

3.1.5 Sicherheit autonom fahrender Fahrzeuge



■ **Stichwörter:** (teil-)autonomes Fahren, Daten, Software entscheidet, Mensch-Maschine-Übergabe

> Warum ist das Thema wichtig?

Selbstfahrende Fahrzeuge werden in der Arbeitswelt in 4.0-Prozessen¹ eingesetzt und sind im öffentlichen Verkehr in der Erprobung.² Durch CPS³ und intelligente Software⁴ mit ihren Modellen künstlicher Intelligenz (KI) gesteuert können sie teilautonom oder autonom Arbeits- und Fahraufgaben erledigen. Au-

tonomes Fahren kann den Fahrzeugführer entlasten, assistieren oder diesen teilweise oder ganz ersetzen und die Produktivität von Arbeitsabläufen erhöhen.⁵ Autonom fahrende Fahrzeuge müssen eine Reihe von Anforderungen erfüllen. Sie müssen verlässlich und sicher mit Menschen interagieren und in die Arbeitsab-

läufe integriert werden. Außerdem muss die Fahrzeugtechnik betriebssicher zu bedienen, der Datenaustausch und die Sensorik unterbrechungsfrei abgesichert und die Technologie gegen Angriffe von außen oder unberechtigte Nutzung durch Dritte geschützt sein.⁶

> Worum geht es bei dem Thema?

Begriff: Autonom fahrende Fahrzeuge

Unter autonom fahrenden Fahrzeugen werden hier Fahrzeuge verstanden, die mit bordeigenen Sensoren und intelligenter Software (im Fahrzeug sowie in Clouds) die Fahrzeugumgebung selbstständig und zielgerichtet erfassen und

eigenständig fahren.⁷ Beim autonomen Fahren übernimmt die 4.0-Technologie⁸ des Fahrzeugs auch die anderen Aufgaben eines menschlichen Fahrers wie das Lenken, Bremsen, Beschleunigen.⁹ Autonom fahrende Fahrzeuge sind selbstlernende technische Systeme.

Autonome Fahrtechnologie wird beispielsweise eingesetzt in Personenkraftwagen, Lastkraftwagen, Traktoren, Staplern, Erdbaumaschinen, Bussen oder Militärfahrzeugen.

Autonom fahrende Fahrzeuge können teilautonom oder vollautonom¹⁰ agieren (siehe Tabelle 1).

Das automatisierte und autonome Fahren hat Anfang des Jahrtausends mit Assistenzsystemen (Stufe 1, Tabelle 1) begonnen. Sie unterstützen den Fahrer in bestimmten Situationen. Bis einschließlich Stufe 3 muss der Fahrer potenziell in der Lage sein, zu übernehmen. Ab Stufe 3 muss der Fahrer nicht mehr dauerhaft auf der Hut sein. Erst ab dieser Stufe kann von

autonomen Fahren gesprochen werden.¹¹ Hier erkennt die Software auch selbstständig die Leistungsgrenzen, wenn die Umgebungsbedingungen nicht mehr dem Funktionsumfang der 4.0-Technologie entsprechen. Dann wird der Fahrer aktiv aufgefordert, das Steuer zu übernehmen. Ab Stufe 4 muss der Fahrer das System nicht mehr überwachen. Das Fahrzeug meistert das Fahren auch in vielen Problemfällen ohne menschlichen Eingriff. Erst bei Stufe 5 ist das tatsächlich fahrer-

lose Fahren erreicht. Hier ist von Start bis Ziel kein Fahrer erforderlich.

Bei Nutzfahrzeugen, die betrieblich genutzt werden, werden bereits Fahrzeuge der Stufe 5 eingesetzt. Autonom fahrende Fahrzeuge werden derzeit beispielsweise in der Lagerlogistik,¹² auf Baustellen,¹³ in der Produktion oder in der Landwirtschaft genutzt. Diese Systeme sind an bestimmte Orte gebunden und unterliegen strengen Geschwindigkeitsregelungen. Sie fahren da, wo die Wege klar definiert und

Diese Umsetzungshilfe gibt Experten und Interessierten Anregungen, wie Arbeit 4.0 zu gestalten ist. Die Empfehlungen sollten an die jeweilige konkrete betriebliche Situation angepasst werden.

¹ Unter 4.0-Prozessen werden hier alle Arbeitsprozesse verstanden, in denen cyber-physische Systeme (CPS) oder andere autonome technische Systeme (wie Plattformen, Messenger-Programme) beteiligt sind. 4.0-Prozesse sind in den Arbeitsprozessen bisher selten vollständig, aber in Ansätzen in allen Betrieben umgesetzt.

² VDI 2016; VDA 2015, S. 19

³ Cyber-physische Systeme (CPS) verbinden und steuern als autonome technische Systeme Arbeitsmittel, Produkte, Räume, Prozesse und Menschen beinahe in Echtzeit. Die komplette oder teilweise Steuerung übernimmt intelligente Software auf Grundlage von Modellen der künstlichen Intelligenz. Genutzt werden dazu unter anderem auch Sensoren/Aktoren, Verwaltungsschalen, Plattformen/Clouds.

⁴ Intelligente Software steuert cyber-physische Systeme (CPS) und andere autonome technische Systeme (wie Messenger-Programme). Intelligente Software nutzt Modelle künstlicher Intelligenz zusammen mit anderen Basistechnologien wie zum Beispiel Algorithmen, semantischen Technologien, Data-Mining. Intelligente Software ist autonom und selbstlernend.

