werden können. Die Rechtsprobleme im Zusammenhang mit selbstfahrenden Fahrzeugen sind dabei vielfältig und komplex, was sich gerade in den strafrechtlichen Problemstellungen niederschlägt. Im Zuge der vorliegenden Arbeit gilt es daher zu klären, ob die Veränderungen in der Automobilbranche aus Sicht des materiellen Strafrechts gesetzgeberisches Handeln erforderlich machen oder ob das materielle Strafrecht für die sich daraus ergebenden Problemstellungen hinreichend gewappnet ist.

B. Gang der Untersuchung

Das **erste Kapitel** der vorliegenden Arbeit widmet sich den Grundlagen des autonomen Fahrens. Hierzu erfolgt eine Einführung in die bestehenden Klassifizierungssysteme, anhand derer sich der Automatisierungsgrad eines Fahrzeuges bestimmen lässt. Ziel ist es, ein grundlegendes Verständnis über den Funktionsumfang von Fahrzeugen unterschiedlicher Automatisierungsstufen zu vermitteln. Anschließend werden die technischen Grundlagen des autonomen und vernetzten Fahrens in ihren Grundzügen erläutert.

6 Siehe dazu Voß in *Oppermann/Stender-Vorwachs* Kap 2.2 Rz 40 ff.

7 *Kleinschmidt/Wagner* in *Oppermann/Stender-Vorwachs* Kap 1.1 Rz 3a; *Di Fabio et al*, Bericht Ethik-Kommission 15; *Hilgendorf* in *Hilgendorf/Hötitzsch/Lutz* 15 (17).

8 *Jutschen/Hössinger* in *I. Eisenberger/Lachmayer/G. Eisenberger* 21 (37 mwN); *Hilgendorf* in *Hilgendorf/Hötitzsch/Lutz* 15 (17); *BMVIT*, Aktionspaket Automatisierte Mobilität 5 ff.

9 Siehe www.bmk.gv.at/themen/mobilitaet/alternative_verkehrskonzepte/automatisiertes-fahren.html (zuletzt abgefragt am 10. 5. 2023); *BMVIT*, Aktionspaket Automatisierte Mobilität 5 u 7.

Das **zweite Kapitel** widmet sich der Frage, ob und unter welchen Voraussetzungen (teil-)autonome Fahrssysteme nach den nationalen verkehrsrechtlichen Vorschriften zum Straßenverkehr zugelassen und genutzt bzw. getestet werden dürfen. Daran anknüpfend wird erörtert, welche nationalen sowie internationalen Vorgaben der Realisierung autonomer Mobilität derzeit entgegenstehen und welche rechtlichen Schritte für eine generelle Zulässigkeit selbstfahrender Fahrzeuge erforderlich wären.

Im **dritten Kapitel** wird die strafrechtliche Verantwortlichkeit bei Unfällen unter Beteiligung selbstfahrender Fahrzeuge beleuchtet. Dabei wird der Frage nachgegangen, welche Personen für die Herbeiführung von Rechtsgutverletzungen strafrechtlich zur Verantwortung gezogen werden können, wenn es zu Verkehrsunfällen mit Verletzungen von Leib und Leben unter Beteiligung selbstfahrender Fahrzeuge kommt. Diesbezüglich stellt sich die Frage, welche Verhaltensweisen ein sozialinadäquates Risiko begründen können und somit als Anknüpfungspunkt für eine strafrechtliche Haftung in Betracht kommen. Außerdem wird untersucht, ob aus strafrechtlicher Sicht auch eine Verantwortlichkeit des Steuerungssystems in Betracht kommt.

Im **vierten Kapitel** folgt eine Auseinandersetzung mit den cyberkriminellen Gefahren, die sich im Zusammenhang mit autonomer und vernetzter Mobilität ergeben. Hierzu wird anhand von ausgewählten Beispielfällen untersucht, ob die Bestimmungen des materiellen Strafrechts hinreichenden Schutz vor Cyber-Angriffen bieten oder ob diesbezüglich Strafbarkeitslücken bestehen, die ein gesetzgeberisches Tätigwerden erforderlich machen.

