

sociotrend Pocket

Marco Lalli



AUTONOMES FAHREN

UND DIE ZUKUNFT DER MOBILITÄT

Marco Lalli

Autonomes Fahren

und die Zukunft der Mobilität

sociotrend Pocket

sociotrend GmbH, Heidelberg

Copyright © 2016-2019 by Marco Lalli
ISBN: 978-3-942574-14-3 (Taschenbuch)
2. Erweiterte Auflage 2019

Umschlagsgestaltung: Lars Maier
Lektorat: Michaela Roßner

Alle Rechte der Verbreitung auch durch Funk,
Fernsehen, fotomechanische Wiedergabe,
Tonträger jeder Art und auszugsweisen Nachdruck,
sowie der elektronischen Weitergabe und Übersetzung,
sind vorbehalten.

www.sociotrend.com

Zusammenfassung

Ausgehend von der Annahme, das autonome Fahren werde sich in den kommenden Jahren durchsetzen, werden die daraus resultierenden Implikationen für verschiedene Verkehrsträger skizziert. Es wird davon ausgegangen, dass der individuelle Besitz am Fahrzeug zur Ausnahme und von verschiedenen Formen der Fahrzeugmiete verdrängt werden wird. Betreiber großer Fahrzeugflotten werden die Mobilitätsbedürfnisse der Menschen befriedigen und auf unterschiedliche Fahrzeugkonzepte und -größen setzen. Das wird zu einem fließenden Übergang zwischen Individual- und öffentlichem Verkehr führen. Der schienengebundene Verkehr wird in diesem Szenario zum Auslaufmodell. Seine Vorteile gegenüber der Straße schwinden zusehends. Es wird davon ausgegangen, dass ein vollständiger Umstieg auf das autonome Fahren bis zu 50 Jahre erfordern kann. Bis dahin ist mit einem Mischverkehr, also einem Nebeneinander von autonomen und nicht-autonomen Fahrzeugen, auf unseren Straßen zu rechnen.

Summary

Based on the assumption that autonomous driving will prevail in the years to come, the implications for various transport carriers are outlined. It is expected that the private vehicle ownership will become the exception and will be replaced by different forms of vehicle rental. Operators of vehicle fleets will meet the mobility demands

of the people using a wide span of different vehicle concepts and sizes. This will lead to a fluid transition between individual and public transport. In this scenario, rail-bound transport will decrease in importance, with its advantages over the road transport quickly diminishing. It is expected that the complete change to autonomous driving may require up to 50 years. Until then, mixed traffic, meaning the coexistence of autonomous and non-autonomous vehicles, will be the normal state on our roads.

Vorwort

Bei dem folgenden Beitrag handelt es sich nicht um eine wissenschaftliche Arbeit. Deshalb habe ich auf Zitate, Quellen und Nachweise verzichtet. Man könnte es also am ehesten als Essay bezeichnen oder, schlichter, als Aufsatz. Natürlich sind dennoch alle niedergelegten Überlegungen von mir.

Angesichts der aktuellen lebhaften Diskussion und der rasanten technischen Entwicklung der vergangenen Jahre habe ich mich entschlossen, meine Überlegungen zum Thema "autonomes Fahren" im folgenden Beitrag zusammenzufassen. Sie sind das Ergebnis meiner und unserer langjährigen Forschungsarbeit zum Thema Mobilität. Ich denke, es ist ein überaus spannendes Thema.

Einiges von dem, was Sie lesen werden, kommt Ihnen sicherlich bekannt vor. Anderes ist jedoch neu und erscheint manchem vielleicht provokativ. Ich habe versucht, die Dinge weiter und zu Ende zu denken. Das führt mitunter zu überraschenden Ergebnissen, und so bin ich mir sicher, bei dem einen oder anderen Punkt auf lebhaften Widerstand zu stoßen.

Natürlich ist es weithin offen, wie sich die Mobilität in Zukunft entwickeln wird. Meine Thesen möchte ich zur Diskussion stellen und freue mich auf kritische Anregungen und eine kontroverse Diskussion.

Von einem bin ich allerdings überzeugt: Wir stehen vor epochalen Umwälzungen. Ganze Industrien werden neu entstehen, andere werden untergehen. Auch wenn es dabei um Jahrzehnte geht: Für alle im Feld der

Mobilität tätigen Unternehmen ist es allerhöchste Zeit, sich darauf einzustellen.

Voranstellen möchte ich auch eine Begriffsklärung. Wenn im Folgenden vom "autonomen Fahren" die Rede ist, dann ist damit ein Fahren ohne direktes menschliches Zutun gemeint. Im Gegensatz dazu steht das vom Fahrer gesteuerte Automobil, wie wir es heute kennen.

Nun ist das Automobil von der Wortherkunft her bereits ein sich selbst fortbewegendes Fahrzeug. Das könnte zu einer gewissen Verwirrung führen.

Der Begriff "Automobil" entstand Ende des 19. Jahrhunderts, um mit Maschinenkraft sich fortbewegende Fahrzeuge von jenen abzugrenzen, die bis dahin von Tieren gezogen wurden. Dass es für ihre Steuerung dennoch eines Menschen bedurfte, tat dieser Autonomie keinen Abbruch.

Das autonome Automobil stellt also eine weitere Steigerung der Autonomie des Autos dar, eine Art Autonomie zweiter Ordnung. Und so hat *Der Spiegel* vor einiger Zeit folgerichtig mit "Das Auto-Auto" getitelt, als es um sich selbst steuernde Automobile ging.

Ich verwende autonomes Fahren im Sinne von automatisiertem Fahren. Man könnte auch von einem autonomen Automobil sprechen, was wie ein Pleonasmus klingt, vergegenwärtigt man sich nicht, dass das eine auf die Antriebsquelle, das andere auf die Steuerung zu beziehen ist.

Ich habe diesen Essay im Frühjahr 2016 geschrieben. Die Situation ist heute, drei Jahre später, im Wesentlichen die gleiche wie damals. Es geht langsam, aber stetig in die von mir skizzierte Richtung voran: Es kamen neue Modellreihen mit noch weitergehenden autonomen Funktionen auf den Markt, viele mehr wurden für die nächsten Jahre angekündigt. Die Modellversuche insbesondere in den USA wurden erheblich ausgeweitet, und wir haben den ersten, durch ein vollautonomes Fahrzeug verursachten Unfall mit einem Toten. Erstaunlicherweise fallen die Reaktionen darauf verhalten aus: Das Unglück sei auch für einen menschlichen Fahrer unvermeidbar gewesen, Computer könnten trotz allem doch besser fahren als Menschen. Man sieht den „Kosten“ der Automatisierung also relativ gelassen entgegen.

In der öffentlichen Diskussion wurde das autonome Fahren allerdings durch den Dieselskandal verdrängt. Die sichtbar gewordene kriminelle Energie der Automobilindustrie, ihre Verquickung mit der Politik, ihre kategorische Weigerung, echte Nachrüstungen zu übernehmen und für den von ihr verursachten Schaden aufzukommen, die Angst der betroffenen Fahrer vor drohenden Fahrverboten, das alles hat dazu geführt, dass die Reputation der ganzen Branche auf einen Tiefpunkt gefallen ist. Sie rangiert jetzt noch hinter den Banken (!) Man ist nicht mehr stolz auf diese Vorzeigeprodukte deutscher Ingenieurskunst, und mehr noch: Das Made-in-Germany hat im In- und Ausland deutlichen Schaden genommen.

Nun geht es in diesem Aufsatz nicht um die Automobilindustrie im Allgemeinen. Die Ereignisse der jüngsten Zeit haben m.E. aber drei Dinge deutlich gemacht: (1) Die öffentliche Diskussion ist weiterhin hauptsächlich von Antriebstechniken und Motorkonzepten geprägt (elektrische Antriebe, das Für und Wider Diesels-technologie), anstatt sich mit den wirklich (r)evolutionären Folgen vollautomatischer Automobile auseinander zu setzen. (2) Der Autofahrer und hier insbesondere der Dieselfahrzeugbesitzer sorgt sich um seine individuelle Mobilität und den drohenden Wertverlust seines Fahrzeugs. Das gilt in deutlicherem Maße für Gewerbetreibende, für die Fahrverbote für Dieselautos schnell zu einer Existenzbedrohung werden könnten. (3) Die Automobilindustrie sieht offenbar angesichts weiter üppig sprudelnder Gewinne keinen Grund, ihr Geschäftsmodell zu überdenken oder gar in Frage zu stellen. Der Tenor lautet „Weiter so“ oder „Augen zu und durch“. Irgendwann werden sich Autofahrer und Politik wieder beruhigen.

Zusammenfassend könnte man also sehr starke Beharrungstendenzen konstatieren. Am liebsten möchten alle zum wunderbaren Zustand vor der Dieselkrise zurückkehren, als die Welt noch in Ordnung schien. Von Aufbruch keine Spur.

Einführung

Wenn man die Entwicklung der räumlichen Mobilität in den vergangenen 50 Jahren betrachtet, so ist man erstaunt, wie wenig sich verändert hat.

In meiner Kindheit und Jugend gab es eine lebhaftige Diskussion um die *Zukunft*, und in den zahlreichen Abhandlungen jener Zeit wurde eine fantastische Welt im Jahre 1975 oder gar jene im fernen Jahr 2000 beschworen, auf deren Kommen man bisher vergeblich gewartet hat.

In den Städten bewegte man sich auf Rollbändern fort, die die Bürgersteige ersetzt hatten und – mit verschiedenen Geschwindigkeiten ausgestattet – ein flottes Fortkommen der Fußgänger ermöglichten. Man betrat das langsamste Band, um dann sukzessive auf ein schnelleres umzusteigen, wenn man längere Strecken zurücklegen wollte.

Der Himmel war von fliegenden Automobilen bevölkert, futuristische Gleiter, die sich auf Luftstraßen fortbewegten und senkrecht starten und landen konnten.

Für weite Distanzen gab es raketenähnliche Flugzeuge, Raumschiffen gleich, die Menschen in einer knappen Stunde von Europa nach Australien beförderten.

Von anderen bizarren Gebilden wie atomgetriebenen Lastwagen und fliegenden Städten oder jene unter dem Meer ganz zu schweigen.

Heute wissen wir, dass alles ganz anders gekommen ist. Die großen Quantensprünge sind ausgeblieben,

neue revolutionäre Verkehrsträger haben sich nicht durchgesetzt. Und doch gab es Fortschritt.

Wenn man einen alten Spielfilm betrachtet, werden die Unterschiede zur heutigen Zeit deutlich. Zuerst die volleren Straßen, die größeren Autos, die Technik, die alles mehr und mehr durchdringt, und nicht zuletzt die allgegenwärtigen Sicherheitsmaßnahmen.

Tatsächlich sind alle wichtigen heutigen Verkehrsträger mindestens 100 Jahre alt. Die Eisenbahn gar das Doppelte. Es fällt auf, dass Verkehrsträger, auf die man heute besondere Hoffnungen setzt – wie das Fahrrad oder die Straßenbahn – zum Teil noch älter sind.

Im Gegensatz dazu sind die wenigen wirklich revolutionären Entwicklungen auf der Strecke geblieben.

Das Überschallpassagierflugzeug wurde aus Lärm- und Verbrauchsgründen eingestellt. Es ließ sich zudem nicht kostendeckend betreiben, weil die Menschen offenbar nicht bereit waren, den hohen Preis für die eher geringe Zeitersparnis zu bezahlen. Die Concorde war sowohl für die Entwickler und Betreiber als auch für die Passagiere ein reines Prestigeobjekt.

Die in Deutschland über Jahrzehnte hinweg entwickelte Magnetschwebbahn erwies sich als zu teuer und den Hochgeschwindigkeitszügen nicht überlegen. Sie fristet in China ein kümmerliches Dasein. Man muss abwarten, ob die neuen japanischen Pläne dieses Konzept langfristig wiederbeleben können.

In der Schweiz wurde die Idee einer futuristischen *Swiss Metro* aufgegeben. Dieses System unterirdischer Röhren sollte Menschen in Hochgeschwindigkeitskapseln von einer Stadt zur anderen schießen. Auch das

zu teuer und in einem kleinen Land wie die Schweiz wenig effizient. Stattdessen zuckeln normale Eisenbahnzüge mit kaum mehr als 100 Stundenkilometern, dafür aber in dichtem Takt, durch das Land. Ob sich Elon Musk mit seinem *Hyperloop*, einem ähnlichen Konzept wie die *Swiss Metro*, zwischen San Francisco und Los Angeles durchsetzen wird, muss man abwarten.

Also Evolution, statt Revolution? Ja und nein. Denn natürlich sieht ein Auto heute anders aus als vor 100 Jahren, und auch ein moderner Hochgeschwindigkeitszug hat wenig Ähnlichkeit mit den Dampfzügen der 1920er und 1930er Jahre. Ganz zu schweigen von einem Airbus A380 mit seinen bis zu 600 Tonnen, wenn man eine Douglas DC3 aus dem Jahr 1935 mit 12 Tonnen maximalem Startgewicht danebenstellt.

Wenn wir heute an die Zukunft der Mobilität denken, stehen v.a. Antriebskonzepte im Vordergrund. Hierbei geht es hauptsächlich um den Ersatz fossiler Brennstoffe durch elektrische Antriebe, durch gas- oder wasserstoffbetriebene Motoren bzw. Brennstoffzellen. Haben solche Änderungen der Motorisierung auch schwerwiegende Auswirkungen auf die technische Infrastruktur wie Ladestationen oder Wasserstoffkreislauf, so ändern sie nichts oder wenig an der Ausgestaltung der Mobilität an sich, also der Art und Weise, wie wir uns fortbewegen.

Neben neuer oder auch nur wiederentdeckter Antriebskonzepte gibt es einige andere aktuelle Trends.

So ist allerorten eine Renaissance des Fahrrads zu beobachten. Das steht auch, aber nicht nur, mit der

Elektrifizierung dieses Verkehrsmittels in Zusammenhang. Zum einen werden große Flotten von Leihrädern bereitgestellt, die man zeitweise mieten und für einzelne Wege nutzen kann. Zum anderen gibt es große Anstrengungen, eine fahrradgerechte Infrastruktur aufzubauen, um die Menschen zum Umstieg auf das Fahrrad zu bewegen. Diese Entwicklung geht von den großen Metropolen aus und ist auf größere Städte beschränkt, ländliche Gebiete werden davon noch kaum berührt.

Als einer der Vorreiter ist hier Kopenhagen zu nennen, wo es mit Hilfe verschiedenster Detaillösungen gelungen ist, dass bereits eine erkleckliche Anzahl aller Wege mit diesem umweltfreundlichen Verkehrsmittel zurückgelegt wird. Norwegen gibt gerade bekannt, den Gegenwert einer Milliarde Euro für den Bau eines eigenständigen Fahrradwegenetzes bereit zu stellen, ein Land, das weder topografisch noch klimatisch besonders fahrradaffin erscheint. Das nicht als autofeindlich bekannte Paris hat kürzlich ein großes Programm der Verkehrsberuhigung und Fahrradförderung angeschoben. Und selbst in Manhattan gibt es eine wachsende Anzahl von Fahrradwegen und ein gut funktionierendes Verleihsystem.

Auch der zweite aktuelle Trend ist nicht neu. Bereits in den 1960er und 1970er Jahren kam die Idee auf, Autos nicht mehr individuell zu besitzen, sondern mit anderen zu teilen. Die erste bekannte Selbstfahrergenossenschaft wurde sogar schon 1948 in der Schweiz gegründet. Carsharing im engeren Sinne begann sich aber erst Mitte der 1980er Jahre durchzusetzen. Ende 2015

gibt es in Deutschland schätzungsweise eine Million Carsharing-Nutzer. Man könnte sagen, dass diese Mobilitätsform endgültig aus ihrer Nische herausgetreten ist. Und doch umfasst diese Anzahl nicht viel mehr als ein Prozent aller mobilen Personen in Deutschland.

Carsharing ist besonders für Personen in Großstädten geeignet, die relativ wenige Kilometer im Jahr fahren. Doch nicht nur sein offensichtlicher Nutzen führt zu den aktuellen jährlichen Wachstumsraten, Carsharing wird auch von einem anderen gesellschaftlichen Megatrend befeuert: dem zunehmenden Hang zum *Teilen*. Das Stichwort lautet *sharing economy*.

Man kann eine verbreitete Abkehr vom Besitzen beobachten. Man möchte Dinge nutzen, muss sie aber deshalb nicht unbedingt besitzen. Das zeigt sich in zahlreichen Bereichen des täglichen Lebens und reicht von Anbauflächen für landwirtschaftliche Erzeugnisse und Wohnraum bzw. Schlafplätzen bis hin zu Werkzeugen, Maschinen, Büchern, Schmuck usw. Dinge werden zeitweise gemietet oder getauscht. Ein dauerhafter Besitz wird immer seltener als Voraussetzung einer Nutzung angesehen.

Bezogen auf das Auto bedeutet dies eine radikale Abkehr vom Prestige- und Statusdenken und einen zunehmenden Utilitarismus, war doch das Auto lange Zeit nicht nur Mittel zum Zweck, sondern auch Ausdruck eines individuellen Lebensstils und die Zurschaustellung von Status und Prestige.

Auch über einen anderen Trend sind sich Verkehrs- und Stadtplaner, die Betreiber von Verkehrssystemen

men aller Art und sogar die Automobilindustrie selbst einig: Es geht nicht mehr darum, einzelne Verkehrsträger zu nutzen, sondern diese zu *kombinieren*. Das Stichwort ist *Multi- oder Intermodalität*. So fährt man vielleicht mit dem Zug in eine fremde Stadt, nimmt sich dort ein Mietfahrrad zum Ziel, auf dem Rückweg ein Taxi zum Flughafen, um in seiner Heimatstadt dann mit dem Carsharing-Fahrzeug nach Hause zu fahren.

