

Qualitative Analyse der Potentiale und Herausforderungen des Autonomen Fahrens

Bachelorarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades „Bachelor of Science (B.Sc.)“ im Studiengang
Wirtschaftswissenschaft der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Leibniz Universität
Hannover

vorgelegt von

Name: Magdsick

■■■■■■ ■■■■■■

Vorname: Ricco

■ ■■■■■■■■■■■■

Prüfer: Prof. Dr. M. H. Breitner

Hannover, den 28.04.2015

Inhaltsverzeichnis

Abstract	I
Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	V
1. Einleitung	1
1.1 Einführung in das Thema und Relevanz der Arbeit	1
1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit	2
2. Theoretische Grundlagen	3
2.1 Automatisierungsgrad von Fahrzeugen	3
2.1.1 Keine Automatisierung	4
2.1.2 Assistiertes Fahren	5
2.1.3 Teilautomatisiertes Fahren	6
2.1.4 Hochautomatisiertes Fahren	7
2.1.5 Autonomes Fahren	7
2.2 Status quo und ausgewählte Aspekte des Entwicklungsstands	9
3. Potentiale und Herausforderungen des autonomen Fahrens	12
3.1 Gesellschaftliche Faktoren	12
3.1.1 Unfallzahlen und Maschinenethik.....	12
3.1.2 Zugang zu Mobilität und der Faktor Zeit	15
3.2 Ökologische Faktoren.....	16
3.2.1 Potentiale für Verkehr, Effizienz und Emissionen.....	16
3.2.2 Herausforderungen durch Veränderung der Mobilität	19
3.3 Politisch/rechtliche Faktoren	20
3.3.1 Gesetzliche Grundlagen als Hemmnis der Implementierung.....	20
3.3.2 Haftbarkeit und Versicherungsschutz	21
3.4 Ökonomische Faktoren.....	23
3.4.1 Finanzielle Implikationen.....	23
3.4.2 Revolution – Autonomes Fahren als disruptive Technologie	27
3.4.3 Veränderung der Branchenstruktur	29
4. Experteninterviews	31
4.1 Durchführung der Interviews.....	31

4.2 Qualitative Analyse der Interviews	34
5. Erkenntnisse und Diskussion	41
6. Handlungsempfehlungen.....	44
7. Limitationen	46
8. Fazit und Ausblick	47
Literaturverzeichnis.....	50
Anhang	62

1. Einleitung

1.1 Einführung in das Thema und Relevanz der Arbeit

Die Automobilbranche befindet sich in einer Phase des fundamentalen Wandels. Nach 100 Jahren Entwicklungsgeschichte sollen herkömmliche Verbrennungsmotoren sukzessive der Elektromobilität weichen (vgl. BMVI, 2015a). Die Bundesregierung hat dabei in ihrem „Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität“ das Ziel formuliert, bis zum Jahre 2020 etwa eine Million elektrisch betriebene Fahrzeuge auf Deutschlands Straßen im Einsatz zu haben (vgl. Bundesregierung, 2015). Hintergrund dieser Bestrebungen ist der Gedanke, die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen und einhergehend das Ausmaß der CO₂-Emissionen zu reduzieren (vgl. BMBF, 2015). Letzteres soll dabei auch das autonome Fahren gewährleisten, welchem von Roland Berger (2014) das Potential beigemessen wird, die Automobilindustrie in besonderem Maße zu revolutionieren. Obwohl autonome Vehikel in der Vergangenheit lediglich Gegenstand von Science-Fiction Filmen und Büchern waren (vgl. Aon, 2014), stellt sich heutzutage nicht mehr die Frage ob, sondern wann fahrerlose Automobile den Weg in unsere Gesellschaft finden (vgl. Roland Berger, 2014). Die technische Ausstattung moderner Fahrzeugmodelle bietet dabei bereits heute die Möglichkeit, spezifische Verkehrssituationen autonom bewältigen zu können (vgl. Peterson, 2014, S. 1723; DiClemente, Mogos und Wang, 2014, S. 8). Weiterhin haben Audi, BMW oder Google mit ihren Forschungsfahrzeugen unter Beweis gestellt, dass Automobile inzwischen fähig sind, selbstständig und ohne jeglichen Input des Fahrers navigieren können. Zwei Hauptargumente für das autonome Fahren stellen in der Literatur die Erhöhung der Sicherheit sowie die Reduzierung der Emissionen dar (vgl. Eugensson et al., 2013, S. 1; Peterson, 2014, S. 1727; Aon, 2014, S. 2). Während 2013 in Deutschland 350.381 Verkehrsunfälle durch Fehlverhalten der Fahrzeugführer verzeichnet wurden (vgl. Statistisches Bundesamt, 2015a) und der prozentuale Anteil an den gesamten Verkehrsunfällen sowohl in Deutschland als auch den USA etwa 90 Prozent beträgt (vgl. Roland Berger, 2014, S. 5; Auto Club Europa, 2015, S. 43), wird dem autonomen Fahren ein enormes unfallsenkendes Potential, durch Reduzierung bzw. Eliminierung humaner Fehlerquellen, prophezeit (vgl. Anderson et al., 2014, S. 4). Darüber hinaus wird erwartet, dass autonome Vehikel durch die Optimierung des Verkehrsflusses eine Reduzierung der CO₂-Emissionen bewirken (vgl. Eugensson et al., 2013, S. 10; Nath, 2013), wodurch sie ferner dem Nachhaltigkeitsgedanken der Bundesregierung bzgl. zukünftiger Mobilität entsprechen. Bezieht man diese Grundannahmen auf die von Peter Mertens (2001), als langfristig ausgelegtes Ziel der Wirtschaftsinformatik, formulierte sinnhafte Vollautomatisierung, so

