

Stefan Abendroth

## Mobilität heute – Ein Rückblick aus dem Jahre 2032

**D**ie Generation nach uns wird eine völlig neue Mobilität erleben. Führerschein, eigenes Fahrzeug und Kaskoversicherung werden in dieser Welt ebenso überflüssig wie die Suche nach Parkplätzen oder dem nächsten Ziel. Die Vernetzung von Menschen, Diensten und Dingen sowie übergreifende Informationsplattformen ermöglichen dabei immer weiter entwickelte Fahrfunktionen bis hin zu fahrerlosem Fahren. Dies wiederum öffnet die Tür für innovative Geschäftsmodelle rund um Fahrzeuge und Mobilität, verbunden mit gesamtgesellschaftlichen Chancen für mehr Sicherheit, besseren Verkehrsfluss, höhere Energieeffizienz, Produktivitätsgewinn und Mobilität für alle.

„Was steht da eigentlich seit Ewigkeiten in der alten Garage?“, will meine Tochter Emily wissen. Ich zeige ihr mein inzwischen völlig verstaubtes Auto Baujahr 2010. Mir ist es ein bisschen peinlich, dass ich den Wagen längst wegen der verschärften Abgasnorm EURO8 abmelden musste, mich aber nie wirklich von ihm trennen konnte. Immerhin habe ich vor 20 Jahren Emily damit nach ihrer Geburt vom Krankenhaus abgeholt, es kleben also noch viele alte Erinnerungen an dem guten Stück.

„Damit hast du mich als Neugeborenes tatsächlich nach Hause gebracht, nachdem du über 24 Stunden lang völlig entnervt in der Klinik auf den Beinen warst?“, fragt Emily leicht empört.

„Deine Mutter hatte noch weniger Lust, sich ans Steuer zu setzen“, entgegne ich.

„Warum habt ihr nicht einfach ein Robocab genommen, so wie ich gerade eben?“, will sie wissen.

„Im Jahre 2012 nannte man das Taxi, da musste extra ein Fahrer samt seinem Wagen gebucht werden. Das war so teuer wie eine halbe Tankfüllung.“

Wahrscheinlich kann Emily mit diesem Vergleich nicht viel anfangen – ich glaube, sie hat in ihrem ganzen Leben noch nie ein Auto vollgetankt. Inse-

heim muss ich ihr Recht geben – aus heutiger Sicht war es eine abenteuerliche Fahrt, ich war mit meinen Gedanken ganz woanders und wurde zum Glück in keine kritische Verkehrssituation verwickelt.

„Sieht ja ganz schön kompliziert aus – drei Pedale für nur zwei Füße, dann noch Lenkrad, Gangschaltung, dazu die vielen Hebel und Schalter. Wie umständlich! Kannst du damit überhaupt noch fahren?“

„Könnte ich schon, aber ich darf nicht. Ich müsste mir eine Sonderzulassung von der Behörde besorgen und eine sündhaft teure Versicherung abschließen, wenn ich ein manuell gesteuertes Auto fahren will.“

Ich kann mich noch sehr genau an den Tag erinnern, als ich mit 18 meinen Führerschein bekam. Es war für mich wie eine lang ersehnte Befreiung, das Aufstoßen einer neuen Tür. Ich fühlte mich plötzlich erwachsen, wenn ich mich ans Steuer setzte und beschleunigte. Es ging gar nicht so sehr um das Erreichen eines bestimmten Ortes, vielmehr war es das Fahren an sich, das den Reiz ausmachte. Mit den Jahren jedoch wandelte sich dieser Reiz zur Qual, zum Stress, zum Risiko. Je unfreiwilliger die Fahrten wurden und je voller die Straßen, desto weniger Lust bereitete die tägliche Prozedur, zwischen genervten Autofahrern und rücksichtslosen Lastern durch die Stadt zu kriechen. Emily hingegen ist noch nie auf die Idee gekommen, ein Auto selbst zu lenken, geschweige denn eines zu kaufen. Einen Führerschein besitzt nur noch ein Bekannter von ihr, der hobbymäßig alte Autos restauriert. Ihre anderen Freunde halten es wie sie: Sie sind viel und gerne unterwegs, immer auf der Suche nach dem nächsten Kick, aber nie mit einem eigenen Auto.

