

Erfahrungsbericht

# Das erste selbstfahrende Auto auf Schweizer Strassen



swisscom



# Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Der aktuelle Stand</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Die Beweggründe</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>Der Hintergrund</b>	<b>4</b>
3.1	Die technischen Fakten	4
3.2	Intelligente Kameras	4
3.3	Stereosehen	4
3.4	Objekterkennung	4
3.5	Erkennende Navigation	5
3.6	Digitale Strassenkarte	5
3.7	Routenplanung	5
3.8	Simulierte Umgebung	5
3.9	3D	5
3.10	Lidar	6
3.11	Radar	6
3.12	Hinderniserkennung	6
3.13	Spurerkennung und Lokalisierung	6
<b>4.</b>	<b>Das haben wir gelernt</b>	<b>6</b>
4.1	Gräser	6
4.2	Ampelsignale	7
4.3	GPS	7
4.4	Sonnenstand	7
4.5	Autobahn versus Stadtverkehr	8
4.6	Kartenstandards	8
4.7	Car2Car und Car2X Communication	8
4.8	CAN-Bus und Datenhoheit	8
4.9	Standards	9
4.10	Ethik, Haftung & Co	9
<b>5.</b>	<b>Zukunft der Mobilität</b>	<b>10</b>



# Das erste selbstfahrende Auto auf Schweizer Strassen

**In Ruhe lesen, entspannt einen Espresso trinken, sich sanft dösend dem Ziel nähern – was beim Autofahren den Mitfahrern vorbehalten ist, soll auch auf dem Fahrersitz Wirklichkeit werden. Swisscom hat im Mai 2015 das erste selbstfahrende Auto auf Schweizer Strassen geschickt und dabei viel erlebt und gelernt.**

Selbstfahrende Autos sorgen momentan für Gesprächsstoff. Doch bevor uns ein intelligentes Auto elegant durch die Stadt chauffiert, gibt es wichtige Fragen zu beantworten: Wie sind Versicherungsfragen zu lösen, wenn der Fahrer gar nicht mehr fährt? Wie steht es um die Verlässlichkeit und Sicherheit der Daten? Hat die neue Form der Mobilität vielleicht sogar Einfluss auf die Stadtplanung? Und natürlich stellt sich die alles entscheidende Frage, ob wir wirklich bereit sind, die Kontrolle abzugeben und den guten alten Fahrspass neu zu definieren. Denn wenn das Auto selbst lenkt und denkt, werden wir zum Passagier.

## 1. Der aktuelle Stand

Zwei US-amerikanische Technologie-Konzerne gehen unter die Autohersteller: Google lässt in den Staaten momentan einen kleinen Zweisitzer testfahren – ohne Lenkrad und Pedale, dafür mit Elektro-Antrieb. Und auch Apple soll Pläne haben, ein Roboter-Auto auf den Markt zu bringen – das «Project Titan» wird aktuell noch unter Verschluss gehalten.

Auf Schweizer Strassen hat Swisscom zwischen dem 4. und 13. Mai 2015 das erste selbstfahrende Auto getestet, in Zusammenarbeit mit dem UVEK und Autonomos Labs aus Deutschland, einem Spin-off der

Freien Universität Berlin. Swisscom will selbst keine Autos bauen, sondern sammelt Erfahrungen für die Mobilität der Zukunft.

## 2. Die Beweggründe

Die Autos der Zukunft werden stark mit ihrer Umgebung vernetzt sein und mit ihr interagieren. Der Test mit dem autonomen Auto ist ein Versuch, folgende Fragen zu beantworten:

- > Was kann die Digitalisierung bereits heute leisten, und wie wird sie unseren Alltag in Zukunft noch stärker prägen?
- > Wie kommuniziert das Auto mit seiner Umwelt, welche Daten produziert es, wie kann das autonome Fahren in Zukunft unterstützt werden?

- > Was bedeutet das für die Kommunikationsnetze?
- > Wie lassen sich Autos, Gegenstände, Verkehrsleitsysteme und Menschen optimal vernetzen?

Wir sind ausserdem überzeugt, dass in der Zukunft effektivere Verkehrsleitsysteme zu weniger Stau führen. Dies entlastet die Umwelt und reduziert volkswirtschaftliche Kosten.

Swisscom sieht zudem eine weitere Anwendung: Das Auto kann dank der Cloud zu einem vollausgerüsteten Büro oder Wohnzimmer werden, in dem man auf dem Weg zur Arbeit bequem seine E-Mails beantwortet oder die Familie auf Reisen mit Swisscom TV Entertainment pur erlebt.



### 3. Der Hintergrund

Bei dem selbstfahrenden Auto in unserem Test handelt es sich um einen modifizierten Volkswagen Passat Variant 3c. Das Auto ist zur Wahrnehmung der Umgebung mit Lidar-/Radarsensorik ausgestattet und mit optischen Kameras. Ein hochpräzises GPS-System liefert Informationen über die Position. Das Auto ist auch mit Drive-by-Wire-Technologie ausgestattet. Das heisst: Auf Motor, Bremsen, Lenkung und andere Betätigungselemente kann direkt über einen CAN-Bus zugegriffen werden. Die Intelligenz erhält das Auto über Software, die auf Computersystemen im Kofferraum untergebracht ist. Die meisten der erforderlichen elektromechanischen Modifikationen und die Integration der Sensoren hat die Volkswagen-Forschungsgarage durchgeführt. Autonomos Labs bringt das Know-how für die Software ein.

