

Autonomes Fahren und die Zukunft der Mobilität

Marco Lalli

2. Auflage



SACHBUCH



Springer

Autonomes Fahren und die Zukunft der Mobilität

Marco Lalli

Autonomes Fahren und die Zukunft der Mobilität

2. Auflage



Springer

Marco Lalli
sociotrend GmbH
Heidelberg, Deutschland

ISBN 978-3-662-68123-7 ISBN 978-3-662-68124-4 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-68124-4>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert durch Springer-Verlag GmbH, DE, ein Teil von Springer Nature 2020, 2023

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Axel Garbers

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Das Papier dieses Produkts ist recyclebar.

Vorwort zur 2. Auflage

Das *Autonome Fahren* hängt in besonderem Maße vom technologischen Fortschritt in vielerlei Bereichen ab. So erstaunt es nicht, dass eine Abhandlung zu diesem Thema schnell veraltet. Dies gilt für das vorliegende Buch in geringerem Maße, wie ich bei der Überarbeitung feststellen konnte. Die technischen Vorhersagen sind weitgehend eingetroffen und auch die angenommenen Zeitpläne haben sich bestätigt. Es gibt also keine Veranlassung, das Ziel in eine immer entferntere Zukunft zu verbannen.

Am meisten verändert hat sich die politische und gesellschaftliche Bewertung der verschiedenen Verkehrsträger. Die sich zuspitzende Diskussion um den menschengemachten Klimawandel hat zu einem Umdenken geführt, das ich in dieser Form nicht erwartet habe. An erster Stelle ist hier der Luftverkehr zu nennen. Trotz seines relativ geringen Anteils an den weltweiten CO₂-Emissionen (ca. 2,9 %) ist das Fliegen im All-

gemeinen und auf der Kurzstrecke im Besonderen deutlich unter Legitimationsdruck geraten. In jüngster Zeit werden sogar Forderungen laut, das Fliegen mit Geschäftsflugzeugen ganz zu verbieten. Der zweite Profiteur der Klimakrise ist neben dem Fahrrad eindeutig die Schiene. Der schienengebundene ÖPV, ob lokal, regional oder national gilt als eine Art Allheilmittel zur Reduzierung klimaschädlicher Emissionen. Entsprechend hoch sind die Investitionen in neue Strecken und Fahrzeuge. Noch allgemeiner könnte man sagen, dass Mobilität an sich immer kritischer gesehen wird. Man fragt sich, ob man so viel und so weit pendeln oder reisen muss. Unsere positiven Erfahrungen mit dem Homeoffice wirken hier nach. Und auch die Reiseverbote während der Corona-Krise haben gezeigt, dass Fernreisen nicht so unverzichtbar sind wie angenommen. Das ist auch eine Folge der zunehmend kritischen Sicht auf die Globalisierung.

Aber noch etwas anderes hat mich zu dieser zweiten aktualisierten Auflage bewogen. So gut dieses Buch von der Fachöffentlichkeit und von meinen Kollegen aufgenommen wurde, so schmerzlich musste ich erfahren, dass gerade eine Klientel, die mir besonders am Herzen liegt, meine Analysen und Prognosen als *autofreundlich* abtut. Ich denke an die Umweltverbände, an Teile der Grünen Partei und auch an einige der großen Verkehrsverbände im heutigen ÖPNV. Autonomes Fahren wird hier mit individueller, autogebundener Mobilität gleichgesetzt. Und meine Kritik am Schienenverkehr steht natürlich den politischen Bestrebungen zu seinem massiven Ausbau diametral entgegen.