„Warum können sich die Leute nicht endlich mal von ihren manuellen Autos trennen? Ich verstehe gar nicht, warum diese Dinger überhaupt noch erlaubt sind. Andauernd werden Verkehrsregeln missachtet, die Kooperation klappt nicht und in fast jeden Unfall ist ein manuelles Fahrzeug verwickelt. Außerdem parken die Kisten an den unmöglichsten Orten und stehen im Weg herum“, beschwert sich Emily.

Darüber kann ich nur lachen: „Du hättest die Stadt früher mal sehen sollen, als alle noch selbst gefahren sind! Zum Glück warst du da noch mit Dreirad und Roller unterwegs. In Stuttgart stand der Verkehr zu Stoßzeiten praktisch still, Unfälle waren fast schon normal, und die halbe Stadt bestand aus Parkhäusern. In deinem Geburtsjahr 2012 gab es allein in Deutschland noch 3.600 Todesopfer im Straßenverkehr, zehnmal so viele wie heutzutage – und darauf war man sogar stolz, denn in den Jahren davor waren es noch viel mehr.“

Tatsächlich ärgere auch ich mich immer öfter über manuelle Fahrzeuge, die inzwischen zu echten Verkehrshindernissen geworden sind, während vor zehn Jahren eher die fahrerlosen Autos mit ihrer defensiven Fahrweise als störend empfunden wurden. Seit sich jedoch die Automatisierung durchgesetzt hat, geht alles viel zügiger und koordinierter vonstatten. Obwohl die Menschen mobiler geworden sind und insgesamt größere Strecken zurücklegen, hat die Verkehrsbelastung in den Städten durch effizientere Auslastung der Transportkapazitäten, flexible Lenkung der Verkehrsströme und Vermeidung unnötiger Parkplatzsuche spürbar nachgelassen.

„Ich frage mich, wie das früher überhaupt funktionieren konnte. Was für eine Verschwendung, sich 20 von 24 Stunden so eine Blechkiste nutzlos vor die Tür zu stellen, ganz zu schweigen von den vielen Staus und dem Stress beim Fahren. Warum habt ihr die Robocabs nicht schon viel früher erfunden?“, wundert sich meine Tochter.

„Ganz so einfach, wie es heute aussieht, ist die Sache leider nicht. In den Autos stecken hochkomplexe Systeme, an denen ganze Generationen von Ingenieuren gearbeitet haben, ganz zu schweigen von der Infrastruktur für die Vernetzung und Koordination. Außerdem stand damals nur ein Bruchteil der Verarbeitungskapazität in den Steuergeräten und den Cloud-Servern zur Verfügung“, entgegne ich.

Zunächst sah es nicht so aus, als würden sich die Verkehrskonzepte nachhaltig ändern. Von Jahr zu Jahr nahm der Verkehr zu, während die Infrastruktur stagnierte. Zwar kamen immer neue Assistenzsysteme in die Fahrzeuge, die bereits viele Verkehrssituationen beherrschten und immer mehr Unfälle verhindern konnten. Technische Fortschritte wurden insbesondere auf dem Gebiet der Umfeldsensorik erzielt. Durch blitzschnelle Objekterkennung mit fusionierten Kamera-, Radar-, Lidar- und Ultraschalldaten konnten Autos selbständig einparken sowie teilautomatisiert auf Autobahnen und Landstraßen fahren. Jedoch verfolgten die großen Fahrzeughersteller proprietäre Strategien, nutzten ausschließlich die eingebaute Sensorik und beschränkten jegliche Datenverbindung zum Fahrzeug auf die eigenen Server mit der Absicht, damit den eigenen Marktanteil zu festigen und den eigenen Kundenstamm zu binden.

