

---

## **Kurzfassung**

In der vorliegenden Masterarbeit wurde die Nutzung fahrerloser Fahrzeuge speziell im ländlichen Raum untersucht. Fahrerloses Fahren bedeutet, dass im Fahrzeug keine Person mehr anwesend sein muss und das Vehikel von alleine alle verkehrlichen Situationen bewältigt. Die Steuerung erfolgt mittels eines zentralen Systems. Dies hat zur Folge, dass jenes Gefährt ohne menschliche Interaktion fährt und der Benutzer somit keinen Führerschein benötigt, da er in den Betriebsablauf nicht eingreift. Es wurden die damit einhergehenden Problematiken erarbeitet und weiter erläutert. Dabei stößt die Entwicklung unter anderem in der aktuellen Gesetzgebung, Haftungsfragen oder auch in der Technologie auf viele Schwierigkeiten. Neben den zahlreichen Hindernissen, werden jedoch auch eine Vielzahl an Vorteilen deutlich. Begonnen bei der Steigerung der Verkehrssicherheit, da der Risikofaktor Mensch nicht mehr vorkommt, über die Zeiteffizienz, bis hin zum maximierten Benutzerkreis, da jeder „mit“ dem Fahrzeug fahren kann. Weiterhin wurden in dieser Arbeit die unterschiedlichen Automatisierungsgrade eines Fahrzeuges geklärt. Zudem der Unterschied zwischen einem autonom fahrenden Fahrzeug und fahrerloses Fahren aufgezeigt. Neben den technologischen Voraussetzungen sind Problematiken in verschiedenen Aspekten für und wider dem fahrerlosen Fahren erläutert. Als geeignetes Fallbeispiel wurden zwei Pilotprojekte mit Kleinbussen aus den Niederlanden und der Schweiz kurz beschrieben. Ungeachtet dessen existieren bereits fahrerlose Transportsysteme, welche innerbetrieblich bereits genutzt werden. Die weitere Untersuchung ging explizit auf den ländlichen Raum ein. Hierzu musste die Begrifflichkeit natürlich erst definiert werden. Denn der ländliche Raum ist eine Region mit einem Bevölkerungsanteil in Groß- und Mittelstädten von unter 50% und Einwohnerdichte ohne Groß- und Mittelstädte unter 100 E./km<sup>2</sup>. Die verschiedenen Siedlungsstrukturtypen sind in einer Karte dargestellt. Mit dieser grafisch aufbereiteten Übersicht können die ländlichen Regionen innerhalb Deutschlands schnell lokalisiert werden. Für das Untersuchungsgebiet wurden wichtige und typische Merkmale ausgearbeitet, dabei gliedern sich die Eigenschaften in verkehrliche und sozio-demografische Merkmale auf. Darauf aufbauend wurden Prognosen bezüglich der Weiterentwicklung der Demografie, der Wirtschaft, der Technologieentwicklung, der Lebensstile und Werte, sowie der Umwelt- und Klimaschutz aufgestellt. Die Verkehrsprognosen überwiegen, welche daher auch im Einzelnen ausführlicher erläutert wurden. Beispielsweise steigt die Tendenz, dass die Nutzerzahlen bzgl. des öffentlichen Verkehrs, besonders des öffentlichen Straßenverkehrs in den nächsten Jahren zurückgehen werden. Aufgrund des demografischen Wandels, welcher im ländlichen Raum stärker ausgeprägt ist als in der Stadt, wird der öffentliche Verkehr im

