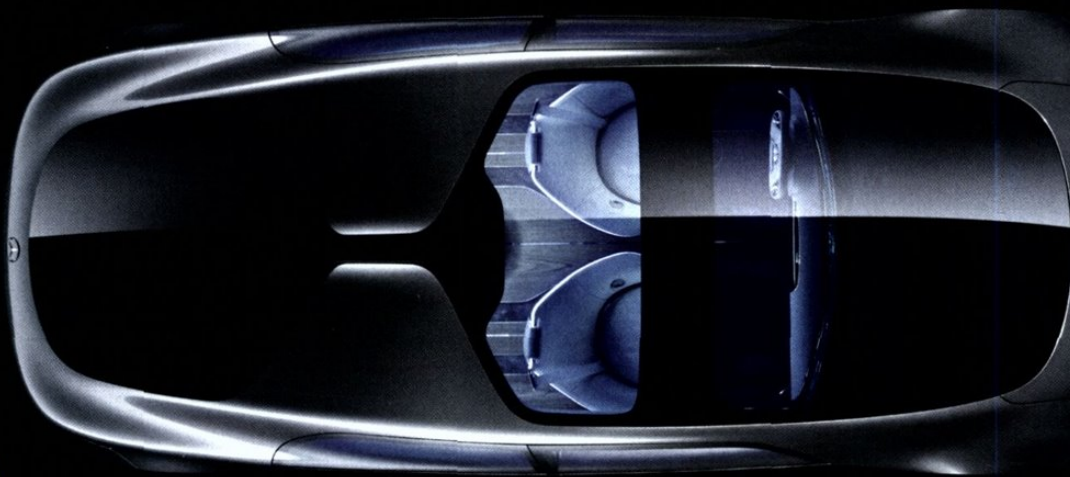


# AUTOS ALLEIN UNTERWEGS



## TITELGESCHICHTE.

Die selbstfahrenden Autos kommen früher als gedacht – und sie werden den Straßenverkehr von Grund auf verändern. Bereits jetzt sind hochautomatisierte Versuchsfahrzeuge auf deutschen Straßen unterwegs. Bevor der Mensch das Steuer komplett abgibt, sind allerdings noch einige Fragen zu lösen. Von Ingrid Dengg





**2015** will Mercedes seinen Future Truck 2025 auf Deutschlands Straßen testen. Die Genehmigung dafür hat er soeben erhalten. In Nevada ist der autonom fahrende Lkw bereits seit Monaten auf öffentlichen Straßen unterwegs.

**42** Milliarden US-Dollar soll der Markt rund ums autonome Fahren bis zum Jahr 2025 betragen, sagt eine Studie des Unternehmensberaters Boston Consulting.

**110** km/h soll der neue Cadillac Super Cruise von GM, der 2016 auf den Markt kommt, bereits im „hochautomatisierten Fahrmodus“ bewältigen. Kleine Einschränkung: Das Ganze funktioniert derzeit nur auf Autobahnen.

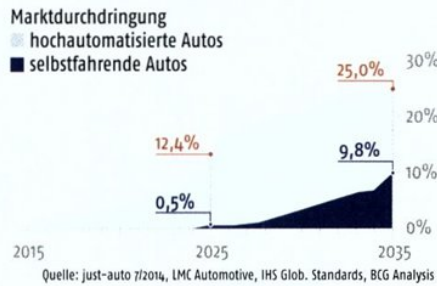
**14** Unfälle mit selbst-fahrenden Autos zählten die kalifornischen Behörden seit Beginn der Testfahrten 2009. Google-Autos wurden laut Website des IT-Konzerns bisher in elf Unfälle verwickelt.

**15%** weniger an Treibstoff sollen autonome Autos US-Studien zufolge verbrauchen.

**40%** der Frachtkosten könnten laut einer DHL-Studie durch selbstfahrende Lkws eingespart werden.



Marktanteil bei Pkw-Neuzulassungen in Prozent



## Siegeszug der Autopiloten

Im Jahr 2035 könnten laut Boston Consulting bereits zwölf Millionen völlig autonom fahrende Autos weltweit unterwegs sein.

Sie sind kaum zu erkennen. Und doch sind sie längst unter uns. Vielleicht haben Sie sich bei Ihrem letzten Trip nach München gewundert, dass sich der BMW 5er vor Ihnen auf der Autobahn allzu devot hinter einem Truck einreihete und keine Anstalten zum Überholen machte. Oder Sie haben bemerkt, dass der Fahrer des Mercedes S-Klasse, den Sie gerade überholt haben, die Hände nicht auf dem Lenkrad hatte.

Die Rede ist von selbstfahrenden Autos, konkret von den Forschungsfahrzeugen der neuesten Generation, mit denen die deutschen Autobauer derzeit das autonome Fahren in unserem nördlichen Nachbarstaat testen. Ein paar Hundert werden es wohl sein, die da mit einer Sondergenehmigung der deutschen Behörden unterwegs sind. Und Ende August hat Mercedes auch die Freigabe für das Testen der ersten hochautomatisierten Future Trucks auf deutschen Straßen bekommen.

„Unsere Versuchsträger sind vor allem im Stuttgarter Raum unterwegs, im näheren Umfeld unseres Entwicklungszentrums“, sagt Eberhard Zeeb, Abteilungsleiter Fahrassistenten und Fahrwerkssysteme bei Mercedes-Benz, „aber wir haben Zulassungen für ganz Deutschland und dürfen auf allen Straßentypen fahren.“ BMW lässt seine Forschungsfahrzeuge von München aus in Richtung Flughafen, Ingolstadt oder Salzburg ausschwärmen. Auch Kfz-Zulieferer wie Bosch schicken eigene Versuchsfahrzeuge auf die Straße. Jörn Ebberg, Sprecher des Bereichs Mobility Solutions: „Aktuell fahren wir in Deutschland mit zwei Erprobungsfahrzeugen, einem BMW 325d Touring und einem Tesla Model S, hochautomatisiert auf der Autobahn A81 zwischen Stuttgart und Heilbronn. Die Erprobungsfahrzeuge sind beinahe täglich unterwegs.“ Wie sich eine solche Fahrt auf dem Beifahrersitz anfühlt, beschreibt übrigens Autoprofi David Staretz auf Seite 53.

Eine Gefahr für andere Verkehrsteilnehmer geht von diesen Versuchsträgern wohl kaum aus. Dafür sorgen speziell ausgebildete,

besonders reaktionsschnelle Testfahrer, die, ähnlich einem Fahrlehrer, sofort ins Geschehen eingreifen, wenn es notwendig ist.

Bislang waren solche Versuchsfahrten nur von den US-Bundesstaaten Nevada, Michigan, Florida und Kalifornien bekannt. Doch Deutschland zieht nach. Waren für die erste autonome Testfahrt des Mercedes S 500 Intelligent Drive von Mannheim nach Pforzheim im Jahr 2013 noch mehrere Ordner an Genehmigungen nötig, werden solche Sonderzulassungen von den Behörden heute deutlich schneller und unkomplizierter gewährt. Denn die Automation Deutschland will im Hype ums autonome Fahren nicht ins Hintertreffen geraten.

Und auch Österreich wird demnächst einen von Verkehrsminister Alois Stöger initiierten Stakeholder-Prozess starten, um mit Herstellern, Infrastrukturbetreibern und Forschungseinrichtungen sowohl rechtliche als auch praktische Aspekte zu diskutieren und den Bedarf für Testfahrten in Österreich zu erheben. Ein erstes Gipfeltreffen dazu wird am 28. Oktober stattfinden.

**Jeder will der Erste sein.** Seit der Internetkonzern Google im Vorjahr frech sein eiförmiges, selbstfahrendes Auto ohne Lenkrad und Pedale („Google-Ei“) vorstellte und erklärte, „deutlich vor 2021“ die ersten serienreifen Autopiloten zu liefern, ist ein regelrechter Ankündigungswettbewerb im Gange. Da will Tesla-Chef Elon Musk heuer noch sein neuestes Luxusmodell S mit einem Software-Update zum Selbstfahren befähigen. GM-Produktchef Mark Reuss kündigt für 2016 den ersten autonom fahrenden Cadillac Super Cruise als Serienfahrzeug an. Toyota hat 2013 auf einem Highway in Tokio die ersten teilautonomen Versuchsfahrzeuge auf die Reise geschickt und will diese Technologie bis zu den Olympischen Spielen 2020 in Tokio zur Serienreife entwickeln. Und Volvo plant, 2017 im Rahmen des Projekts „Drive Me“ rund 100 Versuchsfahrzeuge für Kunden auf einem Autobahnring um Göteborg zur Verfügung zu stellen. >

### 50er-Jahre

Der Traum vom autonomen Fahren beschäftigte bereits damals die Gemüter. Die selbstfahrenden Autos sollten diesen Visionen zufolge auf speziell mit Magneten oder Lichtstrahlen präparierten Fahrbahnen unterwegs sein (siehe Story Seite 70).



