

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Quantitative Analyse des Marktpotentials
intermediärer Transportsysteme des öffentlichen
Personennahverkehrs“

Verfasserin

Veronica Vana

Angestrebter akademischer Grad

Magistra der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften

(Mag. rer. soc. oec.)

Wien, im März 2009

Studienkennzahl lt. Studienblatt: 157

Studienrichtung lt. Studienblatt: Internationale Betriebswirtschaft

Betreuer/Betreuerin: Univ.-Prof. Dr. Franz Wirl

INHALT

Abkürzungsverzeichnis.....	VI
Variablenverzeichnis	VII
Abbildungsverzeichnis.....	VIII
Tabellenverzeichnis	X
Formelverzeichnis.....	X
1 Einleitung.....	1
2 Definitionen	2
3 Aktuelle Marktsituation	4
3.1 Betreiberumfrage.....	4
3.2 Angebotene Transportsysteme	28
3.2.1 Omnibus.....	29
3.2.1.1 Doppelgelenkbus	29
3.2.1.2 Buszug mit Personenanhänger	30
3.2.1.3 24-m-Bus im Rahmen eines BRT-Systems	31
3.2.1.4 Spurbus	33
3.2.2 Intermediäre Systeme	35
3.2.2.1 Trolleybus.....	35
3.2.2.2 Optional spurgeführter Bus	36
3.2.2.3 TVR	38
3.2.2.4 Stream.....	39
3.2.2.5 Permanent spurgeführtes Bahnsystem mit Gummibereifung.....	41
3.2.3 Straßenbahn	42
4 Bedarfserhebung	44

4.1	Break-Even Analyse.....	44
4.1.1	Theoretische Einführung.....	44
4.1.2	Modell.....	46
4.1.3	Annahmen.....	47
4.1.3.1	Erlöse.....	49
4.1.3.2	Operative Kosten	49
4.1.3.3	Fixe Kosten.....	50
4.1.3.4	Investitionskosten	51
4.1.4	Ergebnis	52
4.2	Wirtschaftliche Randbedingungen	54
4.2.1	Nutzwertanalyse.....	54
4.2.1.1	Modell.....	54
4.2.1.2	Kriterien für die Bewertung der einzelnen Alternativen	55
4.2.1.3	Gewichtung der Kriterien	59
4.2.1.4	Feststellung und Bewertung der Merkmalsausprägungen bei den einzelnen Alternativen	60
4.2.1.5	Sensitivitätsanalyse.....	70
4.2.1.6	Beurteilung des Ergebnisses	71
4.3	Abhängigkeit von demographischen Größen	71
5	Cash Flow Analyse	74
5.1	Modell	75
5.2	Annahmen und Interpretation	76
5.2.1	Nachfrage.....	76

5.2.2	Beförderungsentgelt.....	77
5.2.3	Betriebsleistung	77
5.2.4	Operative Kosten	78
5.2.5	Fixkosten.....	79
5.2.6	Investitionskosten	80
5.2.7	Inflation.....	81
5.2.8	Erwarteter Cash Flow und Net Present Value	81
5.3	Ergebnisse	82
5.3.1	Straßenbahn	82
5.3.1.1	Hohe Nachfrage.....	82
5.3.1.2	Mittlere Nachfrage.....	83
5.3.1.3	Niedrige Nachfrage	84
5.3.1.4	Erwarteter Cash Flow und Net Present Value	85
5.3.2	Omnibus.....	85
5.3.2.1	Hohe Nachfrage.....	86
5.3.2.2	Mittlere Nachfrage.....	86
5.3.2.3	Niedrige Nachfrage	87
5.3.2.4	Erwarteter Cash Flow und Net Present Value	87
5.3.3	Busbahn	87
5.3.3.1	Hohe Nachfrage.....	88
5.3.3.2	Mittlere Nachfrage.....	89
5.3.3.3	Niedrige Nachfrage	89

5.3.3.4	Erwarteter Cash Flow und Net Present Value	89
5.4	Diskussion	90
6	Systemanforderungen	92
6.1	Fahrzeug	92
6.1.1	Kapazitätsanforderungen	92
6.1.2	Darstellung der Flexibilität	93
6.1.3	Modularer Aufbau	94
6.1.4	Ökologische Aspekte	96
6.2	Infrastruktur	97
6.2.1	Gesamtheitliche Kostenbetrachtung	97
6.2.1.1	Fahrwegadaptierung	97
6.2.1.2	Fahrleitung	98
6.2.1.3	Infrastruktur an der Strecke	99
6.2.1.4	Betriebshof	99
6.2.2	Rolle der Spurführung	100
6.2.2.1	Verfügbare Systeme	101
6.2.2.2	Präferenzen am Markt	103
7	Markteinführungsszenarien	105
7.1	Maßnahmen zur Kundenüberzeugung	105
7.2	Erweiterung bestehender Systeme	105
8	Zusammenfassung und Ausblick	107

Abkürzungsverzeichnis

Kfz	Kraftfahrzeug
pphpd	persons per hour per day
BEP	Break Even Point
ÖPNV	öffentlicher Personennahverkehr
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
MIV	motorisierter Individualverkehr
IV	Individualverkehr
BRT	Bus Rapid Transit
FROG	Free Ranging on Grid
MAN	Maschinenfabrik Augsburg Nürnberg AG
APTS	Advanced Public Transport Systems
TVR	Tram sur Voie Réservée
GLT	Guided Light Transit
TSP	Tramway sur Pneus
NPV	Net Present Value

Variablenverzeichnis

PVerkaufspreis der Beförderungsdienstleistung

γDiskontrate

tPeriode

TGesamtheit aller betrachteten Perioden

Iirreversible Investitionskosten

$E(CF)$erwarteter Cash Flow pro Fahrzeug

pWahrscheinlichkeit der Nachfrage

k_{op}operative Kosten

k_{fix}fixe Kosten

xMenge der geleisteten Platzkilometer

RSRolling Stock

CFCash Flow

$N(v_j)$Nutzwert des Verkehrsmittels v_j

$n_{i,j}$Teilnutzen des Verkehrsmittels v_j in Bezug auf das Kriterium i

g_iGewichtung für das Kriterium i

DBDeckungsbeitrag

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Definition „Busbahn“	5
Abbildung 2 - Vorteile eines Bussystems	7
Abbildung 3 - Nachteile eines Bussystems.....	8
Abbildung 4 - Vorteile eines Straßenbahnsystems	10
Abbildung 5 -Nachteile eines Straßenbahnsystems	12
Abbildung 6 - Rolle eines umweltfreundlichen Antriebs	14
Abbildung 7 - Kapazitätsanforderungen an ein ÖPNV-System.....	15
Abbildung 8 - Vorteile einer Spurführung.....	17
Abbildung 9 - Nachteile einer Spurführung	18
Abbildung 10 - Passagieranforderungen an den ÖPNV	20
Abbildung 11 - Einfluss des Prestigeobjekts "Automobil" auf Akzeptanz des ÖPNV ..	21
Abbildung 12 - Kriterien zur Steigerung des Images des ÖPNV	22
Abbildung 13 - Bedeutung der Integration in bestehende ÖPNV- Systeme	23
Abbildung 14 - Akzeptanz einer Preiserhöhung bei Qualitätssteigerung.....	24
Abbildung 15 - Probleme bestehender ÖPNV-Systeme	25
Abbildung 16 - Regionale Ausbauaktivitäten im ÖPNV	26
Abbildung 17 - Zukünftige ÖPNV-Systeme	27
Abbildung 18- Darstellung der verfügbaren Systeme	29
Abbildung 19- Doppelgelenkbus Neoplan China	30
Abbildung 20 - Buszug mit Anhängerbetrieb MAN-Göppel Maxitrain.....	31
Abbildung 21 - BRT-System in Bogota	32

Abbildung 22 – Spurbus in Essen.....	34
Abbildung 23 - Trolleybus Neoplan N6216	36
Abbildung 24 - Cristallis von Irisbus.....	37
Abbildung 25- VDL-APTS-Phileas.....	38
Abbildung 26 - GLT von Bombardier	39
Abbildung 27 - Stream AnsaldoBreda	41
Abbildung 28 - Translohr von Lohr Industries (Modell).....	42
Abbildung 29 - Straßenbahn ULF Wiener Linien	43
Abbildung 30 - S-förmiger Gesamtkostenverlauf	46
Abbildung 31 - Graphische Darstellung des Anwendungsbeispiels.....	53
Abbildung 32 - Preisentwicklung von Diesel, Gas, Strom und Super ROZ 95.....	63
Abbildung 33 - Bevölkerungspyramide 2006 -	72
Abbildung 34 - Abhängigkeit von der Kapazität.....	73

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Durchschnittliche Nutzungsdauer, Kapazität, Laufleistung	50
Tabelle 2 - Kostenvergleich Straßenbahn, Omnibus, Busbahn	52
Tabelle 3 - Break Even Analyse - Anwendungsbeispiel	52
Tabelle 4 - Nutzwertanalyse der Transportalternativen des ÖPNV	60
Tabelle 5 – Sensitivitätsprüfung der Nutzwertanalyse der Transportalternativen des ÖPNV	70
Tabelle 6 Anschaffungskosten Fahrzeug	a
Tabelle 7 - Cash Flow Szenario und NPV zu t=1	b
Tabelle 8 - Cash Flow Szenario und NPV zu t=2	c
Tabelle 9 NPV für Omnibus zu t=1 und t=2	d

Formelverzeichnis

Formel 1 - Deckungsbeitrag	47
Formel 2- Break Even - Gleichsetzung	47
Formel 4 – Gesamtnutzen	54
Formel 5 - Maximierung des Gesamtnutzens	55
Formel 6 - Cash Flow pro Fahrzeug	75
Formel 7 - Erwarteter Cash Flow	75
Formel 8 - Net Present Value	76

Danksagung

An der Entstehung dieser Diplomarbeit war eine Vielzahl von Personen beteiligt, die die Verfasserin dieser Arbeit durch ihre Expertise und ihre Erfahrungsberichte maßgeblich unterstützt haben.

Zuallererst ist den Betreuern, seitens der MAN Nutzfahrzeuge AG DI Andreas Kattner und auf Seite der Universität Mag. Florian Pützl, zu danken, die durch ihre Kooperation ermöglicht haben die unterschiedlichen Interessen von Unternehmen und Wissenschaft zu vereinen und so ein für beide Seiten gleichermaßen interessantes Projekt erfolgreich durchzuführen.

Besonderer Dank kommt auch Dr. Volker Deutsch zu, der durch Bereitstellung seiner Dissertation an der Bergischen Universität Wuppertal wesentliche Erkenntnisse auf dem Sektor neuartiger Nahrverkehrssysteme zur Verfügung gestellt hat.

Weiters gilt der Dank Dr. Alexander Sekanina und DI Christian Vana, die die Autorin bei allen Unwegsamkeiten, die eine praxisorientierte wissenschaftliche Arbeit mit sich bringt, stets bereitwillig und mit vollem Einsatz unterstützt haben.

Weiters ist Ing. Herbert Donhal und Frau Mag. Wiesinger von den Wiener Linien zu danken, die durch ihre Erfahrung eine Heranführung der theoretischen Betrachtungen an realitätsnahe Unternehmensgegebenheiten ermöglicht haben.

Auf Seite der MAN Nutzfahrzeuge AG darf DI Christian Ketzer und DI Georg von Massenbach Dank ausgesprochen werden, die der Autorin ihre Expertise bereitwillig zur Verfügung gestellt haben.

Zu guter letzt ist allen Ansprechpartnern europäischer Verkehrsunternehmen Dank auszusprechen, die der Autorin durch Bekundung ihrer Sichtweise der Gegebenheiten des öffentlichen Personennahverkehrs im Rahmen einer Betreiberumfrage die Erstellung eines Anforderungsprofil mittels Informationen aus erster Hand ermöglicht haben.

Die Diplomarbeit „Quantitative Analyse des Marktpotentials intermediärer Transportsysteme des öffentlichen Personennahverkehrs“ wurde von der MAN Nutzfahrzeuge AG, Geschäftsbereich Bus (MN-Bus), vergeben, mit der Intention das Marktpotential intermediärer Transportsysteme des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) zu analysieren. Die MN-Bus bildet die Omnibusdivision der MAN Nutzfahrzeuge AG. Die Kernkompetenzen der MN-Bus liegen in der Entwicklung sowie der Produktion von Omnibuschassis, Reise- und Linienbussen.

Demographische Gegebenheiten, wie z.B. die Überalterung der Gesellschaft, der hohe Anteil des innerstädtischen Verkehrs an den Abgasemissionen und der Feinstaubbelastung, sowie der Zunahme der Siedlungsfläche und daraus resultierend ein Rückgang der verfügbaren Verkehrsfläche, verstärken den Ruf der Betreiber des öffentlichen Personennahverkehrs nach einem Produkt, das diesen Anforderungen gerecht wird. Am Markt werden bereits vereinzelt individuelle Transportlösungen angeboten, die diesen Erfordernissen Rechnung tragen, es sind jedoch noch keine standardisierten Technologien verfügbar.

Im Rahmen dieser Diplomarbeit sollen daher die Eigenschaften sowie die wirtschaftlichen und technischen Vor- und Nachteile von Linienbussen beziehungsweise Straßenbahnen evaluiert werden, um daraus ein optimales Anforderungsprofil an ein innovatives Transportsystem, das zwischen Bus und Straßenbahn liegt, erstellen zu können, und schlussendlich ein Gesamtkostenvergleich sowie eine Cash Flow Analyse der einzelnen Systeme durchgeführt werden.

Mithilfe einer Break Even Analyse wurde der optimale Auslastungsgrad von Straßenbahn, Omnibus und intermediärem System im Vergleich und so die Intervalle in denen diese jeweils kostendeckend eingesetzt werden können, ermittelt.

Im Vorfeld wurde eine Betreiberumfrage durchgeführt, um die Verkehrsproblematik in den Städten, die Anforderungen an die Fahrzeuge sowie die Ansprüche der Passagiere zu erheben, mit der Intention daraus einen Bedarfstrend abzuleiten. Mit Hilfe den somit erhobenen Daten und Informationen wurde in weiterer Folge eine Nutzwertanalyse der einzelnen Transportsysteme erstellt.

Das so entstandene Anforderungsprofil soll schlussendlich der MN-Bus als Basis für die Konzeption eines innovativen Personentransportsystems dienen.

The diploma thesis „Quantitative Analyse des Marktpotentials intermediärer Transportsysteme des öffentlichen Personennahverkehrs“ is a cooperation with the MAN Nutzfahrzeuge AG, division bus (MN-Bus), with the intention to analyse the market potential of intermediary public transport systems. The core competences of the MN-Bus include the development as well as the production of bus chassis, coaches and city buses.

Demographic factors, e.g. the ageing of the population, the high level of exhaust emissions and fine dust of urban traffic and the enlargement of settlement area, resulting in a decline of the available transport area, strengthen the demand of the operators of public transport for a product, that fulfils these requirements. On the market individual transport solutions are already offered, but there are still no standard technologies.

Hence the properties as well as the economic and technical advantages and disadvantages of city buses and trams are evaluated in this diploma thesis and out of this an optimal requirement profile for an innovative transport system is created. Finally a comparison of total costs and a cash flow analysis of the individual systems is executed.

Using a break even analysis the optimal utilization rate for tram, bus and intermediary system is calculated, compared and resulting of that the intervals for a cost covering operation is examined.

In advance an operator survey was done to collect traffic problems of cities, the requirements to vehicles and the claims of passengers intending to deduce a demand trend. These data and information were subsequently implemented in a multi-attribute utility analysis comparing the transport systems.

The resulting requirement profile should be ultimately the basis for the design of an innovative public transport system.

.

1 Einleitung

Seit Beginn der neunziger Jahre des 20. Jahrhunderts wird aufgrund sich mehrender Umweltbelastungen, unter anderem auch verursacht durch den Straßenverkehr, der Ruf nach umweltfreundlichen Verkehrsmaßnahmen laut. Global komplexe wirtschaftliche Beziehungen und Prozesse verlangen dem arbeitstreibenden Individuum eine hohe Mobilität ab. Zudem lassen die Weiterentwicklungen am mobilen Sektor auch die Ansprüche im Privatbereich wachsen. Das Resultat dieser gesellschaftlichen Bewegungen ist ein kontinuierlicher Anstieg des Individualverkehrs. Damit einher gehen jedoch auch steigende Schadstoffemissionen sowie eine Überlastung der zur Verfügung stehenden Verkehrswege. Zur Lösung dieser Probleme wird in den letzten Jahren in urbanen Gebieten vermehrt versucht, den Individualverkehr auf öffentlichen Personennahverkehr umzuleiten. Das Bestreben der Herstellerindustrie liegt somit in der Entwicklung innovativer Transportsysteme, die die Anforderungen des Passagiers und des Betreibers gleichermaßen erfüllen. Im Laufe der letzten Jahre wurden auf diesem Gebiet Fahrzeuglösungen konzipiert, die bezüglich ihrer Charakteristika zwischen den zwei Grundformen der öffentlichen Verkehrsmittel im Straßenverkehr, Omnibus und Straßenbahn, angesiedelt werden.

Die folgende Arbeit stellt die diesbezüglich am Markt offerierten Transportlösungen aus den Fahrzeugkategorien Omnibus, Straßenbahn sowie intermediärer Systeme in Relation zu einander und nimmt eine Bewertung bezüglich ihrer Eignung für die innerurbane Personenbeförderung vor.

2 Definitionen

Omnibusse, nach dem österreichischen Personenbeförderungsgesetz, sind Kraftfahrzeuge, die resultierend aus ihrer Bauweise und Ausstattung, eine Beförderung von mehr als neun Personen, inklusive des Fahrers, ermöglichen und auch dafür eingesetzt werden.¹

Als Oberleitungsbusse werden, ebenfalls nach dem österreichischen Personenbeförderungsgesetz, elektrisch angetriebene Straßenfahrzeuge klassifiziert, die nicht schienengebunden sind und ihre Antriebsenergie über eine Fahrleitung zugeführt bekommen.²

Als Straßenbahn im Sinne der österreichischen Straßenbahnverordnung gelten

- a) „straßenabhängige Bahnen: die zumindest teilweise den Verkehrsraum öffentlicher Straßen benützen und sich mit ihren baulichen und betrieblichen Einrichtungen sowie in ihrer Betriebsweise der Eigenart des Straßenverkehrs anpassen.
- b) straßenunabhängige Bahnen: die ausschließlich auf einem eigenen Bahnkörper verkehren, wie Hoch- und Untergrundbahnen, Schwebbahnen oder ähnliche Bahnen besonderer Bauart.“³

Das österreichische Personenbeförderungsgesetz fügt dieser Definition noch die Nutzung des Fahrzeugs ausschließlich oder überwiegend zur Personenbeförderung im Orts- oder Nachbarschaftsbereich hinzu.⁴

Die Bandbreite der Fahrzeuge, die unter dem Begriff „Busbahn“ subsumiert werden, umfasst drei Gruppen von Großraumfahrzeugen.

¹ Vgl.: § 4 (4) Personenbeförderungsgesetz, Stand 2007

² Vgl.: § 4 (3) Personenbeförderungsgesetz, Stand 2007

³ § 2 Straßenbahnverordnung, Bundesgesetzblatt II, Nr. 76/2000

⁴ Vgl.: § 4 (1) Personenbeförderungsgesetz, Stand 2007

- Großraumbusse mit Oberleitungsbetrieb
- Bimodale Systeme, die optional spurgeführt werden
- Gummibereifte Bahnen, die an eine dauerhafte Spurführung gebunden sind.⁶

⁶ Vgl: N.N.; Verband Deutscher Verkehrsunternehmen; Busbahn – Möglichkeiten und Grenzen; Mitteilungen Nr. 10010; S.1ff

3 Aktuelle Marktsituation

3.1 Betreiberumfrage

Im Rahmen der vorliegenden Diplomarbeit wurde eine Umfrage in Form eines schriftlich zu beantwortenden Fragebogens durchgeführt. Als Zielgruppe wurden Flottenbetreiber in europäischen Städten ausgewählt, die den Fragebogen zugeschickt bekamen und ihn beantwortet wieder retournierten.

Ziel der Umfrage ist einen Überblick über die Systemanforderungen, Bedürfnisse ihrer Kunden, welche die Kaufentscheidung der Betreiber maßgeblich beeinflussen, und schließlich die momentane verkehrsplanerische Situation zu erhalten. Unter Berücksichtigung dieser Daten soll in Folge ein Lastenheft für ein Fahrzeug entwickelt werden können, das die präferierten Eigenschaften und Anforderungen erfüllt und somit dem betreffenden Unternehmen als Zielvorgabe für eine Fahrzeugentwicklung dienen kann.

Von den 600 ausgesendeten Fragebögen wurden 31 beantwortet zurückgesendet, 15 Betreiber baten um Verständnis die Umfrage aus Konkurrenz- und Datenschutzgründen nicht bearbeiten zu können. Obwohl die Rücklaufquote somit nur bei 5% liegt, ist aus den Antworten ein Trend erkennbar, der als repräsentativ für die Branche angesehen werden kann.

Im Folgenden werden die Fragen einzeln behandelt und ihre Ergebnisse präsentiert. Die auf der Abszisse aufgetragenen Werte geben die Anzahl der jeweiligen Antwort in absoluten Zahlen an. Auf der Ordinate wurden die Antwortmöglichkeiten aufgetragen. Der Vollständigkeit halber sind in den graphischen Darstellungen alle genannten Antworten der Probanden angeführt. Im Rahmen dieser Arbeit wird jedoch nur auf die häufigsten Nennungen näher eingegangen. Eine Abbildung des Fragebogens ist in Appendix I beigefügt.

„Was verstehen Sie unter dem Begriff „Busbahn“?“

Zu Beginn wurde gebeten eine Spontandefinition des Begriffs „Busbahn“ zu geben. Es galt damit zu erfahren, ob die befragten Personen schon Kenntnis des Terminus haben, unter Umständen schon Erfahrungen gesammelt haben mit Produkten, die sich zu dieser

Fahrzeuggruppe zählen beziehungsweise, so sie erstmals damit konfrontiert werden, welche Assoziationen mit diesem Wort bei ihnen hervorgerufen werden.

Hier ist ein Trend erkennbar, dass die Befragten unter „Busbahn“ Fahrzeuge subsumieren, die eine Kapazitätssteigerung gegenüber herkömmlichen Fahrzeugen des ÖPNV erlauben, aus mehreren Segmenten bestehen, die miteinander über Gelenke verbunden sind und die zum Zweck der einfacheren Führung spurgeführt werden sollen. Interessant ist zu sehen, dass von 39 % der Befragten explizit der spurgeführte Omnibus unter diesem Begriff genannt wird beziehungsweise allgemein ein Bussystem. Weiters für diesen Trend spricht die geforderte Gummibereifung. Nur 2 von 31 Probanden nominieren eine Kombination von Bus- und Bahn. 19% hatten keine Vorstellung von dem Begriff beziehungsweise treffen keine Aussage. Da die Umfrage ausschließlich Personen aus dem Fachgebiet „Öffentlicher Personenverkehr“ anspricht, zeigt dieses Ergebnis, dass auch in Fachkreisen noch Aufklärungsarbeit zu leisten ist.

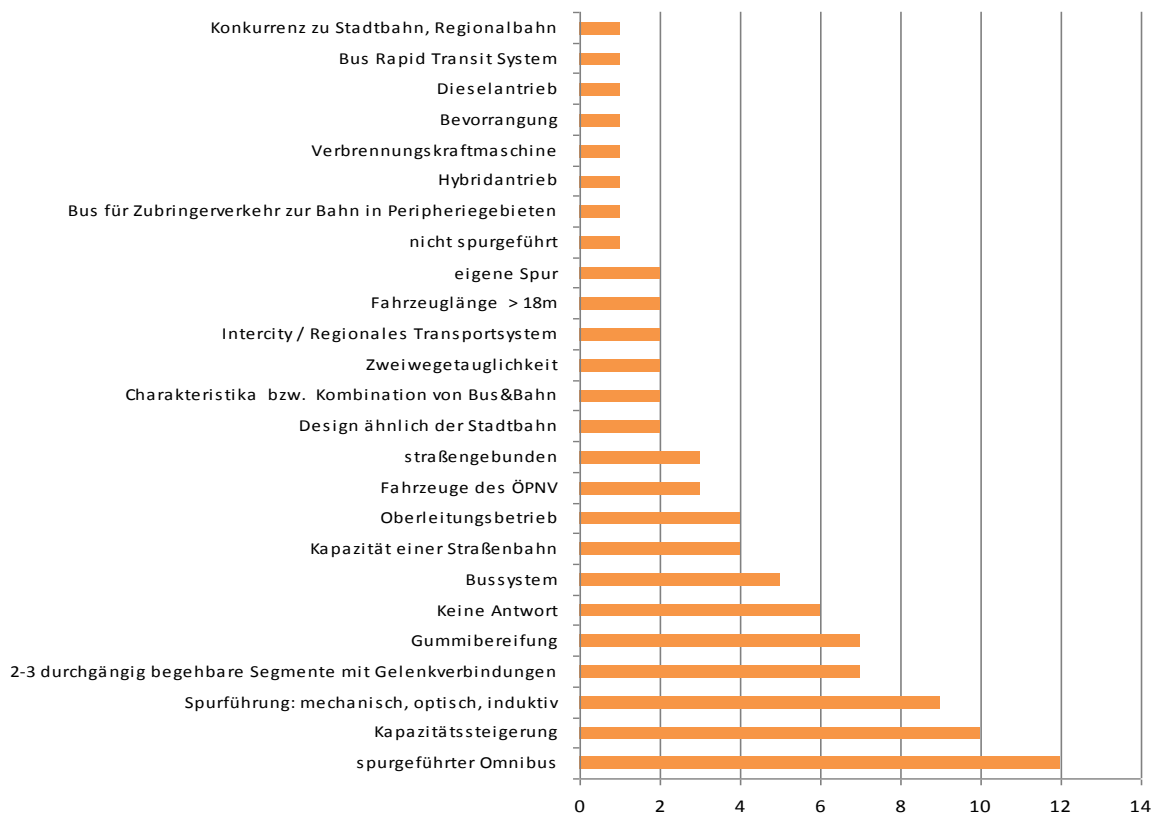


Abbildung 1 - Definition „Busbahn“

„Wo liegen für Sie als Flottenbetreiber die Vorteile eines Bussystems, wo die Nachteile?“

Die zweite Frage untersucht die Vor- und Nachteile eines Bussystems aus der Sicht des jeweiligen Betreibers. Als hervorstechendster Nutzen wird hier die Flexibilität in Bezug auf Linienführung gesehen, sei es nun um lediglich einem Hindernis, beispielsweise einem defekten Fahrzeug, auszuweichen oder im Falle einer Betriebsstörung die Fahrroute gänzlich zu ändern. Als weiterer positiver Aspekt werden in den meisten Fällen die allgemein niedrigeren Kosten eines Bussystems angeführt. Diese schließen neben den Anschaffungs- auch Betriebs- und Wartungskosten ein. Zudem wird die flexible Anpassung der Flottengröße beziehungsweise der eingesetzten Fahrzeuge genannt. Diese kann auf den oben genannten geringeren finanziellen Aufwand bei der Anschaffung zurückgeführt werden, andererseits jedoch auch auf die Tatsache, dass Omnibusse, wenn man von Trolleybussystemen absieht, nicht routengebunden sind, wie es bei Straßen- und Stadtbahnen der Fall ist. Auch dieser geringere infrastrukturelle Aufwand wird von mehr als 25% der Probanden explizit nominiert.

