

# Autonomes Fahren

## Kurzfassung



# Mobilität heute und morgen

## Verkehrssystem heute

Der heutige Personen- und Güterverkehr in der Schweiz findet zum grössten Teil auf der Strasse statt. Die Mobilität der Bevölkerung im Inland verteilt sich auf drei Verkehrsträgergruppen: den motorisierten Individualverkehr (Auto, Mofa, Motorrad, etc.), den öffentlichen Verkehr (Bus, Tram, Zug, etc.) und den Langsamverkehr (Elektrovelo, Fahrrad, Fussgänger:innen etc.). Im Güterverkehr ist die Eisenbahn der zweitwichtigste Verkehrsträger für Gütertransporte in der Schweiz, insbesondere für längere Distanzen.

Die Mobilität hat einen hohen Ressourcen- und Energieverbrauch. So emittiert das Verkehrssystem eine grosse Menge Treibhausgase und Luftschadstoffe. Ferner beansprucht es grosse Flächen, mehrheitlich für Strassen und Autobahnen. Das Verkehrssystem wird heute nicht effizient genutzt und die Infrastruktur ist teilweise stark überlastet, was sich beispielsweise in zunehmenden Staus zeigt. Die Sicherheit auf den Schweizer Strassen hat sich in den letzten Jahren trotz zunehmenden Verkehrsaufkommens ständig verbessert, dennoch bleibt die Reduktion von Verkehrsunfällen ein wichtiges Anliegen von Gesellschaft und Politik.

## Zukunftsbilder der Mobilität

Das Wachstum von Bevölkerung und Wirtschaft führt dazu, dass neue Konzepte entwickelt werden müssen, damit der zunehmende gesellschaftliche Bedarf an Personen- und Gütermobilität auch in Zukunft effizient, kostengünstig sowie ökologisch ist und reibungslos funktioniert. Die Zukunft des Verkehrs wird voraussichtlich geprägt durch Digitalisierung, Sharing-Konzepte und vernetzte, multimodale Angebote. Dem Ansatz des Mobility-as-a-Service kommt eine zentrale Bedeutung zu.

Mobility-as-a-Service bedeutet, dass verschiedene Transportleistungen kombiniert und multimodal angeboten werden. Solche Angebote sollen zentral über ein Interface wie ein Smartphone gebucht werden können. Eine Reise kann verschiedene Verkehrsträger umfassen: etwa ein Leihfahrrad von zuhause bis zum Einkaufsladen und auf der Rückreise eine Kombination aus Taxi und Bus oder ein Auto, das einem lokalen Car-Sharing-Anbieter gehört und allenfalls hochautomatisiert ist. Dadurch sollen Privatfahrzeuge durch Angebote ersetzt werden, die auf das jeweilige Bedürfnis der Kundinnen und Kunden zugeschnitten sind.

### Facts & Figures

**4,7 Mio. Personenwagen**

in der Schweiz. Das entspricht im Schnitt 1,2 Autos je Haushalt

**110,8 Mrd. Personenkilometer**

Personenkilometer wurden 2020 im Verkehrssystem der Schweiz zurückgelegt. Das entspricht 35 km je Person und Tag.

**96% der Zeit stehen Autos**

ungenutzt auf Parkplätzen.

