

Funktionale Sicherheit KI-basierter Systeme im Automobilsektor

Dagmar Gesmann-Nuissl* und Ines Tacke†

Zusammenfassung: Je umfassender Künstliche Intelligenz (KI) in sicherheitskritische Abläufe und Entscheidungsprozesse eingebunden wird, desto häufiger wird sich die Frage stellen, ob und inwieweit die (funktionale) Sicherheit dieser KI-basierten Systeme gewährleistet werden kann – eine Frage, die insbesondere für das Inverkehrbringen dieser Systeme in den Europäischen Binnenmarkt relevant wird. Nur KI-basierte Systeme (Anwendungen und/oder Funktionen), denen eine funktionale Sicherheit im Rahmen der Konformitätsbewertung attestiert werden kann, sind zertifizierungs- und zulassungsfähig. Trotz aller Bemühungen auf EU-Ebene bleibt der Nachweis der funktionalen Sicherheit der KI-basierten Systeme derzeit nur eingeschränkt möglich, da die zugrundeliegenden Produktvorschriften die KI-basierten Systeme entweder gar nicht kennen oder dort die Anforderungen an deren funktionale Sicherheit nicht oder nur unvollständig geregelt sind. Dass dies auch für den Automobil-Sektor gilt, ist hinlänglich bekannt und bedarf daher Überlegungen, wie dieses Defizit überwunden werden kann. Hier wird nach der Darstellung der regulativen Zusammenhänge die These vertreten, dass die Leitlinien aus dem Flugverkehrssektor zur Zulassung von KI-Systemen auch für den Automobil-Sektor nutzbar gemacht werden könnten, um dem erklärten Ziel einer zeitnahen Regelzulassung sicherheitskritischer KI-Anwendungen auch im Automobil-Sektor näher zu kommen.

Schlüsselwörter: Künstliche Intelligenz, funktionale Sicherheit, Sicherheitsnachweisführung, Fahrzeugzulassung, Standardisierung.

1 Einleitung

„Vision Zero“ – die Vermeidung aller Verkehrstoten – ist erklärtes Ziel des aktuellen Verkehrssicherheitsprogrammes der Bundesregierung. [1] Zur Erreichung dieses Ziels soll künstliche Intelligenz (folgend KI) eine Schlüsselrolle einnehmen. Dies gilt sowohl für die Mobilität der Gegenwart als auch der Zukunft. So kann beispielsweise eine KI-basierte Bildverarbeitung in Echtzeit zur Objekterkennung ein Spurhalteassistenzsystem (SAE-Stufe 1) ebenso unterstützen, wie das fahrerlose autonome Fahren der SAE-Stufe 5. [2] Um auf allen Automatisierungsstufen das Ziel der „Vision Zero“ nicht zu verfehlen, spielt die funktionale Sicherheit der KI-basierten Systeme eine entscheidende Rolle, da sie darauf abzielt, die Allgemeinheit vor Fehlfunktionen dieser Systeme zu schützen, die auf dem Weg

* Dagmar Gesmann-Nuissl leitet an der TU Chemnitz die Professur für Privatrecht und Recht des geistigen Eigentums und begleitet das Forschungsprojekt „KI-bezogene Test- und Zulassungsmethoden – Anwenderkompass für den intelligenten Schienenverkehr“ auf normativer Ebene, TU Chemnitz, Thüringer Weg 7, 09126 Chemnitz (dagmar.gesmann@wirtschaft.tu-chemnitz.de).

† Ines Tacke ist wissenschaftliche Mitarbeiterin an ebendieser Professur, (ines-maria.tacke@wirtschaft.tu-chemnitz.de).

bis zur Lösungsfindung entstehen können. Insofern manifestiert sich in ihrer Ausgestaltung auch der Bereich, den die Gesellschaft im Hinblick auf bestimmte Entwicklungsstufen von Produkten zu akzeptieren bereit ist. Dies gilt nicht nur für das Fahrzeug insgesamt, sondern auch für alle darin verbauten KI-basierten bzw. KI-gestützten lernenden Systeme, die künftig auch ohne den Fahrer auskommen. Werden solche KI-basierten Systeme in Fahrzeuge integriert, muss auch weiterhin die gewohnte funktionale Sicherheit gewährleistet sein. Dabei gilt: Je autonomer zukünftig KI-Algorithmen Fahrfunktionen oder sicherheitskritische Entscheidungsprozesse im Rahmen der Fahrzeugführung (mit-)tragen, desto klarer müssen die neuen Anforderungen an die funktionale Sicherheit im Hinblick auf diese KI-Subfunktionen definiert sein; eine Fehlerkorrektur seitens des Menschen ist jedenfalls ex tunc beim autonomen Fahren nicht mehr vorgesehen.

Mit der Festlegung der funktionalen Sicherheit von KI-basierten Systemen tut sich die derzeitige Rechts- und Normungspraxis angesichts der zahlreichen auch nicht-technischen Berührungspunkte der KI (z.B. ethische Aspekte) sowie der Tatsache, dass sich existierende und etablierte Absicherungsprozesse sowie die Nachvollziehbarkeit von Funktionsabläufen nicht ohne weiteres auf maschinelle Lernverfahren übertragen lassen, recht schwer, wie nachfolgend im Regelungsrahmen des Automobil-Sektors aufgezeigt wird, bevor mögliche Lösungsansätze aus dem Flugverkehrssektor vorgestellt werden und deren Übertragbarkeit überprüft wird.

2 Regelungsrahmen der funktionalen Sicherheit – ein Überblick

Deutschland nimmt mit seinem hochentwickelten Rechtsrahmen zur Zulassung innovativer Fahrtechnologien international eine Vorreiterrolle ein. [3] Bereits im Juni 2017 wurden die Regelungen zu Kraftfahrzeugen mit hoch- oder vollautomatisierten Fahrfunktionen eingeführt (§§ 1a-1c StVG). Im Juli 2021 traten zudem die Regelungen für Kraftfahrzeuge mit autonomen Fahrfunktionen in festgelegten Betriebsbereichen hinzu (§§ 1d-1l StVG). Insofern wurde der straßenverkehrsrechtliche Rahmen für den Regelbetrieb von Fahrzeugen der SAE-Stufen 3 – 4 geschaffen, deren Fahrfunktionen zunehmend durch Techniken aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz unterstützt werden (z.B. maschinelles Sehen; Klassifizierung von Objekten etc.).

