
Abstrakt

Im November 2019 hat das Europäische Parlament beschlossen, den Klimanotstand für Europa auszurufen. Dennoch betrachten weiterhin viele Bürgerinnen und Bürger den MIV als das bevorzugte Verkehrsmittel. Um damit umzugehen sind umfangreiche Maßnahmen zur Steigerung der ÖPNV-Angebotsattraktivität geplant und umgesetzt. Die Express(bus)linie, insbesondere der Direktbus, zählt zu diesen Maßnahmen. In dieser Arbeit wird daher diskutiert, inwiefern die Express(bus)linie als Teil eines ÖPNV-Vorrangsystems fungieren und eine modale Verlagerung vom MIV zum ÖPNV erwirken kann. Hierbei ist mit der Express(bus)linie ausschließlich der Direktbus gemeint. Ein solcher Busservice kann hohe bis sehr hohe Zeitersparnis im Vergleich zu den konventionellen ÖPNV-Linien erzielen, vornehmlich dadurch, dass der Direktbus nur die Start- und Endhaltestelle bedient. D.h., alle dazwischenliegenden Haltestellen müssen nicht betrachtet werden.

Um eine Wissensgrundlage der Forschung zu schaffen werden zuerst die grundlegenden Begrifflichkeiten rund um das Thema „Mobilität“ kurz erläutert. Solche Begrifflichkeiten sind z.B. der MIV, der ÖPNV und das Vorrangsystem. Darauf basierend werden die Komponenten des ÖPNV-Systems unter Lupe genommen. Mittels der verfügbaren Literatur werden Fahrzeug, Fahrweg, Haltestelle, Betrieb, Angebot und Fahrgast-service entsprechend als Bestandteile eines ÖPNV-Systems identifiziert und kurz erklärt.

Des Weiteren versucht diese Arbeit zu beantworten, was ist Direktbus und wieso sollte Direktbus eingesetzt werden. Zuerst wird analysiert, welche betrieblichen bzw. baulichen Maßnahmen einen Beitrag zur Beschleunigung des ÖPNV leisten können. Solche Maßnahmen sind z.B. die Einrichtung von Busfahrstreifen, der Einsatz von LSA mit ÖPNV-Bevorrechtigung, die Reduzierung der Zwischenstopps etc. Die verschiedenen Bedienungsformen der Express(bus)linien ergeben sich dann aus der Kombination solcher ÖPNV-Beschleunigungsmaßnahmen. Als Beispiel sind anschließend der BRT, der Schnellbus und der Direktbus als mögliche Umsetzungsvarianten dargestellt. Der BRT kann als ein Massentransportmittel eine hohe bis sehr hohe Transportkapazität auch unter Berücksichtigung der Fahrgeschwindigkeit erreichen. Dennoch sind viele Verkehrsunternehmen bzw. Aufgabenträger wegen der hohen Investitionskosten skeptisch gegenüber dem Bau und Betrieb vom BRT. Der Schnellbus gilt zwar als eine leicht umsetzbare Variante, diese Bedienungsform verliert aber in der Praxis langsam die Beliebtheit unter den Fahrgästen. Deshalb wird das neue Verkehrskonzept Direktbus vorgeschlagen, als eine mögliche Lösung zur Steigerung der ÖPNV-Angebotsattraktivität. Da der Direktbus nur die Start- und Endhaltestelle bedient, setzt diese Bedienungsform eine starke Nachfragekonzentration voraus. Somit sollte der Direktbus prinzipiell nur im HVZ verkehren. Außerdem weist der Direktbus eine sehr hohe Flexibilität bzgl. der Routenwahl auf, denn der Betrieb ist nicht an Zwischenstopps gebunden und der Fahrdienstleiter kann dem Busfahrer gemäß der Verkehrslage die schnellste Route aus den vorher festgelegten Routenvarianten rechtzeitig empfehlen. Um solche Ideen zu realisieren, sind einen Schritt weiter die technischen und organisatorischen Anforderungen des Direktbusses identifiziert. Die technischen Anforderungen sind jeweils seitens des Fahrwegs, des Fahrzeugs und der LSA konkretisiert. Hingegen ergeben sich die organisatorischen Anforderungen aus dem Fahrplan, dem Ressourceneinsatz und der Fahrgastinformation. Die danach folgende SWOT-Analyse dient einer besseren Marktpositionierung vom Direktbus. Die Stärken (Strengths), Schwächen (Weaknesses), Chance (Opportunities), und Risiken (Threats) des Direktbusses sind auf einer vergleichenden Art und Weise dargestellt. Als überzeugende Vorteile des Direktbusses gelten z.B. die Flexibilität, die Schnelligkeit, die Zuverlässigkeit, der hohe Komfort und der geringe Platzbedarf. Oftmals reichen die ÖPNV-Qualitätsverbesserungsmaßnahmen allein nicht aus, sonstige Maßnahmen wie die MIV-Restriktion sind