Anything goes, wenn es nur der Sache, sprich dem individuellen Mobilitätsbedürfnis, dienlich ist. Auch hierbei spielt die Nützlichkeit eine entscheidende Rolle (Zeit, Geld etc.). Daneben wird die undogmatische Kombination verschiedener Verkehrsmittel aber auch als *nachhaltig* verstanden, weil sie Ressourcen schont.

Es ist offensichtlich, dass dieser eklektische Umgang mit Mobilität auch die vorgenannten Trends (Fahrrad und Carsharing) voraussetzt und miteinschließt. Insofern muss man dieser Tendenz eine besondere Bedeutung für die Zukunft beimessen.

Über viele Jahre unbemerkt und lange als Spielerei in der automobilen Oberklasse missverstanden, ist aber eine weitere Entwicklungslinie erkennbar: Die zunehmende Technifizierung des Fahrens und die Computerisierung des Autos. Darunter ist der wachsende Einsatz von Mikroprozessoren und die Vernetzung des Automobils sowohl mit festen Stationen und Anlagen als auch untereinander gemeint.

Das moderne Auto ist nicht einfach nur ein internetfähiger Computer, sondern wird zu einem hochkomplexen System Dutzender miteinander und mit der

Außenwelt verbundener Rechner mit gewaltiger Kapazität.

Das erste Fahrassistenzsystem (FAS), das sich durchsetzte und mittlerweile in jedem Auto und sogar bei vielen Motorrädern zum Standard gehört, war das Antiblockiersystem (ABS). Boschs Patent stammt aus dem Jahr 1936, aber bereits Anfang des zwanzigsten Jahrhunderts hatten Ingenieure die ersten Ideen. In Serie sollte es aber erst 1978 gehen, anfangs etwas belächelt, meinten doch die meisten Autofahrer, sie wären mit ihrem fahrerischen Können jedem Automaten weit überlegen.

Es folgten Antriebsschlupfregelung (ASR) sowie elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP), und der Widerstand begann zu schwinden. Die Autofahrer gewöhnten sich zunehmend an die Hilfe des Kollegen Computers. Es war bequem und v.a. sicherer, auf die Eingriffe der elektronischen Helfer zu vertrauen.

Die Schar der FAS ist heute schier unüberschaubar. Es gibt Dutzende davon. Einige dienen der Fahrsicherheit (z.B. Bremsassistent, Kollisionswarn- und Schutzsystem, Spurhalte- und Spurwechselassistent, Reifendruckkontrollsystem), andere mehr der Bequemlichkeit (z.B. Tempomat, Einparkhilfe oder Einparkautomatik, Scheibenwischer- und Lichtautomatik, Verkehrszeichenerkennung). Allen diesen Systemen ist gemeinsam, dass sie dem Fahrer Arbeit abnehmen. Sie automatisieren das Fahren in zwar kleinen, aber in der Summe deutlichen Schritten.

Parallel zur Entwicklung immer ausgefeilterer Assistenzsysteme trat die Navigation ihren Siegeszug an.

War diese, wie alle kostspieligen Neuerungen, vor zwanzig Jahren noch der Mittel- und Oberklasse vorbehalten, gibt es heute kaum ein neues Auto, das nicht über ein Navigationssystem verfügt oder mit einem nachgerüstet wurde. Muss der Fahrer zwar noch immer den Anweisungen einer Computerstimme folgen, wird er der Aufgabe enthoben, sich selbst im Gewirr des modernen Straßennetzes zurechtzufinden. Auch die Entscheidung, ob ein Stau sich zu umfahren lohnt und auf welcher Art und Weise dies zu erfolgen hat, trifft der Computer. Der Fahrer führt nur dessen Anweisungen aus.

Die dritte Innovationsquelle im Auto neben den Assistenz- und Navigationssystemen stellt die Konnektivität dar. Diese wird zwar auch gebraucht, um dem Fahrer den Reifendruck zurückzumelden und Staus auf der Strecke anzuzeigen. Die Zeiten aber, in denen unter Konnektivität v.a. die Möglichkeit verstanden wurde, sein Telefon anzuschließen, sind lange vorbei. Das moderne Auto ist mit dem Internet verbunden, es kann mit Menschen und Dingen kommunizieren. Schon bald werden sich die Autos untereinander z.B. über die Verkehrslage und eines Tages vielleicht sogar über die Vorfahrt verständigen.

Fasst man diese drei Entwicklungslinien (Assistenz, Navigation und Konnektivität) zusammen und schreibt sie in die Zukunft fort, so wird deutlich, dass es nur eine Frage der Zeit ist, bis Autos autonom, d.h. ohne Zutun eines Menschen fahren. Das gilt auch für Lastwagen und Busse, für motorisierte Zweiräder in geringerem Maße. Hierbei ist es müßig zu spekulieren, ob das bereits in zehn, in fünfzehn oder erst in zwanzig Jahren sein wird.

Vielleicht wird es auch noch fünfzig Jahre dauern. Wir müssen uns aber auf eine Zukunft einstellen, in der das autonome Fahren die Regel sein wird, möglicherweise sogar die allein zulässige Form individueller motorisierter Mobilität.

Man ist zunächst geneigt, sich eine solche Zukunft mehr oder minder wie die Gegenwart vorzustellen. Anstatt der Menschen fährt eben ein Computer, ansonsten bleibt alles beim Alten. Dem ist aber nicht so. Das autonome Fahren wird die Mobilität von Menschen und Waren grundlegend revolutionieren. Es wird gewaltige Auswirkungen auf zahlreiche Industrien haben, auf unsere Städte, auf das Wohnen, auf viele Gewohnheiten des alltäglichen Lebens.

Wir stehen am Anfang dieser Entwicklung. Sie wird aber nicht wie bisher nur aus einer linear zunehmenden Automatisierung bestehen, sie wird irgendwann zu einem Quantensprung führen, der alles verändert. Das ist ein überaus spannender Prozess und führt uns zurück zu den Zukunftsvisionen der 1950er und 1960er Jahre. Diese Zukunft ist im Begriff, schon bald zu unserer Gegenwart zu werden. Endlich möchte man sagen. Wir haben sehr lange darauf gewartet.

Roadmap

Wenn das autonome Fahren kommt, und da sind sich alle einig, ist die spannendste Frage, wann das sein wird.

Um diese Frage zumindest annäherungsweise zu beantworten, muss eine Begriffsbestimmung vorangestellt werden.

Es hat sich eingebürgert, von einer Stufe 5 des automatisierten Fahrens zu sprechen, der höchsten Stufe im Automatisierungsgrad.

Stufen des automatisierten Fahrens (Automatisierungsgrad):

- Stufe 0: Driver only. Es sind keine Unterstützungssysteme aktiv; der Fahrer führt das Fahrzeug allein.
- Stufe 1: Assistent. Assistentenfunktionen sind wirksam; der Fahrer führt das Fahrzeug weiterhin allein.
- Stufe 2: Teilautomatisiert. Das System übernimmt einige Fahrfunktionen; der Fahrer überwacht das System
- Stufe 3: Hochautomatisiert. Das System übernimmt zahlreiche Fahrfunktionen; diese müssen durch den Fahrer nicht überwacht werden.
- Stufe 4: Vollautomatisiert. Das System übernimmt alle Fahrfunktionen; es ist kein Fahrer erforderlich.
- Stufe 5: Fahrerlos. Das System fährt vollständig ohne Fahrer und menschliche Überwachung.

Zurzeit, im Jahr 2019, befinden wir uns am Übergang von Stufe 2 zu Stufe 3. Man rechnet damit, dass in der ersten Hälfte der 2020er-Jahre die Stufe 4 erreicht werden wird. Die Stufe 5 wäre demnach für Anfang/Mitte der 2030er-Jahre anvisiert. Es sind also etwa 15 Jahre, die bis zum Erreichen der Stufe 5 fehlen. Vielleicht werden es ein paar mehr, vielleicht werden es ein paar weniger. Das spielt für unsere Überlegungen keine entscheidende Rolle.

In dieser Abhandlung gehe ich davon aus, dass vollautonomes Fahren (und damit meine ich immer das fahrerlose Fahren im Sinne der Stufe 5) irgendwann in den nächsten Jahren Realität geworden ist. Ich werde diesen Gedanken im Folgenden zu Ende denken und die Konsequenzen für die verschiedenen Verkehrsträger und für die davon abhängenden Industrien und Unternehmen aufzeigen. Einige Konsequenzen mögen trivial sein, andere sind unerwartet, ja, geradezu revolutionär. Auf jeden Fall wird das autonome Fahren unser aller Leben verändern.

Die Automobilindustrie

Automobile gibt es seit 120 Jahren. Vorher gab es Fuhrwerke, die von Tieren gezogen wurden. Diese Art der Fortbewegung ist vermutlich mehrere Tausend Jahre alt. Seit den 1980er Jahren haben sich nicht nur ökologische Fundamentalisten, sondern auch viele ernstzunehmende Verkehrsplaner gefragt, ob das Automobil nicht als Auslaufmodell anzusehen sei. Zu hoch erschienen die Kosten: Verbrauch fossiler Brennstoffe, Umweltverschmutzung, Flächenverbrauch, Tote und Verletzte, zunehmende Staus und Mobilitätseinschränkungen in den Städten. Ganz zu schweigen von den immensen Kosten sowohl für den Nutzer als auch für die Infrastruktur.

Besonders in den Metropolen schien das Auto am Ende zu sein. In Zukunft würde man mehr laufen und Fahrrad fahren, ein dichtes Bus- und Bahnnetz würde den Umstieg auf den ÖPNV erleichtern, und neue Verkehrsträger die bestehenden ergänzen. Hierbei dachte man nicht nur an die altbekannten Rollbänder, sondern auch an ganz neue Massenbeförderungsmittel wie Seil- oder Hochbahnen.

Das alles ist sicher nicht ganz falsch, und viele Ansätze lassen sich bereits in zahlreichen Großstädten rund um den Globus bewundern. Und doch wird das autonome Fahren – und das ist meine zentrale These – die Position des klassischen Automobils stärken. Wir werden gleich sehen, warum.

Das selbst gefahrene Auto ist zurzeit weitgehend an dessen individuellem Besitz gebunden. Carsha-

ring-Modelle werden zwar immer beliebter, das führt jedoch nicht dazu, dass diese Form des gemeinsamen Besitzes mengenmäßig stark ins Gewicht fällt. Es bleibt eine, wenn auch große Nische. Wir werden später sehen, welche Perspektiven Carsharing in einer Welt autonomer Fahrzeuge überhaupt noch hat.

Stellen wir uns am Anfang der folgenden Überlegungen zunächst einmal die Frage, was der Vorteil ist, wenn man ein Automobil besitzt. Es ist die gleiche Frage, die sich ein Autofahrer stellt, der in Erwägung zieht, auf ein Carsharing-Modell umzusteigen.

An allererster Stelle steht die *Verfügbarkeit*. Mit der Einschränkung, dass es im gleichen Haushalt mitunter mehrere Nutzer für dasselbe Fahrzeug gibt, steht das Auto immer vor der Tür (oder in der Garage). Wenn ich es benutze, wartet es dort auf mich, wo ich es hingestellt habe: vor dem Büro, dem Haus meiner Großtante, dem Geschäft, im Parkhaus usw.

Diese ständige Verfügbarkeit ist natürlich mit zusätzlichen Kosten verbunden. Ich brauche einen Stellplatz, muss einen Parkplatz suchen oder im Parkhaus bezahlen. Hinzu kommt, dass zusätzliche Wege entstehen, weil das Auto nicht immer genau dort abgestellt werden kann, wo ich es voraussichtlich brauchen werde. Außerdem bewegt sich das Auto ja nicht von allein fort. Ich muss also genau dorthin wieder zurück, wo ich es zuletzt abgestellt habe.

Welche Vorteile hat der Besitz eines Automobils noch? Bei sehr häufiger Benutzung ist das eigene Auto billiger als ein gemietetes oder geshartes Fahrzeug. Ein sicherlich wichtiges Argument viel Vielfahrer. Außerdem

kann ich es individualisieren, eine Wasserflasche deponieren, Sonnencreme ins Handschuhfach legen oder einen Duftbaum an den Innenspiegel hängen. Wenn man von weiteren psychologischen Faktoren wie Bindung und Identifikation einmal absieht, sind die Vorteile des individuellen Besitzes an einem Automobil erstaunlich gering. Die ständige Verfügbarkeit ist das wichtigste Argument (und die größte Hemmschwelle für die Teilnahme an Car-sharing-Angeboten).

Versetzen wir uns jetzt in eine Welt, in der Autos (und andere straßengebundene Verkehrsmittel) autonom fahren. Es wird vielfach übersehen, dass diese Fahrzeuge nicht nur Menschen und Waren chauffieren können, sie können genauso gut auch ohne Insassen, also leer, fahren.

Diese Tatsache hat erstaunliche Implikationen. So kann ich mir z.B. ein Auto zu einer bestimmten Uhrzeit nach Hause bestellen oder ins Büro, in die Innenstadt oder wo auch immer ich eines brauche. Wichtiger noch, es gibt keinen zwingenden Grund, dieses Auto über die eigentliche Nutzung hinaus für mich zu reservieren. Wenn ich aussteige, gebe ich es frei. Es kann zum nächsten Kunden rollen oder irgendwo auf einen solchen warten. Wenn ich Minuten oder Stunden später ein neues Fahrzeug brauche, genügt es, dieses über eine App auf meinem Smartphone (oder auf dem Kommunikator der Zukunft) anzufordern.

Mehr noch, Autos werden auf den Straßen patrouillieren, während sie auf neue Aufträge warten. Intelligente Algorithmen werden sie dorthin führen, wo ein hohes Kundenaufkommen absehbar ist. Dann genügt wie

in guten alten Zeiten das Heben eines Arms, damit ein Fahrzeug hält. Es wird ein bisschen wie in Manhattan sein, nur dass kein oranges Taxi mit Fahrer heranrollen wird.

Das bedeutet konkret, dass man jederzeit aus- und einsteigen kann. Man läuft auf der Straße und entscheidet nach Lust und Laune (und Eile) spontan, ob man ein autonomes Fahrzeug benutzen möchte.

Das sind aber nur einige von einer Vielzahl von Gründen, warum der individuelle Besitz von Fahrzeugen in Zukunft immer unattraktiver werden wird. Ausnahmen werden zwar bleiben, denn vielleicht möchte jemand einen bestimmten Oldtimer pflegen oder einen individuell ausgestatteten Campingwagen nutzen. Es gibt sicherlich noch einige andere gute Gründe, ein Auto besitzen zu wollen. Ich sage aber voraus, dass der individuelle Besitz an selbstfahrende Fahrzeuge zur absoluten Ausnahme werden wird.

Als Gründe dafür steht an allererster Stelle die *Flexibilität*.

Schon heute werben einige Automobilhersteller damit, sein gekauftes oder geleastes Fahrzeug zeitweise gegen ein anderes austauschen zu können. So könne man sich am Wochenende ein Cabrio zulegen oder für den Umzug einen kleinen Transporter. Der Händler hält einen Pool von Autos bereit, aus dem man sich bedienen kann.

Aber wie viel flexibler wäre man, wenn man jederzeit neu wählen könnte, wenn man an keine Marke oder Karosserieform gebunden wäre, wenn man sogar

über das Grundkonzept der Mobilität selbst jeweils neu entscheiden könnte?

Man bestellt also ein Cabrio für das Wochenende, einen kleinen Transporter, um zu Ikea zu fahren, ein zweisitziges Stadtauto für die City, einen Van, um mit Freunden zum Fußballspiel zu kommen. Der Fantasie sind keine Grenzen gesetzt. Das heißt, die Grenze ist natürlich das Geld, das man bezahlen kann oder bezahlen möchte. Denn jeder Meter Mobilität wird etwas kosten.

Genauso wie heute Mietwagen nach Ausstattung, Größe und Modell preislich gestaffelt sind, wird es auch in Zukunft eine Vielzahl von Angeboten geben. Es wird luxuriöse Fahrzeuge geben und karge, große und kleine, schnelle und langsame. Das Fahren in der Rush Hour wird teurer sein, so wie vielbefahrene Strecken Aufpreis kosten werden. Aber es wird auch Sonderangebote geben, Mengenrabatte und Kundenbindungsprogramme.

Natürlich sind auch in Zukunft alle Ressourcen begrenzt. Wenn die Sonne scheint und alle am Wochenende Cabrio fahren wollen, werden die Cabrios teurer sein, als wenn es unter der Woche regnet. Teurer deshalb, weil es schlicht nicht genug davon gibt. Es würde ja keinen Sinn machen, eine zu große Anzahl davon bereitzustellen, weil sie die meiste Zeit des Jahres nicht genutzt würden.

Neben der unbestreitbaren Vorteile der Flexibilität gibt es aber noch etwas, was die Zukunft des autonomen Fahrens bringen wird: Ohne individuelle Autos gibt es keine individuellen Parkplätze.

Vor vielen Jahren kursierte ein Witz, in dem die Führer des Westens und des Ostens, Ronald Reagan und Leonid Breschnew, sich über die Errungenschaften ihrer jeweiligen Systeme unterhalten. Reagan sagt voller Stolz, der Westen habe mehr Automobile, worauf Breschnew kontert, dafür gäbe es im Osten mehr Parkplätze.

Wir haben ein wenig das Gefühl dafür verloren, welche Kosten das Abstellen von Fahrzeugen verursacht. Und damit sind nicht nur die Parkgebühren gemeint, ohne die es in kaum einer Innenstadt mehr geht.