2.1 State of the Art

Damit derart optimierte Fahrzeuge in den Regelbetrieb gelangen oder in festgelegten Betriebsbereichen eingesetzt werden können, müssen diese Fahrzeuge einschließlich ihrer KI-basierten integrierten Systeme zugelassen sein, wobei sie – abhängig vom Automatisierungsgrad der Fahrfunktionen – unterschiedlichen sicherheitstechnischen Anforderungen unterliegen, die bislang aber nur zum Teil die Belange der KI hinreichend berücksichtigen.

2.1.1 Hoch- und vollautomatisierte Fahrfunktionen/-systeme

Die Zulassung von Fahrzeugen mit hoch- oder vollautomatisierten Fahrfunktionen erfordert eine konventionelle Verkehrszulassung (§ 1 Abs. 1 StVG) ergänzt um die Zulassung der hoch- oder vollautomatisierten Fahrfunktionen (§ 1a Abs. 3 StVG). Bezüglich der sicherheitstechnischen Anforderungen wird dabei zuvörderst auf die 159 internationalen Rege-

lungen der ‚United Nations Economic Commission for Europe‘ (folgend UNECE) verwiesen (§ 1a Abs. 3 Nr. 1 StVG). [4] Sie beschreiben die technischen Anforderungen an die Fahrzeugkomponenten orientiert an Fahrfunktionen, wie z.B. Bremsen (UNECE Nr. 79) oder die automatisierten Systeme, wie z.B. das automatische Spurhalteassistenzsystem (UNECE Nr. 157). Dabei kennt die neue Generation der UNECE-Regelungen auch die Unterstützung durch KI, indem z.B. beim Einsatz von ‚Lern-Algorithmen‘ eine Datenaufzeichnung zwingend vorgeschrieben wird (vgl. 3.2. Annex 4 UNECE Nr. 157). Allerdings treffen die eher begleitenden Aussagen zur KI keine spezifischen Aussagen zur Sicherstellung ihrer funktionalen Sicherheit (z.B. Vermeidung von Fehlinterpretationen) oder lösen auch nicht das allgemein bekannte Black-Box-Problem; die UNECE-Regelungen bleiben vielmehr technologieneutral.

Alleiniger Maßstab für die Funktionssicherheit bleiben daher die industrieseitigen technischen Standards (für Fahrerassistenzsysteme etwa vorgeschrieben in 7. Anhang 4 UNECE-Nr. 157); zu funktionaler Sicherheit die ISO 26262 ‚Funktionale Sicherheit — Straßenfahrzeuge‘ sowie weitere wichtige Spezifizierungen enthaltend die ISO/PAS 21448 ‚Straßenfahrzeuge — Sicherheit der beabsichtigten Funktion‘.

Traditionell wird die ISO 26262 zur Analyse möglicher Gefährdungen durch fehlerhaftes Verhalten konventioneller, sicherheitsrelevanter Systeme – wie etwa Ausfälle – angewendet. [5] Der Standard gilt als Grundlage für E/E-Systeme (elektrische und elektronische Systeme) in Fahrzeugen. Er spezifiziert die Gefahrenanalyse und Risikoabschätzung für die Bestimmung des Gefahrenlevels des Fahrzeugs und seiner Systeme (Hard- und Software). Durch die Analyse des Kontexts der beabsichtigten Anwendungsfälle können nicht nur Gefährdungen, sondern effektive und wirksame Gegenmaßnahmen identifiziert werden. [6]

Mit fortschreitender Automatisierung gerieten jedoch auch über die Fehlfunktion von Komponenten hinausgehende Sicherheitsaspekte in den Fokus, weshalb im Jahr 2018 das Profil des Standards geschärft und Raum für ISO/PAS 21448 (folgend SOTIF) geschaffen wurde.

[7] Die ISO/PAS 21448 wurde im Jahr 2019 neben die ISO 26262 gestellt, um noch vorhandene Lücken bei der Analyse von Gefahren innovativer Technologien zu adressieren.

[8] [9] Mit ihrem use-case-basierten Ansatz ermöglicht sie seitdem auch die Identifikation von Unzulänglichkeiten der Systeme (Grenzen der bestimmungsgemäßen Funktionalität und Leistungsgrenzen) während des sicheren Betriebs. Mit ihr lassen sich Limitationen und Grenzen vor allem auch komplexer Algorithmen-basierter Systeme und Funktionen identifizieren, [10] etwa die mangelnde Fähigkeit eines Systems, einen weißen LKW vor wolkenbedecktem Himmel zu detektieren. [11] Insofern bilden die Funktionalitäten, bei denen ein angemessenes Situationsbewusstsein sicherheitskritisch ist und die von komplexen Sensoren und Verarbeitungsalgorithmen abgeleitet werden, den Anwendungsschwerpunkt der SOTIF. [12] [13] Allerdings bleibt sie bislang hauptsächlich auf automatisierte Fahrfunktionen der SAE-Stufe 2 ausgerichtet. [12] Für komplexere Systeme sind demnach zusätzliche Sicherungsmaßnahmen erforderlich, die noch nicht definiert sind. [10] [13]

Zusammenfassend lässt sich bezogen auf die Regelungen zur funktionalen Sicherheit von hoch- und vollautomatisierten Fahrsystemen daher feststellen, dass sie durch ihren technologieneutralen Ansatz zwar eine Überregulierung vermeiden und Innovationen großzügig zulassen. Allerdings sind insbesondere die älteren Regelungen und Standards vor dem Hin-

tergrund herkömmlicher, unzweifelhaft deterministischer Software entwickelt worden. Daher adressieren sie nicht die besonderen, sich insbesondere aus dem datengetriebenen Lernprozess ergebenden, sicherheitstechnischen Herausforderungen von KI. [14] [15] Insofern werden zurecht Bedenken geäußert, auch, weil die sicherheitstechnische Regulierung und die damit erst möglich werdende regelbasierte Sicherheitsprüfung von Produkten ein entscheidendes Merkmal zum Aufbau von Vertrauen und der Marke ‚Made in Germany‘ darstellen. Bleibt es dagegen bei einem regelungsfreien Raum wird dies den Aufbau von Vertrauen in die Technologie der KI als wichtigen Baustein für die erfolgreiche Marktdurchsetzung KI-basierter Systeme verhindern. Ferner können klar zu erfüllende Vorgaben die Entwicklungskosten bei den System-Herstellern senken, da sie dann eben nicht – wie derzeit – „ins Blaue hinein“ agieren, wenn sie die funktionale Sicherheit nachweisen müssen. Aus den genannten Gründen besteht daher weiterhin Regelungsbedarf zur funktionalen Sicherheit von KI-Applikationen in automatisierten Fahrsystemen sowie zum Nachweis derselben.