**1,1 Personen**

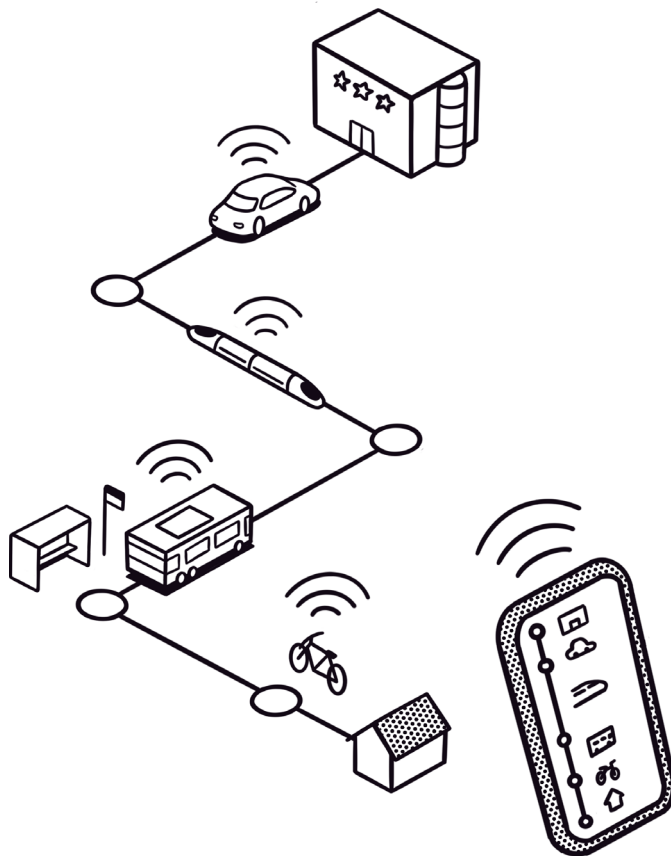
befinden sich in einem durchschnittlichen Auto im Pendlerverkehr.

**40% der CO<sub>2</sub>-Emissionen**

der Schweiz werden durch den Verkehr verursacht

**17'761 schwere Unfälle**

mit 187 Toten und 3464 Verletzten ereigneten sich im Strassenverkehr im Jahr 2019.



Anwendungen aus dem Bereich des Mobility-as-a-Service lassen verschiedene Verkehrsträger als eine integrale Dienstleistung erscheinen.

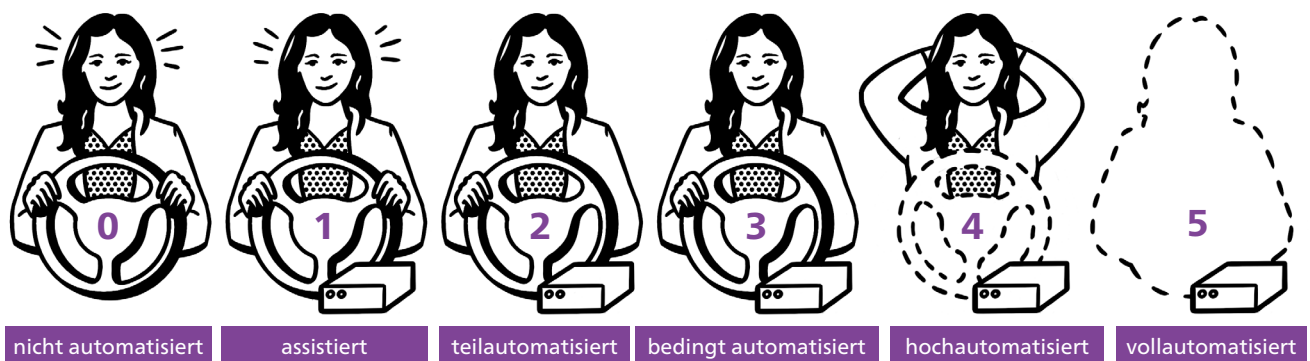
# Was sind automatisierte Fahrzeuge?

## Automatisierte Fahrzeuge im Verkehr der Zukunft

Automatisierte Fahrzeuge können einen wichtigen Beitrag bei der Umsetzung von neuen Mobilitätskonzepten leisten. Ein zentrales Motiv hinter der Entwicklung automatisierter Fahrzeuge ist es, mehr Sicherheit, Umweltfreundlichkeit, Effizienz, bessere soziale Integration und mehr Komfort zu bieten. Noch ist unklar, wann vollautomatisierte Fahrzeuge verfügbar sein werden. Klar ist jedoch, dass der Prozess einerseits von technischen und politischen Rahmenbedingungen abhängt. Andererseits spielt auch die gesellschaftlichen Akzeptanz eine wichtige Rolle.