Die in Deutschland zugelassenen 45 Millionen Autos brauchen mindestens ebenso viele Parkgelegenheiten. Eigentlich sind es wesentlich mehr. Selbst wenn wir aber nur von 50 Millionen Parkplätzen und Garagen ausgehen, kommen wir auf mindestens 500 Millionen Quadratmeter, die mit Autos vollgestellt werden. Das sind stolze 500 Quadratkilometer! Umgerechnet 1,5 Promille des Landes. Das ist nur eine grobe Schätzung, zeigt aber das ganze Ausmaß des Problems, eines Problems, mit dem wir uns tagtäglich und überall konfrontiert sehen.

Wenn wir uns alte Filme anschauen, dann fällt als erstes auf, dass die Städte früher anders waren. Das betrifft weniger die Straßen, sondern die endlosen Reihen Blechs, die sie säumen, die jeden Blick auf Häuser, Bäume und Fußgänger verstellen. Unsere Städte und Ortschaften sind zu riesigen Parkplätzen verkommen. Und wir haben uns nach und nach damit abgefunden.

Hinzu kommen noch zahlreiche öffentliche Parkhäuser, ganze Parkhausstädte an Flughäfen und

Bahnhöfen, auf dem Gelände großer Firmen und Bildungseinrichtungen.

Jedes Gewerbe muss Parkmöglichkeiten nachweisen, jeder Neubau mit Tiefgaragen ausgestattet sein, jedes Privathaus mit einer Garage oder am besten gleich mehreren davon. Eine gewaltige Verschwendung an Flächen, an Geld und an Lebensqualität.

Jetzt werden Sie vermutlich fragen, was das alles mit dem autonomen Fahren und der Zukunft der Mobilität zu tun hat.

Eine weitere Kernthese dieses Aufsatzes lautet: In Zukunft wird man wesentlich weniger Fahrzeuge brauchen als heute.

Wenn man die durchschnittliche Fahrleistung eines Pkw in Deutschland mit 12500 Kilometer im Jahr und eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 50 Kilometern pro Stunde ansetzt, dann wird jedes Auto etwa 250 Stunden im Jahr bewegt. Bei meinem eigenen Auto komme ich auf etwa 400 Stunden jährlich. Man kann also behaupten, dass ein Auto nur etwa eine Stunde am Tag auf den Straßen unterwegs ist.

Selbst wenn man berücksichtigt, dass es Zeiten gibt, an denen viele Menschen Auto fahren und solche (wie zum Beispiel nachts), an denen kaum jemand sich fortbewegen muss, lässt sich leicht hochrechnen, dass man keine 45 Millionen Autos brauchen wird, um alle individuellen Mobilitätsbedürfnisse in Deutschland zu befriedigen.

Wie viele es am Ende sein werden, ist ungewiss. Das hängt zum Teil von der Nutzung größerer Fahrzeuge wie Transportern und Bussen ab. Aber auch alternative

Fortbewegungsmittel wie Fahrräder werden eine Rolle spielen. Wenn ich eine Zahl nennen müsste, dann würde ich schätzen, dass man mit etwa 20% der jetzigen Fahrzeuge auskommt. Das wären also neun bis zehn Millionen. Diese Schätzung beruht, wie gesagt, auf der Annahme einer gleichbleibenden, in Personenkilometern gemessenen Mobilität.

Daraus lässt sich leicht ableiten, dass die Straßen mitnichten leerer werden. Aber man wird sie besser nutzen können. Autonomes Fahren wird einen dichten gestaffelten Verkehr erlauben und Staus weitestgehend verhindern. Durch flexible Preissysteme wird man die Spitzenverkehrszeiten entzerren und die vorhandene Infrastruktur besser nutzen können.

So wird beispielsweise eine Fahrt von Mannheim nach München vormittags ein Mehrfaches dessen kosten, was man für sie in den frühen Morgenstunden oder am späten Abend bezahlen müsste. Diese Argumente sind aus der Diskussion um die flexible Straßenmaut bekannt und behalten ihre Gültigkeit, zumal auch die Straßennutzungskosten vermutlich Eingang in die Fahrzeugmiete finden werden.

Die Straßen werden also nicht leerer werden, aber man wird sie gleichmäßiger befahren (was nicht nur von Vorteil ist – Beispiel Lärmbelastung). Aber natürlich werden nicht alle neun oder zehn Millionen Autos immer gleichzeitig unterwegs sein. Man wird also auch für diese Fahrzeuge einen Stellplatz brauchen.

Zum einen betrifft das Problem dann aber nur noch 20% des jetzigen Fahrzeugbestands, zum anderen

werden diese Stellflächen nicht vor unsere Haustür sein. Das wäre schon preislich wenig attraktiv.

Die Betreiber dieser neuen Flotten autonomer Fahrzeuge (zu diesen kommen wir später ausführlicher) werden ihre Fahrzeuge an strategisch sinnvollen Punkten platzieren. Es wird dafür ausgewiesene Flächen in den Städten geben, ähnlich wie den heutigen Taxiständen. Die meisten Fahrzeuge wird man aber auf großen Parkplätzen in den Randlagen der Ballungszentren zwischengelagern. Dort wird es Wartungseinrichtungen und Waschanlagen geben. Denn vor allem in den Nachtstunden wird es sich lohnen, die Fahrzeuge vorübergehend ganz aus dem Verkehr zu ziehen.

Die Verringerung der Gesamtzahl aller am Verkehr teilnehmenden Fahrzeuge klingt erst einmal wie eine schlechte Nachricht für die Automobilindustrie. Ist es aber nicht.

Wir erinnern uns: Die Gesamtfahrleistung wird nicht sinken – sondern eher steigen. Sie wird nur anders verteilt. Anstatt auf vielen Autos, die 15 bis 20 Jahre am Verkehr teilnehmen, werden sich die Fahrzeugkilometer auf ein Fünftel davon aufteilen. Die Fahrleistung pro Auto wird also enorm ansteigen. Wenn man eine fünffache durchschnittliche Fahrleistung im Vergleich zu heute ansetzt, so kommt man bereits auf 70.000 Kilometer. Aber es könnten auch 100.000 Kilometer werden oder mehr. Das bedeutet, dass ein zukünftiges autonomes Fahrzeug auf eine Lebensdauer von vielleicht drei bis vier Jahren kommt.

Zurzeit werden in Deutschland durchschnittlich gut 3 Millionen Fahrzeug im Jahr neu zugelassen. Laut

Zahlen aus dem Jahr 2014 werden diese über alle Marken hinweg nach ungefähr 18 Jahren verschrottet. Die Spanne hierbei ist enorm. Sie reicht von VW (26 Jahre) bis Kia, Lancia oder Alfa Romeo (14 Jahre). Tendenziell hat sich die Gesamtlebensdauer von Automobilen immer mehr verlängert. Ein Trend, der sich ohne autonomes Fahren vermutlich fortsetzen würde.

Wenn der heutige Ersatz- und Erweiterungsbedarf gut 3 Millionen Autos im Jahr beträgt, wie hoch wird er in Zukunft bei einem Bestand an autonomen Fahrzeugen von 9 oder 10 Millionen liegen?

Trotz der auf 20% des jetzigen Bestands gesunkenen Gesamtflotte, wird der Erneuerungsbedarf nicht entscheidend kleiner werden, setzt man eine Lebensdauer von etwa drei Jahren voraus. Das heißt, auch in Zukunft werden 2,5 bis 3 Millionen Autos Jahr für Jahr neu zugelassen werden müssen, um den Mobilitätsbedarf der Bevölkerung decken zu können.

Als Fazit kann festgehalten werden, dass die Gesamtfahrleistung lediglich auf weniger Fahrzeuge konzentriert wird und diese somit schneller ersetzt werden müssen.

Dieser Umstand bringt einen weiteren, bisher wenig beachteten Effekt mit sich. Dieser betrifft die Länge der Modellzyklen.

In den vergangenen Jahrzehnten konnte eine fortwährende Verkürzung der Modellzyklen beobachtet werden. Diese wurden nicht nur durch technische Fortschritte bedingt, sondern waren auch der Notwendigkeit geschuldet, dem Verbraucher optisch zeitgemäße Fahrzeuge anbieten zu können.

Wesentliche Treiber für diese Entwicklung waren aber nicht nur Modeströmungen im Bereich Design, sondern auch neuentwickelte Nutzungskonzepte. Man denke hierbei zum Beispiel an den Siegeszug der SUVs oder dem aktuellen Trend zur "Crossoverisierung" der traditionellen Fahrzeugkonzepte. Mittlerweile gibt es kaum noch eine Kombination zwischen Minivan, SUV, Kombi und Limousine, die es nicht gibt. Man kann sogar Kreuzungen von Pickups mit Cabrios beobachten oder von Supersportlern mit Geländewagen.

Und doch sind auch Anforderungen im Bereich Sicherheit, aber vor allem in der Umwelttechnik wesentliche Faktoren für neue Modelle und Modellreihen. Die immer strengeren Abgas- und Verbrauchsvorgaben haben nicht nur zu veränderten oder ganz neuen Motor Konzepten geführt, sondern auch eine Vielzahl anderer Änderungen z.B. im Bereich des Luftwiderstandes bedingt.

Was die Motortechnik angeht, erleben wir sowohl deutliche Verbesserungen etwa bei Dieselmotoren als auch das Aufkommen ganz neuer Antriebkonzepte wie Elektromotoren, Hybride und Brennstoffzellen. Diese und die damit verbundenen Speichertechniken entwickeln sich sehr schnell weiter. Eine Batterie, die heute als fortschrittlich gilt, mag in zwei, drei oder vier Jahren längst überholt sein.

Die Aufeinanderfolge der Modellzyklen wird zusätzlich durch die zunehmende Computerisierung und Vernetzung des Automobils beschleunigt. Wenn, wie mehrfach kolportiert, das Auto immer mehr zu einem fahrbaren Computer wird – und eigentlich ist es eher ein

fahrbares Rechenzentrum, als ein einzelner Rechner – so führt die rasante technologische Entwicklung in diesem Bereich dazu, dass viele Komponenten immer schneller veralten.

Niemand würde heute privat oder beruflich einen 18 Jahre alten Rechner nutzen, und das ist, wie wir uns erinnern, die gegenwärtige durchschnittliche Lebensdauer eines Automobils in Deutschland. Selbst sechs, sieben oder acht Jahre alte Rechner gelten als hoffnungslos veraltet. Ein Smartphone wird von vielen Nutzern heutzutage bereits nach einem oder zwei Jahren gegen eines der neuesten Generation ausgetauscht.

Für das Automobil bedeutet das, dass gerade die Entwicklung der Computertechnik kürzere Modellzyklen erfordert. Es ist nicht zu erwarten, dass sich dieses Innovationstempo in den nächsten Jahrzehnten verringern wird.

Waren vor einiger Zeit Modellzyklen von neun, zehn oder mehr Jahren die Regel, so haben sich diese gegenwärtig auf sieben bis acht Jahre verkürzt. Einige, insbesondere asiatische Hersteller, erneuern ihre Modellreihen bereits nach gut sechs Jahren.

Der Verbraucher fordert zwar einerseits immer schneller neue Modelle, die Umfragen zeigen aber andererseits, dass diese Beschleunigung von einer Mehrheit von ihnen kritisch gesehen wird.

Hier wird ein Dilemma der Automobilindustrie deutlich: Wenn ich ein neues Auto kaufe, möchte ich ein möglichst aktuelles Modell für mein Geld bekommen. Wenn ich es aber dann besitze und fahre, sollte sich in der betreffenden Modellreihe möglichst lange nichts

mehr ändern, denn jede Änderung führt zu einem Wert- und Imageverlust.

Ganz anders stellt sich diese Situation dar, wenn der individuelle Besitz am Fahrzeug nicht mehr die Regel, sondern die Ausnahme geworden ist. Wie bei einem Smartphone, einem Flatscreen oder einem anderen hochtechnisierten Produkt zählt dann nur noch der neueste technische Stand. Kein Verbraucher wird etwas gegen immer neue Modelle einzuwenden haben.

Das bedeutet als weiteres Fazit, dass das autonome Fahren und die damit einhergehende Entkopplung von Fahrzeug und dessen Besitz noch kürzere Modellzyklen als heute überhaupt erst möglich machen. Sie werden nicht nur möglich, sondern sind auch notwendig, weil die Fahrzeuge durch die wesentlich höhere jährliche Laufleistung bereits nach wenigen Jahren nicht mehr rentabel zu betreiben sein werden.

Die Automobilindustrie wird sich also in Zukunft auf Modellzyklen von etwa drei bis vier Jahren einstellen müssen. Davon unbenommen bleiben ständige Software-Updates, die, wie heute bei anderen computerisierten Geräten, permanent erfolgen werden.

Die Verkürzung der Modellzyklen kommt also nicht nur dem Verbraucher und seinen sich schneller verändernden Mobilitätsbedürfnissen entgegen. Sie wird zudem dem Innovationstempo im Bereich Computer und Vernetzung besser gerecht. Auch die zu erwartenden Entwicklungen von Antriebstechnik, Motorisierung und Energiespeicher können so schneller auf die Straße gebracht werden.

Kürzere Modellzyklen eröffnen aber weitere Möglichkeiten. Mehr als bisher, wo Autos als langlebige Konsumgüter angesehen werden, wird man im Automobilbau in Zukunft kurzfristigen Mode- und Designtrends nachgehen können (und müssen). So werden Farben und Formen sowie Details der Innenausstattung einem schnelleren Wechsel unterworfen sein als bisher.

Es ist zu erwarten, dass der Nutzer der diversen Mietangebote keine rein utilitaristische Perspektive einnehmen wird. Es wird also nicht gleichgültig sein, wie man von A nach B kommt. Ähnlich wie bereits heute bei Taxis und Mietwagen werden Komfort, Ausstattung und Design, sicherlich aber auch Fahrzeuggröße, -konzept und -marke, zu Argumenten werden, sich für den einen oder anderen Anbieter, das eine oder andere Fahrzeug zu entscheiden.

All das wird aber auch vom Geldbeutel des Betroffenen und seiner Ausgabebereitschaft abhängen, denn die preisliche Spreizung der verschiedenen Angebote wird erheblich sein.

Flottenanbieter

Eine Frage, die für verschiedene Branchen relevant ist, betrifft die möglichen Flottenanbieter. Wer wird also diese autonom fahrenden und sich nicht im Privatbesitz befindlichen Fahrzeuge betreiben?

Gleichwohl dafür jeder in Frage kommt, der fähig und willens ist, sich (mit größeren Beträgen) finanziell zu engagieren, gibt es einige "natürliche" Kandidaten. Hierzu gehören v.a. jene, die bereits zum gegenwärtigen Zeitpunkt größere Fahrzeugflotten besitzen und betreiben.

An allererster Stelle sind die *Autovermieter* zu nennen.

Das Geschäftsmodell der Autovermieter ähnelt gegenwärtig am stärksten jenem, den man in Zukunft für den Betrieb autonomer Fahrzeugflotten benötigen wird.

Autovermieter verfügen bereits jetzt über umfangreiche Infrastrukturen, was die Pflege und Instandsetzung der Mietwagen sowie deren Bereitstellung angeht. Außerdem verfügen sie über international eingeführte, bekannte Marken und einem großen Stamm z.T. sehr treuer Kunden.

Allerdings gehört gegenwärtig zu deren Geschäftsmodell, dass die Fahrzeuge nur eine sehr begrenzte Zeit genutzt, um dann gewinnbringend weiterverkauft zu werden. Das wäre in Zukunft in dieser Form nicht mehr möglich und würde eine Verschiebung von Teilen der Einkünfte vom Fahrzeughandel auf das eigentliche Mietgeschäft implizieren.

Ein weiterer Unterschied zur gegenwärtigen Situation liegt in der Mietdauer. Obwohl die autonomen Fahrzeuge auch längere Strecken fahren werden, führt ihre flexiblere Nutzung zu den unterschiedlichsten zeitlichen Mietformen. Diese werden vielfach im Stunden- wenn nicht im Minutenbereich liegen. In der Summe würde sich die Mietdauer radikal verkürzen und andere Abrechnungssysteme erfordern.

Ein weiterer, allerdings weniger aussichtsreicher Kandidat für den Betrieb von Fahrzeugflotten sind *Taxiunternehmen*.

Es ist offensichtlich, dass ein System autonomer Fahrzeuge keine Chauffeure mehr benötigt, so dass Taxis im engeren Sinne obsolet werden. Da die deutsche Taxilandschaft aber stark von kleinen und mittleren, manchmal sogar einzelnen Betreibern geprägt ist, ist diese auf Anschaffung, Unterhalt und Vermarktung großer Fahrzeugflotten relativ schlecht vorbereitet und damit wenig konkurrenzfähig. Es ist also zu erwarten, dass diese Branche ganz verschwindet.

Anders verhält es sich mit Anbietern wie Uber. Unlängst ließ deren Chef verlauten, das teuerste Element im Uber-Konzept sei z.Z. der Fahrer. Hier ist bereits klar, wohin der Weg geht.

Auch *Carsharing*-Anbieter kommen als Kandidaten für den Betrieb autonomer Fahrzeugflotten in Frage. Sie verfügen über Erfahrungen in den erforderlichen Bereichen (Einkauf, Wartung, Reparatur, Pflege etc.) und haben bereits jetzt einen relativ großen Kundenstamm.