Diese Kritik ist meines Erachtens Ausdruck einer überholten Frontenbildung, eines alten Freund-Feind-Denkens. Auf der einen Seite der böse autogebundene Individualverkehr, auf der anderen Seite der gute ÖPNV

ergänzt durch Bahn und Fahrrad. In diesem Buch habe ich versucht zu zeigen, dass dieses Denken überholt ist. Autonomes Fahren bedeutet nicht automatisch die Förderung des Individualverkehrs. In einer nicht allzu fernen Zukunft werden *alle* Verkehrsmittel autonom fahren. Das gilt für Busse, Straßenbahnen, U-Bahnen, Züge, Lastwagen, und selbst das Flugzeug wird keine Piloten mehr brauchen. Darüber hinaus wird das autonome Fahren eine Vielzahl neuer Verkehrsformen ermöglichen, die zu einer Aufhebung der Trennung von Individualverkehr und öffentlichem Verkehr führen werden.

Unterschätzt habe ich die Beharrungskräfte im Denken, die starren Kategorien, die sich in den Köpfen festgesetzt haben. Deshalb habe ich mir die Mühe gemacht, meine Vision von der Mobilität der Zukunft noch klarer zu formulieren, um auch die hartnäckigsten Vertreter der alt-hergebrachten Denkmuster zum Umdenken zu bewegen.

Einstellung und Verhalten im Bereich der Mobilität sind tief im Alltag der Menschen verwurzelt. Unzählige aktuelle Beispiele zeigen, wie schwierig es ist, sie zu ändern. So wie die Mobilität viele Jahrzehnte gebraucht hat, um sich bis heute zu entwickeln, wird sie viele Jahre, wenn nicht Jahrzehnte brauchen, um sich zu verändern. Geduld ist also gefragt, was nicht heißt, dass die Verkehrswende nicht beherzt angegangen werden muss. Denn von alleine wird sich nichts ändern. Das habe ich in den letzten Jahren gelernt.

Marco Lalli

Vorwort

Bei dem folgenden Beitrag handelt es sich nicht um eine wissenschaftliche Arbeit. Deshalb habe ich auf Zitate, Quellen und Nachweise weitgehend verzichtet. Man könnte ihn daher am ehesten als Essay oder schlicht als Aufsatz bezeichnen. Selbstverständlich sind alle niedergelegten Überlegungen dennoch meine eigenen.

Angesichts der aktuellen lebhaften Diskussion und der rasanten technischen Entwicklung der letzten Jahre habe ich mich entschlossen, meine Überlegungen zum Thema *Autonomes Fahren* in diesem Beitrag zusammenzufassen. Sie sind das Ergebnis meiner und unserer langjährigen Forschungsarbeit zum Thema Mobilität. Ich denke, es ist ein überaus spannendes Thema.

Wenn ich im Folgenden gelegentlich von „wir“ und „uns“ spreche, handelt es sich nicht um ein Pluralis Majestatis. Ich beziehe mich dann auf die Arbeit meines Instituts, der sociotrend GmbH, und die dort tätigen Kolleginnen und Kollegen.

Einiges von dem, was Sie lesen werden, wird Ihnen bekannt vorkommen. Anderes ist neu und mag manchem provokativ erscheinen. 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. Ich möchte meine Thesen zur Diskussion stellen und freue mich auf kritische Anregungen und eine kontroverse Beiträge.

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 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 schon von der Wortherkunft her ein sich selbst fortbewegendes Fahrzeug. Dies könnte zu einer gewissen Verwirrung führen.

Der Begriff „Automobil“ entstand Ende des 19. Jahrhunderts, um Fahrzeuge, die sich mit Maschinenkraft fortbewegten, von jenen zu unterscheiden, 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 titelte *Der Spiegel* vor

einiger Zeit folgerichtig *Das Auto-Auto*¹, als es um selbst-fahrende Automobile ging.

