

ZHAW  
Communication Competence 2  
IT19a\_ZH Team 1

Fachtext

# Internet of Things

# **Autonomes Fahren**

Autoren:	Oliver Corrodi Tobias Ritscher Nikita Smailov Erman Zankov
Auftraggeber:	Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Datum:	11. Juni 2020



# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>1     Theoretische Grundlagen .....</b>	<b>2</b>
1.1     Stand der Technik.....	2
1.2     Automatisierte Fahrzeugsicherheit.....	4
1.2.1     Sensoren in einem autonomen Fahrzeug.....	5
1.2.2     Künstliche Intelligenz in AF .....	6
1.3     Internet of Things .....	6
<b>2     Resultate .....</b>	<b>8</b>
<b>3     Diskussion und Ausblick.....</b>	<b>9</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>X</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>XII</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>XII</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>XIII</b>



## **Abstract**

The purpose of the paper is to show the potential of the internet of things (IoT) of autonomous vehicles (AV) to improve the road traffic safety in Switzerland. Traffic safety falls under goal 11 of the Sustainable Development Goals (SDG) to which Switzerland has committed itself. According to latest independent research, 90% of road accidents are the result of human failures. We collected information from diverse sources including scientific articles and official publications of the Swiss government. We conclude that, although IoT of AV can contribute to improve traffic safety, issues related to infrastructure and data protection remain. Further research is needed to understand how these challenges can be overcome.



## Einleitung

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

Dieser Vorfall hat das Vertrauen in die autonome Fahrzeugindustrie erschüttert.

Ziel dieser Arbeit ist es, dem Leser die technischen Grundkenntnisse des autonomen Fahrens zu vermitteln. Des Weiteren wird Internet of Things (IoT) eingeführt und dargestellt, wie diese Technologie die Sicherheit auf der Strasse erhöhen kann. Dafür werden die aktuellen technologischen Fortschritte, Sicherheitsfragen und die Entwicklungen der Zukunft behandelt. Die gewonnenen Erkenntnisse werden hinterfragt und die aufkommenden Probleme analysiert.

Der Bericht wird zeigen, wie autonome Fahrzeuge (AF) und IoT der Schweiz helfen werden, bei der Erreichung der Ziele für nachhaltige Entwicklung einen grossen Schritt weiter zu kommen. Nach Angaben der UNO (Organisation der vereinten Nationen) gibt es 17 Ziele der nachhaltigen Entwicklung. Dieser Text konzentriert sich auf das neunte und auf das elfte Ziel.

Das neunte Ziel umfasst die Förderung der nachhaltigen Industrialisierung und Innovation, was 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 werden (vgl. Der Bundesrat 2020).



Abbildung 1: Nachhaltigkeitsziele 9 und 11

# **1 Theoretische Grundlagen**

## **1.1 Stand der Technik**

Die im Autoindusbtriebereich Massstäbe setzende amerikanische Firma 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 an der Software. Die derzeit bekanntesten AFs 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 und somit das ganze Auto erst auf Stufe 2 (Stand Januar 2020).

Nachfolgend wird von AFs 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 AF 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	Teilautomation	Das AF 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



### 1.2.1 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 Fahrbahnhinformationen (z. B. Strassenschilder).

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

**LiDAR (Mittlere und weite Distanz):** LiDAR funktioniert 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 AF 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.

### 1.2.2 Künstliche Intelligenz in AF

Um all diese Daten zu verarbeiten, braucht es eine anpassungsfähige Software. Diese wird in Form eines Künstlichen Intelligenz (KI) Modelles ausgeführt. 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 AF herum geschieht.

#### 2. 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 AF (maximaler Wendekreis, Bremsweg, etc.) und das Einhalten einer angenehmen Fahrweise beachten werden.

#### 3. Handeln

Basierend auf den getroffenen Entscheidungen der KI, ist das AF 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 wird das KI Modell und desto besser werden die Entscheidungen.

## 1.3 Internet of Things

Als IoT wird die Kommunikation zwischen verschiedenen Geräten (Siehe Abbildung 4) bezeichnet. Diese Kommunikation ist ein Grundelement zum Erfolg von AFs. IoT erlaubt zum Beispiel einer Ampel den wartenden Autos mitzuteilen, wann sie fahren dürfen. Dies ist 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 diese den Umständen entsprechend reagieren könnten. 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 können mehrere AF den gleichen Sensor benutzen, was die Herstellung der AF billiger und die Wartung einfacher macht.

