
Kurzfassung

Name: Sarah Steffen
Thema: Ansätze zur Ermittlung der Akzeptanz des Systems eHighway bei Pkw-Fahrern
Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Manfred Boltze
M.Sc. Danny Wauri

Prognosen zufolge soll der Güterverkehr in den kommenden Jahren weiter zunehmen. Güter werden in Deutschland hauptsächlich auf der Straße transportiert, von Transportfahrzeugen, die mit fossilen Brennstoffen betrieben werden. Daraus ergibt sich zum einen das Problem, dass diese Brennstoffe endlich sind und zur Neige gehen werden und zum anderen, dass die bei der Verbrennung entstehenden CO₂-Emissionen zur Erwärmung des Klimas beitragen. Um dem entgegenzuwirken, wurde europaweit ein Abkommen zur Reduktion von Treibhausgasen geschlossen. Um dies umzusetzen, ist es notwendig, alternative Antriebstechniken zu entwickeln und zu erproben. Eine dieser alternativen Antriebstechniken ist das „eHighway-System“: Lkw werden mit Elektromotoren und Stromabnehmern, sogenannten „Pantographen“, und Batterien ausgestattet. Sie können an Oberleitungen, die an Fernverkehrsstraßen errichtet werden, während der Fahrt Strom abnehmen. So können sie ihre Batterien aufladen, ohne dass Standzeiten erforderlich werden. Die technischen Komponenten dieses Systems werden schon seit einigen Jahren erforscht. Unbekannt ist hingegen, wie sich dieses System auf den Verkehr und seine Teilnehmer auswirkt. In dieser Arbeit liegt der Fokus auf der Untersuchung der Akzeptanz des eHighway durch die Pkw-Fahrer. Darüber hinaus soll evaluiert werden, in wie weit sich das System eHighway auf das Fahrverhalten der Pkw-Fahrer auswirkt, um anschließend Rückschlüsse auf eine Änderung des Verkehrsgeschehens ziehen zu können.

Zur Ermittlung der Akzeptanz des eHighway durch Pkw-Fahrer wurde im Rahmen dieser Arbeit ein Fragebogen erstellt, der die subjektiven Empfindungen und Einschätzungen der Pkw-Fahrer zum eHighway erfasst. Dann wurde ein sogenannter Pre-Test durchgeführt. Ein Pre-Test wird vor einer umfangreichen Befragung gemacht, um einen Fragebogen auf seine Brauchbarkeit und Verständlichkeit zu überprüfen und muss nicht repräsentativ sein. Abschließend werden Empfehlungen zur Verbesserung des Fragebogens dargelegt.

Im ersten Schritt beschäftigt sich die Arbeit mit der Darstellung des Systems eHighway. Es besteht aus den Komponenten Energieversorgung und Umspannstationen, Oberleitungen und Masten und Fahrzeugen (Hybrid-Oberleitungs-Lkws). Des Weiteren wird herausgearbeitet, welche infrastrukturellen Änderungen sich für den Pkw-Fahrer an der Bundesautobahn durch den eHighway ergeben und welche Konsequenzen diese für das Fahrverhalten der Pkw-Fahrer haben könnten. Diese herausgearbeiteten Änderungen der Infrastruktur werden zum späteren Zeitpunkt als Grundlage für die Ermittlung der Akzeptanzfaktoren genutzt.

Im zweiten Schritt werden die Grundlagen der Akzeptanz dargestellt. Neben der Bedeutung des Begriffs der Akzeptanz wird beschrieben, in welchen Formen sie vorkommt und wie sie entsteht. Hierzu wird das Subjekt-Objekt-Modell der Sozialwissenschaftlerin Doris Lucke aufgegriffen und auf das System eHighway angewendet. Es werden Akzeptanzfaktoren ausgearbeitet und in Kategorien eingeteilt. Aus den Akzeptanzfaktoren und -kategorien werden Fragen für den Pre-Test abgeleitet.

Für den Pre-Test sollen ausschließlich Personen befragt werden, die als Pkw-Fahrer oder Mitfahrer schon auf dem eHighway gefahren sind. Um dies zu gewährleisten, wurde ein Passanteninterview auf

