# Inhaltsverzeichnis

[Einleitung 1](#_Toc42718425)

[1 Theoretische Grundlagen 3](#_Toc42718426)

[1.1 Stand der Technik 3](#_Toc42718427)

[1.2 Automatisierte Fahrzeugsicherheit 5](#_Toc42718428)

[1.2.1 Sensoren in einem autonomen Fahrzeug 6](#_Toc42718429)

[1.2.2 Künstliche Intelligenz in autonomen Fahrzeugen 7](#_Toc42718430)

[1.3 Internet of Things 8](#_Toc42718431)

[2 Resultate 10](#_Toc42718432)

[3 Diskussion und Ausblick 11](#_Toc42718433)

[Literaturverzeichnis XII](#_Toc42718434)

[Abbildungsverzeichnis XIV](#_Toc42718435)

[Tabellenverzeichnis XV](#_Toc42718436)

[Abkürzungsverzeichnis XVI](#_Toc42718437)

# Einleitung

Nach Angaben der UNO (Organisation der vereinten Nationen) gibt es 17 Ziele der nachhaltigen Entwicklung. In diesem Text konzentrieren wir uns auf das neunte und auf das elfte Ziel.

Das neunte Ziel umfasst die Förderung der nachhaltigen Industrialisierung und Innovationen, was schlussendlich zu mehr Arbeitsplätzen und erhöhtem Wohlstand führt. Dies wird unter anderem durch die effiziente Einsetzung von Ressourcen ermöglicht. Das elfte Ziel will die von Städten ausgehende Umweltbelastung pro Kopf senken. Die Stadtentwicklung soll inklusiver und nachhaltiger gestaltet werden. Zudem soll der sichere Zugang zu öffentlichen Räumen und Transportsystemen gewährleistet sein (vgl. Der Bundesrat 2020).



Abbildung 1: Nachhaltigkeitsziele 9 und 11

"Zum ersten Mal hat ein völlig autonomes Auto einen Fußgänger getötet. [...] hat der Unfall einen einschneidenden Meilenstein in der Entwicklung der autonomen Mobilität: Der Kampf um das Vertrauen der Öffentlichkeit hat gerade neu begonnen." (Rychel 2018)

Dieser Vorfall hat das Vertrauen in die autonome Fahrzeugindustrie erschüttert.

Ziel dieses Berichts ist es, dem Leser die technischen Grundkenntnisse des autonomen Fahrens zu vermitteln. Des Weiteren wird Internet of Things eingeführt und dargestellt, wie diese Technologie die Sicherheit auf der Strasse erhöhen kann. Dafür werden die aktuellen technologischen Fortschritte, Sicherheitsfragen und die Entwicklungen, die in der Zukunft stattfinden behandelt. Wir werden die gewonnenen Erkenntnisse hinterfragen und auch die aufkommenden Probleme analysieren.

Diese Arbeit wird zeigen, wie autonome Fahrzeuge und Internet of Things der Schweiz helfen bei den Zielen für nachhaltige Entwicklung einen grossen Schritt weiter zu kommen.

# Theoretische Grundlagen

## Stand der Technik

SAE International hat die Automation des Autos in fünf Stufen unterteilt (siehe Tabelle 1). Die Technologie und die Ressourcen, die erforderlich sind, um die Hardware eines Fahrzeuges von Stufe 0 auf Stufe 5 umzurüsten, sind bereits vorhanden. Die Umsetzung scheitert allerdings bei der Software. Die derzeit bekanntesten autonomen Fahrzeuge sind von der Marke Tesla. Alle seit 2016 produzierten Fahrzeuge dieser Marke besitzen bereits die Hardware der SAE Stufe 5 (vgl. Tesla 2016), allerdings ist die aktuellste Version der Software erst auf Stufe 2 (Stand Januar 2020).

Nachfolgend wird von Fahrzeugen der Stufe 5 ausgegangen.