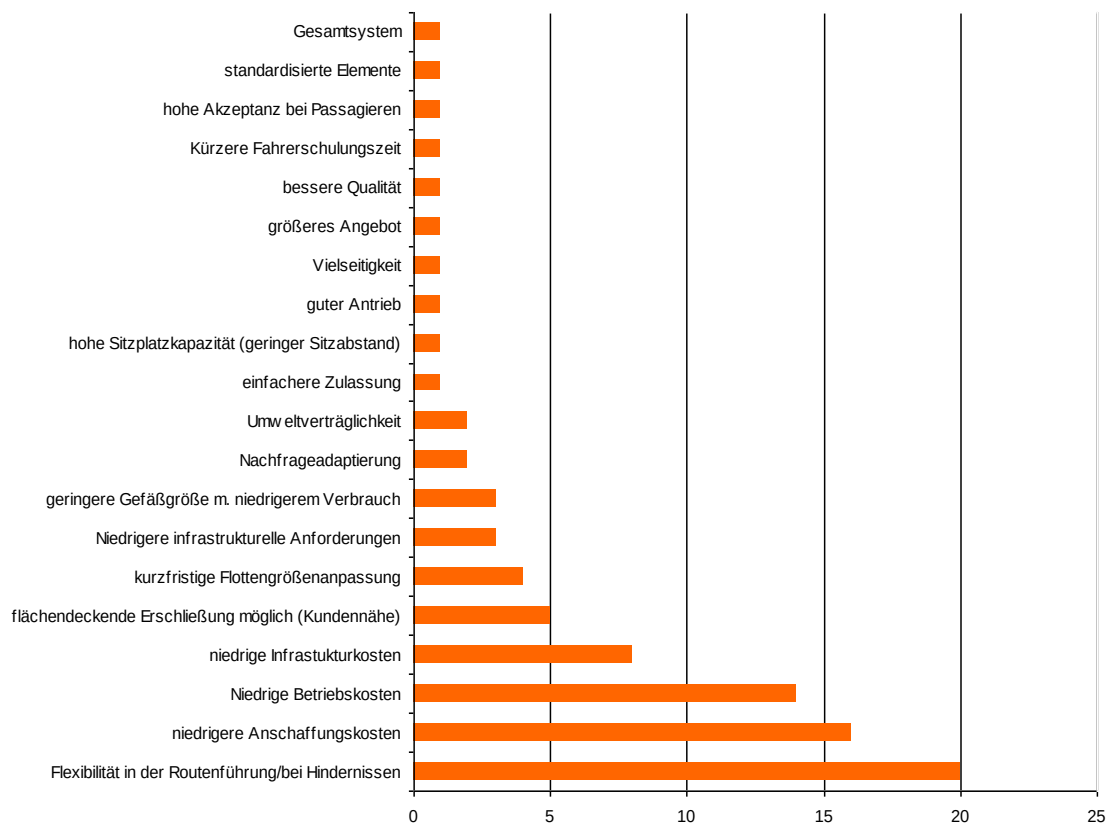


Abbildung 2 - Vorteile eines Bussystems

Als schwerwiegendster Nachteil wird dem Omnibus zumeist die hohe Umweltbelastung durch Schadstoffemissionen zugeschrieben. Auch in der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Umfrage bestätigt sich dieses Attribut. Von 45% der Befragten genannt, ist es der somit am häufigsten nominierte Nachteil. Weiters wird das in Relation zur Straßenbahn geringe Fassungsvermögen von 41% der Probanden als problematisch angeführt. Dies und die Verkehrsabhängigkeit, bedingt durch eine fehlende eigene Fahrspur, sind die mit Abstand problematischsten Charakteristika eines Bussystems, wie 39% der Probanden angeben. Die von 16% der Befragten genannte Unpünktlichkeit resultiert ebenfalls aus der gemeinsamen Nutzung der Verkehrswege mit dem Individualverkehr. Der geringere Fahrkomfort, im speziellen schlechte Fahrzeugfederung, Längs- und Querbewegungen des Omnibusses während der Fahrt

und ein bedingt durch Antriebe wie Dieselmotoren höheres Geräuschniveau machen den Omnibus für den Nutzer des ÖPNV zudem unattraktiv.

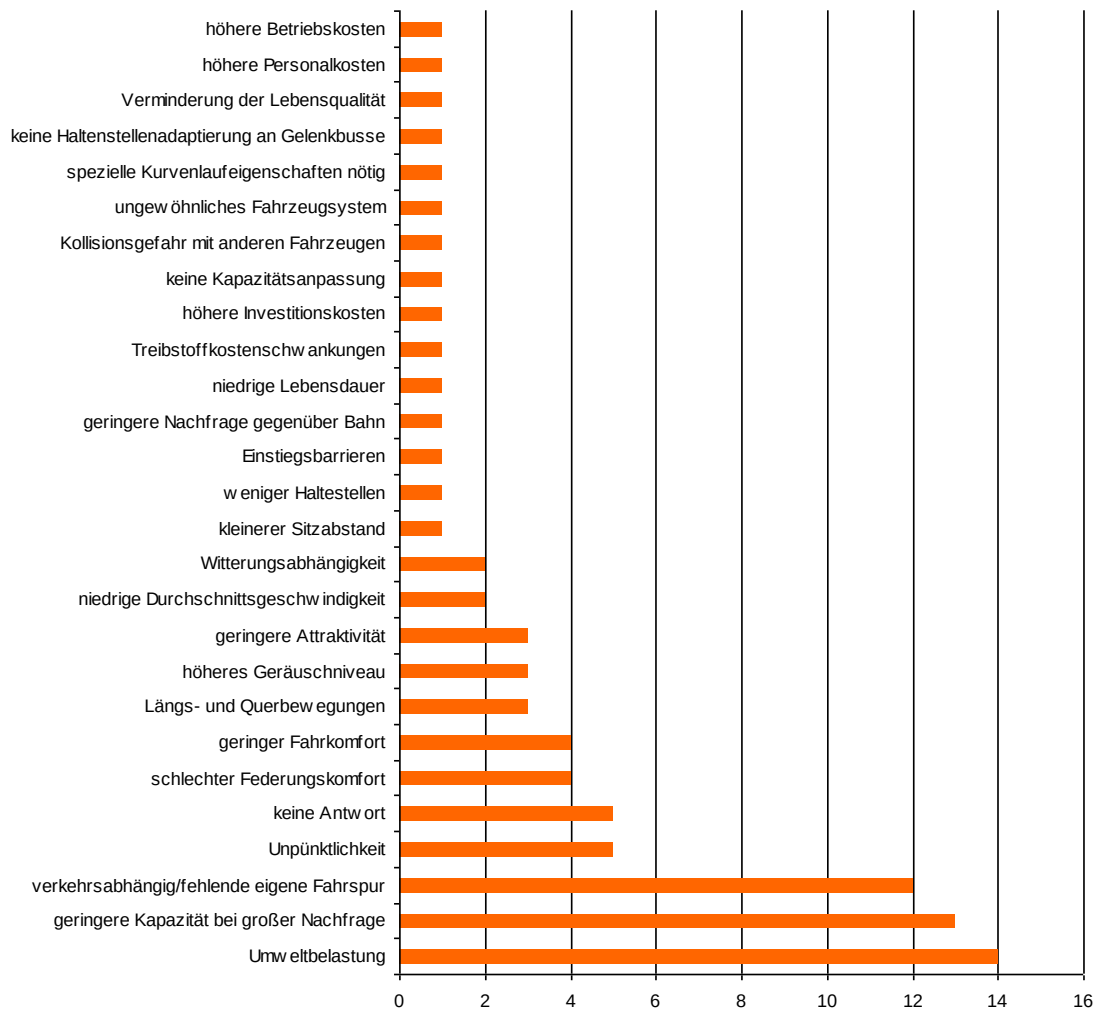


Abbildung 3 - Nachteile eines Bussystems

„Wo liegen für Sie als Flottenbetreiber die Vorteile eines Straßenbahnsystems, wo die Nachteile?“

Frage 3 behandelt äquivalent zu Frage 2 die Vor- und Nachteile von Straßenbahnsystemen. Anhand einer Antwortquote von 61% ist deutlich erkennbar, dass das erhöhte Passagierfassungsvermögen einer Straßenbahn gegenüber einem Omnibus als wichtiger Entscheidungsfaktor gilt. Auch die Emissionsfreiheit der elektrischen Traktion und die daraus resultierende Umweltfreundlichkeit nehmen einen hohen Stellenwert ein. Mit deutlichem Abstand folgt die hohe Akzeptanz unter den Nutzern des ÖPNV, ein Umstand der zu einem Großteil auch auf die zuvor besprochene Umweltfreundlichkeit der Antriebsart einer Straßenbahn zurückgeführt werden kann. Diese Präferenz spiegelt sich auch in der in 22,6% der Befragungsfälle genannten höheren Durchschnittsgeschwindigkeit, die bedingt wird durch das Vorhandensein eines eigenen Verkehrsweges, ein Faktor, der von ebenfalls 22,6% der Probanden explizit nominiert wird. Weiters sei hier erwähnt, dass ein geringeres Geräuschniveau von 16%, die Möglichkeit der Zugbildung von 13% und das Ausbleiben von Längs- und Querbewegungen von 6,5% genannt wird, Faktoren, die vom Hersteller in einer etwaigen Fahrzeugkonzeption beachtet und nach Möglichkeit miteinbezogen werden sollten.

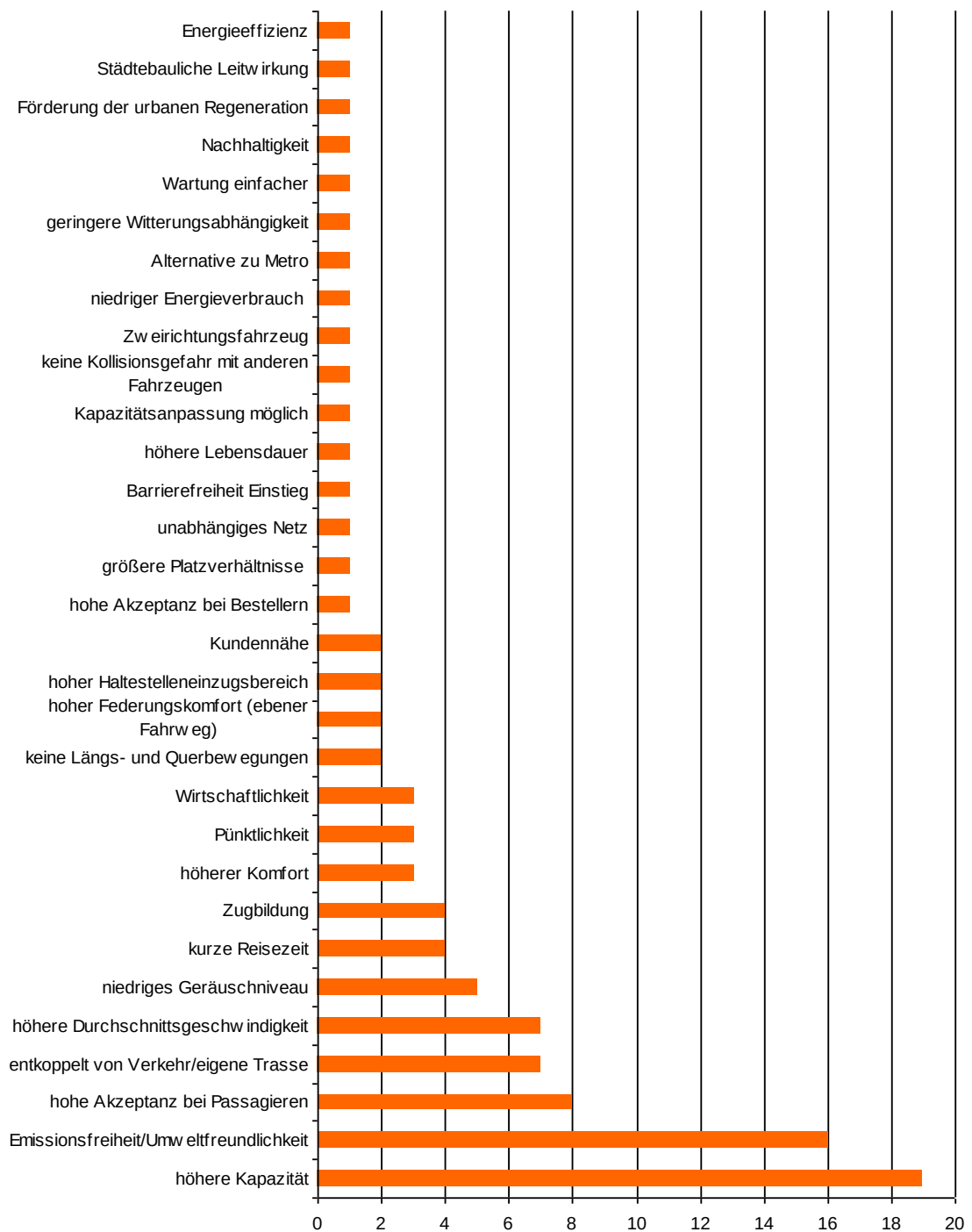


Abbildung 4 - Vorteile eines Straßenbahnsystems

Hohe Anschaffungskosten sowie ein hoher infrastruktureller Aufwand sind die die am häufigsten genannten Nachteile eines Straßenbahnsystems. Circa die Hälfte der Befragten führt dies als Argument gegen die Implementierung eines solchen an. Auch die durch die Bindung an eine Schienenkonstruktion bedingte geringe Flexibilität bezüglich Umleitungen und Routenänderungen wird von einem Viertel der Probanden als negativer Aspekt genannt. Hohe Betriebs- und Instandhaltungskosten machen den Straßenbahnbetrieb zudem für Verkehrsunternehmen unattraktiv. Eine Kostenanalyse ist hierzu in Kapitel 6.2.1 zu finden. Auch der durch die spezielle Fahrwegskonstruktion höhere Bedarf an Verkehrsfläche wird von Betreibern als negativ beurteilt.

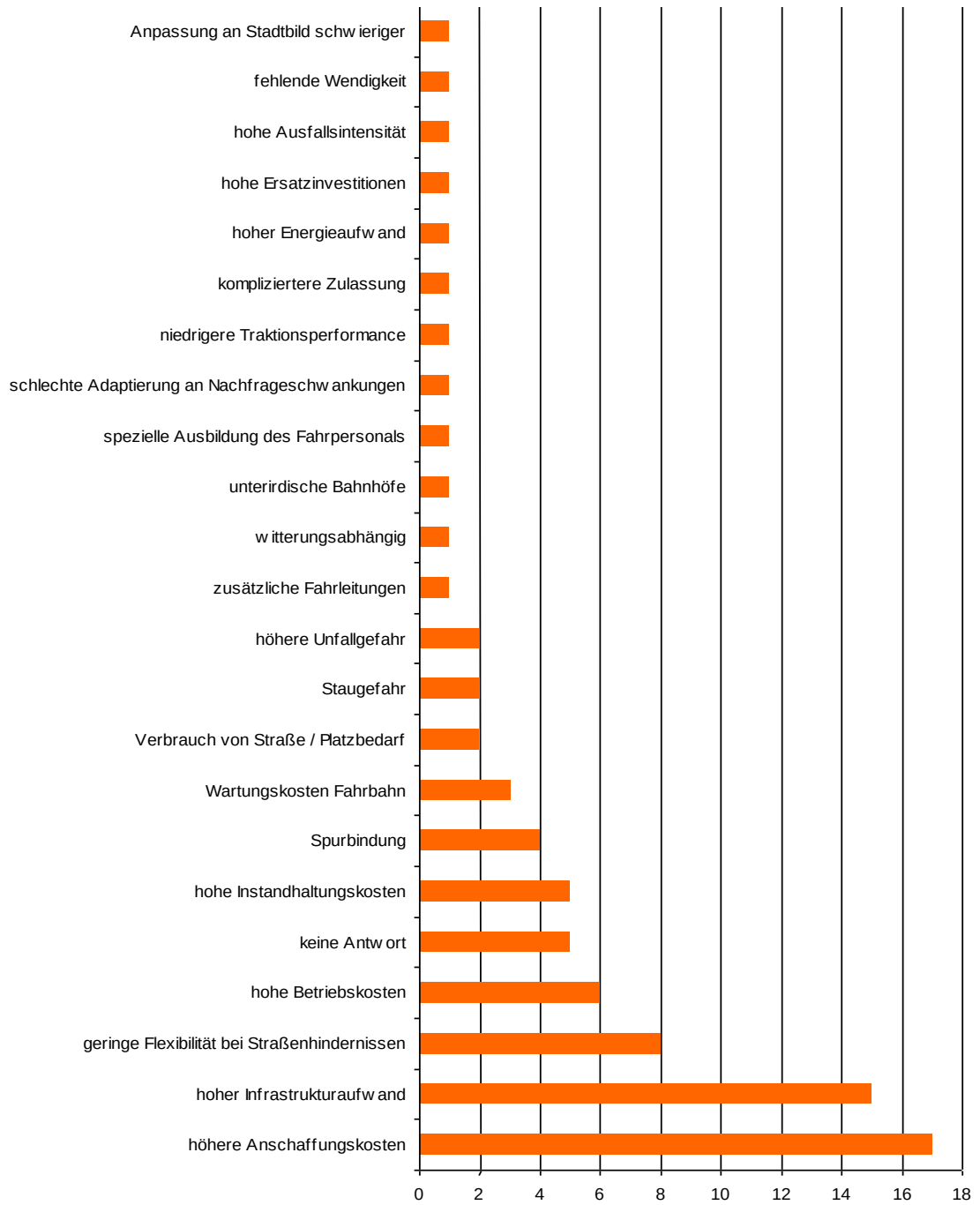


Abbildung 5 -Nachteile eines Straßenbahnsystems

„Welche Rolle spielt die Umweltfreundlichkeit des Antriebs?“

Die vierte Frage versucht zu eruieren, welchen Stellenwert die Umweltfreundlichkeit des Antriebs bei der Fahrzeugauswahl einnimmt. Hier bestätigt sich das Ergebnis der vorangegangenen Fragen. So wird ebenfalls explizit die Präferenz von umweltfreundlichen Antrieben von 90 % der Probanden bestätigt. Als Grund werden hierfür die Feinstaubproblematik in Ballungszentren und die daraus resultierenden Umweltvorschriften angeführt, sowie die Forderungen nach ökologisch vertretbaren Antriebsquellen, nicht nur seitens der Betreiber, sondern auch bei Nutzern des ÖPNV. Weiters genannt wird der Imagegewinn, den ein Verkehrsbetrieb durch den Einsatz erhält, woraus eine höhere Akzeptanz des ÖPNV und damit einhergehend eine vermehrte Nutzung resultiert. Da der ÖPNV oftmals von öffentlichen Einrichtungen betrieben und als Politikum betrachtet wird, ist auch die politische Akzeptanz ein beachtenswerter Faktor.

Problematisch ist sicherlich, dass die Palette alternativer Antriebe zum Erstellungszeitpunkt dieser Arbeit noch beschränkt ist und andererseits der Einsatz auch vom zu befahrenden Gebiet abhängt.

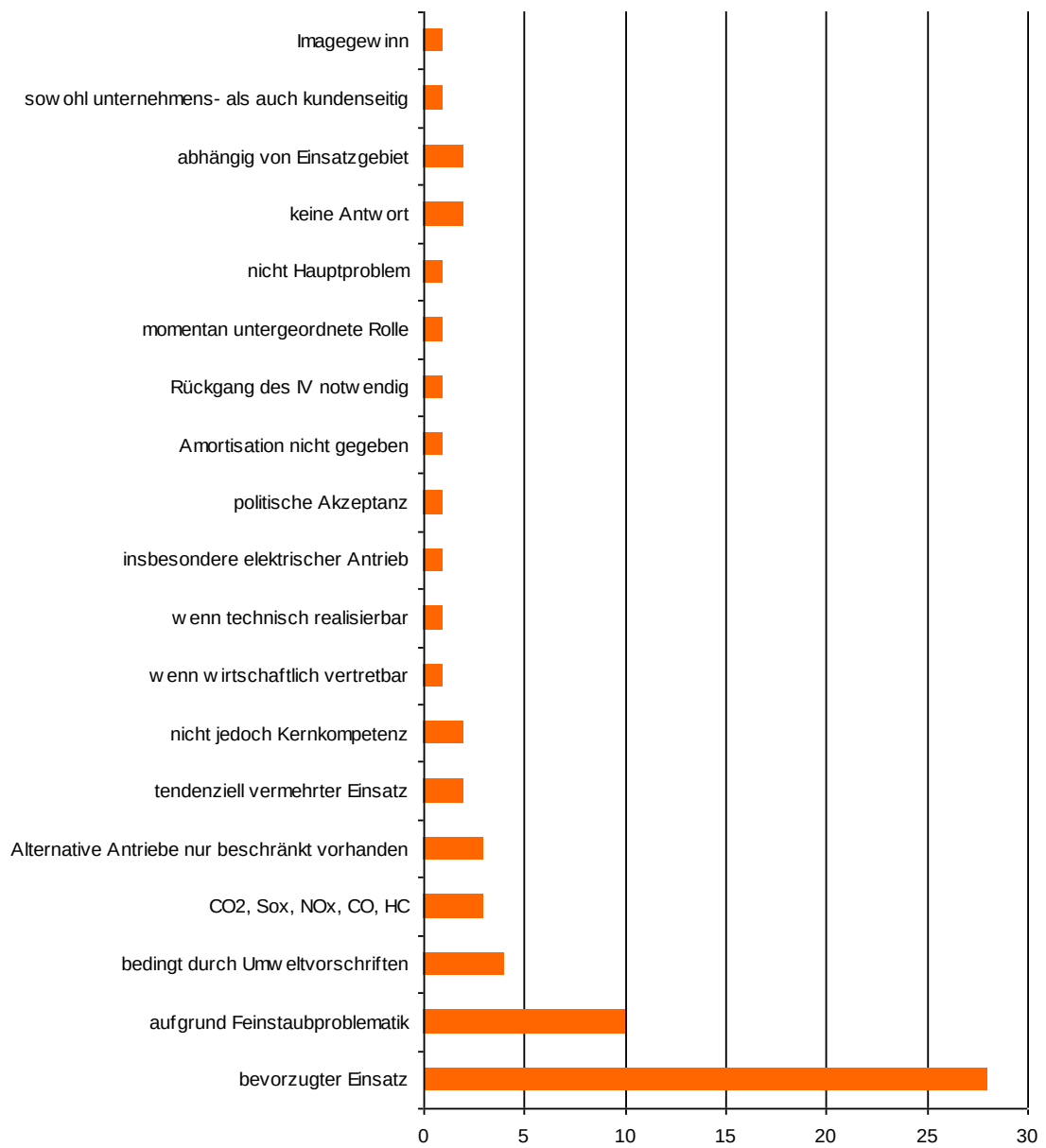


Abbildung 6 - Rolle eines umweltfreundlichen Antriebs

„Welche Kapazitätsanforderungen muss ein ÖPNV-System erfüllen?“

In Frage 5 wird die Kapazitätsanforderung an ein Transportsystem des ÖPNV erfragt. Es zeigt sich, dass mehrheitlich flexibel adaptierbare Fahrzeuggrößen favorisiert werden, um so ökonomisch wie möglich agieren und sich kontinuierlich der Nachfrage anpassen zu können. Eine weitere Anforderung ist zumindest die Abdeckung der Verkehrsspitzen durch ausreichend Sitz- und Stehplätze beziehungsweise in den Nebenverkehrszeiten ein Sitzplatz pro mitfahrenden Passagier. Aus den konkret geforderten Beförderungsangaben, wie sie im Rahmen dieser Befragung genannt wurden, kann in weiterführenden Betrachtungen eine Abschätzung für den durchschnittlichen Bedarf durchgeführt werden.

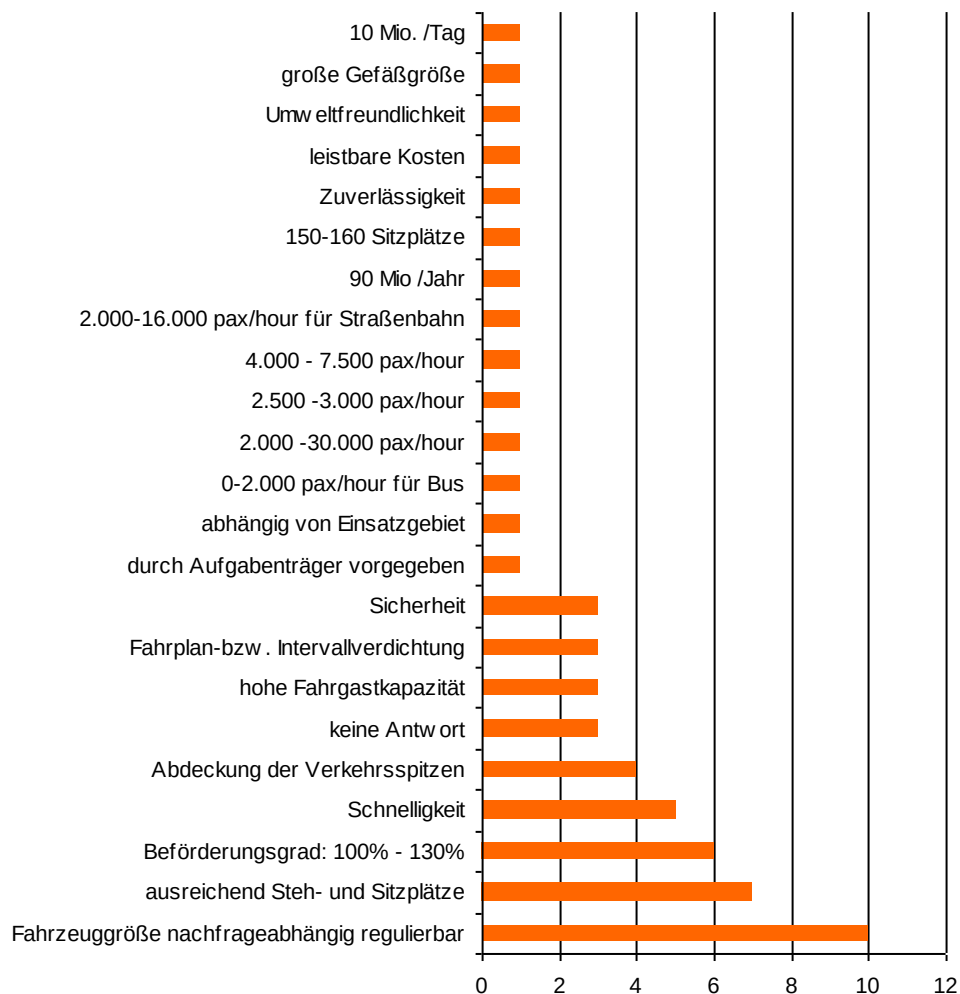


Abbildung 7 - Kapazitätsanforderungen an ein ÖPNV-System

„Welche Argumente sprechen, Ihrer Meinung nach, für Spurführung?“

Die sechste Frage untersucht die Gründe, weshalb Betreiber sich für ein spurgeführtes Transportsystem entscheiden würden. Hier wird an erster Stelle die erhöhte Sicherheit nominiert, welche sich aus der Stabilisierung überlanger Fahrzeuge beispielsweise durch eine Spurbindung ergibt.