der Tank- und Rastanlage in Gräfenhausen durchgeführt. Diese bietet sich an, da sie im elektrifizierten Abschnitt liegt und die Zielpersonen somit auf dem eHighway gefahren sind. Es wurden vier Akzeptanzkategorien ausgewählt, die einen wichtigen Einfluss auf die Akzeptanzbildung haben. Die Wahl fiel auf die Kategorien „Individuum“, „Informationsstand“, „Kosten“ und „Persönliches Sicherheitsempfinden“. Fragen der Kategorie „Individuum“ wurden gestellt, um demografische Daten zu erheben und diese mit Ergebnissen anderer Kategorien abzugleichen. Die Kategorie „Informationsstand“ wurde gewählt, um zu evaluieren, wie viele Informationen bereits an die Öffentlichkeit gelangt sind und ob der Informationsstand einen Einfluss auf die Akzeptanz der Pkw-Fahrer hat. Die „Kosten“, die das Individuum tragen muss, stellen einen weiteren wichtigen Akzeptanzfaktor dar, den es zu untersuchen galt. Als letzte Kategorie wurde das „Persönliche Sicherheitsempfinden“ gewählt. Diese ist sowohl ein Faktor der Akzeptanzbildung als auch eine der möglichen Ursachen von Veränderungen des Fahrverhaltens.

Die Fragen wurden in Themenblöcke eingeordnet, um den Fragebogen zu strukturieren. Der erste Themenblock sind „Einleitungsfragen“. Im weiteren Verlauf wurden die Fragen den Blöcken „Fragen zum Fahrverhalten“, „Fragen zum persönlichen Empfinden“, „Fragen zum äußeren Erscheinungsbild und zum Ausbau“ und zum Schluss den „Demografische Fragen“ zugeordnet. Um einen möglichst umfangreichen Eindruck von der gegenwärtigen Situation zu bekommen, wurde darauf geachtet, dass eine möglichst gut gemischte Stichprobe bezüglich bestimmter Eigenschaften, beispielsweise des Alters befragt wurde, sofern dies während der Befragung ausgemacht werden konnte.

Nach der Durchführung der Befragung wurden die Daten in MS-Excel ausgewertet und dargestellt. Um eine Aussage zur Akzeptanz tätigen zu können, wurde für jede Frage eine Akzeptanzschwelle von 90% festgelegt. Die Thematik gilt als akzeptiert, wenn diese Schwelle überschritten wird.

Der Pre-Test ergab, dass die Pkw-Fahrer ihr Fahrverhalten aufgrund des eHighway nicht geändert haben. 96% der Befragten gaben an, dass sie auf dem rechten Fahrstreifen auch mit Oberleitungen fahren würden. Dies ist wichtig, da sich dadurch der Verkehrsfluss und die Verteilung der Pkw auf den Fahrstreifen im Vergleich zu nicht-elektrifizierten Streckenabschnitten vermutlich nicht ändern wird. Es ist daher nicht mit einem erhöhten Stauaufkommen zu rechnen. Auch die weiteren Fragen, die die subjektive Einschätzung der Pkw-Fahrer zur Änderung des Fahrverhaltens beinhalteten, wurden weitgehend verneint.

96% der Befragten fühlten sich durch die Oberleitungen während des Fahrens „gar nicht“ oder „wenig“ verunsichert. Dies lässt ebenfalls darauf schließen, dass das Fahrempfinden nicht beeinträchtigt wird. Aufgrund dessen, dass die festgelegte Akzeptanzschwelle überschritten wurde, kann das System in diesem Punkt als akzeptiert gelten. 60% der Befragten haben zwei oder weniger Befürchtungen bezüglich des eHighway. Diese Thematik ist aufgrund der hohen Anzahl an Befürchtungen nur bedingt akzeptiert.

Durch weitere Fragen wurde untersucht, ob die Pkw-Fahrer das System als sinnvoll erachten und ob sie einen flächendeckenden Ausbau befürworten würden. Es hat sich gezeigt, dass 50% der Befragten das System, für „eher sinnvoll“ oder „sinnvoll“ halten. 60% der Befragten waren dafür, das System flächendeckend auszubauen. Hier wurde die Akzeptanzschwelle nicht überschritten, weshalb das System eHighway in diesen Punkten als nicht-akzeptiert gilt.

Es ist sichtbar geworden, dass das System bezüglich des Fahrerlebnisses weitgehend akzeptiert ist. Es wäre jedoch sinnvoll, tiefer gehende Fragen bezüglich der Akzeptanzbildung zu stellen, sodass ein umfassenderes Bild entsteht. Es ist aus der Befragung nicht hervorgegangen, worin die Ursachen der Nicht-Akzeptanz bezüglich des flächendeckenden Ausbaus und dem fehlenden Empfinden, dass das

System sinnvoll ist, liegen. Abhängig von diesem Ergebnis könnten gezielt Maßnahmen eingeleitet werden, um die Akzeptanz zu steigern. Aus der Befragung ist hervorgegangen, dass sich die meisten Pkw-Fahrer uninformatiert fühlen. Folglich wäre eine Erhöhung der Akzeptanz vermutlich mit der Ausgabe von Informationen möglich, um den Fahrern die Wirkungsweise und die Motivationsgründe, die hinter dem System stehen, deutlich zu machen.