2.1.2 Autonome Fahrfunktionen/-systeme

Die Voraussetzungen für die Zulässigkeit des Betriebs eines Fahrzeugs mit autonomer Fahrfunktion sind in § 1e Abs. 1 StVG angelegt. Sie müssen neben der Regelzulassung (§ 1 Abs. 1 StVG) weitere Voraussetzungen erfüllen, insbesondere den technischen Voraussetzungen des § 1e Abs. 2 Nr. 1-10 StVG entsprechen. [16] Dabei lassen sich die erforderlichen technischen Voraussetzungen in Kategorien einteilen, die ihrerseits den in den internationalen Beschlüssen festgehaltenen technischen Sicherheitsanforderungen an autonome Fahrsysteme entsprechen müssen [17] [18]. Zur Erlangung der Betriebserlaubnis muss der Hersteller das Vorhandensein dieser (bislang eher rudimentär ausgestalteten) Sicherheitsanforderungen verbindlich erklären (§ 1f Abs. 3 Nr. 4 StVG). Der herstellerseitigen Erklärung kommt daher ein besonderes Gewicht zu, was auch in der nunmehr gesetzlich normierten Verpflichtung des Fahrzeugherstellers zur Risikobeurteilung zum Ausdruck kommt (§ 1f Abs. 3 Nr. 1-3 StVG). Allerdings fehlt es an der Präzisierung der Anforderungen, die einer solchen Erklärung zugrunde liegen sollen. [16]

Zwar enthält § 1j StVG neuerdings eine Ermächtigung zum Erlass einer die Regelungen ausgestaltenden Verordnung. Diese liegt bislang aber nur als Entwurf des BMDV vor (Autonome-Fahrzeuge-Genehmigungs-und-Betriebs-Verordnungsentwurf – AFGBV-E), wobei bereits sichtbar wird, dass das altbewährten Regelungsregime weitergeführt werden soll (Anhang 1 Teil 1 Nr. 7 AFGBV-E bzw. Anlage 4 AFGBV-E). [19] Insofern wird auch weiter ein herstellerseitiges Sicherheitskonzept betreffend der funktionalen Sicherheit der Systeme erforderlich sein, welches das Kraftfahrt-Bundesamt anschließend überprüfen muss (Anlage 4 Nr. 3 AFGBV-E). Als Maßstab gelten – sofern einschlägig – weiterhin die UNECE-Regelungen sowie, auch für die KI-basierten Systeme, die ISO 26262 sowie die ISO/PAS 21448 (Anlage 1 Teil 1 Nr. 7.2 AFGBV-E). Die hohe Bedeutung der industrieseitigen Standards für das Sicherheitskonzept der Hersteller bleibt demnach auch bei autonomen Fahrfunktionen bestehen, mit all den zuvor genannten Defiziten. Ein Paradigmenwechsel, hin zu mehr Verbindlichkeit in diesen hoch sensiblen, den Menschen ersetzenden Bereichen, zeichnet sich gerade nicht ab. Im Gegenteil soll die Bedeutung der vorhandenen Normen bis zur Etablierung von rechtlich verbindlichen Maßstäben noch zunehmen. [20]

2.2 Aktuelle Aktivitäten der Regelsetzer im Automobil-Sektor

Zu den Anforderungen an KI-basierten Systeme, gibt es derzeit auf allen Regelungsebenen Aktivitäten, die auch den Automobil-Sektor anbetreffen. Zumeist verfolgen sie aber noch nicht das Ziel, die sicherheitstechnischen Anforderungen an derartige Systeme zu präzisieren oder die Nachweisführung (Erklärbarkeit der KI) näher auszugestalten, wie nachfolgend auszugsweise aufgezeigt wird.

2.2.1 Nationale Ebene

Vom nationalen Gesetzgeber wird derzeit einiges unternommen, um die Zulassung von Kraftfahrzeugen mit autonomer Fahrfunktion in festgelegten Betriebsbereichen zeitnah zu ermöglichen (vgl. §§ 1d - 1l StVG sowie AFGBV-E [19]). Allerdings lassen sich in den Regelungen der Durchführungsverordnung, die bislang nur im Entwurf¹ vorliegen, keine technischen Anforderungen an die KI-basierte Systeme oder Vorschläge zur Nachweisführung finden. Beschrieben werden die Anforderungen, die ein autonomes Fahrsystem fahr-funktionsbezogen im Regelbetrieb erfüllen können muss; das „technische make-up“ eines solchen Systems wird dort gerade nicht adressiert. Die Regelungen bleiben auch künftig technologieneutral und verlangen danach, durch Normen umgesetzt zu werden.

2.2.2. Europäische Ebene

Auf europäischer Ebene verbinden sich hohe Erwartungen an die KI-Verordnung⁴ der Europäischen Kommission, die derzeit im Entwurf vorliegt. [21] [22] Nach ihr werden KI-Systeme anhand ihrer Sicherheitsimplikationen (Kritikalität) in vier Risiko-Kategorien eingeteilt; KI-Systeme mit minimalem Risiko (Art. 69 KI-VO-E), geringem Risiko (Art. 52 KI-VO-E), hohem Risiko (Art. 6 ff. KI-VO-E) und unannehmbarem Risiko (Art. 5 KI-VO-E). Die im Straßenverkehr verwendeten KI-Systeme werden der Gruppe der ‚hochrisiko-KI-Systeme‘ zugeordnet, für welche der Gesetzgeber zunächst grundlegende Anforderungen definiert (Annex 3 Nr. 2 lit. a i.V.m. Art. 6 KI-VO-E). Da aber die KI-VO dem ‚New Legislative Framework‘ (NLF) folgt, ist bereits jetzt impliziert, dass die spezifischen sicherheitstechnischen Anforderungen an KI-basierte Systeme des Automobil-Sektors, also die Anforderungen an dessen funktionaler Sicherheit, auch weiterhin den harmonisierten Normen und Standards vorbehalten bleiben. [23] Es steht nicht zu erwarten, dass sie die Anforderungen an die (produktspezifische) funktionale Sicherheit oder an die (produktspezifische) Nachweisführung in der KI-VO selbst definieren wird.