An zweiter Stelle wird geringere Reisezeit und höhere Pünktlichkeit genannt, welche als Resultat aus dem separierten Gleiskörper, der von Fahrzeugen des MIV nicht genutzt wird, interpretiert werden kann, wodurch der ÖPNV ein höheres Maß an Unabhängigkeit erhält, insbesondere zu den Verkehrsspitzenzeiten.

Ex aequo werden hier auch Verschmälerung des Fahrzeugquerschnitts und der dadurch geringere Fahrbahnverbrauch vermerkt. Immerhin 10% nennen eine Entlastung des Fahrzeugführers als positives Argument, da bei den am Markt angebotenen Spurführungssystemen ein gewisser, je nach Konzeption unterschiedlicher, Automatisierungsgrad erreicht werden kann.

Ein weiterer, für den Fahrzeughersteller bemerkenswerter, Punkt ist die Barrierefreiheit, die spurgeführte Fahrzeuge im Haltestellenbereich bieten. Ein derartiges Gefährt kann als Niederflurfahrzeug quasi ebenerdig und nahezu lückenlos an die Stationsebene herangeführt werden.



Abbildung 8 - Vorteile einer Spurführung

„Welche Argumente sprechen, Ihrer Meinung nach, gegen Spurführung?“

Frage 7 versucht die Gegenargumente einer Spurführung zu analysieren. Die Probanden nennen überwiegend die fehlende Anpassungsfähigkeit an Streckenänderungen beziehungsweise aufgrund der Spurbindung die Problematik, Hindernissen, wie anderen defekten Fahrzeugen, ausweichen zu können. Diese Tatsache wird teilweise bereits von so genannten intermediären Systemen ausgeräumt, die die Möglichkeit bieten, das Fahrzeug kurzfristig aus der Spurführung auszufädeln, das Hindernis führungslos zu umfahren und sich hernach in die vorgegebene Spur wieder einzuhängen. In Kapitel 3.2 werden die am Markt befindlichen Fahrzeuge mit den unterschiedlichen Systemen vorgestellt. Das zweithäufigste Argument ist der beachtlich höhere finanzielle Aufwand, der aus infrastrukturellen Elementen wie Gleiskörper und Schienensystemen resultiert,

aber auch aus hohen Wartungskosten. Hier spielt ebenfalls die von 6,5% genannte geringere Rentabilität eine beachtliche Rolle, da sich die Frage stellt, ob die in Frage 6 eruierten Vorteile zu einer so eklatant höheren Nutzung führen würden, dass sich die anfallenden Kosten auch amortisieren würden. Ein weiterer nicht unerheblicher Kritikpunkt ist die witterungsabhängige Störanfälligkeit der Spurführungssysteme.



Abbildung 9 - Nachteile einer Spurführung

„Welche Aspekte des öffentlichen Verkehrs sind Ihren Kunden besonders wichtig?“

Da die Ansprüche der Nutzer des ÖPNV bei der Kaufentscheidung vom Betreiber beachtet werden müssen, spiegeln sie auch die Anforderungen des Entscheidungsträgers an ein Produkt wider und dürfen vom Fahrzeughersteller bei der Konzeption nicht vernachlässigt werden. Aus diesem Grund sollen diese in Frage 8 aus Sicht des Betreibers eruiert werden. Für die Passagiere sind insbesondere die Einhaltung des Fahrplans, kurze Fahrzeiten sowie kurze Taktintervalle von großer Bedeutung. Die Reservierung einer eigenen Fahrspur, wie es bei BRT-Systemen der Fall ist, oder eines separierten Gleiskörpers für den ÖPNV könnte die Erfüllung dieser Forderung unterstützen, da die Fahrzeuge somit nicht den Verkehrsschwankungen unterliegen, sondern die vorgegebenen Station zeitgerecht erreicht. Auch ein attraktives Erscheinungsbild, wodurch das Fahrzeug sowohl von außen, als auch durch die Innenausstattung ansprechend wirkt, ist für den Fahrgast von Bedeutung. Weiters ist eine Umgebung, in der sich der Passagier sicher fühlt, ein Faktor, der zu einer vermehrten Nutzung beitragen kann. Hier kann der Fahrzeughersteller erstens durch eine vollständige Videoüberwachung (automatischer Alarm an einen externen Sicherheitsdienst), Notrufmöglichkeiten, helle Innenausleuchtung (Fahrerkabine ist so zu gestalten, dass es keine Reflexionen an der Windschutzscheibe gibt, die den Fahrer stören) sowie große Fensterflächen, auch im Heckbereich (soziale Kontrolle durch nachfolgende Fahrzeuge). Forderungen wie gute Anschlussmöglichkeiten, Fahrgastinformation, Personalfreundlichkeit, sowie die weiteren in der Graphik angeführten Faktoren werden hier nicht ausführlicher besprochen, da sie nicht in der Hand des Fahrzeugherstellers, sondern des jeweiligen Betreibers liegen. Schließlich sei noch angemerkt, dass der Aspekt „Umweltverträglichkeit“ offenbar auch für den Passagier von Bedeutung ist und die Hersteller daher vermehrt alternative Antriebsarten einsetzen sollten.

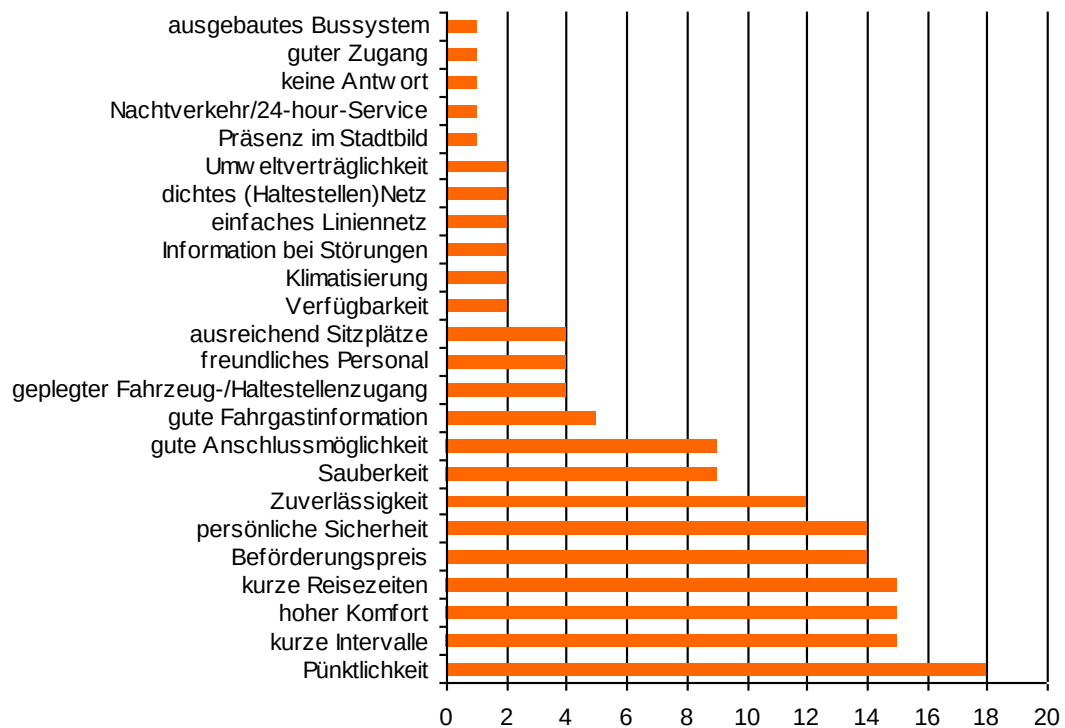


Abbildung 10 - Passagieranforderungen an den ÖPNV

„Automobile können als Prestigeobjekt gesehen werden. Inwieweit beeinflusst dieser Aspekt die Akzeptanz öffentlicher Verkehrsmittel?“

Frage 9 beschäftigt sich mit der Frage inwieweit der eigene PKW als Prestigeobjekt zu sehen ist. Der erste Teilpunkt hinterfragt das Ausmaß des Einflusses dieser Tatsache auf die Häufigkeit der Nutzung des ÖPNV. Mehr als ein Viertel der Befragten halten diesen Aspekt für sehr einflussreich. Ein weiteres häufig genanntes Argument der Betreiber ist, dass der PKW als Individualfahrzeug gesehen wird und dem Nutzer somit eine wesentlich höhere Flexibilität garantiert als die Systeme des ÖPNV. Diese äußert sich sowohl in der Streckenlegung als auch in der uneingeschränkt dauerhaften Verfügbarkeit. Daraus resultiert auch die dritthäufigst genannte Antwort, dass der ÖPNV als persönliche Einschränkung betrachtet und daher häufig nicht darauf zurückgegriffen wird. Weiters wird der eigene PKW oftmals als Maßstab des Lebensstandard und in der Gesellschaft die Nutzung des ÖPNV als Zeichen eines geringen Einkommensniveau gesehen. Auch kann aus den Antworten der Probanden

herausgelesen werden, dass die momentan am Markt befindlichen Fahrzeuge des ÖPNV weder Design noch Technologien bieten können, die für den Nutzer offensichtlich und im Zuge dessen auch ansprechend sind. Zusätzlich zu der mangelnden Identifikation bewirken diese Faktoren ein geringes Ansehen des ÖPNV in der Gesellschaft und somit einen Verlust potentieller Nutzer.

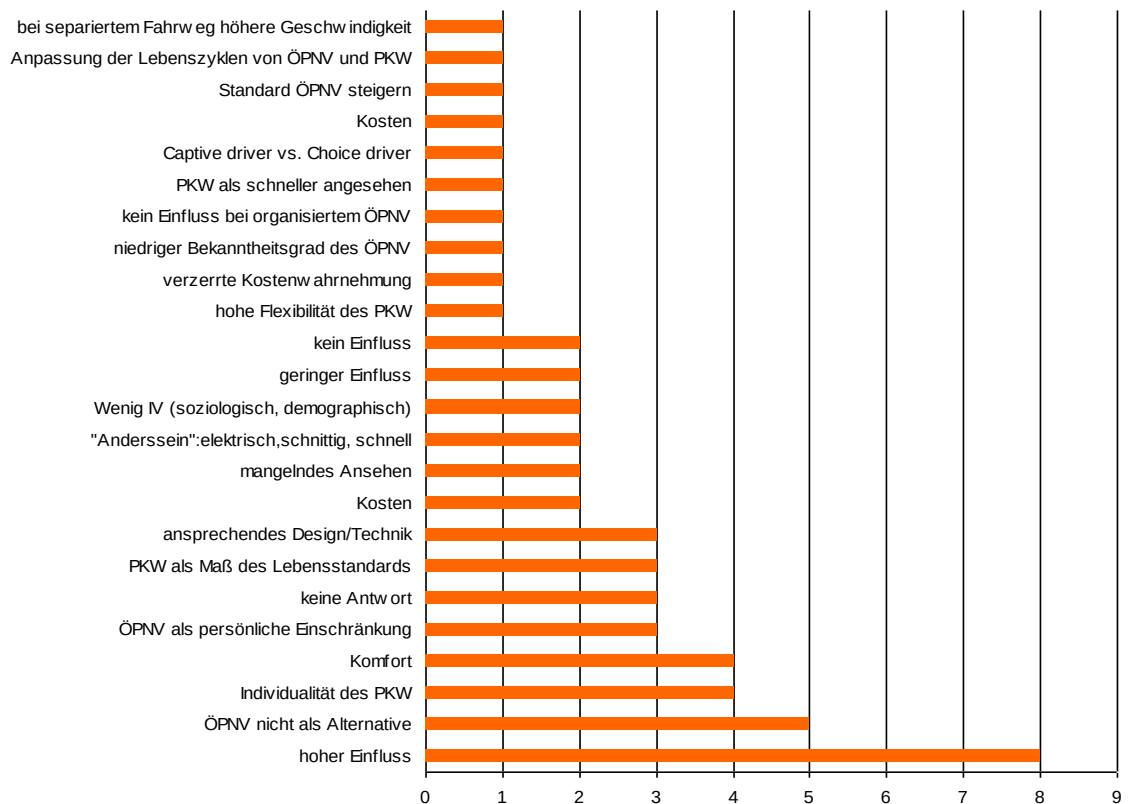


Abbildung 11 - Einfluss des Prestigeobjekts "Automobil" auf Akzeptanz des ÖPNV

„Was würde, Ihrer Meinung nach, dazu beitragen, das Image des öffentlichen Verkehrs zu verbessern?“

Resultierend aus der Überlegung der Frage nach der Konkurrenz des eigenen Automobils zu der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel, ergibt sich die Überlegung, welche Faktoren das Ansehen des ÖPNV steigern und somit die Benutzung fördern könnten. Die Probanden nennen hier vor allem die Erhöhung des Komforts in den Fahrzeugen, so dass der Passagier die Fahrt nicht als Mittel zum Zweck ansieht, sondern

ganz bewusst auf das eigene Automobil verzichtet, weil die Vorteile, welche in Frage 8 ermittelt wurden, überwiegen. Diese Kriterien unauffällig zu erfüllen, so dass der Fahrgast sich unbewusst wohlfühlt, wird an zweiter Stelle nominiert. Hierzu werden auch hohe Fahrzeugstandards genannt, ein Faktor, der zum überwiegenden Teil in den Zuständigkeitsbereich des Herstellers fällt. Sind diese Kriterien erfüllt, muss der öffentliche Verkehr mit all seinen Aspekten und Einrichtungen den potentiellen Nutzer, somit der Bevölkerung einer Stadt oder Region, mittels geeigneter Marketinginstrumente nähergebracht werden. Um die Flexibilität und hohe Flächendeckung des Automobils auch annähernd mit dem öffentlichen Verkehr zu erreichen, ist ein integriertes ÖPNV System von Bedeutung, in dem die einzelnen Verkehrsmittel möglichst lückenlos ineinander greifen, die Streckenführung so wenig wie möglich parallel geführt werden, um Kapazitäten nicht unnötig zu binden und das Netz auch bis in die Peripherie einer Stadt dichtgeführt auszuweiten.

Sind die hier besprochenen Kriterien erfüllt, wird sich der potentielle Fahrgast eher mit dem ÖPNV identifizieren und somit diesen auch intensiver nutzen.

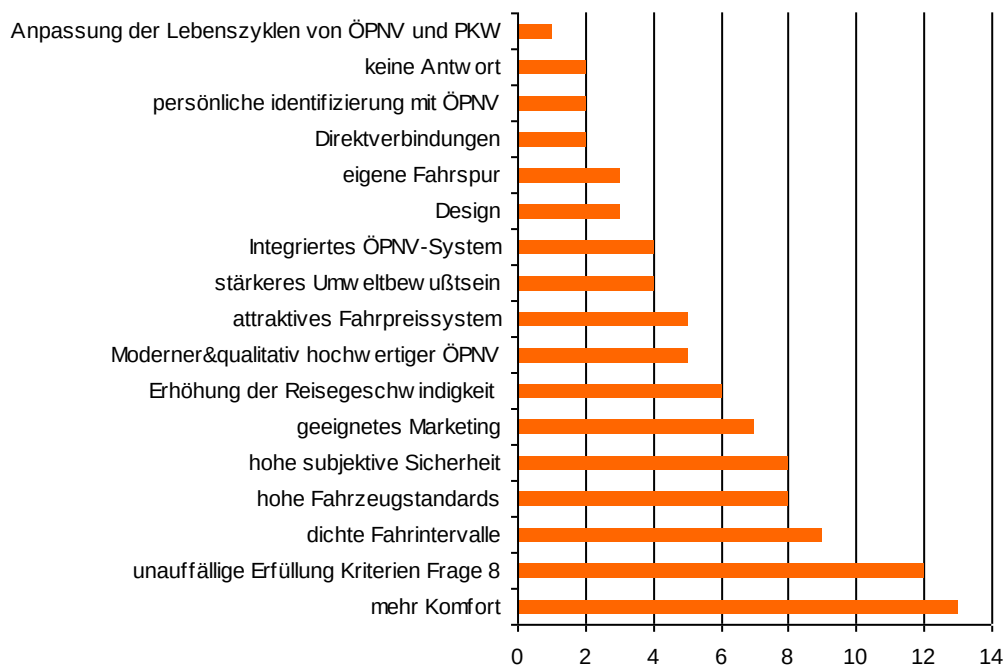


Abbildung 12 - Kriterien zur Steigerung des Images des ÖPNV

„Wie wichtig ist die Integration in bestehende öffentliche Verkehrssysteme?“

Weiters wurde die Bedeutung der Integration eines Transportmittels in bestehende ÖPNV- Systeme hinterfragt. Es zeigt sich, dass dieser Aspekt für 90% der Befragten generell von großer Bedeutung ist, sowie die Tatsache, dass sämtliche Verkehrsmittel in einem Gesamtsystem vernetzt sein und ineinandergreifend arbeiten sollten. Dies kann sowohl in einer zeitlichen, im Sinne von Direktverbindungen und Fahrplanabstimmungen, als auch räumlichen Dimension, unter Vermeidung von einerseits Parallelstreckenführungen und andererseits Lücken im Netz, gesehen werden. In diesen Bereich fällt auch die Forderung nach einem einheitlichen Tarifsystem, in dem nicht für jede unterschiedliche Transportleistung ein gesondertes Ticket erworben werden muss. Vorallem die problemlose Einfügung neuer Technologien in das bereits bestehende Transportnetz, wodurch eine komplette Reorganisation ausgeschlossen werden kann, nimmt eine wichtige Stellung ein. Weiters genannt werden eine Erhöhung der Attraktivität des Gesamtsystems sowie der einzelnen Verkehrsmittel. Auch die Vermeidung von „Insellösungen“ wird von 6,5% der Probanden angegeben.

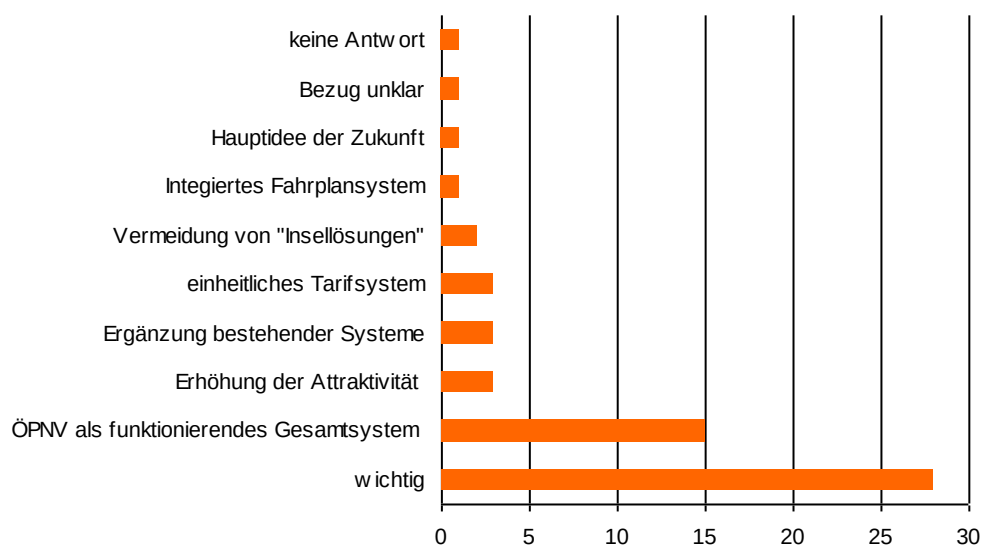


Abbildung 13 - Bedeutung der Integration in bestehende ÖPNV- Systeme

“Wären Sie bereit zugunsten einer höheren Qualität und Lebensdauer einen höheren Preis in Kauf zu nehmen?“

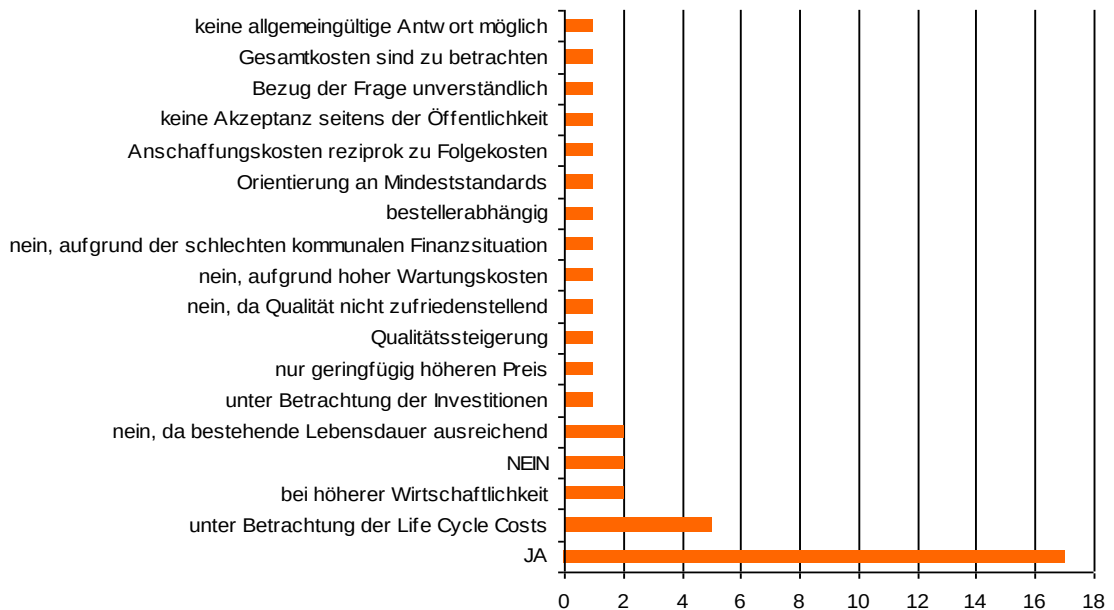


Abbildung 14 - Akzeptanz einer Preiserhöhung bei Qualitätssteigerung

Frage 11 beschäftigt sich mit der Akzeptanz einer eventuellen Preiserhöhung bei Qualitätssteigerungen beziehungsweise einer Erweiterung der Lebensdauer. 54% der Probanden stimmen einer solchen zu, insbesondere unter Betrachtung der Life-Cycle-Costs. Als weitere überzeugende Argumente werden eine höhere wirtschaftliche Rentabilität, die Relation zu den getätigten Investitionen und eine nur geringfügige Preissteigerung nominiert. Weiters wird genannt, dass nur eine eklatant erkennbare Qualitätssteigerung einen höheren Preis sinnvoll erscheinen lässt. Unter den negativen Antworten werden explizit die mangelhafte Qualität der am Markt befindlichen Produkte des ÖPNV, die ausreichend lange Lebensdauer sowie die hohen Wartungskosten angeführt. Außerdem ist nach Meinung der Betreiber die Akzeptanz der Öffentlichkeit zu niedrig, als dass sich die höheren Anschaffungskosten durch die Einkünfte aus den Beförderungsentgelten amortisieren würden.

„Können Sie kurz die Probleme bestehender Verkehrssysteme in Ihrer Stadt skizzieren?“

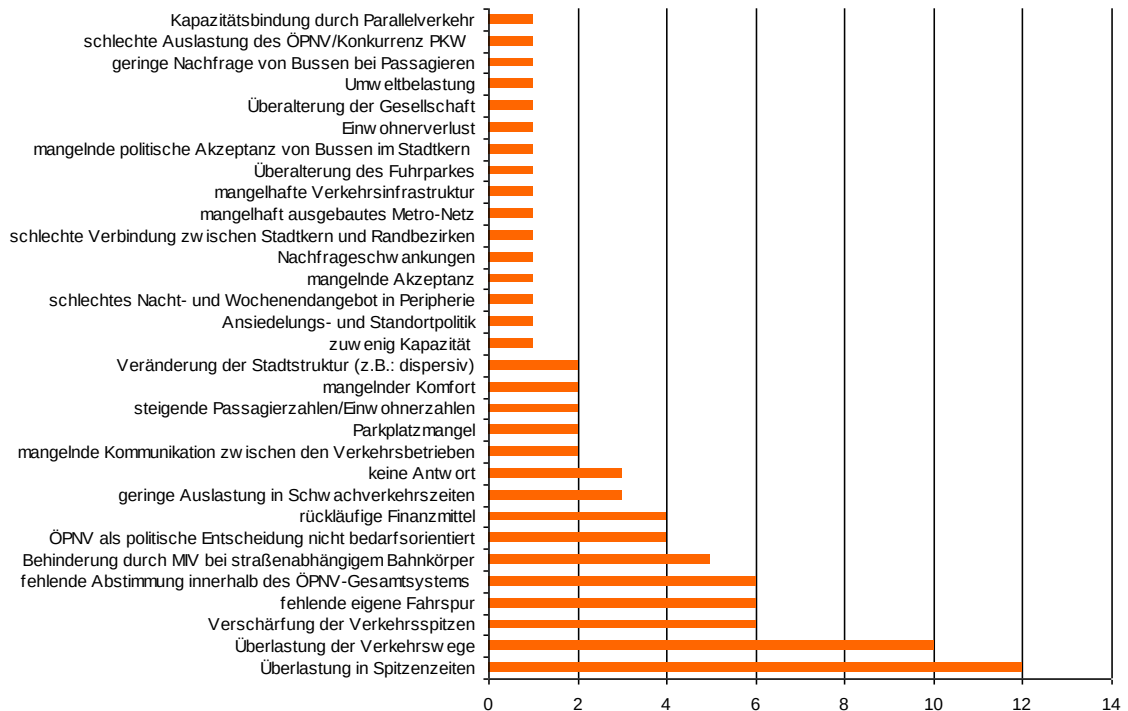


Abbildung 15 - Probleme bestehender ÖPNV-Systeme

Um den aktuellen Stand der Problematik des ÖPNV im urbanen Gebiet zu erfassen, werden die Probanden in Frage 12 nach den Schwierigkeiten momentan in ihrer Stadt betriebener Transportsysteme befragt. Hier kristallisiert sich als Knackpunkt eine Überlastung einerseits der bestehenden Verkehrsmittel in den Spitzenzeiten des Berufsverkehrs heraus, sowie andererseits der Verkehrswege generell. Dies wird überwiegend durch die Verschärfung der Verkehrsspitzen bedingt, da sich der Berufsverkehr in den Großstädten tendenziell auf einen engen Zeitraum zweimal täglich konzentriert. Diese drei Aspekte werden von knapp 40 % der Befragten genannt und können somit als die Kernprobleme bezeichnet werden. Verkehrsplanerisch betrachtet, nennen 19,4 % eine fehlende separierte Fahrspur als Fortkommenhindernis, wodurch Verspätungen und eine geringere Verlässlichkeit verursacht werden, Tatsachen, die die Kundenbeziehung schwer beeinträchtigen können.