#### 3.1 Die technischen Fakten

Autonomos Labs entwickelt Algorithmen, die Autos ihre Umwelt dank Sensoren interpretieren lassen. Die autonomen Autos haben eine visuelle Wahrnehmung: Sie erkennen etwa Fussgänger, schätzen deren Geschwindigkeit und Position ein und können die relativen Distanzen zu statischen und dynamischen Objekten messen. Kamera-Kalibrierungsalgorithmen sorgen für die passenden Kameraparameter (Brennweite, Hauptpunkt und die relative Position), um Projekt-Welt-Objekte in Bildern darzustellen. Autonomos Labs entwickelt eine Online-Methode, welche die Position der Kamera relativ zum Boden unter Verwendung des optischen Flusses in aufeinander folgenden Videobildern berechnet. Damit erhält Autonomos Labs die Bilder, welche für die Kalibrierung gebraucht werden.

#### 3.2 Intelligente Kameras

Bevor die Bilder an den Hauptcomputer übermittelt werden, verarbeiten intelligente Kameras die vom Computer produzierten Visionsalgorithmen. Die Datenverarbeitung erfolgt ähnlich wie die visuelle Bildverarbeitung im menschlichen Auge. Die Bildskalierung oder die Schätzung von optischer Bewegung oder Tiefe ist dabei sehr rechenintensiv. Die Programmarchitektur von Autonomos Labs basiert auf Implementierungen in FPGA (Field Programmable Gate Array), einer speziellen intelligenten Schaltungstechnik, und verhindert, dass es bei diesen rechenintensiven Algorithmen zu Verzögerungen kommt.

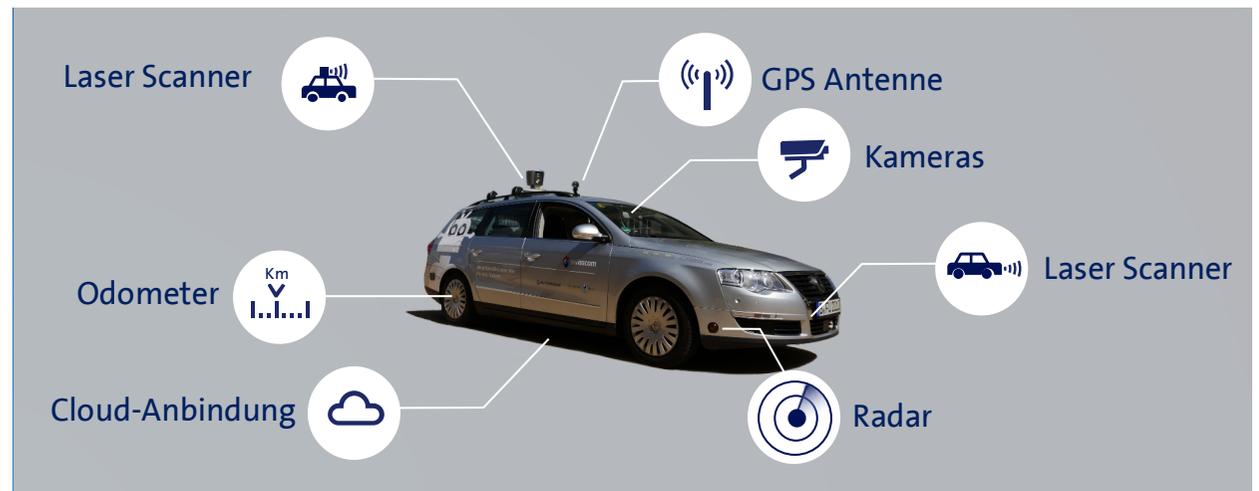
#### 3.3 Stereosehen

Das intelligente Kamerasystem vom Autonomos Labs berechnet die benötigten dreidimensionalen Informa-

tionen anhand von mindestens zwei räumlichen Perspektiven. Das System ist vergleichbar mit der menschlichen Tiefenwahrnehmung und vermittelt durch die Projektion der Umgebung auf die menschliche Retina das Gefühl von Tiefe. Das Stereosystem schätzt den Standort und die Entfernung von Objekten in der Umgebung. Diese erhobenen Daten können dann für Verkehrslageanalysen oder für die Erstellung von dreidimensionalen Karten verwendet werden.

#### 3.4 Objekterkennung

Autonomos Labs entwickelt Systeme für die Erkennung statischer und dynamischer Objekte in der Umgebung. Diese Erkennungssysteme sind wichtige Komponenten für die Fahrerassistenzsysteme oder die selbstfahrenden Autos. Die vielleicht bekannteste Erkennungsmethode für statische Objekte in der Automobilindustrie ist die Spurerkennung. Autono-



Die technischen Merkmale des selbstfahrenden Autos im Überblick.

mos Labs entwickelt die vorhandenen Spurerkennungssysteme zu statistischen Modellen weiter und nutzt sie dazu, mittels GPS die Selbststörung der Autos besser abzuschätzen.