Das **fünfte Kapitel** der vorliegenden Arbeit widmet sich einer altbekannten strafrechtlichen Problematik, den sog. Dilemma-Situationen. Hierbei geht es um Konstellationen, in denen sämtliche Steuerungsmöglichkeiten des Fahrzeugs unausweichlich zum Tod eines oder mehrerer Menschen führen, jedoch zwingendermaßen eine Entscheidung getroffen werden muss. Die Besonderheit beim autonomen Fahren besteht jedoch darin, dass bereits vorab eine Entscheidung darüber getroffen werden muss, welche Fahrhandlung das System beim Auftreten einer Dilemma-Situation setzen soll. Zur Problemlösung wird zunächst anhand eines Fallbeispiels erörtert, ob bestehende strafrechtliche Ansätze zur Auflösung von dilemmatischen Konfliktsituationen, die beim menschlichen Lenker anwendbar sind, auch auf die spezifische Situation des autonomen Fahrens Anwendung finden. Anschließend werden unterschiedliche Lösungsansätze zur inhaltlichen Ausgestaltung der Steuerungsalgorithmen in Dilemma-Situationen einer (grund-)rechtlichen Bewertung unterzogen.

Eine **abschließende Zusammenfassung** der zentralen Ergebnisse der einzelnen Kapitel soll die Arbeit abrunden.

1. Kapitel:

Grundlagen des autonomen Fahrens

A. Automatisierungsstufen

1. Klassifizierung nach SAE-Standard J3016

Der Terminus „autonomes Fahren“ wird sowohl in der Literatur als auch im gesellschaftlichen Dialog häufig mit „automatisiertem Fahren“ gleichgesetzt. Diese Begrifflichkeiten sind jedoch strikt voneinander abzugrenzen, da unterschiedliche Automatisierungsgrade bestehen, anhand derer sich die jeweilige Autonomie eines Fahrzeugs bestimmen lässt.¹⁰ Die Auseinandersetzung mit den strafrechtlichen Problemstellungen, die sich im Zusammenhang mit autonomer Mobilität ergeben, setzt ein grundlegendes Verständnis dieser Automatisierungsgrade voraus. Der nationale Gesetzgeber hat es bisweilen verabsäumt, einheitliche Begriffsdefinitionen zur Unterteilung der unterschiedlichen Automatisierungsstufen zu schaffen. Hierzu kann allerdings auf Definitionen von Arbeitsgruppen, Behörden, Verbänden sowie Herstellern zurückgegriffen werden, die einen Überblick über den Funktionsumfang und Leistungsgrad der einzelnen Automatisierungsstufen geben.¹¹ International hat sich hierbei die **Norm J3016**¹² der **SAE International**¹³ durchgesetzt, die auch der nachfolgenden Untersuchung zu Grunde gelegt wird. Daneben haben sich eine Vielzahl weiterer Nomenklaturen herausgebildet. Zu nennen sind etwa die Einteilung der amerikanischen Bundesbehörde für Straßen- und Verkehrssicherheit (NHTSA)¹⁴, der deutschen Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)¹⁵, des Verbandes der Automobilindustrie (VDA)¹⁶ oder die Klassifizierung des deutschen BM für Verkehr und digitale Infrastruktur¹⁷. Zwischen den einzelnen Klassifizierungssystemen bestehen nur geringfügige Abweichungen, weshalb sie grundsätzlich auch miteinander kompatibel sind und allenfalls zu sprachlichen Verwirrungen führen.¹⁸

Die **SAE** nimmt eine Differenzierung in **sechs Automatisierungsstufen** vor. Danach verfügen Fahrzeuge der **Stufe 0** (*No Automation*) über keinerlei Automation. Sämtliche Fahraufgaben der Längs- und Querverführung werden ausschließlich vom mensch-

¹⁰ Romaniewicz-Wenk/Jirak, *ecolex* 2018, 466.

¹¹ Kleinschmidt/Wagner in *Oppermann/Stender-Vorwachs* Kap 1.1 Rz 18.

¹² *SAE International*, Taxonomy 1.

¹³ Die SAE (vormals *Society of Automotive Engineers*) ist eine weltweite Vereinigung von mehr als 128.000 Ingenieuren und technischen Experten aus den Bereichen der Luft- und Raumfahrt sowie der Automobilindustrie, siehe dazu www.sae.org/about/ (zuletzt abgefragt am 10. 5. 2023).