Wie bereits mehrmals im Zuge der vorangegangenen Fragestellungen, werden auch in diesem Fall die mangelhafte Abstimmung der unterschiedlichen Transportmittel des ÖPNV nominiert.

„Ist in Ihrer Region ein Ausbau des ÖPNV geplant? Wenn ja, in welcher Form und in welchem Zeitrahmen?“

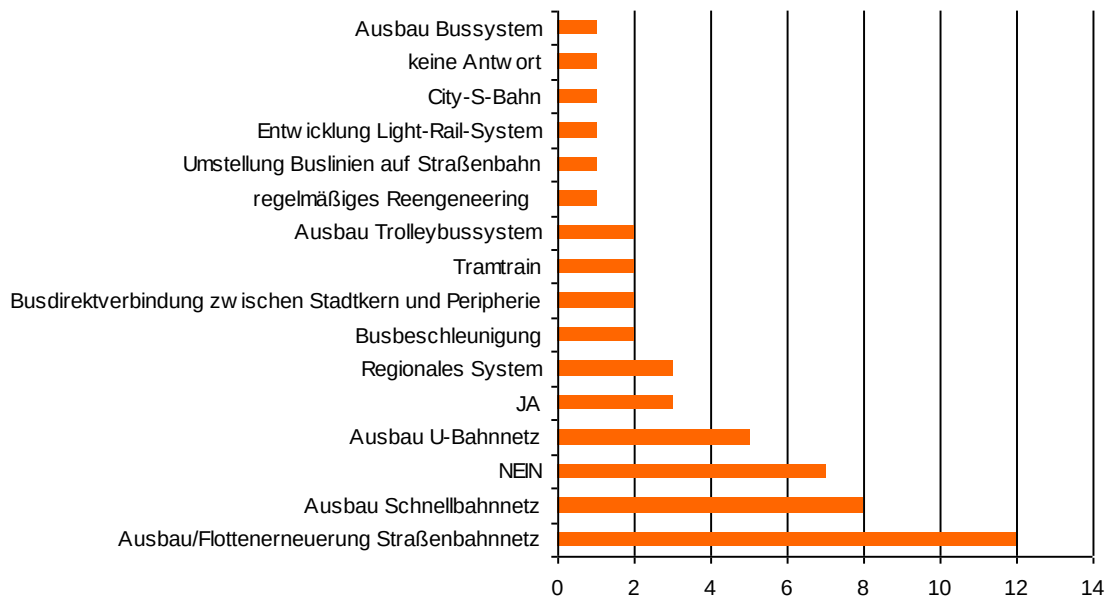


Abbildung 16 - Regionale Ausbauaktivitäten im ÖPNV

Um einen Überblick über die Ausbaumaßnahmen des öffentlichen Transportmittelwesens zu erlangen und daraus einen Nachfragetrend ableiten zu können, wurden die Betreiber gebeten eine Abschätzung der Expansionstätigkeiten in ihrem regionalen Einsatzgebiet zu geben.

Es ist hier zuallererst ersichtlich, dass der Ausbau des Straßenbahnnetz gefördert wird, insbesondere in Deutschland und Italien. Dies resultiert vermutlich aus der Tatsache, dass die Anschaffung der Infrastruktur und der Fahrzeuge kostspielig sowie zeit- und arbeitsaufwendig ist und diese daher, wenn bereits vorhanden, auch weiterhin genutzt werden möchte, um die Amortisation gewährleisten zu können.

Ähnliche Gründe spielen auch bei der Erweiterung des Schnellbahnnetzes eine wesentliche Rolle, wie es vorallem in Österreich und ebenfalls Deutschland geplant ist. Insgesamt nennt ein Viertel der Befragten das Vorhaben dieser Ausbaumaßnahme.

22,6 % der Probanden geben eine negative Antwort bezüglich etwaiger Expansionspläne.

Insbesondere in Italien wird die Verdichtung vorhandener Metrosysteme vorangetrieben. Von 5 gegebenen Antworten kamen 4 von italienischen Betreibern zu diesem Thema, dies ergibt eine Quote von 80%.

Weiters genannt wird der Ausbau vorhandener Bussysteme, vorallem als Zubringer zur Bahn oder als Transportmittel in den Peripherie.

„Wie sollte, Ihrer Meinung nach, in Bezug auf Ihre Region, das ÖPNV-System der Zukunft aussehen?“

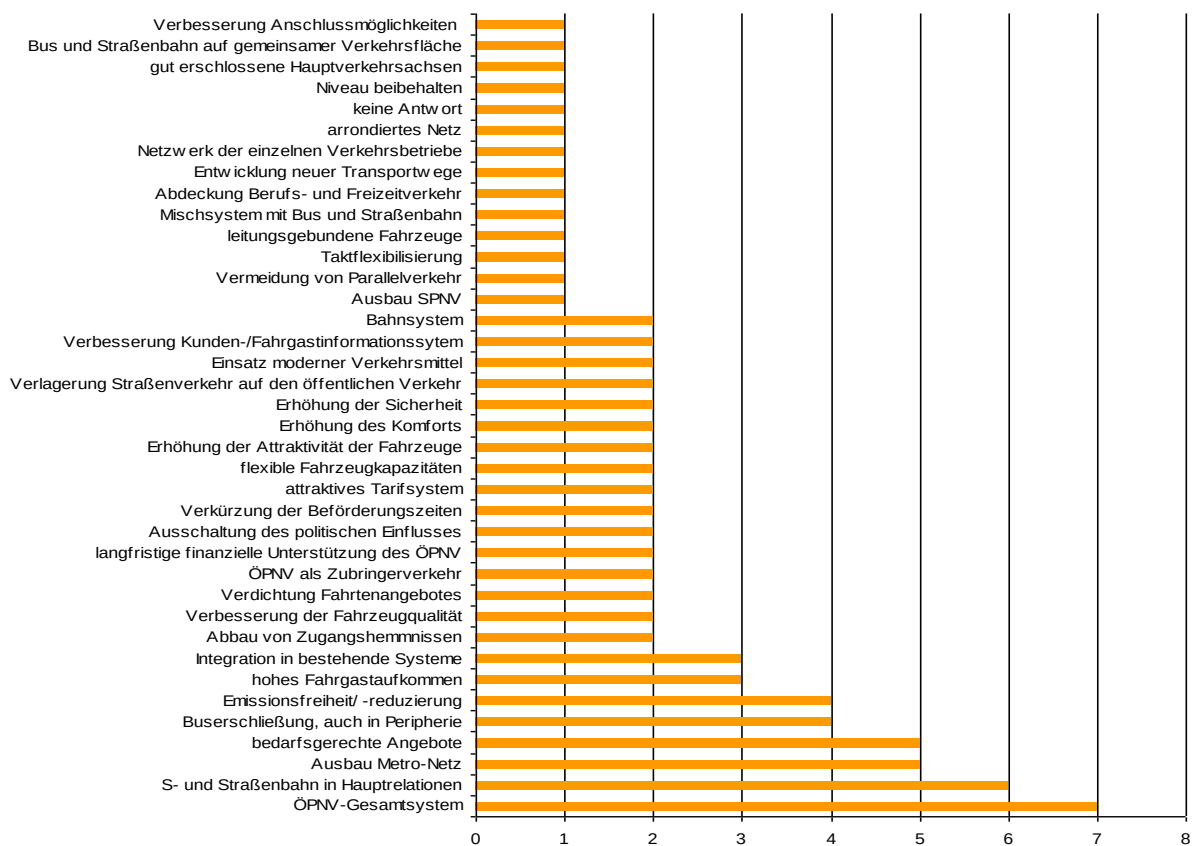


Abbildung 17 - Zukünftige ÖPNV-Systeme

Die abschließende Frage dieser Sondierung bittet um eine Zukunftsvision aus Sicht der Betreiber. Im Vordergrund steht hier die Zusammenfassung und Vernetzung aller Transportmittel des ÖPNV im Rahmen eines Gesamtsystems, wie es bereits mehrmals in den vorangegangenen Fragestellungen vorgeschlagen und gefordert wurde. Weiters werden Schnell- sowie Straßenbahn als Verkehrsträger auf den Hauptrelationen gesehen, wohingegen der Busverkehr die Funktion eines Zubringers aus der Peripherie zu diesen einnimmt. Weiters fordern 16,1% der Umfrageteilnehmer das Angebot an die Nachfrage und insbesondere an die Bedürfnisse des Nutzer anzupassen. Somit können seitens der Betreiber durch unterschiedliche Gefäßgrößen ungenützte Kapazitäten ausgeschlossen oder zumindest reduziert werden, und auf Seiten der Nutzer ist ein größerer Anreiz gegeben, auf das ÖPNV-Angebot zurückzugreifen, wenn dieses ihren Anforderungen gerecht wird. Im Zuge der Diskussion bezüglich Feinstaubproblematik, der Belastung durch andere Schadstoffe und CO₂-Ausstoß wird auch der Ruf nach emissionsärmeren beziehungsweise nach Möglichkeit emissionsfreien Antrieben lauter. In unserem Fall nominierten knapp 13% der Befragten diesen Aspekt.

Zudem wird davon ausgegangen, dass die Zahl der pro Jahr beförderten Passagiere tendenziell gesteigert werden können unter der Voraussetzung, dass die Kriterien, die in Frage 8 behandelt wurden, unter Zusammenarbeit der europäischen Verkehrsbetriebe und der Nutzfahrzeugindustrie erfüllt werden können.

3.2 Angebotene Transportsysteme

Im Folgenden werden die bis dato am Markt verfügbaren Transportsysteme beziehungsweise die laufenden Projekte im Bereich der intermediären Transportsysteme dargestellt und in einer Skala positioniert, an deren Enden einerseits die Straßenbahn und andererseits als Gegenpol der Omnibus liegen.

Großraumgelenkbus Buszug mit Anhänger BRT-System Spurbus	OMNIBUSSE
Trolleybus Optional spurgeführter Bus TVR Stream Permanent spurgeführte „Gummibahn“	INTERMEDIÄRE TRANSPORTSYSTEME
Straßenbahn / Stadtbahn	SCHIENENFAHRZEUGE

Abbildung 18- Darstellung der verfügbaren Systeme

3.2.1 Omnibus

Als Hochkapazitätstransportmittel steht im breitgefächerten Fahrzeugportfolio des Omnibusses der 24-m-Bus zur Verfügung, der mittels Dieselmotors angetrieben wird. Aufgrund technischer Restriktionen ist der 24-m-Bus derzeit die maximal machbare Gefäßgröße. Da dieser Bustyp über kein Leitsystem verfügt, das eine automatische Lenkung erlaubt, ist er somit auf eine andauernde Führung durch einen Fahrer angewiesen.

3.2.1.1 Doppelgelenkbus

Der Omnibus mit zwei Gelenkverbindungen ist eine Konzeptionsmöglichkeit, um eine Fahrzeuglänge von 24 - 25m zu realisieren. Um die Wendigkeit des Gefährts zu gewährleisten und somit den städtebaulichen Anforderungen gerecht zu werden, verfügen die Fahrzeuge über zwei Gelenke, die die einzelnen Fahrzeugmodule verbinden und somit die Durchgängigkeit des Fahrzeugs erhalten. Bei den bis dato mit konventionellem Dieselmotorantrieb üblichen Fahrzeugkonzepten entspricht die Grenzsteigfähigkeit etwa einer Straßenbahn.



Abbildung 19- Doppelgelenkbus Neoplan China

(Quelle: MAN Nutzfahrzeuge AG)

3.2.1.2 Buszug mit Personenanhänger

Bereits bis in die 30er Jahre des 20. Jahrhunderts in Deutschland und der Schweiz, hier sogar bis dato eingesetzt, dann jedoch aufgrund einer Gesetzesänderung der StVZO in Deutschland untersagt, erleben modulare Omnibuskonzepte wieder einen neuen Aufschwung. Der Vorteil dieser Anhängerzüge ist die Anpassungsmöglichkeit an ein unregelmäßiges Passagieraufkommen. Allerdings können aufgrund der Gefäßgröße der einzelnen Module nur große Schwankungen bedient werden. Seit der Markteinführung im Jahr 2004 konnte sich beispielweise die Göppel Bus GmbH mit ihrem Produkt Göppel Train, als Miditrain (17,7 – 20,2 m) oder als Maxitrain, in der Ausführung zwischen 20,7 und 22,65 m, erhältlich, erfolgreich am Markt positionieren. Die Personenkapazitäten liegen hier für den Miditrain bei 162 und den Maxitrain bei 200 Personen in der Vollausslastung. Die Fahrzeuge basieren auf einem MAN Chassis und werden durch eine Anhängerdeichsel mechanisch verbunden.⁷

Ein durchgängiges Fahrzeug ist nach heutigen Sicherheitsstandards nicht möglich, obwohl in Zusammenarbeit der Firmen Hübner und Göppel und dem Fraunhofer Institut Dresden an einer entsprechenden Lösung gearbeitet wird. In den 30er Jahren des

⁷ Vgl.: www.goeppel-bus.de, Referenzen, Letzter Zugriff: 18.04.2008

vergangenen Jahrhunderts gab es bereits Übergänge zwischen Anhänger und Zugwagen. Diese wären heute nicht zulassbar.



Abbildung 20 - Buszug mit Anhängerbetrieb MAN-Göppel Maxitrain

(Quelle: MAN Nutzfahrzeuge AG)

3.2.1.3 24-m-Bus im Rahmen eines BRT-Systems

Die so genannten Bus-Rapid-Transit Systeme sind Verkehrssysteme, die die Separation des Busverkehrs auf einer vom Individualverkehr unabhängigen Spur erlauben. Der Zugang zu den Fahrwegen ist für die Passagiere nur über eigene bauliche Einrichtungen, gleichsam Bahnstegen, erreichbar, wodurch das System einen stadtbahnähnlichen Charakter erhält. Der Vorteil gegenüber der Stadtbahn liegt in der Führung zwei parallel laufender Spuren pro Richtung, so dass bei Aufenthalt eines Fahrzeugs in der Haltestelle oder im Fall eines plötzlich auftretenden Schadenfalls, dem Folgefahrzeug die Möglichkeit des Überholens gegeben ist. Somit kann eine Einhaltung der Taktzeiten und daraus resultierend eine erhebliche Zeitersparnis erzielt werden. Da für den Betrieb des Systems kein spezifisches Fahrzeug vorausgesetzt wird, sondern auf den Spuren jede Art von Omnibus fahren kann, fällt sowohl die Abhängigkeit von

einem bestimmten Hersteller weg, noch muss auf eine spezifische Technologie, fahrzeug- beziehungsweise spurführungstechnisch gesehen, zurückgegriffen werden.



Abbildung 21 - BRT-System in Bogota

(Quelle: MAN Nutzfahrzeuge AG)

Lediglich die Fußbodenhöhe des Fahrzeugs und die Bahnsteighöhe müssen kompatibel sein. Die für das Bahnsteigsystem benötigte Infrastruktur und die exklusive Nutzung von vier Busspuren pro Linie erfordert das Vorhandensein großer ungenutzter Flächen, wie sie in europäischen Städten kaum vorkommen. Aus diesem Grund sind BRT-Systeme hierzulande eher nicht implementierbar, sondern finden ihre Anwendung vor allem in urbanen Gebieten Südamerikas, wie in Bogota (Kolumbien) oder in Curitiba (Brasilien), wo die städtebaulich erforderlichen Gegebenheiten existieren. Europäische Städte weisen eine aus langer Tradition gewachsene und daher verschlungene Struktur auf, die jüngeren Städte auf dem amerikanischen Kontinent dementsprechend eher eine Rasterstruktur.

3.2.1.4 Spurbus

Der Spurbus ist ein Omnibus, dem ein Verbrennungsmotor als interne Energiequelle dient. Ein Betrieb an der Oberleitung ist jedoch möglich und bietet sich aufgrund der bereits vorhandenen Spurgebundenheit an. Von Gefäßgröße und äußerem Erscheinungsbild unterscheidet er sich nicht vom Omnibus, die Besonderheit liegt in der optionalen Spurführung. Das hierfür angewendete System besteht aus auf speziellen Trassen angebrachten beiderseitigen Führungsborden, die eine mechanische Querführung ermöglichen. An den Vorderachsen sind hierzu Tastrollen angebracht, die den Lenkeinschlag der Vorderräder regulieren und an den Hinterachsen Drängelrollen, die die ungelenkten Achsen quer zur Fahrtrichtung durch enge Kurven schieben.

Dem Spurbus ist es möglich während der Fahrt an baulich speziell konzeptionierten Stellen die Spurführung zu verlassen und handgelenkt weiterzufahren. Eine mechanische Ent- oder Verriegelung ist nicht notwendig. Da das Ein- und Ausgleisen jedoch nur an den vordefinierten Stellen möglich ist, kann auf plötzlich auftretende Hindernisse oder Fahrverlaufsstörungen nicht eingegangen werden, so keine bauliche Vorkehrung an der Störstelle vorgenommen wurde. Die Flexibilität in Vergleich zu jeglichem anderen Omnibus ist daher eingeschränkt. Für den Betrieb auf der Spurführungsstrecke sind nur die mit dem Rollensystem ausgestatteten Fahrzeuge geeignet, handgesteuerte Busse können hier nicht eingesetzt werden. Der Antrieb erfolgt optional über die Stromzufuhr mittels Oberleitung oder durch ein Stromaggregat an Bord beziehungsweise einen Dieselmotor.



Abbildung 22 – Spurbus in Essen

Quelle: Informationsschrift zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben Spurbus Essen

Als Hersteller des Spurbus-Systems können die Daimler Benz AG, Volvo (mit Alexander-Aufbau) sowie in der Vergangenheit die MAN Nutzfahrzeuge AG genannt werden, als Betreiber die Essener Verkehrs-AG und die Verkehrsbetriebe von Adelaide in Australien.

Am Markt öffentlicher Personennahverkehrssysteme durchgesetzt hat sich das Konzept aus verschiedenen Gründen jedoch nicht. Die Errichtung eines eigenen Gleiskörpers ist infrastrukturell und finanziell im Vergleich zur Nutzung vorhandener Fahrbahnen mit erheblichem Aufwand verbunden. Die Nutzung ist auch nur mit, wie oben bereits beschrieben, einem Führungsrollensystem möglich und kann nicht auch für andere Fahrzeuge verwendet werden. Das Argument, der Einsatz von Dieselmotor ziehe hohe Schadstoffausstöße mit sich, könnte durch die Integration emissionsfreier Antriebe, wie Elektro-, Wasserstoff- oder Brennstoffzellenantrieb entkräftet werden. Auch die Kapazität kann durch den Betrieb mit für die Spurführung adaptierten 24-m-Bussen gesteigert werden.

Schlussendlich ist der Spurbus jedoch nur als Sonderlösung in der Fahrzeugentwicklung zu sehen, die ihre Stärken nur in speziellen Anwendungsfällen ausspielen kann. Dies liegt vor, wenn eine einfache zuverlässige und absturzsichere Zwangsführung verlangt wird, weil ein beschränktes Lichtraumprofil zur Verfügung steht, beispielsweise die Nutzung alter Bahntrassen. Da sich die Strecke aus vorgefertigtem Betonprofil schnell und mit geringem Aufwand auf Stelzen auf „die grüne Wiese“ stellen lässt, ist dieses System zur Schaffung neuer Streckenabschnitte mit geringem finanziellen Aufwand und niedriger Naturbeeinträchtigung geeignet.⁸

3.2.2 Intermediäre Systeme

3.2.2.1 Trolleybus

Der Trolleybus oder Oberleitungsbus ist ein Omnibus, der mit elektrischer Energie betrieben wird. Hierfür müssen, ähnlich der Straßenbahn, Oberleitungen in etwa 5-7 m Höhe verlegt werden, über die das Fahrzeug gespeist wird. Dieser Antriebsmodus ist aus der Straßenbahntechnik entlehnt, der Wagenkasten entstammt der Bustechnik. Dementsprechend sind alle dort angeführten Gefäßgrößen, bis hin zum 24m-Bus, realisierbar. Die Einordnung als intermediäres Transportsystem wird durch die Tatsache gerechtfertigt, dass Bustechnik mit dem lokal emissionsfreien Antrieb der Straßenbahn kombiniert wird. Mittels einer Generatorgruppe zur autonomen Stromversorgung kann er zusätzlich unabhängig vom Netz betrieben werden. Ist die Generatorgruppe, die von einem Verbrennungsmotor angetrieben wird, für über den Notbetrieb hinausgehend dimensioniert, spricht man von einem Duobus. Der bimodale Betrieb kann auch durch einen fahrzeuginternen Energiespeicher, beispielsweise eine Batterie gewährleistet werden. Der neueste Trend einen Kurzzeitspeicher, wie zum Beispiel Ultracaps, zu integrieren, bringt nicht nur für den Netzbetrieb Vorteile, sondern erweitert den Bus im autonomen Betrieb zu einem Hybridbus. Durch die kostengünstige Bustechnik stellt

⁸ Vgl.: N.N.; Informationsschrift zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben Spurbus Essen (Dual-Mode- Bus); Vorhaben gefördert vom Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT)

der Trolleybus unter den intermediären Transportsystemen das mit dem niedrigsten Fahrzeugpreis dar.⁹



Abbildung 23 - Trolleybus Neoplan N6216

(Quelle: MAN Nutzfahrzeuge AG)

3.2.2.2 Optional spurgeführter Bus

Der optional spurgeführte Omnibus kann als Weiterentwicklung des Spurbusses gesehen werden und steht in der technischen Umsetzung dem Omnibus näher als der Straßenbahn. Als Fahrzeuglösungen, die diese Einrichtung verwenden, können einerseits der Civis beziehungsweise der Cristallis des Omnibusherstellers Irisbus (optisches System von Matra-Siemens) und andererseits der Phileas von VDL (induktives System von FROG) klassifiziert werden. Beiden Produkten gemeinsam ist ein elektrischer Antrieb als Hybrid- oder Oberleitungsbus sowie die Kraftübertragung zwischen Gummirad und Fahrbahn, die als grundlegendes physikalisches Prinzip für die unterschiedlichen Spurführungssysteme beider Produkte Gültigkeit hat.

⁹ Vgl.: Lehmann, J.; « Auf- oder abgehängt – Die Entwicklung im Obus-Sektor »; Salzburger Verkehrsgespräche ; Salzburg ; 14. Mai. 2004

Als Basisfahrzeug dienen Civis und Cristallis ein dieselelektrisch, batterie- oder von der Oberleitung angetriebener Gelenk-Omnibus, der mit einem optischen Spurführungssystem ausgestattet ist, basierend auf dem Prinzip der Bildverarbeitung. Im Fahrzeug ist in der Mitte der Oberkante der Frontscheibe eine Kamera installiert, die zwei auf der Fahrbahn angebrachten parallelen Leitlinien folgt. Ein Mikroprozessor verarbeitet die abgelesenen Daten, so dass der Streckenverlauf vorhergesehen wird und das Fahrzeug bei Abweichungen von diesem durch einen Elektromotor an der Lenksäule automatisch wieder auf Kurs gebracht wird. Dabei ist ein Abstand zu einem voran fahrenden Fahrzeug von 3 Metern einzuhalten, da die Kamera in einer Position angebracht ist, sodass sie die Leitlinie in genau diesem Bereich erfassen kann. Durch den Einsatz der Niederflertechnologie ist ein ebener Ein- und Ausstieg auf Bordsteinniveau möglich. Testbetriebe laufen seit Anfang 2001 sowohl in den französischen Städten Clermont-Ferrand und Rouen.¹⁰



Abbildung 24 - Cristallis von Irisbus

(Quelle: MAN Nutzfahrzeuge AG)

Das intermediäre Fahrzeugkonzept Phileas von VDL basiert auf Einfach- und Doppelgelenkbussen, die ebenfalls ein Spurführungssystem integriert haben. Das Fahrzeug folgt mittels Radumdrehungsmessung einem im Fahrzeug gespeicherten

¹⁰ Vgl.: N.N. ; Rubber Tired Trams and BRT Projects in the Paris Region – Trip Report; 2002; S.33

Streckenverlauf. Positionskorrekturen werden über im Boden eingelassene magnetische Baken veranlasst, die alle 4 Meter in die Fahrbahn eingelassen werden. Der Antrieb erfolgt mittels Verbrennungskraftmaschine beziehungsweise elektrisch. Der Vorteil des Spurführungsmodus liegt in der Lenkbarkeit aller Räder, wodurch es dem Fahrzeug ermöglicht wird, seitlich nahezu abschließend an die Gehsteigkante heranzufahren. Seit dem Jahr 2004 kommt der Phileas im niederländischen Eindhoven versuchsweise zum Einsatz.¹¹



Abbildung 25- VDL-APTS-Phileas

(Quelle: VDL-APTS)

3.2.2.3 TVR

Das System TVR des Herstellers Bombardier Eurorail wird optional elektrisch, gespeist über eine Fahrdrathleitung und gebunden durch eine Spurführung betrieben oder aber handgelenkt mit dieselelektrischem Antrieb. Im Fall der Spurführung ist eine Führungsschiene aus Stahl in den Fahrweg eingelassen, mit der das Fahrzeug über zwei Doppelspurkranz-Räder, angebracht auf einem absenkbaren Führungsdrehgestell unter jeder Achse, verbunden ist. Da aber ein Betrieb abseits der geführten Strecke möglich sein soll, dient die Schiene nur der Lenkung im Spurführungsmodus und nicht als Fahrweg wie dies bei der Straßenbahn der Fall ist. Aus diesem Grund bewegt sich das

¹¹ N.N.; Phileas Advanced Public Transport Systems; Produktinformation VDL; Stand 2007

Fahrzeug auf Gummireifen, wodurch ein Betrieb am selben Verkehrsweg möglich ist wie für den Individualverkehr. Aus dieser Tatsache resultiert die alternative Bezeichnung TSP (Tramway sur Pneus). Auch der Begriff GLT (Guided Light Transit) wird vom Hersteller beziehungsweise in der Literatur häufig verwendet. Das Ein- und Ausfädeln aus der Schiene kann nur an bereits beim Infrastrukturbau vorgesehenen Stellen erfolgen, wodurch eine Reaktion auf Hindernisse im Streckenverlauf bedarfsgerecht nicht möglich ist. Bezüglich der Kapazität liegt der TVR mit einer Gesamtanzahl von 143 Plätzen über dem mittleren Fassungsvermögen der Kategorie „Intermediäre Systeme“. Auch der Anschaffungspreis liegt preislich circa 20% über dem Durchschnitt der Kategorie.¹²



Abbildung 26 - GLT von Bombardier

(Quelle: MAN Nutzfahrzeuge AG)

3.2.2.4 Stream

Der Trolleybus mit seiner Stromversorgung durch eine Oberleitung bildet das Gegenstück zur Straßenbahn im Portfolio emissionsfreier Transportmittel des ÖPNV. In beiden Fällen resultiert die Anbringung der externen Energiequelle oberhalb des Fahrzeuges in erster Linie aus sicherheitstechnischen Überlegungen. Die

¹² Vgl.: N.N. ; Rubber Tired Trams and BRT Projects in the Paris Region – Trip Report; 2002; S.28 ff

Stromleitungen können ohne komplexe Sicherheitsvorkehrungen in für das Transportsystem geeigneter Höhe, im Regelfall 5-7m über Fahrbahnniveau, verlegt werden, wodurch eine Berührung für sich am Boden bewegende Lebewesen, ob Mensch oder Tier, verhindert werden kann. Obwohl dieser Aspekt durchaus für Oberleitungssysteme spricht, spielt die Beeinträchtigung des Stadtbilds durch die Fahrdrähte insbesondere in Städten mit historischem Stadtkern eine nicht zu unterschätzende Rolle. So am Einsatz eines solchen Omnibussystems trotzdem festgehalten wird, muss daher eine Alternative für die Verlegung der Stromleitungen gefunden werden.

