Andreas Herrmann und Walter Brenner

Die autonome Revolution

Wie selbstfahrende Autos unsere Straßen erobern

Frankfurter Allgemeine Buch

Vorwort

Ein Buch über autonomes Fahren zu schreiben, stellt eine besondere Herausforderung dar, da jeden Tag immer wieder neue, häufig auch widersprüchliche Erkenntnisse zu diesem Thema erscheinen. Überall auf der Welt entstehen permanent Ideen, Konzepte, Technologien und Projekte rund um selbstfahrende Autos. Sie alle zu überschauen und zu durchdringen, ist gar nicht mehr möglich. So liefert dieses Buch keinen in sich stimmigen und in allen Details ausgearbeiteten Entwurf, sondern entspricht eher den gesammelten „Tagebüchern" einer Reise, die noch nicht abgeschlossen ist und deren Ziel bestenfalls vage am Horizont erscheint. Gleichwohl ist es lohnenswert, diese Reise anzutreten, da kaum eine andere Technologie das wirtschaftliche und gesellschaftliche Leben so gravierend verändern dürfte. Jetzt ist der Zeitpunkt gekommen, um sich mit der autonomen Mobilität zu befassen, sie auf die Bühne des sozialen Diskurses zu befördern und damit einen Beitrag zu leisten, dass sie unser Leben zum Besseren verändert.

Die Auseinandersetzung mit dem Thema hat auch uns Autoren bewegt, vor allem deswegen, weil es nur auf den ersten Blick um Sensoren, Algorithmen und maschinelles Lernen geht. Viel spannender sind die Geschichten dahinter über die neuen Chancen, aber auch Risiken, die fahrerlose Autos den Menschen bieten.

Andreas Herrmann hat in den Slums von Sao Paulo erfahren, dass Mobilität eine wichtige Voraussetzung für Arbeit und Wohlstand ist. Wenn es uns gelingt, durch autonomes Fahren die Menschen schneller und weiter zu transportieren, dann erhöhen sich ihre Chancen, eine bessere Arbeit zu bekommen, dem Elend zu entgehen und ihr Leben zu meistern. Walter Brenner ist fasziniert von der Geschwindigkeit und Intensität, mit denen Fahrzeuge derzeit digitalisiert werden. Er hat bei Gesprächen auf der Consumer Electronics Show in Las Vegas, bei Unternehmen im Silicon Valley und mit Kollegen an der Stanford University erlebt, dass nicht mehr die Informationstechnologie (IT) um das Auto, sondern das Auto um die IT gebaut wird.

Dieses Buch basiert auf einer im April 2018 publizierten englischen Version, die gemeinsam mit Rupert Stadler entstanden ist. Viele seiner Gedanken sind auch in das vorliegende Werk eingeflossen, das jedoch etwas andere Schwerpunkte setzt. So wurde auf eine Beschreibung der Akteure und Anspruchsgruppen verzichtet, um stattdessen den Roboter-Taxis mehr Aufmerksamkeit widmen zu können. Wir sind der Überzeugung, dass sich das autonome Fahren auf der ersten und letzten Meile im

Zusammenspiel mit dem öffentlichen Verkehr durchsetzen könnte. Viele Mobilitätsprojekte, die etwa den Weg von zu Hause zum Bahnhof oder Arbeitsplatz und wieder zurück mit selbstfahrenden Fahrzeugen bewältigen, sind bereits in zahlreichen Städten überall auf der Welt auf den Weg gebracht worden.

Dieses Buch hätte nie geschrieben werden können ohne die inspirierenden und erhellenden Gespräche mit den Mitarbeitenden der Audi AG. Sie alle sind herausragende Experten, die in den nächsten Jahren die vielfältigen Facetten des autonomen Fahrens prägen werden. Mit ihren Erfahrungen und ihrem Wissen tragen sie maßgeblich dazu bei, dass selbstfahrende Autos ihren Weg auf die Straßen finden werden. Unser Dank gilt ihnen allen, dass sie sich Zeit genommen haben, um mit uns ihre Erkenntnisse und Überzeugungen zu teilen. Darüber hinaus sind wir auch dankbar für das wertvolle Bildmaterial, das uns zur Verfügung gestellt wurde.