Es ist anzumerken, dass die Ergebnisse zum Fahrverhalten eine subjektive Einschätzung der Pkw-Fahrer des eigenen Fahrverhaltens darstellen. Folglich hängt das Ergebnis stark von der individuellen Wahrnehmung und der individuellen Definition von „Änderung des Fahrverhaltens“ ab. Dies sollte im richtigen Fragebogen näher untersucht und erläutert werden oder das Fahrverhalten objektiv, beispielsweise durch Videoaufnahmen oder Geschwindigkeitsmessungen, gemessen werden. Des Weiteren ist es notwendig die Befragung während des laufenden Betriebs (der eHighway befand sich zum Zeitpunkt der Befragung noch im Bau) zu wiederholen. Befürchtungen, die abgefragt wurden, beispielsweise der Funkenflug, konnten noch nicht beurteilt werden, da sie noch nicht auftraten. Auch die Hybrid-Oberleitungs-Lkw befanden sich zum Zeitpunkt der Befragung noch nicht auf der Strecke, sodass diese keinen Einfluss auf das Verkehrsgeschehen haben konnten. Es erscheint auch sinnvoll, die Befragung nicht allein bei Tageslicht, sondern auch bei Dunkelheit durchzuführen, um den Einfluss der Oberleitungen auf die Lesbarkeit der Beschilderung zu ermitteln. Studien zufolge ist die Lesbarkeit weder bei Tageslicht noch bei Dunkelheit aufgrund von gespannten Fahrdrähten beeinträchtigt. Bei Tageslicht konnte dies bestätigt werden, es ist jedoch sinnvoll dies bei Dunkelheit ebenfalls zu verifizieren, da jeder Fahrer eine individuelle Wahrnehmung besitzt.

Der letzte Teil der Arbeit beinhaltet die Bewertung und Verbesserung des Fragebogens. Es ist festzuhalten, dass mit dem Fragebogen die Akzeptanz erhoben werden kann und auch Rückschlüsse zum Fahrverhalten gezogen werden können. Bei der folgenden Befragung wäre es jedoch von Vorteil, diese nicht nur auf den Rastplätzen durchzuführen, sondern auch in Form eines Telefoninterviews oder eines Passanteninterviews an öffentlichen Plätzen in der näheren Umgebung, wie in Darmstadt oder Frankfurt. Somit könnten auch Personen befragt werden, die die Strecke öfter befahren und vom Ausbau direkt betroffen sind. Des Weiteren wäre es empfehlenswert alle Akzeptanzfaktoren in die Befragung einzubeziehen, um die genaue Ursache der Nicht-Akzeptanz bezüglich der Zukunftsfähigkeit und Sinnhaftigkeit des Systems zu ermitteln.

Abstract

Name: Sarah Steffen
Topic: Approaches to Identify the Acceptance of the eHighway System regarding Car Drivers
Supervisors: Prof. Dr.-Ing. Manfred Boltze
M.Sc. Danny Wauri

According to forecasts, freight traffic will continue to increase in the coming years. In Germany, goods are transported mainly by road and by vehicles, which are running on fossil fuels. This is problematic, since on the one hand, these fuels are finite and running low and on the other hand, the current system is producing CO₂ emissions during combustion, which contribute to the warming of the climate. In order to counteract these problems, a European agreement was enacted to reduce greenhouse gases. The implementation of this agreement requires the development and testing of alternative forms of drive technologies. One of these alternative technologies is the "eHighway system": Electronically-powered trucks, powered by current collectors and batteries, can take power from catenaries built on highways while they are in motion. This allows them to recharge their batteries without requiring any downtime. The technical components of this system have been researched for several years. However, it is unclear how this system affects traffic and its drivers. This thesis investigates the acceptance of the eHighway by the car drivers and evaluates to what extent the eHighway system affects the driving behavior of car drivers, followed by conclusions.

To determine the acceptance of the eHighway system by car drivers, a questionnaire was compiled in the context of this work, which captures the subjective feelings and opinions of car drivers on the eHighway. Then a so-called pre-test was carried out. A pre-test is conducted prior to large surveys to test the questionnaire for its usability and comprehensibility and does not need to be representative. Finally, recommendations for improving the questionnaire are presented.

The first part of this thesis describes the functioning of the eHighway system, which consists of power supply and substations, overhead lines, and masts and vehicles (hybrid trolleybuses). Furthermore, this work illustrates which infrastructural changes will arise for car drivers on highways as a result of the eHighway and potential consequences these could have for the driving behavior of drivers. The analysis of which infrastructural changes are required to put in place an eHighway system will later be used as the basis for determining acceptance factors.