scheinen autonome (bzw. vollautomatisierte) Fahrzeuge dem Anspruch, die ihnen übertragenen Aufgaben mindestens genauso gut wie der Mensch auszuführen, gerecht zu werden. Unterdessen hat auch die breite Öffentlichkeit die Relevanz des autonomen Fahrens erkannt und sich der Thematik angenommen. Neben einer stetig zunehmenden Berichterstattung der Medien steht dabei insbesondere auch die Ermittlung der Nutzerakzeptanz auf gesellschaftlicher Ebene im Fokus. So sind bspw. gemäß der aktuellen Continental-Mobilitätsstudie (2015) 63 Prozent der deutschen Bundesbürger von einer Reduzierung der schweren Verkehrsunfälle infolge des autonomen Fahrens überzeugt, während sogar 68 Prozent von einer Entlastung in monotonen und stressbehafteten Situationen im Straßenverkehr ausgehen. Laut Akzeptanzstudie des Automobilclub-Verkehr (2015) ist für 35 Prozent der Deutschen die Nutzung eines autonomen Pkw bereits zum jetzigen Zeitpunkt vorstellbar, wohingegen 38 Prozent der Befragten und sogar 43 Prozent der Probanden der Continental-Mobilitätsstudie Angst hinsichtlich der Fahrt in selbstfahrenden Automobilen bekunden. Obwohl die zukünftigen Endverbraucher den vollautomatisierten Kraftfahrzeugen somit weiterhin skeptisch gegenüberstehen, deutet Dr. Dieter Zetsche, Vorstandsvorsitzender der Daimler AG, den Facettenreichtum der zukünftigen Mobilität an: “Wer nur an die Technik denkt, hat noch nicht erkannt, wie das autonome Fahren unsere Gesellschaft verändern wird“ (vgl. Mercedes-Benz, 2015a). Vor dem Hintergrund dieser Aussage genießt eine ganzheitliche Auseinandersetzung mit den Potentialen und Herausforderungen des autonomen Fahrens eine starke Daseinsberechtigung.

