

# Autonomes Fahren mit KI – aktueller Stand und Herausforderungen für die Zukunft

**Michael Bader**

Aktuelle Themen der künstlichen Intelligenz  
Sommersemester 2022  
Prof. Dr. Andreas Koch  
Hochschule der Medien Stuttgart  
Matrikelnummer: 44216

## Zusammenfassung

*Autonom fahrende Autos haben in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen. So hat sich bestimmt jeder einmal gefragt, ab wann man mit komplett autonom fahrenden Autos auf den Straßen rechnen kann. Gerade durch die rasante Entwicklung der künstlichen Intelligenz (KI) schreiten die Entwicklungen in den Forschungsfeldern der autonomen Autos immer schneller voran. Dieses Whitepaper untersucht die Frage, welche Chancen und Herausforderungen es für die Zukunft autonomer Autos gibt. Es werden Grundbegriffe erklärt, die wesentlichen Chancen und Herausforderungen aufgezeigt sowie am Ende ein Fazit vorgenommen. Generell kann man festhalten, dass wir in dem Forschungsfeld der (vollautomatischen) autonomen Autos für einen alltäglichen Gebrauch noch ein gutes Stück weit entfernt sind. Denn nicht nur die technischen Aspekte bergen neue Herausforderungen. Vielmehr stellt auch die juristische und ethische Betrachtungsweise das Thema vor neuen Problemstellungen, von denen bis dato viele ungeklärt sind.*

## Autonomes Fahren

Der Begriff des „autonomen Fahrens“ unterliegt bislang keiner eindeutigen Definition. Man versteht darunter ein Automobil, welches zu einem gewissen Grad (teil)-automatisiert und ohne direkten Einfluss menschlichen Handelns fahren kann. Dabei muss man zwischen mehreren Stufen der Automatisierung unterscheiden, welche im weiteren Verlauf dieses Papers näher erläutert werden (vgl. Bardt 2016).

Für die deutsche Automobilindustrie stellt dieses Forschungsfeld ein enormes Potenzial dar. So entstehen durch die rasante Entwicklung der künstlichen Intelligenz völlig neue Geschäftsbereiche. Da besonders die Automobilindustrie im asiatischen Raum beim Thema autonomes Fahren stark aufgeholt hat, gilt es nun für die deutschen Autokonzerne, sich nicht den Rang ablaufen zu lassen (vgl. ebd.).

Die Klassifikation selbstfahrender Autos wurde von der internationalen *Society of Automotive Engineers (SAE)* in folgende Bereiche definiert (vgl. SEA International 2014):



Abbildung 1: Klassifizierung autonom fahrender Autos (Quelle: [www.oeamtc.at](http://www.oeamtc.at))

In Abbildung 1 kann man den Unterschied der einzelnen Stufen sehr gut erkennen. So sieht man, dass in der Stufe null und eins so gut wie keine Automatisierung existiert. Während man bei Stufe drei bereits den Fall hat, dass das Auto in bestimmten Situationen komplett selbstständig fahren kann und der Fahrer nur tätig werden muss, falls dieser dazu aufgefordert wird. Erst in der letzten Stufe hat man ein vollautomatisiertes Fahren erreicht, bei dem es keinen Fahrer oder keine Fahrerin mehr gibt.

Diese Klassifizierung ist wichtig, da es bestimmte Funktionen gibt, welche entweder unter die Stufe zwei und drei des automatisierten Fahrens fallen oder unter nicht automatisiertes Fahren. So gilt der Einsatz von **Spurverlassenswarnern** als nicht automatisiertes Fahren, während **Spurhaltesysteme** einen Schritt weiter gehen und schon zum assistierten Fahren zählen. Zum vollautomatisierten Fahren zählt bspw. ein Robotertaxi, welches komplett autonom und selbstständig in der Stadt fahren kann (vgl. Bardt 2016).

Die genaue Funktionsweise selbstfahrender Autos zu beleuchten, würde den Rahmen dieses Papers sprengen. Daher werden im weiteren Verlauf nur die wichtigsten Komponenten vorgestellt. Damit ein Auto automatisiert fahren kann, benötigt es einige **Kameras**, welche die komplette Umgebung wahrnehmen können. Diese sind meist vorne, hinten und an der Seite des Autos angebracht. Sie ermitteln entfernte Objekte (bspw. eine Ampel) und sorgen dafür, dass das Auto in einem Gefahrenbereich allen umliegenden Hindernissen ausweichen kann.