### 1986

wurde Prometheus gestartet, ein europäisches Forschungsprojekt zur Verbesserung der Effizienz und Sicherheit im Straßenverkehr. Obwohl das autonome Fahren nicht explizit als Ziel definiert war, wurden damals etwa in der Sensorik und Bildverarbeitung die Grundlagen für die heutigen hochautomatisierten Fahrassistentensysteme geschaffen. Prometheus, an dem neben den europäischen Autoherstellern auch die Kfz-Zulieferindustrie und Elektronikfirmen beteiligt waren, lief bis 1994.

### Ende der 90er-Jahre

kamen die ersten automatischen Abstandstempomaten („Distrionic“, „Stop&Go“ etc.) auf den Markt, die mithilfe von Radarsensoren den Abstand zum Vorderfahrzeug messen und die Geschwindigkeit durch elektrische Ansteuerung des Motors und der Bremsen regeln konnten. Später kamen weitere Hilfsysteme wie Parkassistenten (2006), Notbremsassistenten (2008) und Spurhalteassistenten (2014) dazu.





„Wir sind die Ersten in der Welt, die das können.“

Wolfgang Bernhard, Daimler-Lkw-Chef, über den selbstfahrenden Future Truck 2025



„Die Branche befindet sich an einem Wendepunkt.“

Mark Reuss, Produktchef von General Motors, anlässlich der Präsentation des neuen, teilautomatisierten Cadillac Super Cruise

2004

fand in den USA die erste DARPA Grand Challenge statt, ein vom US-Verteidigungsministerium gesponserteres Wettrennen für autonom fahrende Fahrzeuge. Sieger des Rennens im Jahr 2006 wurde das Team der Stanford University unter Leitung des deutschen Informatikers Sebastian Thrun mit dem umgebauten VW Touareg „Stanley“. Thrun wurde 2011 von Google-Gründer Larry Page mit dem Aufbau der Forschungsabteilung Google X beauftragt.



2012

erhielt Google in den USA die erste Zulassung eines hochautomatisiert fahrenden Fahrzeugs für den Test auf öffentlichen Straßen in Nevada. Damals wurde die Google-Technologie noch in zugekaufte Modelle von Toyota, Lexus, Honda, Audi und VW eingebaut. 2014 präsentierte der Internetkonzern die ersten hauseigenen Prototypen („Google-Ei“, siehe Foto) ohne Lenkrad, Bremse und Gaspedal.

2013

fuhr ein Mercedes-Forschungsfahrzeug der S-Klasse autonom auf der legendären Bertha-Benz-Strecke von Mannheim nach Pforzheim und bewältigte dabei nicht nur Autobahnstrecken, sondern auch Ortsdurchfahrten mit Gegenverkehr. Im Jänner 2015 fuhr Audi mit dem Forschungsfahrzeug „Jack“ auf Basis des A7 autonom 900 Kilometer weit bis zur Consumer Electronic Show in Las Vegas. In beiden Fällen saßen, ebenso wie bei Google, Techniker am Steuer, die bei Gefahr im Verzug jederzeit eingreifen konnten.





## Weitsicht

Die Augen des Future Trucks von Mercedes sind Radarsensoren und Stereo-Kameras. Damit kann der Lkw bis zu 250 Meter weit „sehen“.

### Nahbereichsradar

Winkel 130°  
Reichweite 70 m

### Front-Stereo-Kamera

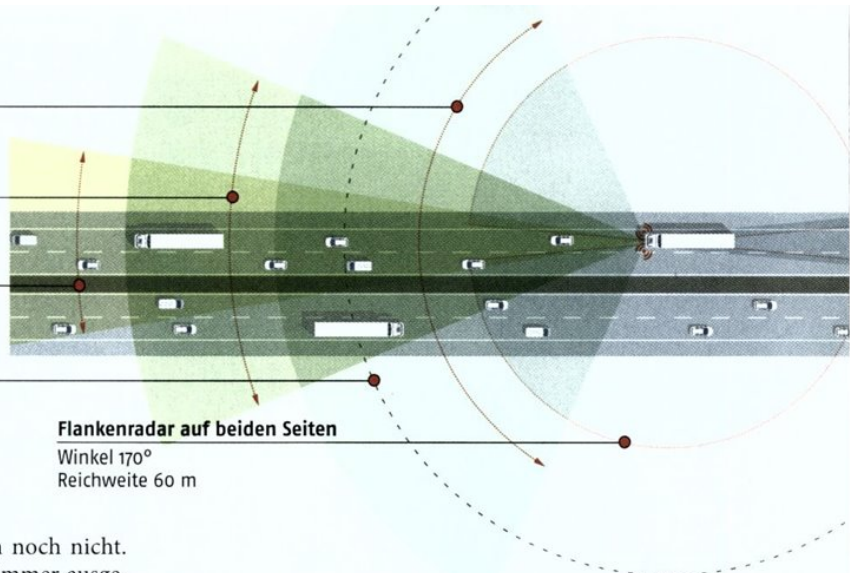
Winkel 45°  
Reichweite 100 m

### Fernbereichsradar

Winkel 18°  
Reichweite 250 m

### Auto-zu-Infrastruktur

Kommunikation via WLAN  
Reichweite 500 m



### Flankenradar auf beiden Seiten

Winkel 170°  
Reichweite 60 m

Völlig autonom sind diese Fahrzeuge natürlich noch nicht. Wahr ist vielmehr, dass die Technik derzeit dank immer ausgefeilterer Fahrassistenzsysteme vor dem Sprung vom „teilautomatisierten“ zum „hochautomatisierten“ Fahren steht. Was nun dazu kommt, sind Spurhalteassistenten, die das Fahrzeug wie beim kommenden Cadillac Super Cruise nun auch bei höheren Geschwindigkeiten in der Spurmitte halten können. Bald werden die Fahrzeuge auch selbstständig die Fahrbahn wechseln und überholen können. Nissan hat einen solchen Spurwechselassistenten für 2018 angekündigt. Ab 2020, rechnen Experten, könnten dann bereits die ersten hochautomatisierten Serienfahrzeuge auf den Autobahnen unterwegs sein. Das bedeutet, dass der Fahrer das Steuer zeitweise der Maschine überlassen kann. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass bis dahin die internationale Straßenverkehrsordnung an die neuen Erfordernisse angepasst und das Versicherungsrecht reformiert wird (siehe Seite 55).

Im Jahr 2025, rechnet Boston Consulting, wird der Markt rund ums autonome Fahren weltweit bereits an die 42 Milliarden US-Dollar schwer sein. Und österreichische Kfz-Zulieferer wie der Audi-Entwicklungspartner TTTech sind in diesem Geschäft ganz vorne mit dabei (siehe Seite 54). Der wirklich große Schritt, der unser Mobilitätsverhalten drastisch verändern dürfte, steht uns allerdings erst um das Jahr 2030 bevor, wenn die ersten vollautonomen Fahrzeuge auf den Markt kommen.

„Das wird eine gewaltige Umstellung. Hier geht es ja nicht nur um autonome Fahrzeuge, sondern um Automatisierung in allen Lebensbereichen“, sagt Mercedes-Zukunftsforscher Alexander Mankowsky. „Das ist wie im Frühling, wenn alles gleichzeitig wächst.“ Bergbau, Landwirtschaft, Industrie, Haushalt – die Roboter werden dann überall sein, nicht nur im Auto. Die Entwicklungen rund um das vollautomatisierte Fahren dürften allerdings wesentlich dazu beitragen, diesen Vormarsch der algorithmengesteuerten Maschinen zu beschleunigen. >

## GPS

GPS-Inputs werden verbunden mit Infos über Geschwindigkeit (Tachometer), Höhe (Altimeter) und Gyroskop (Kreiselkompass). Die neuesten Versuchsfahrzeuge, etwa von BMW, arbeiten bei der exakten Positionierung des Fahrzeugs allerdings heute mit hochgenauen elektronischen Karten in Verbindung mit definierten Landmarken. Diese Umgebungsdaten werden per Funk an einen Zentralcomputer laufend aktualisiert.