Tabelle 1: SAE Automationsstufen (vgl. Synopsis 2020)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **SAE Stufe** | **Name** | **Erläuternde Definition** | |
| **Der menschliche Fahrer überwacht die Fahrumgebung** | | | |
| **0** | Keine Automation | Das Fahren wird hauptsächlich vom Fahrer selbst durchgeführt. Die einzige Form der Automation ist das Antiblockiersystem (ABS) | |
| **1** | Fahrerassistenz | Das Fahrzeug verfügt über ein einziges automatisiertes System zur Fahrerunterstützung, wie z.B. Lenkung oder Beschleunigung (Tempomat) | unter Verwendung von Informationen über die Fahrumgebung und mit der Erwartung, dass der menschliche Fahrer alle übrigen Aspekte der dynamischen Fahraufgabe erfüllt |
| **2** | Teilweise Automation | Das Fahrzeug kann sowohl die Lenkung als auch die Beschleunigung/Verzögerung steuern |
| ***Automatisiertes Fahrsystem überwacht die Fahrumgebung*** | | | |
| **3** | Bedingte Automation | Alle Aspekte der dynamischen Fahraufgabe werden durch ein automatisiertes Fahrsystem ausgeführt, | mit der Erwartung, dass die Aktionen immer noch vom Menschen überwacht werden |
| **4** | Hohe Automation | auch wenn ein menschlicher Fahrer nicht alle Aktionen überwacht (Kann im Selbstfahrermodus betrieben werden) |
| **5** | Komplette Automation | bei allen Fahrbahn- und Umgebungsbedingungen, die von einem menschlichen Fahrer beherrscht werden können |

## Automatisierte Fahrzeugsicherheit

Tabelle 2: Verunfallte Personen nach Verkehrsmittel, 2019

|  | **Total** | **Getötete** | **Schwerverletzte** | **Leichtverletzte** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Total Verunfallte** | 21 467 | 187 | 3 639 | 17 641 |
| **Personenwagen** | 9 382 | 65 | 706 | 8 611 |
| **Motorrad** | 3 444 | 30 | 990 | 2 424 |
| **E-Bike** | 1 257 | 11 | 355 | 891 |
| **Fahrrad** | 3 428 | 16 | 802 | 2 610 |
| **Übrige** | 3 956 | 65 | 786 | 3 105 |

90% aller Unfälle auf der Strasse sind auf menschliches Versagen zurückzuführen (vgl. Kahyyam 2020, 39). Im Jahr 2019 sind in der Schweiz 21’467 Personen im Strassenverkehr verunfallt (Bundesamt für Statistik 2020). Davon waren 9’382 Personen mit einem Personenwagen unterwegs. Diese Risiken in unserem Alltag können durch autonome Fahrzeuge signifikant minimiert werden. Wichtig dafür ist ein optimales Gleichgewicht zwischen Hardware und Software. Um die Umgebung in Echtzeit zu analysieren und gefährliche Situationen in kürzester Zeit zu erkennen, braucht es sowohl eine Vielzahl an Sensoren, als auch einen leistungsstarken Computer, der diese Datenmenge bewältigen kann.

Ein Bild, das Uhr enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

Abbildung 3: Die durch den Einsatz von Multisensoren ermöglichte komplexe   
Situationswahrnehmung des autonomen Fahrzeuges (Stufe 5)

Wie in Abbildung 2 ersichtlich, wird die Umgebung konstant mit sechs verschiedenen Sensorarten gemessen und digitalisiert. Diese Sensoren generieren einen grossen Informationsfluss, welcher entscheidend ist, um in jeder Momentaufnahme die Situation so genau wie möglich analysieren zu können. Da es möglichst viele Momentaufnahmen braucht, herrscht ein schwieriges Gleichgewicht zwischen der Anzahl Sensoren und dem Zeitintervall zwischen den einzelnen Momentaufnahmen. Je mehr Sensoren man einbaut, desto mehr Informationen bekommt man über die Umgebung. Allerdings führt dies auch zu einer grösseren Datenmenge, die wiederum länger braucht, um bearbeitet zu werden und somit die Reaktionszeit des Autos um entscheidende Sekunden verlängert. Daher sind die Informationslücken (Blind Spots) genauso wichtig wie die Sensoren und bieten bis zu einem gewissen Mass eine Erhöhung der Sicherheit.