## Der Weg zum automatisierten Fahrzeug

Automatisiertes Fahren bezieht sich nicht nur auf vollautomatisierte Fahrzeuge, sondern schliesst auch alle Zwischenstufen in der Entwicklung dahin ein. Diese Entwicklung wird durch das Stufenmodell der *Society of Automotive Engineers (SAE)* beschrieben. Der gegenwärtige Stand der Technik liegt zwischen den Stufen zwei und drei. So betreffen die grossen Herausforderungen in der Entwicklung von Hard- und Software für das automatisierte Fahren die Stufen drei bis fünf.



① **Nicht automatisiert:** Der Mensch hat die volle Kontrolle und steuert das Fahrzeug in jedem Moment selbst.

② **Assistierte Fahrzeuge** sind mit einfachen Assistenzsystemen ausgestattet, etwa mit Tempomat, mit Antiblockier-Bremssystemen oder mit Funktionen zur Stabilitätskontrolle; solche Systeme sind bereits heute in allen Neuwagen enthalten.

③ **Teilautomatisierte Fahrzeuge** verfügen über fortgeschrittene Assistenzsysteme zur Notbremsung oder zur Kollisionsvermeidung. In aktuellen Fahrzeugen werden solche Assistenzsysteme schon seit geraumer Zeit eingesetzt und sollen für Neuwagen bald Pflicht werden.

④ **Bedingt automatisierte Fahrzeuge** sind in der Lage, in spezifizierten Betriebsbereichen wie z. B. auf Autobahnen und bei günstigen Wetterbedingungen die Fahraufgabe umfassend und dauerhaft zu übernehmen, ohne dass die Person hinter dem Steuer die Fahrt überwachen muss. Der Mensch muss aber die Fahraufgabe sofort übernehmen, wenn er vom System dazu aufgefordert wird.

⑤ **Hochautomatisierte Fahrzeuge** können in spezifizierten Bereichen unter restriktiven Betriebsbedingungen automatisiert fahren, wenn die entsprechende Infrastruktur wie Fahrspurmarkierungen und detaillierte Karten vorhanden ist. Sind diese Bedingungen nicht erfüllt, beendet das Fahrzeug die Fahrt.

⑥ **Vollautomatisierte Fahrzeuge** sind in der Lage, selbstständig zu fahren – unabhängig von Strassenbeschaffenheit, Situation und Wetter. Lenkrad und Pedale sind gemäss heutigen Designstudien nicht mehr vorgesehen.

## Die Themenplattform

Die Themenplattform «Autonome Mobilität» schafft Klarheit hinsichtlich der Entwicklungsstufen, zugehöriger Technologien, bereitet deren Entwicklungsstand auf, beleuchtet wesentliche Aspekte einschliesslich Chancen und Risiken und zeigt bei Problemen geeignete Lösungswege auf. Übergeordnetes Ziel ist es, die komplexe Thematik fachkundig und faktenorientiert aufzuarbeiten und dabei die gebotene Neutralität zu wahren, Bewusstsein zu schaffen und zu stärken, Initiativen auszulösen und Fehlentwicklungen möglichst früh entgegenzutreten.

**Mitglieder:** Wolfgang Kröger (Mitglied der SATW, Leiter Themenplattform), Andreas Burgener (Auto Schweiz), Bernhard Gerster (Berner Fachhochschule), Stefan Huonder (ASTRA), Marco Laumanns (ZFF), Jürg Michel (BLS), Martin Neubauer (Postauto Schweiz & SAAM), Thomas Probst (Universität Freiburg & SAAM), Reto Schneider (Amstein + Walthert), Thomas Kuchler (SOB)