**Kosten GPS: 70–5400 Euro**

## Odometrische Sensoren

(griech. „Wegmessung“) ergänzen und verbessern die GPS-Informationen, indem sie die genaue Position des Autos anhand der Umdrehungen der Antriebsräder bestimmen.

**Kosten: 70–110 Euro**

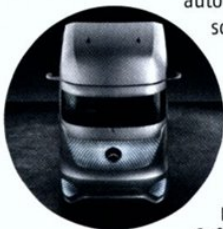
## Zentralcomputer

analysiert die Sensorinputs, aktiviert die passenden Verkehrsregeln, bestimmt die Fahrstrategie und steuert Lenkung, Gas- und Bremspedal.

**Kosten: ca. 50–200 % der Sensorkosten**

## 2015

Daimler will heuer noch den ersten hochautomatisiert fahrenden Lkw auf deutschen Autobahnen testen und hat gerade eben eine Sondergenehmigung dafür erhalten. Dieser Future Truck soll bis 2025 serienreif sein. Ebenfalls heuer noch will Tesla-Chief Elon Musk ausgewählte Kunden seines Model S mit einer „Autopilot“-Software ausrüsten. Diese Software beinhaltet einen Spurhalteassistenten, und auf Privatgelände kann das Fahrzeug alleine zum Besitzer fahren.



## 2016

will GM den neuen Cadillac Super Cruise mit einem „Single Lane“-Spurhaltepiloten für Autobahnen auf den Markt bringen. Mithilfe von Kameras und Radarsensoren hält sich das Fahrzeug in der Mitte der Fahrspur und in sicherem Abstand zu anderen Verkehrsteilnehmern. Neu ist, dass die Technik nun auch bei höheren Geschwindigkeiten bis zu 110 Stundenkilometern funktioniert. Auch die neue Mercedes E-Klasse wird mit einem solchen Spurhaltepiloten ausgestattet sein.





## Wie sich die Autopiloten zurechtfinden

Die Darstellung unten zeigt, wie selbstfahrende Autos die Umwelt wahrnehmen und verarbeiten. Die Angaben beruhen auf einer Studie von Boston Consulting<sup>1)</sup>. Nicht alle autonom fahrenden Autos sind jedoch nach dem gleichen Muster aufgebaut.



### 2017

bringt Audi den neuen A8 mit Staupilot auf den Markt, der dem Fahrer in dichten Verkehrssituationen bis zu Tempo 60 das Gasgeben, Lenken und Bremsen abnimmt, sofern der Gesetzgeber das zulässt. Später sind per Update diese Features auch bei Geschwindigkeiten von bis zu 140 km/h möglich. Nissan und Volvo haben ähnliche Staupiloten angekündigt. Auch das autonome Parken dürfte in diesem Jahr bei einigen Marken (zum Beispiel Nissan) in Serie gehen. In Göteborg soll ab 2017 eine Testflotte von 100 Volvo-Versuchsfahrzeugen selbstständig auf dem Autobahnring um Göteborg fahren können. Volvo will diese Fahrzeuge den eigenen Kunden zur Erprobung anbieten. Ein ähnliches Projekt soll 2017 in der britischen Gemeinde Milton Keynes starten. Dort geht es allerdings um fahrerlose Taxis, die von den Kunden via Smartphone-App herbeigerufen werden können.

### 2020

dürfte das hochautomatisierte Fahren auf Autobahnen, auch bei höheren Geschwindigkeiten, inklusive Überholmanöver, bereits recht gut beherrschbar sein. Nissan zum Beispiel hat den ersten Highway-Autopiloten mit Spurwechsel bereits für das Jahr 2018 angekündigt.

### 2025

Laut einer Studie von Boston Consulting sollen bereits in zehn Jahren die ersten vollautonomen Fahrzeuge auf die Straße kommen. Vorsichtigeren Experten sehen den Markteintritt der fahrerlosen Autos erst im Jahr 2030.





„Mit der Digitalisierung wird sich unsere Branche stärker verändern als in all den Jahrzehnten zuvor.“  
VW-Konzernchef Martin Winterkorn



Google wird „deutlich vor 2021 ein endkundenfähiges Produkt“ vorstellen.  
Jens Redmer, Google Neuprodukte Manager für Deutschland



„Die wollen die Daten, die der Autofahrer durch sein Fahrverhalten erzeugt. Aber wir sind an diesen Daten auch interessiert.“  
Daimler-Konzernchef Dieter Zetsche zur neuen Konkurrenz durch Google und Apple

Um in Serienfahrzeuge gepackt zu werden, müssen die Systeme klein, handlich und leistungsfähig werden. Dadurch findet die Maschinenintelligenz Eingang in den Alltag, lenkt neben Autos auch Rasenmäher, Staubsauger und Spielzeugdrohnen.

Die selbstfahrenden Autos machen aber auch eine Reihe von ethischen Fragestellungen rund um das Verhältnis Mensch zu Maschine sichtbar. „Wir müssen uns überlegen, ob und bis zu welchem Grad Maschinen autonom agieren sollen“, sagt Stefan Strauß vom Institut für Technikfolgenabschätzung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften. „Ich halte es für wichtig, dass autonome Systeme nicht mit dem Anspruch geschaffen werden, menschliche Fehler auszumerzen in dem Sinne, dass Menschlichkeit als Problem betrachtet wird.“

Genau dieser Eindruck könnte aber entstehen, wenn diverse Autobauer immer wieder darauf hinweisen, dass 90 Prozent der Unfälle durch menschliches Fehlverhalten verursacht würden, selbstfahrende Autos deshalb die Unfallzahlen drastisch senken könnten. „Dabei wird gerne übersehen, dass der Mensch auch viele Unfälle vermeidet, indem er in unvorhergesehenen Situationen richtig reagiert“, sagt Carl Johan Almqvist, Direktor für Verkehrs- und Produktsicherheit bei Volvo Trucks. Unbestritten dürfte jedoch sein, dass uns die neuen Technologien Möglichkeiten in die Hand geben, die brennenden Verkehrs- und Abgasprobleme unseres Planeten besser zu bewältigen. Namhafte Forschungsinstitute wie das Massachusetts Institute of Technology (MIT) oder das International Transport Forum der OECD errechneten Zukunftsszenarien, in denen der Autobestand in Städten durch die Einführung von Carsharing-Systemen in Verbindung mit Robot-Taxis deutlich gesenkt werden könnte.

**An den Grenzen des Möglichen.** Vor der Skizzierung solcher Zukunftsvisionen beschäftigt uns allerdings die Frage: Wozu sind die Versuchsfahrzeuge heute schon in der Lage? Und wo sind die Schwachstellen autonomer Systeme, an denen noch kräftig geforscht werden muss? „Durch neue Entwicklungen in der Sensorik und den Verarbeitungs-

kapazitäten der heutigen Rechner werden viele Dinge möglich, die man sich vor zehn Jahren noch nicht vorstellen konnte“, sagt Werner Huber, Leiter des Projekts „Autonomes Fahren“ bei BMW.

Im Wesentlichen sind es drei Dinge, die ein hochautomatisiertes Fahrzeug braucht, erläutert Huber: die Sensorik zur Wahrnehmung der Umgebung, die Intelligenz, um diese Inputs zu interpretieren, und entsprechende Fahrstrategien, die das Verhalten des Autos steuern.