gleichzeitig zu ergreifen. Daher sind andere Maßnahmen zur Steigerung der ÖPNV-Attraktivität anschließend als Ergänzung beleuchtet.

Danach ist zu beantworten, inwiefern der Direktbus von den potenziellen Fahrgästen akzeptiert wird und welche Erwartungen die potenziellen Kunden an ein solches Produkt haben. Die Befragung wird als eine der wesentlichen Untersuchungsmethoden zur Erkundigung solcher Fragen festgelegt. Zuerst geht es um die Einflussfaktoren auf die Verkehrsmittelwahl unter den Verkehrsteilnehmern. Anhand der bislang veröffentlichten Mobilitätsforschungen werden die potenziellen Einflussgrößen jeweils auf der mikroskopischen und der makroskopischen Sicht zusammengefasst. Diese Einflussfaktoren sind z.B. Geschlecht, Alter, Pkw-Verfügbarkeit, Berufstätigkeit, Haushaltsstruktur etc. Darauf basierend wird der Fragebogen für die Ermittlung der Akzeptanz des Direktbusses konstruiert. Bei dem hier verwendeten Fragebogen handelt es sich um einen allgemeingültigen Fragebogen. D.h., der Fragebogen ist für jeden beliebigen Untersuchungsstandort direkt einsetzbar. Der Fragebogen besteht aus dem soziodemographischen und dem themenbezogenen Teil. Zum soziodemographischen Teil gehören die Merkmale Geschlecht, Alter, Pkw-Verfügbarkeit und Berufstätigkeit. Im Vergleich dazu machen ÖPNV-Nutzhäufigkeit, ÖPNV-Fahrschein, MIV-Nutzhäufigkeit, MIV-Reisestrecke und Reisezweck, Fahrzeit des Direktbusses, Fahrkomfortkriterien, Zu- und Abgangszeit, Akzeptanz des Direktbusses bzw. Gegenargumente gegen den Direktbus den themenbezogenen Teil aus. Um die gesammelten Daten systematisch zu analysieren, wird die logistische Regressionsanalyse als mathematische Untersuchungsmethode ergriffen. Anders als die lineare Regression sind die abhängigen Variablen der logistischen Regression normalerweise kategorial. Des Weiteren ist anhand der logistischen Regression die Einflusssignifikanz der Merkmale auf die Entscheidung des Probanden zu untersuchen.