Aktuell entwickelt Autonomos Labs Module, welche in Echtzeit komplexere dynamische Objekte in Bildsequenzen erkennen können. Dafür gibt es bereits ein idealtypisches Modell, das sämtliche Kameraparameter nutzt, um zuverlässig die Distanz zwischen den selbstfahrenden und den anderen Autos zu berechnen. Um zukünftig noch besser auf gefährdende Situationen zu reagieren, werden diese Modelle um die Erkennung und Beobachtung von Personen und ihren Absichten im Strassenverkehr erweitert.

### 3.5 Erkennende Navigation

Autonomos Labs entwickelt die Technologien zur Routenplanung und Navigation im Strassenverkehr. Die Umgebungssensoren (GPS, Kameras, Lasersensoren) liefern laufend Daten, welche mit den Informationen einer digitalen Strassenkarte kombiniert werden müssen. Diese Kombination ermöglicht es dem Auto, kollisionsfrei durch den Strassenverkehr zu manövrieren und ein menschliches Verhalten nachzuahmen.

Autonomos Labs entwickelt die Software für die Steuerung und das Verhalten der selbstfahrenden Autos. Darunter sind Algorithmen für die Wegplanung, die Kreuzungserkennung, die Hindernisumfahrung und die Lenk- und Geschwindigkeitskontrolle zu verstehen. Damit das selbstfahrende Auto im Strassenverkehr selbständig navigieren kann, greift es auf die Ortungsdaten des GPS-Empfängers zurück, korrigiert diese Daten anhand der Kamera- und Laserscanner-Daten und wendet sie dann auf die gespeicherte Strassenkar-

tendatei an. Die Kombination von diesen Daten und Prozessen ermöglicht es dem Auto, sich kollisionsfrei von einem Punkt zum anderen zu bewegen. Ziel von Autonomos Labs ist es, ein Auto zu entwickeln, das fähig ist, sich im Strassenverkehr selbständig zu bewegen und gegenüber anderen Verkehrsteilnehmern und Hindernissen zuverlässig zu reagieren.

### 3.6 Digitale Strassenkarte

Die digitale Darstellung des Strassennetzes basiert auf einer sogenannten RND-Datei (Route Network Definition File). Diese enthält Informationen über das Vorkommen von Kontrollpunkten, Autobahnen, Strassen, Kreuzungen und Spuren und ermöglicht die Planung einer logischen Route.

### 3.7 Routenplanung

Die Autoroute muss laufend an das Bewegungsmodell des selbstfahrenden Autos und an die Verkehrsregeln angepasst werden. Dies schliesst einerseits alle Manöver wie Bremsen, Abbiegen und Überholen und andererseits Geschwindigkeitsbegrenzungen, Ampeln und Stoppschilder mit ein.

### 3.8 Simulierte Umgebung

Da echte Testfahrten zeitaufwendig sind, werden viele Funktionen zunächst in einer simulierten Umgebung mit einem kinematischen Automodell getestet, welches das Verhalten eines Autos in der virtuellen Realität simuliert.

### 3.9 3D

Autonomos Labs befasst sich mit der räumlichen Erfassung der direkten Umgebung des selbstfahrenden Autos. Um die Distanz- und die Geschwindigkeit zu messen, wird auf die Lidar- und Radartechnologien zurückgegriffen. Zusätzlich setzt Autonomos Labs für die Distanz- und Geschwindigkeitsmessung einen Laser-Scanner ein, bei dem ein für Mensch, Tier und Umwelt gefahrloser Laserstrahl ungerichtet durch einen drehenden Spiegel verteilt wird. Dadurch wird anstatt einer selektiven Erfassung eine komplette und solide Abbildung vergleichbar mit einem virtuellen Tastsinn erreicht.

Die sofortige und genaue Erkennung der Umgebung bildet für das selbstfahrende Auto eine grundlegende Voraussetzung. Autonomos Labs hat dafür räumliche (dreidimensionale) Sensoren entwickelt, welche bereits an den selbstfahrenden Autos installiert sind. Die dabei ermittelten Sensordaten sind bereits analysiert und verarbeitet. Die grösste Herausforderung ist



Dank des Laserscanners lassen sich Objekte genau orten – bei Tag und Nacht.

die Lieferung von zuverlässigen Resultaten der Algorithmen in Echtzeit. Wenn die Objekterkennung auch nur für eine Sekunde ausfällt, könnte dies zu einem Unfall führen. Um dies zu vermeiden, arbeitet Autonomos Labs mit 3D-Abbildungen der Umgebung, die alle 40 Millisekunden aktualisiert werden. Die Informationen werden von verschiedenen, voneinander unabhängigen Sensoren geliefert.

### 3.10 Lidar

Lidar ist eine Methode zur Distanzmessung durch Licht. Ein für Mensch, Tier und Umwelt unschädlicher Infrarot-Laserstrahl wird ausgestrahlt und kann durch ein Objekt reflektiert werden, wobei durch Lichtlaufzeitmessung die Distanz des Objektes zum Reflektor berechnet wird.