Wie die schematische Darstellung auf Seite 49 zeigt, arbeiten die Autohersteller mit verschiedenen Sensoren (Radar, Lidar, Kamera), um ein möglichst komplexes Bild der Umgebung zu erfassen, wobei ein System das andere ergänzt. Huber: „Da wird beispielsweise eine Radarwolke vor dem Auto erfasst, die nach erster Einschätzung ein Auto sein könnte. Das wird dann von der Kamera bestätigt: Ja, es ist tatsächlich ein Auto, ein Lkw.“

Im nächsten Schritt muss das Auto feststellen, welche Objekte wichtig sind und welche nicht. Ampeln beispielsweise. „Der Mensch erkennt relativ einfach, welche Ampel für ihn relevant ist“, erklärt Mercedes-Entwickler Zeeb, „aber die Kamera sieht ja nur rote und grüne Farbflecken, die erst zugeordnet werden müssen.“ Bei der Mercedes-Testfahrt von Mannheim nach Pforzheim kartierten die Entwickler deshalb jede einzelne Ampel auf der Strecke und gaben dem System ein, welche davon zu beachten ist und welche nicht. Zeeb: „Aber wenn auf dieser Strecke kurzfristig eine neue Baustelle gewesen wäre, hätten wir nicht hundertprozentig sagen können, dass das System richtig agiert.“

Entscheidend bei diesem Erkennungsprozess ist, dass das Auto über ein exaktes Spurmodell der Straße verfügt und genau weiß, wo es sich selbst in Relation zu den übrigen Objekten und Straßenteilnehmern befindet. Bis jetzt arbeiteten die Autohersteller bei der Positionierung mit GPS-Systemen. Da aber alle GPS-Satelliten für nichtmilitärische Nutzungen mit bewussten „Laufzeitfehlern“

ausgestattet sind und lediglich ungefähre Ortsangaben liefern, wurde mithilfe von zahlreichen fest vermessenen Bodenstationen in Europa für jeden einzelnen Satelliten dessen individueller Fehler berechnet. Huber: „So kann sich das Auto auf ein paar Zentimeter genau >

**10** Prozent

aller Pkw-Neuzulassungen weltweit werden im Jahr 2035 bereits vollautonom fahrende Fahrzeuge sein.

Lesen Sie bitte weiter auf Seite 51



## Die ersten Autopiloten

Hochautomatisiert fahrende Versuchsfahrzeuge von Mercedes, Google und Audi und der erste serienreife Chrysler mit Spurhalteassistent.



1



Das neue Mercedes-Forschungsfahrzeug F 015 <sup>1</sup>, das Anfang September auf der Linzer Ars Electronica Europapremiere hat, gibt durch den blauen Kühlergrill deutlich zu erkennen, dass es sich gerade im autonomen Fahrmodus befindet. Bei manuellem Betrieb ist die Frontbeleuchtung weiß. Auch sonst kommuniziert der F 015 eifrig via Lichtsignale und Leuchtbuchstaben mit der Umwelt. Obwohl dieses Versuchsfahrzeug autonom fahren kann, ist es weniger eine Technikstudie

als vielmehr eine Designstudie, die zeigt, wie Outfit und Interieur bei den Autos der Zukunft ausschauen könnten. <sup>2</sup> In der Anfangsphase der autonomen Fahrversuche kaufte Google die Autos noch zu und bestückte sie mit den eigenen Sensoren und Elektronikpaketen. Dabei wurde geklotzt und nicht gekleckert: Bis zu 150.000 US-Dollar pro Auto soll diese Zusatzausstattung wert sein. <sup>3</sup> Im Vorjahr präsentierte Google dann ein wesentlich radikaleres Fahrzeugkonzept, das völlig ohne

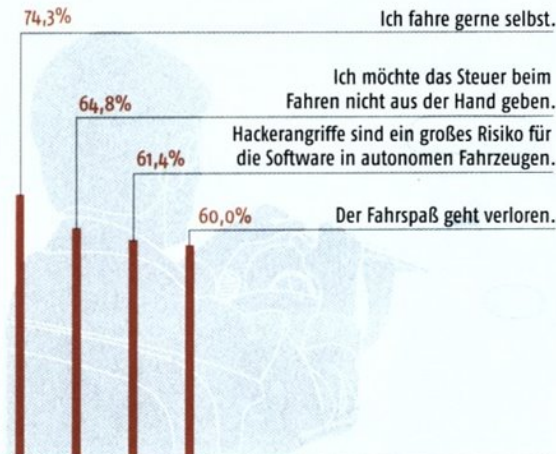
Fahrer auskommen will und weder über ein Lenkrad noch über Pedale verfügt. <sup>4</sup> Dieser Mercedes-Benz 500 Intelligent Drive bewältigte 2013 autonom die Strecke von Mannheim nach Pforzheim. <sup>5</sup> Im Jänner 2015 fuhr dieser Audi A7 Sportback selbstständig 900 Kilometer nach Las Vegas zur Consumer Electronic Show, wo er mit Triumph empfangen wurde. <sup>6</sup> Der neue Cadillac Super Cruise, der 2016 auf den Markt kommt, bietet manche der neuesten Assistenzsysteme bereits in Serie an.



## Gesellschaftliche Akzeptanz

Im Juli 2015 veröffentlichte die deutsche puls Marktforschung ein Stimmungsbarometer zur Akzeptanz des autonomen Fahrens bei unseren nördlichen Nachbarn.

Die Gegner sagen:



Die Befürworter sagen:



Quelle: puls Marktforschung 2015

orientieren. Das kostet aber Geld und erfordert eine gewaltige Technik im Auto.“

Neuerdings werden die Testfahrzeuge deshalb mit hochgenauen elektronischen Karten ausgerüstet, die mit Landmarken versehen sind, etwa Schilderbrücken über der Autobahn, dem Verlauf einer Leitplanke, einem Turm in der Nähe der Fahrbahn. Und weil diese Karten laufend aktualisiert werden müssen, stehen die Fahrzeuge über eine Funkverbindung mit einer Zentrale in Kontakt, die sie mit echtzeitnahen Updates versorgt.

Im Moment werden diese Karten von den Entwicklungsabteilungen der Autobauer selbst hergestellt, allerdings nur für bestimmte Versuchsstrecken. Ziel ist jedoch, dass sich die Autos später nicht nur auf der Strecke München–Salzburg, sondern auch auf Straßen in China, Australien oder im fernsten Timbuktu orientieren können. Und hier kommen die elektronischen Kartenhersteller ins Spiel: Google baut bei der Positionsbestimmung auf die Daten aus dem Projekt Street View auf. Die deutschen Premiumhersteller Audi, BMW und Daimler besiegelten jüngst einen 2,8 Milliarden Euro schweren Deal um den Kartendienst Here von Nokia. Der Kfz-Zulieferer Bosch ging eine Kooperation mit dem niederländischen Navigationsspezialisten TomTom ein.

**Schachspielalgorithmen für Autos.** Die größte Herausforderung beim autonomen Fahren ist allerdings die Prognose, wie sich der Verkehr innerhalb der nächsten paar Sekunden entwickeln wird. Wie werden sich die anderen Verkehrsteilnehmer verhalten? Und wie kann das Auto seine Fahrstrategie darauf abstellen? Huber: „Im Moment arbeiten wir mit einem Algorithmus, der auf Basis einer Schachspieltheorie entscheidet, wie sich die Situation vermutlich entwickeln wird. Wir werden immer besser mit unseren

Prognosen. Aber das ist eine gewaltige Herausforderung, und die Entwicklung ist hier noch lange nicht am Ende.“

Kollege Zeeb nennt ein Beispiel: „Wenn ein kleines Kind mit seinem Bobby-Car von einem Feldweg auf die Landstraße fährt, können wir das heute bei hohen Geschwindigkeiten nicht hundertprozentig sicher erkennen.“ Auch Gegenverkehr ist derzeit nur schwer beherrschbar, weil sich zwei Fahrzeuge, die mit 100 Stundenkilometern fahren, einander mit einer Geschwindigkeit von 200 Stundenkilometern nähern. Wenn in einer solchen Situation der Entgegenkommende plötzlich auf die eigene Fahrbahn herüberschert, ist das Limit des Elektronenhirns schnell überschritten.