## Die Publikation «Autonomes Fahren. Ein Treiber zukünftiger Mobilität»

Im Frühling 2022 erschien die SATW-Publikation «Autonomes Fahren. Ein Treiber zukünftiger Mobilität». Unter Expertinnen und Experten gelten automatisierte Fahrzeuge als Krönung der Digitalisierung, dies insbesondere aufgrund ihrer technischen Komplexität. Autonome Fahrzeuge interessieren die Öffentlichkeit aber nicht nur deswegen, sondern auch weil Mobilität eine grundlegende Bedeutung für die moderne Gesellschaft hat und damit jede:n betrifft. Die Publikation schafft eine Verbindung zwischen allgemeinem Überblick mit Antworten auf die wichtigsten Fragen zu automatisierten Fahrzeugen und vertiefenden Einzelbeiträgen. Diese Kurzfassung ist eine kondensierte Version des ersten allgemeinen Teils.



DOI: 10.5281/zenodo.5907154

## Impressum Kurzfassung

Konzept & Umsetzung: Christian Holzner, Stefan Scheidegger  
Inhalte: Wolfgang Kröger  
Illustrationen: Pikka  
Gestaltung: SATW  
Redaktion: Esther Lombardini  
Datum: September 2022

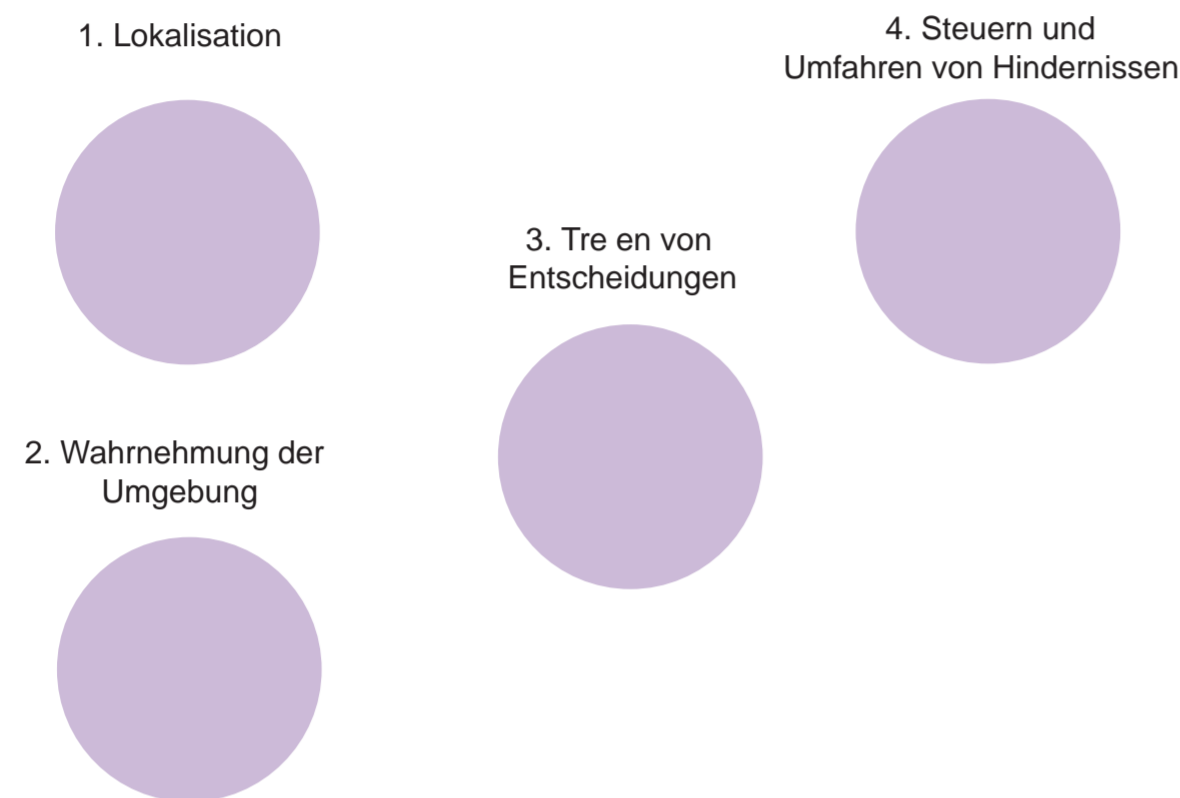
**satw** it's all about  
technology

Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften SATW  
St. Annagasse 18 | 9001 Zürich | 044 226 50 11 | info@satw.ch | www.satw.ch

## Funktionen und Technologien

Damit ein Fahrzeug automatisch fahren kann, müssen die für das Fahren notwendigen kognitiven Fähigkeiten des Menschen technisch nachgebildet werden.