2.2.3. Internationale Ebene (UNECE)

Auf internationaler Ebene spielt – wie bereits erwähnt - die UNECE eine besondere Rolle. In ihr werden arbeitsteilig, in thematisch organisierten Expertengruppen neue Regelungen auch für den Automobil-Sektor erarbeitet. Die Harmonisierung fahrzeugbezogener Regelungen verantwortet dabei das ‚World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations‘ (Wp.29), innerhalb dessen die ‚Working Party on Automated/Autonomous and Connected Vehicles‘ (GRVA) mit Fragestellungen rund um automatisierte Fahrsysteme befasst ist. Sie

¹ Redaktionsschluss 31.03.2022.

bearbeitet in speziellen Unterarbeitsgruppen etwa Fragen zu Cyber-Security und Software-Updates (CS/OTA) oder zur Datenspeicherung (DSSAD/DER).

Für die Ausarbeitung der funktionalen Anforderungen an automatisierte und autonome Fahrsysteme (FRAV) sowie der Validierung von Fahrsystemen (VMAD) existieren spezielle Arbeitsgruppen, auf deren Arbeit hier wegen der systemimmanenten Schnittmenge zu KI-basierten Systemen näher eingegangen werden soll.

Durch die FRAV wurde zuletzt ein Vorschlag für eine Leitlinie für Sicherheitsanforderungen für automatisierte Fahrsysteme (Sicherheitsanforderungs-Leitlinie) in die GRVA eingebracht, [24] in der Begrifflichkeiten für automatisierte Fahrsysteme definiert werden sollen, die für die Festlegung von Sicherheitsanforderungen an Fahrzeugsysteme von zentraler Bedeutung sein können; etwa Dynamic Driving Task. Daneben wurden Leitlinien für die Beschreibung von automatisierten Fahrsystemen formuliert, etwa zu den Mindestanforderungen an die Beschreibung der Operational Design Domain. Wichtiger Bestandteil des dynamischen Dokumentes sind darüber hinaus die Safety-Empfehlungen für automatisierte Fahrsysteme, welche zunächst verschiedene Sicherheitszustände beschreibt, die in einem nächsten Schritt in Zusammenarbeit mit der VMAD zu messbaren, verifizierbaren, nachweisbaren Anforderungen weiterentwickelt werden sollen. [25] Diesem Ansinnen folgend werden parallel seitens der VMAD dynamisch Leitlinien für Nachweis- und Testmethoden für automatisierte Fahrsysteme (NATM-Leitlinie) entwickelt. [26] Beide Leitlinien folgen einem technologieneutralen Ansatz [27] und sollen nach ihrer Fertigstellung Entwicklern und Vertragsparteien der UNECE als Orientierung zu empfohlenen Verfahren zur Sicherheitsvalidierung automatisierter Fahrsysteme dienen. [27]

Allerdings wird aktuell von der GRVA erörtert, ob neben dem technologieneutralen Ansatz ein Bedürfnis für eine KI-spezifischen Betrachtung und Ausformulierung existiert. [28] [29] Das Mandat zu weiterführenden Überlegungen wurde der GRVA durch die WP.29 erteilt. [30] [31] In einem ersten Schritt sollen daher die für die Automobilbranche relevante Begrifflichkeiten rund um KI gesammelt und geschärft werden, um in einem weiteren Schritt die drängendsten Fragen zu den KI-basierten System – u.a. Erklärbarkeit und Verifizierbarkeit, insbesondere auch im Rahmen von Sicherheitsaudits – zu beantworten. [29] Inwieweit dabei die Arbeit der zuvor genannten Untergruppen (FRAV sowie VMAD) einfließen kann, bleibt abzuwarten.

2.2.4. Standardisierung

Sowohl nationale als auch internationale Normungsorganisationen arbeiten derzeit an Standards, welche die funktionale Sicherheit von KI-basierten Systemen sowie die Nachweisführung im Allgemeinen, aber auch mit einem Fokus auf die Mobilität und den Straßenverkehr näher ausgestalten sollen (vgl. Deutsche Normungsroadmap Künstliche Intelligenz) [32]. Von Seiten der Industrie wurde bereits im Jahr 2019 eine umfassende Aufstellung über den Stand der Technik zum Thema Fahrzeugsicherheit für Stufe 3- und Stufe 4-Systeme veröffentlicht. [15] Außerdem liegt bereits seit dem Jahr 2020 der ‚Technical Report‘ ISO/TR 4804 ‚Road vehicles — Safety and cybersecurity for automated driving systems — Design, verification and validation‘ vor, der die sichere Entwicklung von Fahrsystemen der SAE-Stufen 3 und 4 adressiert [33] und zu einer ISO-Norm weiterentwickelt werden soll.

Neben diesen fahrzeugspezifischen Ansätzen sind auch Standards in der Entwicklung, welche sich mit KI-Funktionen/Systemen im Fahrzeugumfeld beschäftigen. [34] [35] Dazu gehören u.a. ISO/AWIPAS 8800 ‚Road Vehicles – Safety and Artificial Intelligence‘, welche die Definition geeigneter Sicherheitsprinzipien, Methoden und Nachweise zur Erfüllung der Ziele von ISO 26262 und SOTIF festzulegen beabsichtigt, sowie ISO/IEC AWI 5469 ‚Artificial intelligence — Functional safety and AI systems‘ [36] [37]. Ebenso wird im Rahmen der ISO/IEC FDIS 22989 ‚Information technology — Artificial intelligence — Artificial intelligence concepts and terminology‘ an einer Taxonomie für KI gearbeitet. [38]

3 Blick über die Sektor-Grenze: Flugverkehr

Wie soeben aufgezeigt wurde, finden sich im Automobil-Sektor bisher noch keine verbindlichen Vorgaben oder Leitlinien zur funktionalen Sicherheit KI-basierter Fahrzeugsysteme oder zur KI-bezogenen Nachweisführung. Dies stellt die Hersteller solcher Systeme derzeit noch vor besondere Herausforderungen, da ihnen Orientierungen weitgehend fehlen. Da dies außerdem für andere Mobilitäts-Sektoren – etwa den Bahn-Sektor [39] – gleichermaßen gilt, kann sich ein Blick über die Sektoren-Grenze hinaus lohnen, um zu schauen, ob es dort Entwicklungen gibt, auf die rekrutiert werden kann. Dies soll nachfolgend zum Flugverkehrs-Sektor geschehen, da sich dieser als Vergleich-Sektor anbietet. Zum einen geht es auch dort um die Beförderung von Passagieren, Post (künftig auch mit Drohnen) und Cargo und zum anderen sind die Sicherheitsanforderungen an den Flugverkehr wegen der besonderen Gefährdungslagen (Geschwindigkeit, Wetterbedingungen, Sichtverhältnisse, künftig auch in Interaktion im urbanen Luftraum etc.) hoch. Schließlich wurde die automatisierte Unterstützung des menschlichen Piloten beim Führen des Flugzeugs schon frühzeitig eingeführt, sie ist dort bereits seit Jahren Stand der Technik; für die Zukunft sind ferner auch unbemannte Luftverkehrsfahrzeuge (z.B. Lufttaxis/eVTOL) geplant.