Eine solche bot der STREAM von Ansaldo-Breda, der das Stromzuführungssystem bereitstellte, mit Neoplan als Fahrzeughersteller. Der unisolierte Stromleiter wird bei diesem System in einem Schacht im Fahrweg geführt, abdeckt von voneinander isolierten, leitenden Einzellamellen. Nur durch Kontakt mit dem Fahrzeug wird die Stromleitung aktiviert, sodass jede Gefahr für Lebewesen ausgeschlossen werden kann. Unterhalb des Fahrzeugs ist hinter der Vorderachse ein Stromabnehmer angebracht, der pneumatisch abgesenkt oder angehoben werden kann. Durch einen am Stromabnehmer angebrachten Magneten werden die Abdecklamellen, die sich am Fahrweg jeweils unter dem Bus befinden, magnetisiert und der Leiter im Schacht herangezogen, wodurch die Stromleitung in Gang gesetzt wird. Da der Stromabnehmerkopf auf einer Schiene angebracht ist, auf der er seitlich verschiebbar ist, kann das Fahrzeug bis zu einem gewissen Grad, etwas weniger als eine Fahrzeugbreite von der Spur abweichen. Durch komplette Anhebung des Stromabnehmers ist ein Betrieb auch ohne Stromzuführungssystem mittels Traktionsbatterie möglich, wodurch ein ähnlich hohes Maß an Flexibilität wie beim Omnibus erreicht werden kann. Die Aufladung der Batterie erfolgt bei Anschluss an die Stromleitung während der Fahrt. Ein Testbetrieb lief bis 2004 in Triest und wurde danach eingestellt. Das System wird nicht mehr von Ansaldo angeboten.¹³

¹³ Vgl.: N.N. ; Verband Deutscher Verkehrsunternehmen ; Linienbus-Verkehrssysteme mit elektrischem Fahrentrieb; S.90ff



Abbildung 27 - Stream Ansaldobreda

Quelle: Ansaldobreda

3.2.2.5 Permanent spurgeführtes Bahnsystem mit Gummibereifung

Unter diesem Begriff werden alle Bahnsysteme mit im Fahrzeug integrierter Energiequelle zusammengefasst, die auf Gummireifen fahren und die Antriebsenergie über eine Fahrdradleitung zugeführt bekommen. Die Fahrzeugsteuerung kann sowohl manuell als auch automatisch ohne Fahrer erfolgen.

Das Bus-System Translohr stellt das der Straßenbahn am nächsten stehende Konzept intermediärer Fahrzeuge dar. Die ähnlich einem Omnibus auf Gummireifen laufenden Doppelgelenkfahrzeuge werden an einer in der Mitte der Fahrbahn angebrachten Schiene geführt, wobei je zwei v-förmig positionierte Spurkranzräder, die an absenkbaaren Führungsdrehgestellen, angebracht an den Achsen an der Unterseite des Fahrzeuges, befestigt sind, die Schiene umschließen.¹⁴

¹⁴ Vgl: N.N.; Verband Deutscher Verkehrsunternehmen; Busbahn – Möglichkeiten und Grenzen; Mitteilungen Nr. 10010; S. 20ff

Das Transportkonzept Translohr wurde vom Fahrzeughersteller Lohr Industries entwickelt und ist seit 2005 in Clermont-Ferrand in Betrieb. Ein Projekt in Padua ist bis dato nicht in Betrieb gegangen.



Abbildung 28 - Translohr von Lohr Industries (Modell)

(Quelle: MAN Nutzfahrzeuge AG)

3.2.3 Straßenbahn

Das urbane Bahnsystem wird permanent spurgeführt und über eine Fahrdrathleitung mit elektrischer Energie gespeist. Die Schienen sind alternativ in die Fahrstraße eingelassen oder liegen auf einem eigenen Gleiskörper, der nicht vom Individualverkehr benützt wird. Der modulare Aufbau ermöglicht durch Aneinanderhängen mehrerer Wagons die Bildung von Straßenbahnzügen mit einer Länge von bis zu 75 m und einem mittleren Personenfassungsvermögen von 188 Personen pro Fahrzeug. Auch bei Straßenbahnzügen ist der Trend zu nicht entkoppelbaren durchgängigen Großraumeinheiten zu bemerken.¹⁵

Die konventionelle Straßenbahn bildet das Gegenstück zum Omnibus als Extremausprägung in der Skala der Fahrzeuge des öffentlichen Personennahverkehrs.

¹⁵ Vgl.: § 58 ff Straßenbahnverordnung, Bundesgesetzblatt II, Nr. 76/2000



Abbildung 29 - Straßenbahn ULF Wiener Linien

(Quelle: MAN Nutzfahrzeuge AG)

4 Bedarfserhebung

4.1 Break-Even Analyse

4.1.1 Theoretische Einführung

Die Break-Even Analyse ist ein Verfahren der Teilkostenrechnung, das die Ermittlung jener Stückanzahl oder des Umsatzes erlaubt, bei der das Produkt oder die Produktpalette voll kostendeckend produziert werden kann. Der Break-Even Point ist somit jener Punkt, an dem der Erlös und die Kosten einer Investition oder eines Produktes ausgeglichen sind. Der Erlös ist definiert als das Produkt des Stückpreises und der Absatzmenge. Zur Ermittlung der Gewinnschwelle wird der Erlös abzüglich der variablen Kosten gleichgesetzt mit den Fixkosten. Die Differenz aus dem Verkaufspreis und den variablen Kosten pro Stück wird in der Kostenrechnung auch als Deckungsbeitrag 1 bezeichnet. Dieser wird in Relation zu den anfallenden Fixkosten gesetzt und ergibt somit eine repräsentative Kennzahl zur Analyse der Kostenstruktur.¹⁷

Generell kann zwischen der Ein- und Mehrproduktbetrachtung unterschieden werden. Erstere ermittelt die Absatzzahl eines einzelnen Produktes, durch deren Umsatz die Fixkosten gedeckt werden. Werden in die Berechnung mehrere Produkte miteinbezogen, so setzt sich die Break-Even-Menge aus mehreren Absatzmengen unterschiedlicher Produktarten zusammen. Aus diesem Grund ergibt die Kennzahl nicht die zu erreichende Stückzahl, sondern den zu erzielenden Umsatz.¹⁸

Um die einfache Handhabung dieser Bewertungsmethode gewährleisten zu können, werden einige restriktive Annahmen getroffen, die die Unternehmensabläufe nicht hundertprozentig realitätsgetreu erscheinen lassen, da sie die Dynamik der Wirtschaftsabläufe nicht mit einbeziehen.

- Äquivalenz von Produktionsmenge und Absatzmenge ohne Lagerhaltung

Es wird davon ausgegangen, dass die produzierte Stückzahl unverzüglich abgesetzt wird, wodurch keine Lagerzeiten entstehen und Lagerkosten somit auch nicht

¹⁷ Vgl: Kemmetmüller, W., Bogensberger, S.: Handbuch der Kosten-Rechnung; Service Fachverlag, 2001, 6. Auflage S. 251ff.

¹⁸ Vgl: Kemmetmüller, W., Bogensberger, S.: Handbuch der Kosten-Rechnung; Service Fachverlag, 2001, 6. Auflage S. 255ff.

anfallen. Diese Annahme trifft jedoch nur im Falle eines just-in-time Systems zu, bei jedem anderen Produktionssystem bildet dies die Realität nicht getreu nach.

- Konstanz der Verkaufspreise im Laufe der Abrechnungsperiode

Im Zuge eines Unternehmensjahres sind Schwankungen im Verkaufspreis eines Produktes durch Strategieänderungen oder unvorhergesehene Ereignisse im wirtschaftlichen Umfeld möglich, so dass ein gleichbleibendes Preisniveau nicht garantiert werden kann. Es können somit nachträglich Abweichungen der berechneten Break Even Menge entstehen.

- Konstantes Produktionsprogramm im Laufe der Abrechnungsperiode

Durch Maschinenausfälle, vorübergehend notwendige Stilllegung der Produktionsanlagen oder anders bedingte Ereignisse kann eine kurzfristige Änderung des Produktionsprogramms vorgenommen werden müssen. Dies kann auch eine zuvor vorgenommene Break Even Analyse beeinflussen.

- Linearer Gesamtkostenverlauf

Die Annahme, die Gesamtkosten stiegen linear mit der Ausbringungsmenge ist in im realen Unternehmensbetrieb kaum haltbar. In der Praxis ist zumeist ein verhältnismäßig stärkerer Anstieg der gesamten Kosten gegenüber der Outputmenge zu beobachten, so dass sich in der graphischen Darstellung ein S-förmiger Kurvenverlauf abzeichnet. Wissenschaftlich betrachtet, liegt dieser Beobachtung das Gesetz des zunehmenden Kosten- und abnehmenden Ertragzuwachses zugrunde. Eine quantitative Steigerung eines Produktionsmittels bewirkt demnach, unter Konstanz der übrigen Produktionsfaktoren, zuerst Grenzertragszuwächse, ab einer gewissen Inputschwelle jedoch abnehmende Grenzerträge.¹⁹

¹⁹ Vgl.: Mankiw, G.: Principles of Economics; Harcourt College Publishers, 2001, 2. Auflage S. 273ff.

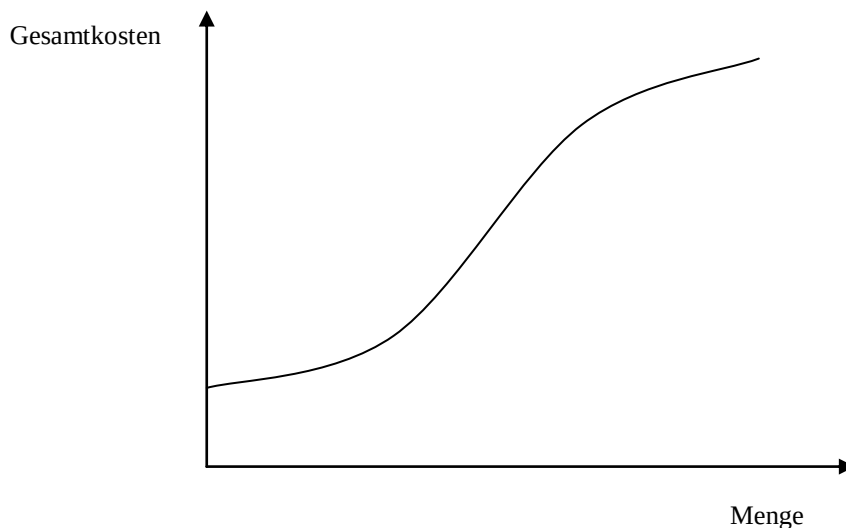


Abbildung 30 - S-förmiger Gesamtkostenverlauf

Trotz dieser Einschränkungen stellt die Break-Even Analyse aufgrund der geringen Anwendungskomplexität ein bedeutendes Steuerungsinstrument für die Unternehmensplanung dar.

4.1.2 Modell

Im Rahmen dieser wissenschaftlichen Arbeit wurde eine Break-Even-Analyse der Transportmittel des ÖPNV durchgeführt, die Gegenstand dieser Abhandlung sind. Ziel dieser Untersuchung ist die Ermittlung der zu leistenden Platzkilometer pro Jahr, ab der die Gewinnschwelle überschritten wird, so dass sich die Anschaffung und der Betrieb des Verkehrsmittels rechnen. Hierbei werden die drei Kategorien Omnibus, Busbahn und Straßenbahn einander gegenübergestellt.

Aus den Werten der einzelnen Ausprägungen der jeweiligen Fahrzeugkategorien beziehungsweise aus den unterschiedlichen Quellen wurden Mittelwerte errechnet, um eine Reduzierung auf die drei Grundtypen zu ermöglichen und ebenfalls für die Bewertungsmerkmale Durchschnittswerte zu erhalten.

Zu Beginn wird der Deckungsbeitrag ermittelt.

$$DB = P - k_{op}$$

Formel 1 - Deckungsbeitrag

Der Break-Even-Point ist jener Wert x , an dem die Summe der Investitions- und Fixkosten äquivalent zur Differenz des Fahrpreises und der operativen Kosten pro Platzkilometer, multipliziert mit der Anzahl der geleisteten Platzkilometer, ist.

$$\sum_{i=1}^n I + \sum_{i=1}^n k_{fix} = (P - k_{op}) \times x$$

Formel 2- Break Even - Gleichsetzung

Durch Explizitstellung von x ergibt sich der BEP somit aus dem Quotienten der Summe von Investitions- und Fixkosten und dem Deckungsbeitrag.

$$BEP = \frac{\sum_{i=1}^n I + \sum_{i=1}^n k_{fix}}{DB}$$

Formel 3 - Break Even Point

4.1.3 Annahmen

Bei der im vorliegenden Fall durchgeführten Analyse liegt die Intention in der Konzeptionierung eines Kaufentscheidungsinstrumentes. Die Gewinnschwelle stellt daher die zurückzulegenden Platzkilometer pro Jahr dar.

Platzkilometer ist eine im Bereich des öffentlichen Personennahverkehrs gängige Maßeinheit, die das Produkt der zurückgelegten Kilometer pro Zeiteinheit und der zur Verfügung stehenden Passagierplätze pro Fahrzeug beschreibt. Die Auslastung der bereitgestellten Beförderungskapazität wird hier nicht berücksichtigt.²⁰

Die in 4.1.1 erläuterten restriktiven Annahmen zur vereinfachten Anwendung können im folgenden konkreten Break-Even Modell durch die Umlegung der Zielgröße von zu produzierenden Gütern auf Platzkilometer zum Teil erfüllt werden, wodurch das Ergebnis realitätsgetreuer erscheint als bei konventionellen Break-Even Analysen.

Die Annahme gleich großer Produktions- und Absatzmengen und somit wegfallender Lagerkosten kann im konkreten Fall auf die zur Verfügung gestellten Plätze und geleisteten Kilometer (produzierte Menge) im Fahrzeug umgelegt werden. Für leer stehende Plätze fallen daher zwar keine Lagerkosten pro Platz an, jedoch beispielsweise Unterstellkosten für ungenutzte Fahrzeuge aufgrund einer geringeren Nachfrage.

Die Konstanz der Verkaufspreise über eine Abrechnungsperiode, im konkreten Fall des Beförderungsgeldes, kann überwiegend gewährleistet werden, da die Tarifbildung im ÖPNV eher strategischen Charakter hat und eine Anpassung innerhalb einer Abrechnungsperiode aufgrund exogener Einflüsse aus der Unternehmensumwelt eher selten vorgenommen wird.

Das konstante Produktionsprogramm über eine Abrechnungsperiode ist im umgelegten Fall die Bereitstellung der Beförderungsplätze. Bei den konventionellen Fahrzeugen, Straßenbahn und Omnibus, ist diese Annahme erfüllt, da das Fahrzeug selbst nicht größenmäßig an die Nachfrage adaptierbar ist und der Betreiber nicht kurzfristig bei fehlender Nachfrage weniger Fahrzeuge in Umlauf schicken kann, da sonst Lücken im Fahrangebot entstehen würden. Langfristig gesehen hat der Betreiber natürlich die Möglichkeit die Fahrtenintervalle zu vergrößern, wobei dies wiederum die Akzeptanz bei den verbliebenen ÖPNV-Nutzern beeinträchtigen und sich somit eine Negativspirale entwickeln würde. Die tendenzielle Intention der Nutzfahrzeughersteller Fahrzeuge für den ÖPNV zu entwickeln, die sich aus kleinen modularen Einheiten mit einer

²⁰ Vgl.:N.N.; Das Fachwort im Verkehr-Grundbegriffe des ÖPNV; Alba Fachverlag in Zusammenarbeit mit dem VDV, Düsseldorf 2006

unaufwendigen Kopplungseinrichtung zusammen setzen lassen, ermöglicht auch kurzfristig eine Kapazitätsadaptierung. Derartige Konzepte befinden sich jedoch noch in der Entwicklungsphase und sind daher momentan nicht am Markt erhältlich.

Die Annahme des linearen Gesamtkostenverlaufs ist auch für die hier umgelegte Form der Break- Even Analyse nicht haltbar.

Im Folgenden werden die einzelnen in die Analyse einfließenden Komponenten diskutiert.

4.1.3.1 Erlöse

Da in der vorliegenden Analyse nicht die zu produzierende Stückzahl eines Produktes, sondern die geleisteten Platzkilometer des Transportmittels das Entscheidungskriterium darstellen, resultiert der Erlös nicht aus dem Verkaufspreis des einzelnen Fahrzeuges. Aus Sicht des Betreibers, der durch seine Transportdienstleistung die Kosten des eingesetzten Fahrzeuges decken muss, ist daher das Beförderungsentgelt pro Platzkilometer anzusetzen.

Der dieser Betrachtung zu Grunde gelegte Fahrpreis ist ein Durchschnittswert, der sich aus dem Gesamtumsatz über alle Verkehrsmittel des Jahres 2007 der Wiener Linien in Relation zu den geleisteten Gesamtplatzkilometern aller Verkehrsmittel desselben Jahres errechnet.

Als Referenz für diese Annahmen wurden Betriebsangaben der Wiener Linien GmbH und Co KG herangezogen.

4.1.3.2 Operative Kosten

Als operative Kosten werden in diesem Fall alle Aufwendungen interpretiert, die in Abhängigkeit zu der Platzkilometerleistung pro Jahr stehen und mit ihr variieren. Der Fahrzeugpreis wird somit pro Platzkilometer angegeben, da die Mengen der bereitgestellten Plätze mit der Fahrzeuggröße und daraus resultierend dem Fahrzeugpreis variiert. Dieser ergibt sich folglich aus dem Mittelwert der Fahrzeugkategorie, gebildet aus dem Fahrzeugpreis je Typ dividiert durch das Produkt der Anzahl der jeweiligen Fahrgastplätze, der Lebensdauer des Fahrzeugs und die

Kilometerlaufleistung pro Jahr. Die angenommene durchschnittliche Nutzungsdauer sowie die Laufleistung für Straßenbahn, Omnibus und Busbahn resultieren aus Erfahrungswerten der Wiener Linien. Die Kapazitätsangaben sind Durchschnittswerte, ermittelt aus Angaben von Deutsch/Pütz, Hondius sowie der UITP. Eine tabellarische Aufstellung dieser Daten ist in Appendix II beigelegt.

Tabelle 1- Durchschnittliche Nutzungsdauer, Kapazität, Laufleistung stellt relevante Parameter für die Ermittlung der operativen Kosten dar.

	Straßenbahn	Omnibus	Busbahn
Nutzungsdauer (in Jahren)	30	15	22
Personenkapazität	188	126	134
Kilometerlaufleistung/Jahr	60.000	60.000	60.000

Tabelle 1- Durchschnittliche Nutzungsdauer, Kapazität, Laufleistung

Die relativen Kraftstoff-, Reifen-, wie auch Reparatur- und Wartungskosten werden ebenfalls pro Platzkilometer angegeben.

4.1.3.3 Fixe Kosten

Unter diesem Punkt werden alle Aufwendungen zusammengefasst, die jährlich pro Fahrzeug anfallen, unabhängig von der Einsatzhäufigkeit des Verkehrsmittels. Neben der Kfz-Steuer und der Haftpflicht- und Kaskoversicherung sind hier auch die gesamten Personalkosten erfasst, da kurzfristig betrachtet weder das Fahr- noch das Wartungspersonal mit den zurückgelegten Platzkilometern variiert.

Auch der Betriebshof, der von Größe und Beschaffenheit des Verkehrsmittels abhängt, kurzfristig gesehen jedoch nicht von der Einsatzhäufigkeit des Fahrzeugs, wird aus dem nur auf die jeweilige Nutzungsdauer aufgeteilt.

4.1.3.4 Investitionskosten

Diese Kostenart umfasst alle Aufwendungen, die einmalig zu Projektbeginn getätigt werden müssen, um den Betrieb des Transportsystems zu gewährleisten. Die Investitionskosten werden auf eine Abschreibedauer, die mit der üblichen Nutzungsdauer gleichzusetzen ist, aufgeteilt, so dass die Kosten pro Jahr angesetzt werden.

Zu den Investitionskosten werden alle Aufwendungen für eine Linie gerechnet. Die Autorin nimmt hier die Strecke der Linie 31 des Wiener Straßenbahnnetzes als Referenz an, die auf einer Länge von 22,752 km von Wien-Stammersdorf bis zum Schottenring im 1. Wiener Gemeindebezirk und retour führt.

Aus den Angaben für eine Neuerstellung des Fahrwegs einerseits und eine Adaptierung vorhandener Infrastruktur andererseits wurde ein Mittelwert gebildet um die Realität abzubilden. Meist besteht nämlich die Situation, dass die Erstellung eines Fahrwegs so stattfindet, dass dieser zum Teil in vorhandene Infrastrukturen eingebaut wird, aber auch in anderen Abschnitten von Grund auf völlig neu erstellt werden muss. Die Abschreibedauer ist mit 30 Jahren anzusetzen.

Für Straßen- und Busbahn müssen des Weiteren das Fahrzeug mit elektrischer Energie speisende Fahrleitungen und die als Energieversorgungsstationen dienenden Unterwerke verlegt werden, die ebenfalls in die Investitionskosten miteinbezogen werden. Fahrleitungen und Unterwerke sind ebenfalls auf 30 Jahre abzuschreiben.

Weiters werden auf dem Streckenverlauf sowohl einer Straßen- als auch einer Busbahn Signaleinrichtungen benötigt, welche in dieser Kostenart einfließen. Diese werden aufgrund der technologischen Weiterentwicklung am Signalanlagen Sektor auf 10 Jahre abgeschrieben.

Auch die finanziellen Aufwendungen für Haltestellen sind einmalige Anschaffungen und können daher unter den Investitionskosten subsumiert werden. Für das numerische Exempel ist aus der Praxiserfahrung hierzu ein durchschnittlicher Haltestellenabstand von 500m anzunehmen. Die Anzahl der auf einer Linie angebrachten Haltestellen ergibt sich somit aus der Kilometerlänge der Linie dividiert durch den durchschnittlichen Haltestellenabstand. Die Abschreibungsdauer ist mit 10 Jahren anzusetzen.

Sämtliche Investitionskosten wurden in der exemplarischen Berechnung in Geldeinheit pro Jahr für eine Linie angegeben. In die Break Even Analyse gehen sie nur anteilig für die Anzahl der der Linie zurechenbaren Fahrzeuge ein.

gegebene Daten:	in EUR	Transportmittel			Einheit
		Straßenbahn	Omnibus	Busbahn	
Operative Kosten	Fahrpreis/Platzkilometer	0,02451	0,02451	0,02451	€/Platzkilometer/Jahr
	Fahrzeugpreis/Platzkilometer	0,00034762049	0,000111021670	0,00052019481	€/Platzkilometer/Jahr
	Kraftstoff-/Energiekosten	0,0011	0,0032	0,0009	€/Platzkilometer/Jahr
	Reparatur- und Wartungskosten	0,0037	0,0028	0,0024	€/Platzkilometer/Jahr
	Reifenkosten	0,0000	0,0004	0,0004	€/Platzkilometer/Jahr
	Summe	0,0049	0,0065	0,0037	€/Platzkilometer/Jahr
	Deckungsbeitrag 1	0,0196	0,0181	0,0208	
Fixkosten	Gesamte Personalkosten	299.000,00	184.000,00	241.500,00	€/Jahr
	Betriebshof	23.333,33	3.366,67	6.666,67	€/Jahr
	Haftpflicht- und Kaskoversicherung	3.825,00	2.900,00	2.900,00	€/Jahr
	Kapitalverzinsung	76.330,00	17.281,00	17.281,00	€/Jahr
	Sonstiges	37.000,00	17.400,00	27.200,00	€/Jahr
	Summe	326.158,33	190.266,67	251.066,67	
Investitionskosten	Umbau zur Busspur	0,00	734.813,76	0,00	€/Jahr
	Busstraße neu				€/Jahr
	Unterbau	116.338,56	0,00	0,00	€/Jahr
	Oberbau Vignolschienenleis	1.417.263,03	0,00	0,00	€/Jahr
	Oberbau Rillengleis / Rasengleis				€/Jahr
	Wiederherstellung Straße	345.147,84	0,00	345.147,84	€/Jahr
	Fahrleitung	694.087,68	0,00	203.857,92	€/Jahr
	Unterwerke (per Stk.) alle 10km	55.059,84	0,00	55.059,84	€/Jahr
	Signal, Streckenkabel, Fernmeldeeinrichtung	884.142,72	0,00	884.142,72	€/Jahr
	Haltestelle Stadtbahn/TVR (Haltestellenabstand: 500 m)	535,13	0,00	535,13	€/Jahr
	Haltestelle Bus (Haltestellenabstand: 500 m)	0,00	418,64	0,00	€/Jahr
	Summe	3.512.574,80	735.232,40	1.488.743,45	€/Jahr
	durchschnittliche Gesamtplatanzahl	188	126	134	Plätze

Tabelle 2 - Kostenvergleich Straßenbahn, Omnibus, Busbahn

4.1.4 Ergebnis

Aus den in der Herstellerindustrie ermittelten Kostenangaben wurde ein exemplarischer Anwendungsfall abgeleitet, mit der Intention einen Richtwert für die Beförderungskapazität an der Rentabilitätsschwelle zu erhalten.

Aus den ermittelten Schwellenwerten der geleisteten Platzkilometerleistung pro Jahr sind die Intervalle ersichtlich, in denen die jeweiligen Transportmittel kostendeckend betrieben werden können. Die Kennzahl *Platzkilometer/Jahr* gibt an, wie bereits zuvor erläutert, wie viele Kilometer innerhalb der gewählten Zeiteinheit auf dem betrachteten Teil des Verkehrssystems insgesamt zurückgelegt werden, multipliziert mit den pro Fahrzeug angebotenen Fahrgastplätzen.