Erst als ein Open-Source-Projekt eine universelle Beschreibung von Fahrzeugdiensten erarbeitete, die von immer mehr Fahrzeugen unterstützt wurde, konnte diese Blockade beseitigt werden. Der entscheidende Vorteil ergab sich dadurch, dass Fahrzeuge verschiedenster Hersteller über eine einheitliche Schnittstelle verfügten, über die Geschwindigkeits-, Positions- und erfasste

Objektdateien eng abgetastet an Mobile Edge Clouds übermittelt wurden und so allen anderen Fahrzeugen in der Umgebung zur Verfügung standen. Kombiniert mit weiteren Straßen- und Verkehrsinformationen konnten die Assistenzsysteme damit um die Ecke und hinter die Kuppe schauen. Allerdings dauerte es einige Jahre, bis sich diese Schnittstelle etablieren konnte und in Europa gesetzlich vorgeschrieben wurde.

Gleichzeitig wurde die fünfte Mobilfunk-Generation eingeführt, welche die Verfügbarkeit des Datenzugangs an allen Orten, selbst in Tunneln und bisherigen Funklöchern, sicherstellte und außerdem die zuverlässige Übertragung sicherheitskritischer Daten innerhalb weniger Millisekunden ermöglichte. Später wurden die Mobilfunkgenerationen nicht mehr weitergezählt, obwohl die Datennetze immer flexibler, zuverlässiger und leistungsfähiger wurden. Letztlich lief die Entwicklung darauf hinaus, dass die bis dahin parallel existierenden Funktechnologien in ein heterogenes Netzwerk eingebunden wurden und es heute für den Benutzer keine Rolle mehr spielt, auf welchen Frequenzen und mit welchen Verfahren übertragen wird, da je nach Anwendungsfall ein passendes Network Slice zur Verfügung steht. Die zusätzliche Infrastruktur, bestehend aus Funkzugängen, Basisstationen und Netzwerkkomponenten, bekam gemeinsam mit einer zuständigen Datensicherheitsbehörde den gleichen Stellenwert wie der eigentliche Straßenbau und bildete das technische Gegenstück zur standardisierten Fahrzeugschnittstelle. Durch die gesetzliche Vorschrift konnte auch bald der Wildwuchs unzähliger herstellerspezifischer Protokolle aufgelöst werden, die aus kurzfristigen Firmeninteressen heraus etabliert wurden und keinen übergreifenden Informationsaustausch ermöglichten. Gleichzeitig verbesserte sich die Robustheit und Datensicherheit durch anerkannte Standards und einheitliche Sicherheitsrichtlinien. Während sich in der Anfangszeit der vernetzten Fahrzeuge unzählige Hacker einen Sport daraus machten, die Sicherheitslücken einzelner Hersteller spektakulär aufzudecken, wurden solche Angriffe nach und nach immer unattraktiver und seltener – vor allem aufgrund der entsprechend ausgelegten Entwicklungsprozesse und Systemarchitekturen, die sowohl technische als auch organisatorische Strukturen etablierten, um Angriffe frühzeitig aufzuspüren und ihre Auswirkungen schnell einzudämmen.

Mit der steigenden Durchdringung der standardisierten Fahrzeugschnittstelle entwickelte sich darauf aufbauend eine herstellerübergreifende Plattform für kooperatives Fahren, die europaweit vereinheitlicht wurde. Damit konnten nach und nach viele Verkehrssituationen an Kreuzungen, in der Kolonne und beim Einfädeln viel flexibler und flüssiger gelöst werden als mit starren Regeln. Leider gibt es bis heute noch immer keine Möglichkeit, die manuellen Fahrzeuge vollständig in diese Plattform einzubinden, denn die Gehirne der

Fahrer lassen sich nun einmal nicht vernetzen. Stattdessen drängeln sich die Menschen mit ihren selbst gelenkten Fahrzeugen vor, provozieren immer wieder Konfrontationen und müssen natürlich ihren Wagen in der Nähe parken, um später wieder vom Fleck zu kommen. Inzwischen hat sich also die Diskussion umgekehrt: Während noch vor fünfzehn Jahren über die Zulassung automatisierter Fahrzeuge gestritten wurde, denkt man heute über den Ausstieg beim manuellen Fahren nach.