⁵ Ethik-Kommission 2017, S. 6. Die Ethik-Kommission „Automatisiertes und Vernetztes Fahren“ hat für Politik und Gesetzgebung erste Leitlinien für selbstfahrende Fahrzeuge im öffentlichen Raum entwickelt, die eine Zulassung dieser Fahrsysteme erlauben, aber im Hinblick auf Sicherheit, menschliche Würde, persönliche Entscheidungsfreiheit und Datenautonomie besondere Anforderungen stellen.

⁶ Bitkom 2018

⁷ VDA 2015, S. 12

⁸ 4.0-Technologie bezeichnet hier Hardware und technologische Produkte (wie Assistenzmittel/Smartphones, Sensoren/Aktoren in smarten Arbeitsmitteln, Fahrzeugen, Produkten, Räumen usw., smarte Dienstleistungen, Apps), die von intelligenter Software (inkl. KI) ganz oder teilweise gesteuert werden.

⁹ Bühler & Rohleder 2018; VDA 2015, S. 19

¹⁰ VDA 2015, S. 19

¹¹ Kurz 2018

¹² Das sind beispielsweise fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF) ohne Fahrersitz und Lenkrad. Sie transportieren innerhalb eines Anwendungsbereichs zum Beispiel Güter in Logistikzentren, auf Betriebshöfen, in Häfen oder bei Stückgut-Herstellern, Montagelinien in der Serienmontage.

¹³ Das sind beispielsweise Flurförderzeuge, bei denen sich automatisierte und vernetzte Stapler auf künstliche Intelligenz stützen und autonom arbeiten. Dabei kommen Deep-Learning-Algorithmen zum Einsatz, die eine große Zahl möglicher Szenarien in hoher Geschwindigkeit vorausschauen und passende Reaktionen ausüben können. So können sie zuverlässig anhalten oder ausweichen, wenn Menschen in den Fahrweg laufen. Auch können diese technischen Systeme über Reihenfolge und Routen entscheiden. Zum Beispiel können Lageraufgaben über Vernetzung mit anderen Fahrzeugen kooperativ und komplett autonom geschehen.

für die Fahrzeuge berechenbar sind (wie im Warenlager).¹⁴ Auch kann bei betrieblicher Nutzung die Intervention durch Dritte kontrolliert werden. Zudem können alle Beteiligten über Risiken aufgeklärt und unterwiesen werden.¹⁵ Da die Bedingungen der stationären Arbeitsumgebung (geschlossene Areale, bestimmbarer Personenkreis) verlässlicher kontrollierbar sind, schreitet die innerbetriebliche Nutzung autonom fahrender Fahrzeuge schneller voran als im öffentlichen Straßenverkehr.

Bestandteil von autonom fahrenden Fahrzeugen ist die Vernetzung der Fahrzeuge untereinander (Car-to-Car/C2C) sowie mit der Infrastruktur (wie Ampelanlagen oder Verkehrsleitsystemen, Arbeitsmitteln und Räumen/Arbeitsplätzen, Car-to-Infrastructure/C2I). Damit kann ein Fahrzeug in Bruchteilen von Sekunden von der Arbeitsumgebung, vorausfahrenden Fahrzeugen oder von Verkehrsleitsystemen Informationen, zum Beispiel über Gefahrensituationen, sammeln und diese beinahe in Echtzeit verarbeiten.¹⁶ Informationen können an Fahrzeuge oder andere Dinge in der Umgebung weitergegeben werden. Das Fahrzeug kann so selbstständig eine Gefahrenstelle berücksichtigen und sie umfahren, ohne dass die eigenen Sensoren diese erkannt haben. Informationen über Situationen, die nicht vollständig durch die Fahrzeugsensoren erfasst werden, können durch die vernetzte Kommunikation der Fahrzeuge untereinander oder mit der Infrastruktur ergänzt werden – zum Beispiel bei Umfeldbedingungen wie Nebel, Schnee oder verschmutzter Fahrbahn¹⁷ oder im Fahrbereich geplanten Arbeitsvorgängen. Im öffentlichen Straßenverkehr hat dies noch eine weitere Funktion: Da jedes Fahrzeug fast alle Informationen seiner Sensoren zu aktueller Position und Geschwindigkeit an das Umfeld weitergibt, können Verkehrslagen genauer erkannt, Prognosen frühzeitig entwickelt und damit die Verkehrssteuerung optimiert werden. Da autonome Fahrzeuge selbstlernend sind, können sie diese Leistungen qualitativ zunehmend wirkungsvoller erbringen.

Selbstfahrende Fahrzeuge haben eine Reihe von positiven Effekten. Die Fahrer

können durch die autonome Steuerung entlastet werden. Teilweise übernehmen die Fahrzeuge ganze Arbeitsgänge wie Anlieferung von Arbeitsstoffen oder Transport von Produkten. Sie nutzen optimal die Ressourcen und so kann beispielsweise Treibstoff eingespart werden oder bei betrieblicher Nutzung können die Fahrwege optimiert werden.¹⁸ Auch Menschen, die etwa aus gesundheitlichen Gründen nicht (mehr) fahrtüchtig sind, können einfacher und flexibler mobil sein.¹⁹ Außerdem ist die betriebliche Nutzung selbstfahrender Fahrzeuge nicht mehr von der Verfügbarkeit der Fahrer abhängig und die Beschäftigten können für andere Aufgaben eingesetzt werden.²⁰

Bei der Nutzung müssen diverse Aspekte der Sicherheit bedacht werden. Ab dem Einsatz autonom fahrender Fahrzeuge der Stufen 3 und 4 (Tabelle 1) ergeben sich nach heutigem Stand technische, organisatorische und ethische, rechtliche Herausforderungen. Einige werden im Folgenden dargestellt.