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

Diesen Aufsatz habe ich erstmals im Frühjahr 2016 in einer internen Fassung geschrieben. Damals ging ich davon aus, dass es noch zehn bis fünfzehn Jahre dauern würde, bis die ersten vollautonomen Autos in den regulären Betrieb gehen bzw. gekauft werden können. Heute, sieben Jahre später, sind wir diesem Ziel entscheidend näher gekommen. Wir bewegen uns langsam, aber stetig in die von mir skizzierte Richtung: Neue Modellreihen mit noch weitergehenden autonomen Funktionen sind auf den Markt gekommen, weitere sind für die nächsten Jahre angekündigt. Die Modellversuche, insbesondere in den USA, sind deutlich ausgeweitet worden. Das Ziel des autonomen Fahrens ohne menschliche Steuerung ist in greifbare Nähe gerückt. Vielleicht haben wir inzwischen die Hälfte des Weges zurückgelegt, vielleicht mehr. Deshalb bleibe ich bei meiner Prognose: Zwischen 2026 und 2030 werden wir das autonome Fahren ohne menschliche Unterstützung oder Überwachung erreicht haben.

Die Kehrseite dieses Fortschritts: Wir haben die ersten, durch vollautonome Fahrzeuge verursachten Unfälle. Und es gab die ersten Toten. Die Reaktionen darauf sind erstaunlich verhalten: Das Unglück sei auch für einen menschlichen Fahrer unvermeidbar gewesen, Computer könnten trotz allem besser fahren als Menschen. Man sieht

¹ Der Spiegel 9/2016.

also den „Kosten“ der Automatisierung relativ gelassen entgegen.

In der öffentlichen Diskussion wurde das autonome Fahren jedoch Ende der 2010er Jahre 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 die verursachten Schäden aufzukommen, die Angst der betroffenen Autofahrer vor drohenden Fahrverboten, all das hat das Ansehen der gesamten Branche auf einen Tiefpunkt sinken lassen. Man ist nicht mehr stolz auf diese Vorzeigeprodukte deutscher Ingenieurskunst, und mehr noch: Das Made-in-Germany hat im In- und Ausland erheblichen Schaden genommen. Erst langsam beginnt es sich zu erholen.

Nun geht es in diesem Aufsatz nicht um die Automobilindustrie im Allgemeinen. Die Ereignisse der jüngsten Zeit haben m. E. jedoch drei Dinge deutlich gemacht: 1) Die öffentliche Diskussion wird nach wie vor hauptsächlich von Antriebs- und Motorenkonzepten geprägt (elektrische Antriebe, das Für und Wider der Wasserstofftechnologie), anstatt sich mit den wirklich (r)evolutionären Konsequenzen des vollautomatisierten Automobils auseinanderzusetzen. 2) Der Autofahrer sorgt sich um seine individuelle Mobilität, die er durch die Förderung alternativer Verkehrskonzepte wie Fahrrad und ÖPNV bedroht sieht. Seit Jahren wird erbittert um Fahrspuren und Gehwege gerungen. 3) Die Automobilindustrie und ihre Zulieferer beginnen zu begreifen, dass ein einfaches „weiter so“ nicht ausreicht. Doch auch hier geht es vor allem um die Elektrifizierung des Fahrens, also um alternative Antriebskonzepte. Das autonome Fahren steht dahinter an.

Bei meinen Vorträgen und zahlreichen Gesprächen habe ich insbesondere in den letzten zwei Jahren den Eindruck gewonnen, dass sich einiges bewegt.

Die ersten Jahre dieses Jahrzehnts (2020er Jahre) sind geprägt von einer Aufbruchstimmung, die alle gesellschaftlichen Bereiche erfasst hat. Sie ist größer als je zuvor in der jüngeren Geschichte. Sie ist größer als im Jahr 2010, als man nach der Wirtschaftskrise voller Pessimismus in die Zukunft blickte, und sie ist größer als zur Jahrtausendwende, als die Zukunft noch fern und ungewiss schien.

In den letzten Monaten kam der Hype um die „neue“ KI mit ihren schier unendlichen Möglichkeiten hinzu. Wir stehen hier erst ganz am Anfang einer revolutionären gesellschaftlichen Umwälzung, deren Folgen noch gar nicht absehbar sind. Sicher ist, dass sie auch das autonome Fahren beeinflussen und diese Entwicklung entscheidend beschleunigen wird.