Bestimmte **Sensoren** messen den genauen Abstand des eigenen Autos zu den anderen Verkehrsteilnehmern. Dabei wird besonders darauf geachtet, wie genau das Auto in der Spur fährt und wie weit die anderen Verkehrsteilnehmer entfernt sind. Hierbei kann man zwischen **Radarsensoren** und **Ultraschallsensoren** unterscheiden. Radarsensoren messen den Abstand zu einem vorfahrenden Auto basierend auf Mikrowellen, während Ultraschallsensoren

besonders für den nahen Bereich (beim Einparken) eingesetzt werden, indem sie die Laufzeit reflektierter Schallimpulse messen, die sie ausgesendet haben (vgl. Eymann 2019).

In Abbildung 2 sind diese Komponenten nochmals grafisch dargestellt.

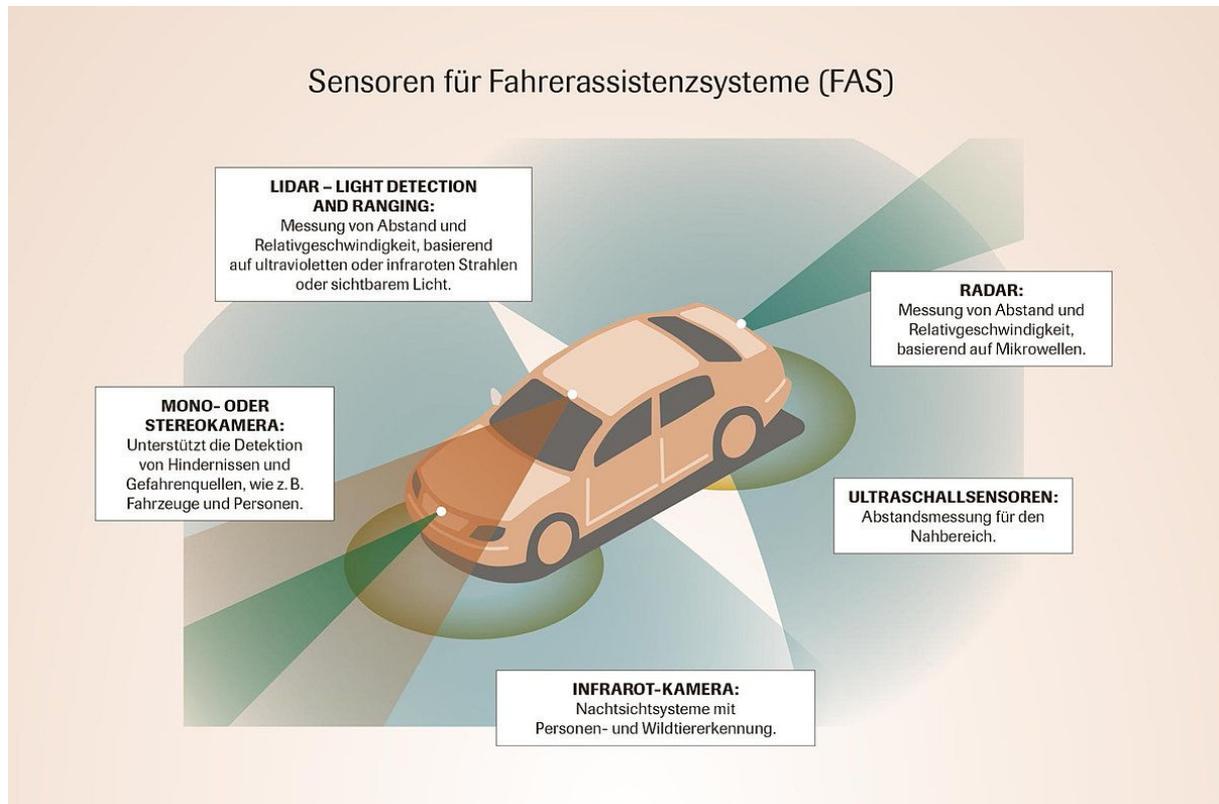


Abbildung 2: Funktionsweise eines selbstfahrenden Autos (Quelle: Eymann, 2019)