Die Software entscheidet

Durch die intelligente Software (inkl. KI) können die Fahrzeuge sicherheitsrelevante Entscheidungen treffen: Die Entscheidungen basieren auf den Daten, die die Sensoren des Fahrzeugs erheben, und den Informationen, die das Fahrzeug aus vernetzten virtuellen Systemen erhält (wie andere Fahrzeuge, Personen, Arbeitsabläufe, Umgebung, Wetter). Die intelligente Software (inkl. KI) berücksichtigt dabei rein quantitativ in ihren sicherheitsrelevanten Entscheidungen deutlich mehr Daten, als Menschen dies in vergleichbarer Situation könnten. Dazu kommt, dass sie – anders als der Mensch – ständig Daten erfassen und verarbeiten können. So wird die intelligente Software im Regelbetrieb immer beispielsweise die Abstände zu anderen Fahrzeugen sicher einhalten, die angemessene Geschwindigkeit wählen oder eine ressourcenschonende Fahrweise.

Es ist zu bedenken, dass die intelligente Software (inkl. KI) ausschließlich im Rahmen ihrer technischen Möglichkeiten handelt (technische Muster) ▶ *siehe Um-*

setzungshilfe 1.1.2 Autonomie der Systeme, wie zum Beispiel:

- Die intelligente Software kann komplexe Umgebungssituationen falsch interpretieren wie beispielsweise das Einschätzen von menschlichem Verhalten, für das Erfahrungswissen und Einfühlungsvermögen erforderlich sind.
- Die Qualität der Daten ist nicht ausreichend ▶ *siehe Umsetzungshilfe 2.3.3 Datenqualität in 4.0-Prozessen*, zum Beispiel kann die technische Funktion von Sensoren durch Schmutz oder Nässe beeinflusst sein, wodurch beispielsweise Abstände nicht korrekt ermittelt werden.

Außerdem ist intelligente Software auch abhängig von den Vorgaben der Programmierer, auf deren Grundlage die KI lernt und handelt. So könnten beispielsweise Aspekte der Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit nicht berücksichtigt sein, da sie nicht Bestandteil der Fahrsoftware sind. Hierzu zählen zum Beispiel Sicherheitsmaßnahmen beim Transport von gefährlichen Stoffen, Maßnahmen der Ladungssicherung oder Berücksichtigung von Zutrittsverboten.

Für den öffentlichen Straßenverkehr werden die autonom fahrenden Fahrzeuge intensiv geprüft, beispielsweise ob die intelligente Software (inkl. KI) in der Lage ist, in den sich ständig verändernden Situationen sicher zu navigieren. Zu überprüfen ist, ob sicherheitsrelevante Aspekte aus der Fahrzeugtechnik und den Sicherheitsanforderungen, die sich aus der Gesetzeslage ergeben, von der intelligenten Software (inkl. KI) berücksichtigt werden. In der Arbeitsumgebung ist der Unternehmer für den Einsatz der autonomen Fahrzeuge verantwortlich. Er sollte daher überprüfen, ob die autonom fahrenden Fahrzeuge die Anforderungen der Sicherheit und Gesundheit im Betrieb berücksichtigen (wie zum Beispiel Zufahrtsverbote, Sonderregelungen zum Fahrverhalten, Notfallsituationen). Außerdem sollte der Unternehmer sicherstellen, dass die Datenqualität der autonomen Fahrzeuge für die gestellten Arbeitsaufgaben ausreichend ist. Diese Informationen sollte er vom Hersteller einfordern.

¹⁴ Die Richtlinien VDI 2510, VDI 2710, VDI 4451 und VDI 4452 geben aktuelle Vorgaben zu fahrerlosen Transportsystemen.

¹⁵ <https://www.logistik-heute.de/Logistik-News-Logistik-Nachrichten/Newsletter/18583/Autonome-Lkw-Bringt-uns-der-Fokus-auf-geschlossene-Areale-voran>

¹⁶ VDA 2015, S. 19

¹⁷ VDA 2015, S. 19; VDI 2016, S. 7

¹⁸ So kann etwa ein Lkw gezielt vor einer Steigung beschleunigen, um Schwung aufzubauen und am Ende der Steigung kraftstoffsparend über die Kuppe zu rollen. VDA 2015, S. 16