¹⁴ *NHTSA*, Preliminary Statement 4f.

¹⁵ Gasser *et al*, Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung 9.

¹⁶ *VDA*, Automatisierung 14f.

¹⁷ *BMVI*, Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren 5f.

¹⁸ *Kath*, Auf dem Weg zum Autonomen Fahren 5.

lichen Lenker wahrgenommen. Allerdings kann der Lenker bei der Wahrnehmung seiner Fahraufgaben von Warn- oder Interventionssystemen unterstützt werden (zB Antiblockiersystem).¹⁹

In **Stufe 1** (*Driver Assistance*) gelangen bereits erste Fahrassistenzsysteme zum Einsatz, die den Lenker entweder bei der Quer- oder Längsführung des Fahrzeugs unterstützen.²⁰ Der Fahrer wird durch die Assistenzsysteme lediglich unterstützt, weshalb er weiterhin alle Fahraufgaben kontrollieren und – falls erforderlich – übersteuernd eingreifen muss.²¹ Derartige Technologien werden bereits heute in moderne Pkw verbaut (zB Abstandsregler, Tempomat, Totwinkel-Assistent).²²

In **Stufe 2** (*Partial Automation*) übernehmen technische Systeme in vordefinierten Anwendungsbereichen die Längs- und Querverführung des Fahrzeuges, ohne dabei auf die Unterstützung des Fahrers angewiesen zu sein. Allerdings bleibt der Fahrer zur Einhaltung sämtlicher verkehrsrechtlicher Vorschriften vollumfänglich verpflichtet. Er ist somit weiterhin zur dauerhaften Überwachung des Systems sowie des Fahrgeschehens verpflichtet, um im Bedarfsfall korrigierend in das Steuerungsgeschehen eingreifen zu können.²³ Zu Assistenzsystemen dieser Stufe zählen etwa der Einparkassistent, die Spurhaltefunktion sowie der Stauassistent.²⁴

In **Stufe 3** (*Conditional Automation*) werden in spezifischen Verkehrssituationen bereits sämtliche Fahraufgaben (Längs- und Querverführung) durch die Systemfunktionen ausgeführt. Im Unterschied zu Stufe 2 ist das System technisch bereits so ausgelegt, dass der Fahrzeugführer das Fahrgeschehen sowie die Fahrumgebung nicht mehr ständig überwachen muss, weshalb er sich vom Fahrgeschehen abwenden und anderen Tätigkeiten nachgehen kann. Allerdings fungiert der menschliche Lenker weiterhin als **Rückfallebene**: Sollte das Fahrzeug den vordefinierten Anwendungsfall verlassen oder sollten kritische Situationen auftreten, fordert das Fahrsystem den Lenker mit einer Vorlaufzeit zum Eingreifen bzw zur Rückübernahme der Fahraufgaben auf. Der Lenker muss daher stets dazu in der Lage sein, innerhalb eines angemessenen Zeitraums die Kontrolle über das Fahrzeug wieder übernehmen zu können.²⁵

Auch bei Fahrzeugen der **Stufe 4** (*High Automation*) sind in vordefinierten Anwendungsfällen keine menschlichen Fahrhandlungen mehr erforderlich, weshalb sich der Fahrer auch in dieser Automatisierungsstufe vom Fahrgeschehen abwenden kann.²⁶ Der wesentliche Unterschied zu Stufe 3 besteht jedoch darin, dass der

19 SAE International, Taxonomy 25 u 28; Gasser, DAR 2015, 6 (8).

20 SAE International, Taxonomy 25 u 28.

21 Gasser, DAR 2015, 6 (8); siehe auch SAE International, Taxonomy 28.

22 I. Eisenberger/Gruber/Huber/Lachmayer, ZVR 2016, 383 (384); Hoberg, Robotorautos – FAQ: Was können autonome Autos? www.quarks.de/technik/mobilitaet/was-koennen-autonome-autos-wirklich/ (zuletzt abgefragt am 10. 5. 2023).