### Sensoren in einem autonomen Fahrzeug

**Ultraschall (kurze Distanz):** Dieser Sensor sendet hochfrequente Schallwellen (ca. 50kHz) aus, welche von Objekten reflektiert und gestreut werden. Aus der Laufzeit wird die Distanz zum Objekt berechnet.

**Kameras:** Kameras werden benötigt, um optische Objekte zu analysieren. Sie ermöglichen eine Erkennung der Fahrspur und verfolgen Fahrbahninformationen (z. B. Strassenschilder).

**Radar (Kurze und weite Distanz):** Das Radar funktioniert nach dem gleichen Prinzip wie der Ultraschall, jedoch mit tieferer Frequenz. Es wird benutzt, um den Abstand zu anderen Fahrzeugen und Fussgängern zu ermitteln.

**LiDAR (Mittlere und weite Distanz):** LiDAR funktioniert auch nach dem gleichen Prinzip wie der Ultraschall, jedoch mit Laserstrahlen. Das Resultat ist eine exakte 3D Erkennung der Umgebung.

**DSRC:** DSRC (Dedicated Short Range Communication) ermöglicht die Kommunikation sowohl mit anderen Autos als auch mit weiteren Geräten über 4G, Wi-Fi, Bluetooth, etc.

**Standort Sensoren:** Jedes autonome Fahrzeug braucht noch weitere Sensoren, um den genauen Standort und den momentanen Zustand des Fahrzeuges zu messen:

* **GPS** wird verwendet, um die Koordinaten des Fahrzeuges zu ermitteln.
* Ein **Beschleunigungsmesser** misst die aktuelle Veränderung der Geschwindigkeit.
* Das **Gyroskop** gibt die Neigung und die Rotation des Fahrzeuges an.
* Eine **Rad-Kegelmessung** berechnet die Position der Räder.

### Künstliche Intelligenz in autonomen Fahrzeugen

Um all diese Daten zu verarbeiten, braucht es eine anpassungsfähige Software. Diese wird in Form eines Künstlichen Intelligenz (KI) Modelles übernommen. Das Modell hat drei Teile (vgl. Kayyam 2020, 55f):

1. **Daten sammeln**

Die Daten der Sensoren umfassen alle Informationen, die ein menschlicher Fahrer wahrnehmen würde. Sie werden permanent gesendet und als «aktuelle Situation» verarbeitet. Damit weiss die Software genau, was um das Fahrzeug herum geschieht.

1. **Pfad planen, Entscheidung treffen**

Die «aktuelle Situation» wird gespeichert und mit bereits gespeicherten Situationen verglichen. Dies erlaubt der KI aus der Vergangenheit zu lernen und bessere Entscheidungen in Bezug auf Sicherheit und Ökologie zu treffen. Gleichzeitig müssen die physikalischen Beschränkungen des Fahrzeuges (maximaler Wendekreis, Bremsweg, etc.) und das Einhalten einer angenehmen Fahrweise beachten werden.

1. **Handeln**

Basierend auf den getroffenen Entscheidungen der KI, ist das Fahrzeug nun im Stande Hindernisse auf der Strasse zu erkennen, durch den Verkehr zu navigieren, Fussgänger auszuweichen und Rechtsvortritte zu beachten. Eine sichere und angenehme Fahrt zum Ziel ist somit gewährleistet und die getroffenen Entscheidungen können umgesetzt werden.

Diese drei Phasen befinden sich in einer Dauerschleife, welche erst durch das Ausschalten des Motors beendet wird. Je öfter die Schleife durchlaufen wird, desto intelligenter ist das KI Modell und desto besser sind die Entscheidungen.