Nach all der Vorbereitungsarbeit wird die Wissenschaftsstadt Darmstadt als ein Beispiel gewählt, um das Potenzial des Direktbusses praxisnah zu analysieren. Die Wissenschaftsstadt Darmstadt ist ein Oberzentrum in Südhessen und gleichzeitig die Heimat von zahlreichen Unternehmen und Universitäten. Damit der Kontext der Analyse klar ist, wird zuerst eine Status quo Analyse bzgl. der Verkehrsnachfrage und des Verkehrsangebots durchgeführt. Nach der Prognose der DADINA wird die Verkehrsnachfrage in der Stadt Darmstadt bzw. in dem Landkreis Darmstadt-Dieburg in den folgenden Jahren ständig zunehmen. Daher wird danach der Verkehrsaufwand der jeweiligen Verkehrsarten bzgl. der Verkehrszwecke im Kontext Darmstadt quantifiziert, indem die Wegehäufigkeit mit der Weglänge multipliziert wird. Alle Berechnungsdaten beziehen sich auf den Mobilitätsbericht in Darmstadt im Jahr 2011. Das Ergebnis zeigt, dass der Freizeit-, Arbeit- und Dienstverkehr eine wichtige Rolle bzgl. des gesamten MIV spielen können. Für den ÖPNV sind der Arbeit-, Freizeit- und Ausbildungsverkehr maßgeblich. Da der Freizeit- und Dienstverkehr sehr hohe zeitliche und örtliche Flexibilität fordern, beschränken sich die Kundengruppe hierbei auf den Arbeits- und Ausbildungsverkehr. Gemäß der getroffenen Annahme nähern sich die Quelle-Ziel Relationen des Ausbildungsverkehrs denen des Arbeitsverkehrs an. Bei dem Arbeitsverkehr gibt's einen großen Unterschied zwischen den Einpendlerverkehr und Auspendlerverkehr. Gemäß der statistischen Angaben der Stadt Darmstadt weist nur der Einpendlerverkehr eine signifikant starke Nachfragekonzentration auf. Von daher fokussiert sich der Direktbus zunächst ausschließlich auf den Einpendlerverkehr von dem Landkreis Darmstadt- Dieburg nach Darmstadt. Hierfür werden die 11 nachfragestärksten Quelle-Ziel Relationen als die möglichen Kandidaten für die Direktbuskorridore identifiziert. Darauf folgend wird das Verkehrsangebot (ÖPNV-Angebot) im Kontext vorgestellt, indem das ÖPNV-Netzwerk, ÖPNV-Takt und LSA mit ÖPNV-Bevorrechtigung in Darmstadt und Darmstadt-Dieburg mittels der Angaben von der DADINA veranschaulicht werden. Als nächstes werden die möglichen Direktbuskorridore in Darmstadt und Landkreis Darmstadt-Dieburg ermittelt. Verwendet werden zwei Kriterien: ÖPNV- Angebotsmangel und sonstige Beschleunigungsmöglichkeiten. Hierbei wird der ÖPNV-Angebotsmangel als der Mangel an umsteigefreien

ÖPNV-Verbindungen zwischen den Quellen und Zielen definiert. Unter den 11 Kandidaten weisen die folgenden Relationen solchen Mangel auf: Darmstadt-Pfungstadt, Darmstadt- Ober-Ramstadt und Darmstadt- Mühlthal. Die Relationen Darmstadt – Groß-Zimmern, Darmstadt- Dieburg und Darmstadt – Groß-Umstadt können eine große Zeitersparnis durch den Einsatz vom Direktbus erzielen, obwohl es schon relativ gute umsteigefreie ÖPNV-Verbindungen auf diesen Relationen gibt. Daneben werden Reinheim und Weiterstadt auch als potenzielle Einsatzorte für den Direktbus identifiziert. Alle solcher Relationen sind nach der Auswirkungsmaß und Umsetzungsdringlichkeit in drei Kategorien aufgeteilt. Des Weiteren werden die potenziellen Standorte der Direktbushaltestellen auf den Direktbuskorridoren mittels drei Kriterien ermittelt. Solche Kriterien sind: der ÖPNV-Knotenpunkt, die max. akzeptable Gehweglänge und der Feederservice. Die Direktbushaltestellen stimmen normalerweise mit den lokalen ÖPNV-Knotenpunkten überein. Gemäß den bisherigen Kenntnissen über die potenziellen Direktbuskorridore und Direktbushaltestellen wurde eine Umfrage organisiert. Die Befragung fand sowohl vor Ort als auch im Internet statt. Insgesamt wurden 56 Fragebögen in der zweiwöchigen Umfrage ausgefüllt, davon 54 sind auswertbar.