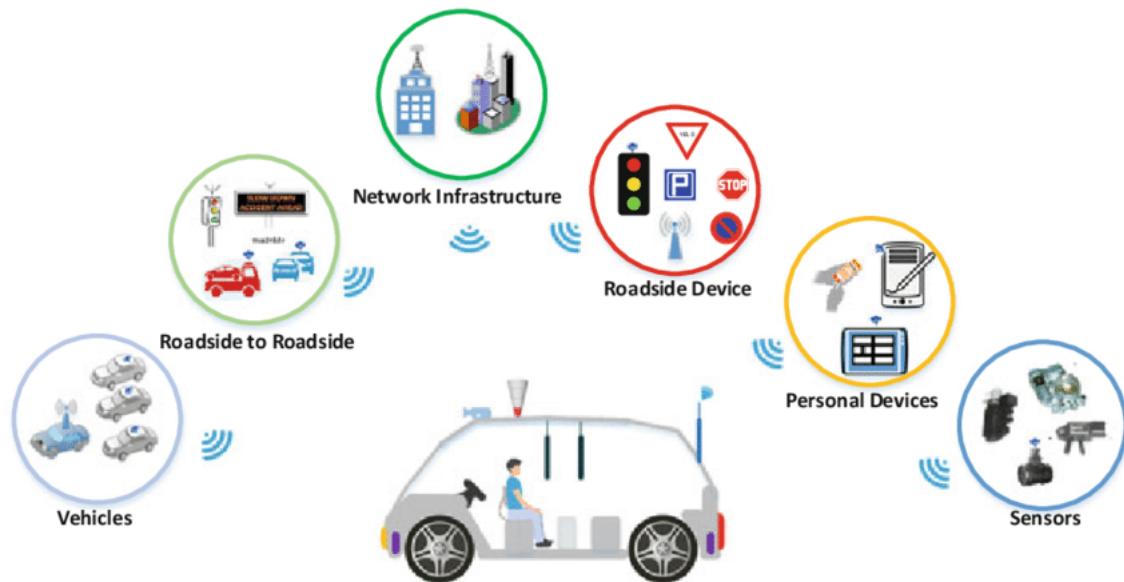


Abbildung 3: Grafische Darstellung der Kommunikation durch IoT

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).

## 2 Resultate

Der stetige Zuwachs an AFs 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 AFs 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 AFs 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.

Aber auch wenn AFs 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. Autofahrer treffen täglich auf unklare oder unsichere Situationen. All das muss bei der Entwicklung beachtet werden. Die Toleranz bei Fehlern ist klein.

Die Cybersicherheit von AF ist zudem ein entscheidender Faktor, um den Anteil an selbstfahrenden Autos auf der Strasse zu erhöhen. Die in AFs verbauten Chips werden immer komplexer und leistungsfähiger. Diese Verbesserung birgt aber auch eine erhöhte Angriffsfläche. 2015 demonstrierten zwei Sicherheitsexperten, wie ein AF aus der Entfernung über seine Internetverbindung gehackt und manipuliert werden kann (Causevic 2017). Bei moderneren AFs wird deshalb eine Software verwendet, welche selbstständig ungewöhnliche Daten erkennt und entsprechend reagiert oder den Fahrer warnt.

### 3 Diskussion und Ausblick

AFs können die Strassen sicherer machen und eine Zeit wird kommen, in der, durch Schwarmintelligenz und KI, die Strasse überquert werden kann und dabei der Verkehr geteilt wird, wie damals das Meer vor Moses. Jedoch ist es wichtig, dass, in all diesem Trend zu mehr Vernetzung und mehr Sicherheit der Persönlichkeitsschutz und die Freiheit der Menschen nicht vergessen geht. Deshalb muss die Datensammlung so anonym wie möglich gehalten werden. Die Datenbanken dürfen nicht zu einem Standortverlauf der Menschen werden, sondern sollen nur Positionen von anonymisierten Geräten enthalten und diese nur so lange speichern, wie sie benötigt werden. Das Einhalten des Datenschutzes muss auch hier oberste Priorität haben.

An IoT-Geräte werden vielfältige Anforderungen gestellt. Hierzu gehört eine niedrige Energieaufnahme, hohe Rechenleistung sowie die Cybersicherheit. Denn bereits in der Vergangenheit sind Probleme aufgetaucht, bei denen IoT-Geräte für digitale Attacken missbraucht wurden. So wurden im Jahr 2016 tausende IoT-Geräte für Distributed Denial-of-Service (DDoS)-Angriffe ausgenutzt und legten dadurch große Teile des Internets lahm. Von diesem Angriff waren auch Firmen wie Amazon, Netflix, Spotify und Twitter betroffen, um nur einige größere Unternehmen zu nennen (Wirnsperger 2020, 11).

Für Hersteller und Dienstleister bedeuten derartige Angriffe und Ausfälle nicht nur einen Image-, sondern auch einen immensen wirtschaftlichen Schaden. IT-Sicherheitsforscher gehen davon aus, dass vergleichbare Angriffe, die IoT-Geräte ausnutzen, in Zukunft zunehmen werden. Dagegen können die Hersteller allerdings etwas unternehmen. Verbesserte Software und Chips mit integrierter Firewall können die meisten Angriffe verhindern, ohne dass Schaden entsteht. Die vorhandene Technologie wird von Tag zu Tag besser. Dennoch braucht es noch viele Tests und weitere Forschungen, bis diese Grundbauteile kommerziell nutzbar sind und die ersten AFs der Stufe 5 auf dem Markt verfügbar sind.

## 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](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](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](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]

**Wirnsperger, Peter J.** (2020): Safeguarding the Internet of Things, Being secure, vigilant, and resilient in the connected age. URL: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Risk/gx-ra-safeguarding%20the%20IoT.pdf> [Stand: 10.06.2020]

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Nachhaltigkeitsziele 9 und 11 .....	1
Abbildung 2: Die durch den Einsatz von Multisensoren ermöglichte komplexe Situationswahrnehmung eines AFs (Stufe 5).....	4
Abbildung 3: Grafische Darstellung der Kommunikation durch IoT.....	7

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: SAE Automationsstufen (vgl. Synopsis 2020).....	3
------------------------------------------------------------	---

## Abkürzungsverzeichnis

AAA	=	American Automobile Association
ABS	=	Antiblockiersystem
ADAS	=	Advanced driver-assistance systems
AF	=	autonomes Fahrzeug
DDoS	=	Distributed Denial-of-Service
IoT	=	Internet of Things
KI	=	Künstliche Intelligenz
SAE	=	Society of Automotive Engineer
UNO	=	Organisation der vereinten Nationen