

Chancen und Herausforderungen des autonomen Fahrens auf öffentlichen Straßen im urbanen Raum

Bachelorarbeit

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

vorgelegt von

Name: Sinram



Vorname: Dominik



Prüfer: Prof. Dr. Michael H. Breitner

Cuxhaven, den 29.06.2020

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis.....	IV
Abkürzungsverzeichnis.....	V
1. Einleitung.....	1
1.1 Einführung.....	1
1.2 Ziele der Arbeit.....	1
1.3 Aufbau der Arbeit.....	2
2. Methoden.....	3
2.1 Recherchemethoden.....	3
2.2 Datenerhebung.....	3
3. Urbane Bevölkerungsentwicklung bis 2050	4
3.1 Entwicklung der Bevölkerung.....	4
3.2 Zukunftsszenarien.....	5
4. Autonomes Fahren in der Detailbetrachtung.....	8
4.1 Autonomes Fahren im historischen Rückblick.....	8
4.2 Autonomes Fahren und die Bedeutung der Fahrassistenzsysteme.....	11
4.3 Die 5 Stufen der Automatisierung.....	12
4.4 Autonomes Fahren und das Erkennen des Fahrumfeldes	14
4.5 Autonomes Fahren und die Abhängigkeit von Künstlicher Intelligenz	18
5. Notwendige Rahmenbedingungen für autonomes Fahren	19
5.1 Digitalisierung.....	19
5.1.1 Infrastruktur für autonomes Fahren.....	19
5.1.2 Realitätsbezogener Einsatz.....	21
5.2 Sicherheit der IT-Systeme	22
5.2.1 Was ist IT-Sicherheit – Kurze Einführung.....	22
5.2.2 Relevanz der IT-Sicherheit.....	22
5.3 Staatliche Rahmenbedingungen und Forschungsanreize.....	24
5.4 Neue Gesetzesgrundlagen zur Klärung der Haftungsfragen bei Unfällen.....	26
6. SOWT-Analyse.....	27
7. Ausblick.....	40
7.1 Gesellschaftliche Akzeptanz als notwendige Voraussetzung.....	40
7.2 Potenzial des autonomen Fahrens.....	42
7.3 Zukunftsaussichten für Unternehmen im automatisierten und vernetzten Fahren.....	43
7.4 Folgeinnovation.....	44
8. Primärforschungsergebnisse.....	46
9. Fazit und Ausblick.....	53
Literaturverzeichnis.....	56
Anhangsverzeichnis.....	64
Anhang.....	66
Ehrenwörtliche Erklärung.....	79

1. Einleitung

1.1 Einführung

Künstliche Intelligenz. Wissen. Fortschritt. Dies sind nur ein paar Schlüsselwörter, die zum autonomen Fahren in den Medien genannt werden. Nicht nur die Menschen entwickeln sich weiter. Auch die Produkte, die von Menschen produziert werden, durchlaufen einen ständigen Verbesserungsprozess. Eine wesentliche Rolle, die die Entwicklung, Verbreitung und Beförderung von Produkten in weitentfernte Regionen ermöglichte, war das Auto. Eine zentrale Rolle spielt das Auto in den meisten gesellschaftlichen Kulturen. Jeder einzelne Mensch ist mittel- und unmittelbar abhängig von dem Fortbewegungs- und Transportmittel. Dank der fortschreitenden Technik und den entwicklungs hungrigen Menschen ist der Traum vom autonomen Fahren nicht mehr nur eine Zukunftsvision, sondern in naher Zukunft auch Realität. Die neue Technologie des autonomen Fahrens zu nutzen heißt, Kompromisse einzugehen und alte Gewohnheiten abzulegen. Wissenschaftlern wird mit der Forschung und Entwicklung eine große Aufgabe übertragen. Dabei müssen sie die Hürden, die sich ihnen stellen, überwinden, neue Techniken erfinden und ausgiebig testen sowie neue Schlüsseltechnologien entwickeln, die es bisher noch nicht gegeben hat.