Obwohl es grundsätzlich denkbar ist, dass auch Betreiber autonomer Flotten ihre Kunden eng an sich

binden können, werden sich diese wohl kaum an einen einzigen Anbieter ketten wollen. Gleichwohl wird es solche Modelle geben. Was für alle Anbieter gilt, bedeutet aber für die Carsharing-Branche eine besondere Herausforderung, weil sich diese bisher gerade nicht durch eine Vielfalt ihres Angebots auszeichnet. Die Vielfalt des Angebots ist eine wesentliche Voraussetzung für Flexibilität beim Mieten verschiedener Fahrzeugmodelle und -konzepte. Carsharing war bisher v.a. im Vorteil, wenn es um die räumliche Nähe der Fahrzeuge zum Kunden ging. Ein Vorteil, der in Zukunft kein Alleinstellungsmerkmal mehr sein wird.

Ich erwarte, dass das klassische Carsharing-Konzept den Übergang in die autonome Fahrwelt nicht überlebt. Bereits jetzt stößt es zahlenmäßig an Grenzen und kommt aus seiner Nische letztlich nicht heraus.

Wer käme außer den Genannten noch als Anbieter autonomer Fahrzeugflotten in Frage? Sicherlich könnten hier neue Namen aus dem Bereich Energieversorgung oder Telekommunikation auftauchen, aber auch die neuen IT-Giganten wie Apple und Google wären mögliche Kandidaten. Schließlich tun sich gerade letztere mit intensiver Forschung und ausgedehnten Modellversuchen auf diesem Gebiet hervor.

Es gibt aber einen anderen Anwärter, der einem nicht sofort in den Sinn kommt, obwohl ein solches Angebot für ihn absolut naheliegend wäre, und das ist die *Automobilindustrie* selbst.

Die Automobilindustrie verfügt über alle Voraussetzungen für das erfolgreiche Betreiben großer

Fahrzeugflotten. Wenn man an ihre Leasinggesellschaften denkt, dann tut sie das schon heute.

Eine Verbindung von Produktion und Betrieb von Fahrzeugen hätte sicher eine Vielzahl von Vorteilen. Zum einen könnten diesbezügliche Erfahrungen schneller in die Konstruktion fließen, zum anderen hätte man Kostenvorteile gegenüber Anbietern, die ihre Fahrzeuge (bei eben dieser Automobilindustrie) erst kaufen müssten. Darüber hinaus verfügen die Hersteller über bekannte Marken mit jahrzehntealter Tradition. Sie haben langjährige treue Kunden und ein stabiles und eingeführtes Markenimage.

Aber natürlich hat der Automobilhersteller als Flottenanbieter auch mit entscheidenden Nachteilen zu kämpfen. Ein Fremdanbieter kann im Prinzip alle Marken führen, also seinen Kunden das volle Spektrum der im Markt verfügbaren Fahrzeuge vom Stadtmobil bis zum Luxuswagen anbieten. Und er kann flexibler auf die sich verändernden Kundenwünsche reagieren. Fällt eine Marke beim Verbraucher in Ungnade oder kommt eine andere groß heraus, kann er seine Flotte relativ schnell umbauen, schneller jedenfalls als der Hersteller, der an seinem Image und seiner Modellpalette feilen müsste.

Dieser Nachteil fällt allerdings bei großen Konzernen weniger ins Gewicht. Wenn eine Muttergesellschaft wie VW zehn Marken zu ihrem Portfolio zählt, ist sie besser für die neue Zeit aufgestellt als ein Ein-Marken-Hersteller, von denen es aber immer weniger gibt.

Wie sehen also, dass die Automobilgesellschaften in doppelter Weise von der Automatisierung des Fahrens profitieren wird. Sie wird ihr Geld nicht nur mit dem

Verkauf (einer kaum schrumpfenden Produktion) verdienen, sondern auch erheblich von der direkten Nutzung ihrer Fahrzeuge profitieren.

Für alle Flottenanbieter wird sich aber das Thema *Kundenbindung* anders und zum Teil ganz neu stellen.

Wir haben gesehen, dass es für den Verbraucher wenig Anlass gibt, sich an einen bestimmten Anbieter zu binden oder gar zu ketten. Seine neue Freiheit besteht ja gerade darin, aus allen Möglichkeiten frei zu wählen, also Autos flexibel zu nutzen, kleine und große Wege je nach Bedarf anders zurückzulegen. Und natürlich wird der Individualverkehr auch in Zukunft, dann sogar mehr als heute, mit dem öffentlichen Verkehr konkurrieren. Dazu später mehr.

Für den einzelnen Flottenbetreiber wird es also wesentlich sein, den Kunden so oft wie möglich dazu zu veranlassen, gerade seine Angebote zu wählen. Dieser Herausforderung müssen sich Autovermieter seit jeher stellen, und nicht umsonst haben hier Kundenbindungsprogramme eine lange Tradition. Aber auch Tankstellen und Hotelketten kämpfen schon lange mit diesem Problem.

Kundenbindungsprogramme werden für den Markt autonomer Fahrzeuge vermutlich nicht viel anders aussehen als jene, die es heute schon für andere Märkte gibt. Man wird Rabatte für wiederholte Nutzung erhalten, es wird Kundenkarten und Clubmitgliedschaften geben. Sogar Flatrates sind denkbar, was zu einer Parallele zum klassischen Autobesitz führt, obwohl man dann nur einen Anteil an einer Fahrzeug*flotte* (für eine bestimmte

Zeit) erwerben wird. Der Fantasie sind keine Grenzen gesetzt, und ich bin mir sicher, dass die Marktforscher hier einiges Neues erfinden werden.

Öffentlicher Personenverkehr

Das autonome Fahren wird den Individualverkehr grundlegend verändern. Das habe ich auf den letzten Seiten aufgezeigt. Wer glaubt, dass sich die Veränderungen auf dieses Gebiet beschränken werden, der irrt. Auch der öffentliche Personenverkehr (ÖPV), gleichgültig ob Nah- oder Fernverkehr, wird in Zukunft ein vollkommen anderer sein.

Wie groß diese Veränderungen sein werden, möchte ich jetzt skizzieren. Einiges von dem, was ich schreiben werde, ist spekulativ, weil der ÖPV ein größeres Trägheitsmoment als der Individualverkehr aufweist, und wir weit in die Zukunft – bis hin zu 50 Jahren und darüber hinaus – blicken müssen. Außerdem ist der ÖPV stärker reguliert und unterliegt in größerem Maße politischen Entscheidungen. Hier ist vieles möglich, was ökonomisch oder technisch weniger sinnvoll ist.

Ich habe weiter oben auf einen der großen aktuellen Trends hingewiesen, den Trend zum *Kombinieren* verschiedener Verkehrsträger. Darin sind sich alle Verkehrsexperten und Verkehrsmittelanbieter einig: Nicht die exklusive Nutzung eines bestimmten Verkehrsträgers ist sinnvoll und nachhaltig, sondern deren undogmatische Kombination. Das umfasst sowohl die jeweils sinnvollste Auswahl (kürzeste Strecke, billigste und ökologischste Variante), als auch deren tatsächliche Kombination für das Zurücklegen einer bestimmten Strecke (z.B. Rail&Fly, Park&Ride etc.).

Wenn bereits heute, also angesichts des allgegenwärtigen individuellen Besitzes an einem Fahrzeug,

die Kombination von Verkehrsträgern propagiert und diese als unverzichtbar angesehen wird, wie wird es sich erst in einer Zukunft darstellen, in der jegliche Verkehrsleistung lediglich gemietet wird?

Man braucht kein Prophet zu sein, um zu erkennen, dass der Unterschied zwischen Individualverkehr und Öffentlichem Personenverkehr immer mehr schwinden wird.

So ist z.B. anzunehmen, dass es eine fast beliebige Skalierung der Fahrzeuggrößen geben wird. Schon heute haben wir Automobile, die ein Platzangebot für zwei bis sieben, mitunter neun Personen aufweisen. Daneben gibt es kleine und große Busse. Diese können bis zu 200 Fahrgäste auf einmal befördern.

Wir werden also in Zukunft die Wahl haben, ob wir uns allein, mit wenigen oder aber mit vielen Menschen fortbewegen wollen. Auf den ersten Blick nicht viel anders als heute. Doch wird es hier einen im Vergleich zur Gegenwart wesentlich größeren mittleren Kapazitätsbereich geben.

Von was aber wird unsere Wahl abhängen? Auch hier ist der Unterschied zu heute eher gering. Unsere Entscheidung wird vor allem von unserer Ausgabebereitschaft abhängen. Daneben spielt die verfügbare Fläche eine zusätzliche Rolle, aber auch dieses Gut wird in irgendeiner Form auf der Kostenseite auftauchen.

Nehmen wir also an, ich möchte von Mannheim nach München fahren. Dafür werde ich sehr viele Alternativen haben.

Ich kann mir ein individuelles Fahrzeug bestellen, das mich abholt und an meinem Ziel abliefert. Das

wird die bequemste, aber auch teuerste Alternative sein. Natürlich kann ich hierbei aus einem weiten Spektrum an Fahrzeugen und Marken wählen, was ebenfalls kostenrelevant sein wird. Vielleicht möchte ich Luxus und Entertainment, Komfort und Ruhe, vielleicht begnüge ich mich mit einem einfachen, spartanisch ausgestatteten Modell.

Für meine Fahrt nach München könnte ich aber auch ein Gemeinschaftsfahrzeug mieten. Hier müsste ich mich mit mehreren Mitfahrern arrangieren, was aber vielleicht kommunikativer und lustiger wäre – und natürlich auch billiger. Die Faustregel wird hierbei sein, dass die Fahrt umso günstiger wird, je mehr Menschen mitfahren.

Schon heute gibt es Fernbusse, die für einige Euro quer durch Deutschland fahren. Um wieviel billiger werden diese Fahrzeuge ohne Fahrer verkehren können?

Kleine Busse werden mich eventuell ebenfalls Zuhause abholen, bei größeren muss ich zu einer Sammelstelle fahren, was aber angesichts zahlreicher Zubringermöglichkeiten kein Problem sein wird. Es wird nur ein wenig länger dauern – und deshalb günstiger sein.

Abgesehen von der Größe werden die Sammel- und Überlandbusse ebenfalls unterschiedliche Komfort- und Verpflegungsangebote machen. Selbst eine Differenzierung nach sozialen Gruppen ist denkbar.

Bereits heute kann man sich in Flugzeugen (z.B. bei der niederländischen Fluggesellschaft KLM) die Person, die neben einem sitzt, mit Hilfe von Profilen in sozialen Netzwerken aussuchen. In Zukunft wird man sich einen Kleinbus mit vermeintlich Gleichgesinnten für eine Langstrecke zusammenstellen können. Das Internet lässt

dieses und mehr zu. Der Fantasie sind keine Grenzen gesetzt.

Ein wenig anders wird es in den Städten sein. Das gilt insbesondere für die Innenstädte und die großen Ballungsgebiete. Es ist anzunehmen, dass das autonome Fahren effizienter vonstattengehen wird als das gegenwärtige selbst gesteuerte. Das wird sich auch auf den Flächenverbrauch positiv auswirken, der etwas geringer ausfallen könnte. Daneben haben wir gesehen, dass man durch die nicht benötigten Parkflächen viel Raum gewinnt.

Dennoch bleibt der Platz in den Städten begrenzt. Das wird sich in Zukunft nicht wesentlich ändern. Im Gegenteil, das Problem wird sich durch weitere Verdichtung verschärfen. Der alte Spruch, man könnte die Straßen einfach breiter machen, allerdings bliebe dann kein Platz mehr für die Häuser, ist zeitlos gültig.

Auch in Zukunft werden wir also Massenverkehrsmittel brauchen. Diese werden aber – natürlich – ebenfalls autonom fahren. Ein städtischer Bus mit 50, 100 oder 200 Plätzen wird immer eine geringere Fahr- und Aufstellfläche haben wie ebenso viele, selbst winzige Google-Cars.

Es wird also Busse geben, die in den Städten zirkulieren. Diese werden je nach Strecke und Tageszeit unterschiedlich groß sein. Sie werden nach Fahrplänen verkehren und nach Bedarf. Auf jeden Fall wird dieses Angebot sehr vielfältig sein.

Schienegebundener Verkehr

Der aufmerksame Leser wird sich vielleicht schon seit ein paar Seiten fragen: Was ist eigentlich mit der Eisenbahn, der U-Bahn, der Straßenbahn? Was ist mit der Schiene insgesamt, diesem Verkehrssystem mit der längsten Tradition, dem man unbeschadet davon auch eine rosige Zukunft voraussagt?

Um es gleich vorweg zu sagen: *Die Schiene wird es in einer Welt autonom fahrender Fahrzeuge nicht mehr geben.*

Ich bin mir der Schwere dieses Urteils bewusst und weiß, dass diese Aussage den stärksten Widerspruch auf meinen Beitrag insgesamt hervorrufen wird. Ich möchte auch betonen, dass es mir nicht leichtgefallen ist, zu dieser Schlussfolgerung zu gelangen. Ich war schon immer ein großer Freund der Bahn, und wenn man mich vor Jahren gefragt hätte, welches Verkehrssystem – Schiene oder Straße – sich in Zukunft durchsetzen wird, so hätte ich nicht gezögert, die Schiene als Sieger auszurufen.

Doch leider wird es anders kommen. Das mag z.T. auch daran liegen, dass es heute Straßen zu jedem noch so abgelegenen Winkel des Landes und der Welt gibt. Ungeheure Investitionen wurden in den letzten 100 Jahren getätigt. Mehrere 100.000 Kilometer Straßen gibt es allein in Deutschland.

Und doch ist der Siegeszug des straßengebundenen Fahrzeugs nicht allein durch die Beharrungskräfte des Faktischen bedingt. Es gibt auch handfeste rationale Gründe, die für die Straße sprechen.

Versuchen wir uns dem Gegenstand von der anderen Richtung her zu nähern und fragen uns, welche Vorteile die Schiene hat.

Der Unterschied zwischen Schiene und Straße liegt hauptsächlich darin, dass die Schiene eine *Führung* darstellt. Das Schienenfahrzeug muss (und kann) nicht gelenkt werden und rollt, von den Schienen geführt, immer in eine gegebene Richtung.

Dieser Umstand hat eine Vielzahl von daraus ableitbaren Vorteilen.

Zum einen bedarf die Schiene schon rein konstruktiv einer eigenen Trasse, wodurch sie von anderen Verkehrsträgern weitgehend unabhängig wird. Natürlich gibt es hier Ausnahmen (z.B. die Straßenbahn) und es gibt auch Konflikte (z.B. Bahnübergänge), man ist aber bestrebt, Schienensysteme möglichst unabhängig von anderen Verkehrssystemen zu betreiben.

Haben wir erst einmal eigene Schienentrassen, kommen die weiteren Vorteile der Schiene zum Tragen.

Die Fahrwege können automatisch durch den Einsatz eines Weichensystems gesteuert werden. Hinzu kommen Signalanlagen, automatische Bremsen etc. Heutige moderne Züge steuern sich weitgehend selbst.

Schienenfahrzeuge auf eigenen Trassen können wesentlich länger sein als straßengebundene. Ein heutiger ICE kann als Doppelzug 400 Meter erreichen. Längere Züge bedeuten einen im Verhältnis geringeren Personaleinsatz bei den Fahrern. Ein Überlandbus mit 50 Fahrgästen braucht heute genauso einen Fahrer wie ein Fernzug mit deren 900. Längere Züge bedeuten aber auch einen geringeren Flächenverbrauch, weil mehr Menschen

gleichzeitig auf engstem Raum befördert werden können. Ein ICE ist hier effizienter als 20 Busse auf einer Autobahn.

Durch die Schienenführung sind zudem höhere Geschwindigkeiten möglich. Fährt der ICE3 von Frankfurt nach Köln seit vielen Jahren problemlos mit einer Reisegeschwindigkeit von 300 Kilometern in der Stunde – auf einer Strecke, die durch zahlreiche Kurven und erhebliche Höhenunterschiede geprägt ist – wird man sich auch zukünftige, modernste Busse auf unseren Autobahnen mit solchen Geschwindigkeiten kaum vorstellen können.

Der spezifische Energieverbrauch spielt ebenfalls eine Rolle. Züge sind im Vergleich zu Individualfahrzeugen wesentlich effizienter. Dieser Vorsprung schwindet allerdings, wenn man moderne Reisebusse dagegenhält.

Schienen auf eigenen abgesperrten Trassen bedeuten auch Sicherheitsvorteile. Durch die automatischen Steuerungs- und Kontrollmechanismus und die Abgeschlossenheit des Rad-Schiene-Systems selbst wird die Eisenbahn zum sichersten Verkehrsmittel überhaupt oder konkurriert – je nach Berechnungsvariante – in dieser Kategorie nur mit dem sehr sicheren Flugzeug.

Aber natürlich birgt ein schienengebundenes Verkehrssystem auch inhärente Nachteile.

Schienen sind naturgemäß unflexibler als Straßen. Das gilt nicht nur, weil es weniger Schienen als Straßen gibt (s.o.). Ein Automobil kann notfalls auf einen Feldweg einbiegen, ein Geländewagen gar über einen Acker oder eine schlaglochgespickte Schotterpiste fah-

ren. Züge können nur auf vordefinierten Routen unterwegs sein, selbst ein Übergang von einem Land zum anderen wird wegen unterschiedlicher Techniken und Spurbreiten zum Problem.

Auch der Vorteil des geringeren Flächenverbrauchs relativiert sich. Lässt man Züge sehr schnell fahren, dann vergrößern sich auch hier die Sicherheitsabstände. Zugtrassen sind ähnlich breit wie Autobahnen und zerschneiden die Landschaft kaum weniger.

Schon heute steht die Bahn in Konkurrenz mit dem Individualverkehr. Auf der anderen Seite wird sie vom Flugzeug angegriffen, neuerdings in der Fläche von den billigen Fernbussen. Wie wird sich dieses zerbrechliche Gleichgewicht durch das Aufkommen autonom fahrende Fahrzeuge verändern?