Insofern soll nachfolgend zunächst der sicherheitstechnische Zulassungsrahmen für Luftverkehrsfahrzeuge kurz dargestellt werden, bevor auf die sektorspezifischen Besonderheiten der verbauten autonomen und KI-basierten Systeme näher eingegangen wird.

3.1 Regelungsrahmen zur funktionalen Sicherheit

Für die Musterzulassung von bemannten und unbemannten Luftfahrzeugen für den Luftverkehr ist nach der Luftfahrt-Grundverordnung (Luft-GVO; VO EU 2018/1139), bis auf wenige Ausnahmen, [40] die EASA zuständig (Art. 77), die die Lufttüchtigkeit und die funktionale Sicherheit der Flugzeuge sowie der darin verbauten Systeme auf der Basis europäischer Vorschriften bewertet. Die Luft-GVO stellt abstrakte Anforderungen an die Sicherheit von Flugzeugen und Systemen und begründet in Verbindung mit der VO zu Lufttüchtigkeitszeugnisse (VO EU 748/2012) eine generelle Nachweisverpflichtung.

Die technischen Anforderungen an bestimmte Flugzeugtypen sind recht kleinteilig in den für den jeweiligen Flugzeugtyp geschaffenen Zertifizierungsgrundlagen, den sog. Zertifizierungsspezifikationen (Certification Specification – CS) geregelt, die von der EASA erlassen werden. Die CS enthalten aus Sicht der EASA die notwendigen Anforderungen für die sichere Konstruktion und Funktion des entsprechenden Luftfahrzeugs und haben verbindliche Wirkung (Art. 116 Luft-GVO). Auf Basis der festgelegten CS erlässt die EASA in einem zweiten Schritt „annehbare Nachweisverfahren“ (sog. Acceptable Means of

Compliance – AMC), mit denen die CS vor allem in technischer Hinsicht konkretisiert wird. [41]Im Unterschied zu den CS haben die AMC nur eine unverbindliche Wirkung, wenngleich ein Antragsteller, der die Vorgaben des AMC erfüllt, keinen weiteren Nachweis im Hinblick auf die Lufttüchtigkeit seines Fahrzeugs erbringen muss. Da ein Abweichen von den Empfehlungen der EASA ohnehin einen erheblichen Begründungsaufwand nötig macht, findet das Abweichen in der Praxis auch nur ausnahmsweise statt.

Die CS, als umfassende Bauvorschriften, bilden die funktionale Sicherheit ab. Sie sind nach Typen festgelegt: ‚CS 25 large airplanes‘ spezifiziert die Zulassung von turbinengetriebenen Großflugzeugen und deren verbauten Systeme, wie CS 25.735 – Bremsen und Bremsanlagen oder CS 25.733 – Fahrwerkberiefung. Daneben formuliert die CS 25.1309 ‚Equipment, systems and installations‘ systemübergreifend die quantitativen Anforderungen an die Sicherheitsstandards der Systeme. Dabei werden an die, für die Durchführung des Fluges notwendigen Systeme – in Abgrenzung zu nicht notwendigen Systemen wie Infotainmentsysteme – strenge quantitative Funktionstüchtigkeitsanforderungen geknüpft. Hierfür werden fehlerabhängig quantitative Grenzen nach der Schwere des zu erwartenden Schadens festgeschrieben (ähnlich wie dies auch beim Zugverkehr in der CSM-RA angelegt ist).

Die AMC formulieren Vorgaben von Methoden, die es den Herstellern ermöglichen, den Nachweis betreffend der Einhaltung der Anforderungen der CS zu erbringen. Für verbaute Systeme bietet z.B. die AMC 25.1309 ‚System Design and Analysis‘ unter anderem grobe Vorgaben und Richtlinien für das richtige Safety Assessment.

Neben diesen Regelungsrahmen treten zur weiteren technischen Konkretisierung industrieseitige Standards, die die sichere Entwicklung von Flugzeugen und Flugzeugsystemen begleiten und in der Regel von EASA zur Konkretisierung technischer Spezifikationen oder Nachweismethoden anerkannt werden, wie etwa die Standards zur System Development Assurance von komplexen Systemen zur Vermeidung von Entwicklungsfehlern (ARP 4754 A oder ED-79A ‚Guidelines for Development of Civil Aircraft and Systems‘ (2010)). Ein ähnliches Ziel verfolgt der ED-12C oder der DO-178C ‚Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification‘ (2011). Für datengetriebene Prozesse kann der ED-76A oder der DO-200B zusätzlich einschlägig sein, ein ‚Standard for Processing Aeronautical Data‘, welcher unter anderem Anforderungen an Datenqualität festlegt sowie Vorgaben bezüglich der Methoden zur Datenverarbeitung enthält.