## Künstliche Intelligenz (KI)

Abgesehen von autonom fahrenden Autos spielt künstliche Intelligenz in unserem Alltag schon seit mehreren Jahren eine wichtige Rolle. So sorgt sie dafür, dass Google oder YouTube passende Videovorschläge präsentieren, kuriose E-Mails automatisch im Spam-Ordner landen oder unser Gesicht richtig erkannt wird, um das Smartphone zu entsperren (vgl. Ertl 2016). Der Informatiker John McCarthy definierte bereits 1955 KI folgendermaßen: „Ziel der KI ist es, Maschinen zu entwickeln, die sich verhalten, als verfügen sie über Intelligenz“ (Ertl 2016, S. 1).

In den letzten Jahren hat sich das Forschungsfeld der KI stark vergrößert, wodurch Begriffe wie *Machine Learning* oder *Deep Learning* hinzugekommen sind. Unter Machine Learning versteht man die Aneignung neuer Fähigkeiten anhand ausgewählter Daten. Dazu ein Beispiel: Ein Machine Learning Algorithmus soll anhand gegebener Daten eine Klassifizierung vornehmen, ob ein Kunde die Voraussetzungen für einen Kredit bei einer Bank erfüllt. Dafür erhält der Algorithmus eine große Menge an Daten vergangener Kunden und versucht Schritt für Schritt, immer passendere Entscheidungen zu treffen. Deep Learning ist eine moderne Stufe des maschinellen Lernens, bei dem sogenannte *neuronale Netze* versuchen, die menschlichen Neuronen im Gehirn nachzubilden (vgl. Müller 2022).

## Einsatz von künstlicher Intelligenz bei autonomen Autos

Nachdem nun die grundlegenden Konzepte autonomer Autos geklärt sind, bleibt nun die spannende Frage: „Welche Rolle spielt künstliche Intelligenz beim autonomen Fahren?“. KI und neuronale Netze spielen dabei eine sehr wichtige Rolle. Je höher die entsprechende Stufe automatisierten Fahrens, desto größer und wichtiger wird der Einsatz von KI. Denn für einen reibungslosen Ablauf müssen alle wahrgenommenen Objekte in Echtzeit erkannt und identifiziert werden.

Durch die Kameras und Sensoren werden in wenigen Sekunden große Datenmengen aufgenommen, welche durch die KI klassifiziert und bearbeitet werden müssen. So muss die KI einschätzen können, wie die Sichtverhältnisse in 50 oder 100 Metern aussehen oder wie entsprechende Straßenschäden (Schlaglöcher, Glatteis) zu beurteilen sind. Hinzu kommen noch Informationen aus der Cloud oder von Verkehrsmeldungen, welche von der KI ebenfalls berücksichtigt werden müssen. Genau wie der Mensch muss die KI auf den beiden höchsten Stufen vier und fünf ständig Entscheidungen treffen oder Abwägungen vornehmen (vgl. Eymann 2019).

## Aktueller Stand der Technik

Auch wenn es in den Medien schon häufig hieß, dass es zum Jahr X autonome Autos im Straßenverkehr geben soll, so liegt dies doch noch in weiter Ferne. Allerdings gibt es schon seit mehreren Jahren Autos, die selbstständig die Spur halten können oder selbstständig Einparken. Hier ist aber nur von der zweiten Stufe die Rede (wie in Abbildung 1 zu sehen).

Aber wo genau stehen wir aktuell?

Laut einer Prognose des ADAC wird es schätzungsweise frühestens im Jahr 2040 die ersten vollautomatisierten Autos geben, welche der fünften Stufe zuzuordnen sind (siehe Abbildung 3).