1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

In der Literatur existiert inzwischen eine große Anzahl an Veröffentlichungen, die sich dem autonomen Fahren annehmen und daraus resultierende Folgen kritisch diskutieren. So beleuchten verschiedene Veröffentlichungen bspw. ausschließlich die ökologischen Auswirkungen dieser Thematik (vgl. hierzu Barth, Boriboonsomsin und Wu, 2014; Brown, Gonder und Repac, 2014), während Eugensson et al. (2013) oder Rodoulis (2014) einen umfassenderen Überblick der Chancen und Risiken zu geben versuchen. Sämtliche Publikationen können jedoch, auch vor dem Hintergrund neuester Erkenntnisse sowie eingeschränkter Sichtweisen, dem Anspruch einer aktuellen, holistischen Auseinandersetzung mit dem autonomen Fahren nicht gerecht werden. Zusätzlich werden ökonomische Aspekte weitestgehend vernachlässigt oder nur rudimentär beleuchtet. An dieser Forschungslücke möchte die vorliegende Arbeit ansetzen und aufzeigen, welche gesellschaftlichen, ökologischen, politisch/rechtlichen sowie insbesondere ökonomischen Potentiale und

Herausforderungen sich durch das autonome Fahren ergeben und mit dessen vollständiger Implementierung einhergehen. Um sukzessive auf das autonome Fahren hinzuführen, werden in Kapitel 2 zunächst die verschiedenen Automatisierungsgrade und darauffolgend ausgewählte Aspekte des Entwicklungsstands dargestellt. Im anschließenden dritten Kapitel erfolgt auf Basis umfangreicher Literaturrecherche die Ermittlung von Potentialen und Herausforderungen innerhalb der oben genannten Untersuchungsfelder. Anhand von Experteninterviews wird im vierten Abschnitt sowohl überprüft, ob diese Aspekte auch außerhalb der Literatur diskutiert werden, als auch weitergehende Sichtweisen der befragten Personen identifiziert. In den Kapiteln 5 und 6 werden die gewonnenen Erkenntnisse diskutiert und auf dieser Grundlage Handlungsempfehlungen für die beteiligten Akteure abgeleitet. Die Limitationen der durchgeführten Studie werden in Abschnitt 7 aufgezeigt, bevor im achten Kapitel ein Fazit samt Zukunftsausblick den Abschluss dieser Arbeit bildet.

2. Theoretische Grundlagen

2.1 Automatisierungsgrad von Fahrzeugen

Mit der Weiterentwicklung bestehender und der Produktion neuer Fahrzeugmodelle hat auch der Automatisierungsgrad von Automobilen eine radikale Weiterentwicklung erfahren. In zunehmendem Maße werden moderne Fahrzeuge dabei mit Automationstechniken ausgestattet, um den Fahrer einerseits zu entlasten sowie andererseits die Verkehrssicherheit und Energieeffizienz wesentlich zu erhöhen (vgl. DiClemente, Mogos und Wang, 2014, S. 8; Nath, 2013, S. 2). Automatisierte Fahrzeuge charakterisieren sich durch die Übernahme verkehrs- und sicherheitskritischer Funktionen, wodurch mindestens Teilaspekte des Beschleunigungs-, Lenk- oder Bremsvorgangs selbstständig durch die Technik und ohne direkte Involvierung des Fahrers ausgeführt werden. Die Grundlage hierfür bilden bspw. verschiedene Sensoren, Kamerasysteme sowie GPS-Daten, die umfangreiche Informationen des Umfeldes bereitstellen und auf deren Basis das System kritische Verkehrssituationen sowohl erkennt und bewertet als auch durch ein bestimmtes Maß an Kontrollübernahme bewältigt (vgl. National Highway Traffic Safety Administration, 2013, S. 3).

Im Hinblick auf ein einheitliches Verständnis der Automatisierungsgrade von Kraftfahrzeugen hat die U.S-amerikanische National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) eine fünfstufige Klassifikation definiert, welche die jeweiligen Ebenen und damit das Kontinuum zwischen herkömmlichem und autonomem Fahren charakterisiert (vgl. Anderson et al., 2014, S. 2). Die dabei identifizierten Level *No automation*, *Function-specific automation*, *Combined function automation*, *Limited self-driving automation* sowie *Full self-driving automation* (vgl.

empfinden. Somit könnten andere, ebenfalls wichtige, Aspekte aufgrund persönlicher Präferenzen nicht erwähnt worden sein. Weiterhin kritisch zu erwähnen ist die Anzahl der Interviewpartner. Da lediglich zwei Experten hinsichtlich ihrer Ansichten befragt wurden, kann der Studie mangelnde Repräsentativität vorgehalten werden. Als abschließende Limitation sei die Auswahl der Interviewpartner genannt. Zwar können sowohl Hr. Gustke vom VDA als auch Hr. Reschka von der Technischen Universität Braunschweig ein umfassendes Meinungsbild zu der Thematik bieten. Dennoch wären weitere Perspektiven zur Identifikation von Herausforderungen und Potentiale wünschenswert gewesen. In diesem Zuge hätte die vorliegende Arbeit gern Ansichten von Automobilherstellern und Zulieferern präsentiert. Aufgrund mangelnder Bereitschaft oder Verfügbarkeit zur Durchführung von Interviews kann dies jedoch nicht geboten werden.