CS, AMC sowie industrieseitige Standards sind in ihrem Zusammenwirken durchaus vergleichbar zu den Regelungen, welche die Automobilbranche dominieren. Sie sind technologieoffen und noch vor dem Hintergrund konventioneller Software entwickelt, weshalb KI-spezifische Aspekte bislang nicht vorkommen. Insbesondere für die Sicherheitsnachweisführung beschäftigt sich der ED-12C / DO-178C mit traditioneller ‚Development Assurance‘ und deckt damit KI-spezifische Besonderheiten, welche sich unter anderem aus dem maschinellen Lernprozess ergeben, nicht ab. [42] Insgesamt lässt sich sagen, dass auch für den Bereich des Flugverkehrs Regelungen und Standards speziell zur Sicherung von KI-spezifischen Gefährdungen noch ausstehen. [14] [43]

3.2 Aktuelle Aktivitäten der Regelssetzer im Flugverkehrs-Sektor

3.2.1 Lösungsansätze der EASA

Bereits im April 2021 hat die EASA ein ‚Concept Paper‘ publiziert, welches u. a. bisherige Regelungslücken durch sicherheitstechnische Besonderheiten von KI adressiert, einen Leitfaden für die Entwicklung aufzeigt und die Zulassung von KI (Stufe 1) nach eigener Aussage ermöglicht. [43] Um die Zulassung von KI speziell für den Einsatz in Flugsystemen zu ermöglichen, werden Besonderheiten im ‚Safety Assessment‘ adressiert, u.a. finden sich darin Aussagen zu Unsicherheiten im Lernprozess und zu auftretenden Veränderungen durch den Wechsel zwischen Trainings- und Inferenzplattform. Darüber hinaus hat die EASA den für KI-Anwendungen so sicherheitskritischen ‚Learning Assurance‘-Prozess mithilfe von 38 ‚Objectives‘ und zugehörigen, erläuternden ‚Means of Compliance‘ in eine von offizieller Seite anerkannte Struktur gegossen und klarer strukturiert. Hierdurch wird die Rechts- und Planungssicherheit gerade im Entwicklungsprozess von KI-Systemen erheblich gesteigert.

Die Besonderheit dieser Leitlinie liegt vor allem aber auch in der stufenweisen Einteilung der KI-Anwendungen, einer weitergehenden Klassifizierung nach der Kritikalität von KI. Die Einteilung erfolgt je nach Leistungsvermögen in Abhängigkeit zum Menschen (human centric approach) in drei Stufen. [43] Künstliche Intelligenz auf Stufe 1 adressiert insbesondere Systeme, die dem Menschen bei der Ausführung seiner Tätigkeiten assistieren. So erkennt KI in einem ‚runway detection system‘ aus aufgenommenen Bildern das Vorhandensein und die Eckpunkte einer Landebahn und gibt diese Information an einen Piloten weiter. [43] Auf Stufe 2 kooperieren das KI-System und der Mensch in der Ausführung einer Funktion, etwa indem das ‚runway detection system‘, zusätzlich mit einem Autopiloten verbunden und durch den eingriffsbereiten Mensch überwacht, die Landung durchführt. [43] Auf Stufe 3 führt die Funktion autonom Tätigkeiten aus, während der Mensch vor allem durch die Überwachung des Entwicklungsprozesses sowie durch die vorgeschriebene Produktbeobachtung seiner Aufsichtspflicht nachkommt. Ein Beispiel für eine Applikation der Stufe 3 ist die Zukunftsvision eines vollautonomen Lufttaxis, welches Personen eigenständig ansteigen lässt und sie selbstständig zu ihrem Zielort befördert.

Bisher wurde durch die EASA vor allem die KI-Stufe 1 zusammen mit den Zulassungsvoraussetzungen in dem genannten ‚Concept paper‘ definiert und erörtert. Genauere Spezifikationen zu Stufe 2 und 3 werden mit weiteren Zulassungs-Leitlinien in den kommenden Jahren folgen.

3.2.2 Standardisierung

Parallel zu den Bestrebungen der EASA arbeiten die Normungsinstitute an Lösungen für die sicherheits- und nachweistechischen Probleme die sich aus den Besonderheiten der KI gegenüber konventioneller Software ergeben. Für den Flugverkehrssektor befinden sich zurzeit ein ‚Process Standard for Development and Certification of Aeronautical Safety-Related Products Implementing AI‘, ein Standard zu ‚Use Case Considerations‘ bezüglich ‚Artificial Intelligence in Aeronautical Systems‘ sowie eine Taxonomie zu ‚Artificial Intelligence in Aeronautical Systems‘ in Entwicklung. [44] Allesamt Standards, die die Spezifika von KI-basierten Systemen ansprechen.

4 Übertragbarkeit auf den Automobil-Sektor?

Die Entschlossenheit, die der Luftverkehrssektor an den Tag legt, ist beachtlich. Der KI-Bezug sowie die sektorspezifische Klassifizierung der funktionalen Sicherheit nach Kritikalität gefällt; ebenso die damit einhergehenden Veränderungen zu den Methoden der Nachweisführung in den AMC. Für den Automobil-Sektor existiert derzeit keine derartige Kategorisierung der KI-basierten Systeme nach Kritikalität. Automatisierungsfunktionen – mit und ohne KI – werden international grundsätzlich nach der Taxonomie SAE J3016 von SAE-Stufe 0 bis SAE-Stufe 5 (‘No Automation‘ bis ‘Full Automation‘) in sechs Stufen eingeteilt. Dabei kann ein Kraftfahrzeug mit einem Fahrerassistenzsystem ausgestattet sein, welches die Fähigkeit besitzt, mehrere Automatisierungsfunktionen auf verschiedenen Stufen zu realisieren. Die bisherige Taxonomie beschreibt nur, welche Leistungsanforderungen der Hersteller mit der Fahrfunktion verbindet, die er anschließend einer bestimmten SAE-Stufe informativ zuweist. Obendrein bezieht sich diese Taxonomie ohne Normcharakter lediglich auf eine begrenzte Anzahl von Fahrfunktionen, welche die Rolle des menschlichen Fahrzeugführers bei der Ausführung eines Teils oder der gesamten Fahraufgabe (DDT) ändern. [45] Fahrfunktionen, welche lediglich kurzzeitig und/oder notfallmäßig eingreifen, wie Notbrens- oder Spurhalteassistenten, fallen ausdrücklich nicht unter den Anwendungsbereich der Taxonomie, obschon solche Notfallfunktionen oftmals besonders sicherheitskritische KI-Komponenten enthalten können. Hier scheint bezüglich der Zuweisung der Fahrfunktionen eine kritische Überprüfung erforderlich.