Wenn die Funktion der Schiene vor allem die *Führung* des Fahrzeuges ist, dann wird man sie beim autonomen Fahrzeug nicht mehr brauchen, weil diese Führung von der computerisierten Steuerung übernommen wird. Das ist so wahr wie einfach.

Betrachten wir die oben genannten Vorteile der Eisenbahn, dann fällt auf, dass sich diese weitestgehend mit jenen des straßengebundenen autonomen Fahrzeugs decken: Selbststeuerung, sparsamer Personaleinsatz, Sicherheit, nur um die wichtigsten zu nennen.

Betrachten wir zunächst einmal den Fernverkehr der Zukunft anhand von zwei Beispielen.

Nehmen wir erst einmal den lukrativen 1. Klasse-Bahnfahrer, der von Mannheim nach München zu einem geschäftlichen Meeting fährt.

Er kann sich einen Mercedes nach Hause bestellen, der ihn in 3 Stunden sicher von Tür zu Tür bringt. In dieser Zeit kann er die Beine hochlegen und Zeitung lesen, an seinem tragbaren Computer einen Vortrag vorbereiten, Fernsehen oder Radio hören, im Internet surfen oder ungestört telefonieren.

Alternativ dazu kann er sich von seinem Wohnort nach Mannheim zum Hauptbahnhof fahren lassen, dort auf den Zug warten, in den ICE nach München steigen und sich in München vom Hauptbahnhof an sein Ziel fahren lassen. Das wird kaum unter vier bis fünf Stunden gehen.

Natürlich kann er im Zug ebenfalls arbeiten und lesen. Er kann sogar auf die Toilette gehen, ohne anzuhalten, und, wenn er Glück hat, lernt er vielleicht einen netten Mitreisenden kennen.

Wofür aber, glauben Sie, wird sich unser Geschäftsreisender entscheiden?

Nehmen wir auf der anderen Seite den Studenten, der möglichst billig von Mannheim nach München fahren will.

Auch er könnte mit dem Zug fahren (2. Klasse, vielleicht sogar Sparpreis). Oder er könnte zu einem Bruchteil des Preises mit einem autonomen Bus fahren. Dieser braucht vielleicht etwas länger und ist weniger komfortabel. Ach ja, die Wahl hat er praktisch schon heute und entscheidet sich immer häufiger für den Bus. Autonome Busse werden aber billiger sein, flexibler und schneller als die heutigen. Unschwer, sich vorzustellen, wohin die Reise geht.

Und jetzt denken wir an die mehrköpfige Familie, an den gehbehinderten oder auch nur etwas unsicheren Senior, an jemanden mit viel Gepäck. Für was werden sich all diese Menschen entscheiden, wenn es Für und Wider eine Bahnfahrt geht? Und wer bleibt übrig? Wer ist prädestiniert, auch in Zukunft Bahn zu fahren?

Offen gesagt, weiß ich es nicht, aber ich sehe keine Zielgruppe für die Bahn, die groß genug wäre, um ein solch komplexes System von Fernzügen erfolgreich zu betreiben.

Was bleibt? Schauen wir uns die guten alten Straßenbahnen an. Auch diese gibt es (von Tieren gezogen) seit mehreren Jahrhunderten. Wie bereits gezeigt, werden sie von Stadtbussen ersetzt werden. Diese sind flexibler, brauchen keine eigenen, aufwändigen Trassen und können in dichtester Folge ohne Sicherheitsverlust die Hauptstrecken bedienen.

Alternative Antriebe und Ladetechniken werden irgendwann den gegenwärtigen Vorteil der "Elektrischen" kompensieren.

Bei aller Skepsis für den schienengebundenen Verkehr, sehe ich zwei (eher kleine) Nischen, wo Züge eine Zukunft haben könnten. Doch selbst das ist zu relativieren.

Zum einen haben wir die U-Bahnen. In den Großstädten werden sie als Massenverkehrsmittel unverzichtbar bleiben. Nur mit ihrer Hilfe können Millionen von Menschen täglich auf engstem Raum bewegt werden.

Der Vorteil der U-Bahn entpuppt sich aber bei näherem Hinsehen nicht als Vorteil der Schiene, sondern

als Vorteil einer zusätzlichen (z.B. unterirdischen) Transportfläche. Ob auf dieser eigenen Trasse dann Schienen verlegt sein werden oder sich auf diesen selbst steuernde Radfahrzeuge wie auf einer Straße fortbewegen werden, erscheint sekundär. Beides ist denkbar und ändert an unseren Überlegungen nichts.

Auch Monorails, wie man sie z.B. in Las Vegas bewundern kann, schaffen eine zusätzliche Transportfläche. Sie sind vermutlich platzsparender als eine entsprechende Hochstraße, allerdings auch weniger flexibel, weil darauf nur Spezialfahrzeuge unterwegs sein können. Es bleibt abzuwarten, ob sich diese isolierten Systeme durchsetzen werden.

Ob ein System von Hochgeschwindigkeitszügen in Zukunft eine Chance haben wird, ist dagegen von mehreren Faktoren abhängig.

Zum einen stellt sich die Frage, bis zu welcher Entfernung autonome Straßenfahrzeuge der Bahn im Fernverkehr überlegen sind. Dass sie es sind, habe ich weiter oben zu zeigen versucht.

Von Mannheim nach München, also bei gut 300 Kilometern Entfernung, scheint das der Fall zu sein. Wie sieht es aber mit längeren Strecken aus?

Vermutlich wird das autonome Fahren auf der Straße bis zu einer Entfernung von 400 oder 500 Kilometern gegenüber dem Bahnfahren zeitliche Vorteile haben. Das wird ganz entscheidend von der Geschwindigkeit abhängen, der man der autonomen Fahrweise in Zukunft einräumen wird. Aber auch hier sind verschiedene Konzepte denkbar. So könnten schnellere Fahrzeuge be-

vorzugt durch den Verkehr geleitet werden. Was selbstverständlich für den Fahrzeugmieter mit höheren Kosten verbunden wäre.

Auf der anderen Seite, also bei längeren Strecken, konkurriert die Bahn mit dem Flugzeug. Gegenwärtig sagt man, dass das Flugzeug ab 400 Kilometer zurückzulegender Strecke gegenüber der Bahn sowohl zeitliche als auch verbrauchsbezogene Vorteile aufweist.

Sie sehen, in der Zange zwischen autonomen Straßenfahrzeugen und dem Flugverkehr wird es für die Fernbahn eng. Sehr eng.

Nun könnte man sich ein Netz von Hochgeschwindigkeitsstrecken vorstellen, das, ähnlich wie in China, die Ballungszentren miteinander verbinden. Diese Züge dürften im Idealfall nur alle 500 Kilometer anhalten und müssten mit Geschwindigkeiten deutlich jenseits der 300 Stundenkilometer unterwegs sein. Damit könnte die Bahn dem Flugzeug z.B. auf innereuropäischen Strecken Konkurrenz machen.

Aber ist das realistisch? Und ist es bezahlbar?

Um eine Hochgeschwindigkeitsbahnstrecke zu bauen, braucht man Jahre, in Deutschland sogar Jahrzehnte. Es ist exorbitant teuer und zerschneidet die Landschaft.

Um zu entscheiden, wie die Bahn gegenüber dem Flugzeug abschneidet, müssen wir zunächst diesen Verkehrsträger näher untersuchen.

Flugverkehr

Dass es für das Flugzeug auf der Mittel- und Langstrecke gegenwärtig keine Alternative gibt, kann man als gegeben annehmen. Wenn wir uns aber die verkehrsreichsten Relationen z.B. ab dem Flughafen Frankfurt für das Jahr 2014 anschauen, so erleben wir eine Überraschung.

Auf Platz 1 finden wir mit etwa 900.000 Passagieren Berlin-Tegel. Hamburg folgt auf Platz 3 mit knapp 700.000. München liegt auf Platz 5 mit etwa 550.000. Auch die Destinationen auf Platz 2, 4 und 6 sind nicht sonderlich fern (London, Wien, Paris). Die erste echte Fernstrecke mit gut 400.000 Fluggästen jährlich ist New York-JFK.

Man kann also mit einigem Recht behaupten, dass Kurzstrecken zwischen 400 und 500 Kilometern durchaus keine unbedeutende Nische für den Flugverkehr darstellen, sondern zu den Hauptrelationen gehören. Und es geht ja noch kürzer, so fliegt die Lufthansa auch regelmäßig Ultrakurzstrecken so z.B. von Stuttgart und Düsseldorf nach Frankfurt.

Hier muss man allerdings unterscheiden. Sind viele Kurzstrecken wie z.B. Frankfurt-Berlin, Frankfurt-Hamburg oder Frankfurt-München eigenständig abgeflogene Flugsegmente (ca. 70%), handelt es sich bei der Ultrakurzstrecke fast nur um Zubringerflüge (gut 90%).

Warum die Intermodalität der Verkehrsträger auf diesen kürzesten Strecken nicht funktioniert, hat vielerlei Gründe. Trotz eines breiten Angebots im Bereich Rail&Fly bevorzugen viele Passagiere den kurzen Hüpfen zum und vom großen Hub.

Das gilt v.a. für ausländische Fluggäste, denen Bahnfahrten suspekt oder zu umständlich sind. Aber auch inländische Passagiere fliegen lieber, als dass sie Zubringerzüge in Anspruch nehmen.

So nutzten im Jahre 2014 von allen Flugreisenden weniger als ein Viertel Schienenverkehrsmittel für den unmittelbaren Zugang zum Flughafen. Von diesen Schienenverkehrsmitteln waren zudem die allermeisten S-, Regional-, U- und Straßenbahnen, also Schienenfahrzeuge, die eher auf kurzen Strecken verkehren. ICE/IC-Züge wurden von kaum mehr als 3% aller Flugreisenden für die unmittelbare Fahrt zum und vom Flughafen genutzt.

Bezogen auf die gesamte Reise ist der Anteil der Fernzüge allerdings etwas höher, da ohne direkten Fernbahnhof am Flughafen Passagiere oft auf S-Bahnen oder anderen Verkehrsmittel für diese letzte Etappe umsteigen.

Als Haupthindernis für eine stärkere Nutzung der Fernzüge gilt der Zugang zu den innerstädtischen Bahnhöfen. Hier sind Anfahrten mit zusätzlichen Verkehrsmitteln notwendig. Außerdem wird das Mitführen von schwerem Gepäck als problematisch angesehen. Am Zubringerflughafen kann man dagegen seine schweren Koffer direkt aufgeben und bis zum Ziel durchchecken lassen.

Wenn also bereits die Ultrakurzflugstrecke zu für die Bahn ernüchternden Resultaten führt, was die Umsteigebereitschaft der Passagiere angeht, so stellt sich dies bei eigenständigen Fahrten ab 400 Kilometern nicht viel anders da.

Abgesehen von einige Erfolgen auf den Strecken Frankfurt bzw. Stuttgart nach Paris, wo die Bahn durch den Einsatz von Hochgeschwindigkeitszügen (ICE und TGV) dem Flugverkehr verstärkt Konkurrenz macht, bleibt auf Strecken ab 500 Kilometern die Bereitschaft, das Flugzeug zu benutzen, hoch.

Diverse Modellrechnungen zeigen zudem, dass sich die Bilanz auf diesen (längeren) Strecken zunehmend zugunsten des Flugzeugs verschiebt. Das gilt nicht nur für die effektive Fahrtdauer, sondern auch beispielsweise für die umweltrelevanten Faktoren (Kraftstoff- und Flächenverbrauch, Lärm etc.). Das wird sich durch den Einsatz immer modernerem verbrauchoptimiertem und lärmreduziertem Fluggerät fortsetzen.

Es ist also langfristig nicht zu erwarten, dass sich ein schienengebundenes Hochgeschwindigkeitsnetz beispielsweise in Europa gegen das Flugzeug durchsetzen wird. Dagegen sprechen die hohen Kosten, die geringe Flexibilität und dessen schwindende Vorteile in der Umweltbilanz.

Frachttransport

Vielschichtiger wird die Betrachtung, wenn nicht Menschen transportiert werden, sondern Waren die eigentliche Transportleistung darstellen. Zumal es hier die verschiedensten Aufgaben zu bewältigen gilt.

Neben dem eigentlichen Frachtverkehr müssen auch gewerbliche Transporte bedacht werden, die sowohl Menschen als auch Waren gleichzeitig bewegen. So wird der Handwerker zu seinem Einsatz sein Werkzeug mitbringen müssen, Fliesen, Platten, Rohre und was immer er für seine Arbeit vor Ort benötigt. Auch bei reinen Warentransporten mag eine menschliche Begleitung sinnvoll bleiben, denn schließlich muss irgendwann auch abgeladen und ein Paket beispielsweise dem Empfänger ausgehändigt werden. Wann Roboter dazu in der Lage sein werden, steht in den Sternen.

Dass traditionelle Lkw dagegen relativ schnell automatisiert werden, scheint ausgemacht. So hat Daimler unlängst mit dem Testen solcher selbstfahrenden Lkw auf deutschen Autobahnen begonnen. In den USA ist man schon weiter. Dort haben die Freightliner Inspiration, zwei Trucks mit Autopiloten, bereits die Straßenzulassung erhalten.

Die Anforderungen an das automatisierte Fahren auf Autobahnen erscheinen relativ gering. Ein Lkw mit niedrigerer Dauergeschwindigkeit und nur gelegentlichen Spurwechseln ist hier gegenüber dem Automobil deutlich im Vorteil. In einem gleichmäßigen Verkehrsfluss mag man künftig vielleicht sogar ganz ohne Überholmanöver auskommen.

Automatische Trucks werden also schon in wenigen Jahren zum Alltag auf deutsche Autobahnen gehören. Doch natürlich wird der Weg zu und von der Autobahn erst einmal von einem menschlichen Fahrer bewältigt werden müssen. In der Summe wird der Computer den Fahrer jedoch erheblich entlasten. Studien zeigen, dass der Stress im Führerstand durch die Automatisierung deutlich zurückgeht.

Auch längere "Lenk"zeiten erscheinen möglich, wenn die eintönige stundenlange Autobahnfahrt ohne Zutun des Menschen absolviert wird. Die Fahrt auf der Autobahn macht naheliegender Weise den überwiegenden Teil der zurückgelegten Gesamtstrecke aus.

Wird der Fahrer also während der Fahrt in Zukunft lesen, fernsehen oder gar schlafen, so könnte die Automatisierung zu einem sich gänzlich verändernden Berufsbild führen. Der Führerstand könnte zum alternativen Büro werden, dem Ort, an dem der Fahrer verschiedenen Arbeiten z.B. in der Disposition nachgeht.

Hat der Berufskraftfahrer im Lkw erst einmal eine eher rosige Zukunft vor sich, sollte das nicht darüber hinwegtäuschen, dass auch er auf lange Sicht überflüssig werden wird. Spätestens dann, wenn menschenähnliche Roboter auch körperliche Arbeiten rund um den Warentransport vornehmen können, stirbt dieser Berufszweig ebenfalls aus.

Aber auch in einer Welt selbst gesteuerter Warenströme sind die Probleme, die mit dem stetigen Wachstum der transportierten Warenmengen und den dabei zurückgelegten Entfernungen einhergehen, nicht gelöst.

Laut aktuellen Verkehrsprognosen wird die Menge der auf der Straße transportierten Waren (Tonnenkilometer) bis zum Jahr 2030 um knapp 40% im Vergleich zum Jahr 2010 ansteigen.

Demgegenüber fällt der Anteil jener Waren, die auf Schienen transportiert werden, bereits jetzt zurück.

Es gibt zwar Länder wie die Schweiz oder die baltischen Staaten, die ihre Warentransporte fast ganz auf die Schiene verlagert haben, im restlichen Europa wird der Schienentransport aber zum Auslaufmodell. In Spanien beträgt der Anteil der Schiene an der Gesamttransportleistung im Frachtverkehr gerade einmal 5%. Großbritannien und Italien kommen auf 13%, Frankreich auf 15%. In Deutschland sind es immerhin noch knapp 20%.

Die Automatisierung der Lkw wird die Anbieter schienengestützter Transporte weiter unter Druck setzen. Spätestens dann, wenn einzelne Länder aus dem System ganz aussteigen, wird die Straße alternativlos.

Es ist also zu erwarten, dass auch die bisherigen Schienentransporte langfristig auf der Straße landen werden. Ob es dann Ausnahmen geben wird, z.B. für Kohle oder chemischen Zwischenprodukte, bleibt abzuwarten.

Es gibt Experten, die behaupten, das autonome Fahren werde zu einer Kapazitätssteigerung im System Straße von 20 und mehr Prozent führen. Eine Studie des US-Militärs geht gar davon aus, dass die amerikanischen Highways bis zu einem vierfachen (!) des heutigen Verkehrsaufkommens bewältigen werden können.

Auch wenn das automatische Fahren hilft, die Kapazitäten der Straße rationeller zu nutzen – z.B. durch

engere Fahrspuren, gleichmäßigere Geschwindigkeit, kürzere Abstände etc. – wird das Straßennetz in Zukunft durch den zusätzlichen Warentransport stark belastet werden. Zu der genannten Zunahme im Lkw-Transport von 40% bis zum Jahr 2030 können auf längere Sicht weitere erhebliche Anteile am Warenverkehr von der Schiene auf die Straße wandern.

Vielleicht helfen größere und längere Lkw ("Gigaliner"). Vermutlich wird man nicht um einen Ausbau des Autobahnnetzes herumkommen.

Motorisierte Zweiräder

Eine valide Prognose für diesen Bereich zu machen, fällt mir schwer. Das liegt zu einem daran, dass man sich ein autonom fahrendes Zweirad nur schwer vorstellen kann. Zum anderen werden unter der Bezeichnung Zweirad recht unterschiedliche Konzepte und Transportbedürfnisse zusammengefasst.