### Erst in den 2030er Jahren werden sich automatisierte Autos verbreiten

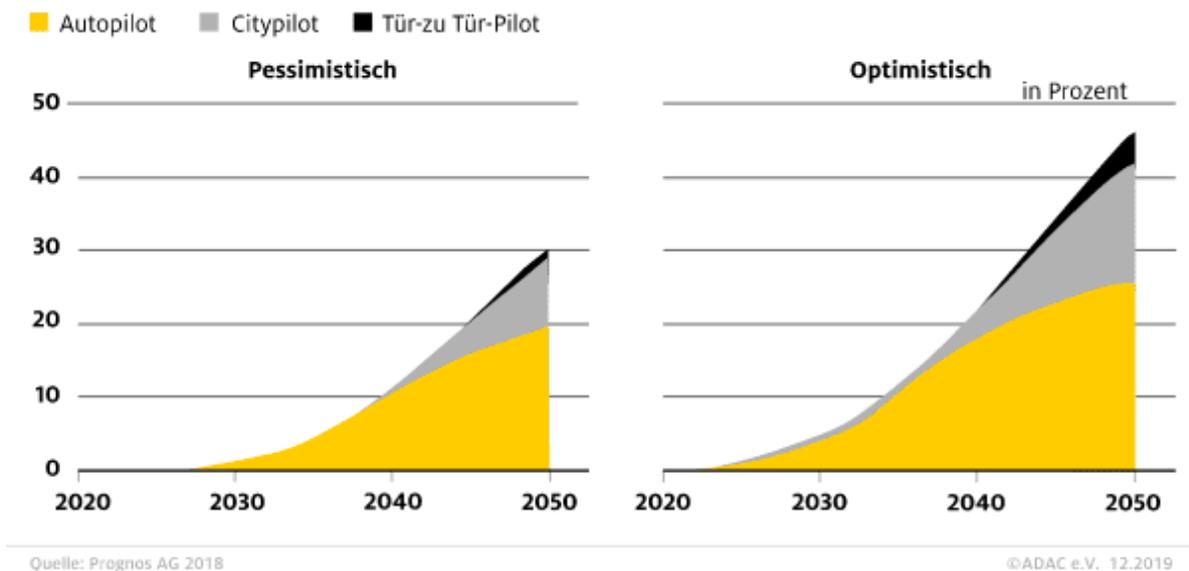


Abbildung 3: Prognose über die Verbreitung automatisierter Autos (Quelle: ADAC, 2018)

Daneben gehen Schätzungen des ADAC davon aus, dass ab dem Jahr 2030 ein Großteil der Neuwägen mit einem Citypilot ausgestattet sind. Das bedeutet, dass die Autos komplett selbstständig auf der Autobahn oder in der Stadt fahren können. Ein Fahrer oder eine Fahrerin muss jedoch noch anwesend sein, um im Notfall eingreifen zu können.

Ein großer Meilenstein im Bereich des autonomen Fahrens wurde letztes Jahr erreicht. Das Kraftfahrt-Bundesamt hat am 19.12.2021 die weltweit erste Typgenehmigung im Bereich des automatisierten Fahrens für ein Spurhaltesystem erteilt. Das Spurhaltesystem wurde für den Drive Pilot der neuen S-Klasse von Mercedes-Benz erteilt und ist der dritten Automatisierungsstufe zuzuordnen.

Neu und bemerkenswert ist hierbei, dass der Fahrer die Fahrt nicht überwachen muss und währenddessen erstmals fahrfremde Tätigkeiten ausübend darf. Die Voraussetzung ist jedoch, dass der Fahrer jederzeit in der Lage sein muss, wieder die Führung über das Auto einnehmen zu können (vgl. Immen 2021).

Mercedes selbst betont, dass die Technik des neuen Drive Pilot auf die Umfeldsensorik des Fahrassistenten-Pakets aufbaut und zusätzliche Sensoren beinhaltet, welche - laut Mercedes - für ein hochautomatisiertes Fahren unerlässlich sei. Zusätzlich dazu gibt es eine Kamera namens LiDAR, welche insbesondere zum Erkennen von Blaulicht und anderen Sonderfahrzeugen eingesetzt wird. Dazu wurde ein redundantes Lenk- und Bremssystem eingebaut, welches dafür sorgen soll, dass das Auto auch im Ausfall eines dieser Systeme weiterhin manövrierfähig bleibt (vgl. Mercedes-Benz Group 2022).