„Und was ist mit den vielen Tausend Todesopfern, von denen du erzählt hast? Habt ihr euch überhaupt noch auf die Landstraße getraut, wenn ihr wusstet, dass euch hinter jeder Kurve ein Verkehrsrowdy auf der falschen Spur entgegenkommen könnte?“

„Die meisten Menschen hielten sich für die besseren Autofahrer als Roboter und hatten das Gefühl, sie hätten ihr Risiko selbst in der Hand. Außerdem konnte man bei Unfällen wenigstens den oder die Verantwortlichen zur Rechenschaft ziehen.“

„Dann waren euch also zehn Totalschäden mit Schuldigen lieber als eine Karambolage ohne Sündenbock?“

Auf diese anklagende Frage bleibe ich die Antwort schuldig. Trotz der Fortschritte beim hochautomatisierten Fahren gab es selbst 2020 noch immer die Vorschrift, dass ein Mensch das Fahrzeug im Notfall oder auf Wunsch übernehmen kann. Es entwickelte sich ein kontroverser gesellschaftlicher Diskurs darüber, wer bei Unfällen mit vollautomatisierten Fahrzeugen haften sollte und welches ethische Regelwerk den Fahrzeugen mitzugeben sei, da diese im Extremfall zwischen mehreren fatalen, unausweichlichen Unfallkonsequenzen entscheiden müssten. Erst als nicht mehr von der Hand zu weisen war, dass Unfälle praktisch immer von Menschen verursacht wurden und die ersten Versicherungen ihre Tarife für automatisierte Fahrzeuge drastisch absenkten, wurden vollautomatisierte und fahrerlose Fahrzeuge zuerst in den Vereinigten Staaten, später in Europa auf öffentlichen Straßen in der Breite akzeptiert und gemeinschaftliche Fonds für etwaige Haftungsfälle eingerichtet. Die verbliebenen Schadensfälle bei vollautomatisierten Fahrzeugen gingen auf einen Bruchteil im Vergleich zu ihren handgesteuerten Vorgängern zurück. Dadurch sank nicht nur die Zahl der Unfallopfer drastisch, es wurden auch die teuren Fahrzeugversicherungen überflüssig und damit die Mobilität insgesamt erschwinglicher für alle.

„Was hat eigentlich deine Fahrt hierher gerade gekostet?“, will ich von Emily wissen.

„Du wirst es kaum glauben, aber ich bezahle neuerdings gar nichts mehr für die Robocabs. Stattdessen habe ich mich für die neuen Mobility Services angemeldet.“

„Und wie funktioniert das?“

„Ich erlaube dem System, meine Nutzerdaten zu verwenden und mich mit zusätzlichen Informationen zu versorgen. Als ich zum Beispiel dem Robocab heute mitgeteilt habe, dass ich zu dir fahren will, hat es mich gleich gefragt, ob ich schon ein Geburtstagsgeschenk für dich besorgt habe. Nächste Woche ist es ja schon so weit. Natürlich hätte ich auch selber daran gedacht, aber ich habe unterwegs gleich ein paar schöne Vorschläge bekommen, auf die ich vielleicht nicht unbedingt von allein gekommen wäre. Lass dich mal überraschen!“

Also daher weht der Wind! Das Fahrzeug, selbst die Mobilität, ist zur Selbstverständlichkeit geworden, ähnlich wie früher die Benutzung von Nachrichtendiensten oder sozialen Netzwerken. Bezahlt wird nicht mehr mit Geld, sondern mit der Bereitstellung seiner persönlichen Daten oder der eigenen Aufmerksamkeit. Offenbar ist diese Variante für die Betreiber das wesentlich interessantere Geschäftsmodell als eine nutzungsbasierte Abrechnung.

Emily hat sich jedenfalls damit arrangiert: „Wird Zeit, dass du auch mal auf Robocabs umsteigst. Dann hätte ich womöglich noch viel bessere Vorschläge bekommen! Okay, manchmal kann es auch nerven. Wenn es nach dem Auto gegangen wäre, hätte ich vorhin einen Zwischenstopp zum Mittagessen mit einer Bekannten bei einem neu eröffneten Italiener gemacht. Ich liebe ja Pasta, aber bei euch schmeckt es mir immer noch am besten.“