Obwohl ein autonomes Zweirad vermutlich wenig Sinn macht, möchte ich an dieser Stelle nicht leichtfertig deren Ende voraussagen. Und das hat nicht nur etwas damit zu tun, dass ich selbst jahrzehntelang Motorrad gefahren bin.

Im motorisierten Zweirad vereinigen sich zwei unterschiedliche Grundkonzepte.

Da gibt es einerseits das Zweckfahrzeug, mit dem man günstig kürzere Strecken zurücklegen kann (Pe-delec, Mofa, Moped, Motorroller). Auf der anderen Seite steht das Spaßfahrzeug, hochmotorisierte Renn- und Geländemaschinen, die das Fahren an sich zelebrieren.

Wie eingangs erwähnt, spielt das Fahrrad, gleichgültig ob muskelbetrieben oder elektrisch, in allen Visionen eines zukünftigen platz- und ressourcensparenden Verkehrs eine wichtige und wachsende Rolle. Nur wenn es gelingt, vor allem in den Großstädten mehr Menschen aufs Fahrrad zu bringen, werden wir den modernen Massenverkehr in den Griff bekommen. Dass das trotz nicht optimaler Wetterbedingungen möglich ist, zeigen die skandinavischen Länder.

Die Verkehrsflächen in den Städten sind begrenzt, und auch der autonome Verkehr wird daran trotz

effizienterer Organisation nichts Entscheidendes ändern. Gerade für kürzere urbane Strecken ist das schwach motorisierte Zweirad ein ideales Individualverkehrsmittel.

Schwieriger wird es mit den Spaßmaschinen, mit deren überlegener Beschleunigung und Höchstgeschwindigkeit. Wer ein solches Motorrad gefahren ist, weiß, dass man sich damit in einer Art Parallelwelt bewegt. Der restliche Verkehr erscheint eher stationär, er findet in einer Dimension verlangsamer Geschwindigkeit statt.

Solange es den sogenannten Mischverkehr gibt, wird es vermutlich auch Motorräder geben. Da der Fahrspaß ihr hauptsächlicher Sinn und Zweck darstellt, wird deren Automatisierung wenig attraktiv sein. Dennoch werden weitere Fahrassistenzsysteme bei dieser Art Fahrzeug Einzug halten. Das erfordert schon das wachsende Sicherheitsbewusstsein.

Selbst wenn vollautomatisch fahrende Motorräder technisch möglich wären – und das wird früher oder später der Fall sein, obwohl dies vermutlich länger als beim zweiachsigen Fahrzeug dauern wird – bleibt die Frage, was der Fahrer mit seiner neuen Freiheit anfangen sollte, zumal er dennoch gezwungen wäre, sich in irgendeiner Form körperlich an die Fahrweise anzupassen (Schräglage etc.).

Denkbar wären bestenfalls einachsige Kapseln, die aus Gründen der Raumersparnis entwickelt werden könnten. Erste Ansätze gibt es hier bereits. Diese wären aber eher mit heutigen Automobilen als mit heutigen Zweirädern vergleichbar.

Beim Zweirad wird sich die Zweiteilung ihrer Funktionalität weiter ausdifferenzieren.

Fahrräder und schwach motorisierte Zweiräder (v.a. E-Scooter) werden den urbanen Verkehr zunehmend prägen. Das wird verstärkt auf eigenen Fahrwegen erfolgen.

PS-starke Zweiräder werden bis auf weiteres etwas bleiben, was sich über den utilitaristischen Einheitsbrei hinwegsetzt. Eine letzte Enklave der Fahrfreude und des Fahrspaßes. Möglich, dass dieser Umstand sie auch für bisherige Autofahrer attraktiver macht. Das wird aber nur funktionieren, wenn die Fahrsicherheit steigt.

Ob sich das schwere Motorrad in die Zeit nach dem Ende des Mischverkehrs retten wird, ist dagegen fraglich. Aber 50 Jahre sind ja eine ordentliche Zeitperspektive. Es bleibt abzuwarten, wie sich die Widerstände gegen selbst gesteuerte Fahrzeuge in der ferneren Zukunft entwickeln werden.

Infrastruktur Straße

In diesem Abschnitt möchte ich die Auswirkungen des automatischen Fahrens auf die Straße selbst untersuchen. Man ist anfänglich geneigt anzunehmen, dass die anstehenden Veränderungen nur die Fahrzeuge betreffen, nicht aber die Verkehrswege selbst, auf denen sie unterwegs sind.

Natürlich sollen die autonomen Automobile und Lkw lernen, mit der aktuellen Verkehrssituation zurecht zu kommen, aber es wird auch eine Vielzahl von Maßnahmen geben, um die Straßen "computergerecht" zu machen.

Die erste Nachricht ist eine erfreuliche. Auf lange Sicht werden die Verkehrsschilder verschwinden.

Bereits zum gegenwärtigen Zeitpunkt haben Ortstafeln und Pfeilwegweiser an Bedeutung verloren. Der moderne navigierte Fahrer hört lieber auf sein Gerät, als dass er danach Ausschau hält, an welcher Kreuzung er abbiegen muss, um auf die Autobahn zu kommen. Diese Zeichenanlagen werden zuerst verschwinden.

Das automatische Fahren und die mobile Lokalisierungstechnik machen aber auch Geschwindigkeitshinweise überflüssig. Ähnliches mag irgendwann für das Anzeigen von Einbahnstraßen oder sogar der Vorfahrt gelten. Vermutlich werden Ampelanlagen ebenfalls zunehmend überflüssig. Gerade im ampelbewehrten Deutschland ein erheblicher Fortschritt.

Wie schnell es auch gehen wird, der allgegenwärtige Schilderwald wird sich zunehmend lichten.

Eine wesentliche Voraussetzung für das autonome Fahren ist eine zentimetergenaue Vermessung aller Verkehrswege. Erst mit solchen sehr genauen Karten können Navigationssysteme optimal mit der Computersteuerung zusammenarbeiten. Alle großen Anbieter digitalisierter Karten arbeiten gegenwärtig daran.

Aber bessere Karten werden nicht genügen. Vermutlich wird die Straße in eine "digitale" Straße transformiert werden müssen.

Ein erster Schritt hin zur totalen Vernetzung besteht in der Vernetzung der Fahrzeuge untereinander. Die Car-to-Car-Kommunikation stellt einen ersten wichtigen Schritt zur sogenannten Mobilität 4.0 dar. Autos, Lastwagen und Busse werden untereinander fortlaufend Daten austauschen, Geschwindigkeiten, Abstände und Spurwechsel synchronisieren und sich vor Staus und anderen Gefahren warnen.

Schon hier muss aber die Straße mithelfen und ein schnelles mobiles Internet entsprechender Bandbreite zur Verfügung stellen. Denn nur mit kürzesten Latenzzeiten kann die notwendige Sicherheit garantiert werden. In kurzen Abständen werden moderne Autobahnen und Schnellstraßen also mit Mobilfunksendern der 5. Generation ausgestattet werden müssen. Kein billiges Unterfangen.

Doch die digitale Straße der Zukunft kann mehr. Car-to-Street-Kommunikation ist das Stichwort: Das autonome Fahrzeug kommuniziert mit der Straße selbst.

Hierzu muss der Fahrweg mit einer Vielzahl von Sensoren und Kameras ausgestattet werden. Diese über-

wachen den Verkehr, die Temperatur, die Sichtverhältnisse, warnen vor Regen und Eis oder vor liegengebliebenen Fahrzeugen und anderen Hindernissen. Es wird wie bei heutigen Verkehrsbeeinflussungsanlagen bedarfsabhängige Höchstgeschwindigkeiten geben. Hinzu kommen vielleicht situations- und streckenspezifische Fahrabstands- und Spurwechselregelungen.

Zurzeit wird die A9 zwischen München und Nürnberg zu einer Teststrecke aufgerüstet. Nach und nach sollen dort digitale Funktionen implementiert und ihr Zusammenspiel mit den auf dieser Strecke zugelassenen autonomen Fahrzeugen erforscht werden.

Das autonome Fahren wird also nicht nur das fahrende Gerät fundamental verändern, sondern auch die Straßen, auf denen es unterwegs ist. Nur in diesem Zusammenspiel lässt sich ein vollautomatischer Verkehr auf der Straße effektiv und sicher organisieren.

Wo bleibt die Freiheit?

Das Time Magazine titelte unlängst: "Kein Verkehr, keine Unfälle, keine Toten. Alles, was Sie dafür tun müssen, ist, Ihr Recht aufzugeben, selbst zu fahren."

Die spannende Frage ist tatsächlich, ob die Menschen bereit sind, das Steuer dauerhaft und vielleicht ausschließlich dem Computer zu überlassen. Das gilt insbesondere für Deutschland, wo man den Spruch "Freie Fahrt für freie Bürger" ohne die Vorstellung eines selbst fahrenden Subjekts kaum sinnvoll interpretieren kann. Freiheit kann hier nur aktiv gemeint sein und nicht als Freiheit, so schnell wie möglich *gefahren* zu werden.

Diverse Umfragen zeigen, dass die Akzeptanz für autonomes Fahren in der Bevölkerung relativ hoch ist und steigt. Gut ein Drittel der Befragten kann es sich gegenwärtig vorstellen. Allerdings lehnen es etwa genauso viele ab, automatisch gefahren zu werden. Interessanterweise sind weibliche Autofahrerinnen skeptischer als männliche Autofahrer. Junge Menschen sind dieser Entwicklung gegenüber dagegen offener. Ganz vorne finden sich junge Männer.

Die Befürworter sind davon überzeugt, dass Automaten besser und sicherer fahren werden als Menschen. Allerdings gibt es auch verbreitete Ängste vor Technikausfällen sowie das Unbehagen, Kontrolle aufzugeben. Die Sorge, der Fahrspaß könnte auf der Strecke bleiben, rangiert im Mittelfeld. Sie wird von knapp der Hälfte der Befragten geäußert.

Aber der moderne Verkehr ist auch ohne autonomes Fahren von einer zunehmenden Regulierung geprägt.

Aus Sicherheitsgründen werden mehr und mehr Strecken mit Höchstgeschwindigkeiten belegt: Limits, die im Laufe der Jahre immer weiter abgesenkt wurden. Konnte man sich früher über diese Begrenzungen massenhaft hinwegsetzen, haben ein immer dichteres Überwachungssystem und verschärfte Strafen zu einer Verringerung des Abstandes zwischen erlaubter und effektiver Geschwindigkeit geführt. Gerade im Ausland kann man beobachten, dass nur minimale Geschwindigkeitsübertretungen begangen werden. In den Niederlanden gibt es sogar Modellversuche, Wagen mit Hilfe der GPS-Ortung automatisch einzubremsen.

Der immer dichtere Verkehr hat zudem dazu beigetragen, dass sich individuelle Freiheiten weiter reduzieren. Die Freiheit des Fahrens ist nur noch die Freiheit, vorgeschriebene Abstände und Geschwindigkeiten einzuhalten. Folgerichtig hört man insbesondere die eingefleischten Autofahrer klagen, Autofahren mache *keinen Spaß* mehr. Währenddessen hat sich manch anderer bereits innerlich verabschiedet und wendet seine Aufmerksamkeit, statt dem Verkehr, seinem Radio, Navigationssystem oder Smartphone zu. Es wird gesimst und getwittert, gesurft und gebloggt. Das Fahren erledigt man nebenher, sozusagen aus dem halbautomatischen Unterbewusstsein heraus. Die Folge sind steigende Unfall-, Verletzten- und Todeszahlen. Man spricht hier bereits von einer Trendumkehr.

Auch das generelle Interesse am Autofahren scheint abgenommen zu haben. Junge Leute fiebern nicht mehr dem Führerschein entgegen, der einmal – das ist gar nicht so lange her – eine Art Initiationsritus zum Erwachsenensein war, wichtiger als das Wahlrecht oder das Recht, sich die ganze Nacht in aller Öffentlichkeit besaufen zu dürfen. Gerade in den Großstädten gibt es immer mehr junge Menschen, die auf den Führerschein und damit auch auf das Auto ganz verzichten.

Und wenn gefahren wird, so geschieht das ohne Leidenschaft und ohne Ehrgeiz. Der Anspruch, ein guter Autofahrer sein zu wollen oder ein solcher zu werden, nimmt gerade bei jüngeren Menschen ab. In dieser Altersgruppe kann man eine zunehmende utilitaristische Einstellung beobachten. Fast könnte man sagen, das Auto sei zu einem (immer weniger) notwendigen Übel geworden.

Auf der anderen Seite des Altersspektrums bei den älteren Fahrern, also der Gruppe der über 70-jährigen, ist eine zunehmende altersbedingte Überforderung zu beobachten. Die demographische Entwicklung lässt diese Gruppe stetig anwachsen und verschärft gerade in Deutschland, wo es keine vorgeschriebenen Nachprüfungen gibt, die damit verbundenen Probleme. Wenn diese Menschen dennoch Auto fahren, dann nicht primär, weil sie Freude daran haben, sondern weil ihnen Mobilität unverzichtbar ist.

Bleibt die breite Mitte der Gesellschaft. Dort gibt es eine erkleckliche Anzahl von Fahrerinnen und Fahrern, die mit dem Auto aufgewachsen sind, das Auto sou-

verän beherrschen und Fahrfreude und Fahrspaß einfordern, ein Anspruch, wir haben es bereits gesagt, der sich im modernen Verkehr immer weniger erfüllen lässt.

Und diese Gruppe wird stetig kleiner. Auch diese Fahrer werden älter, während die nachdrängenden jungen eine andere Sozialisation hinsichtlich des Automobils durchgemacht haben.

Aus meiner Sicht spricht alles dafür, dass sich das autonome Fahren immer weiter durchsetzen wird. Am Ende werden computerbewegte Autos die Regel sein, selbstgefahrenere die absolute Ausnahme.

Im Film "I, Robot" aus dem Jahr 2004 gibt es eine Szene, in der der Held (Will Smith) mit der Psychologin Dr. Calvin durch einen mehrspurigen Autotunnel rast. Es ist das Jahr 2035 und selbstverständlich wird das schnittige Fahrzeug automatisch bewegt. Doch plötzlich greift Del Spooner, der links sitzt, zu den Kontrollen und eine Art Lenkrad fährt aus. Die Psychologin fragt ihn entsetzt: "Sie wollen selbst fahren? Bei diesem Tempo?!"

In dieser Fiktion sind zwar alle Fahrzeuge automatisch unterwegs, aber, wenn man will – wenn man verrückt genug ist, möchte man fast sagen – kann man auch selbst das Steuer ergreifen. Könnte, denn es ist möglich, wenn vielleicht auch nur der Form halber. Man weiß aus der Psychologie, dass allein die Möglichkeit, etwas zu kontrollieren, eine psychische Entlastung darstellt, eine Möglichkeit, die man faktisch dann gar nicht mehr zu nutzen braucht.

Anders gefragt, wird das Selbstfahren eines (fernen) Tages vielleicht sogar ganz verboten? Es spricht einiges dafür.

Doch auch in einer Zukunft omnipräsenter Automaten soll es nach dem Willen der Automobilindustrie Individualisierung geben. Sie möchte gerne das Faszinosum Auto in die neue Zeit retten. Kann der zukünftige Fahrer auch nicht selbst aktiv ins Geschehen eingreifen, so soll das Fahrzeug – gleichgültig, ob gemietet oder nicht – ein Stückweit die Individualität des Insassen widerspiegeln. Das gilt nicht nur für Ausstattung und Innenraum, sondern auch für den Fahrstil. So forscht Nissan gegenwärtig an Fahrprofilen, die man automatischen Autos vorgeben könnte.

Der vorsichtige Fahrer würde langsam und defensiv gefahren werden, der sportliche mit entsprechender Beschleunigung und Höchstgeschwindigkeit. Ob diese Vision jemals Realität wird, ist fraglich. Vermutlich ist es dem Menschen der Zukunft schlicht egal, wie das jeweilige Automobil durch den Verkehr kommt, solange es schnell, komfortabel und sicher ist.

Wie die Übergänge von einer selbst fahrenden zu einer sich fahren lassenden Gesellschaft aussehen können, skizziere ich im folgenden Abschnitt.

Übergänge

Wenn man einen Tesla Modell S auf Auto-Pilot schaltet oder alle Fahrassistenzsysteme der neue E-Klasse von Mercedes aktiviert, ist man verblüfft, wie weit die Unterstützung des Fahrers heute bereits gediehen ist.

Man rollt automatisch im richtigen Abstand zum Vordermann von Ampel zu Ampel, schert mit einem kurzen Blinken auf die Autobahn ein oder setzt bei zügiger Fahrt dort zum Überholen an. Es ist fast so, als ob die vor kurzem noch so weit entfernt scheinende Zukunft bereits Gegenwart geworden sei.

Doch das täuscht natürlich. Kaum wird die Situation ein wenig komplexer oder etwas Ungewöhnliches tritt ein, versagt die Automatik. Und derjenige, der beim Wechsel auf die linke Autobahnspur der Übersicht des Teslas vertraut hat, erlebt vielleicht eine unangenehme Überraschung. Denn ein Fahrzeug, der sich aus einiger Entfernung schnell nähert, vermag dieser nicht rechtzeitig zu erkennen.

Ein Profi im Silicon Valley merkte kürzlich hierzu sinngemäß: "Es ist relativ einfach, die ersten 99% aller Verkehrssituationen automatisch zu bewältigen. Es sind die restlichen 1%, die es in sich haben."

Dennoch kann man momentan zwei gänzlich unterschiedliche Strategien oder, besser, Philosophien erkennen, wie das Ziel vollständig autonomen Fahrens erreicht werden soll.