Das automatisierte Fahrsystem muss in der Lage sein, das Fahrzeug sicher zu lokalisieren, ein digitales Abbild der Umgebung zu liefern und den Betrieb in einer Umgebung zu ermöglichen, die sich laufend verändert und nicht vorausgesagt werden kann. Gleichzeitig müssen Verkehrs- und Verhaltensregeln sowie Optimierungsvorgaben beachtet und gewahrt bleiben.



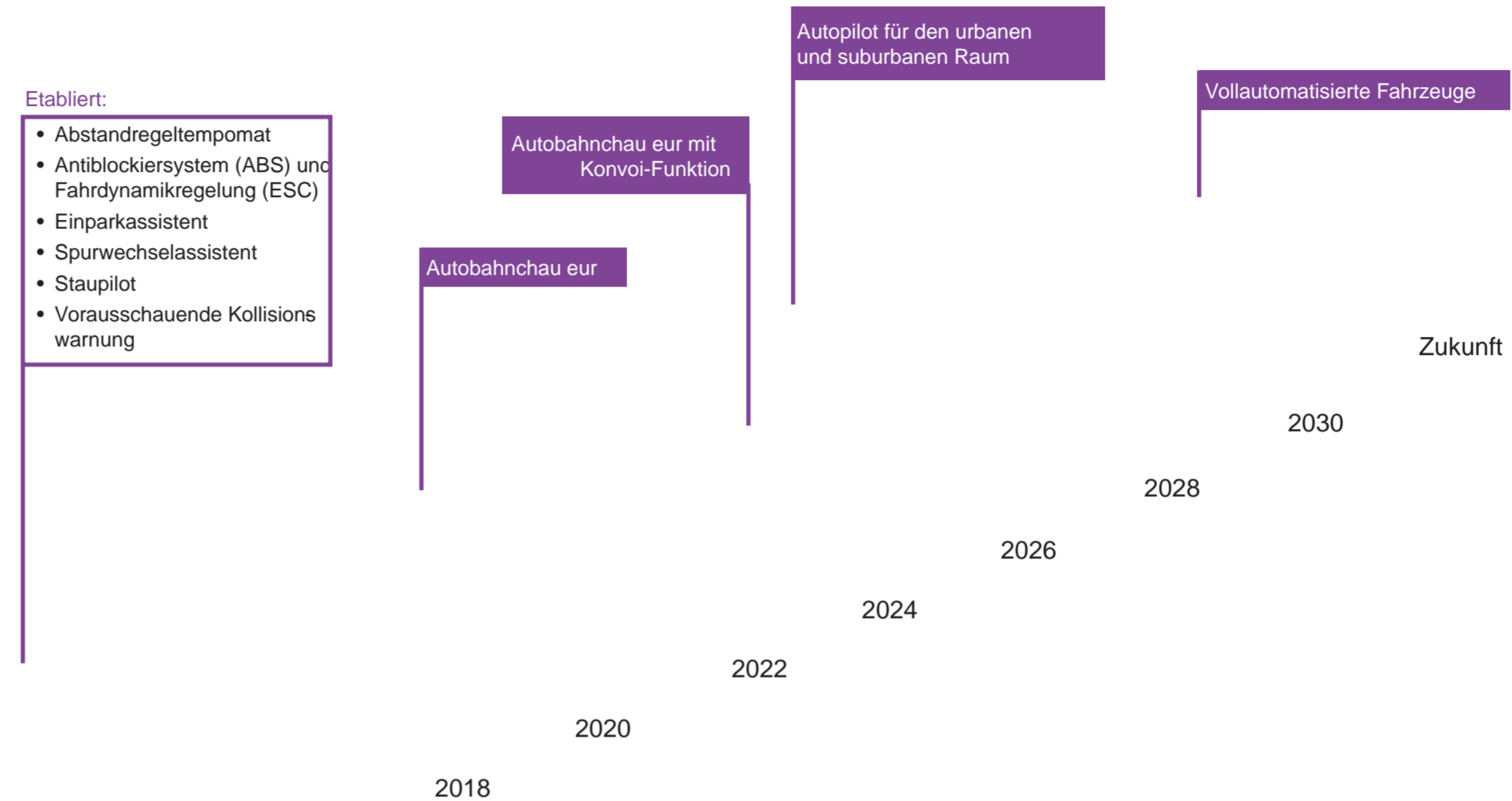
Ein autonomes Fahrzeug benötigt neuartige Software- und Hardware-Komponenten, die zusammen das Fahrsystem bilden. Solche Systeme folgen meist einem modulareren Aufbau und bestehen aus einem zentralen Steuerungscomputer **1**. Dieser wertet die anfallenden Daten mit maschinellen