Völlig andere Herausforderungen stellen sich bei der Bewältigung des Stadtverkehrs. So hat etwa BMW im Vorjahr ein Kooperationsprojekt mit dem chinesischen Internetkonzern Baidu gestartet, bei dem das autonome Fahren in Richtung Megacity-Anwendung erforscht wird. Huber: „Wenn Ihnen in China jemand auf drei Zentimeter an die Fahrertür herankommt, weil er sich in die Schlange hineinpressen möchte, in der Sie stehen, und wenn die Leute aus vier Fahrspuren sechs machen, muss sich das Fahrzeug trotzdem noch mithilfe des Schwarmverhaltens automatisiert durchlavieren können.“ Der Vorteil hier ist allerdings, dass sich dieser wabernde Megacity-Verkehr sehr langsam dahinwärt. Huber: „Die Herausforderungen sind hier anders, aber nicht unbedingt schwieriger. Ich glaube deshalb, dass wir mit den Projekten in München und in China ziemlich im Gleichschritt vorwärtsgehen.“

**Sensor unterm Hintern.** Trotzdem ist davon auszugehen, dass das hochautomatisierte Fahren, jedenfalls in Europa, zunächst nicht im Stadtverkehr, sondern nur auf Autobahnen ohne Gegenverkehr und Straßenkreuzungen zum Einsatz kommt. Das könnte dann zum Beispiel >

**41,4** Prozent  
der Deutschen können sich vorstellen, ein autonom fahrendes Auto zu nutzen.



## Hände weg!

Selbstfahrende Autos und wie sie die Welt sehen. Autoexperte David Staretz fuhr etliche Versuchskilometer mit – ganz ohne Hand am Lenkrad.



Mitte rechts: David Staretz auf dem Beifahrersitz bei seinem Ausflug in die automobiler Zukunft.

Sunnyvale, Kalifornien, 309 N Pastoria Avenue. Der drei Meter hohe Stern aus punktiertem Nirosta rotiert gemächlich vor dem Glasportal des Research & Development Center von Mercedes, das hier eine technische Avantgarde-Antennenfunktion ausübt in Nachbarschaft von Google, Facebook, Apple und all den hippen Start-ups, die im Lichtreflex der verspiegelten Giganten aufzublühen hoffen.

Nun, wir wissen alle, wie ein anthrazitgrauer S-Klasse-Mercedes aussieht: Stattlich, repräsentativ, aber nicht besonders futuristisch. Dennoch ist gerade dieses Auto hierorts hochgerüstet, um unser Verständnis vom selbstbedienten Autofahren völlig umzukrempeln: Bestückt mit äußerlich kaum erkennbaren Low-Range- und High-Range-Kameras (zwei vorne, zwei hinten), versehen mit komplexer Radarsensorik, einer Ampelkamera hinter der Windschutzscheibe und einem Kofferraum voller vernetzter Rechner, lenkt, verzögert, beschleunigt der Wagen, setzt Blinker und tut alles, was ein peinlich um StVO-gerechtes Fahren bemühter Herr im Hut auch täte.

Doch erst einmal aktiviert ein sportiver Herr Möller im Fahrersitz das System, was vom Laptop von Beifahrer Maik Lebert mit einem fröhlichen „Bing!“ bestätigt wird. Ich sitze im Fond und versuche, dem Anlass entsprechend historisch dreinzuschauen. Zukunft passiert! Da ist man gern mittendrin.

Allzu viel tut sich aber nicht. Der fahrende Wagen wird per Druck am Lenkhebel in die

technische Verantwortung übergeben; wir absolvieren auf dem Highway und seinen Satellitenstraßen einen tausendfach durchfahrenen, durchmessenen Loop, wobei das Auto mit jedem Durchgang noch etwas dazulernen soll.

All das steht unter allerhöchster Prämisse der eigenen und anderer Sicherheit. Herr Möller hat sich so eine genormte Handhaltung zugelegt, beide Hände fünf Zentimeter vom Lenkradkranz entfernt, falls einmal ein schneller Eingriff nötig wäre. Das Lenkrad bewegt sich zart, und irgendwie sieht das alles sehr bald sehr normal aus. Mitschwimmendes Fahren. Unweigerlich kommt man aber hinter einem Lastwagen zu liegen, der um ein Geringes zu schnell ist, um überholt zu werden, zumal uns der Highwayverkehr zu die Ohren rauscht.

Ein Sieben-Zoll-Bildschirm ist provisorisch vor die Mittelkonsole montiert, worüber man Zeuge der laufend eintrudelnden Informationen wird, die sich per Algorithmen ununterbrochen zum Kommando firmieren. Die Welt, wie der Mercedes sie sieht, erklärt sich in flirrender Darstellung sogenannter Sticksels, das sind vertikal schlanke Rechtecke, die sich zu Formationen gruppieren, ständig zitternd, oszillierend in flackernder Vergänglichkeit und, je nach Relevanz und Nähe, von Blassgrün ins Tieforange sich steigend, danach ins Periphere verbläsend. Unser Auto selbst, systematisch in Luftsicht auf schematischer Landkarte verfolgt, wird aus

kleinen Kringeln angezeigt, Sprudelbläschen in linker Formation, unsterblich präsent wie Fruchtfliegen, und auf dem Fotosegment des Monitors werden gängige Erscheinungen, also meist andere Autos, bisweilen Fußgänger, Bäume, Häuser, in einfachen Outline-Schablonen umfasst und kategorisiert, als hätte jemand beim Telefonieren gekitzelt.

Es heißt ja, dass jedes moderne Auto mit DISTRONIC und etlichen Fahrer-Assistenzsystemen über ausreichend Technik und Rechnerleistung verfüge, um jetzt schon alleine fahren zu können. Geschenkt. Der Regelfall ist relativ leicht zu programmieren. Aber gerade jetzt will auch noch ein Radfahrer vor uns über die Straße gelangen, was nun wirklich die Grenzen der Berechenbarkeit sprengt – aus dem Armaturenbrett quäht ein Alarm, und Herr Möller ist zur Stelle. Hands on wheel and bremsen! Das sind genau die Randsituationen, auf die es eigentlich ankommt. Die Techniker registrieren sie mit kühlem Dank, denn gerade daraus kann das offene System noch lernen.

Maik Lebert hat jetzt allerdings ein längeres Formular auf dem Laptop auszufüllen, einen exakten Bericht an die US-Kraftfahrzeug-Sicherheitsbehörde, worin erläutert werden muss, warum es zur Abschaltung kam, zusammen mit sämtlichen anderen Vorfällen und deren Begründung. Das ist bitter. Denn erst wenn das System absolut Zero Failure vorweist, kann Serienfertigung beantragt werden. Bis dahin könnte noch ein weiter Weg sein.



**Gas geben**  
Österreichs Zulieferindustrie könnte mit der neuen Technik für autonomes Fahren ein Milliardengeschäft machen. Oder den Hype verschlafen.

Es war eine Premiere der besonderen Art. Noch während Audi-CEO Rupert Stadler die Elektronikmesse CES in Las Vegas 2014 mit einer flammenden Rede über den Beginn einer neuen Ära der Mobilität eröffnete, rollte erstmals ein Audi A7 fahrerlos auf die Bühne und versetzte nicht nur das versammelte Publikum in Erstaunen. Das Bild, das anschließend um die Welt ging, zeigt eine Gruppe stolzer Manager vor ihrem innovativen Prototyp. Doch was die wenigsten wissen, ist, dass auch zwei Österreicher darunter waren: Georg Kopetz und Stefan Poledna, Gründer des Hightech-Unternehmens TTTech mit Sitz in Wien. Von ihrer Firma stammt die zentrale Steuereinheit zFAS, eine Art intelligenter Hochleistungsrechner, der wichtige Funktionen wie etwa das Gaspedal oder die Bremse steuern kann. „Vor vier Jahren sind wir in Richtung autonomes Fahren gestartet, aktuell sind wir dabei, für die Serienfertigung zu entwickeln – und zwar für den Audi A8, der Anfang 2017 auf den Markt kommen soll“, erklärt TTTech-Vorstand Poledna.