Die meisten Lidar werden als Scanner eingesetzt, bei denen der Laserstrahl durch eine Drehspegeleinheit umgelenkt wird oder bei denen die Elektronik selber rotiert. Der Vorteil der Lidar als aktive Sensoren besteht darin, dass sie bei allen Lichtverhältnissen funktionieren, ob Tag oder Nacht. Die relativ neue Technologie funktioniert hervorragend bei der Feststellung von Positionen und Formen eines Objektes, sie wird jedoch bisher selten in der Automobilindustrie eingesetzt.

### 3.11 Radar

Die Radarmethode benutzt das Echo elektromagnetischer Wellen in Funkfrequenz. Im Gegensatz zu Lidar ist eine exakte Positionsfindung mittels Radar nicht möglich, da sich Funkwellen nicht geradlinig ausbreiten. Durch die Nutzung des Doppler-Effekts kann die Geschwindigkeit eines Objektes festgestellt werden.

In der Automobilindustrie werden Radarmethoden gewöhnlich im Tempomat, bei Spurassistenten und bei Notfallbremsystemen eingesetzt. Beim selbstfahrenden Auto hat man die folgenden Radarmethoden eingesetzt:

- › Der Nahradar SMS <sup>™</sup>, der mit 24GHZ funktioniert. Dabei werden erkannte Hindernisse mit Hindernissen zusammengeführt, die von den LUX Lidars zuvor geortet werden.
- › Das Hella <sup>™</sup> Radarsystem wurde ursprünglich für den VW Phaeton entwickelt und wird vor allem zur Beobachtung der Nebenspur genutzt.
- › Der von Autonomos Labs eingesetzte TRW <sup>™</sup> ist der Radar mit der grössten Reichweite, der zuverlässig andere Autos erkennt und vor allem beim schnellen Fahren auf der Autobahn eine wichtige Funktion einnimmt.

### 3.12 Hinderniserkennung

Hauptaufgabe der 3D-Sensoren ist die Hinderniserkennung. Basierend auf hochauflösenden Karten erfolgt ein Abgleich mit der geometrischen Strassenoberfläche. Diese Informationen werden mit den vorhandenen Sensorinformationen von Autonomos Labs verglichen. Ziel ist es, dadurch dynamische und statische Hindernisse zu erkennen. Die Datenverarbeitung ist komplex: Die Rohdaten werden gefiltert und zusammengeführt. Alle ermittelten Daten werden untersucht und die wichtigsten Informationen wie beispielsweise freie Bereiche, Hindernisse oder Strassenmarkierungen herausgefiltert. Mit einem sogenannten Kalman-Filter werden die erkannten Hindernisse laufend aktualisiert. Basierend auf dieser Liste mit Hindernissen wird das korrekte Verhalten des selbstfahrenden Autos abgeleitet.

### 3.13 Spurerkennung und Lokalisierung

Die Sensoren liefern neben den räumlichen Informationen auch Informationen zur Intensität der reflektierten Wellen. Die von den Sensoren gelieferten Infrarotbilder sind mit den Helligkeitswerten von Graustufenbildern vergleichbar. Lidars sind im Gegensatz zu Kameras aktive Sensoren und daher von den Lichtverhältnissen unabhängig. Kameras hingegen haben den Vorteil, dass sie eine höhere Auflösung ermöglichen und günstiger in der Anschaffung sind. Die Informationen über die Helligkeit können für die Erkennung von Strassenmarkierungen verwendet werden. Gestützt auf diese Informationen kann die seitliche Abweichung des Autos bestimmt werden und die vom GPS-System gelieferten Positionsdaten lassen sich korrigieren. Ebenso kann mit diesen Informationen eine genaue Karte der Strassenoberfläche erstellt werden, bei der beispielsweise Abwasserkanaldeckel oder Asphalttrisse ermittelt werden. Auch Intensitätshistogramme und 3D-Merkmale wie vertikale Kanten werden ermittelt und in einer Karte abgespeichert, um die Zuverlässigkeit der Lokalisierung zu verbessern. Langfristiges Ziel ist eine von allen GPS-Daten unabhängige Positionserkennung des Autos.

## 4. Das haben wir gelernt

### 4.1 Gräser

#### *Farn, der in die Fahrbahn weht*

Auf unseren Testfahrten hatte der Wind Gräser verweht; sie ragten bei einem Fussgängerstreifen in die Fahrbahn. Die Laser-Sensoren des Autos erkannten selbst die kleinste Bewegung. Das Auto erkannte das Gras als Gegenstand am Rand der linken Spur und

wich auf die rechte Spur aus. War die rechte Spur durch ein anderes Auto blockiert, löste das selbstfahrende Auto eine abrupte Bremsung aus. Die gleiche Reaktion erfolgte, wenn eine Plastiktüte über die Strasse wehte.



Gräser am Strassenrand werden plötzlich zur Herausforderung.

Es gibt heute noch keine endgültige Lösung, mit der Sensoren bewegte Objekte wie verwehte Gräser eindeutig identifizieren können. Die Entwicklung intelligenter Erkennungstechnologien schreitet jedoch rasch voran. Bereits heute können Busse, PKW, Motorräder, Velos und Fussgänger unterschieden werden, denn sie weisen verschiedene Form- und Bewegungsmuster auf.