Nachfolgende Abbildung 4 soll die Ausstattung der neuen S-Klasse von Mercedes-Benz besser veranschaulichen:

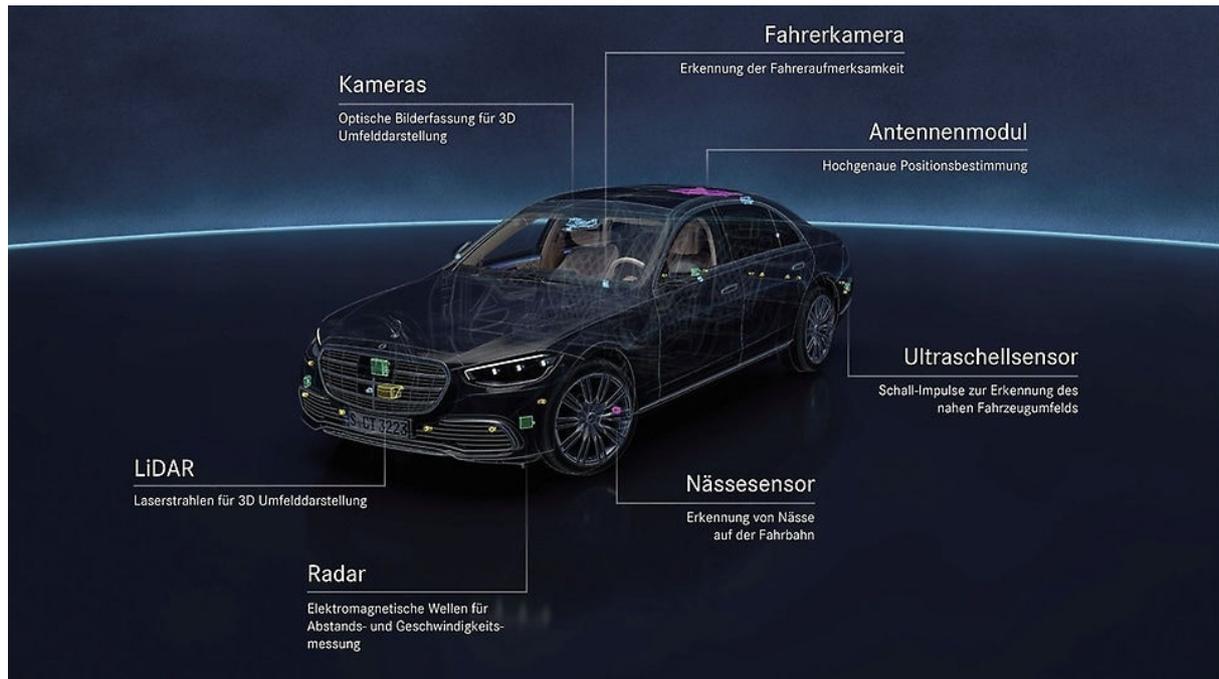


Abbildung 4: Aufbau der S-Klasse mit integriertem Drive Pilot (Quelle: Mercedes-Benz Group, 2022)

## Chancen für die deutsche Automobilindustrie

In Deutschland zählt die Automobilindustrie zu den wichtigsten Industriezweigen. Auch weltweit genießen die deutschen Autobauer seit Jahren ein hohes Ansehen. So ist es nicht verwunderlich, dass besonders deutsche Autohersteller schon eine gute Ausgangsposition für den Wettbewerb um autonome Fahrzeuge haben. Man darf den internationalen Automarkt jedoch nicht aus den Augen verlieren. So sind in den letzten Jahren vor allem viele japanische, koreanische und chinesische Anbieter auf den Markt gekommen. Mit der Elektrifizierung des Antriebstrangs auch neue Herausforderer, wie z.B. die Firma Tesla (vgl. Bardt 2016).

Im Bereich autonomer Fahrzeuge ist der Wettbewerb im Wesentlichen zu einem **Innovationswettbewerb** geworden. Gerade durch den Eintritt neuer, global ausgerichteter Konkurrenten wächst der Druck auf die deutschen Autokonzerne. Kein Wunder also, dass die Anzahl der weltweiten Patente im Bereich autonomer Fahrzeuge der letzten Jahre stark gestiegen ist. Laut dem deutschen Patent- und Markenamt belaufen sich die weltweiten Patentanmeldungen auf **4265 Stück**. Deutschland hat dazu einen Anteil von 43% (siehe Abbildung 5).

Das liegt vor allem an den deutschen Konzernen Robert Bosch, BMW und Daimler, welche einen großen Anteil ausmachen (vgl. DPMA 2022).