---

ländlichen Raum noch mehr abnehmen, als in den Tabellen zur Geltung kommt. Nach Klärung der Begrifflichkeiten und wie die einzelnen Merkmale sich weiterentwickeln, wurden anschließend die Grundlagen der Szenariotechnik dargelegt. Hierbei musste vorab geklärt werden, was die Szenariotechnik überhaupt ist und warum diese Methode verwendet wird. Grundsätzlich wird bei der Szenariotechnik zuerst die Gegenwart beschrieben und auf dieser Basis mithilfe von Prognosen und Trends abgeleitet, wie sich die Zukunft weiterentwickeln könnte. Diese Möglichkeiten müssen denkbar sowie plausibel sein und werden mithilfe von Entwicklungspfaden verdeutlicht. Die Darstellung erfolgt grafisch durch eine Abbildung. Je weiter in die Zukunft geblickt werden soll, umso mehr geht die Spanne der Möglichkeiten auf, der Trichter weitet sich und die Bedeutung der aktuellen Rahmenbedingungen nimmt ab. In den Grundlagen der Szenariotechnik wird auch die Vorgehensweise erläutert, sowie die einzelnen Phasen benannt und jeweils kurz beschrieben. Darauf folgend werden die verschiedenen Methoden der Szenariotechnik geklärt. Grundsätzlich kann in zwei verschiedene Methoden unterschieden werden. Einerseits ist dies die intuitive Logik, welche stark instinktiv und qualitativ ist, da keine Algorithmen verwendet werden, sondern eher Diskussionen und Brainstorming einen großen Beitrag leisten. Andererseits gibt es die modellgestützte Logik, welche die Szenarien mittels klaren Strukturen und Algorithmen erarbeitet. Des Weiteren wurden die verschiedenen Arten der Techniken bei der Entwicklung eines Szenarios, wie zum Beispiel Gruppendiskussionen, Brainstorming, Matrizen und die Mapping Methode kurz erklärt und erläutert. In dieser Arbeit und dem vorliegenden Thema „das fahrerlose Fahren im ländlichen Raum“ wurde bei Aufstellung der Szenarien die intuitive Logik angewandt. Es wurden klare Abgrenzungen bezüglich des Zeithorizontes und des Umfeldes gesetzt und die aktuellen Rahmenbedingungen kurz erläutert. Anschließend wurden verschiedene Merkmale, Einflussfaktoren und -bereiche herausgearbeitet und kurz dargelegt, warum diese einen Einfluss auf die Thematik haben. Weiterhin wurde auch ein morphologischer Kasten aufgestellt mit fixen und flexiblen Merkmalen. Es wurden jedoch nur die einflussreichsten Merkmale gewählt. Hierbei wurden vier Merkmale ausgewählt, aufgrund des sonst zu breiten Trichters und der unendlichen Möglichkeiten an Szenarien. Diese gewählten Merkmale sind die Form des Betriebes, also welcher Betreiber das fahrerlose Fahren ausüben wird, die Kosten, welche auf die Nutzer und Betreiber zukommen, der Eingriff des Staates in die Thematik mittels eines regulatorischen Rahmens und der Einstellungen der Gesellschaft. Diese einzelnen, gewählten Merkmale wurden weiter untergruppiert und beschrieben. Nachfolgend wurden pro Merkmal die möglichen Entwicklungspfade aufgezeigt innerhalb von 15 Jahren, beschrieben und grafisch dargestellt.