Darüber hinaus sollten alle KI-Systeme, ähnlich dem Luftverkehrs-Sektor, anhand ihrer Kritikalität in Stufen eingeteilt werden. Hiervon könnte der Zulassungsprozess gerade im Hinblick auf den Nachweis der funktionalen Sicherheit KI-bezogener Systeme profitieren. Leitlinien könnten die Zuordnung erklären und kommentieren. Eine solche Stufeneinteilung könnte ein übersichtliches und erstes grobes Bild davon zeichnen, welche Art von KI-Anwendungen aktuell zu welchen Gefährdungen führen und diese entweder einem höheren oder niedrigeren Level zugeordnet werden. In den jeweiligen Kritikalitätsstufen würden die Sicherheitsmaßnahmen sowie Methoden zum Sicherheitsnachweis festgelegt. Je nach Zuordnung wären anschließend die Voraussetzungen an die funktionale Sicherheit und den Nachweis zu definieren; in einem hohen Kritikalitätslevel wäre beispielsweise der Black-Box-Effekt (mangelnde Nachvollziehbarkeit der systemimmanenten Prozesse) nicht hinnehmbar, während er sich in einem niedrigeren Kritikalitätslevel als nicht beachtenswert erweisen könnte. So könnten die Lücken in der Nachweisbarkeit der funktionalen Sicherheit von KI-Systemen stufenweise durch Leitlinien adressiert werden. Insoweit könnte die Automobil-Branche von einem Blick über die Sektorengrenze profitieren, zumal sich diese Vorgehensweise nahtlos in das derzeit vorgeschlagene europäische Regelungssystem zur KI (siehe oben 2.2.2) integrieren ließe und dieses Regelungsregime für den Automobil-Sektor sinnvoll ergänzen würde. Die bisherige Vorgehensweise, die Systeme gleicher Endfunktion ohne Ansehen der verwendeten Technik und unabhängig von einer KI-Kritikalitätskaskade zu betrachten, ist auf Dauer und in Ansehung der europäischen Gesetzgebungsvorhaben nicht ausreichend. Für den Flugverkehr ist – wie erläutert – eine solche Einteilung

von KI-Systemen sowohl von öffentlicher Seite durch die EASA als auch durch industrie-seitige Standardisierungsorganisationen (vgl. ‚AIR6987 / ER-xxx Artificial Intelligence in Aeronautical Systems: Taxonomy‘) vorgesehen.

Mithilfe der Stufeneinteilung über die Kritikalität wird die Einführung von KI in den Realverkehr durch die Sicherheitsbehörde unter Beratung industrieseitiger Stakeholder engmaschig begleitet und so auch rechtlich mit abgesichert.

5 Fazit

Obwohl durch diverse Stakeholder in den letzten Jahren die Lücken bezüglich einer Regelung zur funktionalen Sicherheit von KI-Systemen und der Nachweisführung mit der Absicht thematisiert wurden, die Sicherheit für Mobilitätanwendungen zu stärken, [15] beginnt für den Straßenverkehr gerade erst die rechtswissenschaftliche Debatte. Zwar hat die Thematik mit der Novelle des StVG vom Juni 2021 im wahrsten Sinne des Wortes „Fahrt“ aufgenommen, [17] [46] [47] dennoch bleiben die Aspekte der funktionalen Sicherheit von KI-basierten Systemen eher defizitär. Aus diesem Grund lohnt sich ein komparativer Blick über die Grenze der Sektoren hinaus, in den Flugverkehrs-Sektor. Im Unterschied zum Automobil-Sektor liefert der Flugverkehrs-Sektor zur Zulassung von KI-basierten Systemen der Stufe 1 – niedrigster Kritikalitätslevel – bereits über einsatzbereite, durch die Zulassungsbehörde veröffentlichte Leitlinien zur Sicherheitsnachweisführung. Von der Regelungssystematik und der damit einhergehenden Praxiserfahrung könnte auch der Automobil-Sektor profitieren. Die Leitlinien der EASA könnten, wenn nicht als Blaupause, zumindest als Anregung für Regelungen im Automobil-Bereich herangezogen werden, um eine zeitnahe Zulassung KI-basierter Systeme nach geregelten Standardverfahren unter Berücksichtigung ihrer Kritikalität zu ermöglichen.

Literaturverzeichnis

- [1] BMVI, Verkehrssicherheitsprogramm 2021 bis 2030, abrufbar unter: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/StV/Verkehrssicherheit/verkehrssicherheitsprogramm-2021-bis-2030.html> (05.10.2021).
- [2] Bansal/Krizhevsky/Ogale, ChauffeurNet: Learning to Drive by Imitation the Best and Synthesizing the Worst, Waymo Research, abrufbar unter: <https://arxiv.org/pdf/1812.03079.pdf> (01.10.2021).
- [3] BMVI, Offizieller Internetauftritt des BMVI, abrufbar unter: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/automatisiertes-und-vernetztes-fahren.html> (19.01.2021).
- [4] BT, Drs. 18/11300, Gesetzentwurf der Bundesregierung eines Gesetzes zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes vom 20.02.2017.

14. Workshop Fahrerassistenz und automatisiertes Fahren

- [5] ISO, ISO 26262:2018 Road vehicles - Functional safety, abrufbar unter: <https://www.iso.org/standard/68383.html> (01.10.2021).
- [6] Ross, Funktionale Sicherheit im Automobil, 2. Auflage, Hanser.
- [7] Hosse/Krumbach, SOTIF -Bedeutung der Sollfunktion in der Serienentwicklung, ACIMobility Summit Braunschweig, September 2021.
- [8] ISO, Abstract ISO/PAS 21448:2019, abrufbar unter: <https://www.iso.org/standard/70939.html> (06.05.2021).
- [9] Kirovskii/Gorelov, Driver assistance systems: analysis, tests and the safety case. ISO 26262 and ISO PAS 21448, 2019/OP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 534 012019, S. 7, abrufbar unter: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/534/1/012019> (25.05.2021).
- [10] ISO, ISO / PAS 21448 Road vehicles - Safety of the intended functionality, abrufbar unter: <https://www.iso.org/standard/70939.html> (04.10.2021).
- [11] Handelsblatt, Erster Toter in selbstfahrendem Auto, Beitrag vom 30.06.2016, abrufbar unter: <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/us-behoerden-untersuchen-tesla-unfall-erster-toter-in-selbstfahrendem-auto/13815470.html?ticket=ST-8834208-er5141VwcByEvCkQpsWs-ap5> (05.10.2021).
- [12] ISO, Abstract ISO/PAS 21448:2019, abrufbar unter: <https://www.iso.org/standard/70939.html> (06.05.2021).
- [13] Sari, Fail-operational Safety Architecture for ADAS/AD Systems and a Model-driven Approach for Dependent Failure Analysis, 1. Auflage 2020, Springer Vieweg.
- [14] DEEL Dependable and Explainable Learning, Machine Learning in Certified Systems , White paper 2021.
- [15] Aptiv Services US/AUDI AG/Bayerische Motoren Werke AG/Beijing Baidu Netcom Science Technology Co./Continental Teves AG & Co oHG, Safety First for Automated Driving, abrufbar unter: <https://www.daimler.com/innovation/case/autonomous/safety-first-for-automated-driving.html> (06.10.2021).
- [16] Gatzke, Zulässigkeitsvoraussetzungen für den Betrieb autonomer Kraftfahrzeuge - Bringt das Gesetz zum autonome Fahren Rechtssichereit?, NZV 2022, 62, 66.
- [17] Kleemann/Arzt, Das Gesetz zum "autonomen" Fahren in Deutschland - Automatisiertes Fahren findet seinen Weg im StVG, RAW 2021 99, 99 ff.
- [18] UNECE, ECE/TRANS/WP.1/165, Resolution of the Deployment of Highly and Fully Automated Vehicles in Road Traffic vom 20.09.2018,, S. 11 f.
- [19] BMDV, Autonome Fahrzeug-Genehmigungs- und Betriebsverordnung-Entwurf, abrufbar unter: <https://fragdenstaat.de/dokumente/8397-blanko-vorlage-fur-bmv/>, Bearbeitungsstand: 27.01.2021.