	Transportmittel			Einheit
	Straßenbahn	Omnibus	Busbahn	
Gemittelter Gesamtfahrpreis	0,02	0,02	0,02	€/Platzkilometer/Jahr
Operative Kosten	0,0049	0,0065	0,0037	€/Platzkilometer/Jahr
Deckungsbeitrag 1	0,02	0,02	0,02	€/Platzkilometer/Jahr
Fixkosten	326.158,33	190.266,67	251.066,67	€/Jahr
Investitionskosten	213.692,76	127.665,88	93.046,47	€/Jahr
BEP	27.498.684	17.609.324	16.539.287	Platzkilometer/Jahr

Tabelle 3 - Break Even Analyse - Anwendungsbeispiel

Ab einer Betriebsleistung von 16.539.287 Platzkilometern pro Fahrzeug und Jahr stellt die Busbahn das einzig rentable Transportmittel des ÖPNV dar. Dieses Ergebnis ist zurückzuführen auf die vergleichsweise geringen Investitionskosten für Infrastruktur, anteilig gerechnet auf die einer Linie zuzurechnenden Fahrzeuge und Fixkosten pro Jahr und Fahrzeug, die nur um 25% höher sind als für den Omnibus, jedoch wiederum um 25% niedriger als für die Straßenbahn sind. Weiters ist die Beförderungskapazität intermediärer Transportsysteme ähnlich hoch wie bei Straßenbahnen. Ab 17.609.324 geleisteten Platzkilometern pro Jahr erreicht auch der Omnibus den Break Even Point und kann kostendeckend betrieben werden. Bei einer über 27.498.684 hinausgehenden Platzkilometerleistung im Zeitraum eines Jahres stellt die Straßenbahn schlussendlich ein kostendeckend operierendes Verkehrsmittel dar.

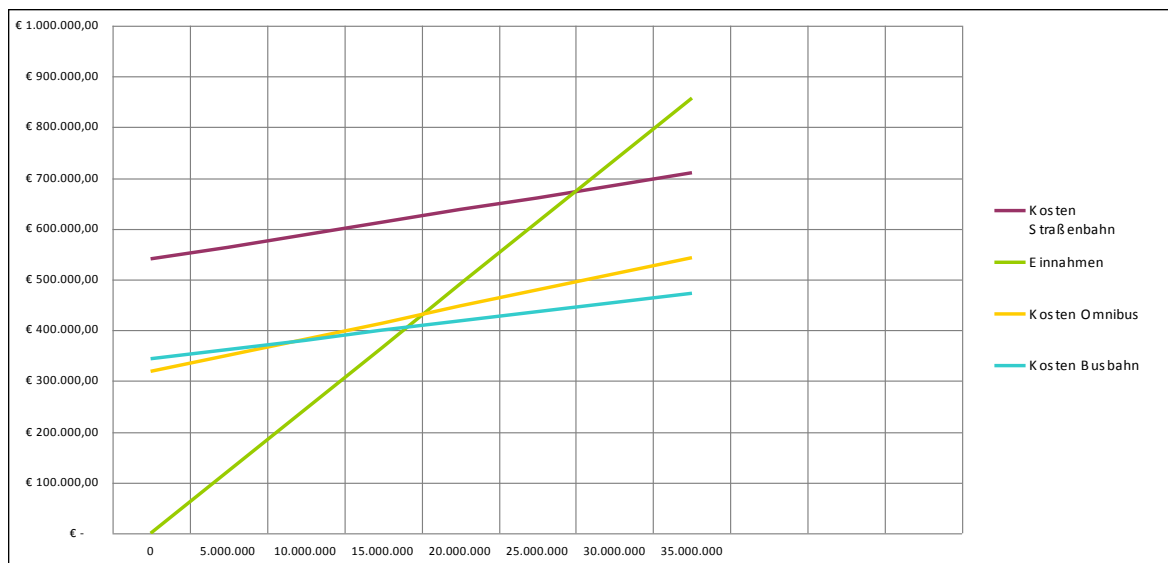


Abbildung 31 - Graphische Darstellung des Anwendungsbeispiels

4.2 Wirtschaftliche Randbedingungen

4.2.1 Nutzwertanalyse

Scoring - Modelle bieten eine Möglichkeit der Gesamtwertermittlung mit dem Ziel Produkte, betriebliche Entscheidungsvarianten oder personelle Ressourcen bezüglich ihrer Eignung für einen Projektsachverhalt in Relation zueinander zu beurteilen. Aufgrund der einfachen Handhabung werden sie in der Unternehmenspraxis häufig zur Entscheidungsfindung herangezogen, wenngleich sie auch aufgrund implizit getroffener Annahmen nur unterstützend wirken können.²¹

Die Nutzwertanalyse zählt als häufig eingesetztes Entscheidungsinstrument zu den Scoring - Modellen. Sie kann als Entscheidungsverfahren definiert werden, das mehrere Handlungsalternativen in Anbetracht ihrer Zielsetzung bezüglich der Präferenzen des Entscheidungsträgers ordinal reiht, wobei die monetäre Quantifizierung außer Acht bleibt. Die aus der Analyse resultierenden Nutzwerte bilden schließlich die Ordnung ab.²²

Um den Nutzen der Transportsysteme Omnibus, Straßenbahn und Busbahn zu ermitteln, wurde daher eine Nutzwertanalyse unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Betreiberumfrage, auf die in Kapitel 3.1. näher eingegangen wird, und der Daten aus der Kostenanalyse, siehe Kapitel 6.2.1. durchgeführt.

Im Folgenden werden die einzelnen durchgeführten Verfahrensschritte angeführt und im Detail erklärt.

4.2.1.1 Modell

Der Gesamtnutzen für eine Alternative setzt sich aus den Einzelnutzen der jeweiligen zu bewertenden Kriterien zusammen, gewichtet nach ihrer Priorität.

$$N(v_j) = \sum_{i=1}^m n_{i,j} \times g_i$$

Formel 4 – Gesamtnutzen

²¹Vgl.: Fahrmeir, L.; Hamerle, A.; Tutz, G.; Multivariate statistische Verfahren; de Gruyter, 2. Auflage; Berlin / New York; 1996

²² Zangemeister, C.; Nutzwertanalyse in der Systemtechnik. Eine Methodik zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projekialternativen; 2. Auflage; München ; 1971

Aus den Alternativen ist jene mit dem höchsten Gesamtnutzen zu wählen.

$$\max N(v_j) = \max \sum_{i=1}^m n_{i,j} \times g_i$$

Formel 5 - Maximierung des Gesamtnutzens

4.2.1.2 Kriterien für die Bewertung der einzelnen Alternativen

Im ersten Schritt wurden die Bewertungskriterien, nach denen die einzelnen Transportsysteme beurteilt wurden, festgelegt. Die ausgewählten Faktoren stehen für die in der, im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten und in Kapitel 3.1 vorgestellten, Umfrage am stärksten proklamierten Themenbereiche. Da die Antworten im Zuge eines offenen Fragebogens spontan gegeben wurden, ohne Beeinflussung durch vorgegebene Alternativen, ist davon auszugehen, dass die angesprochenen Themen und somit auch die definierten Kriterien für die Befragten von großer Bedeutung sind.

a) Kapazität

Das Fassungsvermögen des eingesetzten Fahrzeugs gewinnt einerseits durch wachsende Bevölkerungszahlen in urbanen Gebieten und andererseits der vermehrten Nutzung öffentlicher Transportmittel zu Verkehrsspitzenzeiten aufgrund der Überlastung der Straßen durch den Individualverkehr, in den Kommunen zunehmend an Bedeutung. Die Umfrage zeigt, dass die Gefäßgröße ein zentrales Thema bei der Fahrzeugauswahl ist und insbesondere in die Abwägung der Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Verkehrsmittel einfließt. Aus diesem Grund wurde die Kapazität als Bewertungskriterium gewählt.

b) Abhängigkeit Spurführung

Die Bindung des Fahrzeuges an eine vorgegebene Spur, unabhängig davon durch welche Art der Vielzahl von Leitsystemen dies bewerkstelligt wird, weist sowohl Vor- als auch Nachteile auf. Einerseits kann durch Spurführung die Fahrsicherheit des Transportmittels erhöht und der Fahrer entlastet werden, da ein Teil der Fahrzeuglenkung durch das Führungssystem übernommen wird. Weiters kann bei

entsprechender Auslegung auch Verkehrsraum gespart werden, da die Fahrbahnbreite und der Abstand zwischen den Fahrwegen reduziert werden kann. Andererseits wird die Flexibilität des Gefährts durch eine Spurführung massiv eingeschränkt, da ein Abweichen von der Leitlinie nicht oder nur schwer möglich ist. Ein Umfahren etwaiger Hindernisse auf dem Verkehrsweg oder gar eine Änderung der Fahrroute ist somit je nach Wahl des Leitsystems mit mehr oder weniger großem Aufwand verbunden.

Die in der Nutzwertanalyse untersuchten Transportmittelalternativen weisen einen unterschiedlichen Grad an Spurabhängigkeit auf. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache und aufgrund der oben genannten Vorzüge beziehungsweise Mankos einer Fahrwegbindung fallen die Umfrageergebnisse diesbezüglich divergent aus. Da die Beteiligung an den relevanten Fragen jedoch 85% beträgt, ist davon auszugehen, dass dieser Faktor eine Rolle in der Kaufentscheidung spielt und somit auch einen wesentlichen Beitrag zum Nutzwert liefert.

Das Bewertungskriterium „Abhängigkeit Spurführung“ konzentriert sich auf die Frage, inwieweit das jeweilig zu bewertende Fahrzeug eine Spurführung zwangsläufig benötigt, wie dies bei der Straßenbahn der Fall ist, beziehungsweise ob diese optional ist, wie dies die unterschiedlichen Fahrzeugkonzepte, die sich als „Busbahn“ verstehen, aufweisen.

Die Frage der Flexibilität des Fahrzeuges wird in einem gesonderten Kriterium behandelt.

c) Modularität

Der Ruf nach variabler Kapazitätsanpassung der Fahrzeuge an eine naturgemäß schwankende Nachfrage, welche eine höhere Rentabilität nach sich zieht, wird bei den Probanden bezüglich mehrerer Fragestellungen der Umfrage laut. Vor allem die kurzfristige Flottengrößenadaptierung ist von Bedeutung, da einerseits die Verkehrsspitzen mit hohem Fahrgastaufkommen abgedeckt werden müssen, die Fahrzeuge andererseits jedoch zu den Überbrückungszeiten vor- und nachmittags weniger ausgelastet sind und somit auch kleinere Gefäßgrößen zum Einsatz kommen könnten. Da die Kapazitätsadaptierung von den Probanden sowohl in der allgemeinen Abwägung der Vor- und Nachteile von Omnibus und Straßenbahn als auch in den

Anforderungen an das Fahrzeug beziehungsweise das gesamte Transportsystem einbezogen wird, ist davon auszugehen, dass ebenso dieses Kriterium eine wesentliche Rolle bei der Einsatzentscheidung und somit auch für den Nutzwert spielt und daher in der Analyse Eingang findet.

d) Wirtschaftlichkeit

Das Thema „Wirtschaftlichkeit“ als zu berücksichtigender Entscheidungsfaktor spiegelt sich ebenfalls in den Ausführungen der befragten Betreiber wider und fließt daher in die Nutzwertanalyse ein.

Im Rahmen dieser Arbeit wird der Terminus „Wirtschaftlichkeit“ als Relation der Gesamtkosten zur durchschnittlichen Gesamtplatzanzahl definiert und nicht wie sonst üblich als Relation des Ertrages zum entstandenen Aufwand. Der Grund hierfür liegt in der Tatsache, dass im Zuge der durchgeführten Kostenanalyse, festgestellt wurde, dass eine Amortisation der anfallenden Kosten ohne Förderungen durch kommunale und staatliche Einrichtungen nur sehr langfristig gesehen möglich ist.

e) Systemintegration

Die Möglichkeit ein Transportsystem in ein bereits bestehendes Verkehrssystem integrieren und somit vorhandene Infrastruktur nützen zu können, erhöht, wie die Umfrageergebnisse zeigen, die Attraktivität in Bezug auf die Bereitschaft des Betreibers ein Fahrzeug einzusetzen. Da 90% der Befragten die Integration in ein vorhandenes System als wichtig einstufen, trägt dieser offensichtlich zum Gesamtnutzen eines Personenbeförderungsmittels bei und wurde daher in die Bewertungskriterien aufgenommen.

f) Flexibilität

Das Bewertungskriterium „Flexibilität“ wird zwar bereits in der Definition des Kriteriums „Abhängigkeit Spurführung“ aufgegriffen, ist dort jedoch nur ein Teilaspekt, beziehungsweise ist eine eingeschränkte Flexibilität eine Folge der Spurgebundenheit. Aus diesem Grund wird „Flexibilität“ in der Nutzwertanalyse separat bewertet. Das Kriterium umfasst die Fähigkeit des Fahrzeugs einem in der Fahrlinie befindlichen Hindernis auszuweichen oder auf Routenänderungen durch Verlassen des Leitsystems

und autonomes Fahren reagieren zu können. Die Aufnahme in den Bewertungskatalog wird durch eine mehrfache Nominierung in Bezug auf unterschiedliche Fragestellungen als bedeutsam erachtet.

g) Lokale Emissionsfreiheit

Bedingt durch die auch für den ÖPNV und SPNV geltenden Umweltvorschriften gewinnt der Einsatz umweltfreundlicher Antriebe immer mehr an Bedeutung. Der Versuch der Kommunen die Feinstaubbelastung in den Ballungszentren zu senken, zwingt auch die Betreiber und in weiterer Folge daher ebenfalls die Fahrzeughersteller sich mit dieser Thematik auseinanderzusetzen. Da der öffentliche Verkehr auch als Politikum eine bedeutende Relevanz aufweist, werden emissionsfreie beziehungsweise –arme Antriebsarten gefördert und in der Öffentlichkeit zur Diskussion gestellt, so dass die Akzeptanz des ÖPNV bedingt durch den Imagegewinn laut der Betreiber in der Bevölkerung zunimmt.

Aus dem Umfrageergebnis ist ersichtlich, dass der Einsatz umweltfreundlicher Antriebe eine bedeutende Rolle spielt und daher den Gesamtnutzen des ausgewählten Fahrzeugs erhöht. Unter Berücksichtigung dieses Resultats wurde die lokale Emissionsfreiheit als Bewertungskriterium aufgenommen.

h) Anschaffungskosten und Betriebskosten

Die Anschaffungs- und Betriebskosten haben bei der Fahrzeugauswahl prioritären Charakter. Als wirtschaftstreibende Unternehmen haben auch Verkehrsbetriebe das unternehmerische Ziel, einen möglichst hohen Umsatz zu erzielen und gleichzeitig die anfallenden Investitions- und Betriebskosten zu minimieren. Die Kostenbetrachtung leistet hierzu einen wesentlichen Beitrag bei der Fahrzeugauswahl. Die Hälfte der Probanden nennen dieses Kriterium bei den Fragestellungen nach Vor- und Nachteilen von Omnibus beziehungsweise Straßenbahn. Aus den genannten Gründen werden daher sowohl Anschaffungs- als auch Betriebskosten als Kriterien in der Nutzwertanalyse behandelt.

Die Anschaffungskosten beinhalten in der Definition dieser Arbeit die vor Betriebsaufnahme anfallenden finanziellen Aufwendungen für das gesamte Verkehrssystem und nicht nur für das Fahrzeug an sich.

i) Rohstoffunabhängigkeit

In Anbetracht der steigenden Treibstoffpreise manifestiert sich die Antriebsauswahl, insbesondere die Sondierung alternativer Antriebe als Fixgröße im Auswahlprozess bei Fahrzeuginvestitionen. Während die herkömmliche Straßenbahn mit elektrischer Energie über eine Oberleitung gespeist wird, sind Omnibusse, so es sich nicht um Trolleybusse handelt, die ähnlich der Straßenbahn mit elektrischem Strom betrieben werden, mit Dieselantrieben ausgestattet. Die Dieselpreisentwicklung der letzten fünf Jahren zeigt eine Erhöhung um circa 52%.²³ Die Suche nach Antriebsalternativen, um von den teuren Kraftstoffen unabhängig zu werden, nimmt daher bei den Betreibern eine immer größere Rolle ein und wird somit in die Gesamtnutzenbewertung miteinbezogen.

j) Ökologisches Image

Wie bereits im Punkt „Lokale Emissionsfreiheit“ dargestellt, nimmt der ökologische Faktor bei der Fahrzeugentscheidung einen wesentlichen Stellenwert ein. Aufgrund der unterschiedlichen Umweltverträglichkeit der einzelnen Antriebsarten haftet den jeweiligen Transportmitteln ein mehr oder weniger gutes Image hinsichtlich Ökologie an. Die Intention der Verkehrsbetriebe einerseits eine möglichst hohe Nachfrage ihrer Beförderungsdienstleistung zu erwirken beziehungsweise andererseits die politische Akzeptanz zu verbessern, da der öffentliche Verkehr ohne Förderungen entweder nicht finanzierbar oder für den Endkunden unerschwinglich wäre, wird durch den Transport eines hochwertigen Umweltimages nach außen begünstigt.

4.2.1.3 Gewichtung der Kriterien

Die einzelnen zu bewertenden Kriterien nehmen im Gesamtnutzen einen unterschiedlich hohen Stellenwert ein. Aus diesem Grund wird den einzelnen Bewertungsfaktoren eine Gewichtung zugewiesen, die jeweils den Nutzenanteil repräsentiert.

²³ Vgl.: <http://www.omv.at/>; Letzter Zugriff: 21.01.2009

Im vorliegenden Fall der Verkehrsmittelbewertung wurde als Richtwert eine Gewichtung von 10% angenommen und je nach Stärke der Reklamation durch die Betreiber in der Umfrage hinauf oder hinunter korrigiert.

4.2.1.4 Feststellung und Bewertung der Merkmalsausprägungen bei den einzelnen Alternativen

Die Bewertung der einzelnen Kriterien wird nach einer fünfteiligen Skala vorgenommen, wobei 1 Punkt signalisiert, dass dieses Kennzeichen im Vergleich zu den anderen Verkehrsmitteln deutlich weniger signifikant ist als für die anderen Fahrzeugtypen. Die Punktzahl 5 hingegen wird für jenes Transportsystem vergeben, das das Kriterium am besten erfüllt. Im Folgenden werden die bewerteten Fahrzeugkategorien separat in Bezug auf die einzelnen zu bewertenden Faktoren behandelt.

		Transportmittel			
Bewertungskriterium	Gewichtung	Straßenbahn	Omnibus	Busbahn	Maximum
Kapazität	0,15	5	1	2	5
Abhängigkeit Spurführung	0,05	1	5	3	5
Modularität	0,03	3	1	5	5
Wirtschaftlichkeit	0,10	2	5	1	5
Systemintegration	0,07	1	5	4	5
Flexibilität	0,12	1	5	4	5
Lokale Emissionsfreiheit	0,10	5	1	4	5
Anschaffungskosten	0,10	1	5	2	5
Betriebskosten	0,08	1	2	5	5
Rohstoffabhängigkeit	0,10	5	1	2	5
ökologisches Image	0,10	5	1	4	5
Nutzwert		2,96	2,84	3,06	3,06

Tabelle 4 - Nutzwertanalyse der Transportalternativen des ÖPNV

Straßenbahn

Die Straßenbahn weist bezüglich notwendiger *Spurführung*, der Möglichkeit auf ein bestehendes Gesamtverkehrsnetz aufzubauen, der *Flexibilität* bei Störungen im Straßenverkehr sowie sowohl der *Anschaffungs-* als auch der *Betriebskosten* im Vergleich zu Omnibus und Busbahn die schlechtesten Nutzwerte auf.

Einen anderen Aspekt der Flexibilität jedoch bedienen Straßenbahnen hinsichtlich ihrer *modularen Einsatzmöglichkeit* sehr gut. So kann die Kapazität durch Koppelung einzelner Wagons variabel an die jeweilige Nachfrage adaptiert werden. Aus Sicht des Betreibers ist diese optionale Anpassung an eine schwankende Frequentierung des Straßenbahnbetriebs aber nur in begrenztem Maße gegeben. Da die Gefäßgrößen eines Wagons eher im oberen Kapazitätsbereich angesiedelt sind und daher der Sprung bei einer Erweiterung um ein Wagenteil sehr groß ist, ist eine optimale Adaptierung an geringe Nachfrageschwankungen nicht möglich. Zwar ist es denkbar und technisch möglich, eine große Anzahl kleiner Gefäßgrößen zu einem langen Zug zu koppeln, jedoch durch die Dimensionen der Bahnkomponenten sind Einheiten in der für dieses Konzept nötigen Dimension nicht ausreichend wirtschaftlich darstellbar. Dies gilt auch für den Bereich leichter Schienenfahrzeuge wie es Straßenbahnen darstellen.

Allgemein ist die Straßenbahn jedoch in Städten mit einer hohen Bevölkerungsdichte und einem daraus resultierenden hohen Beförderungsgrad das vorteilhafteste Transportmittel, insbesondere, wenn die Frequentierung des ÖPNV stark beziehungsweise tendenziell konstant ist. Eine hohe *Kapazität* wird von den Betreibern, wie aus der Umfrage hervorgeht, präferiert. In Relation erfüllt die Straßenbahn dieses Kriterium am besten.

Da die Tram einerseits mittels elektrischer Energie angetrieben wird, gespeist über ein Oberleitungsnetz, und andererseits auf einem Schienenbetrieb basiert, ist die Abhängigkeit von einem *Schienenleitsystem* eindeutig gegeben.

Die *Wirtschaftlichkeit* wird im Rahmen dieser Arbeit, wie bereits erwähnt, als Relation der Gesamtkosten zu der durchschnittlichen Gesamtplatzanzahl definiert. So betrachtet weist die Straßenbahn einen sehr hohen Durchschnittswert auf, wodurch der finanzielle Aufwand insbesondere aufgrund der aufwendigen Infrastruktur auch durch die erhöhte Kapazität nicht relativiert werden kann.

Da für die Straßenbahn eine hoch individuelle Infrastruktur in Form von Schienenunterbau und Stromzufuhrleitungen vonnöten ist, die nicht von andersartigen Verkehrsmitteln mitbenützt und auch die mit den Schienen belegte Verkehrsfläche nur teilweise von anderen Verkehrsteilnehmern befahren werden kann, da oftmals ein

baulich separater Gleiskörper vorliegt, wird die Möglichkeit der *Integration* in ein bestehendes ÖPNV-System als gering bewertet.

Das Kriterium „*Lokale Emissionsfreiheit*“ wird von der Straßenbahn am besten erfüllt, weshalb hier die höchste Punkteanzahl vergeben werden kann. Da der Zug ausschließlich über einen Stromabnehmer mit elektrischer Energie gespeist wird und keinen Verbrennungsmotor zum Antrieb benötigt, kann eine lokale Null-Emission erzielt werden. Eine generelle Emissionsfreiheit liegt nicht vor, da bei der Produktion von elektrischem Strom per se je nach Erzeugungsart Schadstoffe emittiert werden. Es wird somit im Rahmen dieses Kriterium nur der Schadstoffausstoß am Fahrzeug direkt bewertet.

Die *Anschaffungskosten* für ein Straßenbahnsystem sind aufgrund des hohen Infrastrukturaufwandes für den Betrieb und auch des Ankaufes des Fahrzeugs selbst sehr hoch. In Relation fallen für ein Straßenbahnsystem vor Betriebsaufnahme mehr als dreifach so hohe Kosten an wie für ein Omnibussystem, wobei hier nicht die Opportunitätskosten einer teilweisen Betriebsaufnahme mit eingerechnet werden. So ist zu bedenken, dass die komplette Strecke auf der die Straßenbahnlinie betrieben wird, mit Beginn des Betriebes bereits einsatzfertig sein muss, wohingegen bei einem Omnibussystem beispielsweise eine Umleitung der Route auf andere Verkehrswege möglich ist, wenn ein Teilstück noch nicht befahren werden kann.

Hohe Reparatur- und Wartungskosten im Vergleich zum Omnibus, bedingt durch die Systemanfälligkeit der Infrastruktur und die komplexe Technologie im Fahrzeug lassen unter anderem die *Betriebskosten* steigen. Dieses Kriterium wird daher für die Straßenbahn als nur geringer Anteil zum Gesamtnutzwert bewertet.

Ein gegenwärtiges Problem des Transportwesens ist die sich verschärfende Ressourcenknappheit des Rohstoffs Erdöl sowie daraus resultierend ein Anstieg der Treibstoffpreise. Wie bereits in der Bewertung des Kriteriums „*Lokale Emissionsfreiheit*“ aufgegriffen, erfolgt der Antrieb der Straßenbahn ausschließlich elektrisch. Abbildung 32 - Preisentwicklung von Diesel, Gas, Strom und Super ROZ 95 zeigt, dass der vom Endkunden zu zahlende Preis für Strom zwischen den Jahren 2004 und 2006 das Niveau gehalten hat beziehungsweise tendenziell eher gesunken ist.

Insbesondere bei Diesel und Benzin ist hingegen ein deutlicher Preisanstieg zu beobachten. Aus ökonomischer Sicht ist daher der elektrische Antrieb zu präferieren.

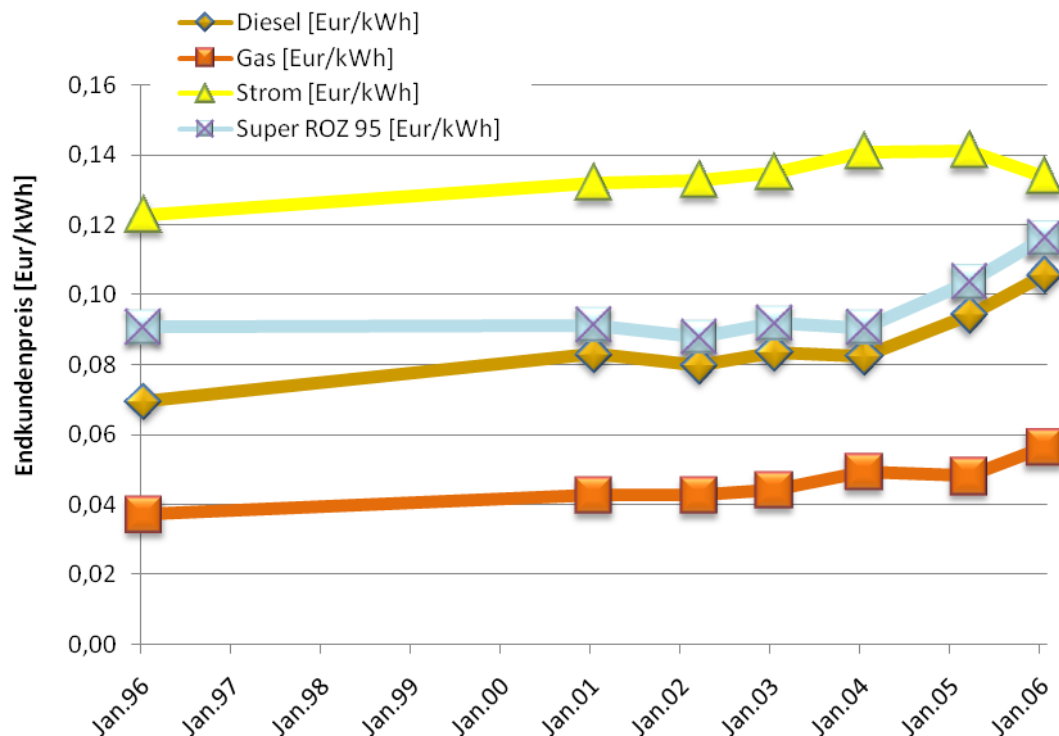


Abbildung 32 - Preisentwicklung von Diesel, Gas, Strom und Super ROZ 95

Quelle: Heavy Duty Zero Emission „Sauberer Bus- und Güter Fernverkehr in Österreich“; TU Wien et al.²⁴²⁵

Im Gegensatz zum Omnibus und zum Teil auch der Busbahn ist die Straßenbahn daher nicht an einen spezifischen Rohstoff gebunden, da die Herstellung elektrischen Stroms auf einer Vielzahl von Produktionsarten, beispielsweise auf Wasserkraft, thermischen oder geothermischen Kraftwerken, basieren kann.²⁶ In Relation zu Omnibus und Busbahn erfüllt die Tram das Kriterium „Rohstoffunabhängigkeit“ daher am besten.