8. Fazit und Ausblick

Schlussfolgernd können dem autonomen Fahren eine Vielzahl von Herausforderungen und Potentialen beigemessen werden. Durch die Evolution der Fahrassistenzsysteme kann bereits ein sukzessiver Rückgang der Unfallzahlen im Straßenverkehr empirisch bestätigt werden. In diesem Zuge wird erwartet, dass infolge des autonomen Fahrens diese Entwicklung weiter vorangetrieben werden kann. Vor dem Hintergrund des Fehlverhaltens anderer Verkehrsteilnehmer oder technischer Defekte wird die angestrebte „Vision Zero“ jedoch mittelfristig eine Vision bleiben. Weiterhin ist fraglich, in welcher Weise vollautomatisierte Fahrzeuge fähig sein werden, ethische Fragen in kritischen Verkehrssituationen zu berücksichtigen und zu bewerten. In diesem Fall liegt es an den technologischen Systemen, über die Schwere eines Unfalls und mögliche Opfer zu entscheiden. Davon abgesehen wird insbesondere älteren sowie körperlich eingeschränkten Menschen mithilfe autonomer Pkw der Zugang zu Mobilität ermöglicht. Führt man diesen Gedanken weiter fort, so wären sie zukünftig in der Lage, Arzttermine in der Stadt unkompliziert wahrzunehmen. Aufgrund der Tatsache, dass die Anzahl der Landärzte stetig sinkt und ländliche Regionen teils unzureichend mit öffentlichen Verkehrsmitteln bedient werden, könnte dies einen erheblichen Vorteil für diese Gesellschaftsgruppen generieren. Des Weiteren kann die Zeit „hinter dem Steuer“ durch Individuen sinnvoller und produktiver genutzt werden als es zum jetzigen Zeitpunkt möglich ist. Auch hinsichtlich der ökologischen Auswirkungen sind zunächst Potentiale des autonomen Fahrens erkennbar. Während diese bereits heute durch Fahrassistenzsysteme realisiert werden, können durch autonome Fahrzeuge die CO₂-Emissionen weiter gesenkt und im Gegenzug die

Energieeffizienz erhöht werden. Ein sanfter Verkehrsfluss und reduziertes Stauaufkommen sowie in der langen Sicht das Platooning können dabei die bereits gegenwärtig zu verzeichnenden Effekte weiter vorantreiben. Ungewiss ist jedoch das tatsächliche Ausmaß dieser Auswirkungen. Durch Mischverkehr in den ersten Jahren der Einführung oder der möglichen Einstellung eines Rebound-Effektes könnten die positiven Folgen letztendlich geringer sein als bisher prognostiziert. Unterdessen stellen die fehlenden rechtlichen Rahmenbedingungen die größte Hürde für die Einführung autonomer Vehikel dar. Während in manchen US-Staaten das autonome Fahren im öffentlichen Straßenverkehr bereits gesetzlich zugelassen ist, existieren in Deutschland viele rechtliche Beschränkungen, die es zu überwinden gilt. Neben fehlender technischer Zulassungen und der weiterhin ungeklärten Haftungsfrage ist hier vor allem das Wiener Abkommen von 1968 zu erwähnen. Bevor dieses keiner grundlegenden Anpassung unterzogen wird, werden vollautomatisch fahrende Fahrzeuge in Deutschland weiterhin nur mit Ausnahmeregelungen für manche Automobilhersteller auf den Straßen zugegen sein. Mit der Implementierung vollautomatisierter Fahrzeuge werden weiterhin auch ökonomische Größen beeinflusst. Es kann bspw. davon ausgegangen werden, dass Unfallkosten und Ausgaben für Treibstoff sinken werden, während ferner mit der erwähnten Produktivitätssteigerung positive monetäre Auswirkungen erzielt werden können. Zu klären gilt, inwiefern die bestehende Infrastruktur durch V2I Module erweitert wird. Neben einer unterstützenden Wirkung in gewissen Situationen sind sie darüber hinaus mit hohen Kosten verbunden. Hierbei ist unklar, wer für diese letztendlich aufkommen muss und inwiefern Städte bereit sind, ihre Finanzen damit zu belasten. Ein realistisches Szenario ist unterdessen die Etablierung der „Mobility-on-demand“, die zu einem Rückgang eigener Pkw führen und überdies die Personenbeförderung revolutionär verändern kann. Insbesondere der öffentliche Nahverkehr sowie Taxiunternehmen werden folglich gezwungen sein, langfristig ihre Geschäftsmodelle anzupassen oder gar neue zu entwickeln. Abschließend kann das autonome Fahren zusätzlich einen Paradigmenwechsel in der Automobilindustrie herbeiführen. Durch zunehmende Bedeutung der Systemtechnologien und Entertainment Angeboten im Auto werden zukünftig weitreichendere Kooperationen zwischen Automobilherstellern und IT-Unternehmen entstehen. Letztere erfahren dabei eine Einbindung in die Wertschöpfungskette der Automobilindustrie.