---

Nachfolgend wurden die einzelnen Merkmale untereinander auf deren Konsistenz geprüft, dies wurde in einer Tabelle grafisch dargestellt und die verschiedenen Zahlenwerte zu den jeweiligen Merkmalen erläutert. Nach der Konsistenzprüfung schließt sich die alternative Zukunftsfindung an. Das heißt, dass die vier verschiedenen Entwicklungspfade miteinander verknüpft wurden. Der Betreiber ist der wichtigste Faktor bei der Einführung des fahrerlosen Fahrens im ländlichen Raum. Es wurden für die jeweiligen Betreiberformen ein positives, ein negatives und ein Trendszenario erstellt und jeweils kurz erläutert. Mittels dieser Taktik, kann so die gesamte Spannbreite sowie Möglichkeiten der Zukunftsbilder verdeutlicht und eingearbeitet werden. Insgesamt wurden in dieser Arbeit zehn Szenarien aufgestellt. Diese zehn Szenarien wurden anschließend mittels des Scoring Modells, auch Nutzwertanalyse genannt, bewertet. Durch diese Entscheidungshilfe konnten die Kriterien von mehreren Alternativen transparent dargestellt werden, jedoch ist es möglich das die Gewichtung und auch die Kriterienwahl subjektiv erfolgt. Sieben Kriterien wurden zur Bewertung ausgewählt und anschließend gewichtet. In jeder Kategorie wurde den Szenarien ein Punktwert von 0-10 Punkten zugeordnet, der zu erreichende Maximalwert betrug 10. Für das gewählte Szenario wurden die einzelnen Entscheidungspunkte verdeutlicht und grafisch dargestellt. Weiterhin sind Hinweise zu der Einleitung des gewählten Szenarios gegeben worden, wieso dieses Szenario wünschenswert ist und was passieren muss, dass dieses so eintritt. Das Trendszenario mit Betrieb des fahrerlosen Fahrens eines öffentlichen Verkehrsunternehmens erreichte die beste Punktzahl mit 7,75. Dicht gefolgt von dem Trendszenario mittels Betriebes eines Taxiunternehmens mit einem Punktwert von 7,35. Die Betriebsform des fahrerlosen Fahrens mit einem neuen bzw. privaten Mobilitätsdienstleisters erreichte lediglich im positivsten Szenario eine Punktzahl von 6,15. Dementsprechend wird das fahrerlose Fahren mit einem Verkehrsunternehmen in der Arbeit favorisiert. Abschließend wurden die Herausforderungen für die Gesellschaft, Nutzer und Betreiber erläutert. Beginnend bei dem Nichtkenntnis und des Unwissens der Bevölkerung bzgl. der Thematik des fahrerlosen Fahrens, der Sicherheitsbedenken und eventuellen Akzeptanzproblemen, welche mithilfe von Informationsveranstaltungen oder Probefahrten abgemildert werden können, bis hin zu einer neuen Technologie zur Abrechnung der Fahrtkosten die entwickelt werden müssen und den Nutzern beigebracht nahegebracht werden muss. Im Ergebnis lässt sich sagen, dass es mehrere Möglichkeiten für das fahrerlose Fahren im ländlichen Raum gibt, jedoch der wahrscheinlichste Betrieb mittels eines Verkehrsunternehmens stattfinden wird. Da das Thema sehr umfangreich ist, konnte in der Arbeit nicht auf alle Punkte und Einflussfaktoren eingegangen werden.

---

## **Abridgement**

Development of Scenarios for the application of driverless vehicles in rural areas

In this master thesis the concept of driverless driving and its exact meaning are clarified at first. Driverless driving is defined as that no one has to be present in the vehicle because the car alone is able to handle all traffic situations. This means that the vehicle can drive all by itself and the users neither have to have a driver's license nor to interfere with the driving experience of the vehicle. Control is carried out with a central control unit. In this thesis it is also explained what problems are currently present with regard to driverless driving. There are still many difficulties affecting driverless driving, especially found in the current legislation, in liability issues and regarding the technology. Driverless driving has also its positive sides and many advantages. Beginning with the increase of traffic safety, since the risk factor human no longer occurs, over the time efficiency or the improved utilization of the time, to the fact, that everyone can drive with the vehicle from child to pensioner independently of the possession of a driving license.