1.2 Ziele der Arbeit

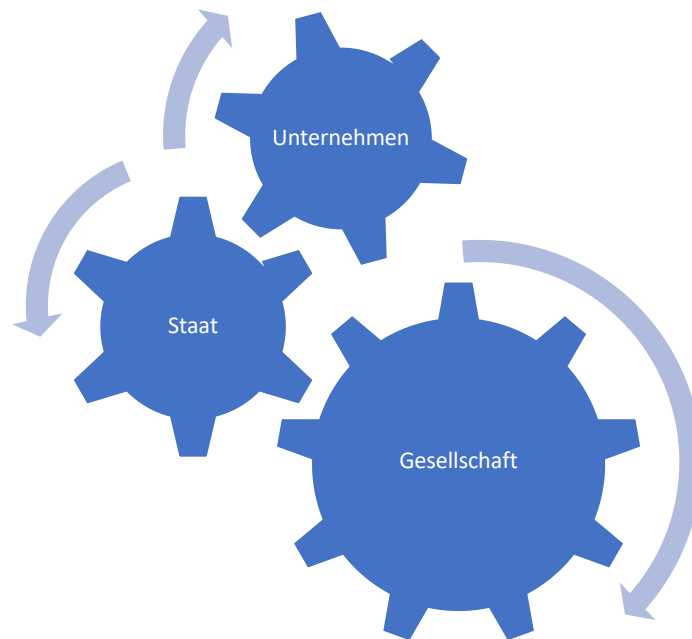
Nach der Einführung in das Thema soll in diesem Kapitel das Ziel dieser Arbeit erläutert werden. Das Hauptaugenmerk liegt darauf, Informationen der Primär- und Sekundärforschung zu den Chancen und Herausforderungen des autonomen Fahrens übersichtlich zu präsentieren. Dadurch sollen gegenwärtige Probleme, Chancen und Herausforderungen aufgezeigt werden, um zu verdeutlichen, wo die Schwierigkeiten der Forschung und Entwicklung liegen. Als Forschungsziel wird untersucht, wie die Chancen und Herausforderungen in diversen Bereichen aussehen. Die untersuchten Inhalte der Arbeit wurden kritisch überarbeitet und dementsprechend ließ sich folgende Forschungsfrage ableiten:

Welche Chancen und Herausforderungen bietet das autonome Fahren für Unternehmen, Staat und Gesellschaft?

Die Ergebnisse der Forschungsfrage werden detailliert in der folgenden Arbeit erklärt und sind vorher durch eine qualitative Primär- und Sekundärforschung abgeglichen worden.

Abbildung 1 verdeutlicht, wie wichtig die Zusammenarbeit der unterschiedlichen Komponenten der Forschungsfrage ist, damit das autonome Fahren reibungslos integriert werden kann.

Abbildung 1: Zusammenspiel der Akteure



Quelle: Eigene Darstellung

1.3 Aufbau der Arbeit

Nachdem das Ziel der Arbeit erläutert wurde, wird anschließend auf den Aufbau der Arbeit eingegangen. Dabei geht es um die wichtigsten Inhalte der Kapitel.

- Im 1. Kapitel wird auf die Wichtigkeit des autonomen Fahrens hingewiesen, warum die Chancen und Herausforderungen nicht nur einen kleinen Teil der Bevölkerung tangieren, sondern es ein globales Thema ist.
- Das 2. Kapitel beschäftigt sich mit den Methoden, die zur Recherche verwendet wurden, um die entsprechenden Daten zu sammeln und zu generieren.
- Kapitel 3 befasst sich mit der zukünftigen Anpassung und Entwicklung der Infrastruktur der Städte zur Bewältigung eines solch komplexen Vorgehens.
- Das nächste Kapitel, das 4., beschäftigt sich mit der Historie, den technischen Grundvoraussetzungen und mit der lernfähigen Künstlichen Intelligenz.
- Im 5. Kapitel geht es um die Rahmenbedingungen, die das autonome Fahren ermöglichen sollen und die als Voraussetzung notwendig sind. Dabei wird auf die Digitalisierung, IT-Sicherheit, Gesetzesgrundlagen und Forschung eingegangen.
- Ein weiteres wichtiges Kapitel, das 6., beschreibt in einer SWOT-Analyse die Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken des autonomen Fahrens.
- Kapitel 7 gibt einen Ausblick zur gesellschaftlichen Akzeptanz des autonomen Fahrens, Zukunftsaussichten für Unternehmen und weiterführende Innovationen.
- Das vorletzte Kapitel, das 8., bezieht sich auf die Primärforschung, in der der Sinn und Zweck der Umfrage des Autors sowie der Befragung eines Mitglieds der Bundesregierung erklärt werden. Weiterhin wird die Durchführung beschrieben und am Ende des Kapitels befinden sich die Ergebnisse der durchgeführten Primärforschung sowie die Auswertung der einzelnen Ergebnisse.

- Das 9. Kapitel beinhaltet Fazit und Ausblick dieser Arbeit. Abschließend findet sich ein kurzer Ausblick über die Themenbereiche, in denen noch weiter geforscht werden muss.