Anschließend werden die durch die Befragung gesammelten Daten analysiert. Nach der Datenkonsolidierung stellt sich fest, dass der Direktbus durchaus eine hohe Akzeptanz unter den Probanden genießt, wobei der Umfrage zufolge ca. 80% aller Befragten den Direktbus als eine Alternative zum MIV benutzen würden. Dies spricht für eine sehr hohe Akzeptanz des Direktbusses und gleichzeitig auch hohes Verlagerungspotenzial vom MIV zum ÖPNV. In Bezug auf die erwartete Fahrgeschwindigkeit finden die meisten Befragten eine Fahrzeit „deutlich kürzer als Bus(ÖPNV)“ akzeptabel. Um eine ausreichende Fahrgastanzahl zu sichern, sollte der Direktbus allerdings ein bisschen schneller fahren und zwar „gleich wie Auto“. Das gleiche gilt für die erwartete Zu- und Abgangszeit zu und von der Haltestelle. Zwar haben die meisten eine Zu- und Abgangszeit von „max. 10 min“ gewählt, sollte aber „max. 5 min“ als Standard festgelegt werden. D.h., ggf. ist eine zweite Haltestelle in der Quell-Zielregion einzurichten, damit der Direktbus einen großen Teil der betrachteten Region erschließen kann. Außerdem liegen die Befragten einen großen Wert auf „hohe Zuverlässigkeit/ Pünktlichkeit“, „hohe Fahrthäufigkeit“ und „genügende Sitzplätze“. Als Gegenargumenten gegen die Nutzung des Direktbusses werden z.B. „Flexibilität/Unabhängigkeit“, „Kosten“ und „langer Fußweg zu und von der Haltestelle“ genannt. Um zu ermitteln, welche Merkmale des Probanden in Verbindung zu diesen Entscheidungen stehen, werden einen Schritt weiter die vorhandenen Daten kategorisiert und genauer analysiert. Die Datenanalyse erfolgt dann in zwei Schritten. Zuerst wird die Gesamtstichprobe betrachtet. Dabei werden die potenziellen Einflussfaktoren wie Geschlecht, Autoverfügbarkeit, Pkw-Fahrthäufigkeit etc. mittels verschiedener Diagramme identifiziert und anschließend mittels der logistischen Regression geprüft. Danach folgt die Analyse nur unter den Vielautofahrenden, welche das modale Verkehrsverlagerungspotenzial vom MIV zum ÖPNV maßgeblich beeinflussen können. In dieser Gruppe sinkt zwar die Akzeptanz des Direktbusses ein bisschen, bleibt sie aber immer noch hoch bei ca. 77%. Die Untersuchung weist z.T. wegen der geringen Stichprobezahl eine relativ große Abweichung zwischen den durch die Grafiken ermittelten und den durch die logistische Regression ermittelten Ergebnissen auf. Darauf basierend wird die Wirtschaftlichkeitsanalyse jeweils aus der Perspektive der Nutzer, der Betreiber und der Aufgabenträger durchgeführt. Mittels des Kosten-Nutzen-Vergleichs erweist sich der Direktbus als ein wirtschaftliches Verkehrskonzept. Zum Schluss werden die Handlungsempfehlungen für die Umsetzung des Direktbusses entwickelt. Hierbei geht es hauptsächlich um das Kundenprofil, das technische Profil und Public Relations. Angesichts der hohen Anzahl von Befragten, die mit dem Auto Einkaufen- und Freizeitaktivitäten tätigen, wird diese Rubrik neben den Pendler- und Ausbildungsverkehr in dem Kundenprofil berücksichtigt. Dabei gilt jedoch ein anderes Bedienungskonzept.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der Direktbus in der Lage ist, als Bestandteil eines ÖPNV-Vorrangsystems zu fungieren und die Fahrgastrückgewinnung vom MIV zum ÖPNV maßgeblich zu fördern.

In November 2019, the European Parliament decided to declare a climate crisis for Europe. Nevertheless, many citizens regard autos as their preferred means of transport. To deal with this, extensive measures have been planned and implemented to increase the attractiveness of public transport. The express(bus)line, especially the direct bus, is one of such measures. This paper, therefore, discusses in which degree the express(bus)line can function as part of a public transport priority system and achieve a modal shift from private transport to public transport. The express(bus)line refers here exclusively to the direct bus. Such a bus service can achieve high to very high time savings compared to conventional public transport lines, primarily because the direct bus only serves the start and end stops. This means that all intermediate stops remain outside the scope of consideration.