Der Klimawandel und die daraus entstandenen sozialen Bewegungen haben den Verkehrssektor in den Mittelpunkt der gesellschaftlichen Debatte gerückt. Dieser Prozess hat sich in den letzten Jahren erheblich verstärkt. Noch nie wurde so viel über Mobilität diskutiert wie heute. Das ist gut und lässt hoffen, dass hier endlich etwas geschieht.

Aber es hat sich auch etwas anderes gezeigt. Die Mahnungen an die Automobilindustrie, die neuen Entwicklungen „nicht zu verschlafen“, die Warnungen, sie werde andernfalls in eine schwere Krise geraten und womöglich untergehen, haben sich schneller als erwartet bewahrheitet.

Wir haben Massenentlassungen, Gewinneinbrüche, Insolvenzen und Fusionen erlebt. Das gilt sowohl für die Automobilindustrie als auch für die fast ebenso wichtigen Zulieferer. Und wir erleben eine immer hektischere

Betriebsamkeit, die verzweifelten Versuche, doch noch umzusteuern.

Unsere Automobilindustrie befindet sich in einer Strukturkrise, darüber herrscht inzwischen Einigkeit. Wie es dazu kommen konnte, soll im Folgenden näher beleuchtet werden.

Noch etwas ist mir bei meinen Gesprächen in letzter Zeit aufgefallen. Wenn man vom autonomen Fahren die Rede ist, sagen die meisten Menschen: „Ach ja, die Elektroautos.“ Nun hat die Steuerung eines Fahrzeugs wenig mit dem Antriebskonzept zu tun. Dennoch scheint für die meisten eine Gleichsetzung stattzufinden: Autonomes Fahren ist elektrisch. Das hängt vermutlich damit zusammen, dass beides für die nahe bis mittlere Zukunft erwartet wird.

Dass das autonome Fahren kommen wird, ist Konsens, beim elektrischen Antrieb ist das aber keineswegs der Fall. Für viele Experten sind Brennstoffzellen zukunftsfähiger als Batteriefahrzeuge.² Hier ist das letzte Wort noch nicht gesprochen.

Wir sollten also festhalten, dass das autonome Auto nicht zwangsläufig elektrisch fahren muss. Sein Antrieb ist eine völlig andere Frage, die auch separat diskutiert und entschieden werden muss. Aber natürlich hat der Antrieb auch für autonome Fahrzeuge bestimmte Implikationen, die wir diskutieren werden.

Wenn ich in diesem Buch auf die heute allgegenwärtige Genderisierung weitestgehend verzichte, so geschieht dies aus Gründen der Lesbarkeit. Ich bin mir aber dieser Problematik durchaus bewusst und möchte einer solchen Kritik im Voraus uneingeschränkt recht geben.

² Auch wenn BP gerade in einer neuen Studie für den Antrieb von Automobilen keine Zukunft mehr in der Wasserstofftechnologie sieht. Im Jahre 2050 werden demnach 70 % aller Autos elektrisch angetrieben werden. Die Brennstoffzelle mit Wasserstoff soll weniger als 1 % ausmachen.

Zu guter Letzt möchte ich dem Springer-Verlag danken, der es mir ermöglicht hat, dieses Werk einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Dies war der Anlass für eine erneute Überarbeitung und auch für eine deutliche Erweiterung des Umfangs dieser Schrift.

Die Zeit schreitet unaufhaltsam voran. Wir alle haben Mühe, mit ihr Schritt zu halten.

Marco Lalli

Zusammenfassung

Ausgehend von der Annahme, dass sich das autonome Fahren in den nächsten Jahren durchsetzen wird, werden die sich daraus ergebenden Implikationen für die verschiedenen 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.

Inhaltsverzeichnis

Einführung	1
Geschichte	11
Roadmap	19
Autonomes Fahren	27
Sicherheit	49
Flottenanbieter	57
Öffentlicher Personenverkehr	63
Schienengebundener Verkehr	71
Übersicht: Hochgeschwindigkeitszüge heute	83
Seilbahnen	87
Flugverkehr	93
Frachttransport	105