¹⁹ VDI 2016, S. 4

²⁰ Kersten et al. 2017, S. 30; Lemmer 2016, S. 6

Automatisierungsstufen des autonomen Fahrens ²¹						Tabelle 1
Stufe	Beschreibung, Beispiele	Lenken, Beschleunigen, Bremsen	Überwachen der Fahrumgebung	Rückfallebene bei dynamischen Fahraufgaben	Übernahme der Software	
0	Keine	Der Fahrer übernimmt alle dynamischen Fahraufgaben. Keine automatisierten Fahrfunktionen. Es gibt keine eingreifenden, sondern lediglich warnende Systeme. Beispiele: Spurverlassenswarner, Totwinkelüberwachung	Fahrer	Fahrer	Fahrer	Keine eingreifende Software
1	Assistiert	Der Fahrer wird in manchen Fahrsituationen durch Fahrerassistenzsysteme unterstützt (beschleunigend, lenkend mit Information über Fahrumgebung). Fahrer führt alle verbleibenden dynamischen Fahraufgaben aus. Beispiele: Spurhalte- oder Parklenkassistent	Fahrer und Software	Fahrer	Fahrer	Software übernimmt jeweils einzelne Funktion, entweder Längs- oder Querführung
2	Teilautomatisiert (teilautonom)	Der Fahrer wird in bestimmten Fahrsituationen unterstützt durch ein oder mehrere Fahrerassistenzsysteme. Fahrer überwacht fortlaufend Fahrzeug und Verkehr. Er muss jederzeit dazu in der Lage sein, sofort die Steuerung des Fahrzeugs zu übernehmen. Einsatz i. d. R. auf bestimmte Geschwindigkeiten begrenzt. Beispiele: Stau-, Parkmanöverassistent	Software	Fahrer	Fahrer	Software übernimmt in einem spezifischen Anwendungsfall mehrere Funktionen: Längs- und Querführung
Ab Stufe 3 überwacht automatisiertes Fahrsystem die Fahrumgebung. Fahrer muss Fahrzeug nicht dauerhaft überwachen.						
3	Abhängige Automatisierung (teilautonom)	Fahrzeug fährt mit allen Aspekten der dynamischen Fahraufgabe selbstständig. Ausnahme – Fahrer greift auf Anforderung ein und übernimmt die Kontrolle über das Fahrzeug. Beispiele: Fahren auf der Autobahn, Fahren im Stau	Software	Software	Fahrer	Software erkennt eigene Grenzen, fordert Fahrer zur Übernahme auf (Zeitreserve)
4	Hohe Automatisierung (autonom)	Fahrzeug fährt mit allen Aspekten der dynamischen Fahraufgabe selbstständig, auch wenn Fahrer nicht nach Anforderung eingreift und Kontrolle über Fahrzeug übernimmt. Beispiele: Fahren in der Stadt, fahrerloses Parken	Software	Software	Software	Software kann im spezifischen Anwendungsfall alle Situationen automatisch meistern
5	Volle Automatisierung fahrerlos (autonom)	Software übernimmt dynamische Fahraufgabe bei allen Straßentypen, Geschwindigkeitsbereichen und Umweltbedingungen vollständig. Lenkrad und Pedalerie sind obsolet.	Software	Software	Software	Software übernimmt komplett

²¹ Die Begriffe „automatisiert“ und „autonom“ werden sehr unterschiedlich verwendet. Oft werden – wie in Tabelle 1 – autonome Entscheidungen als höhere Grade der Automatisierung verstanden. Den Umsetzungshilfen Arbeit 4.0 liegt folgendes Verständnis zugrunde: Autonome technische Systeme entscheiden und agieren eigenständig und selbstlernend auf Grundlage von künstlicher Intelligenz und 4.0-Technologie (eigenständiges Handeln im Rahmen des technologischen Programms). Automatisierte Systeme agieren auf Grundlage streng geregelter und „starr“ programmierter Abläufe (präzise Reproduktion).

Die Technik des autonom fahrenden Fahrzeugs muss generell so ausgelegt sein, dass kritische Situationen gar nicht erst entstehen. Dennoch muss der Betrieb bei autonom fahrenden Fahrzeugen klären, welches Risiko akzeptiert wird, wie sicher „sicher genug“ ist.²² Dabei ist unter anderem relevant, wie sich das Fahrzeug in Notsituationen verhält. Zu kritischen Situationen gehören auch Dilemma-Situationen (wie Kind versus ältere Person), in der die intelligente Software (inkl KI) des autonom fahrenden Fahrzeugs etwas abwägen müsste, was nicht abwägbare ist.²³ Menschenleben können nicht gegeneinander aufgerechnet werden, stellt die Ethik-Kommission „Automatisiertes und Vernetztes Fahren“²⁴ fest. Intelligente Software (inkl. KI), die derartige Abwägungen vornimmt, darf nicht verwendet werden.

Schutz und Sicherheit von durch das Fahrzeug erzeugten Daten

Jedes selbstfahrende Fahrzeug erhebt eine Fülle von Daten. Zum Beispiel Daten über Drehzahl, Tempo, Beschleunigung, Bremsintensität, Füllstand des Tanks, Kilometerleistung, Standortdaten, Fahrzeugrouten, Bewegungsprofile, Pausen, Tag- und Nachtfahrten, Fahrstil, Fahrerwechsel. Diese Daten- und Informationsströme sind erforderlich zum sicheren Betrieb von autonom fahrenden Fahrzeugen. Gleichzeitig lassen sie Rückschlüsse auf die Fahrer/Nutzer der Fahrzeuge zu. So können umfassende Profile zum Fahr- und Arbeits- oder Pausenverhalten erstellt werden.

In vielen Fahrzeugen können zusätzliche Serviceleistungen genutzt werden wie zum Beispiel die Nutzung von Informationsdiensten (wie Concierge-Service)

oder Telefon mit persönlichem Adressbuch. Auch diese Serviceleistungen erfassen, speichern und verarbeiten personenbezogene Daten beziehungsweise Daten, die Rückschlüsse auf das Verhalten der Personen zulassen.