²⁴ Datenquelle: N.N.; Gas and electricity market statistics, EUROSTAT, ISSN 1830-0472, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities; 2006

²⁵ Datenquelle: N.N.; Kraftstoffpreis History, OMV AG, online im Internet: www.omv.com, Letzter Zugriff: 14.12.2006; Verwendete Energiedichten: Diesel: 9,8kWh/l

²⁶ Vgl: Brauner, G.; Versorgungssicherheit Österreichs bis 2015 - Entwicklung der Erzeugungskapazitäten und deren Auswirkungen auf die Netzkapazitäten; <http://www.zukunftsforum-oesterreich.at/pressepapbrauner281004.pdf>; letzter Zugriff: 08.07.2008

Sowohl unter den Nutzern des ÖPNV als auch aus Sicht der kommunalen Entscheidungsträger weist die Straßenbahn ein sehr hochwertiges *ökologisches Image* auf. Maßgeblich dafür ist vor allem die bereits erwähnte lokale Emissionsfreiheit, bedingt durch den elektrischen Antrieb. In der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Betreiberumfrage bestätigt sich dieses Öffentlichkeitsbild. So wird die Umweltfreundlichkeit neben der Kapazitätserhöhung als herausragendster Vorteil angeführt. Das hohe ökologische Image liefert daher einen beachtlichen Anteil zum Gesamtnutzwert der Straßenbahn.

Omnibus

Der Faktor „*Kapazität*“ kann als Schwachstelle des Omnibusses gesehen werden. Das Fassungsvermögen liegt in Relation circa ein Drittel unter der Gesamtplatzanzahl der Straßenbahn. Auch die momentan verfügbaren Fahrzeuglösungen, die unter dem Begriff „Busbahn“ subsumiert werden können, haben eine im Durchschnitt, wenn auch nur um 10% höhere, Kapazität als der Omnibus. Aufgrund dieser Tatsachen wird der Omnibus für das Kriterium „*Kapazität*“ mit der niedrigstmöglichen Punkteanzahl bewertet.

Je größer das Fahrzeug, desto komplexer wird die Lenkung und Führung. Der Omnibus benötigt aufgrund der vergleichsweise geringen Fahrzeuglänge keine Spurbindung, wodurch er sich leichter an geänderte Streckenbedingungen adaptieren kann und nicht von *Spurführung* abhängig ist. Diese flexible Einsatzmöglichkeit, die aus der Unabhängigkeit von einer Spurführung resultiert, wird von zwei Drittel der Teilnehmer an der Umfrage als wichtigster Vorteil nominiert und wird daher in Hinblick auf den Nutzwert hoch bewertet.

Das Kriterium „*Modularität*“ wird vom Omnibus aus Sicht des Betreibers am schlechtesten bedient, da das Fahrzeug selbst nicht an wechselnde Nachfrage angepasst werden kann. Die Entscheidung der Adaptierung an die erforderliche Kapazität muss bereits bei der Beschaffung seitens des Betreibers durch die richtige Auswahl aus dem umfangreichen Produktportfolio berücksichtigt werden. Dieses erstreckt sich in engen Schritten von 6 Meter Länge bis zu Gelenkzügen von 18,75m.

Die aus der Relation der Gesamtkosten zum durchschnittlichen Personenfassungsvermögen errechnete Kennzahl, die im Rahmen dieser Arbeit für die *Wirtschaftlichkeit* steht, weist auf das Kostenszenario für den Omnibus angewendet, den niedrigsten Wert im statuierten Fahrsystemvergleich auf. Die für einen Omnibus anfallenden Kosten betragen hierbei weniger als die Hälfte des finanziellen Aufwands eines Straßenbahnsystems mit einem Fahrzeug und leisten somit einen großen Anteil zum Gesamtnutzen.

In ein bereits bestehendes Gesamtsystem des ÖPNV ist der Omnibus mit verhältnismäßig geringem Aufwand integrierbar. Da keine mit dem Verkehrsweg verbundene Infrastruktur, wie bei Straßenbahn, für die Inbetriebnahme geschaffen werden muss und der Bus die auch vom Individualverkehr verwendeten Strecken benutzen kann, ist die *Systemintegration* mit vergleichsweise geringem Aufwand möglich. Die Investitionskosten für die Adaptierung der Straße zur Busspur und die zugehörigen Haltestellen sind um mehr als zwei Drittel geringer als bei der Straßenbahn und auch für die Busbahn sind die anfallenden Kosten, da bei den momentan angebotenen Fahrzeuglösungen meist ein Leitsystem verlegt werden muss, mehr als doppelt so hoch.

Die Möglichkeit Hindernissen, die auf der vordefinierten Strecke liegen, auszuweichen, erlaubt dem Omnibus einen situationsangepassten Einsatz. Der Busführer kann somit auch sehr kurzfristig auf unerwartet auftretende Ereignisse reagieren. Doch nicht nur lokal weist der Omnibus den höchsten Grad an *Flexibilität* auf, sondern eröffnet auch mit geringen Infrastrukturanpassungen die Möglichkeit Linien in kurzer Zeit mit komplett neuer Streckenführung zu versehen. Die Flexibilität rangiert somit im Umfrageergebnis bezüglich der Fragestellung zu den Vorteilen eines Bussystems an erster Stelle und wurde von 62% der Betreiber explizit als positiv gewertet. Der Vergleich mit den übrigen zu bewertenden Transportalternativen auf der einen Seite und das Resultat der Sondierung auf der anderen Seite, führen zum Schluss, dass dieses Kriterium einen großen Anteil zum Gesamtnutzen für den Omnibus beiträgt.

Die Tatsache, dass die eben angesprochene Flexibilität durch den Einsatz einer mobilen Energiequelle, im Fall des Omnibusses zumeist ein Verbrennungsmotor, bewirkt wird, führt jedoch auch zu einem hohen lokalen Schadstoffausstoß. Da bisher den konventionellen Energiequellen gegenüber alternativen Antriebsarten wie Erdgas, Brennstoffzelle oder Hybrid der Vorzug gegeben wurde, weist der Omnibus sehr hohe lokale Emissionswerte auf. Die bei den anderen Systemen mögliche lokale Emissionsfreiheit kann beim individuell fahrenden Omnibus lediglich durch den Einsatz von Batterie- oder Wasserstoffantrieb erzielt werden. Batterieantriebe sind aufgrund der Reichweitenproblematik nur in Sonderfällen einsetzbar. Wasserstoff als Energieträger befindet sich sowohl bezüglich des Einsatzes in Verbrennungskraftmaschinen als auch in Brennstoffzellen heute noch deutlich vor einem Serienstatus. Ein Umdenken in Richtung eines umweltökonomischen Fahrzeugbetriebs im ÖPNV ist zwar in den letzten Jahren zu beobachten, die Umsetzung vollzieht sich aufgrund einerseits knapp kalkulierter Budgets für die Fahrzeugbeschaffung und andererseits der noch nicht ausgereiften neuen Antriebstechnologien erst langsam. Vom aktuellen Entwicklungsstand weist der Omnibus daher die höchsten Emissionswerte aus, weshalb das Bewertungskriterium „*Lokale Emissionsfreiheit*“ in diesem Fall nur sehr gering bewertet werden kann.

Die *Anschaffungskosten* eines Omnibusses betragen inklusive Investitionskosten der benötigten Infrastruktur für eine Strecke weniger als ein Drittel in Relation zur Straßenbahn unter den gleichen Bedingungen. Auch die Busbahn ist deutlich teurer, nämlich um in etwa 60%. In Hinblick auf die Betriebskosten liegt das Verhältnis bei der Busbahn bei circa 8%, und bei der Straßenbahn sogar bei in etwa 20%, wobei auch hier der Omnibus jeweils günstiger ist.

Als Nutzer eines Verbrennungsmotors, so wie er zum momentanen Zeitpunkt überwiegend zum Einsatz kommt, ist der Omnibus ein Konsument konventioneller Treibstoffe, wie Benzin, Diesel, Erd- oder Flüssiggas. Neben dem sich nachteilig auf die Umwelt auswirkenden Schadstoffausstoß, trotz der immer niedriger werdenden Emissionswerte, ist die *Abhängigkeit* von einem spezifischen *Rohstoff* ein gravierender Nachteil des Antriebs durch einen Verbrennungsmotor. Da die zur Erzeugung von Kraftstoffen, wie Benzin und Diesel benötigte Ressource Erdöl nur in beschränktem

Maße zur Verfügung steht und die diesbezüglichen Vorräte in absehbarer Zeit aufgebraucht sein werden, ist aufgrund des knappen Angebots einerseits und der steigenden Nachfrage durch Individual- und öffentlichen Verkehr andererseits eine stetige Erhöhung der Rohöl- und daraus resultierend auch der Treibstoffpreise zu beobachten. Ausschließlich mit Benzin, Diesel, Erd- oder Flüssiggas betrieben, ist es für den Omnibus jedoch nicht möglich sich von diesen Preisschwankungen zu distanzieren und auf andere Kraftstoffe zurückzugreifen. Auch Erdgas ist eine begrenzte Ressource, die wie Erdöl durch starkes Marktinteresse einer stetigen Preissteigerung unterliegt.

Hohe Abgasemissionswerte und die Feinstaubproblematik haben dem Omnibus in den letzten Jahren ein schlechtes *ökologisches Image* eingebracht. Knapp die Hälfte der befragten Betreiber nennt die erhöhte Umweltbelastung als negativen Aspekt eines Omnibusses, womit dies der am öftesten genannte Nachteil eines Bussystems ist. Erst wenn der Einsatz von Wasserstoff als Energieträger oder eines Stromspeichers mit ausreichender Kapazität serienreif verfügbar ist, ist dem Omnibus der Zugang zu erneuerbarer Energie möglich. Der Einsatz der sogenannten Biokraftstoffe ist nur in begrenztem Umfang möglich und sinnvoll. Hybridtechnik kann gerade beim Stadtbus massive Effizienzsteigerungen und somit Abgasreduktion bringen, ist aber letztendlich nur ein Schritt in Richtung Nullemission und Ressourcenunabhängigkeit. Allerdings wird es gerade dieser Antriebstechnik mit ihrer Möglichkeit des rein elektrischen und somit geräusch- und emissionsfreien Anfahrens von der Haltestelle weg gelingen, beim Kriterium „Umweltfreundlichkeit“ wieder deutlich Anschluss zu finden.

Busbahn

Das Konzept „Busbahn“ weist Eigenschaften sowohl des Omnibusses als auch der Straßenbahn auf und kann als Hybrid dieser beiden Transportmöglichkeiten im ÖPNV gesehen werden. Für die Bewertung der einzelnen Kriterien wurden für den Gesamtnutzen Durchschnittswerte der am Markt befindlichen Gattungsteilnehmer ermittelt, da die Palette der unter dem Begriff „Busbahn“ subsumierten Fahrzeugtypen sehr breit gestreut ist und die einzelnen Merkmale unterschiedlich ausgeprägt sind.

In Bezug auf die *Transportkapazität* liegt die Busbahn im Durchschnitt knapp ein Drittel unter dem Fassungsvermögen der Straßenbahn. Der Kapazitätsvorteil gegenüber dem Omnibus bemisst nur circa 10%. Angesichts dieser Relativstellung wurde die Busbahn nur um einen Punkt besser bewertet als der Omnibus, wohingegen die Straßenbahn, wie bereits erwähnt, die volle Punkteanzahl erhielt.

Die momentan verfügbaren Busbahnkonzepte folgen allesamt einer Art Leitsystem. Im Gegensatz zur Straßenbahn kann diese jedoch optional bei Bedarf unterbrochen werden. Ein über längere Zeit von der *Spurführung* unabhängiger Betrieb ist jedoch nicht vorgesehen beziehungsweise bis dato technisch auch nicht möglich.

Das Kriterium *Modularität* erfüllen Systeme wie Anhänger von omnibusähnlichen Systemen, aber auch die Möglichkeit bei von der Straßenbahn abgeleiteten Systemen Fahrzeuge mit Wagonfolgen zu gestalten in durchaus hohem Maße. Weiters würde die Umsetzung des Konzepts aus verschiedenen Destinationen kommende Kleinbusse auf gemeinsamen Hauptlinien über Koppelung temporär zu Zügen zusammenzufassen dieser Anforderung ebenfalls entsprechen.

Die für die *Wirtschaftlichkeit* herangezogene Kennzahl aus Gesamtkosten in Relation zur durchschnittlichen Fahrgastanzahl weist für die Betrachtung eines durchschnittlichen intermediären Systems den höchsten Wert für Kosten pro Fahrgast aus. So betrachtet fließt dieses Kriterium nur geringwertig in den Gesamtnutzen ein.

Im Vergleich zur Straßenbahn ist das Verkehrsmittel „Busbahn“ mit wesentlich geringerem Aufwand in ein bestehendes System zu integrieren, da die Implementierung der jeweiligen Leitsysteme eine niedrigere Komplexität aufweist. Die unter dem Begriff geführten Systeme laufen auf Gummibereifung und können daher auf konventionellen Fahrbahnen eingesetzt werden. Die Spurführung erfolgt über leicht integrierbare Systeme wie aufgemalte Leitlinien oder Induktiverreger wie Baken oder Leiterschleifen. Wenn eine mechanische Schiene erforderlich ist, ist sie entweder als Monoschiene deutlich einfacher ausgelegt (z.B. Translohr oder Bombardier GLT) oder ist wie beim Spurbus nur fakultativ und stellt eine noch einfacher Möglichkeit als eine Asphaltfahrbahn dar, einen Fahrweg auf Naturboden zu errichten.

Den Anspruch der *Flexibilität* erfüllen die intermediären Systeme nur im engeren Sinn. Den meisten der momentan verfügbaren Busbahnsystemen ist es möglich aus der vorgegebenen Spur auszufädeln, um eine Streckenblockade zu umfahren, aufgrund des begrenzten Speicheraggregats ist eine komplette Routenänderung ohne Spurführung, beispielsweise aufgrund von Streckenbauarbeiten, nicht möglich.

Dem Zielwert der *lokalen Emissionsfreiheit* kommen die Busbahnkonzepte sehr nahe, da sie den überwiegenden Teil ihrer Betriebszeit elektrisch betrieben werden und nur in Ausnahmefällen, wie beispielsweise beim Umfahren eines Hindernisses, vom Strom genommen und über einen Verbrennungsmotor betrieben werden müssen.

Die *Anschaffungskosten* eines intermediären Systems, im Durchschnitt betrachtet, liegen ein Viertel unter denen eines Straßenbahnsystems. Zurückzuführen ist dies auf den geringeren infrastrukturellen Aufwand für die Aufbereitung des spezifischen Fahrwegs. Bezüglich der *Betriebskosten* können die intermediären Systeme hingegen nur einen Kostenvorteil von knapp 10 % aufweisen.

Da die unter „Busbahn“ subsumierten Fahrzeugvarianten ähnlich der Straßenbahn mit elektrischer Energie betrieben werden und diese nicht nur durch Einsatz eines spezifischen Rohstoffes erzeugt werden können, erfüllen die intermediären Systeme das Kriterium „*Rohstoffunabhängigkeit*“ sehr gut. Im Rahmen dieser Arbeit wird jedoch auch das Fahrzeugkonzept von Veolia, in dem Kleinbuseinheiten bedarfsabhängig zu einem längeren Zug zusammengehängt werden können, als Busbahn klassifiziert.

Das *ökologische Image* der Busbahn ist ähnlich gelagert wie bei der Straßenbahn. Da die Energieversorgung beim Großteil der Konzepte ebenfalls über eine externe Stromzufuhr erfolgt, wird den intermediären Systemen ein hoher Beitrag zur umwelttechnischen Maßnahmensetzung der Kommunen zugeschrieben. Im Stimmungsbild zeigt sich jedoch, dass beim Kriterium „*Umweltfreundlichkeit*“ zuallererst immer noch die Straßenbahn genannt wird, da sie durch den rein elektrischen Antrieb die lokale Nullemission uneingeschränkt erfüllt. Das Spektrum der intermediären Systeme erstreckt sich jedoch vom spurgeführten Omnibus wie dem Phileas, angetrieben durch einen Verbrennungsmotor, über die bimodalen bis hin zu rein elektrisch betriebenen Fahrzeugsystemen, wie dem Translohr, und bietet daher eine

sehr große Bandbreite an Antriebsarten. Durch die Ermittlung eines sinnbildlichen Durchschnittswertes dieser unterschiedlichen Betriebsmodi hat sich seitens der Anwender, Betreiber wie Passagiere, die subjektive Meinung gebildet, dass Fahrzeuge der Kategorie „intermediäre Systeme“ die umwelttechnischen Anforderungen nicht gleichermaßen gut erfüllen wie die Straßenbahn, um vieles besser jedoch als der Omnibus mit Verbrennungsmotor.

4.2.1.5 Sensitivitätsanalyse

Da intermediäre Transportsysteme bis dato nur eingeschränkt zum Einsatz kommen, ist der Bekanntheitsgrad so gearteter Verkehrsmittel noch sowohl unter den Nutzern als auch den Betreibern des ÖPNV niedrig. Eine homogene Meinungsbildung unter den Anwendern hat daher noch nicht stattgefunden. Des Weiteren sind die momentan angebotenen Systeme Realisierungsmöglichkeiten der Fahrzeugidee „Busbahn“, können jedoch nicht als Standard angesehen werden. Somit ist es möglich beziehungsweise wahrscheinlich, dass sich im Laufe der zukünftigen Entwicklung und des technologischen Fortschritts dieser Fahrzeugsparte die Einflussgrößen ändern. Im Gegensatz dazu ist das technologische Entwicklungspotential der Transportmittel Omnibus und Straßenbahn weitgehend ausgereizt, womit die Bewertung der Kriterien auch zu einem späteren Zeitpunkt ähnlich ausfallen würde.

Um diesem Aspekt gerecht zu werden, wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt und ein Szenario dargestellt, das, unter Betrachtung der technischen Machbarkeit, die wahrscheinliche technologische Entwicklung auf diesem Gebiet widerspiegelt.

		Transportmittel			
Bewertungskriterium	Gewichtung	Straßenbahn	Omnibus	Busbahn	Maximum
Kapazität	0,15	5	1	5	5
Unabhängigkeit Spurführung	0,05	1	5	5	5
Modularität	0,03	3	1	5	5
Wirtschaftlichkeit	0,10	2	5	1	5
Systemintegration	0,07	1	5	4	5
Flexibilität	0,12	1	5	5	5
Lokale Emissionsfreiheit	0,10	5	1	5	5
Anschaffungskosten	0,10	1	5	2	5
Betriebskosten	0,08	1	2	5	5
Rohstoffabhängigkeit	0,10	5	1	5	5
ökologisches Image	0,10	5	1	5	5
Nutzwert		2,96	2,84	4,23	4,23

Tabelle 5 – Sensitivitätsprüfung der Nutzwertanalyse der Transportalternativen des ÖPNV

Durch Koppelung beliebig vieler Wagoneinheiten kann das Fassungsvermögen bis an die Kapazität der Straßenbahn angeglichen werden. Werden diese Einzelgefäße als möglichst kleine Module angelegt, die über Verbindungsgelenke eine Durchgängigkeit im Fahrzeuginneren ermöglichen, kann optimal auf schwankende Nachfrage reagiert werden. Durch Integration eines Energiespeichers an Bord ist die Spurabhängigkeit nicht mehr zum Betrieb notwendig, sondern dient nur noch der Fahrkomfortsteigerung des Fahrzeugführers. Das hierzu notwendige Aggregat benötigt daher einen ausreichend großen Speicher, so dass ein autonomer Betrieb auch über einen mehrstündigen Zeitraum möglich wird, beispielsweise im Fall von Streckenverlegungen. Weiters muss das Ausgleisen während der Fahrt möglich sein, ohne dass der Fahrer hierzu anhält.

Durch die Implementierung von Stromaggregaten, aber auch in Zukunft Wasserstoff- oder Brennstoffzellenantriebe, soll ein lokal emissionsfreier Betrieb auch ohne externe Stromversorgung möglich werden. Somit wird auch die Abhängigkeit von begrenzten Rohstoffressourcen wie Erdöl hinfällig. All diese Aspekte sollten dazu beitragen, dass das ökologische Image bei Entscheidungsträgern der betreibenden Unternehmen aber auch den Nutzern des ÖPNV sich deutlich bessert und mit der Straßenbahn gleichziehen kann.

4.2.1.6 Beurteilung des Ergebnisses

In jedem Fall, auch nach der Sensitivitätsanalyse zeigt sich, dass intermediäre Systeme einen Großteil der Vorteile von Straßenbahn und Omnibus vereinen und somit für den Betreiber den höchsten Nutzen aufweisen. Durch das technologische Entwicklungspotential wird dieser in den nächsten Jahren noch gesteigert werden können. Aus heutiger Sicht kann eine Implementierung intermediärer Transportsysteme als empfehlenswert angesehen werden.

4.3 Abhängigkeit von demographischen Größen

Veränderungen der Struktur der Gesellschaft und deren Verhalten beeinflussen unter anderem auch die Nachfrage nach öffentlichen Verkehrsmitteln. Die steigende Lebenserwartung einerseits, aufgrund einer besseren medizinischen Versorgung, und die sinkenden Geburtenrate andererseits resultierend aus dem Trend zur Bildung von

Kleinfamilien und den Karriereambitionen seitens der weiblichen Bevölkerung haben in den letzten Jahren zu einer Überalterung der Gesellschaft geführt. Abbildung 33 - Bevölkerungspyramide 2006 stellt diesen Trend graphisch dar. Der stetig wachsende Anteil älterer Menschen verstärkt die Nachfrage nach öffentlichen Verkehrsmitteln, da dieser Altersgruppe die Erhaltung eines eigenen Kraftfahrzeugs zum Teil nicht möglich ist beziehungsweise sie sich in einem immer dynamischer werdenden Straßenverkehr nur schwer zurechtfindet.

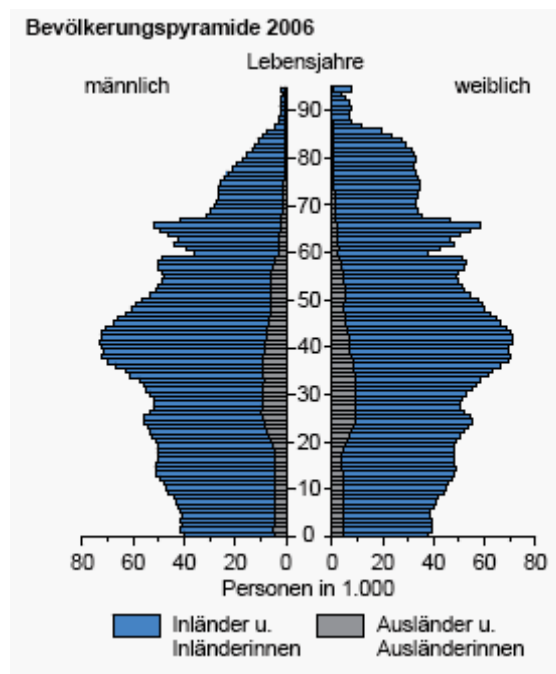


Abbildung 33 - Bevölkerungspyramide 2006 - Quelle: Statistik Austria

Die Aufgabe von Verkehrsunternehmen unmittelbar und von Herstellern daher mittelbar ist folglich die Schaffung eines Fahrzeuges, das durch einen ebenerdigen Einstieg und ausreichend Sitzplatzgelegenheiten der älteren Bevölkerungsgruppe eine Benützung erleichtert oder überhaupt erst ermöglicht.

Der Trend zur Singularisierung hat des Weiteren die Siedlungsdichte im urbanen Gebiet gefördert und somit zu einer zunehmenden Verbauung und folglich Abnahme der freistehenden Verkehrsfläche geführt. Dies und die damit einhergehende geringere Stellfläche behindern den Individualverkehr und lassen ihn gleichermaßen wie die steigenden Treibstoffpreise für Ein-Personen-Haushalte zunehmend unwirtschaftlicher werden.

Die hohen Immobilienkosten in den innerstädtischen Gebieten sind für die oben bereits erwähnten Kleinfamilien jedoch kaum tragbar, wodurch es in den letzten Jahren vermehrt zu Ansiedlungen in der Peripherie kommt. Diese Zersiedelungstendenz und Ausbreitung der Stadtfläche erfordert somit auch die verkehrstechnische Erschließung dieser Gebiete. Aufgrund der infrastrukturell hohen Komplexität kann die Implementierung von Straßenbahn oder U-Bahn nicht im gleichen, verhältnismäßig engen, Zeitrahmen erfolgen wie die Siedlungsausbreitung. Die, wie bereits beschrieben, mit geringerem Aufwand zu installierenden intermediären Systeme bieten hier eine attraktive Alternative. Für eine Reichweite zwischen 2 und 15 km deckt der Mega-Trolleybus, stellvertretend für diese Transportmittelkategorie, wie in Abbildung 34 - Abhängigkeit von der Kapazität dargestellt, für eine Beförderungskapazität von bis zu 4.000 pphpd hiermit das größte Bedarfsgebiet ab.