Auf Autobahnen ist das Problem der Gräser weniger wichtig als in Innenstädten oder auf Landstrassen, da die Sicherheitsabstände zur Fahrbahn grösser sind.

#### 4.2 Ampelsignale *Mehr LED in Zürich*

In Zürich sind deutlich mehr Ampeln mit LED-Leuchten im Einsatz als in Berlin. Das Grün-Signal wurde deshalb

weniger gut erkannt: Das Auto bremste vor einer Ampel ab, bis die Sensoren und Software die Ampelfarbe eindeutig zuordnen konnte. Die Lösung: Via Software wurde die Kalibrierung verändert, so dass auch LED-basierte Ampeln besser erkannt wurden. Bei den Orange- und Rot-Signalen gab es keine Verzögerung in der Erkennung.

#### 4.3 GPS *Technologie-Mix wird erforscht*

Zur Lokalisierung verwendeten wir ein GPS-Gerät und nutzten ausserdem die GPS-Korrekturdaten via Webservice von Swisstopo – zusätzlich zu den Landmarks der erstellten digitalen Karten und einem am Hinterrad montierten Odometer zur genauesten Wegmessung. Dabei wurde deutlich, dass in der Schweiz bereits ein neuerer Standard genutzt wird als in Berlin. Somit wurden die Schweizer Daten via Swisscom Mobilfunknetz (sicherer Remote Access Service) empfangen, dann im Auto-Computer gesammelt und via Cloud-Dienst im Internet umgerechnet. Anschliessend wurden die Daten wieder im Auto empfangen und während der Fahrt eingerechnet. Dieser Ablauf funktionierte bestens, und das Netz erfüllte alle Anforderungen.



Alles im Blick: Datenberechnung während der Testfahrten.

gen an Verfügbarkeit, Latenz und Bandbreite. GPS-Korrekturdaten werden meist von Planern verwendet. Die Nutzung der Korrekturdaten in einem autonom fahrenden Auto brachten neue Anforderungen an einen GPS-Service in einem höchstverfügbaren Service zum Vorschein.

Das Thema GPS für selbstfahrende Autos wird kontrovers diskutiert. Kritiker aus der Autobranche und Wissenschaft argumentieren, dass ein selbstfahrendes Auto nicht primär auf GPS angewiesen sein darf und auch ohne Hilfe von GPS funktionieren muss. Denn GPS-Daten allein seien zu ungenau, vor allem in Städten durch Gebäudereflexionen «sprunghaft», und setzten somit Korrekturdaten voraus, die wiederum auch international verfügbar sein müssten. Bei einer Nicht-Verfügbarkeit des GPS- oder Korrekturdaten-Systems entstanden für das Auto zu grosse Einschränkungen.

Hier können digitale Karten mit Landmarks, eine intelligente Infrastruktur und Sensor-Technologien helfen. Es wird sich zeigen, welcher Technologie-Mix sich für die Lokalisation durchsetzt.

#### 4.4 Sonnenstand *Sensoren empfindlich*

Speziell am Abend bei niedrigem Sonnenstand direkt von vorne wurden die Sensoren massiv gestört. So konnte die aktuelle Schaltung der Ampeln in dieser Situation erst sehr spät erkannt werden – das menschliche Auge verhält sich in diesem Fall ähnlich.

Als Konsequenz näherte sich das selbstfahrende Auto der Ampel sehr langsam und beschleunigte erst nach eindeutiger Erfassung der Ampel zu einem späten Zeitpunkt.

Die Situation zeigt auch, dass die Autos in einer so komplexen Situation auf Nummer sicher gehen und im Extremfall einfach stehen bleiben. Eine vergleichbare Situation erlebten wir an einem Zebrastreifen. Dort stand eine Person, die aber die Strasse nicht überqueren wollte. Das selbstfahrende Auto erkannte die Person und stoppte vor dem Zebrastreifen. Nur durch einen manuellen Eingriff konnten wir diese Blockierung überwinden.

#### **4.5 Autobahn versus Stadtverkehr Weniger Komplexität auf der Autobahn**

Im Rahmen der Kalibrierungsfahrten wurde deutlich, wie viel Aufwand für die Vermessung und Einrichtung der Fahrrouten notwendig ist. Besonders der komplexe Verkehrsfluss in der Stadt bedeutet eine grosse Herausforderung, so etwa am Escher-Wyss Platz in Zürich. Die Kombination aus Kreisverkehr, Brücke, Radweg, Fussgängerweg, verkehrsberuhigter Zone und der Hardbrücke erschwerte die Kalibrierung so sehr, dass wir auf diese Route letztlich ganz verzichteten.

Wir schlussfolgern, dass selbstfahrende Autos zunächst auf Autobahnen eingesetzt werden, wo die Komplexität reduziert ist. Schon heute funktionieren teilautomatisierte Funktionen wie adaptive Tempomaten am besten auf Autobahnen. Mit dieser Einschätzung folgen wir dem Grossteil der Experten, die davon ausgehen, dass die ersten Fahrassistenten in rund fünf Jahren auf Autobahnen zu finden sein werden.