Viele Mitarbeiter, Kollegen, Experten und herausragende Persönlichkeiten aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft haben uns Anregungen und Impulse vermittelt. Unser Dank gilt ihnen allen für die Bereitschaft, all ihr Wissen und alle ihre Erfahrungen einzubringen. Besonders wertvoll waren auch die Kommentare unseres Kollegen Professor Hubert Österle und die vielfältigen Recherchen zu Bildern und Texten von Nicola Schweitzer, Cynthia Sokoll, Barbara Rohner und Manuel Holler. Ganz besonders danken wir Bianca Labitzke vom Verlag Frankfurter Allgemeine Buch für Ihre Unterstützung. Sie konnte sich von Anfang an für dieses Projekt begeistern.

Wir hoffen, dass ein Buch entstanden ist, das dieses Thema aus vielfältigen Perspektiven beleuchtet und dazu beiträgt, eine offene, ehrliche, vielschichtige und differenzierte Diskussion über die Chancen und Risiken des autonomen Fahrens zu führen. Wir Autoren sind euphorisch und von den Möglichkeiten dieser Technologie überzeugt. Aber auch uns bewegen Zweifel und Sorgen, die in diesem Buch ebenso zum Ausdruck kommen.

Andreas Herrmann
Walter Brenner

Geleitwort
Zur Bedeutung von Software in der Automobilindustrie

Professor Dr. Manfred Broy
Technische Universität München

Die rasanten Fortschritte der digitalen Technologie resultieren sowohl aus einer stetigen Verbesserung der Leistung der Hardware als auch aus der neue Rolle der Software — sie ist umfassend und vielfältig. Beide Entwicklungen führen zu dramatischen Veränderungen in der Automobilindustrie, die im Folgenden ausgeführt werden sollen: Bisher sind es die Innovationen im Fahrzeug, wie etwa durch eingebettete Software, neuartige Mensch-Maschine-Interaktionen bis hin zu Assistenzfunktionen. Hinzu kommen vielfältige softwaregestützte Funktionen sowie digitale Werkzeuge, Kommunikations- und Automatisierungstechnik in der Forschung, Entwicklung und Produktion. Aufgrund der rasant wachsenden Bedeutung des Internets und des Smartphones dominieren digitale Techniken inzwischen auch das Marketing und Customer-Relationship-Management. Eine weitere Welle der Veränderung ergibt sich aus der umfassenden Vernetzung der Fahrzeuge bis hin zum autonomen Fahren.

Die Digital Natives verkörpern einen neuen Kundentypus, der sich wie ein Fisch im Wasser in sozialen Netzwerken bewegt und für den die allgegenwärtige Verfügbarkeit digitaler Dienste über die Grenzen des Fahrzeugs hinaus selbstverständlich ist. Faszinierend ist dabei das Wechselspiel zwischen dem Fortschritt der Technik, neuen Geschäftsmodellen und veränderten Kundenanforderungen und -erwartungen.

Ein entscheidender Wettbewerbsvorsprung der US-Internet-Giganten besteht in ihrer einzigartigen Kundennähe, die es ihnen erlaubt, tagtäglich mit den Abnehmern zu interagieren, deren Verhalten zu beobachten und zu analysieren, in Echtzeit die erforderlichen Daten zu erfassen und blitzschnell neue Innovationen umzusetzen. Auch für die Fahrzeughersteller dürfte sich mit Blick auf diese Entwicklungen einiges verändern: Ein markantes Beispiel ist das automatisierte Fahren. Gelingt es, dass in zehn bis 15 Jahren Autos in vielfältiger Umgebung bedingt automatisiert oder sogar schon hoch- und vollautomatisiert fahren können? Damit würden Ride- und Carsharing-Projekte besonders attraktiv werden, da man auf den Kostentreiber „Fahrer“, aber auch auf die Unbequemlichkeit, das Fahrzeug am Standort abzuholen — es kommt von alleine — verzichten könnte.

Dies erlaubt völlig neue Geschäftsmodelle und illustriert eindrucksvoll die intensive Wechselwirkung zwischen der Beherrschung der Technologie und der Entwicklung neuer Geschäftsmodelle sowie einer schnellen und nachhaltigen Veränderung des Marktes und der Kundenbedürfnisse.