23 SAE International, Taxonomy 25 u 28; Gasser, DAR 2015, 6 (8).

24 I. Eisenberger/Gruber/Huber/Lachmayer, ZVR 2016, 383 (384).

25 SAE International, Taxonomy 26 u 28; Eustacchio, ZVR 2017, 509; Gasser, DAR 2015, 6 (8).

26 Gasser, DAR 2015, 6 (8).

menschliche Lenker nicht mehr als Rückfallebene zur Verfügung stehen muss. Mit Erreichen der vierten Automatisierungsstufe ist das technische System nämlich dazu in der Lage, im vorgesehenen Anwendungsbereich sämtliche Fahraufgaben ohne menschliche Unterstützung eigenständig zu bewältigen und dies auch dann, wenn der menschliche Fahrer auf die Aufforderung zur Rückübernahme der Fahraufgaben nicht binnen angemessener Frist reagiert.²⁷ Das Fahrzeug verfügt somit über eine ausfallsichere Systemarchitektur, dh das Steuerungssystem ist dazu im Stande, das Fahrzeug in jeder Situation sicher zum Anhalten zu bringen (sog **risikominimaler Zustand**), wenn der Lenker – zB beim Auftreten einer kritischen Situation oder dem Verlassen des vordefinierten Anwendungsbereichs – trotz Übernahmeaufforderung durch das System die Fahrzeugkontrolle nicht wieder übernehmen sollte.²⁸ Der Fahrer kann bei Fahrzeugen der Stufe 4 allerdings weiterhin jederzeit in den Fahrprozess korrigierend eingreifen und somit das System übersteuern.²⁹ Da Assistenzsysteme, die ein hochautomatisiertes Fahren ermöglichen, nur in vorab definierten Anwendungsfällen zum Einsatz gelangen, müssen die verkehrsrechtlichen Vorschriften weiterhin eingehalten werden. So muss jederzeit ein menschlicher Lenker im Fahrzeug anwesend sein, der über eine gültige Fahrerlaubnis verfügt und auch fahrtüchtig ist, da die Fahraufgaben vom hochautomatisierten Fahrsystem eben nur in spezifischen Situationen übernommen werden. Ebenso sind die klassischen Bedien- und Steuerungselemente (zB Bremse, Lenkrad, Gaspedal, Schalthebel) weiterhin erforderlich.³⁰

Die letzte Automatisierungsstufe ist **Stufe 5 (Full Automation)**. Fahrzeuge dieser Stufe sind mit einem vollautomatisierten Fahrsystem ausgestattet, dass dazu in der Lage ist, sämtliche Fahraufgaben – vom Start bis zum Ziel – unter **allen Fahrbahn- und Umgebungsbedingungen**, in denen ein Fahrzeug auch von einem menschlichen Lenker beherrscht werden kann, eigenständig – dh ohne menschlichen Lenker – zu bewältigen. Die Verfügbarkeit des Systems ist somit nicht mehr auf spezifische, vordefinierte Anwendungsfälle beschränkt.³¹ Da das Fahrzeug sämtliche während einer Fahrt auftretenden Fahrsituationen eigenständig bewältigen kann, ist ein **menschlicher Fahrzeuglenker**, der als Rückfallebene fungiert, **nicht mehr erforderlich**. Vielmehr werden sämtliche Fahrzeuginsassen im vollautomatisierten Fahrzeug zu bloßen **Passagieren**.³² Menschliche Handlungen sind nur mehr zur Inbetriebnahme sowie zur Eingabe des gewünschten Fahrtziels (zB mittels Smartphone-App oder Board-Display) erforderlich.³³ Von Fahrzeugen der Stufe 5 können sich daher auch fahrtüchtige Personen sowie Personen ohne Fahrerlaubnis zum gewünschten Ziel

27 SAE International, Taxonomy 26 u 29.

28 Jourdan/Matschi, NZV 2015, 26 (28); Gasser, DAR 2015, 6 (8); SAE International, Taxonomy 29.

29 SAE International, Taxonomy 29.

30 Reinisch in Paulus, JB Regulierungsrecht 197 (201); Hoberg, Robotorautos – FAQ: Was können autonome Autos? www.quarks.de/technik/mobilitaet/was-koennen-autonome-autos-wirklich/ (zuletzt abgefragt am 10. 5. 2023).

31 SAE International, Taxonomy 26 u 29; Gasser, DAR 2015, 6 (8).

32 Kleinschmidt/Wagner in Oppermann/Stender-Vorwachs Kap 1.1 Rz 2 u 21; Eustacchio, ZVR 2017, 509 (510); Lange, NZV 2017, 345 (346); Steege, NZV 2019, 459; SAE International, Taxonomy 29.