Für jemanden wie mich, der schon immer sein eigenes Auto hatte, ist es schwierig, sich auf diesen Wechsel einzulassen. Mein jetziger Wagen bewegt sich mit der gleichen Technik wie die Robocabs vollständig ohne mein Zutun. Nur wenn ich auf den roten Knopf drücke, fahren Lenkrad und Pedale aus und ich kann wie früher selbst steuern. In diesem Fall würde ich aber automatisch eine saftige Versicherungsgebühr berechnet bekommen. Tatsächlich habe ich diesen Modus schon seit Monaten nicht mehr genutzt. Das letzte Mal wollte ich eigentlich nur mal ausprobieren, ob ich auch noch selbst fahren kann, aber es fühlte sich schon recht ungewohnt an. Inzwischen sind die Robocabs auch in meiner ländlichen Wohngegend allgegenwärtig, so dass ich mir ernsthaft überlege, den eigenen Wagen vollends aufzugeben.

„Mit was für einem Fahrzeug warst du denn gerade unterwegs?“, frage ich Emily.

„Mit einem Robocab, habe ich doch schon erzählt!“

„Ich meine, war es ein Mercedes, ein Tesla, oder sonst etwas?“

„Darauf habe ich nicht geachtet. Hauptsache es hat mich hierher gebracht, und wenn ich drinsitze, bekomme ich von jedem Auto sowieso meine persönlichen Sachen angezeigt.“

So haben sich also die Zeiten verändert. Als ich in ihrem Alter war, wäre diese Frage von identitätsstiftender Bedeutung gewesen. Man definierte sich praktisch über seine Fahrzeugmarke, sie war Lebensgefühl und Statussymbol zugleich. An den Robocabs kann man heute nicht einmal mehr den Hersteller erkennen. Sie werden auf Spezifikation des Betreibers gefertigt und immer weiter optimiert. Technische Daten wie Antriebsart, Motorleistung oder Ausstattung interessieren niemanden mehr, solange man wie gewünscht von A nach B kommt und unterwegs seine gewohnte virtuelle Umgebung vorfindet. Für die ehemals mächtigen Automobilmarken interessieren sich nur noch Leute wie ich, die unbedingt ihr eigenes Fahrzeug besitzen wollen und in einer Welt großgeworden sind, in der das Auto eine Art Lebensmittelpunkt darstellte. Die Fahrzeugindustrie hat sich grundlegend in Richtung einer Mobilitätsbranche gewandelt, wobei die damals noch im Entstehen befindliche Organisationsform des Mobilitätsdienstleisters an die Stelle der Fahrzeughersteller gerückt ist, während viele neue Anbieter mit innovativen Geschäftsmodellen auf den Plan getreten sind. Fahrerlose Fahrzeuge werden dabei je nach Bedarf mit anderen Verkehrsmitteln kombiniert und ergeben zusammen ein intermodales Mobilitätssystem.

„Ich habe noch ein anderes Problem“, erkläre ich. „Wenn ich etwas am Haus repariere oder den Garten in Ordnung bringe, brauche ich meinen Anhänger und Platz für die Geräte. Mit diesen kleinen Robocabs wäre ich ganz schön aufgeschmissen.“

„Und wie oft kommt das vor?“, fragt Emily nach.

„Eigentlich nur so drei bis vier Mal im Jahr. Aber dann bin ich froh, dass ich meinen eigenen Wagen habe.“

„Und deshalb stellst Du ihn Dir an den anderen 361 Tagen nutzlos vor die Tür? Es gibt doch inzwischen genügend Liefer- und Abholdienste, die das je nach Bedarf für Dich erledigen können.“

In der Tat hat sich die Welt der Nutzfahrzeuge noch vor dem Individualverkehr deutlich gewandelt. Für jede Transportaufgabe werden inzwischen die passenden Kapazitäten angeboten – vom Kleintransporter bis hin zum Gigaliner. Kaum eine Firma braucht noch eigene Lastwagen, da die Fahrten bei Trans-

portdiensten flexibel gebucht werden können. Die Fahrer heißen zwar noch so, aber in Wirklichkeit kontrollieren sie nur noch das Ein- und Ausrangieren sowie die Ladevorgänge. Auf der Straße machen sie dann Pause oder erledigen ihre Verwaltungsaufgaben. Weite Strecken legen sie nur noch in Ausnahmefällen zurück, auf den Fernstraßen bewegen sich die Trucks meist fahrerlos in sparsamen Platoons. Damit gehören die fürchterlichen Auffahrunfälle mit vielen Todesopfern, die früher häufig durch übermüdete oder abgelenkte Fahrer von Schwerlastern verursacht wurden, endgültig der Vergangenheit an, ebenso wie die dadurch hervorgerufenen stundenlangen Staus auf Autobahnen.