Vor diesem Hintergrund muss in der Automobilindustrie die Zukunft völlig neu gedacht werden. Eine ganze Reihe von Kernkompetenzen sind zu entwickeln, die demnächst ausschlaggebend dafür sind, dass die heute führenden Hersteller auch weiterhin eine entscheidende Rolle spielen können. Dabei sind insbesondere die Fragen zu beantworten, welche Rolle Automobilunternehmen vor dem Hintergrund der digitalen Revolution spielen wollen und können und welche Maßnahmen erforderlich sind, damit sich Hersteller eine herausragende Rolle im Markt sichern.

Für die Bewältigung der Herausforderungen sind eine Reihe von Fähigkeiten zwingend erforderlich. Dazu gehören unter anderem:

- Human-Centric Engineering bedeutet, Produkte und Dienste auf die Bedürfnisse der Kunden auszurichten.
- Vernetzte Dienste zuverlässig zu gestalten und mit anderen Diensten zu kombinieren, erfordert Softwaretechniken, die ein rasches Time-to-Market sicherstellen.
- Die Beherrschung der Kosten, Qualität, Time-to-Market von Software dürfte der entscheidende Wettbewerbsfaktor werden.
- Die Marktdurchdringung verlangt Partnerschaften mit anderen Firmen, damit individuelle Stärken zu Synergien führen. Neue und schnelle Innovationen — auch unter Einbeziehung kleiner Unternehmen und Open-Innovation-Ansätzen — müssen mit traditionellen Fähigkeiten kombiniert werden. Kritisch ist dabei stets die Frage, wer letztlich diese Partnerschaften dominiert.
- Im Vordergrund muss eine konsequente Kundenorientierung stehen mit Angeboten, die ein Bündel von Kundenbedürfnissen adressieren. Dazu gehören internetbasierte Dienste im Auto, multimodale Mobilitätsdienste und die durchgängige Kombination von virtueller mit physischer Mobilität.
- Neue Geschäftsmodelle und die bessere Marktdurchdringung ergeben sich aus der Fülle von Nutzerdaten. Hieraus lassen sich innovative Dienste entwickeln. Gerade die Nähe und der Zugang zum Kunden durch eine tagtägliche und beständige Interaktion bieten beachtliche Chancen.
- Besondere Bedeutung besitzen die Techniken der Künstlichen Intelligenz, insbesondere das maschinelle Lernen. Diese betrifft insbesondere die Auswertung von Massendaten im Rahmen des autonomen Fahrens.

Neben den aus der digitalen Transformation resultierenden Veränderungen für das Auto selbst steht auch der gesamte Markt und Wettbewerb vor einem substanziellen Wandel. Ein Beispiel hierfür ist der Eintritt von Internetfirmen, die nicht notwendigerweise selbst Fahrzeuge herstellen, aber mit ihren Ride- und Carsharing-Angeboten die Regeln des Marktes verändern. Hinzu kommen alle möglichen Daten aus den Fahrzeugen, die völlig neue Geschäftsmöglichkeiten eröffnen.

Ein weiteres Schlüsselthema ist der durch Software ermöglichte Zugang zu den Kunden, die immerhin beträchtliche Zeit in den Fahrzeugen verbringen. Dazu braucht es Ideen, damit die Kundenansprache nicht nur einen lästigen Aspekt einer Public Relations-Aktivität darstellt. Nur jene Dienste können sich dauerhaft durchsetzen, die den Kunden einen echten Mehrwert bieten. Dies erfordert zwingend, Softwareexperten in die Führungsebene der Automobilunternehmen aufzunehmen. Diese Personen können aus einer Hand und umfassend sowohl die technischen als auch die betriebswirtschaftlichen Aspekte berücksichtigen.

Die Autohersteller benötigen eine konsequente Ausrichtung auf Softwarebefähigung und Softwaresouveränität. Nur so kann die Industrie im Wettbewerb mit den neuen Technologiefirmen bestehen. Hierzu müssen das Software-Know-how auf allen hierarchischen Ebenen verankert und die Softwareprozesse mit besonderer Kompetenz gestaltet werden. An der Fähigkeit, das Thema Software zu beherrschen, dürfte sich die Zukunft der traditionellen Automobilindustrie entscheiden.