2. Methoden

In diesem Kapitel werden die angewandten Methoden der Bachelorarbeit vorgestellt, die eine Übersicht der Recherche im Zusammenhang mit der Datenerhebung darstellen und zu einer ausführlichen Beantwortung der Forschungsfrage führen.

2.1 Recherchemethoden

Für die nachfolgenden Inhalte der Bachelorarbeit ist eine qualitative Recherche notwendig gewesen, um der komplexen Forschungsfrage auf den Grund zu gehen. Die häufig verwendete „Literature Review“ nach Webster und Watson wird in dieser Arbeit durch eine intensive „Desk Research“, auch bekannt unter dem Namen Schreibtischforschung oder Sekundärforschung sowie einer Primärerhebung ausgetauscht (vgl. WPGS (o.J.)). Bei der Literature Review nach Webster und Watson werden aus der quantitativen Menge an erforderlicher Literatur, Inhalte auf ihre Qualität bzw. Aussagekraft geprüft (vgl. Lindner 2017).

Die Sekundärerhebung „Desk Research“ ist die in dieser Bachelorarbeit angewandte Forschungsmethode, bei der alte Daten neu aufbereitet werden. Größtenteils wird das in Zeiten der Digitalisierung durch eine Internetrecherche vollzogen. Im Gegensatz dazu steht die Primärforschung, bei der neue Daten erhoben und anschließend ausgewertet werden. Die aus der Primärforschung gewonnenen Daten können mit den Daten der Sekundärforschung verglichen werden, um die Sekundärdaten zu untermauern oder gegebenenfalls zu widerlegen. Erhebungsverfahren wie Experteninterviews, Befragungen oder Umfragen gehören zum Repertoire einer Primärforschung.

2.2 Datenerhebung

Für die Sekundärforschung wurden Studien und Berichte aus Suchmaschinen wie Google Scholar verwendet. Zudem wurde auf Online-Fachzeitschriften, -Beiträge und -Reports zurückgegriffen. Die Inhalte wurden auf ihre Glaubwürdigkeit und Richtigkeit überprüft, indem die Inhalte mit anderen Artikeln verglichen wurden. Weiterhin sind Statistiken, Artikel und Studien des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur verwendet worden. Des Weiteren wurden Informationen aus diesen Verlagen herangezogen: Springer-Verlag, Books on Demand und sociotrend GmbH. Dabei haben sog. Schlüsselwörter zum Finden der Themen geholfen. Die Schlüsselwörter sind u.a. Autonomes Fahren, Chancen und Herausforderungen vom autonomen Fahren, Chancen autonomes Fahren, Herausforderungen autonomes Fahren, Autonomes Fahren urbaner Raum, Autonomes Fahren Stadtverkehr, Intelligente Stadt autonomes Fahren, Smart city driving, autonomous driving, autonomous driving in city, Verkehr in intelligenten Städten sowie Risiken des autonomen Fahrens. Das Hauptaugenmerk der gefundenen Literatur hat sich auf die Aussagekraft der Autoren berufen. Eine weitere Anforderung war, dass die gefundene Literatur nicht älter als maximal 10 Jahre sein sollte, um den aktuellen Stand der Forschung sachgerecht widerspiegeln zu können. Damit die Literatur

Fahrens mit emissionsfreien Antrieben wie der Elektromobilität mit Batterie und Brennstoffzelle.“

In dieser Frage sind sich das BMVI und Umweltwissenschaftler einig, dass eine Reduzierung des CO₂ Ausstoßes zwar möglich ist, diese Reduzierung aber keine gravierenden Effekte auf die Umwelt haben wird. Eine bessere Möglichkeit bieten Alternative Antriebsarten wie bspw. die Elektromobilität. Das Problem bei den E-Autos ist die umweltschädliche Herstellung und Entsorgung. An diesem Problem müsste vorerst eine Lösung gefunden werden um weltweit das Konzept mehr zu fördern.

10. Frage: „Wie sieht Ihre Meinung dazu aus? Würden Sie den Systemen Ihr volles Vertrauen schenken oder haben Sie irgendwelche Bedenken?“

Antwort: „Ich sehe bei den Systemen zum autonomen Fahren noch erheblichen Entwicklungsbedarf. Aber ich bin optimistisch, dass sich ein sehr hohes Sicherheitsniveau erreichen lässt.“

Positiv für die Entwicklung zu sehen ist, dass das autonome Auto auch bei dem BMVI und Herrn Ferlemann in guter Position steht und das Projekt für die Zukunft möglicherweise noch mehr gefördert wird.