Während die traditionellen Hersteller wie Mercedes seit Jahren auf Assistenzsysteme setzen und die Fahrfunktionen nach und nach automatisieren, streben

Newcomer wie Google den großen Wurf an. Revolution, statt Evolution.

Das Google-Auto ist von Anfang an auf ausschließlich autonomes Fahren hin konzipiert und konstruiert worden. Es gibt keinen Fahrerplatz mehr und auch kein Lenkrad. Der Mensch hat keinerlei Möglichkeit mehr einzugreifen.

Diese klare Rollenverteilung soll die Insassen entlasten und letztlich für mehr Sicherheit sorgen.

Obwohl die Google-Autos bereits fleißig im dichten kalifornischen Verkehr ihre Runden drehen, täuscht dieses Konzept nicht darüber hinweg, dass es meilenweit vom deutschen Oberklassenwagen entfernt ist. Das Google-Auto ist ein langsames städtisches Vehikel. Kaum vorstellbar, es könne mit 200 Stundenkilometern über eine deutsche Autobahn rasen.

Symptomatisch ist ein Unfall, den ein Google-Auto vor einiger Zeit verursachte. Es fuhr aus einer Parklücke und beschleunigte auf drei (!) Stundenkilometer. Ein überraschter Busfahrer fuhr auf. Google erkannte eine Mitschuld. Der Busfahrer habe wohl mit einer höheren Endgeschwindigkeit des vor ihm fahrenden Automaten gerechnet. Man müsse auch irrationale Verhaltensweisen menschlicher Fahrer in der eigenen Programmierung berücksichtigen.

Aus meiner Sicht ist es wahrscheinlicher – und hier sind sich auch die Experten weithin einig – dass sich die evolutionäre Perspektive der Automatisierung durchsetzen wird. Schon in wenigen Jahren werden Fahrzeuge zumindest auf Autobahnen durchgängig autonom fahren können. Nach und nach werden schwierigere Situationen

hinzukommen, bis sich Automobile eines Tages – wie sprechen von Zeiträumen von etwa 15 bis 20 Jahren – im gesamten Straßenverkehr ganz ohne menschliche Eingriffe fortbewegen werden können.

Aber natürlich werden nicht alle zugelassenen Fahrzeuge auf einen Schlag zu modernsten Fahrautomaten werden. Erinnerung wir uns an die Lebensdauer eines Autos. Diese beträgt gegenwärtig 18 Jahre. Es wird also mindestens noch 50 Jahre dauern, bis der gesamte Fahrzeugbestand die Fähigkeit haben wird, sich ohne menschliche Fahrer fortzubewegen. Bis dahin werden wir das haben, was man *Mischverkehr* nennt, das Nebeneinanderher autonomer und selbst gesteuerter Fahrzeuge.

Erst dann kann und wird die Diskussion geführt werden, ob ein manuell gesteuertes Fahrzeug ein unzumutbares Sicherheitsrisiko darstellt und ob man diese, dann antiquierten Fortbewegungsmittel verbieten soll.

Mit der steigenden Anzahl autonomer Fahrzeuge wird der Selbstfahrer vermutlich sukzessive immer mehr diskriminiert und ausgegrenzt werden. Man wird manuelles Fahren mit Rowdytum gleichsetzen, mit Egoismus und Rücksichtslosigkeit. Fraglich also, ob diese Nische freien und selbstbestimmten Fahrens erhalten bleiben wird.

Da aber im automatisierten Verkehr auch der Fahrspaß weiter abnimmt, sollte der Verlust der Freiheit, selbst zu fahren, subjektiv weniger schwer wiegen, als wir es uns heute vorstellen können.

Es ist auch denkbar, dass manuell gesteuerte Fahrzeuge automatische *Fallbacks* aufweisen müssen,

die dem Fahrer die Steuerung wieder abnehmen, wenn dieser Vorschriften und Verbote missachtet oder das Fahrzeug in eine gefährliche Situation bringt. Eine Art Schutzengel, der den Fahrer der realen Risiken enthebt. Insofern wird das Selbstfahren ebenfalls ein Stück virtuell werden und sich ein bisschen wie ein Computerspiel anfühlen.

Unabhängig davon gibt es auch in Zukunft sicherlich Möglichkeiten, Fahrspaß in Reinform zu erleben. Das wird nicht wie heute primär auf Rennstrecken oder speziellen Übungsplätzen sein, sondern in großen abgesperrten Reservaten, die sich über weite Gebiete erstrecken könnten. Dünn besiedelte ländliche Regionen, hügelige oder gebirgige Abschnitte des Landes eignen sich besonders dafür.

Der Wochenendausflug wird dann vielleicht nicht mehr der Wanderung, der Fahrradtour oder der Städtereise gewidmet sein. Man wird sich ein *Fahrwochenende* gönnen inklusive Hotelaufenthalt und der Option, Strecken verschiedener Schwierigkeitsgrade abzufahren. Doch auch hier wird vermutlich eine automatische Steuerung im Hintergrund darüber wachen, dass sich die Menschen nicht reihenweise gegenseitig umbringen.

Fazit

Die Kernaussage dieses Aufsatzes lautet, dass im epochalen Wettkampf zwischen Straße und Schiene die Straße den Sieg davontragen wird. Bis auf wenige Ausnahmen – z.B. im Untergrund unserer Großstädte – wird die Schiene im Verkehr der Zukunft keine Rolle mehr spielen.

Als maßgeblich dafür wird das Aufkommen autonomer Straßenfahrzeuge angesehen, die schon bald selbst gesteuerte Automobile, Busse und Lkw ersetzen werden. Ein Prozess, der schrittweise erfolgen wird und einen Mischverkehr für die nächsten fünf Jahrzehnte impliziert.

Zahlreiche Industrien werden von dieser Entwicklung betroffen sein. In einer Art Schnellcheck möchte ich im Weiteren die Folgen für verschiedene Wirtschaftszweige zusammenfassen. Details sind den ausführlicheren Abschnitten weiter oben zu entnehmen.

Automobilhersteller: Sie gehören zu den eigentlichen Gewinnern dieser Entwicklung. Auch wenn der individuelle Erwerb an Automobilen zur Ausnahme werden wird und Mietmodelle dies ersetzen, wird die Verkehrsleistung insgesamt nicht sinken, sondern eher steigen. Die Produktion wird also vergleichbar hoch bleiben, obwohl die Zahl der im Verkehr zugelassenen Fahrzeuge dramatisch abnehmen wird. Dies und die technische Entwicklung werden zu deutlich kürzeren Modellzyklen von drei bis vier Jahren führen. Mietmodelle stellen zudem andere Ansprüche an die Hersteller, auf die es sich einzustellen gilt. Die Hersteller werden über die eigentliche

Produktion von Fahrzeugen hinaus zu Flottenbetreibern werden und ihre Kunden direkt mit skalierten Formen von Mobilität bedienen.

Lkw-Hersteller: Die großen Frachttransporter werden als erste von den Vorteilen des autonomen Fahrens profitieren. Hier ist der wirtschaftliche Druck am größten und die Umstellung schon weit gediehen. Gleichwohl schon bald Lkw auf den Autobahnen selbsttätig unterwegs sein werden, ist es ein weiter Weg, bis diese alle Arten von Straßen beherrschen. So wird man vorerst nicht auf menschliche (Mit-)Fahrer verzichten können. Diese werden aber weniger Stress und mehr Zeit für andere Tätigkeiten haben, was dessen Berufsbild verändert. Im Gegensatz zum Individualverkehr, wo Mietmodelle vorherrschen werden, bleiben Lkw im Besitz der Spediteure. Die Fahrzeuge werden durch die Lockerung der Lenkzeitgrenzen aber (noch) mehr bewegt werden als heute schon.

Schienengebundener Verkehr: Dieser Verkehrsträger wird durch das straßengebundene autonome Fahren seine wesentlichen systemimmanenten Vorteile einbüßen. Das gilt sowohl für den Personen- als auch für den Güterverkehr. Autonome Straßenfahrzeuge sind flexibler und bezogen auf die Gesamtstrecke letztlich auch schneller als Schienenfahrzeuge. Im Personenfernverkehr ist die Schiene zudem in Zukunft verstärkt der Konkurrenz durch autonome Busse ausgesetzt. Diese sind in der Größe weit skalierbar und können die unterschiedlichsten Mobilitätsbedürfnisse befriedigen. Auf der Fernstrecke

cke fallen Hochgeschwindigkeitszüge hinter dem Flugzeug zurück. Lediglich in den Großstädten und Ballungszentren bleiben U-Bahnen oder neuartige Einschienensysteme aus Platzgründen unverzichtbar.

Flugverkehr: Der Flugverkehr wird weiter national wie international wachsen. Bezogen auf den Inlandsverkehr wird dieser im Bereich von Strecken ab 400-500 Kilometern weiterhin eine Alternative sowohl für die Straße als auch für die Schiene darstellen. Es wird erwartet, dass der Flugverkehr aufgrund seiner sich verbessernden Gesamtbilanz (Verbrauch, Lärm etc.) der Schiene verstärkt Konkurrenz machen wird. Das gilt nicht nur für die Kurzstrecke, sondern auch für europäische Destinationen.

ÖPNV: Auch der Öffentliche Personennahverkehr wird durch das autonome Fahren eine umfassende Neuausrichtung erfahren. Die bisherige klare Trennung zwischen Individualverkehr und öffentlichem Transport wird in Zukunft aufgehoben. Zwischen dem Individual- und dem Massenverkehr entsteht eine Vielzahl von Übergängen. Es wird kleine und große Transporter sowie Busse geben. Wie beim Schienenfernverkehr verlieren lokale und regionale Schienensysteme wie Straßen- und S-Bahnen an Bedeutung. Lediglich U-Bahnen mit ihren zusätzlichen Verkehrswegen bleiben in hoch verdichteten Metropolen unverzichtbar.

Zweiradhersteller: Diese Hersteller sind von der Automatisierung des Fahrens am wenigsten betroffen. Einfa-

che motorisierte Zweiräder und insbesondere elektrifizierte Fahrräder wird es auch in Zukunft geben. Dieser Markt wird stark wachsen (Stichwort: E-Scooter). Auch am anderen Ende bei den schweren Motorrädern und den geländegängigen Modellen wird es noch lange privat besessene und selbst gefahrene Maschinen geben. Hier ist sogar eine Zunahme durch jene Personen denkbar, denen der Fahrspaß beim klassischen Automobil verloren geht. Dazwischen wird es aber auch hier eng. Große Roller und leichtere Motorräder verlieren zunehmend ihre Daseinsberechtigung.

Carsharing: Das klassische Modell des Teileigentums an Fahrzeugen wird mit dem autonomen Fahren obsolet. Es wird weitestgehend durch (Kurz-)Mietmodelle ersetzt. Dadurch wird die Logik des Teilens radikal zu Ende gedacht. Wollen die Carsharing-Anbieter überleben, müssen sie sich, dieser Entwicklung anpassen. Sie werden – ähnlich wie die "normalen" Autovermieter – zu Betreiber von autonomen Fahrzeugflotten werden oder vom Markt verschwinden.

Mietwagen: Diese Unternehmen sind momentan am besten auf die neue Zeit vorbereitet. Sie betreiben seit langer Zeit große Mietwagenflotten und verfügen über eingeführte Markennamen inklusive einer recht treuen Kundschaft. Diverse Kundenbindungsprogramme tun ihr Übriges. Autovermieter sind international tätig und lokal breit aufgestellt. Außerdem verfügen sie über große Abstellflächen einschließlich Wartungs- und Wagenpflegeeinrichtungen. Die Umstellung auf kürzere bis kürzeste

Mietverhältnisse wird allerdings auch diese Anbieter vor Herausforderungen stellen, so z.B. in der Bereitstellung und Abrechnung. Außerdem wird der lukrative Handel mit jungen Gebrauchten wegfallen. Nicht zu vernachlässigen ist auch die Konkurrenz neuer Anbieter von Fahrzeugflotten. Hier werden die Automobilhersteller selbst zu neuen großen Playern.

Taxis: Die Notwendigkeit, von einem Menschen gefahren zu werden, entfällt in der autonomen Welt vollständig. Taxis oder Chauffeure werden nicht mehr gebraucht. Allerdings könnten sich große Taxibetreiber zu Betreibern autonomer Fahrzeugflotten wandeln. Über denkt gegenwärtig über solche Schritte nach.

Werkstätten und Händler: Da autonome Fahrzeuge in der Regel nicht mehr privat besessen werden, entfällt auch die Notwendigkeit weitgehend, eine Infrastruktur aus (freien) Werkstätten oder niedergelassenen Händlern bereitzustellen. Die Instandhaltung wird bei den großen Flottenbetreibern direkt erfolgen und in größeren Einheiten konzentriert sein. Hier können sich die Automobilhersteller selbst oder spezialisierte Anbieter flottenübergreifend positionieren.

Fahrschulen: Auch Fahrlehrer, Fahrschulen oder Straßenübungsplätze werden in Zukunft nicht mehr gebraucht. Hier kann sich aber vielleicht ein kleiner Markt für Hobbyfahrer erhalten. Da uns auf mittlere Sicht auch das selbst gesteuerte Motorrad erhalten bleiben wird, könnten sich Fahrschulen darauf spezialisieren.

Parkhäuser und Parkplätze: Durch die Zunahme der Mietmodelle und dem damit einhergehenden abnehmenden Besitz am Fahrzeug braucht man in Zukunft weder am Startpunkt noch am Endpunkt der Fahrt besondere Parkflächen. Die Notwendigkeit, in Parkhäusern oder auf den Straßen zu parken entfällt fast vollständig. Die Flottenbetreiber werden ihre Fahrzeuge auf eigenem Gelände unterbringen. Ansonsten patrouillieren die autonomen Wagen auf den Straßen oder stehen – ähnlich wie heutige Taxis – auf eng definierten Flächen in den Städten bereit. Dies gilt auch für Flughäfen oder anderen großen Einrichtungen. Zuhause wird man ebenfalls keine Garagen mehr brauchen.

Freizeit- und Vergnügungsindustrie: Auch wenn es keine Übungsplätze im engeren Sinne mehr geben wird, sehe ich doch eine nennenswerte Zunahme von Freizeitangeboten im Bereich des Selbstfahrens. Das werden nicht nur sportliche Rennstrecken sein, sondern für uns heute normale Straßenabschnitte. Große Freizeitparks werden entstehen, die auf einem weitläufigen Gelände zahlreiche Strecken und Fahrzeuge anbieten. Dies wird mit Übernachtungs- und Restaurationsangeboten abgerundet werden. Daneben könnten weitere z.B. virtuelle Fahrerlebnisse integriert sein.

Zum Schluss: Was wird aus unseren Städten?

Als Sozial- und Umweltpsychologe, der sich lange mit dem Thema Stadt beschäftigt hat, liegt mir die Zukunft der Städte besonders am Herzen. Es wäre falsch zu denken, und das möchte ich an dieser Stelle ausdrücklich betonen, dass das autonome Fahren alle unsere Mobilitätsprobleme in den Städten löst.

Im Gegenteil: Neue, groß angelegte Studien und Simulationen zeigen, dass fahrerlose Autos zu einer Verschärfung der Verkehrsproblematik in den Großstädten führen werden. Das ist unmittelbar nachvollziehbar, wenn man bedenkt, dass autonome Fahrzeuge auch leer fahren, möglicherweise sogar viele Strecken leer zurücklegen müssen, um neue Kunden aufzunehmen. Diese Leerfahrten muss man also zu den eigentlichen (menschlichen) Mobilitätsanlässen hinzuaddieren.

Je nach Modellrechnung kommt man zum Ergebnis, dass die gefahrenen Fahrzeugkilometer um bis zu 90% (!) zunehmen könnten. Eine unvorstellbare Zahl, die zu einem endgültigen Verkehrskollaps in den Städten führen würde. Da helfen auch schmalere Straßen und höhere Takte, intelligente Kreuzungen und alle anderen Zugewinne der Automatisierung nicht.

Wie lässt sich also der Verkehr von Morgen mit dem eng begrenzten Raum in unseren Städten vereinbaren?

Eines der Stichworte lautet: Sharing. Hierbei bedeutet Sharing erst einmal nur, dass nicht jeder allein fahren darf oder sollte. Mehrere Personen müssen sich ein Fahrzeug teilen. Simulationen in verschiedenen

Großstädten (z.B. Lissabon und New York) zeigen, dass bei maximalem Sharing der autonomen Fahrzeuge eine Verringerung der Fahrzeugkilometer um bis zu 25% möglich wäre. Hierbei müssten die Fahrgäste allerdings mehrere Minuten Wartezeiten und auch kleinere Umwege in Kauf nehmen.

Nun ist es wenig realistisch, dass ein solch hoher Sharing-Wert tatsächlich erreicht wird. Dagegen spricht die Bequemlichkeit, aber auch das Sicherheitsempfinden vieler Menschen. Letztgenannter Punkt ist nicht zu unterschätzen. Man wird eine große Gruppe potenzieller Fahrgäste nicht dazu bewegen können, ein Robotertaxi mit anderen Menschen zu teilen.

Man muss also festhalten, dass das autonome Fahren, wird es nicht von anderen, weitergehenden Maßnahmen flankiert, zu einer deutlichen Zunahme des Automobilverkehrs führen wird (in den Städten, aber nicht nur dort). Das ist aber nicht wünschenswert und sollte auf jeden Fall vermieden werden.

Ein ganzes Bündel von Maßnahmen ist notwendig, um das zu erreichen.