Lernen aus. Die ausgewerteten Daten werden in Steuerungssignale umgewandelt **2**. Zur Wahrnehmung der näheren Umgebung und Navigation im Nahbereich werden verschiedene Sensortechnologien wie Kameras, Ultraschall, Lidar und Radar genutzt **3**. Für die weiträumigere

Lokalisierung und Routenplanung kommen Ortungsdienste und Karten zum Einsatz **4**. Die weiteren Elemente wie Kollisionssystem **5**, Elektroantrieb **6**, Steuerung und Bremsen **7** unterscheiden sich kaum von heutigen Serienfahrzeugen.

- 1** Steuerungscomputer
- 2** Signalverarbeitung
- 3** Sensoren zur Wahrnehmung der Umgebung
- 4** Fahrzeuglokalisierung
- 5** Redundantes Kollisionssystem
- 6** Elektroantrieb
- 7** Steuern und Bremsen

## Verfügbarkeit



Sensorik und Datenverarbeitung sind zentral für automatisierte Fahrsysteme.

Deshalb erstaunt es kaum, dass zentrale Impulse in der Forschung und Entwicklung von IT-Giganten (wie Waymo oder Baidu) kommen. Die klassische Automobilindustrie spielt ebenfalls eine massgebliche Rolle. Ein weiterer Treiber der autonomen Mobilität ist die Politik. In vielen Ländern werden derzeit Zielvorgaben entwickelt und unterstützende Massnahmen aus-

gearbeitet. Diese Bestrebungen stehen einer ambivalenten Beurteilung durch Örtlichkeit und potenzieller Kund:innen gegenüber. Vorteile und Risiken werden unterschiedlich gewichtet. Gegenwärtige Autos verfügen zum Teil über hochkarätige Assistenzsysteme und werden von den Herstellern der SAE-Stufe 2,5 oder 2+ zugeordnet. Dass hochautomatisierte und vollautomatisierte Fahrzeuge SAE-Stufe 4 und 5) dereinst Realität werden, wird

heute kaum noch angezweifelt. Die dafür notwendigen Weiterentwicklungen der Fahrzeugtechnologie sowie Anpassungen der Verkehrsinfrastruktur und der regulatorischen Rahmenbedingungen sind jedoch anspruchsvoll und aufwendig, insbesondere weil sie aufeinander abgestimmt werden müssen. Zwischen der Verfügbarkeit von ersten Fahrzeugen und der kommerziellen Flottenreife muss unterschieden werden, denn da-

zwischen dürften Jahre, wenn nicht Jahrzehnte liegen. Die Reife von hochautomatisierten Fahrzeugen könnte aber schon in wenigen Jahren für den Einsatz im urbanen und suburbanen Raum ausreichen. Selbst wenn die Verfügbarkeit automatisierter Fahrzeuge bald gewährleistet sein sollte, spricht einiges gegen eine schnelle Marktdurchdringung, insbesondere die bedeutenden Mehrkosten.