33 Hartwig, Autonomes Fahren 16; vgl auch Wachenfeld et al in Maurer et al 9 (19 ff).

befördern lassen.³⁴ Mit Erreichen der Vollautomatisierung verändert sich auch das äußere Erscheinungsbild des Fahrzeuges. Insb sind herkömmliche Steuerungsinstrumente (zB Lenkrad, Gaspedal, Bremsen) nicht mehr erforderlich.³⁵ Hierdurch wird die Möglichkeit einer korrigierenden Systemübersteuerung durch den Menschen (grundsätzlich) ausgeschlossen. Einzige Ausnahme wird voraussichtlich die Möglichkeit zur Betätigung eines im Fahrzeuginnenraum befindlichen **Notfallschalters** (auch **Not-Exit**; **Exit-Schalter**) sein, mit dem die Fahrzeuginsassen im Bedarfsfall (zB bei medizinischen Vorfällen, Unfällen, technischen Problemen oder polizeilichen Kontrollen) dem Steuerungssystem den Befehl erteilen können, das Fahrzeug unverzüglich zum Anhalten zu bringen, um den Insassen ein sofortiges und sicheres Verlassen des Fahrzeuges zu ermöglichen.³⁶ Mit Erreichen der Vollautomatisierung (Stufe 5) kann auch vom „**autonomen**“, „**vollautomatisierten**“, „**selbstfahrenden**“ oder „**führerlosen**“ **Fahrzeug** gesprochen werden,³⁷ das auch Gegenstand der nachfolgenden Untersuchung ist.

Auch der **europäische Gesetzgeber** hat in der General-Safety-VO³⁸ die Begriffe des „automatisierten“ und „vollautomatisierten“ Fahrzeugs legaldefiniert. Demnach ist unter einem **automatisierten Fahrzeug** ein Kfz zu verstehen, dass sich „über bestimmte Zeiträume hinweg autonom ohne kontinuierliche Überwachung durch einen Fahrer fortbewegen kann, bei dem allerdings nach wie vor ein Eingreifen des Fahrers erwartet wird oder erforderlich ist“ (Art 3 Abs 21). **Vollautomatisierte Fahrzeuge** iSd Art 3 Abs 22 sind hingegen dazu in der Lage „sich autonom ohne Überwachung durch einen Fahrer“ fortzubewegen.

2. Lernende und selbstlernende Systeme

Im Zusammenhang mit der Verwirklichung selbstfahrender Fahrzeuge ist sog (**selbst-)****lernenden Systemen** besondere Bedeutung beizumessen. Diese werden zu-

34 Kleinschmidt/Wagner in Oppermann/Stender-Vorwachs Kap 1.1 Rz 21.

35 Kunnert in I. Eisenberger/Lachmayer/G. Eisenberger 169 (204); vgl dazu auch Reinisch in Paulus, JB Regulierungsrecht 197 (201); Kleinschmidt/Wagner in Oppermann/Stender-Vorwachs Kap 1.1 Rz 21.

36 Kunnert in I. Eisenberger/Lachmayer/G. Eisenberger 169 (204f); Beiker in Maurer et al 287 (291); Wachenfeld et al in Maurer et al 9 (17 ff u 36); Gasser in Maurer et al 543 (559); SAE International, Taxonomy 29.

37 Eustachio, ZVR 2017, 509 f; Reinisch in Paulus, JB Regulierungsrecht 197 (201); Romaniewicz-Wenk/Jirak, ecolx 2018, 466 f; Gasser, DAR 2015, 6 (8).