Aus diesen Gründen sind Datenschutz und Datensicherheit in Fahrzeugen von Bedeutung.²⁵ Grundsätzlich sollte das Unternehmen (der Fahrzeughalter) über Weitergabe und Verwendung der anfallenden Fahrzeugdaten entscheiden. Empfehlenswert ist, dass der Unternehmer sich – am besten vor der Anschaffung des Fahrzeugs – beim Hersteller informieren, welche Daten das Fahrzeug erfasst und verarbeitet. Im Idealfall liefern Hersteller von sich aus ein entsprechendes Dateninformationsblatt mit (in Anlehnung an das Sicherheitsdatenblatt im Umgang mit Gefahrstoffen). *➤ Siehe Umsetzungshilfe 1.1.7 Informationsblatt smartes Produkt.* Mit den Beschäftigten, die das Fahrzeug bedienen, sollte vereinbart werden, wie mit Daten umgegangen wird, die einen Rückschluss auf den Beschäftigten zulassen. *➤ Siehe Umsetzungshilfe 2.3.4 Betriebsvereinbarungen und Dienstvereinbarungen zu 4.0-Prozessen.*

Übergabe der Kontrolle von Fahrzeug zum Menschen

Ein weiterer Aspekt der Sicherheit ist die Übergabe der Handlungsträgerschaft und Kontrolle von autonom fahrenden Fahrzeugen auf den Menschen, beispielsweise in einer Gefahrensituation oder bei Auftreten technischer Mängel.

In diesem Fall gilt grundlegend, dass die 4.0-Technologie autonom fahrender Fahrzeuge so ausgelegt ist, dass die Notwendigkeit einer abrupten Übergabe der Kontrolle an den Fahrer („Notstand“) prak-

tisch ausschließt. In Notsituationen muss das Fahrzeug autonom, das heißt ohne menschliche Unterstützung, in einen „sicheren Zustand“ gelangen.²⁶ Eine unvorbereitete Übergabe der Kontrolle vom Fahrzeug an den Menschen muss ausgeschlossen sein. Außerdem muss die Information des Fahrzeugs so klar und schnell erfassbar sein, dass der Mensch nicht überfordert wird. *➤ Siehe Umsetzungshilfe 3.2.3 Technische Assistenzsysteme in Fahrzeugen (wie Navis, Tablets, Bildschirme).*

Eine Voraussetzung für einen reibungslosen Übergang ist, dass in jeder Fahrsituation klar geregelt und erkennbar ist, wer für die Fahraufgabe zuständig ist, wer also der Handlungsträger ist: Mensch oder Software des Fahrzeugs. *➤ Siehe Umsetzungshilfe 1.3.3 Handlungsträgerschaft im Verhältnis Mensch und intelligente Software (inkl. KI).*²⁷ Das autonom fahrende Fahrzeug sollte außerdem dokumentieren, an welchen Stellen und wie (Zeitpunkt und Zugriffsregelungen) das autonom fahrende Fahrzeug und an welchen und wie der Mensch die Entscheidungen trifft und zuständig ist (Verantwortung besitzt). Dies ist auch hilfreich, um eventuelle Haftungsfragen klären zu können. *➤ Siehe Umsetzungshilfe 1.3.5 Hersteller- und Unternehmerverantwortung in 4.0-Prozessen.*

Schließlich darf der Fahrer dem autonom fahrenden Fahrzeug nicht ausgeliefert sein, sondern muss souverän eingreifen können, wenn es ihm erforderlich erscheint (Interventionsmöglichkeit). Falls dies technisch nicht vom Hersteller vorgesehen ist, sollten im Betrieb Verfahren vereinbart werden, wie eine derartige Intervention möglich ist.

➤ Welche Chancen und Gefahren gibt es?

Autonom fahrende Fahrzeuge bieten unter Berücksichtigung der Sicherheitsaspekte viele **Chancen**, wie zum Beispiel:

- Die Zahl von Unfällen kann verringert werden und die Sicherheit für Personen im Umfeld kann zunehmen.

- Der sichere betriebliche Einsatz von selbstfahrenden Nutzfahrzeugen kann die Wirtschaftlichkeit durch erhöhte Produktivität verbessern und die Flexibilität erweitern (wie optimale Routenplanung, autonome Einsatzsteuerung,

weniger Personal, Teilhabe von Menschen mit Einschränkungen).

- Die umfassende Datenlage über den Einsatz der betrieblichen Fahrzeuge ermöglicht ein wirkungsvolles Controlling.

²² Zum Festlegen der Risikoakzeptanzgrenze hilft die Orientierung an Sicherheitsstandards (wie der ISO 26262 für [nicht automatisierte] Straßenfahrzeuge)

²³ BMVI 2017

²⁴ Ethik-Kommission 2017, S. 18

²⁵ VDA 2015, S. 20

²⁶ Ethik-Kommission 2017

²⁷ Ethik-Kommission 2017

- Ein ressourcenschonender, effektiver Einsatz der Fahrzeuge wird möglich durch softwaregesteuerte Optimierungsprogramme der Fahrzeugnutzung (wie Verbrauch, Fahrstil, Routenplanung, Stauvermeidung, Verminderung von CO²-Emissionen).
- Fahrer können entlastet werden.²⁸

Die Nutzung selbstfahrender Fahrzeuge ohne Berücksichtigung der Sicherheitsaspekte kann unter anderem folgende

Gefahren mit sich bringen:

- Die intelligente Software (inkl. KI) des Fahrzeugs kann, von der bloßen Unterstützung bis hin zur autonomen Steuerung, eine falsche Sicherheit suggerieren.
- Durch nicht ausreichende Datensicherheit können Angriffe von außen, Softwaremanipulation oder Diebstahl von Daten erfolgen.
- Fehlender Datenschutz kann dazu führen, dass personenbezogene Daten

erfasst und missbraucht werden (auch durch den Hersteller).