TTTech, ursprünglich als Spin-off der TU Wien gegründet, gehört somit zu der Gruppe internationaler Zulieferfirmen, die beim Thema autonomes Fahren ganz vorne mitspielen. Das Unternehmen, an dem Audi seit einigen Jahren beteiligt ist, beschäftigt rund ein Viertel seiner insgesamt 400 Mitarbeiter in diesem Bereich, und ein Drittel des Umsatzes von knapp 53 Millionen Euro wird dort erzielt. Zudem unterhält TTTech ein eigenes Büro am Konzernsitz des Autobauers in Ingolstadt. Für die Zukunft ist Poledna entsprechend optimistisch eingestellt: „Neben der Partnerschaft mit Audi führen wir Gespräche über weitere Projekte mit der Automobilindustrie.“

Weltweit, sagt eine Studie der Boston Consulting Group, soll rund ums autonome Fahren ein Markt von bis zu 42 Milliarden Dollar entstehen. Eine Milliarde Euro, schätzt man beim steirischen Automobilcluster ACStyria, könnte dabei für die rund 700 österreichi-



TTTech-Vorstände **Georg Kopetz** (links oben) und **Stefan Poledna**. Zentrales Steuergerät für den Audi-A8-Fahrerassistenz (links).

schen Zulieferbetriebe drinnen sein. Cluster-Geschäftsführer Franz Lückler: „Auch wenn die Vision vom ganz autonomen Fahren noch lange eine Vision bleiben wird – die ersten Vorstufen zum autonomen Fahren sind die Fahrerassistenzsysteme. Und da geht heute schon die Post ab.“

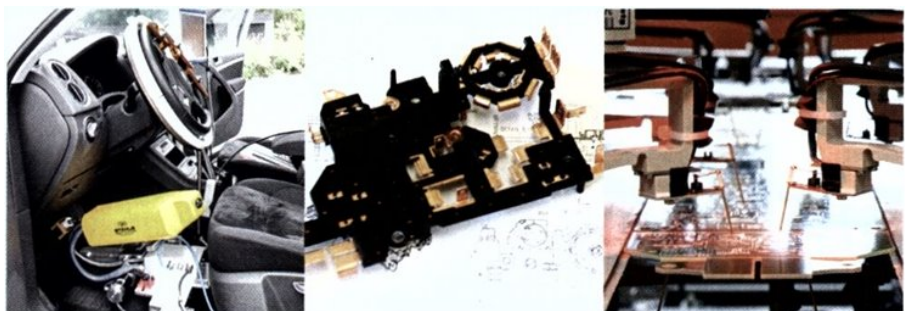
Neben TTTech gibt es in Österreich eine Reihe weiterer Zulieferer, die auf diesen Zukunftstrend setzen. Etwa das Waldviertler Familienunternehmen Pollmann, eigentlich Spezialist für die Mechanik von Schiebendächern. In jüngster Zeit rückt das zweite Geschäftsfeld ins Blickfeld: spezielle Kunststoff-Metall-Verbindungen, wie man sie in Kabeln, Steckern und elektronischen Bauteilen findet. Weil vollautomatische Vehikel dank überbordender elektronischer Ausstattung jede Menge Kabel, Stecker und elektronische Bauteile brauchen, rechnen sich die Waldviertler hier gute Chancen aus. Rund 15 Prozent der Umsätze (2015: 120 Millionen Euro gesamt)

stammen laut Geschäftsführer Erwin Negeli bereits aus diesem Zukunftsgebiet.

Magna Steyr hat kürzlich eine äußerst kostengünstige neue Kamera vorgestellt, die die Funktion der Außenspiegel übernehmen und so für automatische Spurwechselassistenten eingesetzt werden könnte. AT&S wiederum liefert Leiterplatten für Fahrerassistenzsysteme.

Auch Sublieferanten wie die Grazer Firma Dewetron, ein 200 Mitarbeiter großer Spezialist für Messtechnik, erhoffen sich ein Stück vom Kuchen. Denn die neuen Autotechnologien müssen in Tausenden Tests auf Funktionstüchtigkeit geprüft werden. Wie lange braucht der Bremsassistent, bis er das Hindernis erkennt? Woran scheitert die Lagenerkennung des Autos? Soll hart oder sanft gebremst werden? Dewetron liefert dabei die Messtechnik, kann unterschiedliche Datenquellen miteinander verknüpfen und verkürzt damit die Testphasen. Marketingdirektor Raimund Trummer: „Wir wissen, dass alle Hersteller viel Geld für diese Entwicklung in die Hand nehmen. Da wollen wir schon dabei sein.“

vv



Bremsroboter-Test, **Dewetron**; Steckermodul für elektronische Lenkungen, **Pollmann**; Leiterplattentechnologie von **AT&S** (von links).





## Recht und sicher

Vor dem nächsten Schritt in Richtung Automatisierung müssen Straßenverkehrsordnung und Versicherungsrecht reformiert werden.

so funktionieren, dass der Fahrer auf der Autobahn das Lenkrad wegklappt und E-Mails checkt oder im Internet surft. Kurz vor Verlassen der Autobahn oder bei unvorhergesehenen Situationen dreht der Bordcomputer die Nebentätigkeiten ab, das Lenkrad wird ausgeklappt und der Fahrer mittels Display und Tonsignal darauf hingewiesen, dass er jetzt selbst übernehmen muss. Die Future Trucks von Mercedes haben hier zusätzlich noch eine Überwachung des Fahrers mittels Kamera und Sensor im Sitz eingebaut, die sicherstellen soll, dass die Übergabe von Maschine zu Mensch ordnungsgemäß funktioniert. Und falls das trotzdem nicht klappt, bringt sich das Fahrzeug selbsttätig zum Stillstand.

Je komplexer die Algorithmen werden, desto näher rückt aber auch der Moment, in dem der Fahrer das Steuer völlig aus der Hand gibt. Zumindest immer dann, wenn er das will. Denn im Gegensatz zu den Google-Entwicklern, die einen radikalen Ansatz verfolgen und das neueste „Google-Ei“ gänzlich ohne Lenkrad und Pedale entworfen haben, wollen die traditionellen Autohersteller dem Menschen auch in Zukunft die Möglichkeit einräumen, jederzeit selbst das Kommando zu übernehmen. Dieser sanftere und flexiblere Umgang mit dem Thema entspricht auch eher dem, was die Autofahrer wollen. So stellte kürzlich die deutsche Marktforschung in einer repräsentativen Umfrage unter tausend Autofahrern fest, dass sich zwar 41 Prozent der Befragten vorstellen können, ein autonomes Auto zu nutzen. Doch gleichzeitig gaben 65 Prozent zu Protokoll, dass sie das Steuer beim Fahren nicht gerne aus der Hand geben (siehe Grafik Seite 52).

**Kommunikation zwischen Mensch und Maschine.** Der Mensch soll aber nach dem Willen der Autoindustrie nicht nur die Maschine im Zweifelsfall overrulen können, er soll auch die Möglichkeit haben, mit den Automaten zu kommunizieren. Denn viele Situationen im Verkehr beruhen auf informellen Signalen. So zeigt der Fahrer beispielsweise einem Fußgänger durch Blickkontakt oder Handzeichen an, dass er ihn gesehen hat und ihn die Straße passieren lässt. Auf einspurigen Straßenpassagen mit Gegenverkehr oder bei Spurwechseln während der Stoßzeit signalisieren die Fahrer einander, was sie vorhaben und ob sie einander Vorfahrt gewähren. Selbstfahrende Fahrzeuge wären hier völlig überfordert. Sie würden einfach stehenbleiben. „Bei solchen Situationen, wo es um die Kommunikation zwischen Automat und dem menschlichen Umgebungsverkehr geht, wird der Fahrer wohl immer eingreifen müssen“, meint Mercedes-Mann Zeeb.

Doch zumindest in der Verständigung zwischen Auto und Fußgänger könnte es mittelfristig Fortschritte geben. Da arbeiten etwa die

Derzeit ist autonomes Fahren nur mit Sondergenehmigungen möglich. Die Wiener Konvention von 1968, die ein internationales Regelwerk für den Straßenverkehr festschreibt, wurde zwar im Mai 2014 reformiert, sodass nun gewisse Fahrassistenzsysteme zugelassen sind. Allerdings muss der Fahrer jederzeit eingreifen und das System stoppen können. Das bedeutet, dass der Lenker das Fahrzeug die ganze Zeit überwachen muss und sich während der Fahrt keinen Nebentätigkeiten hingeben kann. Derzeit diskutieren Experten und Lobbyisten auf europäischer Ebene, wie dieses Regelwerk abgeändert werden müsste, um der nächsten Stufe des hochautomatisierten Fahrens Rechnung zu tragen. Die USA sind übrigens der Wiener UN-Konvention nie beigetreten und basteln an eigenen Regeln.

Sobald der Fahrer streckenweise die Kontrolle über das Fahrzeug abgibt, muss aber auch das Versicherungsrecht neu überdacht werden. Denn wer trägt bei einem Unfall, der durch ein Fahrzeug im autonomen Fahrmodus verursacht wurde, die Verantwortung? Der Fahrer kann es wohl kaum sein, wenn er nachweisen kann, dass er das Fahrzeug ordnungsgemäß gewartet hat. Die Autohersteller wiederum wehren sich dagegen, diese Unfallkosten nun selbst aufgebracht zu bekommen. Eine Möglichkeit wäre, dass hier eine eigene Versicherung für Hersteller geschaffen wird, die diese Kosten abdeckt.