Bereits angesprochen wurde das Verschwinden einer klaren Abgrenzung zwischen ÖPNV und Individualverkehr. Es wird Fahrzeuge aller Größen und Klassen geben, die von einem bis zu mehreren Hundert Menschen ein fast stufenloses Angebot bereitstellen werden. Vans und Kleinbusse sind die Gewinner dieses zukünftigen Marktes. Diese „neue Mitte“, die aus unserer Sicht einen erklecklichen Anteil der zukünftigen Mobilität übernehmen wird, wird sowohl von den neuen Flottenanbietern

als auch von den traditionellen ÖPNV-Dienstleistern betrieben werden. Hier entsteht eine neue Konkurrenz, die den städtischen Verkehrsbetrieben nicht voll bewusst zu sein scheint. Der Ruf nach staatlicher und städtischer Regulierung, der vermehrt erklingt, wird nicht verhindern, dass die etablierten ÖPNV-Unternehmen ins Hintertreffen geraten, wenn sie sich nicht frühzeitig auf die neuen Anforderungen und die neue Konkurrenz einstellen.

Festzuhalten bleibt, dass die Skalierung der Flotten, die Erweiterung der betriebenen Modelle um mittelgroße Fahrzeuge (6 bis 12 Plätze) zu einer Eingrenzung des Verkehrsaufkommens führen können.

Aber auch das Fahrrad wird in einer Welt autonomer Fahrzeuge und leistungsfähiger ÖPNV-Systeme nicht ausgedient haben. Die Renaissance, die gerade begonnen hat, wird weitergehen. Hier bedarf es einem verstärkten Ausbau von Schnellwegen und Schnellverbindungen sowie der bekannten Verbesserungen und Erleichterungen im miteinander mit dem motorisierten Verkehr.

Die Elektrifizierung des Radverkehrs wird weitergehen. Mit Pedelecs und E-Bikes lassen sich längere Strecken auch für ältere und weniger sportliche Menschen bewältigen. Aber auch hier bedarf es neuer Fahrzeuge: Fahrräder mit niedrigem Einstieg, mit Lademöglichkeit, mit einem Trittbrett, auf dem man die Füße abstellen kann. Im Grunde muss eine ganz neue Kategorie schwach motorisierte elektrischer Zweiräder entwickelt werden, einem Zwischending zwischen Roller und Rollstuhl – ähnlich wie das, was man in den Niederlanden auf manchen

Fahrradwegen bewundern kann – um die Vielfalt der zukünftigen Transportzwecke zu bewältigen.

In diesem Zusammenhang muss man elektrische Roller (E-Scooter) erwähnen, die eine immer größere Rolle spielen. Wer in letzter Zeit in China war, wird eine Entwicklung bemerkt haben, die uns noch weitgehend fremd ist. Die Straßen werden dort von einer unüberschaubaren Menge elektrischer Scooter bevölkert. Es ist nicht ungewöhnlich, dass gleich ein ganzer Pulk von zig oder gar hundert Fahrzeugen an einer Ampel steht. Hier wurde eine neue Fahrzeugklasse geschaffen (Einsitzer, max. 25 Kilometer Höchstgeschwindigkeit, max. 40 Kilogramm Leergewicht), die sich einer enormen Beliebtheit erfreut. Das gilt insbesondere für Lieferdienste und alle Arten von Zustellungen, also für den professionellen und semi-professionellen Transportbereich.

Währenddessen werden bei uns in Deutschland Modellprojekte mit Lastenfahrrädern (!) angeschoben. Das allein zeigt meiner Ansicht, wie sehr wir international den Anschluss zu verlieren drohen. Noch fehlt bei uns eine Regulierung, die wie in China klare Verhältnisse schafft. Doch leider schieben sich die etablierten Verkehrsträger den schwarzen Peter gegenseitig zu. Niemand möchte den kostbaren Verkehrsraum mit einer neuen Klasse von Fahrzeugen teilen. Die Automobilindustrie und ihre Interessensverbände wollen die E-Scooter auf die Radwege verbannen, die Radfahrer und ihre Lobby sehen die Fußgängerwege als die bessere Alternative, während dies Städte und Polizei mit Hinweis auf die daraus folgenden Gefahren ablehnen. Letztlich wird man nicht umhinkommen, dieser neuen Fahrzeugklasse den

Zugang zu den Straßen zu gewähren. Das wird den Raum für den übrigen motorisierten Verkehr weiter beschneiden, was zu einem erbitterten Kampf mit der Autolobby führen wird.

Lassen Sie mich zum Schluss noch etwas anmerken. Wir müssen umdenken. Die vergangenen Jahrzehnte haben uns vorgegaukelt, man könne jeden Meter Weg mit dem Auto zurücklegen. Eine Illusion, die in der Parkplatznot unserer Städte schon lange nicht mehr mit der Wirklichkeit übereinstimmt. Wir müssen uns von dem Gedanken endgültig verabschieden, man könne jederzeit, überallhin fahren, sei es selbst, sei es autonom. Auch die autonomen Taxis werden uns vielleicht nicht mehr bis vor die Haustür bringen können. Es wird Sammelplätze geben, Ein- und Ausstiegspunkte, Anbindungen an andere Verkehre. Wäre es wirklich so schlimm, wenn wir ab und an zwei- oder dreihundert Meter autonom, also mit den eigenen Füßen, gehen müssten?

Und stellen Sie sich einmal vor, was wir im Gegenzug dafür bekämen! Man könnte Wohngebiete komplett für den öffentlichen Verkehr sperren. Elektrische Poller würden die wenigen Fahrzeuge durchlassen, die ein Recht zum Befahren der Wohngebiete hätten: Die wenige Anwohner mit einem eigenen Auto, Lieferanten, Notdienste und auch die Robotertaxen, die ausnahmsweise mobilitätseingeschränkte Menschen oder schweres Gepäck doch bis für die Haustür fahren dürfen. Dann gäbe es keine Bürgersteige mehr, die alles verstopfenden parkenden Autos sowieso nicht, man könnte Straßen und Wege neugestalten, begrünen, für den Fußgänger- und Fahrradverkehr attraktiver machen, zum Flanieren und

Gehen, zum Setzen und Ausruhen umgestalten. Vergleichen Sie das mit der durchschnittlichen zugeparkten Straße von heute, die einem Menschen, einem Kinderwagen, wenn überhaupt, nur einen schmalen Spalt Weg auf dem Bürgersteig lässt. Wäre das nicht ein gewaltiger Zugewinn an Urbanität?

Nachwort

Am Ende dieser Reise von den Ursprüngen der Mobilität zu deren Zukunft, kommt man nicht um eine grundsätzliche Bestandsaufnahme herum. Warum ist die heutige Mobilität so ist wie sie ist, woher kommen die allseits beklagten Probleme, von denen zurzeit so viel die Rede ist? Verstopfte Städte, zunehmende Staus auf den Fernstraßen, bemitleidenswerte Nahverkehrssysteme, überfüllte, defekte, unzuverlässige Züge, chaotische Zustände an den Flughäfen. Wie es scheint, erleben wir gerade einen Verkehrskollaps und alle reiben sich verwundert die Augen. Wie konnte es so weit kommen?

Als jemand, der jahrzehntelang für die Automobilindustrie gearbeitet hat (und es immer noch tut), komme ich nicht umhin zu konstatieren, dass es die Fixierung auf eben dieses Automobil war, was zu diesen Zuständen geführt hat. In keinem anderen der Welt gibt es einen so engen Schulterschluss zwischen Politik, Autoindustrie und Autofahrerverbänden wie in Deutschland. Die Autolobby ist die mit Abstand einflussreichste Kraft, keine andere Branche ist personell so eng mit der Politik verknüpft. Dieser gesellschaftliche und politische Konsens geht über alle Parteien hinweg. Selbst die GRÜNEN als einzige tendenziell automobilkritische Partei haben in der Regierungsverantwortung im Autoland Baden-Württemberg nichts anderes vermocht, als diesem Kurs weitgehend zu folgen. Ein erklärter Autogegner wie Verkehrsminister Winfried Hermann mutierte nach und nach zu einem handzahmen Maskottchen von Porsche, Daimler & Co.

Diese unheilige Allianz hat alle Bemühungen, Abgas- und Verbrauchswerte zu senken, jahrzehntelang erbittert bekämpft. So hat Deutschland eine Verschärfung der diesbezüglichen Grenzwerte stets verhindert, verzögert oder verwässert. Die Automobilindustrie hat ihrerseits die kleinen ihr abgerungenen Erfolge mit allen legalen (und illegalen) Mitteln konterkariert. Heute stehen wir vor einem Scherbenhaufen.

Doch nicht nur die automobilen Mobilität steht heute am Scheideweg. Die anderen Verkehrsträger wurden über eine sehr lange Zeit zu Gunsten des Automobils vernachlässigt. Der ÖPNV fristet ein kümmerliches Dasein als letztes Mobilitätsanker der Mittellosen und Alten, der Schüler und Studenten. Ein hoffnungslos veralteter Fuhrpark zeugt davon. Wenn man z.B. in Düsseldorf die Stadtbahn sieht, meint man in einen historischen Film geraten zu sein oder in einem Freilichtmuseum, kein Vergleich mit den Straßenbahnen in anderen Ländern Europas oder Asiens. Die Bundesbahn wurde dem Imperativ des Sparens geopfert und personell ausgeblutet. Jeder Meter Radweg wurde über viele Jahre hinweg mühsam den Autofahrern abgetrotzt. Und wenn heute neue Verkehrsmittel wie E-Scooter in Deutschland vorerst keine Chance haben, so liegt es an den gleichen Kräften, die eine diesbezügliche Regulierung verhindern, um dem Automobil den maximalen Raum auf der Straße zu erhalten.

Doch langsam beginnt sich etwas zu ändern. Das gilt für die Förderung des Radverkehrs, aber auch für den Ausbau des ÖPNV, der S-Bahnen und der Fernbahnstrecken. Man beginnt zu verstehen, dass Mobilität nicht nur

automobile Mobilität sein kann und dass andere Verkehrsträger bitter nötig sind und nicht nur eine Ergänzung oder gar ein Feigenblatt.

Das alles hängt aber auch mit der Krise der Automobilindustrie und mit ihrem schwindenden Einfluss zusammen. Durch ihre jahrzehntelange Blockadepolitik, durch die Schummeleien und betrügerischen Machenschaften wurde eine notwendige Anpassung an die Erfordernisse zukünftiger Mobilität hinausgezögert, so weit hinausgezögert, dass man sich fragt, ob es nicht bereits zu spät ist.

Man hört heute oft, die Automobilindustrie habe den Umstieg auf die Elektromobilität und andere alternative Antriebskonzepte „verschlafen“. Das wird von den Politikern beklagt, von Journalisten, Fachleuten und sogar vom interessierten Bürger. So als verfüge sie nicht über hochbezahlte Experten, die die zukünftigen Entwicklungen genau im Blick haben.

Nein, es war nicht Sättheit oder Faulheit oder gar Dummheit, dass der notwendige Umstieg spät, vielleicht zu spät begonnen hat. Gerade jetzt arbeiten alle deutschen Hersteller fieberhaft an neuen elektrischen Modellreihen. Dass die Automobilindustrie so lange wie möglich versucht hat, diesen Umstieg zu verhindern oder zumindest hinauszuzögern, hat rationale und einleuchtende Gründe.

Der historische Vorsprung, den die traditionellen Autobauer und vor allem die deutschen haben, liegt beim Antrieb, beim Motor. Ein heutiger Verbrennungsmotor und insbesondere ein Dieselmotor ist ein wahres

Wunderwerk der Technik. Er besteht aus unzähligen Teilen, ist wartungsarm und weitgehend verschleißfrei. In ihm stecken 120 Jahre Entwicklungsarbeit. Wenn wir die ersten Motoren mit den heutigen vergleichen, sehen wir, welch langer Weg hier zurückgelegt wurde. Ähnliches gilt für die Getriebetechnik. Betrachtet man z.B. ein modernes Acht-Gang-Automatikgetriebe ist der Entwicklungsstand mittlerweile so hoch, dass nicht einmal die Auto-konzerne selbst diese produzieren könnten. Ähnliches gilt für Steuerungseinheiten und anderes.

Demgegenüber sind Elektromotoren sehr simple Aggregate. Der gesamte elektrische Antriebsaufbau bedarf zudem wesentlich weniger Komponenten. Käme heute also ein neuer Player in den Markt, wäre es ihm kaum oder nur nach einem sehr langen Zeitraum und zu sehr hohen Kosten möglich, einen effizienten Verbrennungsmotor zu entwickeln und zu bauen. Anders bei einem elektrischen Aggregat. Hier stehen erst einmal alle an der selben Startlinie. Auch Neulinge haben ihre Chance, wie man am Beispiel Tesla sieht. Warum hätte also die deutsche Automobilindustrie diesen unfassbaren Vorsprung leichtfertig aufgeben sollen?

Ähnlich verhält es sich übrigens mit dem autonomen Fahren, wobei wir wieder beim eigentlichen Thema wären. Hierzulande lebte und lebt die deutsche Auto-branche vom Mythos der „Freude am Fahren“ und der Freiheit, so schnell fahren zu können, wie man will. Autofahren soll Spaß machen, eine Form der Selbstverwirklichung sein, Sportlichkeit demonstrieren. Autonomes Fahren steht aber dem Primat der Fahrfreude diametral

entgegen – und wird folgerichtig von Fahrern, die so denken, abgelehnt. Und auch an ein Tempolimit auf unseren Autobahnen werden autonome Fahrzeuge vermutlich nicht vorbeikommen.

Prestige und Status, zwei andere Säulen deutscher automobiler Kultur, verlieren, wie wir gesehen haben, immer mehr an Bedeutung. Die Menschen begeistern sich heute für IT- und Telekommunikationstechnik. Status wird mit Immobilien, Kunst, Möbel und Reisen demonstriert und auf den sozialen Kanälen zur Schau gestellt. Wer postet seinen neuen Porsche auf Facebook? Und was nützt mir mein neues Auto, wenn es niemand zu Gesicht bekommt, weil ich von meiner Tiefgarage ins Parkhaus in die Stadt fahre? Die Zeiten, wo man seinen ganzen Stolz vor der Eisdiele und vor den Augen aller abstellen konnte, sind schon lange vorbei.

Warum sollte also die deutsche Automobilindustrie das autonome Fahren forcieren, wenn es gegen ihre zentralen Werte steht?

Folgerichtig stellt man sich in der Vorstandsetagen der Automobilkonzerne vor, dass sich wenig ändern wird. Man wird seinen Mercedes weiterhin selbst besitzen wollen, wird ihn weiterhin selbst bewegen und nur manchmal, und das auch nur spaßeshalber, wird man der Automatik das Steuer überlassen und sich an der perfekten Technik erfreuen. So wird es aber nicht kommen, das habe ich zu zeigen versucht.

Die alternativen Antriebe werden kommen und auch das autonome Fahren. Ich gehöre nicht zu den Skeptikern, die voraussagen, dass die deutsche Automobilindustrie diesen Umstieg nicht überleben wird, dafür

hat sie zu viele Ressourcen. Und notfalls wird die Politik regulierend, fördernd oder gar rettend einspringen. Das zeigt die gerade beginnende diesbezügliche Diskussion. Der Vorsprung von einst ist aber dahin. Sie wird sich in einen größeren Kreis von Wettbewerbern einreihen müssen, und andere werden neue Schlüsselkompetenzen besitzen, die sich die alten Konzerne erst mühsam (oder teuer) aneignen müssen.

Angesichts der zwei Millionen Arbeitsplätze, die direkt oder indirekt an der deutschen Automobilproduktion hängen, ist es wünschenswert und zu hoffen, dass der Umstieg gelingen möge. Sicher ist es jedoch nicht. Erst, wenn die Verantwortlichen wirklich verstanden haben, was autonomes Fahren bedeutet und welche die Konsequenzen sind, hat die Branche eine Chance. Sonst wird sie tatsächlich untergehen. Die Zeit drängt, nur ein entschlossener und radikaler Kurswechsel kann das Schlimmste verhindern. Ich hoffe, mit diesem Büchlein etwas dazu beigetragen zu haben.

Der Autor

Marco Lalli, Jahrgang 1959, ist Sozial- und Umweltpsychologe und hat an der Universität Heidelberg studiert sowie an der Technischen Universität Darmstadt promoviert. Nach vielen Jahren Lehr- und Forschungstätigkeit an deutschen Hochschulen ist er seit 2002 Geschäftsführer und alleiniger Inhaber der sociotrend GmbH, einem auf Forschungsmethoden spezialisierten Sozialforschungsinstitut.

Ein Schwerpunkt der Institutsarbeit liegt in der Mobilitätsforschung. Zu den Kunden gehören öffentliche Verkehrsträger wie die Schweizer Staatsbahnen SBB und viele nationale und ausländische Automobilhersteller.

Seit einigen Jahren befasst sich die sociotrend GmbH mit dem Thema Elektromobilität und hat für verschiedene Auftraggeber Studien zur Akzeptanz alternativer Antriebe durchgeführt.

Parallel dazu erforscht die sociotrend GmbH gesellschaftliche Entwicklungen im Rahmen einer eigenen Trendforschung. Dies erfolgt in Zusammenarbeit mit Partnerinstituten. Hierbei werden auch mögliche Szenarien künftigen gesellschaftlichen Zusammenlebens thematisiert.

Marco Lallis eigene Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der Umweltpsychologie und Entscheidungsforschung. Hierbei kommen komplexe Modelle zur Vorhersage individueller Entscheidungen zur Anwendung (etwa bei der Verkehrsmittelwahl).

Mehr Informationen gibt es auf der sociotrend-Webseite:

<http://www.sociotrend.com>

Interessenten können unter der Email-Adresse [info\(at\)sociotrend.com](mailto:info(at)sociotrend.com) Kontakt aufnehmen. Kritische Anmerkungen und Diskussionsbeiträge sind ausdrücklich erwünscht.