Um die Herausforderungen zu überwinden und dadurch Potentiale generieren zu können, wurden Handlungsempfehlungen für Politik und Unternehmen ausgesprochen. Auch über die in der Arbeit behandelten Aspekte hinaus bedarf es verschiedener Aktivitäten, um eine reibungslos verlaufende Einführung autonomer Fahrzeuge zu gewährleisten. Vor allem in

Deutschland repräsentieren Datensicherheit und –schutz wichtige Themengebiete. Hier stellt sich die Frage, wie autonome Fahrzeuge mit den personenbezogenen Daten umzugehen haben. Gemäß des Bundesdatenschutzgesetzes dürfen solche Daten nur dann erhoben, verarbeitet und genutzt werden, sofern dies durch das Gesetz oder eine andere Rechtsvorschrift erlaubt oder von der betroffenen Partei genehmigt wird (vgl. Brünglinghaus, 2015, S. 12). Weiterhin gelten sowohl das Prinzip der Datensparsamkeit als auch das Gebot der Zweckbindung, wodurch „nicht mehr Daten als unbedingt notwendig und nur für den Zweck verarbeitet werden, für den sie erhoben worden sind“ (Brünglinghaus, 2015, S. 12). Brünglinghaus (2015) sieht weitergehend das existierende Datenschutzrecht sowie durch autonome Fahrzeuge erzeugte „Big Data“ dadurch nicht in Einklang zu bringen. Sollte keine rechtzeitige Anpassung erfolgen, seien autonome Fahrzeuge als Erzeuger großer Datenmengen als problematisch anzusehen. Weiterhin müssen die verwendeten Kommunikationssysteme angriffssicher sein und möglichen Cyberangriffen standhalten können. Dies könnte Backup-Systeme bedingen, um eine zuverlässige Funktionsweise in der Situation eines Systemausfalls zu gewährleisten (vgl. Nath, 2013, S. 4). Da für deutsche Autofahrer der Datenschutz gemäß der Continental-Mobilitätsstudie (2015) eine wichtige Rolle spielt, könnte es in Zukunft wichtig sein, Transparenz zu schaffen und über die tatsächliche Nutzung der Daten aufzuklären. Dies könnte positive Effekte auf die gesellschaftliche Technologieakzeptanz erzielen.

Abgesehen von diesem Themengebiet bedarf es in Zukunft weiterer Forschungsaktivitäten mit explizitem Bezug zum autonomen Fahren. Abhängig von der gesetzlichen Zulassung vollautomatischer Pkw wäre es sodann möglich, dieses Themenfeld ganzheitlich zu erforschen. Somit könnten neue Erkenntnisse zu ökonomischen Kosten und Nutzen, ökologischer Effekte sowie gesellschaftlicher Auswirkungen gewonnen und aufgezeigt werden.