- Bei nicht ausreichender Vorwarnzeit könnte eine abrupte Übergabe der Kontrolle von selbstfahrendem Fahrzeug an den Menschen zum Risiko werden (wie Fehlreaktionen, Überforderung).
- Die Verantwortungsbereiche von Unternehmen und Herstellern können sich verschieben und unklar sein (zum Beispiel wenn das Fahrzeug autonom fährt und sich ein Unfall ereignet).

› Welche Maßnahmen sind zu empfehlen?

Planung des Einsatzes selbstfahrender Fahrzeuge

Bei der Planung des Einsatzes selbstfahrender Fahrzeuge sind unter anderem folgende Überlegungen zu empfehlen:

- Einschätzen, welches Ziel und welchen Nutzen der Einsatz selbstfahrender Fahrzeuge für die vorgesehenen Arbeitsaufgaben hat – wie zum Beispiel effektivere Arbeitsabläufe, höhere Produktivität, weniger Unfälle, Verminderung von Schäden, positive Auswirkungen auf die Leistungsbereitschaft von Führungskräften und Beschäftigten.
- Sicherheitskriterien festlegen, die die intelligente Steuerungssoftware selbstfahrender Fahrzeuge erfüllen soll (wie zum Beispiel rechtliche Anforderungen der Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit). Generell gilt: Der Schutz von Menschen hat Vorrang vor allen weiteren Nützlichkeitsabwägungen.
- Überprüfen, wie das Fahrzeug in Not-situationen reagiert. Die abrupte Übergabe der Steuerung („Notstand“) des Fahrzeugs an den Menschen (Fahrer) muss ausgeschlossen sein. Die Informationen des technischen Systems sollten klar und schnell verständlich sein.
- In Erfahrung bringen, nach welchen Kriterien die intelligente Steuerungssoftware (inkl. KI) des selbstfahrenden Fahrzeugs entscheidet und lernt. Dies ist relevant für den sicheren Einsatz im Betrieb. Diese Kenntnisse sind auch aus Haftungsgründen notwendig.
- Festlegen, welche Daten das selbstfahrende Fahrzeug speichern und dokumentieren soll, und sicherstellen, dass der Betrieb Eigentümer der Daten

bleibt, die von seinen Fahrzeugen erzeugt werden (Datensouveränität). Der Betrieb sollte entscheiden, wer seine Daten wie nutzen darf. Diese Entscheidung sollte nicht Herstellern überlassen werden. Sich erkundigen, ob es herstellerübergreifende Standards für den Umgang mit diesen Daten gibt.

- Da die Daten der selbstfahrenden Fahrzeuge in der Regel auf digitalen Plattformen gespeichert werden, überprüfen, wie dort der Zugriff für Berechtigte geregelt ist. › *Siehe Umsetzungshilfe 2.5.3 Plattformökonomie.*
- Abstimmen, wie die Daten aus dem Betriebsumfeld (Arbeitsmittel, Arbeitsstoffe, Räume, Personen) mit den Steuerungssystemen des selbstfahrenden Fahrzeugs kommunizieren und wie diese Daten zur (Teil-)Steuerung genutzt werden können.
- Es sollte überprüft werden, ob und wie Daten für das Controllingsystem des Betriebes genutzt werden können (zum Beispiel Daten zum Verbrauch, Fahrtrouten, Fahrer). › *Siehe Umsetzungshilfe 2.1.6 Controlling und 4.0-Prozesse.*
- Überprüfen, welche Auswirkungen der geplante Einsatz der selbstfahrenden Fahrzeuge auf die Datensicherheit im Betrieb hat. Auch klären, wie die Datensicherheit des selbstfahrenden Fahrzeugs gewährleistet wird.
- Der Fahrer muss aus eigener Souveränität eingreifen können, wenn es ihm erforderlich erscheint (Interventionsmöglichkeit).
- Das Fahrzeug sollte eine zuverlässige und robuste Umfeldwahrnehmung haben. Ausfällen einzelner Sensoren, zum Beispiel einer Verdeckung der Ab-

standserkennung durch Schnee, sollte durch weitere Systeme zur Umfelderkennung, wie zum Beispiel die Car-to-Car- oder Car-to-Infrastructure-Kommunikation entgegengewirkt werden.