## Internet of Things

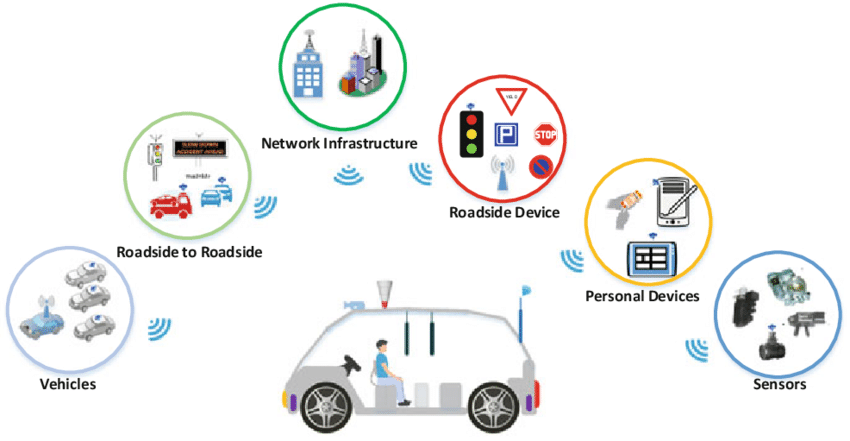


Abbildung 4: Grafische Darstellung der Kommunikation durch IoT

Als Internet of Things (IoT) wird die Kommunikation zwischen verschiedenen Geräten (Siehe Abbildung 4) bezeichnet. Diese Kommunikation ist ein Grundelement zum Erfolg von autonomen Fahrzeugen. IoT erlaubt zum Beispiel einer Ampel den wartenden Autos mitzuteilen, wann sie fahren dürfen. Dies ist viel weniger fehleranfällig und viel effizienter als das Analysieren von Bildern einer Kamera. Auch würde es einem Ambulanzfahrzeug ermöglichen, seinen Standort den Autos in der Umgebung mitzuteilen, worauf die Autos den Umständen entsprechend reagieren können. Kurz gesagt, IoT ermöglicht eine Bienenähnliche Schwarmintelligenz, welche die Sicherheit auf der Strasse enorm erhöhen kann (vgl. Kayyam 2020, 61f). Ein weiterer Vorteil ist die gemeinsame Nutzung der Sensoren. Durch die Auslagerung an feste Standorte (siehe Abbildung 4) können mehrere Fahrzeuge den gleichen Sensor benutzen, was die Fahrzeuge billiger und die Wartung einfacher macht.

Eine IoT Plattform besteht typischerweise aus einem Cloudspeicher und einer Internet-Infrastruktur (vgl. Kayyam 2020, 60). Im Cloudspeicher werden alle Daten in einer Datenbank gespeichert und in der Internet-Infrastruktur wird die Kommunikation zwischen den Geräten sichergestellt.

Ein optimales System ist ein vollständig digitalisiertes Modell der Umgebung durch Sensoren in allen Objekten. Die damit erzeugte Schwarmintelligenz reduziert die Wahrscheinlichkeit eines unvorhergesehenen Ereignisses auf ein Minimum, da eine ständige Kommunikation mit der Umgebung möglich ist (vgl. Schorer 2019).

# Resultate

Der stetige Zuwachs an autonomen Fahrzeugen mit immer höheren Automationsstufen in den letzten Jahren schafft einen neuen Trend zur Einführung verschiedener intelligenter Techniken und Technologien, um die Leistung und Qualität der automatischen Entscheidungsfindung zu verbessern. Die Integration von KI und IoT für autonome Fahrzeuge bietet hochleistungsfähige Systeme, die eingesetzt werden können, um dynamischere und genauere Steuerungssysteme zu ermöglichen und den Strassenverkehr für alle Teilnehmer sicherer zu machen. Ausserdem entspricht die Kombination dieser Technologien sowohl dem Nachhaltigkeitsziel neun als auch dem Ziel elf der UNO, da die benötigten Ressourcen optimal genutzt werden können und viele neue Arbeitsplätze geschaffen werden.