#### **4.6 Kartenstandards Hochpräzise digitale Karten als Grundlage**

Selbstfahrende Autos sind auf extrem genaue digitale Karten angewiesen. Derzeit gibt es keinen Stan-

dard für solche Karten, und es ist noch offen, welcher sich durchsetzen wird. Daimler, Audi und BMW kauften jüngst für 2.8 Milliarden Euro den Kartendienst «Here» von Nokia. Die Akquisition zeigt die Bedeutung des digitalen Kartenmaterials für die Automobilbranche, besonders im Kontext der autonomen Autos. Andere Anbieter digitaler Karten sind TomTom und in Zukunft wohl auch Google. In unserem Test nutzen wir durch Autonomos Labs erstellte Digital Maps. Wir sind überzeugt, dass die Zusammenarbeit mit einem Anbieter digitaler Präzisionskarten grundlegend ist, damit selbstfahrende Autos in der Schweiz Wirklichkeit werden. Der Anbieter kann sein Kartenmaterial laufend mit gewonnenen Kalibrierungsdaten aus den Autos optimieren.

Die Idee, das gewonnene, extrem genaue Kartenmaterial an den Anbieter zurückzuspielen, konnten wir in unserem Test nicht umsetzen.

#### **4.7 Car2Car und Car2X Communication Kommunikative Autos bringen Vorteile**

In unserer Versuchsanordnung war eine dauerhafte Funkverbindung des Autos notwendig, um die GPS-Korrekturdaten zu empfangen. Das Senden von Daten aus dem Auto war nicht vorgesehen. Wir sehen in diesem Bereich allerdings einen grossen Nutzen für den Strassenverkehr.

Machine2Machine-Kommunikation kann die Strassen sicherer machen und das Autofahren bequemer. Man unterscheidet zwischen der Kommunikation verschiedener Autos (Car2Car) und zwischen Auto und fixen Einrichtungen (Car2Infrastructure). Solche fixen Einrichtungen können zum Beispiel Kartendienste, Ampeln und Verkehrsleitsysteme sein.

Die Vorteile liegen auf der Hand: Autos können andere Autos über Staus, Unfälle und Gegenstände auf der Fahrbahn in Echtzeit direkt informieren. Zusätzlich können Autos mit fixen Einrichtungen wie Ampeln kommunizieren und so zur Optimierung der Verkehrssteuerung beitragen. Jedes Auto ist eindeutig identifizierbar, was für die grossen Herausforderungen der Mobilitätssteuerung der Zukunft zwingend ist, etwa für das viel diskutierte nachfragebasierte Road-Pricing.

Es ist vorstellbar, dass es zukünftig eine zentrale Datendrehscheibe für den Strassenverkehr geben wird. Diverse Informationsquellen wie Autos, Ampeln, Wetterstationen, Kameras und Strassensensoren werden Daten über den Zustand der Strassen, der Umwelt und des Verkehrsaufkommens melden. Diese Daten werden gespeichert, via Big-Data-Technologien ausgewertet und ohne zeitlichen Verzug den Verkehrsteilnehmern zur Verfügung gestellt. Hier ist eine zuverlässige Mobilfunkverbindung wichtig, um die Möglichkeiten des vernetzten Autos ganz auszuschöpfen.

#### **4.8 CAN-Bus und Datenhoheit Hersteller schränken Steuerungsmöglichkeiten ein**

Unter dem CAN-Bus (Controller Area Network) versteht man ein Bus-System in Autos, das unterschiedliche Steuergeräte, Sensoreinheiten und Multimediaeinheiten vernetzt. Besondere Sicherheitsmerkmale haben zur Etablierung dieses Standards beigetragen. Der CAN-Bus kommt für externe Dienste zum Einsatz, welche über die bestehende Steuerung oder Vernetzung des Autos hinausgehen – nicht nur für selbstfahrende Autos. Im Flottenmanagement von Swisscom wird der CAN-Bus etwa eingesetzt, um Sharing-Möglichkeiten wie das Öffnen von Türen per Cloud-Dienst zu ermöglichen. Der CAN-Bus spielt also

beim nachträglichen Einbau von Funktionalitäten eine zentrale Rolle, so auch in unserem Test.



Schon heute Realität: Dank CAN-Bus lassen sich Auto-Türen per Cloud-Dienst öffnen.

Haftungsfragen veranlassen Autohersteller dazu, die Steuerungsmöglichkeiten einzuschränken, um sich nicht zusätzlichen Haftungs- und Sicherheitsrisiken auszusetzen. Auch viele Datendienste nutzen den CAN-Bus in nachgelagerten Systemdiensten, die Hersteller selber anbieten wollen, so zum Beispiel das Auslesen von Autodaten zur Weiterverarbeitung. Die Konsequenz ist eine restriktivere Haltung zur Freigabe von Autodaten von Seiten der Hersteller – nicht nur aus technischen Gründen, sondern auch aus strategischen.

Heute könnte man das von Swisscom genutzte Auto wohl nicht mehr auf diese Weise umbauen, ohne zuvor eine grössere Freigabe des Herstellers einzuholen.