Teil 1
Revolutionen in der Mobilität

Kapitel 1
Autonomes Fahren ist Realität

Faszination

Schon immer hat das Automobil die Menschen fasziniert. Seit seiner Erfindung im Jahr 1886 durch Carl Benz in Mannheim gilt es als Inbegriff des technisch Machbaren, aber auch des gesellschaftlich Wünschenswerten. An den Generationen von Fahrzeugen kann man nicht nur den technischen Fortschritt feststellen, sondern auch die ästhetischen, sozialen und kulturellen Veränderungen, die im Fahrzeugdesign und in den Materialien zum Ausdruck kommen. Am Auto, so scheint es, lassen sich über mehr als hundert Jahre hinweg die Errungenschaften aus der Elektronik, der Informatik, dem Maschinenbau, der Kunst, dem Design und vielen anderen Disziplinen besonders gut erkennen. Im Kern reflektiert ein Fahrzeug mit allen seinen Funktionen, seiner Anmut und Ästhetik die Vorstellung vieler Menschen davon, was eine Gesellschaft zu leisten im Stande ist. Die Faszination für das Automobil resultiert aber auch aus den Chancen, die es den Menschen bietet. Mobilität, Freiheit, Unabhängigkeit, aber auch sozialer Aufstieg und gesellschaftliche Anerkennung sind Empfindungen, die viele Fahrer mit ihren Fahrzeugen verbinden.

Die Erwartungen an das Auto sind dabei durchaus zwiespältig. Es verleiht den Menschen einerseits Kontrolle und Macht über eine Maschine und gibt ihnen dadurch ein Gefühl von Freiheit und Stolz. Andererseits kam auch immer wieder der Wunsch auf, ein Computer möge dem Menschen die Verantwortung für das Steuern der Maschine abnehmen: Hier kommt die Sehnsucht nach dem autonomen Fahren ins Spiel. Schon seit Jahrzehnten sind fahrerlose Autos zunächst in Science-Fiction-Romanen, später in wissenschaftlichen Veröffentlichungen umfassend beschrieben. Die Fantasien der Autoren reichen in einigen Filmen sogar so weit, dass selbstfahrende Autos ein Eigenleben führen und menschliche Züge annehmen. Das Auto legt selbstständig Routen fest und drückt eigene Stimmungen aus. Wie auch immer man Ideen zur modernen Mobilität konkretisiert: Autonome Fahrzeuge sind der logische Endpunkt einer Entwicklung, die mit der Motorkurbel im Patent-Motorenwagen von Carl Benz begonnen hat und inzwischen bei modernsten Fahrerassistenzsystemen angelangt ist, wie etwa Vorwärtskollisionswarnung, Toter-Winkel-Überwachung, Spurverlassenswarnung oder adaptive Geschwindigkeitsregelung. Die uralte Vision, dass alle Insassen eines Fahrzeugs nur noch Passagiere sind, hat

inzwischen die Forschungs- und Entwicklungsabteilungen vieler Fahrzeughersteller, aber auch einiger Technologieunternehmen wie etwa Google, Nvidia, Qualcomm, Mobileye, Apple erreicht und dürfte in den nächsten Jahren umgesetzt werden. Dieser letzte Schritt, dass ein Fahrzeug ganz ohne Fahrer auskommt, ist inzwischen keine Fiktion mehr. Die zugrunde liegende Technologie ist auf dem besten Weg dazu, Wirtschaft und Gesellschaft von Grund auf zu verändern.

Große Ideen sind so alt wie die Menschheit. Was viele Menschen davon abhält, besondere Ideen umzusetzen, sind die vermeintlichen Gewissheiten darüber, was machbar ist und vor allem: was nicht geht. So verhielt es sich auch bei der Entwicklung des Solarflugzeugs Solar Impluse 2, das eine Flügelspannweite von 72 Metern bekommen sollte. Ingenieure und Experten aus der Luft- und Raumfahrttechnik erläuterten durchaus überzeugend, dass eine solche Flügelspannweite technisch nicht machbar sei. Selbst eine Boeing 747 besitze keine solche Flügelspannweite, hieß es. Wie sollte es bei einem Flugzeug mit dem Gewicht eines Mittelklassefahrzeugs funktionieren?