- Überprüfen, wie das selbstfahrende Fahrzeug mit den Arbeitsmitteln und Personen im Betrieb zusammen agiert – Schnittstellen Mensch – Arbeitsmittel – Fahrzeug, Kompatibilität. › *Siehe Umsetzungshilfen 1.3.2 Interaktion zwischen Mensch und intelligenter Software (inkl. KI); 3.1.4 Sicherheit von verketteten Arbeitsmitteln mit 4.0-Technologie.*
- Die Assistenzmittel im selbstfahrenden Fahrzeug sollten die Anforderungen der Gebrauchstauglichkeit und des sicheren Betriebes erfüllen. › *Siehe Umsetzungshilfen 3.3.2 Gebrauchstauglichkeit der intelligenten Software (inkl. KI); 3.2.3 Technische Assistenzsysteme in Fahrzeugen (wie Navis, Tablets, Bildschirme).*
- Die Haftungsfrage sollte vorab klar geregelt sein. › *Siehe Umsetzungshilfen 1.3.4 Autonome Softwaresysteme und Unternehmerverantwortung; 1.3.5 Hersteller- und Unternehmerverantwortung in 4.0-Prozessen.*
- Darauf achten, dass der Hersteller seine Systeme kontinuierlich optimiert und auch bereits ausgelieferte Systeme beobachtet und verbessert, wenn dies technisch möglich und zumutbar ist. Bei Schäden durch selbstfahrende Fahrzeuge gelten die gleichen Grundsätze wie in der übrigen Produkthaftung.
- Das Fahrzeug muss auch bei einem Komplettausfall der Stromversorgung noch funktionieren.

²⁸ VDA 2015, S. 8

Maßnahmen zum Einsatz selbstfahrender Fahrzeuge

Beim Einsatz selbstfahrender Fahrzeuge sind unter anderem diese Überlegungen empfehlenswert:

- Die Einführung der selbstfahrenden Fahrzeuge sollte den Führungskräften und Beschäftigten detailliert erklärt und begründet werden. ▶ *Siehe Umsetzungshilfe 2.1.2 Integration von intelligenter Software (inkl. KI) in die Organisation.*
- In der Arbeitsplanung sollte festgelegt werden, in welchen Arbeitsaufgaben die selbstfahrenden Fahrzeuge wie eingesetzt werden. Es sollten Arbeitsanweisungen erstellt werden, in welchen Bereichen die Fahrzeuge und in welchen die Beschäftigten Handlungsträgerschaft übernehmen beziehungsweise wie diese aufgeteilt ist (hybride Systeme). Die Verteilung der Zuständigkeiten (und damit der Verantwortung) zum Beispiel im Hinblick auf Zeitpunkt und Zugriffsregelungen sollte dokumentiert und gespeichert werden. Das gilt vor allem für Übergabevorgänge zwischen Mensch und Technik.
- Es sollte eine Gefährdungsbeurteilung erstellt werden, mit der die Gefährdungen im Umgang mit selbstfahrenden Fahrzeugen beurteilt und die Risiken eingeschätzt werden. Es sind gegebenenfalls Schutzmaßnahmen festzulegen und umzusetzen sowie Fristen und Verantwortlichkeiten für die Wirksamkeitskontrolle zu vereinbaren. ▶ *Siehe Umsetzungshilfe 2.2.2 Gefährdungsbeurteilung 4.0.*
- Die Datensicherheit der selbstfahrenden Fahrzeuge auch in der Schnittstelle zwischen Fahrzeug- und Betriebsdaten ist herzustellen und regelmäßig zu kontrollieren. ▶ *Siehe Umsetzungshilfe 2.3.1 Datensicherheit in 4.0-Prozessen.*
- Organisieren, dass die technischen Grundlagen für IT-Sicherheit und Datenschutz regelmäßig (bei der Prüfung der Arbeitsmittel) geprüft werden. Mit den Führungskräften und Beschäftigten vereinbaren, wie mit den personenbezogenen Daten, die das selbstfahrende Fahrzeug erfasst, umgegangen wird. ▶ *Siehe Umsetzungshilfen 2.3.2 Datenschutz in 4.0-Prozessen; 2.3.4 Betriebsvereinbarungen und Dienstvereinbarungen zu 4.0-Prozessen.*
- Die betroffenen Führungskräfte und Beschäftigten sollten im Umgang mit den selbstfahrenden Fahrzeugen qualifiziert, trainiert und im sicheren und gesundheitsgerechten Umgang unterwiesen werden.

Quellen und weitere Informationsmöglichkeiten:

Bitkom (2018). *Autonome Autos: Hoffnung auf mehr Sicherheit und Umweltschutz.* <https://www.bitkom.org/Presse/Pressinformation/Autonome-Autos-Hoffnung-auf-mehr-Sicherheit-und-Umweltschutz.html>. Zugegriffen: 11.07.2018.

BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2017). *Maßnahmenplan der Bundesregierung zum Bericht der Ethik-Kommission Automatisiertes und Vernetztes Fahren (Ethik-Regeln für Fahrcomputer)*, Berlin: BMVI.

Bühler, J., & Rohleder, B. (2018). *Autonomes Fahren und vernetzte Mobilität.* <https://www.bitkom.org/Presse/Anhang-an-Pls/2018/Bitkom-Charts-Autonomes-Fahren-und-vernetzte-Mobilitat-18-04-2018-final.pdf>. Zugegriffen: 11.07.2018.

elektronik-zeit (2017). *Autonomes Fahren – Definition der Autonomiestufen, Übersicht der Fahrzeugmodelle mit autonomen Funktionen.* [\[definition-der-autonomiestufen-uebersicht-der-fahrzeugmodelle-mit-autonomen-funktionen/\]\(#\). Zugegriffen: 17.07.2018.