Insgesamt wird erwartet, dass durch den Vormarsch des autonomen Fahrens die Unfallzahlen deutlich gesenkt werden könnten. Dafür muss die Software allerdings noch erheblich weiterentwickelt werden.

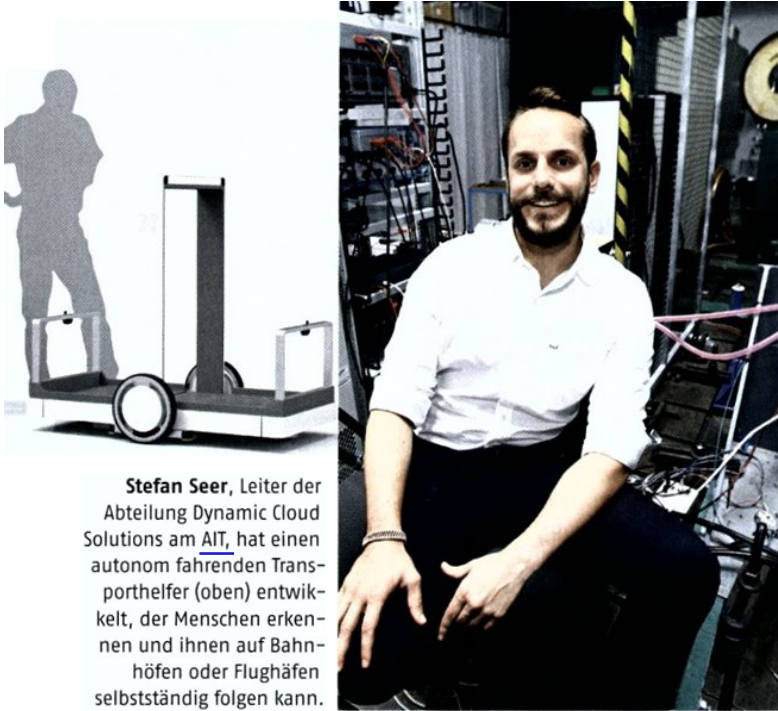
In den vergangenen Wochen wurde auch eifrig in den Medien diskutiert, dass mit dem wachsenden Ausmaß an Elektronik im Auto die Gefahr von Hackerangriffen steigt. Dem halten Befürworter des autonomen Fahrens entgegen, dass solche Hackerversuche extrem aufwendig sind und deshalb wohl kaum bei einem ordinären Autodiebstahl zum Einsatz kämen. Riskanter ist da schon, dass gefinkelte Hacker ihr Wissen zur Erpressung von Autokonzernen oder für politische Attentate nutzen.

Mitarbeiter des Linzer Ars Electronica Futurelab gemeinsam mit Mercedes an der Entwicklung einer eigenen Körpersprache, mit der sich Menschen gegenüber Maschinen verständlich machen können. Auch die Arbeitsgruppe um Kent Larson am MIT forscht zu diesem Thema und hat ein Versuchsfahrzeug entworfen, dessen stielaugenartige Scheinwerfer aufmerksam bei jeder Geste mit-schwenken, die der Mensch vor dem Auto vollführt. Das Fahrzeug kann sogar Emotionen signalisieren. Ein etwas zusammengestauchtes, nach oben gedrücktes Hinterteil und rotes Licht signalisieren: Bleib stehen, ich habe Vorfahrt! Eine flache Haltung und sanfte Farben signalisieren dem Fußgänger: Du kannst gehen! Diese Pseudomenschlich- >

## 2050

wird die globale Fahrleistung laut OECD um 117 bis 233 Prozent höher sein als heute.





**Stefan Seer**, Leiter der Abteilung Dynamic Cloud Solutions am AIT, hat einen autonom fahrenden Transporthelfer (oben) entwickelt, der Menschen erkennt, der Menschen erkennt und ihnen auf Bahnhöfen oder Flughäfen selbstständig folgen kann.



So sieht der Mercedes F 015 innen aus (oben); das Bild rechts zeigt das Auto von außen mit Daimler-Zukunftsforscher Alexander Mankowsky.

keit, hoffen die Forscher, würde es den Menschen auch leichter machen, die Roboterautos zu akzeptieren.

Mit einer anderen Form der Kommunikation zwischen Mensch und Maschine beschäftigt sich Stefan Seer, der früher mit Larson am MIT zusammengearbeitet hat und heute die Abteilung Dynamic Cloud Solutions am Austrian Institute of Technology (AIT) leitet. Dabei geht es um einen TransitBuddy, ein selbstfahrendes Transportfahrzeug für Bahnhöfe und Flughäfen, das den Reisenden beim Umsteigen die Koffer abnimmt und selbstständig zum gewünschten Ziel bringt (siehe Foto oben). Das Schwierige daran ist, dass hier Fußgänger und Fahrzeug eng miteinander interagieren und das Fahrzeug auch in der Lage sein muss, „seinen“ Auftraggeber zu erkennen und ihm zu folgen. Seer: „Jetzt denken wir über ein Folgeprojekt nach, bei dem wir den TransitBuddy zum Transporthelfer in allen Lebenslagen weiterentwickeln wollen.“

Etwa als Begleiter im Shoppingcenter, der anschließend die Ware bis vor die Haustür führt.

Solche Projekte sind allerdings noch sehr grundlagenorientiert. Die Visionen der Autobauer sind demgegenüber etwas handfester.

**Durchbruch im Güterverkehr.** Bei den Lastkraftwagen, glauben die Experten von Daimler, könnte sich das autonome Fahren schneller durchsetzen als im Pkw-Bereich. Denn Fernfahrer haben ein besonders hohes Bedürfnis, auf ermüdenden und eintönigen Fernstrecken entlastet zu werden. Autonome Trucks könnten ihnen ermöglichen, während der Fahrt Auftragseingänge zu erledigen oder Disponententätigkeiten zu verrichten.

Selbstfahrende Lkws haben weniger Stehzeiten. Sie fahren gleichmäßig und treibstoffsparend, können flexibel neue Aufträge annehmen und so unnötige Leerfahrten vermeiden. Autonome Lastwagen können außerdem dicht hintereinander und somit platzsparend im Konvoi fahren. Denkbar wäre etwa, die Brummis zu bestimmten Zeiten, wenn die Wetterverhältnisse gut sind und das Verkehrs-

aufkommen gering ist, im Konvoi über die Autobahnen zu schleusen. 40 Prozent der Kosten könnten solcherart gespart werden, sagt eine Studie des Logistikanbieters DHL. Das ist nicht unerheblich. Und es würde helfen, den massiven Zuwachs des Güterverkehrs zu bewältigen. Martin Zeilinger, Leiter der Vorentwicklung, Daimler Trucks: „Allein für Deutschland prognostiziert das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur eine Steigerung des Güterverkehrs von heute 3,7 auf fast 5,5 Milliarden Tonnen im Jahr 2050. Genau hier wird das automatisierte Fahren ein Faktor sein, der es möglich machen wird, bei etwa gleichbleibender Infrastruktur das benötigte Transportvolumen zu gewährleisten.“

Aber auch im Pkw-Bereich könnte das treibstoffsparende Kolonnenfahren Schule machen und damit die Straßen wesentlich effizienter nutzen. Im Rahmen des EU-Projekts SARTRE wurden selbstfahrende Pkw-Kolonnen jeweils von einem teilautonomen Volvo-Truck angeführt.

**Modellstadt Lissabon.** Das allein wird jedoch kaum genügen, um die drängenden Verkehrsprobleme der Zukunft zu lösen. Denn bis 2050 wird die Weltbevölkerung laut UNO auf 9,6 Milliarden Menschen anwachsen, und rund 70 Prozent davon werden in Städten leben. Ein Großteil der Forschungsprojekte im Pkw-Bereich beschäftigt sich deshalb mit der Frage, wie die zu erwartenden innerstädtischen Megastaus entschärft werden können.

So könnten etwa selbstfahrende Autos künftig mit Ampelsystemen kommunizieren. Das Auto weiß dann, wie schnell es auf die Kreuzung zufahren muss, um bei Grün zu passieren. Die Ampel wiederum weiß, mit wie vielen Autos in jeder Richtung sie zu rechnen hat. Wie viel solche grünen Wellen bringen könnten, wird gerade von den Mitarbeitern des Projekts DriveWave am MIT errechnet.