#### 4.9 Standards

##### **Zuerst in herkömmlichen Autos**

Schon seit einigen Jahren entwickeln die grossen Autohersteller (teil-)autonome Autos, und auch bran-

chenfremde Unternehmen wie Google engagieren sich. Aktuell wird stark auf Eigenentwicklungen gesetzt, für die es noch keine (verabschiedeten) Standards gibt. Im Bereich Car2X gibt es den 2010 publizierten IEEE 802.11p Standard für eine WLAN-Technologie, die WLAN in Autos etabliert und so eine zuverlässige Schnittstelle zu anderen Autos und zu intelligenter Verkehrsinfrastruktur bietet.

Die Car2X Kommunikation wird für Verkehrsteilnehmer erst interessant, wenn genügend Autos ausgerüstet sind. In Deutschland werden zum Beispiel mit staatlicher Unterstützung Forschungsinitiativen zur Standardisierung und Entwicklung von Technologien für selbstfahrende Autos gefördert. Diese Initiativen bringen Autohersteller mit Elektronikspezialisten, Zulieferern sowie IT- und Telko-Anbietern zusammen.

Bei den hochpräzisen digitalen Karten zeichnen sich bereits Standards ab. In der Definition dieser Standards ist es wichtig zu beachten, dass Informationen rasch erfasst und mit anderen Autos geteilt werden können. Beides ist für temporäre Änderungen wie Baustellen relevant und auch für Störungen wie Pannenfahrzeuge. Es geht hier nicht nur um die Übermittlung der Störungsart, sondern bei Bedarf auch um Vorgaben zu veränderter Spurführung und Tempoanpassung. Für die Umsetzung der Standards ist ein eng koordiniertes Zusammenspiel von lokalen und nationalen Behörden sowie ICT-Partnern mit den globalen Anbietern des Kartenmaterials nötig.

Die Kommunikation von Autos untereinander und mit Infrastruktur wird zuerst in nicht selbstfahrenden Autos zu finden sein. Die Fahrer erhalten so Unterstützung bei der Routenplanung und in kritischen Situationen.

#### 4.10 Ethik, Haftung & Co

##### **Spannende Diskussionen stehen an**

Unsere Testfahrten mit dem selbstfahrenden Auto haben im Projektteam komplexe Fragen aufgeworfen.

##### > **Wie sieht es mit der Haftung aus?**

Bei Schäden, die durch den Betrieb eines Autos verursacht werden, greift nach heutiger gesetzlicher Konzeption eine strenge Kausalhaftung (Gefährdungshaftung). Bei einem Verkehrsunfall oder Autounfall haftet der Halter des Autos grundsätzlich für den Schaden, auch wenn ihn kein Verschulden trifft. Dieser Grundsatz ist in Art. 58 Abs. 1 des Strassenverkehrsgesetzes (SVG) festgehalten, der wie folgt lautet:

*«Wird durch den Betrieb eines Autos ein Mensch getötet oder verletzt oder Sachschaden verursacht, so haftet der Halter für den Schaden.» Bei einem Unfall mit einem Auto genügt also schon der Betrieb, um eine Haftung auszulösen. Der Halter oder dessen Haftpflichtversicherung müssen dann Schadenersatz (Erwerbsschaden, Haushaltschaden etc.) und Genugtuung (Schmerzensgeld) leisten. Ein Verschulden braucht es nicht.*

> Bei einem teil-autonom fahrenden Auto wird sich an diesem Grundsatz nichts ändern, solange der Autoführer verpflichtet ist, die Assistenzsysteme mit aller geforderten Aufmerksamkeit zu überwachen und sofort einzugreifen, wenn sich gefährliche Situationen ergeben. Bei wirklich autonom fahrenden Autos, bei denen der Fahrer keine Funktion mehr übernimmt, dürfte bei Unfällen eine nicht adäquate Programmierung, ein Systemfehler oder gar ein Systemversagen im Vordergrund stehen und deshalb die Herstellerhaftung (Produktesicherheit) in den Mit-

telpunkt rücken (allenfalls Rückgriff des primär haftenden Halters auf den Hersteller). In einem Mischbetrieb mit konventionell geführten Autos werden sich komplexe Abgrenzungsfragen zwischen Halter- und Herstellerhaftung ergeben, die heute noch nicht gelöst sind. Diskutiert werden bei Versicherungsgesellschaften auch übergreifende Fonds-Lösungen. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt können aber noch keine Prognosen gewagt werden.

In unserem Test stiess der im Strassenverkehr geltende Vertrauensgrundsatz «es ist nur mit Fehlern zu rechnen, die erfahrungsgemäss oder in einer konkret vorliegenden Situation vorkommen können» einige Male an seine Grenzen. Etwa dann, wenn das Auto nicht flüssig über eine grüne Ampel fuhr, sondern nur verzögert losfuhr oder sogar als einziges Auto stillstand, wie im Extremfall der tiefstehenden Sonne. Wäre es zu einem Auffahrunfall gekommen, hätte sich eine zumindest eine Teilhaftung ergeben, so wie beim sogenannten Schikane-Stopp.

Wie für Versuche in Deutschland galt auch für die Schweiz eine Versicherungsdeckung für Schäden bis zu 100 Millionen Euro.