9. Fazit und Ausblick

Das Ziel der Bachelorarbeit war es, die Chancen und Herausforderungen des autonomen Fahrens, die sich auf öffentlichen Straßen in urbanen Raum ergeben, deutlich zu konkretisieren. Dank der erfolgreichen Primär- und Sekundärforschung sowie dem wissbegierigen Instinkt des Autors, die Welt der Technik der autonomen Fahrzeuge zu verstehen, hat sich folgende Forschungsfrage ergeben: Welche Chancen und Herausforderungen bietet das autonome Fahren für Unternehmen, Staat und Gesellschaft?

Für ein qualitativ aussagekräftiges Fazit sind im Folgenden die Highlights der Bachelorarbeit komprimiert zusammengefasst. Zur Beantwortung der Frage sind als erstes die Methoden erklärt, die sich aus der Primär- und Sekundärforschung zusammensetzen. Die Primärforschung bestand aus einer durch den Autor durchgeführten Umfrage, die Ergebnisse von 57 Befragten geliefert hat, um die Aussagen von Wissenschaftler und Autoren abzugleichen. Aufgefallen ist dabei, dass die Ergebnisse sich in den meisten Fällen ähnelten und teilweise identisch sind. Um die Literatur und die Ergebnisse der Primärforschung zu untermauern, bestätigte die recherchierte Literatur des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur die Qualität der Aussagen aus den Schlussfolgerungen der Wissenschaftler und Autoren. Zum Verständnis des Sachverhalts für das autonome Fahren haben sich verschiedene Automatisierungsstufen ergeben, um die Einordnung der Fahrzeuge in diverse Klassen zu ermöglichen. Beginnend mit der Stufe, in der der Fahrer alle Aufgaben alleine übernimmt, bis hin zur Stufe, in der der Fahrer nur noch als Passagier im Fahrzeug Platz nimmt, ist alles dabei. Die Automatisierung wird in 5 Stufen eingeordnet. Die Geschichte des autonomen Fahrens

begann recht früh: Schon Anfang des 20. Jahrhunderts haben sich Wissenschaftler mit der Erforschung des selbstfahrenden Autos beschäftigt und sind seitdem stetig weiter vorangeschritten mit der Technik. Eine weitreichende Veränderung hat sich in der Entwicklung auch der beinhaltenden Systeme der Fahrzeuge ergeben. Gehört Anfang des 20. Jahrhunderts nur kleine elektromagnetische Felder zum Gegenstand der Forschung, erweist sich heute die Technik als viel fortgeschrittener, da unzählige Sensoren und Kameras in einem Auto verbaut sind. Weitere wichtige Komponenten sind das Lidar, Radar und ebenfalls der Ultraschall sowie das GPS, Internet und die in Zukunft für Entscheidungen wichtige Künstliche Intelligenz. Essentiell wird die Künstliche Intelligenz sein, da sie als selbstlernendes Organ des autonomen Fahrzeuges funktionieren soll und somit Entscheidungen auch im Rahmen der ethischen Entscheidungen trifft. Uneinigkeit der Gesellschaft lässt sich in den Ergebnissen der Ethik in Bezug auf das autonome Fahren sehr deutlich erkennen. Die Ergebnisse lieferten einen eindeutigen Beweis dafür, dass viele zukünftige Nutzer sich im Moment noch nicht mit dem ethischen Algorithmus identifizieren können und somit zwiegespalten sind. Ableiten aus den Ergebnissen lässt sich, dass die Akzeptanz der Gesellschaft für autonomes Fahren deutlich steigen wird, wenn die Herausforderung der ethischen Streitfragen einheitlich und im Kontext mit den gesellschaftlichen Normen geklärt ist. Zur Erreichung des Ziels gehört auch die Ausweitung und Verbesserung der Städte sowie deren Straßen. Zur Erprobung des Straßennetzes sowie der Identifizierung der städtischen Probleme werden weltweit digitale Testfelder ausgewiesen, damit Forscher die Funktionsfähigkeit der Technik überprüfen können. Nicht unerheblich wird die Erweiterung der Datenübertragung und der Datenstandards sowie die Verhinderung von Hacker- bzw. Cyberangriffen für die autonomen Autos sein. Dies lässt sich daraus schlussfolgern, dass dadurch eine erhöhte Sicherheit im Straßenverkehr vorherrscht und gleichzeitig die damit verbundene Angst der Menschen gesenkt wird. Ethische Probleme können durch die oben genannte Verbesserung der Infrastruktur sowie der erweiterten Vernetzung besser behoben werden. Ein besonderes weiteres Highlight der Bachelorarbeit ist die SWOT-Analyse, die klar die Stärken, Schwächen, Chancen und Herausforderungen des autonomen Fahrens hervorhebt. Das Ergebnis der SWOT-Analyse ist, dass sich viele positive Aspekte aus dem autonomen Fahren ergeben, welche die negativen überwiegen. Die Barrieren der Herausforderungen können durch weitere Forschung und Entwicklung überwunden werden, woraus sich die negativen Aspekte des autonomen Fahrens deutlich minimieren lassen. Unklarheiten bleiben aber nach wie vor bestehen, da das Konzept bisher nur theoretisch aufgestellt ist, aber die Praxis am Ende auch ganz anders aussehen könnte. Zu hohe Kosten, oder fehlende Akzeptanz können Gründe zum Scheitern des Projekts sein, unabhängig davon wie viel Mühe sich die Politik, Staat oder Unternehmen geben. Zum anderen kann aus dem Ergebnis der SWOT-Analyse auch abgeleitet werden, dass das autonome Fahren Potenzial besitzt weiter erforscht zu werden, da die Bundesregierung eine Forschungsförderung für spezielle Entwicklungen, die das autonome Fahren benötigt, erstellt hat. Durch die intensive Forschung und Entwicklung von Staat und Unternehmen ändert sich nicht nur das Konzept des Fahrens, sondern es wird zwangsläufig auch Veränderungen und Folgeinnovationen wie autonome Parkhäuser oder Tankstellen geben.