“Inclusive and sustainable industrialization, together with innovation and infrastructure, can unleash dynamic and competitive economic forces that generate employment and income. They play a key role in introducing and promoting new technologies, facilitating international trade and enabling the efficient use of resources.“ (United Nations 2020)

Während die wichtigsten Software- und Hardwarekomponenten von autonomen Fahrzeugen aus Sicherheits- und Reliabilitätsgründen immer noch direkt im Auto verbaut werden, können viele Daten und Hilfsmittel mit Hilfe von IoT ausgelagert werden, um einige technische Herausforderungen wie Stromverbrauch, Rechenleistung und Sicherheit zu bewältigen.

Auf UNO Ziele eingehen. Inwifern sind diese Ziele mit autonomen Fahrem erfüllt

Risiken

# Diskussion und Ausblick

Unser Fachtext basiert auf gut recherchierten Fakten und soll eine objektive Sicht zeigen. Aber auch wenn autonome Fahrzeuge viel Potential zu mehr Sicherheit und besserer Effizienz beinhalten, gibt es noch viele Risiken, welche es zu beachten gilt.

Der Strassenzustand kann für die Sensoren eine grosse Schwierigkeit darstellen. Strassen ohne Markierungen, unklar beschilderte Strassen, Verkehrspolizisten an Kreuzungen, Baustellen auf der Strasse, etc. sind nur einzelne Beispiele. Als Autofahrer trifft man täglich auf unklare oder unsichere Situationen. All das muss bei der Entwicklung beachtet werden. Die Toleranz bei Fehlern ist klein.

Die Cybersicherheit von Fahrzeugen ist zudem ein entscheidender Faktor, um den Anteil an selbstfahrenden Autos auf der Strasse zu erhöhen. Noch vor einem Jahrzehnt verbaute die Automobilindustrie Prozessoren mit zu geringer Leistung, da die Daten mit Kabeln direkt übertragen wurden und keine grosse Rechenleistung nötig war (vgl. Oka 2019). Heutige Fahrzeuge werden jedoch mit wesentlich leistungsfähigeren System-on-Chip (SoC)-Designs ausgeliefert. Autonome Autos müssen noch einen Schritt weiter gehen, da sie genügend Rechenleistung benötigen, um wichtige Entscheidungen auf der Grundlage sensorischer Eingaben zu treffen. Zitat ausschreiben!

”But added complexity comes at the cost of increased vulnerability. Two years ago, security researchers Charlie Miller and Chris Valasek demonstrated how a Jeep Cherokee can be hacked remotely via its internet connection. The duo was able to paralyze the car on a highway, remotely.” (Causevic 2017)

Wie bei allen Anwendungen des maschinellen Lernens besteht der erste Schritt zum Einsatz künstlicher Intelligenz zur Bekämpfung von Sicherheitsrisiken in autonomen Fahrzeugen in der Sammlung und Speicherung der richtigen Daten. Wenn das interne Netzwerk eines Autos mit einer Plattform überwacht wird, die Protokolle speichert und analysiert, kann das Fahrzeug selbst böswillige Aktivitäten erkennen und Angriffe verhindern - oder zumindest den Fahrer warnen und die Auswirkungen mildern (vgl. Gupta 2017).

Autonome Fahrzeuge können die Strassen sicherer machen und wir können uns auf eine Zeit freuen, in der man, durch Schwarmintelligenz und KI, die Strasse überqueren kann und dabei den Verkehr teilt, wie Moses damals das Meer. Jedoch müssen wir gut Acht geben, dass, in all diesem Trend zu mehr Vernetzung und mehr Sicherheit unser Persönlichkeitsschutz und unsere Freiheit nicht vergessen geht. Deshalb ist es wichtig, die Datensammlung so anonym wie möglich zu halten. Die Datenbanken dürfen nicht zu einem Standortverlauf der Menschen werden, sondern sollen nur Positionen von anonymisierten Geräten enthalten und diese so lange speichern, wie sie benötigt werden. Das Einhalten des Datenschutzes muss auch hier oberste Priorität haben.