38 VO (EU) 2019/2144 des europäischen Parlaments und des Rates vom 27. 11. 2019 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, zur Änderung der Verordnung (EU) 2018/858 des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Aufhebung der Verordnungen (EG) 78/2009, (EG) 79/2009 und (EG) 661/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates sowie der Verordnungen (EG) 631/2009, (EU) 406/2010, (EU) 672/2010, (EU) 1003/2010, (EU) 1005/2010, (EU) 1008/2010, (EU) 1009/2010, (EU) 19/2011, (EU) 109/2011, (EU) 458/2011, (EU) 65/2012, (EU) 130/2012, (EU) 347/2012, (EU) 351/2012, (EU) 1230/2012 und (EU) 2015/166 der Kommission, ABl L 2019/325, 1.

meist in Verbindung mit **maschinellen Lernprozessen**³⁹ – einem Teilbereich der künstlichen Intelligenz – thematisiert.⁴⁰ Im Zusammenhang mit der Implementierung von Software in selbstfahrende Fahrzeuge ist grundlegend zwischen „**lernenden**“ und „**selbstlernenden**“ Systemen zu differenzieren. Lernende Systeme werden ausschließlich in der Entwicklungsphase mittels maschineller Lernmethoden trainiert und sodann in einem gewissen Trainingszustand eingefroren, wodurch sie ihren Steuerungsalgorithmus nicht mehr selbstständig verändern können.⁴¹ Demgegenüber können selbstlernende Systeme ihr Verhalten aufgrund von äußeren Reizen selbstständig ändern. Sie sind also dazu in der Lage, ihren Steuerungsalgorithmus im laufenden Betrieb zu verändern.⁴²

Fahrzeuge, die mit selbstlernenden Systemen ausgestattet sind, sind nicht Forschungsgegenstand dieser Arbeit. Bei der Einführung und Zulassung von selbstfahrenden Fahrzeugen muss nämlich stets der Schutz der Menschen vorrangig sein.⁴³ Sollten selbstlernende Systeme tatsächlich zum Einsatz kommen, dann müsste jederzeit sichergestellt sein, dass diese Verkehrssituationen richtig einschätzen, die verkehrsrechtlichen Vorschriften einhalten sowie den einzuhaltenden Sicherheitsanforderungen genügen.⁴⁴ Bei selbstlernenden Systemen kann dies nach dem aktuellen Stand der Technik jedoch (noch) nicht gewährleistet werden, weshalb weiterlernende Systeme derzeit nur in nicht unmittelbar sicherheitskritischen Funktionen⁴⁵ (zB Stimmerkennungs- oder Fahrzeugdynamikprogramme) eingesetzt werden.⁴⁶

Aber auch in Zukunft scheint es kaum vorstellbar, dass selbstlernende Systeme, die ihr Fahrverhalten im laufenden Betrieb eigenständig anpassen und dadurch ihren Programmcode verändern, tatsächlich zum Verkehr zugelassen werden.⁴⁷ Vielmehr wird der Gesetzgeber nur solche Fahrzeuge zum Straßenverkehr zulassen, bei denen die Einhaltung der verkehrsrechtlichen Normen jederzeit gewährleistet ist. Nach derzeitigem Stand ist daher davon auszugehen, dass selbstfahrende Kfz ausschließlich mit solchen Systemen ausgestattet sein werden, die zwar mittels maschineller Lernverfahren trainiert wurden, sich jedoch nach deren Freigabe nicht mehr eigenständig verändern, also beim Einsatz in der Praxis gerade nicht mehr selbstständig

39 Ausführlich zum maschinellen Lernen sowie den unterschiedlichen Lernmethoden siehe ua Wennker, Künstliche Intelligenz 10 ff; Wachenfeld/Winner in Maurer et al, Autonomes Fahren 465 ff; Gruber/I. Eisenberger in I. Eisenberger/Lachmayer/G. Eisenberger 51 (56 ff).

40 Zech, ZfPW 2019, 198 (201).

41 Zech, ZfPW 2019, 198 (203); Di Fabio et al, Bericht Ethik-Kommission 30.

42 Zech, ZfPW 2019, 198 (200); vgl auch Di Fabio et al, Bericht Ethik-Kommission 30.

43 Di Fabio et al, Bericht Ethik-Kommission 10 (Regel 2) u 30.

44 Di Fabio et al, Bericht Ethik-Kommission 30.

45 Als „sicherheitskritisch“ ist ein System immer dann zu qualifizieren, wenn ein Fehler unmittelbar zu einer Gefährdung von Personen oder der Umwelt führen würde; siehe Wachenfeld/Winner in Maurer et al 465 (473 f).

46 Di Fabio et al, Bericht Ethik-Kommission 30; Kappel et al in Wittpahl 176 (180); Wigger, Automatisiertes Fahren 56; Steege, SVR 2021, 1 (4).