Ein anderer, wesentlich radikalerer Ansatz sind Carsharing-Projekte in Verbindung mit einem autonom fahrenden Car-Pool. So hat

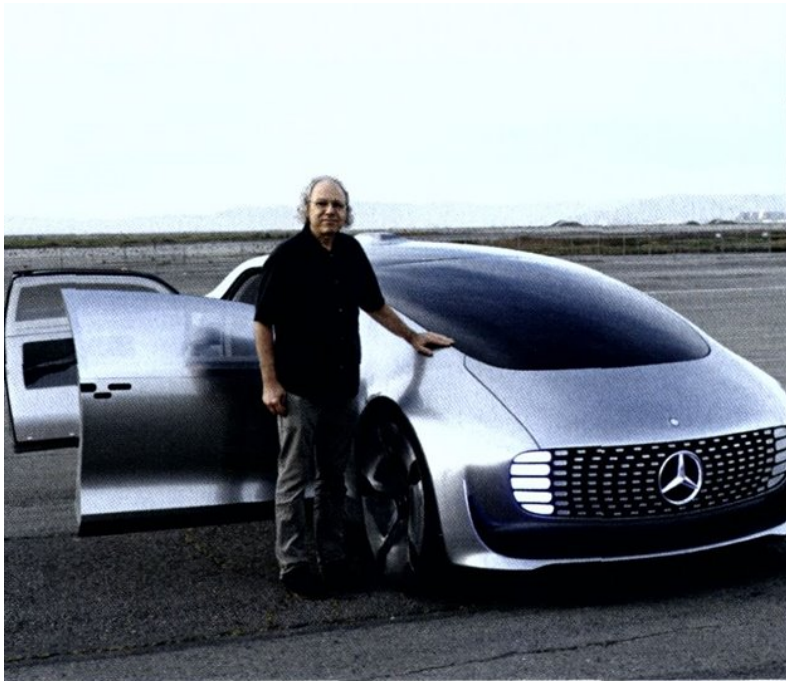
**90** Prozent

der Autos im Stadtverkehr sind verzichtbar, wenn autonome Taxiroboter den Verkehr übernehmen.



## „Körpersprache für Fußgänger“

Daimler-Zukunftsforscher Alexander Mankowsky skizziert, wie das autonome Fahren unser Leben verändern wird.



etwa das International Transport Forum der OECD anhand des Modellfalls Lissabon errechnet, dass ein solches Robot-Taxi-System mit einem Zehntel des bisherigen Fahrzeugbestands auskommen würde. Bei diesem Modell würden die Taxiroboter wie eine Art Paternoster fungieren, in den die Leute nach Bedarf ein- und aussteigen. Selbst während der Verkehrsspitzen in der Früh und am Abend, so die Studienautoren, könnte der Fahrzeugbestand so um zwei Drittel reduziert werden.

Ähnlich beeindruckende Zahlen errechneten MIT-Forscher für den Stadtstaat Singapur. Nun sollen diese Visionen in der Realität getestet werden. Die Forscher wurden heuer beauftragt, in Zusammenarbeit mit der Stadtregierung im Norden Singapurs ein Modellprojekt mit fahrerlosen Taxis aufzuziehen.

So schnell wird das in mitteleuropäischen Städten nicht gehen. Doch auch Mercedes-Zukunftsforscher Mankowsky geht davon aus, dass die Stadtzentren der Zukunft den autonomen Fahrzeugen vorbehalten sein dürften (siehe Interview rechts). Privatautos wird man dennoch weiter brauchen, etwa auf der Fahrt von der Wohnung in den Satellitenstädten zum Büro im Stadtzentrum.

In diesem Konzept, das auch als Grundlage für die Mercedes-Designstudie F 015 diente, wird das Auto zum Begegnungsort, zum fahrenden Wohnraum oder zum mobilen Büro. Der F 015 hat zwar immer noch ein Lenkrad, doch dieses kann weggeklappt und der Fahrersitz ins Wageninnere geschwenkt werden. Wäre es nach Mankowsky gegangen, wären die Autositze gänzlich verschwunden und durch bewegliche Möbel, beispielsweise einen kuscheligen Riesenpolster, ersetzt worden. Mankowsky: „Das wäre Luxus pur gewesen, und man hätte im Auto auch herrlich schlafen können. Aber die Sicherheitsingenieure haben dazu Nein gesagt.“

Die Möglichkeit, dass die Menschen diesen neuen Technologien und den damit verbundenen Umstellungen reserviert gegenüberstehen könnten, beunruhigt Mankowsky nicht. „Den heutigen Autoverkehr zu erlernen, hat auch einige Zeit gedauert. Ich erinnere mich noch an die erbittert geführten Diskussionen über die Einführung von Geschwindigkeitsbeschränkungen zu Beginn der Massenmotorisierung. Bis die Leute dann endlich begriffen haben, okay, das führt zu Unfällen, das ist notwendig.“ ●

**trend:** Das Interieur des F 015 erinnert verblüffend an eine Darstellung aus den 50er-Jahren, auf der eine Familie im Roboterauto Domino spielt.

**Mankowsky:** Mit dem Familienidyll der 50er-Jahre hat der F 015 nichts zu tun. Unser Auto ist ein mobiler Roboter, der dem Lebensstil der Zukunft entgegenkommt. Man ist immer in Bewegung, und das Auto als reines Transportmittel von A nach B hat ausgedient. Was die Leute brauchen, ist im Grunde mehr Privatheit. Die Menschen sehnen sich danach, wieder real zu kommunizieren, nicht nur digital. Das sehe ich eigentlich überall, von den USA bis nach Japan. Und der F 015 macht das möglich.

**Es gibt Studien, die in den Megastädten der Zukunft nur noch Robot-Taxis und keine Privatautos mehr sehen.**

Das MIT hat eine solche Untersuchung für Singapur gemacht. Da wurde berechnet, dass man auf diese Weise von 800.000 Fahrzeugen auf 300.000 herunterkommen könnte. Das halte ich für sehr optimistisch. Aber diesen Faktor fand ich schon beeindruckend.

**Wie sieht Ihre Vision aus?**

Ich glaube, dass es in den verdichteten Stadtzentren Sicherheitszonen geben wird, wo nur automatisch ausgerüstete, sichere Fahrzeuge einfahren dürfen oder nur mehr Leute mit speziellem Führerschein, aber nicht mehr Leute wie du und ich am Lenkrad. Und es werden aber auch viele Leute mit Kindern draußen leben, weil es in der Stadt zu teuer ist oder weil die Lebensqualität nicht stimmt. Und diese Leute werden eigene Fahrzeuge brauchen.

**Eines Ihrer Forschungsthemen ist die Kommunikation zwischen Mensch und Maschine.**

Derzeit läuft vieles im Verkehr über nonverbale Kommunikation. Als Fußgänger muss ich wissen, okay, das Auto hat mich gesehen, ich kann über den Fußgängerstreifen gehen. Beim F 015 lösen wir diese Frage mit Lichtsignalen, die rund ums Auto angebracht sind. Womit wir uns auch befassen, ist das Problem, dass das Fahrzeug Gesten von Menschen nicht erkennt. Aber es kann Körperhaltungen erkennen, etwa wenn der Mensch einen Schritt vor oder zurück macht. An einer solchen Körpersprache arbeiten wir. Das muss aber leicht zu begreifen sein, damit man es auch einem zehnjährigen Kind in der Schulerziehung beibringen kann.

**Sehen Sie auch Grenzen der Automatisierung?**

Ja, dort, wo es um soziale Wahrnehmung und Improvisationstalent geht. Ein Beispiel: Die Ampel ist grün. Das Auto sieht das. Aber da vorne ist auch etwas los, vielleicht ein Unfall oder eine Demo. Wir wollen, dass das Fahrzeug anhält, wenn es etwas nicht versteht, und einen Menschen befragt, der dann auswählt, welche Manöver es vollführen muss. Vielleicht wird es einen Führerschein für automatisiertes Fahren geben. Man wird also in Zukunft nicht lenken lernen müssen, aber die Verantwortung für das Fahrzeug tragen und dem Auto sagen, was es tun soll.