Furthermore, the different degrees of automation of a vehicle, the difference between an autonomous vehicle and the definition of driverless driving are clarified in this work. Reference to the technological prerequisites is made, problems and aspects for and against driverless driving are explained. In the following two non-track-bound pilot projects with small buses based in the Netherlands and Switzerland are briefly described, as well as driverless transport systems, which are partly used in companies. Next, the term "rural area" is defined. A region can be referred to as a rural area if the population is less than 50 percent compared to the population share in large and medium-sized towns and population density less than 100 inhabitants per kilometer. The various types of settlements are presented graphically in a map of Germany to provide an overview of rural areas throughout Germany. Key features of rural areas have been worked out and divided into transport characteristics and socio-demographic characteristics. Forecasts regarding the development of demographics, the economy, the development of technology, life styles and values, as well as environmental and climate protection are made. The greatest part of the forecasts are the traffic forecasts, which are explained in more detail. The growing awareness that the number of users of public transport, especially public road traffic, will decline in the next few years, is demonstrated in these. Due to the demographic change, which is more evident in rural areas than in the city, public transport in rural areas will be even more marked than in the tables. After clarifying the concepts and how the individual characteristics will evolve, the basics of scenario engineering are presented. Therefore scenario technique and its utilization are defined. Basically, the

---

scenario technology first describes the present, and it is derived how the future could develop further through outlooks and trends. These possibilities must be conceivable and plausible, and they should be made clear by means of development paths. The representation is made graphically through an illustration. The more it is looked in the future, the more the possibilities open up, the funnel expands and the importance of the current framework conditions decreases. In the basics of scenario technique, the procedure is explained, as well as the individual phases are named and briefly described. Then the various methods of scenario technique are clarified. Basically, two different methods can be distinguished. One of these forms is the intuitive logic, which is highly intuitive and qualitative, since no algorithms are used, but rather discussions and brainstorming make a great contribution. The other form is the model-based logic, which develops the scenarios using clear structures and algorithms. Furthermore, different types of techniques were used in the development of a scenario. These techniques are group discussions, brainstorming, matrices and the mapping method which are briefly explained. In this thesis, the intuitive logic was applied for setting up the scenarios. After explaining all concepts and the basics for the scenario technology, the latter was practical to the present topic: the driverless driving in rural areas. Clear boundaries are drawn with regard to the time horizon and the environment and the current framework conditions are briefly explained. Subsequently, different characteristics and influencing factors or areas are elaborated and it is briefly explained why these have an influence on the subject matter. Furthermore, a morphological box with fixed and flexible features was also developed. However, only the most influential features were chosen. Four characteristics were refined, due to the otherwise too large funnel and the infinite possibilities of scenarios. These selected features are the form of the operation, this means that the operating company who will offer the driverless driving, the costs for users and operators, the intervention of the state in the subject by means of a regulatory framework and the attitudes of society. These individual, selected features are further subgrouped and described. In the following, the possible development paths are displayed per characteristic within 15 years and described. Next the individual characteristics are checked for their consistency. This was graphically displayed in a table and the various figures for the respective characteristics are explained. After the consistency check, the alternative future finding follows. Therefore, the four different development paths have been linked together. These are linked to each other by the respective operator. Since the operator is the most important factor in the introduction of driverless driving in rural areas. A positive, a negative and a trend scenario are compiled for the respective operator forms and briefly explained. By means of this tactic, the entire span

---

width and possibilities of the future images can thus be clarified and worked into. A total of ten scenarios is presented. These ten scenarios are subsequently evaluated using the scoring model. For the evaluation, seven criteria are selected and then weighted. In each category, a score from zero to ten points is assigned to the scenarios and the maximum value is ten. The trend scenario with the operation of driverless driving by means of a public transport company reached the best score of 7.75. It is followed closely by the trend scenario by means of the operation of a taxi company with a score of 7.35. The operating mode of driverless driving with a new or private mobility service provider reached a score of 6.15 only in the most positive scenario. Accordingly, driverless driving with a transport company is favored in work. Finally, the challenges for society, users and operators are explained. Starting with the ignorance of the population concerning the subject of driverless driving, safety concerns and possible problems of acceptance, which can be mitigated by means of information events or test drives, up to a new technology for the calculation of the travel costs which must be developed and must be provided to users. As a result, there are several possibilities for driverless driving in rural areas, but the most likely operation will take place by means of a transport company. Since the driverless driving, the rural area and the scenario development of each topic is already an extensive topic for itself, the work did not address in detail all the points and influencing factors.