The second part of this thesis presents the concept of acceptance. In addition to defining the concept of acceptance, its forms and conditions under which it arises are discussed. For this purpose, the subject-object model of the social scientist Doris Lucke is applied to the system eHighway. Acceptance factors are worked out and categorized, leading to the pre-test questions.

For the pre-test, only drivers who have already driven on the eHighway as car drivers or passengers should be interviewed. To ensure this, a passers-by interview on the rest stop area in Gräfenhausen was carried out. This location is necessary because the rest stop located in the electrified section and the targeted persons have therefore experienced driving on the eHighway. Four acceptance categories were selected, which could have important influences on acceptance. It was chosen the categories "individual", "information status", "costs" and "personal sense of security". Questions are asked to collect individualized demographic information and to enable comparison between the categories. The "information status" category was chosen to evaluate how much information has already been shared

with the public and whether the level of information has an impact on the acceptance of car drivers. The "costs" that the individual must bear represent another important acceptance factor that needs to be investigated. The last category selected was the "personal sense of security". This is both a factor in the formation of acceptance and one of the possible causes of changes in driving behavior.

The questions were arranged in sets to structure the questionnaire. The first set of questions related to "introductory questions". The remaining sets of questions are: "questions on driving behavior", "questions about personal feelings", "questions on the external appearance and development" and finally the "demographic questions". To get the fullest possible idea of the current situation, care was taken to ensure that the sample surveyed was diverse in terms of certain characteristics, like age, to the extent that this could be identified during the survey.

After carrying out the survey, the data was evaluated and displayed in MS-Excel. In order to be able to make a statement about the acceptance of the system, an acceptance threshold was defined. The topics considered accepted if this threshold is exceeded. The pre-test showed that the car drivers have not changed their driving behavior due to the eHighway. 96% of respondents said that they would continue driving on the right lane, even if there were overhead lines. This is important as it means that it is unlikely that the flow of traffic and the distribution of cars by lanes will change in comparison to non-electrified sections. It is therefore not expected to increase congestion. Car drivers also answer most remaining questions of this set negatively.

96% of the interviewees felt "not at all" or "little" unsettled by the overhead lines while driving. This also suggests that the driving experience is not affected. Due to the fact that the specified acceptance threshold has been exceeded, the system can be considered as accepted according to this point. 60% of respondents have two or fewer concerns about the eHighway. This topic is only partially accepted due to the high number of fears.

Further questions were asked to understand whether car drivers consider the system to be useful and whether they would support a nationwide expansion. 50% of respondents consider the system to be "mostly useful" or "useful". 60% of respondents were in favor of expanding the system nationwide. Here, the acceptance threshold was not exceeded, which is why the eHighway system is considered unaccepted in these points.

It has become apparent that the system is widely accepted in terms of driving experience. However, it would be useful to ask more in-depth questions about the formation of acceptance so that a more complete picture emerges. The survey has not been able to elicit answers to the reasons for not supporting a nation-wide expansion or understanding the drivers of seeing the new system as not useful. Understanding these drivers could lead to targeted measures to increase acceptance. The survey has shown that most car drivers feel uninformed. Consequently, sharing more information on how the system works would presumably lead to an increase in acceptance.

The results on driving behavior represent a subjective assessment of the driver's own driving behavior. Consequently, the result depends strongly on the individual perception and the individual definition of "changing the driving behavior". This should be further investigated and explained in the full questionnaire. Alternatively, the driving behavior could be measured objectively, for example, through video recordings or speed measurements. Furthermore, it is necessary to repeat the survey during ongoing operation (the eHighway was still under construction at the time of the survey). Concerns that have been mentioned, such as flying sparks, have not yet been assessed as they are not yet occurring. Even the hybrid trolleybuses were not yet on the track at the time of the survey, so that they could have no influence on the traffic. It also makes sense to carry out the survey not only in daylight

but also at night in order to determine the influence of overhead contact lines on the readability of the signage. According to studies, readability is not impaired in daylight or in darkness due to tensioned contact wires. In daylight, this was confirmed, but it makes sense to verify this in the dark also, as each driver has an individual perception.

The last part of the work includes the evaluation and improvement of the questionnaire. It should be noted that the questionnaire can be used to gain acceptance and to draw conclusions about driving behavior. In the case of the full survey, however, it would be advantageous to carry it out not only in the rest areas, but also in the form of telephone interviews or pedestrian interviews in nearby cities, such as in Darmstadt or Frankfurt. Thereby, people could also be interviewed, who drive the route more often and are directly affected by the expansion. Furthermore, it would be advisable to include all acceptance factors in the survey in order to determine the exact cause of the non-acceptance regarding the future viability and usefulness of the system.