Ethik-Kommission \(2017\). *Automatisiertes und vernetztes Fahren. Eingesetzt durch den Bundesminister für Verkehr und digitale Infrastruktur.* \[https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/bericht-der-ethik-kommission.pdf?__blob=publicationFile\]\(https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/bericht-der-ethik-kommission.pdf?__blob=publicationFile\). Zugegriffen: 11.07.2018.

Kersten, W., Seiter, M., von See, B., & Hackius, N. \(2017\). *Trends und Strategien in Logistik und Supply Chain Management. Chancen der digitalen Transformation.* \[https://logistiktrends.bvl.de/system/files/t16/2017/Trends_und_Strategien_in_Logistik_und_Supply_Chain_Management_-_Chancen_der_digitalen_Transformation_-_Kersten_von_See_Hackius_Maurer_2017.pdf\]\(https://logistiktrends.bvl.de/system/files/t16/2017/Trends_und_Strategien_in_Logistik_und_Supply_Chain_Management_-_Chancen_der_digitalen_Transformation_-_Kersten_von_See_Hackius_Maurer_2017.pdf\). Zugegriffen: 20.07.2018.

Kurz, C. \(2018\). *In falscher Sicherheit.* In Frankfurter Allgemeine vom 03.04.2018. <http://www.faz.net/aktuell/feuilleton/aus-dem-maschinenraum/selbstfahrende-autos-in-falscher-sicherheit-15523206-p2.html>. Zugegriffen: 11.07.2018.](https://www.elektronik-zeit.de/mobilitaet-der-zukunft/autonomes-fahren/autonomes-fahren-</p>
</div>
<div data-bbox=)

html. Zugegriffen: 11.07.2018.

Lemmer, K. (Hrsg.). (2016). *Neue autoMobilität.* Automatisierter Straßenverkehr der Zukunft - acatech STUDIE. <https://idw-online.de/de/attachmentdata54037.PDF>. Zugegriffen: 17.07.2018.

Nedden, C. zur (2017). *Autonomes Fahren: „Verantwortung trägt immer der Mensch“.* <https://www.wired.de/collection/tech/auto-autonom-selbstfahrend-ethik-sicherheit-unfall-insassen-passanten-schuetzen>. Zugegriffen: 19.07.2018.

VDA – Verband der Automobilindustrie (Hrsg.) (2015). *Automatisierung – Von Fahrerassistenzsystemen zum automatisierten Fahren.* <https://www.vda.de/dam/vda/publications/2015/automatisierung.pdf> zugegriffen am 16.07.2018.

VDI (Hrsg.). (2016). *Statusreport Verkehr und Umfeld im Wandel. Stand, Tendenzen, Schlussfolgerungen.* http://jahresbericht.vdi.de/fileadmin/user_upload/VDI-Statusreport_Verkehr_und_Umfeld_im_Wandel.pdf. Zugegriffen: 20.07.2018.

Zu diesem Thema könnten Sie auch folgende weitere Umsetzungshilfen interessieren:

- 1.1.7 Informationsblatt smartes Produkt
- 1.3.2 Interaktion zwischen Mensch und intelligenter Software (inkl. KI)
- 1.3.3 Handlungsträgerschaft im Verhältnis Mensch und intelligente Software (inkl. KI)
- 1.3.4 Autonome Softwaresysteme und Unternehmerverantwortung

- 1.3.5 Hersteller- und Unternehmerverantwortung in 4.0-Prozessen
- 2.1.2 Integration von intelligenter Software (inkl. KI) in die Organisation
- 2.1.6 Controlling und 4.0-Prozesse
- 2.2.2 Gefährdungsbeurteilung 4.0
- 2.3.1 Datensicherheit in 4.0-Prozessen
- 2.3.2 Datenschutz in 4.0-Prozessen
- 2.3.3 Datenqualität in 4.0-Prozessen
- 2.3.4 Betriebsvereinbarungen und Dienstvereinbarungen zu 4.0-Prozessen
- 2.5.3 Plattformökonomie
- 3.1.1 Betriebssicherheit der CPS
- 3.1.4 Sicherheit von verketteten Arbeitsmitteln mit 4.0-Technologie
- 3.2.3 Technische Assistenzsysteme in Fahrzeugen (wie Navis, Tablets, Bildschirme)
- 3.3.2 Gebrauchstauglichkeit der intelligenten Software (inkl. KI)



**OFFENSIVE
MITTELSTAND**
GUT FÜR DEUTSCHLAND

Herausgeber: „Offensive Mittelstand – Gut für Deutschland“ – Stiftung „Mittelstand – Gesellschaft – Verantwortung“
Kurfürsten-Anlage 62, 69115 Heidelberg, E-Mail: info@offensive-mittelstand.de; Heidelberg 2019

© Stiftung „Mittelstand – Gesellschaft – Verantwortung“, 2019 Heidelberg. Gemeinsam erstellt von Verbundprojekt Prävention 4.0 durch BC GmbH Forschung, Institut für Betriebliche Gesundheitsförderung BGF GmbH, Forum Soziale Technikgestaltung, Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V. – ifaa, Institut für Mittelstandsforschung Bonn – IfM Bonn, itb – Institut für Technik der Betriebsführung im Deutschen Handwerksinstitut e. V., Sozialforschungsstelle Dortmund – sfs Technische Universität Dortmund, VDSI – Verband für Sicherheit, Gesundheit und Umweltschutz bei der Arbeit e. V. – gefördert vom BMBF – Projektträger Karlsruhe