In order to provide the knowledge base for research, the basic terminology on the theme of "mobility" will first be briefly explained. Such terms are e.g. private transport, public transport, and the priority system. Based on this, the components of the public transport system are examined. Using the available literature, the vehicle, route, stop, operation, services, and passenger service are identified and briefly explained as components of a public transport system.

Furthermore, this thesis tries to answer what is direct bus and why direct bus. First, it is analyzed which operational and structural measures can contribute to the acceleration of public transport. Such measures are e.g. the setting up bus lanes, the use of signals with public transport priority, the reduction of stopovers, etc. The different forms of operation of the express (bus) lines then result from the combination of such public transport acceleration measures. As examples, the BRT, the express bus and the direct bus are presented as possible implementation variants. As a means of mass transport, the BRT can achieve a high to very high transport capacity, considering the rapidity. Nevertheless, many transport companies and public authorities are skeptical about the construction and operation of the BRT because of the high investment costs. Although the express bus is an easily implementable variant, this mode of operation is slowly losing its popularity among passengers in practice. For this reason, the new direct bus transport concept is being developed in order to find a possible solution for increasing the attractiveness of public transport services. Since the direct bus only serves the start and end stops, this type of service requires a high concentration of demand. Thus, the direct bus should in principle only be operated in the main traffic time. In addition, the direct bus has a very high degree of flexibility with regard to route selection, since the operation is not tied to any stops in between and the dispatcher can recommend the fastest route from the previously defined route variants to the bus driver in real-time according to the traffic situation. To realize such ideas, the technical and organizational requirements of the direct bus have been identified one step further. The technical requirements are specified by the route, the vehicle, and the signals. On the other hand, the organizational requirements are given in terms of the timetable, the use of resources and passenger information. The SWOT analysis that follows serves to improve the market positioning of the direct bus. The strengths, weaknesses, opportunities, and threats of the direct bus are presented in a comparative way. The convincing advantages of the direct bus are, for example, its flexibility, speed, reliability, high comfort, and small footprint. Often the public transport quality improvement measures alone are not sufficient, other measures like the MIV restriction have to be taken at the same time. For this reason, other measures to increase the attractiveness of public transport are subsequently highlighted as supplementary measures.

The next step is to answer how far the direct bus is accepted by the potential passengers and what expectations the potential customers have on such a product. The survey is defined as one of the essential research methods for investigating such questions. First, it's about the factors influencing the choice of means of transport among the traffic participants. Using the published mobility research, the potential influencing

variables are summarized in microscopic and macroscopic views. These influencing factors are e.g. gender, age, car availability, occupation, household structure, etc. On this basis, the questionnaire for determining the acceptance of the direct bus is constructed. The questionnaire used here is a general questionnaire. That means that the questionnaire can be used directly for any research location. The questionnaire consists of the social demographic and the thematic part. The social demographic part includes the characteristics of gender, age, car availability, and occupation. In comparison, public transport use frequency, public transport ticket, private transport use frequency, private transport travel route and purpose, travel time of the direct bus, travel comfort criteria, traveling time to and from the bus stop, acceptance of the direct bus and counter arguments against the direct bus make up the topic related part. In order to analyze the collected data systematically, the logistic regression analysis is used as the mathematical research method. Unlike linear regression, the dependent variables of logistic regression are usually categorical. Furthermore, logistic regression is used to investigate the significance of the characteristics of influencing the respondent's decision.