- **Wer wird zukünftig in einem Schadensfall zur Verantwortung gezogen?**  
Der Autohersteller als Lieferant der «Intelligenz» oder der Fahrer, der nun ein Nutzer ist?
- **Was geschieht, falls ein selbstfahrendes Auto einen Verkehrstoten verursacht?**  
Experten sind sich einig, dass selbstfahrende Autos die Anzahl Verkehrstote senken können, die durch menschliches Versagen verursacht werden

– aber zählt dieser positive Aspekt dann immer noch?

- **Nach welchen ethischen Grundlagen werden selbstfahrende Autos programmiert?**  
Soll eine alte Dame auf dem Zebrastreifen überfahren werden, um ein unachtsames Kind zu schonen, das zwischen zwei parkenden Autos hervorspringt? Noch können die Sensoren weder Alter noch Geschlecht erkennen und Güterabwägung dieser Art nicht vornehmen.
- **Schon diskutieren Forscher ethische Dilemmas.**  
Die einen plädieren für die reine Anwendung der Strassenverkehrsgesetze. Sie würden im Zweifelsfall einen Unfall für die Insassen in Kauf nehmen. Andere sind sich sicher: ethische Dilemmas treten auf, es gilt sie zu definieren und damit auch aus Sicht der Philosophen im schlimmsten Fall Leben gegen Leben zu bewerten.

## 5. Zukunft der Mobilität

Unsere umfangreichen Erfahrungen fliessen in die Überlegungen zu zukünftigen Mobilitätsformen in der Schweiz ein. Ausserdem helfen sie Swisscom dabei, die Auswirkungen einzuschätzen – zum einen auf bestehende ICT-Infrastruktur und zum anderen auf neu geplante Mobilitätsdienstleistungen.

Swisscom engagiert sich in den Bereichen Datenübertragung, intelligente Strasseninfrastruktur, Informationen rund um Verkehrsmanagement und -steuerung. So können wir uns zum Beispiel vorstellen, dass zukünftig Staus und Verkehrsbehinderungen nicht nur in Echtzeit erkannt und verbreitet werden,

sondern dass auch intelligente Umleitungen gesteuert nach Verkehrsaufkommen pro Auto gerechnet und vorgeschlagen werden. Die Verkehrssignalisation könnte digitalisiert werden – dann gäbe es gibt keine Schilder mehr, sondern Sender, die uns je nach Bedarf Informationen zur Anzeige ins Auto übermitteln würden. Und auch ein Road-Pricing zur monetären Verkehrssteuerung könnte in diesem Szenario relativ einfach umgesetzt werden.

Zusätzlich zu diesen zukünftigen Themen bietet Swisscom schon heute über ihre Tochter SMM Mobilitätsdienstleistungen an, beispielsweise Fleet Pool-Management, Carsharing, e-Mobilität-Plattformen und Parkplatzmanagement. Der Trend zum autonomen Fahren wird diese Dienste zukünftig stark beeinflussen. Die Erkenntnisse aus dem Test mit dem autonomen Auto erlauben es, unser Angebot im Bereich Mobilität innovativ zu entwickeln.

In den intensiven Phasen von Vorbereitung, Durchführung der Testfahrten und Nachbearbeitung haben wir wertvolle Kontakte geknüpft. Es zeichnen sich Partnerschaften ab, in deren Rahmen selbstfahrende Autos in einem erweiterten Kreis als Testplattform genutzt werden können. Die Erkenntnisse aus den Tests mit dem autonomen Auto können direkt einfließen. Swisscom plant derzeit nicht, ein eigenes selbstfahrendes Auto zu bauen, sondern beteiligt sich an Pilotprojekten von anderen Unternehmen – stets mit dem Fokus auf ICT.

Für Swisscom ist das selbstfahrende Auto ein wichtiges Element, um zukünftige Anforderungen zu verstehen und zusammen mit Behörden und Partnern neue Dienstleistungen und Standards zu etablieren. Eine nachhaltige Mobilität ist angewiesen auf einen

verstärkten Einsatz von Telko-Infrastruktur und ICT-Plattformen, auf denen die Mobilitätsdaten übermittelt und verarbeitet werden sowie neue Mobilitätsdienstleistungen entstehen können. Diese Infrastruktur muss höchste Standards an Verfügbarkeit und Sicherheit in Bezug auf Datenschutz und Angriffe erfüllen. Der Bau dieser Infrastruktur erfordert mehrere Jahre Umsetzungszeit. Daher ist es zentral, heute die Anforderungen von morgen möglichst genau zu ermitteln und zu verstehen.

Das Smartphone ist aus unserem Mobilitätsalltag nicht mehr wegzudenken: schnell noch die Reiseverbindung prüfen, das Navi nutzen, von unterwegs ein Ticket für den ÖV kaufen. In Zukunft wird das Smartphone noch stärker in die Mobilität integriert sein. Dank neuer Technologien und der Vernetzung von Mobilitätsdaten können die Verkehrsteilnehmer neue Formen von Mobilität nutzen – von Tür zu Tür und über alle Verkehrsträger hinweg.

Das autonome Fahren und der Verkehr der Zukunft bleiben auch in Zukunft ein zentrales Thema für Swisscom.