Aus der Umfrage lassen sich die Ergebnisse nicht auf die Gesamtheit übertragen, da nur 57 Personen teilgenommen haben, aber die gelieferten Ergebnisse sind vergleichbar mit denen der

Wissenschaftler und Autoren. Überschneidungen sind in jedem Themenbereich zu finden. Besonders die Ergebnisse der ethischen Bedenken bzw. deren Statement, die Vor- und Nachteile des autonomen Fahrens und die Sorge um die berüchtigten Hacker- bzw. Cyberangriffe geben Aufschluss über die Gleichheit der Ergebnisse mit der in der Sekundärforschung gefundenen Literatur. Die Ergebnisse der Teilnehmer lassen darauf schließen, dass die Technik weiter ausreifen muss, um das Vertrauen der Gesellschaft zu stärken. Besonders die Frage, die sich auf die Gefahren für den Staat, die Unternehmen, die Gesellschaft und die Umwelt bezieht, zeigt deutlich, dass die Wissenschaftler noch nicht alle Probleme oder Herausforderungen überwunden haben. Das Ergebnis der gesamten Umfrage ist dennoch positiv auszuwerten, da die meisten Probleme nur Zeit brauchen, um die Barriere zu überwinden.

Großes Highlight bei der Primärforschung sind die Antworten des Parlamentarischen Staatssekretärs Enak Ferlemann. Die Beantwortung der Fragen hat aufschlussreiche Einsichten in die Gedanken des verantwortlichen Bundesministeriums gewährt. Auch hier war es möglich, dass sich seine Antworten mit denen der Wissenschaftler, Autoren und der Ergebnisse der Umfrage im Einklang gefunden haben.

Für die Gesellschaft kann zusammengefasst folgende Schlussfolgerung aufgestellt werden: Das Gesamtergebnis dieser Bachelorarbeit ist, dass das autonome Fahren erhebliches Potenzial besitzt, sich in Zukunft durchzusetzen und damit die Mobilität der Zukunft zu verändern. Solange es Forschung und Entwicklung schaffen, die Chancen in einzelnen Bereichen zu erkennen, können dadurch die noch anstehenden Herausforderungen überwunden werden. Die ständig weiterentwickelte vernetzte Technologie mit Mensch und Maschine wird in Zukunft nicht wegzudenken sein und ist deswegen als Teil der zukünftigen Gesellschaft anzuerkennen.

Für die Zukunft wird das Thema des autonomen Fahrens noch vieles an Forschung zulassen, da es sich nicht kurz- oder mittelfristig in die Praxis umsetzen lässt. Die Technik muss noch deutlich verbessert werden, um ein einwandfreies, verlässliches und funktionierendes System für die mobile Gesellschaft der Zukunft zu bieten. Ganz besonders im Bereich der künstlichen Intelligenz mit der Ethik sind Fortschritte essentiell, um das Vertrauen der Gesellschaft für autonomes Fahren zu stärken. Kein System wird gänzlich zu 100% ohne Fehler funktionieren, wie es bei einem Menschen ebenfalls der Fall ist, aber ab einem gewissen Zeitpunkt muss der Mensch die Entscheidungsfreiheit abgeben und den Systemen vertrauen.