## Sicherheit

Zwischen 2015 bis 2020 haben automatisierte Fahrzeuge auf öffentlichen Strassen 12,6 Mio. Kilometer zurückgelegt. Davon entfällt der grösste Teil auf Staaten in den USA mit wenig fordernden Wetterbedingungen, optimalen Strassenverhältnissen und geringen Verkehrsdichten.

Seit 2016 sind vierzehn schwere Unfälle zu beklagen, acht davon mit Todesfolge. Solche Unfälle beinhalten die örtliche Wahrnehmung der Sicherheit autonomer Fahrzeuge und damit deren

Akzeptanz. Politische Entscheidungsträger:innen, die Automobilindustrie und Forschende suchen Antworten auf die Fragen: Wie sicher sollen hoch- und vollautomatisierte Fahrzeuge sein, bevor sie auf öffentlichen Strassen zugelassen werden? Und: Wie sicher sind automatisierte Fahrzeuge wirklich?

Derzeit gibt es noch keine international abgestimmten oder in der Schweiz rechtlich verankerten Standards für automatisierte Fahrzeuge, die vorgeben, wie deren Sicherheit gemessen werden kann.

Es zeichnen sich aber Lösungsansätze auf drei verschiedenen Ebenen ab. Auf der Ebene des Gesamtfahrzeugs muss gezeigt werden, dass automatisierte Fahrsysteme vom Menschen geführte Autos in ihrer Sicherheit übertreffen.

Auf der Ebene der Entwicklung und Herstellung wird der Sicherheitsnachweis an die Hersteller delegiert. Sie müssen robuste Design- und Validierungsprozesse nachweisen.

Auf der Ebene der Komponenten und Subsysteme wird die Sicherheit durch die Einhaltung von internationalen Normen abgedeckt. Damit kann die Strassentauglichkeit der Fahrzeuge nicht abschliessend nachgewiesen werden, weil die Sicherheit sich im Lebenszyklus verändern kann.

## Vor- und Nachteile

Automatisiertes Fahren verspricht vielfältige Vorteile:

Erhöhte Verkehrssicherheit durch die Unterstützung bzw. den graduellen Ersatz der menschlichen Fahrer:innen

Erhöhte Transporteffizienz durch Verringerung von Staus und kritischen Verkehrssituationen

Verbesserter Fahrkomfort und erhöhte Zufriedenheit der Kund:innen durch reduzierten fahrbedingten Stress

Ermöglichung individueller motorisierter Mobilität für eingeschränkte Gruppen

Reduzierung von Emissionen und Ressourcenverbrauch durch höhere Energieeffizienz (insbesondere im Rahmen neuer Mobilitätskonzepte und der kollektiven Nutzung autonomer Fahrzeuge)

Diesen Vorteilen stehen verschiedene Bedenken und Nachteile gegenüber:

Systemausfälle und technische Probleme können nicht ausgeschlossen werden und es wird auch mit autonomen Fahrzeugen schwere Unfälle mit Verletzten und Toten geben

Automatisierung schafft Abhängigkeiten von technischen Systemen und damit verbundenen Kontrollverlust sowie moralisch schwierige Dilemma-Situationen

Autonomes Fahren kann zusätzlichen Autoverkehr verursachen, u.a. durch erhöhte Leerfahrten.

Erhebung, Sammlung und Nutzung von grossen Mengen an persönlichen Daten

Reduzierte Sicherheit, Sauberkeit und Unbehagen bei gemeinsamer Nutzung von Fahrzeugen

Mischverkehr mit nicht oder wenig automatisierten Fahrzeugen sowie anderen vulnerablen Verkehrsteilnehmenden (Velos, Fussgänger, etc.) ist herausfordernd

Viele Vorteile sind erst bei einem hohen Anteil automatisierter Fahrzeuge wirksam