Um dieses Problem zu lösen, mussten alle bisherigen Gewissheiten und Gewohnheiten über Bord geworfen werden. Es blieb Bertrand Piccard und seinem Team nichts anderes übrig, als das Bollwerk des vermeintlich gesicherten Wissens zu verlassen und ganz neue Wege einzuschlagen. Diese neuen Wege führten zu neuen Materialien, neuen Verarbeitungstechniken und letztlich auch dazu, ganz neu über die Konstruktion eines Flügels nachzudenken. Wir erkennen: Wer eine große Idee umsetzen will, darf sich nicht in der Komfortzone etablierter Überzeugungen einrichten. Das gilt auch für das autonome Fahren: Nur jene Unternehmen werden sich durchsetzen, die es schaffen, ganz neu über die Technik des Fahrens und das Verhalten der Fahrer zu reflektieren. Die ganze Mobilität muss neu gedacht werden.

Umsetzung

Die autonomen Autos einiger Hersteller haben die Konzeptphase verlassen, umfassende Tests bestanden und befinden sich bereits auf den Straßen – zwar immer noch in kontrollierter Umgebung, aber unmittelbar vor dem Einsatz im Verkehr. Inzwischen sind autonome Fahrzeuge sogar in der Lage, den sogenannten Melbourne Hook Turn zu bewältigen. Hierbei handelt es sich um ein zweistufiges Abbiegemanöver, für das die australische Metropole Melbourne bekannt geworden ist. Ein Auto, das im Linksverkehr von Melbourne rechts über eine von Stadtbussen befahrene Straße

Abbildung 1.1. Fahrerloser Rennwagen von Audi
Quelle: Audi AG

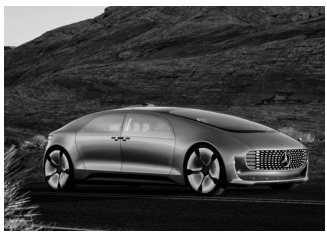

Abbildung 1.2. Der selbstfahrende F015 von Mercedes
Quelle: Daimler AG

abbiegen will, muss sich zunächst links einordnen. Erst nachdem die auf der gleichen Fahrbahn geradeaus fahrenden Autos und die Stadtbusse vorbeifahren konnten, darf das Fahrzeug nach rechts abbiegen.

Es gibt mittlerweile viele Belege für den Fortschritt des autonomen Fahrens. So gelangte zum Beispiel ein Fahrzeug von Audi fahrerlos von San Francisco nach Las Vegas, ein anderes erreichte auf einer Rennstrecke eine maximale Geschwindigkeit von 240 km/h (Abbildung 1.1). Mercedes stellte den F015 vor, der vor allem durch sein futuristisches Design und die vielen innovativen Funktionen eine Vorstellung von der autonomen Mobilität der nächsten Jahre vermittelt (Abbildung 1.2). Google ist seit vielen Jahren dabei, in Kalifornien und anderen US-Bundesstaaten seine inzwischen weithin bekannten Fahrzeuge zu testen. Tesla hat bereits einige seiner Fahrzeuge mit Software, Kameras und Radar ausgerüstet, um in bestimmten Verkehrssituationen autonomes Fahren zu ermöglichen. Volvo nimmt auf einem Autobahnring rund um Göteburg Fahrzeuge in Betrieb, die autonom unterwegs sind. Viele andere Fahrzeughersteller wie Ford, BMW, Toyota, Kia, Nissan oder auch Volkswagen arbeiten an Prototypen von selbstfahrenden Autos oder haben solche Fahrzeuge bereits im Straßenverkehr eingesetzt.

General Motors will demnächst ein autonomes Fahrzeug im Verkehr testen, das weder ein Lenkrad noch Pedale oder andere manuelle Kontrollmöglichkeiten besitzt. Der Autokonzern hat das US-Verkehrsministerium