After all the preparations, the science city Darmstadt is chosen as an example to analyse the potential of the direct bus in a practical way. The science city Darmstadt is a big city in southern Hessen and at the same time home to numerous companies and universities. To ensure that the context of the analysis is clear, a status quo analysis is first carried out with regard to transport demand and transport supply. According to the DADINA forecast, in the following years, the demand for transport in the city Darmstadt and in the county Darmstadt-Dieburg will constantly increase. Accordingly, the traffic costs of the respective traffic types with regard to the traffic purposes in the context of Darmstadt are quantified by multiplying the route's frequency by the route length. All calculation data refer to the mobility report in Darmstadt in 2011. The result shows that leisure, work, and business transport can play an important role in the overall private transport. For public transport, work, leisure and student transport are crucial. Since leisure and business transport requires a very high degree of flexibility in terms of time and place, the customer group limits itself to work and student transport. According to one assumption concerned, the origin and destinations of students' traffic approximate those of commuting traffic. There is a big difference between commuter traffic to and from the city. According to statistics provided by the City of Darmstadt, only commuter traffic from the district to the city has a significantly high concentration of demand. For this reason, the direct bus initially focuses exclusively on commuter traffic from the district to the city Darmstadt. For this purpose, the 11 origin and destination relations with the strongest demand are identified as possible candidates for the direct bus corridors. Subsequently, the transport offer (public transport offer) in Darmstadt is taken into consideration by illustrating the public transport network, public transport interval and signals with public transport priority in Darmstadt and Darmstadt-Dieburg by using the DADINA data. Next, the possible direct bus corridors in Darmstadt and the Darmstadt-Dieburg district are determined. Two criteria are used: Deficits in public transport supply and other acceleration possibilities. The lack of public transport services is defined as the lack of a public transport connection between origins and destinations without transfer. Among the 11 candidates, the following relations show such a deficit: Darmstadt-Pfungstadt, Darmstadt- Ober-Ramstadt and Darmstadt- Mühlthal. The routes Darmstadt - Groß-Zimmern, Darmstadt- Dieburg and Darmstadt - Groß-Umstadt can save a lot of time by operating a direct bus, although there are already relatively good public transport connections on these routes. In addition, Reinheim and Weiterstadt are also identified as potential locations for the direct bus. All such routes are divided into three categories according to their impact and urgency of implementation. Furthermore, the potential locations of the direct bus stop on the direct bus corridors are determined using three criteria. Such Criteria are: the public transport knot, the maximum acceptable walkway length and the feeder service. The direct bus stops normally correspond to the local public transport nodes. A survey was organized based on the knowledge of the potential direct bus corridors and direct bus stops. The survey took place both on site and on the Internet. A total of 56 questionnaires were completed in the two-week survey, 54 of which are analyzable.

Subsequently, the data collected during the survey are analyzed. After the data consolidation, it was found that the direct bus enjoys a high level of acceptance among the respondents, with about 80% of all respondents claiming the direct bus as an alternative to private transport. What speaks for very high acceptance of the direct bus and, at the same time, a high shift potential from private transport to public transport. In terms of the expected travel speed, most respondents found a travel time "significantly shorter than bus (public transport)" to be acceptable. In order to ensure a sufficient number of passengers, however, the direct bus should travel a little faster, "just like a car". The same applies to the expected walk time to and from the bus stop. Although most of them have chosen a walking time of "max. 10 min", "max. 5 min" should be set as the standard. This means that, if necessary, a second stop must be set up in the origin region so that the direct bus can cover a large part of the origin region. In addition, the respondents attach great importance to "high reliability/punctuality", "high frequency" and "sufficient seats". Counter arguments against riding the direct bus include "flexibility/independence", "costs" and "long walk to and from the bus stop". In order to determine which characteristics of the test person can lead to such a decision, the available data is categorized and one step further analyzed more precisely. The data analysis takes place in two steps. First, the overall sample is evaluated. Potential influencing factors such as gender, car availability, driving frequency, etc. are identified using various diagrams and then tested using logistic regression. This is followed by the analysis only among the frequent drivers, who can significantly influence the modal shift potential from private transport to public transport. Among such groups, the acceptance of the direct bus drops a little, but this value still remains high at approx. 77%. Because of the small number of samples, there is a relatively large deviation between the results determined by the graphs and those determined by the logistic regression. Based on this, the economic efficiency analysis is carried out from the perspective of the users, the operators, and the public authorities. Through cost-benefit comparison, the direct bus can be proven to be an economical transport concept. Finally, the recommendations for the implementation of the direct bus are formulated. This mainly concerns the customer profile, technical profile and public relations. Considering the high number of respondents who drive their cars for shopping and leisure activities, shopping and leisure traffic is included in the customer profile alongside commuter and student traffic. However, a different service concept is used for that.

In summary, the direct bus is able to function as part of a public transport priority system and to significantly promote passenger recovery from private transport to public transport.