47 Zech, ZfPW 2019, 198 (203); ebenso Bruckmüller/Schumann in I. Eisenberger/Lachmayer/G. Eisenberger 123 (124 [FN 7]); Gless/Wohlers, ZStrR 2019, 366 (375 f).

weiterlernen.⁴⁸ Hierzu werden die **Systeme** in einem gewissen Trainingszustand **eingefroren**, der sich beliebig reproduzieren und in sämtliche Fahrzeuge einer Serie einsetzen lässt.⁴⁹ Erforderliche Änderungen oder Adaptionen des Systems können sodann in einem eigenen Entwicklungsprozess erprobt und nach erteilter behördlicher Genehmigung – zB mittels drahtloser Updates bzw Upgrades über die C2X-Vernetzung⁵⁰ – eingespielt werden.⁵¹

B. Technische Grundlagen

Wie der menschliche Fahrzeuglenker benötigt auch das autonome Fahrzeug umfangreiche Informationen zum Eigenzustand des Fahrzeugs sowie zur Fahrumgebung, um die Fahraufgaben wahrnehmen zu können.⁵² Grundlegende Voraussetzung für die Realisierbarkeit selbstfahrender Automobile sind daher hochentwickelte technische Systeme, die sämtliche steuerungsrelevanten Verkehrsinformationen erfassen und verarbeiten können.⁵³

1. Informationsbeschaffung

Damit sich ein autonomes Fahrzeug sicher durch den Verkehr bewegen kann, muss es die Fahrumgebung erfassen, sie interpretieren und aus den gewonnen Informationen Schlussfolgerungen ableiten können, um entsprechende Steuerungsbefehle zur Ausführung an die Aktorik senden zu können.⁵⁴ Hierfür ist die Integration einer Vielzahl an Sensoren erforderlich, die quasi als Sinnesorgane des Fahrzeugs fungieren, indem sie physikalische bzw chemische Größen in elektrische (= digitale) Signale umwandeln, sodass die wahrgenommenen Informationen anschließend computerunterstützt weiterverarbeitet werden können.⁵⁵

Zur sensorischen Erfassung der Fahrumgebung sowie zur Überwachung des Fahrzeuginnenraumes werden **digitale Kamerasysteme** (Mono- oder Stereokameras) eingesetzt. Kamerasysteme können Informationen zur Art des erfassten Objekts (zB Konturen) wahrnehmen, weshalb sie sich im Besonderen zur Erkennung von Verkehrszeichen, Ampeln, Verkehrsteilnehmern oder Fahrbahnmarkierungen eignen.⁵⁶

48 Steege, SVR 2021, 1 (4); Gless/Wohlers, ZStrR 2019, 366 (375f); Kappel et al in Wittpahl 176 (180); Wachenfeld/Winner in Maurer et al 465 (484).

49 Zech, ZfPW 2019, 198 (203); Gless/Wohlers, ZStrR 2019, 366 (388).

50 Zur C2X-Vernetzung siehe unter B. 3. in diesem Kap.

51 Zech, ZfPW 2019, 198 (203); Wachenfeld/Winner in Maurer et al 465 (478).

52 Vgl dazu Hartwig, Autonomes Fahren 15 ff; Wetzke, Autonomes Fahren – Datenmengen werden zur Herausforderung, www.computerweekly.com/de/meinung/Autonomes-Fahren-Datenmengen-werden-zur-Herausforderung (zuletzt abgefragt am 10. 5. 2023).

53 Di Fabio et al, Bericht Ethik-Kommission 23; vgl dazu auch Lüdemann, ZD 2015, 247 (247 ff).

54 Kleinschmidt/Wagner in Oppermann/Stender-Vorwachs Kap 1.1 Rz 25.

55 Kunnert in I. Eisenberger/Lachmayer/G. Eisenberger 169 (175f); Kleinschmidt/Wagner in Oppermann/Stender-Vorwachs Kap 1.1 Rz 29; Cacilo et al, Hochautomatisiertes Fahren 48 mwN.

56 Kleinschmidt/Wagner in Oppermann/Stender-Vorwachs Kap 1.1 Rz 26; Beiker in Maurer et al 287 (290); Cacilo et al, Hochautomatisiertes Fahren 56.