Land	Anzahl	Anteil
Deutschland	1832	43,0 %
USA	857	20,1 %
Japan	746	17,5 %
Republik Korea	172	4,0 %
China	110	2,6 %
Andere	548	12,8 %
Gesamt	4 265	100 %
<sup>[1]</sup> Vom Deutschen Patent- und Markenamt und vom Europäischen Patentamt veröffentlichte Anmeldungen unter Vermeidung von Doppelzählungen		

Abbildung 5: Patentanmeldungen 2019 nach Ländern (Quelle: DPMA 2022)

## Herausforderungen für die Zukunft

Auch wenn es auf der technischen Seite noch Probleme gibt, die gelöst werden müssen, um in Zukunft vollautomatisierte Fahrzeuge auf der Straße zu bringen, so gibt es (meist unbemerkt) eine Vielzahl an juristischen und ethischen Herausforderungen, die gelöst werden müssen. Im Zentrum steht dabei die Haftung im Falle eines Unfalls. Denn: auch bei vollautomatisierten Autos muss im Fall eines Unfalls eine Haftung eintreten. Und in welchem Fall der Fahrer oder die Fahrerin haften sollen und wann das System oder der Hersteller selbst haftet, ist bislang noch ungeklärt.

Bei teilautomatisierten Fahrzeugen ist bislang vorgeschrieben, dass der Fahrer im Notfall jederzeit eingreifen muss. Passiert dies nicht und es kommt dabei zu einem Unfall, so muss in diesem Fall der Fahrer für die Haftung eingestehen. Genauso gibt Mercedes-Benz dies auch beim Drive Pilot vor. Sobald das System den Fahrer dazu auffordert, selbst wieder die Kontrolle über das Auto zu übernehmen, ist dieser auch rechtlich dazu verpflichtet (vgl. Mercedes-Benz Group 2022).

Aus ethischer Sicht treten ebenfalls viele Fragestellungen auf, die geklärt werden müssen. Eine davon bezieht sich auf die ethische Entscheidungsfindung künstlich intelligenter Algorithmen. So können immer Situationen auftreten, in denen eine Entscheidung um Leben und Tod getroffen werden muss.

Ein Beispiel dazu: Ein autonom fahrendes Auto kommt in die Situation eine Entscheidung zu treffen, ob entweder der vorausfahrende Fahrradfahrer umgefahren werden muss oder das Auto nach links oder rechts in den tiefen Graben ausweichen muss. In beiden Fällen muss davon ausgegangen werden, dass (wahrscheinlich) eine Person ums Leben kommen kann oder schwer verletzt wird. Wie soll der Algorithmus entscheiden? Eine von der Bundesregierung eingesetzte Ethik-Kommission hat dazu bereits 2017 einen Bericht entworfen, welcher sich mit den oben

aufgeführten Problematiken auseinandersetzt. Eine klare Lösung zu solchen Extremfällen konnte aber auch hier nicht geboten werden.

So ist der Schutz menschlichen Lebens zwar über Tier- oder Sachschäden gestellt, eine Opferung von nichtbeteiligten Personen in Unfallsituationen kann jedoch nicht in Kauf genommen werden, da sich die Ethik-Kommission gegen das „Aufrechnen“ von Menschenleben stellt. So konnte bislang noch keine befriedigte Lösung gefunden werden.

Christoph Lütge, Direktor des Instituts für Ethik in der KI an der TU München plädiert dazu, man solle ethische Grundsätze anhand praxisnaher Situationen konkretisieren, anstatt emotionale Debatten darüber zu führen. Die verfassungskonforme Auflösung des Dilemmas bleibe jedoch auch von seiner Seite aus (vgl. Pertschy 2022).

## Fazit

Das Ziel dieses Papers bestand darin, die Grundbegriffe zu autonomen Fahrzeugen zu erklären, deren Chancen für die deutsche Automobilindustrie aufzuzeigen sowie auf aktuelle Herausforderungen hinzuweisen. Am Ende bleibt festzuhalten, dass nicht nur die Automobilbranche, sondern auch die Gesellschaft vor großen Herausforderungen steht. Da sich diese nicht nur auf technische Aspekte, sondern auch auf rechtliche und ethische Aspekte beziehen, bleibt abzuwarten, welche Lösungen in den nächsten Jahren entworfen werden.