- [20] Wagner, Gesetz zum autonome Fahren - Streitpunkte im Gesetzgebungsverfahren, SVR 2021, 287, 287 ff.
- [21] Europäische Kommission, COM(2021) 206 final, Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act) and amending certain union legislative acts,, abrufbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1623335154975&uri=CELEX%3A52021PC0206> (01.10.2021).
- [22] Bomhard/Merkle, Europäische KI-Verordnung – der aktuelle Kommissionsentwurf und praktische Auswirkungen,“ RDi 2021, 276, 276 ff.
- [23] Ebers, Standardisierung Künstlicher Intelligenz und KI-Verordnungsvorschlag, RDi 2021, 588, 588 ff.
- [24] FRAV, GRVA-12-23, Guidelines and Recommendations concerning Safety Requirements for Automated Driving Systems.
- [25] German Delegation (Bast), FAV-26-07, Vision for FRAV final steps.
- [26] Technical Secretary, VMAD-24-01, Wrap-up of the 23rd WMAD IWG web-conference.
- [27] Co-chairs, VMAD-24-03-rev.3, New Assessment/Test Method for Automated Driving (NATM) - Guidelines for Validating Automated Driving System (ADS).
- [28] GRVA, ECE/TRANS/WP.29/GRVA/11, Report of the Working Party on Automated/Autonomous and Connected Vehicles on its eleventh session.
- [29] Secreteriat, Workingpaper of the Workshop on Artificial Intelligence and Vehicle Regulations, Stand des Workingpapers: 17.03.2022.
- [30] Wp.29, ECE/TRANS/WP.29/1159, Report of the World Forum for Vehicle Regulations on its 184th session.
- [31] Secreteriat, GRVA-08-10, AC.2's response to GRVA requests.
- [32] DIN/DKE, Deutschen Normungsroadmap Künstliche Intelligenz, abrufbar unter: <https://www.dke.de/de/arbeitsfelder/core-safety/normungsroadmap-ki> (04.10.2021).
- [33] ISO, ISO/TR 4804:2020 Road vehicles — Safety and cybersecurity for automated driving systems — Design, verification and validation, abrufbar unter: <https://www.iso.org/standard/80363.html> (04.10.2021).
- [34] ISO, ISO/AWI PAS 8800 Road Vehicles — Safety and artificial intelligence, abrufbar unter: <https://www.iso.org/standard/83303.html> (17.01.2022).
- [35] ISO, ISO/IEC AWI TR 5469 Artificial intelligence — Functional safety and AI systems, abrufbar unter: <https://www.iso.org/standard/81283.html> (17.01.2022).
- [36] ISO TC22/SC32/WG14, GRVA-11-13, ISO PAS 8800 Road Vehicles - Safety and Artificial Intelligence,, abrufbar unter: <https://unece.org/transport/events/wp29grva-working-party-automatedautonomous-and-connected-vehicles-11th-session> (28.09.2021).

- [37] ISO, ISO/IEC AWI TR 5469 Artificial intelligence — Functional safety and AI systems, abrufbar unter: <https://www.iso.org/standard/81283.html> (06.10.2021).
- [38] ISO/IEC, FDIS 22989 'Information Technology - Artificial Intelligence - Artificial Intelligence concepts and technology', abrufbar unter: : <https://www.iso.org/standard/74296.html>(18 03 2022).
- [39] SR.CC, KI-bezogene Test- und Zulassungsmethoden, abrufbar unter: https://www.tu-chemnitz.de/wirtschaft/jura2/FuE_KI_SRCC.php und <https://www.smart-rail.cc/> (14.10.2021).
- [40] LBA, Musterzulassungen und Einzelstückzulassungen, abrufbar unter: https://www.lba.de/DE/Technik/Musterzulassungen/Musterzulassungen_node.html (22.02.2022).
- [41] Koschmieder, eVTOL-Lufttaxen – Aktuelle regulatorische Herausforderungen in den Bereichen Zulassung, Betrieb und Infrastruktur, EuZW 2020, 741, 742.
- [42] Daedalean/EASA, Concepts of Design Assurance for Neural Networks (CoDANN) Public Report Extract, abrufbar unter: <https://www.easa.europa.eu/document-library/general-publications/concepts-design-assurance-neural-networks-codann> (01.08.2021).
- [43] EASA, Concept Paper: First usable guidance for Level 1 machine learning applications – A deliverable of the EASA AI Roadmap, abrufbar unter: <https://www.easa.europa.eu/newsroom-and-events/news/easa-releases-consultation-its-first-usable-guidance-level-1-machine> (04.10.2021).
- [44] SAE International G-34, Artificial Intelligence in Aviation, abrufbar unter: <http://profiles.sae.org/teag34/> 804.10.2021).
- [45] SAE International, J3016 Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles, abrufbar unter: https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104/.
- [46] Schrader, Wohin steuert das autonome Fahrzeug - vorübergehend?, ZRP 2021, 109, 109 ff.
- [47] Lutz, Neue Vorschriften für das automatisierte und autonome Fahren – ein Überblick, DAR 2021, 182, 182 ff.