„Okay, das kann ich ja mal ausprobieren. Ich bin es eben noch gewohnt, mich selbst um sowas zu kümmern. Aber was mache ich, wenn später mal meine Enkel zu Besuch kommen? Für die brauche ich dann Kindersitze in verschiedenen Größen, da wäre es schon geschickt, wenn ich die im eigenen Wagen immer dabei habe.“

Emily rollt etwas genervt mit den Augen: „Erstens hat das noch ein bisschen Zeit. Und zweitens gibt es dann bestimmt auch hier draußen die Familycabs, die mit allen Sitzgelegenheiten ausgestattet sind. Außerdem zwingt dich ja niemand, auf dein eigenes Auto zu verzichten, wenn du es dir leisten willst.“

Es ist wohl einfach eine Frage der Gewohnheit. Meine Großeltern hatten nie einen Führerschein und bewegten sich mit Fahrrad, Bus oder Bahn, obwohl um sie herum ein dichtes Straßennetz mit Millionen von Autos entstanden war. Ich werde wohl weiterhin mein eigenes Fahrzeug behalten, obwohl um mich herum ein riesiges Netzwerk aus Verkehrsdaten, digitaler Infrastruktur und Mobilitätsdiensten entstanden ist.

Und meine Enkel? Sie werden später mal im Museum meinen Diesel Baujahr 2010 bestaunen und in einem nachgebauten Stadtviertel verwundert ausprobieren, wie es sich anfühlte, völlig autark ein Auto mit Lenkrad, Gas- und Bremspedal zu steuern.

## Danksagung

Nur durch Zusammenführung von Expertenwissen aus unterschiedlichen Bereichen und Disziplinen ist es möglich, Zukunftsszenarien zu entwickeln und zu bewerten. Mein Dank gilt daher folgenden Kollegen (alle Robert Bosch GmbH), die gemeinsam mit vielen anderen an der Mobilität der Zukunft arbeiten und mit ihren Hinweisen zu diesem Kapitel beigetragen haben:

Dr. Matthias Knirsch, Dr. Stephan Stabrey, Kurt Eckert, Arno Schaumann, Dr. Frank Niewels, Dr. Wolfgang Bronner, Dr. Andrej Heinke.



## Literatur

Roland Berger GmbH, „A CEO agenda for the (r)evolution of the automotive ecosystem“, 03/2016

Harvard Business Review, „Pipelines, platforms, and the new rules of strategy“, 04/2016

VDI Nachrichten, Interview mit Ilja Radosch: „Soll das Auto Kind oder Oma überfahren?“, 15.04.2016

Statistisches Bundesamt, Unfallbilanz 2012

ATZ elektronik, „Autonomes Fahren – Nur ein trojanisches Pferd digitaler Unternehmen?“, 01/2016

blog.vdi.de, „Wie verändert automatisiertes Fahren die Mobilität?“, 6.4.2016

Robert Bosch GmbH, Dirk Hoheisel, „Die Vernetzung revolutioniert das Autofahren“, 2.12.2015

Robert Bosch Car Multimedia GmbH, Kurt Eckert, „Connected Vehicles and Connected Services“, 11.11.2015

Robert Bosch GmbH, Stefan Abendroth, „Das vernetzte Fahrzeug – Teil der Verkehrsinfrastruktur von morgen“, 26.01.2016

Daimler Financial Services, Klaus Entenmann, „Digitale Mobilität“, 26.01.2016

5G Lab Germany, Frank Fitzek et al., „Towards the Tactile Internet: Decreasing Communication Latency with Network Coding and Software Defined Networking“, 2015

Ericsson, Don McCullough, „Why 5G Network Slices?“, 02/2015

ETSI, „Mobile Edge Computing – A key technology towards 5G“, 09/2015