Da es allerdings noch einige Jahre dauern wird, bis vollautomatisierte Autos auf den Straßen fahren können, gibt es ausreichend Zeit, um über die ethischen und juristischen Fragestellungen zu debattieren. Besonders für die deutsche Automobilindustrie stellen autonome Fahrzeuge ein großes Innovationspotenzial dar. Auch andere Unternehmen können mit neuen Geschäftsmodellen davon profitieren. Es bleibt also abzuwarten, wie sich die kommenden Jahre entwickeln. Fest steht allerdings, dass wir uns noch sehr am Anfang dieses neuen Forschungsfeldes befinden und viele spannende Neuheiten und Meilensteine in den nächsten Jahren folgen werden!

## Quellen

- Pertschy, Fabian (2022): Wie ist die Rechtslage beim autonomen Fahren?, [online] <https://www.automotiveit.eu/technology/autonomes-fahren/wie-ist-die-rechtslage-beim-autonomen-fahren-211.html> [abgerufen am 30.09.2022].
- Bardt, Hubertus (2016) : Autonomes Fahren: Eine Herausforderung für die deutsche Autoindustrie, IW-Trends - Vierteljahresschrift zur empirischen Wirtschaftsforschung, ISSN 1864-810X, Institut der deutschen Wirtschaft (IW), Köln, Vol. 43, Iss. 2, pp. 39-55, <https://doi.org/10.2373/1864-810X.16-02-04>
- Mercedes-Benz Group (2022): Mercedes-Benz ist Vorreiter bei automatisierten Fahr- und Sicherheitstechnologien, Mercedes-Benz Group, [online] <https://group.mercedes-benz.com/innovation/case/autonomous/drive-pilot.html> [abgerufen am 30.09.2022].
- Haist, Tobias (2016): Autonomes Fahren: Eine kritische Beurteilung der technischen Realisierbarkeit, in: Universität Stuttgart, Institut für Technische Optik, S. 1–27.
- DPMA | Teil 3: Zahlen und Fakten (2022): Deutsches Patent- und Markenamt, [online] <https://www.dpma.de/dpma/veroeffentlichungen/hintergrund/autonomesfahren/autonomesfahren-technikteil1/autonomesfahren-zahlenteil3/index.html> [abgerufen am 30.09.2022].
- Ertel, W. (2016). Grundkurs Künstliche Intelligenz. Berlin: Springer.
- Traufetter, Gerald (2021): A-78df0b3a-0002-0001-0000-000177426963, DER SPIEGEL, Hamburg, Germany, [online] <https://www.spiegel.de/auto/autonomes-fahren/hersteller-sollen-bei-unfaellen-haften-fordern-verbraucherschuetzer-a-78df0b3a-0002-0001-0000-000177426963> [abgerufen am 30.09.2022].
- Scholarly Journals - Publications (o. D.): [online] <https://www.sae.org/publications/journals> [abgerufen am 30.09.2022].
- <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/ausstattung-technik-zubehoer/autonomes-fahren/recht/ethische-fragen/>
- Müller, Josef (2022): Neuronale Netze einfach erklärt, [online] <https://www.heise.de/ratgeber/Neuronale-Netz-einfach-erklaert-6343697.html> [abgerufen am 30.09.2022].
- Mercedes-Benz Group (o. D.): Automatisiertes und autonomes Fahren: Rechtlicher Rahmen., Mercedes-Benz Group, [online] <https://group.mercedes-benz.com/innovation/case/autonomous/rechtlicher-rahmen.html> [abgerufen am 30.09.2022].

Mercedes-Benz Group (2022b): Mercedes-Benz ist Vorreiter bei automatisierten Fahr- und Sicherheitstechnologien, Mercedes-Benz Group, [online] <https://group.mercedes-benz.com/innovation/case/autonomous/drive-pilot.html> [abgerufen am 30.09.2022].

Auto, fahre selbst! | ÖAMTC auto touring (o. D.): [online] <https://www.oeamtc.at/autotouring/auto/auto-fahre-selbst-49156242> [abgerufen am 30.09.2022].

Paulsen, Thomas (2021): Autonomes Fahren: Die 5 Stufen zum selbst fahrenden Auto, <https://www.adac.de/>, [online] <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/ausstattungs-technik-zubehoer/autonomes-fahren/grundlagen/autonomes-fahren-5-stufen/> [abgerufen am 29.09.2022].

Eymann, Günter (2019): Automatisiertes Fahren: Sensortechniken im Check (2019): VDI, [online] <https://www.vdi.de/news/detail/automatisiertes-fahren-sensortechniken-im-check> [abgerufen am 29.09.2022].