# Literaturverzeichnis

**Gupta,** Anil (2017): Five challenges in designing a fully autonomous system for driverless cars. (21.08.2017)   
URL: https://iiot-world.com/artificial-intelligence/five-challenges-in-designing-a-fully-autonomous-system-for-driverless-cars/ [Stand: 21.05.2020]

**Kahyyam,** Hamid et al. (2020): Artiﬁcial Intelligence and Internet of Things for Autonomous Vehicles. In: Dai, Liming / Jazar, Reza N. (Hrsg.): Nonlinear Approaches in Engineering Applications. New-York: Springer-Verlag. 39-68.  
URL: https://www.researchgate.net/publication/335021813\_Artificial\_Intelligence\_and\_Internet\_of\_Things\_for\_Autonomous\_Vehicles [Stand: 21.05.2020]

**Ercan,** Serdar (2019): IoT and Smart Autonomous Cars. #EasyMobiliser. (27.03.2019)  
URL: https://blog.hslu.ch/majorobm/2019/03/27/iot-smart-autonomous-cars-easymobiliser/ [Stand: 21.05.2020]

**Synopsis** (2020): The 6 Levels of Vehicle Autonomy Explained. URL: https://www.synopsys.com/automotive/autonomous-driving-levels.html   
[Stand: 21.05.2020]

**Oka,** Dennis Kengo (2019): Securing the Modern Vehicle. A Study of Automotive Industry Cybersecurity Practices. URL: https://www.sae.org/binaries/content/assets/cm/content/topics/cybersecurity/securing\_the\_modern\_vehicle.pdf   
[Stand: 21.05.2020]

**Causevic,** Dino (2017): How Machine Learning Can Enhance Cybersecurity for Autonomous Cars. URL: https://www.toptal.com/insights/innovation/how-machine-learning-can-enhance-cybersecurity-for-autonomous-cars [Stand: 24.05.2020]

**United Nations** (2020): United Nations Sustainable Development, 17 Goals to Transform Our World. URL: https://www.un.org/sustainabledevelopment/   
[Stand: 29.05.2020]

**Der Bundesrat** (2020): Agenda 2030, 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung. URL: https://www.eda.admin.ch/agenda2030/de/home/agenda-2030/die-17-ziele-fuer-eine-nachhaltige-entwicklung.html [Stand: 09.06.2020]

**Tesla** (2016): All Tesla Cars Being Produced Now Have Full Self-Driving Hardware. URL: https://www.tesla.com/de\_CH/blog/all-tesla-cars-being-produced-now-have-full-self-driving-hardware?redirect=no [Stand: 09.06.2020]

**Bundesamt für Statistik** (2020): Strassenverkehrsunfälle. URL: https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/unfaelle-umweltauswirkungen/verkehrsunfaelle/strassenverkehr.html [Stand: 09.06.2020]

**Rychel, Angelo** (2018): Tödliche Unfälle mit autonomen Autos: Der Kampf um Vertrauen beginnt (erneut). URL: https://www.2025ad.com/de/toedliche-unfaelle-mit-autonomen-autos-der-kampf-um-vertrauen-beginnt-erneut [Stand: 10.06.2020]

**Schorer, Matthias** (2019): Internet of Things - die Welt wird digital. URL: http://www.cowo.de/a/3547455 [Stand: 10.06.2020]

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Nachhaltigkeitsziele 9 und 11 4

Abbildung 2: Der Weg der Automatisierung zum vollständig autonomen Fahrzeug 7

Abbildung 3: Die durch den Einsatz von Multisensoren verursachte komplexe Situationswahrnehmung des autonomen Fahrzeuges 9

Abbildung 4: Grafische Darstellung der Kommunikation durch IoT 11

# Tabellenverzeichnis

[Tabelle 1: SAE Automationsstufen (vgl. Synopsis 2020) 6](#_Toc42689113)

[Tabelle 2: Verunfallte Personen nach Verkehrsmittel, 2019 8](#_Toc42689114)

# Abkürzungsverzeichnis

AAA = American Automobile Association

ABS = Antiblockiersystem

ADAS = Advanced driver-assistance systems

IoT = Internet of Things

KI = Künstliche Intelligenz

SAE = Society of Automotive Engineers

SoC = System-on-Chip

UNO = Organisation der vereinten Nationen