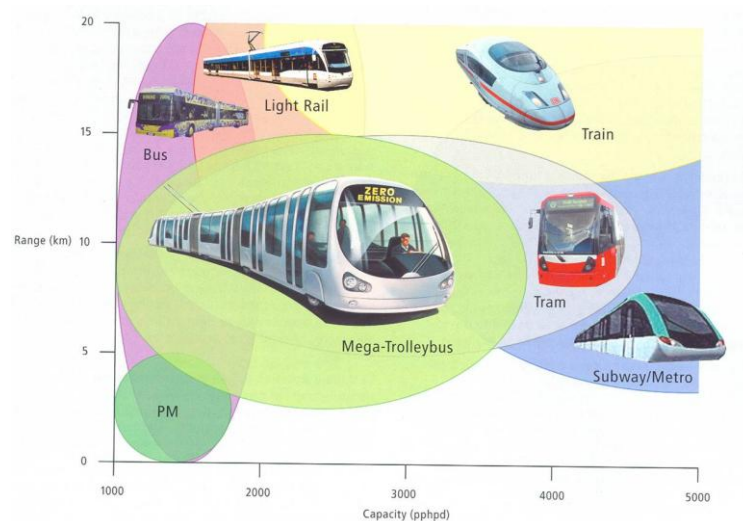


Abbildung 34 - Abhängigkeit von der Kapazität

Quelle: MAN Nutzfahrzeuge AG

Starke demographische Schwankungen lassen sich daher durch den Einsatz intermediärer Transportsysteme mit vergleichsweise geringem Aufwand bedienen.

5 Cash Flow Analyse

Ursprünglich in der Finanzwirtschaft entwickelt, kommt die Cash Flow Analyse heutzutage auch in einer Vielzahl anderer Unternehmensbereiche als bedeutendes Entscheidungsinstrument zum Einsatz. Durch Darlegung von Zahlungsströmen neben anderen Betriebsangaben soll Shareholdern, Gläubigern und anderen externen Adressaten ermöglicht werden die finanzielle Leistungsfähigkeit eines Unternehmens zu beurteilen. Die Erstellung Cash Flow Statements kann entweder durch originäre oder durch derivative Ermittlung erfolgen.

Die originäre Ermittlung gliedert die Ein- und Auszahlungen einer Periode der Bereichszugehörigkeit stellt diese einander gegenüber. Die relevanten Zahlungsflüsse werden aus buchhalterischen Daten erhoben.

Derivative Ermittlung leitet das Cash Flow Statement aus Daten der Bilanz beziehungsweise der Erfolgsrechnung ab. Da diese im Rechnungswesen jedes Unternehmens erfasst sind, wird diese Ermittlungsart in der Praxis bevorzugt. Externe Analysen beispielsweise durch Aktionäre oder Gläubiger können daher nur durch die derivative Ermittlung erfolgen. Diese kann weiters durch direkte und indirekte Ermittlung erfolgen.

Ausgehend von den einzelnen Aufwendungen und Erträgen der Erfolgsrechnung betrachtet die direkte Methode nur die zahlungswirksamen Komponenten der Erfolgsrechnung und wandelt die periodisierten Aufwendungen und Erträge der Erfolgsrechnung in unperiodisierte Aus- und Einzahlungen. Somit resultiert der Cash Flow als Differenz der einzahlungswirksamen Erträge und der auszahlungswirksamen Aufwendungen.

Bei Anwendung der indirekten Methode erfolgt eine Überleitung des Jahresergebnisses auf den Nettogeldfluss auslaufender Geschäftstätigkeit mittels Erhöhung des Jahresüberschusses/-fehlbetrages um durch die zahlungsunwirksamen Aufwendungen und Verringerung um die zahlungsunwirksamen Erträge, sowie Ergänzung um die erfolgsneutralen Veränderungen jener Bilanzposten aus der laufenden

Geschäftstätigkeit.²⁷ Die Bewertung von Investitionen durch diskontierte Cash Flows wird auch bei der Evaluation von Forschungs- und Entwicklungsprojekten angewandt.²⁸

5.1 Modell

Der Cash Flow pro Fahrzeug berechnet sich aus dem Deckungsbeitrag, als Differenz des Verkaufspreises der Beförderungsleistung pro Platzkilometer und den variablen Kosten pro Platzkilometer multipliziert mit der Anzahl der beförderten Personen pro Jahr, vermindert um die fixen Kosten, umgelegt auf das einzelne Fahrzeug aus einer Flotte, dem Rolling Stock, sowie die irreversiblen Kosten pro Fahrzeug, die sunk costs.

$$CF = (P - k_{var}) \times x - k_{fix}/RS$$

Formel 6 - Cash Flow pro Fahrzeug

Der erwartete Cash Flow ist die Summe der Cash Flows gewichtet mit den Eintrittswahrscheinlichkeiten der Nachfrage.

$$E(CF) = \sum_{i=0}^I p \times CF$$

Formel 7 - Erwarteter Cash Flow

Der Net Present Value oder auch Kapitalwert zählt zu den Discounted Cash Flow Verfahren als Teil der dynamischen Investitionsrechnung. Um einen realistischen Vergleich von Ein- und Auszahlungen, die zu unterschiedlichen Zeit anfallen, zu gewährleisten, werden die Cash Flows auf den Investitionsbeginn abgezinst und aufsummiert und die Investitionskosten subtrahiert.

²⁷ Auer, K.; „Cash Flow Statements im Einzel- und Konzernabschluss“; Ueberreuter; 1998

²⁸ Heidenberger, K., Stummer, C.; „Research and development project selection and resource allocation: a review of quantitative modelling approaches“; IJMR; 1999

$$NPV = \sum_{t=0}^T P \times (1 + \gamma)^{-t} - (I)$$

Formel 8 - Net Present Value

5.2 Annahmen und Interpretation

Die Aufstellung einer realitätsnahen Fallstudie erforderte neben der Anwendung von Betriebsangaben der Wiener Linien GmbH & Co KG eine Aufstellung von Grundannahmen, da ein Großteil der Daten des Verkehrsunternehmens aus unternehmenspolitischen Gründen nicht veröffentlicht und somit für betriebsexterne Analysen auch nicht zur Verfügung gestellt werden kann. Weiters können statistische Werte wie die Auslastung der Verkehrsmittel und somit auch die geleisteten Personenkilometer pro Jahr nur geschätzt werden, da eine Vielzahl von Einflussfaktoren, die die Daten verfälschen, nicht oder nur mit unverhältnismäßig großem Aufwand realitätsgetreu erfasst werden könnten. Ein Beispiel hierfür ist die Anzahl der beförderten Personen, die lediglich einen Hochrechnungswert der täglichen Auslastung darstellt, jedoch nur schwer Rückschlüsse auf die Anzahl der zahlenden Passagiere zulässt, da in diese Passagieranzahl auch vom Beförderungsentgelt befreite Personen sowie Personen, die den Fahrpreis nicht entrichtet haben, inkludiert werden, da sie nicht identifizierbar sind.

5.2.1 Nachfrage

Die vorliegende Cash Flow Analyse betrachtet drei verschiedene Auslastungsszenarien mit einer hohen, mittleren sowie niedrigen Nachfrage. Für die mittlere Nachfrage wurden die Daten aus den Betriebsangaben der Wiener Linien GmbH & Co KG für das Jahr 2007 herangezogen, da die Annahme getroffen wurde, dass diese eine durchschnittliche Auslastungssituation widerspiegelt.

Aufgrund wirtschaftlicher Veränderungen, aber auch politischer oder gesetzlicher Vorgaben, ist eine steigende Nachfrage für den öffentlichen Personennahverkehr

denkbar. Insbesondere steigende Kraftstoffpreise aufgrund von Ressourcenknappheit, aber auch ein Rückgang des Individualverkehrs in wirtschaftlichen Krisenzeiten begünstigen ein solches Szenario. In der vorliegenden Analyse wird daher angenommen, dass der Umsatz pro Platzkilometer um 15% höher ist als bei mittlerer Nachfrage und dass jährlich eine Umsatzsteigerung von 5% zu erwarten ist.

Im Fall mittlerer Nachfrage wird ein Auslastungsanstieg von 2,5% pro Jahr angesetzt.

Für das worst-case Szenario eines Rückgangs der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel oder der niedrigen Akzeptanz neuartiger Verkehrssysteme wird ein Auslastung von lediglich 85% des Falls mittlerer Nachfrage und eine über den Betrachtungszeitraum gleichbleibende Nachfrage angenommen. Dieser könnte beispielsweise auf eine Senkung der Treibstoffpreise durch staatliche Subventionen zurückzuführen sein oder auf eine finanzielle Begünstigung für den Erwerb umweltfreundlich angetriebener Automobile mittels kostengünstiger Treibstoffe wie Erdgas, die gegebenenfalls einen Anstieg des Individualverkehrs mit sich brächte.

5.2.2 Beförderungsentgelt

Der eingenommene Fahrpreis pro Platzkilometer für die mittlere Nachfrage wird, wie für die Break Even Analyse, aus Jahresumsatz dividiert durch Anzahl der beförderten Personen errechnet. Für den Fall der hohen Nachfrage wird, wie zuvor erklärt, eine Steigerung des Fahrpreises pro Platzkilometer um 15% angenommen, beziehungsweise bei niedriger Nachfrage lediglich ein Erlös von 85% des Beförderungsentgelts im Normalfall mittlerer Nachfrage. Über die Variation des Fahrerlöses pro Platzkilometer werden somit die unterschiedlichen Auslastungssituationen berücksichtigt.

5.2.3 Betriebsleistung

Die geleisteten Platzkilometer können für die drei unterschiedlichen Szenarien mit dem gleichen Wert angenommen werden, wenn davon ausgegangen wird, dass weder die Anzahl der zur Verfügung gestellten Plätze noch die geleistete Kilometeranzahl im kurzfristigen Betrachtungszeitraum innerhalb eines Jahres gesehen, nachfragebedingt variiert wird. Dies wäre nur durch Anschaffung anderer Gefäßgrößen des jeweiligen Verkehrsmittels möglich beziehungsweise, die Kilometeranzahl betreffend, durch Änderung der Fahrintervalle oder Linienverlängerungen oder –verkürzungen. Beide

Maßnahmen erfordern einen hohen organisatorischen, zum Teil aber auch finanziellen Aufwand, der nur nach umfangreichen Vorbereitungen mittelfristig oder sogar langfristig erfolgen kann. Die Nachfrageanpassung fließt somit nicht über Betriebsleistung, sondern, wie zuvor erläutert, über die Variation des Beförderungsentgeltes pro Platzkilometer in die Cash Flow Analyse ein.

5.2.4 Operative Kosten

Die operativen Kosten werden wie bereits für die Break-Even Analyse in Geldeinheit pro Platzkilometer angegeben und umfassen wiederum alle Kosten, die abhängig von der Platzkilometerleistung variieren. Hierzu zählen der Fahrzeugpreis, die Kraftstoffbe beziehungsweise Energiekosten, die Reparatur- und Wartungskosten sowie die Reifenkosten.

Der Fahrzeugpreis variiert mit der Anzahl der bereitgestellten Plätze im Fahrzeug. Hier ist kein linearer sondern stufenweiser Kostenanstieg zu beobachten, da die momentan am Markt befindlichen Gefäßgrößen keine beliebigen, sondern nur sprunghafte Kapazitätsveränderungen zulassen. Die Entwicklung modularer Fahrzeugsysteme lässt einen Trend in Richtung flexibler Kapazitätsanpassung erkennen. Die Einordnung des Fahrzeugpreises unter operative Kosten beruht auf der Annahme, dass Betreiber die Auswahl des Verkehrssystems abhängig von der Nachfrage des öffentlichen Verkehrs machen. So ist es wirtschaftlicher, ein großes Passagieraufkommen mit Busbahnen oder Straßenbahnen zu bewältigen, die ein hohes Fassungsvermögen aufweisen als über den Einsatz mehrerer Omnibusse mit dichten Taktzeiten, da hier beispielsweise größere Personalkosten entstehen.

Die Anzahl der gefahrenen Kilometer hat Einfluss auf den Kraftstoffverbrauch, weshalb auch die Kraftstoff- und Energiekosten zu den operativen Kosten gezählt werden können.

Da der Reparatur- und Wartungsaufwand bei vermehrter Nutzung, die sich in höherer Kilometerleistung niederschlägt, steigt, werden in der vorliegenden Analyse auch die diesbezüglichen Kosten als operative Kosten behandelt. Sie variieren mit der Anzahl der geleisteten Platzkilometer.

Die ebenfalls von der Kilometerleistung abhängige Abnutzung der Reifen begründet die Einordnung der Reifenkosten unter die operativen Kosten, da die Kilometerleistung einen Parameter der Platzkilometer darstellt und somit nutzungsabhängig variiert.

5.2.5 Fixkosten

Die Fixkosten umfassen alle Kosten, die jährlich in einer bestimmten Höhe unabhängig von der Platzkilometerleistung anfallen. Hierzu zählen die Personalkosten, die Kosten für den Betriebshof, die Haftpflicht- und Kaskoversicherung, die Kapitalverzinsung, sowie sonstige anfallende Kosten im Bereich Verwaltung, Verkehrsmanagement und andere administrative Aufwände, die dem Verkehrssystem zugerechnet werden müssen.

Über einen Zeitraum von mehreren Jahren, somit unter strategischen Gesichtspunkten würden die Personalkosten unter operative Kosten fallen, da eine geringere Platzkilometerleistung einen Personalabbau mit sich bringen würde. Über eine Periode von einem Jahr jedoch bleiben die Personalkosten auch bei einem Leistungsrückgang konstant. Prozentual gesehen können die Personalkosten nach folgendem Schlüssel aufgeteilt werden.

- 50% Fahrpersonal
- 20% Instandhaltung des Fahrzeugs
- 5% Personal für Reinigung und Fahrfertigmachen des Fahrzeugs
- 15% Personal zur Bereitstellung und Wartung der Infrastruktur
- 10% Verwaltung, Verkehrsmanagement und Vertrieb

Der Betriebshof wird den Anforderungen des unterzustellenden Verkehrsmittels angepasst. Somit sind die Kosten für Straßenbahn, Omnibus und Busbahn in diesem Fall unterschiedlich hoch. Die geleisteten Kilometer des Fahrzeugs haben jedoch keinen Einfluss auf die Größe und somit die Kosten für den Betriebshof. Die bereitgestellten Plätze, der zweite Parameter für die Platzkilometer ergibt sich zwar aus der Wahl des Transportsystems, jedoch wird hier die Annahme getroffen, dass Betreiber den Umstieg auf ein anderes Transportsystem aufgrund eines hohen finanziellen und infrastrukturellen Aufwandes langfristig umsetzen. Innerhalb eines Jahres sind diese Kosten somit als fix, aufgeteilt über die Nutzungsdauer, angesetzt.

Die Haftpflicht- und Kaskoversicherung ist betriebsleistungsunabhängig jährlich zu entrichten.

Auch die Kapitalverzinsung variiert nicht mit den geleisteten Platzkilometern und wird daher zu den Fixkosten gezählt.

5.2.6 Investitionskosten

Die Investitionskosten werden einmalig getätigt, zu Projektbeginn, um den Betrieb des Transportsystems zu gewährleisten. Die Investitionskosten werden auf eine Abschreibedauer, die gleich lang wie die Nutzungsdauer ist, aufgeteilt, so dass die Kosten als jährlicher Betrag angesetzt werden können.

Die Investitionskosten beinhalten wiederum alle Aufwendungen für eine Linie. Als Referenz dient wie schon für die Break Even Analyse die Strecke der Linie 31 des Wiener Straßenbahnnetzes, die auf einer Länge von 22,752 km von Wien-Stammersdorf bis zum Schottenring im 1. Wiener Gemeindebezirk und retour führt.

Ein Mittelwert aus Neuerstellungskosten für den Fahrweg einerseits und eine Adaptierung vorhandener Infrastruktur andererseits, wurde ein Mittelwert gebildet, wird als Annäherungswert für die Realität herangezogen, da oftmals in zum Teil vorhandene Infrastrukturen gebaut wird, aber auch der Fahrweg in anderen Abschnitten von Grund auf völlig neu erstellt werden muss. Die Abschreibedauer ist mit 30 Jahren anzusetzen.

Für Straßen- und Busbahn müssen des Weiteren das Fahrzeug mit elektrischer Energie speisende Fahrleitungen und die als Energieversorgungsstationen dienenden Unterwerke verlegt werden, die ebenfalls in die Investitionskosten miteinbezogen werden und auf 30 Jahre abzuschreiben sind.

Die Signaleinrichtungen auf der Strecke sowohl für Straßen- als auch Busbahn, fließen ebenfalls in diese Kostenart ein. Diese werden aufgrund der technologischen Weiterentwicklung am Signalanlagen Sektor auf 10 Jahre abgeschrieben.

Auch die finanziellen Aufwendungen für Haltestellen sind einmalige Anschaffungen und fallen daher unter Investitionskosten. Für das numerische Exempel wurde aus der Praxiserfahrung wiederum ein durchschnittlicher Haltestellenabstand von 500m angenommen. Die Anzahl der auf einer Linie angebrachten Haltestellen ergibt sich

somit aus der Kilometerlänge der Linie dividiert durch den durchschnittlichen Haltestellenabstand. Die Abschreibungsdauer ist mit 10 Jahren anzusetzen.

Sämtliche Investitionskosten wurden in der exemplarischen Berechnung in Geldeinheit für eine Linie und umgelegt auf die Anzahl der auf dieser Linie betriebenen Fahrzeuge angegeben. Die Bestandsdaten und -annahmen für die Fahrzeugkategorien im Jahr 2007 werden wie für die Break Even Analyse in Kapitel 4.1 angenommen. Um die Anzahl der auf einer Linie betriebenen Fahrzeuge zu berechnen, wurde vereinfachend der Rolling Stock durch die Anzahl der Linien je Transportmittelkategorie dividiert.

5.2.7 Inflation

Weiters wird eine Inflationsrate von 3% pro Jahr angenommen.²⁹ Der Beförderungspreis wird in der Realität von den betreibenden Unternehmen des ÖPNV circa alle 5 Jahre erhöht. Als vereinfachende Modellannahme wird hier jedoch eine jährliche Anpassung mit der Inflation angenommen.

5.2.8 Erwarteter Cash Flow und Net Present Value

Zur Entwicklung eines realistischen und zum Vergleich eines optimistischen Szenarios wurden unterschiedliche Eintrittswahrscheinlichkeiten der Frequentationsintensitäten angesetzt. Für das realistische Szenario wurde davon ausgegangen, dass eine mittlere Nachfrage mit 50% und eine hohe beziehungsweise niedrige Nachfrage mit je 25% eintritt. Durch Lösung von Missständen im ÖPNV und Umsetzung attraktivitätssteigernder Maßnahmen könnte die Akzeptanz und somit auch die Nutzungshäufigkeit gesteigert werden, so dass in der Zukunft auch das optimistische Szenario erreichbar scheint. Bei Eintritt dieses Falls wird von einer Eintrittswahrscheinlichkeit von je 40% für eine hohe beziehungsweise mittlere Nachfrage und von 20% für niedrige Nachfrage ausgegangen.

Das konkret durchgerechnete Anwendungsbeispiel liefert lediglich Vergleichswerte für die Verkehrsmittel Straßenbahn, Omnibus und intermediäre Transportsysteme. Da der öffentliche Verkehr in der Realität durch Förderungen subventioniert wird, die hier aufgrund fehlender Referenzwerte nicht berücksichtigt werden, und die reinen

²⁹ <http://wko.at/statistik/prognose/inflation.pdf>; Letzter Zugriff: 13.01.2009

Einnahmen aus der Beförderungsleistung allein nicht kostendeckend wirksam werden können, ist somit nur eine Relationssetzung möglich.

Des Weiteren wurde der Net Present Value für jede Fahrzeugkategorie errechnet, um aus den ermittelten Cash Flows über alle betrachteten Perioden durch Abzinsung auf den Beginn des Investitionszeitraums einen Vergleichswert zu erhalten. Im Fall eines positiven Kapitalwerts bekommt der Investor zusätzlich zum eingesetzten Kapital eine Verzinsung der ausstehenden Beträge im Wert des Kalkulationszinssatzes. Ein negativer Kapitalwert zeigt an, dass durch die Investition eine Verzinsung des eingesetzten Kapitals in Höhe des Kalkulationszinssatzes nicht gewährleistet ist. In diesem Fall ist eine Investition nicht von Vorteil. Die Ergebniswerte des vorliegenden Analysebeispiels werden auch hier nur in Relation betrachtet und erheben keinen Anspruch auf absolute Wertekorrektheit. Eine tabellarische Übersicht der Ergebnisse für die ersten beiden Perioden ist in Appendix II beigefügt.

5.3 Ergebnisse

Die Berechnung der Cash Flows nach der indirekten Methode zeigt über eine Betrachtungsperiode von 6 Jahren unabhängig vom Auslastungsgrad sowohl für Straßenbahn als auch für Omnibus und Busbahn negative Ergebnisse. Beachtenswert ist jedoch, dass die Resultate im Vergleich je nach Verkehrsmittel und Nachfrageintensität unterschiedliche hohe Fehlbeträge aufweisen.

5.3.1 Straßenbahn

5.3.1.1 Hohe Nachfrage

Bei hoher Auslastung, die 15% über der Durchschnittsnachfrage liegt, wie schon für die Break Even Analyse errechnet mittels der Umsatzerlöse aus den Betriebsangaben der Wiener Linien GmbH&Co KG umgelegt auf die geleisteten Platzkilometer, ergibt sich in der *ersten* Periode ein Cash Flow von € -147.112,51 pro Fahrzeug. Trotz des positiven Deckungsbeitrages von 2,33 Cent pro Platzkilometer ist bei einer Betriebsleistung von 7.681.749 Platzkilometern pro Jahr kein positives Ergebnis zu erreichen, da die Fixkosten von € 326.158,33 nicht durch den mit den geleisteten Platzkilometern gewichteten Deckungsbeitrag in der Höhe von € 178.984,75 gedeckt werden können.

Im Zeitpunkt $t = 2$ dient der Fehlbetrag von € -147.112,51 aus der Vorperiode als Ausgangsbasis für die Cash Flow Berechnung für die *zweite* Periode. Sowohl für Erlöse als auch Kosten wird eine jährliche Inflationsrate von 3% angenommen.³⁰ Auch wenn in der Unternehmenspraxis eine Fahrpreiserhöhung nur circa alle fünf Jahre realisiert wurden, wurde als vereinfachende Modellannahme jährlich eine Anpassung an die Inflation vorgenommen, anstatt einer einmaligen Erhöhung größeren Ausmaßes. Der Deckungsbeitrag kann um 9% auf 2,55 Cent pro Platzkilometer gesteigert werden, gewichtet mit den geleisteten Platzkilometern somit auf € 195.884,60. Allerdings stehen diesem Ergebnis Fixkosten von € 335.943,08 gegenüber, womit der Deckungsbeitrag nur 58,3% der Fixkosten decken kann. Der Deckungsbeitrag nach Fixkosten muss somit mit einem Fehlbetrag von € -140.058,48 ausgewiesen werden, wodurch sich der Jahresfehlbetrag unter Berücksichtigung des Ergebnisses der Vorperiode auf € -287.488,87 erhöht.

In den Folgeperioden werden die Annahmen bezüglich Nachfrageerhöhung, Inflationsrate und Platzkilometerleistung beibehalten. Pro Jahr wird bei hoher Akzeptanz eine Nachfragesteigerung von 5% pro Jahr angenommen. Eine höhere Nachfragesteigerung ist aber auch in einem optimistischen Szenario mit realen Beobachtungen aus der Unternehmenspraxis nicht vereinbar. Auch in den Folgeperioden nach Zeitpunkt 1 stellt sich das Problem, dass der positive Deckungsbeitrag aus Umsatzerlösen vermindert um die operativen Kosten die hohen Fixkosten trotz optimistischen Auslastungsszenario und jährlich zunehmender Nachfrage nicht deckt. Damit dies der Fall wäre, müsste der Deckungsbeitrag in etwa verdoppelt oder die Fixkosten halbiert werden können.

5.3.1.2 Mittlere Nachfrage

Die angenommene Inflationsrate, die geleisteten Platzkilometer sowie die Höhe der Kosten bleiben für die mittleren Auslastungsgrad wie zuvor für die hohe Nachfrage unverändert. Der erzielte Erlös pro Platzkilometer wird als Basiswert für die durchschnittliche Nachfrage angenommen und ergibt multipliziert mit den durchschnittlich geleisteten Platzkilometern im Referenzjahr 2007 die Umsatzerlöse

³⁰ <http://wko.at/statistik/prognose/inflation.pdf>; Letzter Zugriff: 13.01.2009

einer Straßenbahngarnitur. Weiters wird pro Jahr die Annahme einer Nachfragesteigerung von 2,5% getroffen.

Der Deckungsbeitrag pro Platzkilometer von 1,96 Cent liefert in der *ersten* Periode gewichtet mit einer Betriebsleistung von 7.681.749 Platzkilometern ein Deckungsbeitragsergebnis pro Garnitur von € 150.562,28. Diesem stehen wiederum Fixkosten von € 326.158,33 gegenüber. Somit ist ein positives Ergebnis nicht zu erreichen, da der mit den geleisteten Platzkilometern gewichtete Deckungsbeitrag diese Kosten nur zu 46% deckt. Zum Zeitpunkt 1 ergibt sich somit ein Cash Flow von € -175.351,10 pro Fahrzeuggarnitur. Obwohl der Deckungsbeitrag nach der ersten Periode um 6% auf €160.548,55 gesteigert werden kann, kann dieser die der Inflationsrate von 3% angepassten Fixkosten von € 335.943,08 nur zu 48% kompensieren. Der Jahresfehlbetrag unter Berücksichtigung des Ergebnisses zu $t=1$ beträgt somit € -351.115,10, um 50% höher als in der Vorperiode. Wie schon für den Fall der hohen Nachfrage bleiben die Annahmen über den Betrachtungszeitraum von 6 Jahren bezüglich Nachfrageerhöhung, Inflationsrate und Platzkilometerleistung unverändert. In den Folgeperioden vergrößert sich der Fehlbetrag jährlich um circa 20%, da eine prozentual geringere Umsatzsteigerung gegenüber der inflationsbedingten Kostenanpassung angenommen werden muss.

5.3.1.3 Niedrige Nachfrage

Im worst-case Szenario einer niedrigen Nachfrage werden die grundlegenden Annahmen aus den Fällen hoher und mittlerer Auslastung beibehalten. Für die Nachfrage wird, wie bereits beschrieben, lediglich eine Auslastung von 85% angesetzt. Mit Begründung niedriger Akzeptanz des ÖPNV wird über den Betrachtungszeitraum keine Nachfragesteigerung angenommen.

Ausgehend von diesen Daten und Annahmen kann zum Ausgangszeitpunkt gegenüber dem Szenario durchschnittlicher Auslastung ein lediglich um 13,8% niedriger Cash Flow erwirtschaftet werden. Der Deckungsbeitrag ist um etwa 18,3% geringer als beim durchschnittlichen Referenzszenario. Zu den nachfolgenden Beobachtungszeitpunkten ist eine sich tendenziell vergrößernde Differenz des Deckungsbeitrages und daraus resultierend auch des Cash Flows zwischen dem mittleren und niedrigeren Szenario

festzustellen. Dies ergibt sich aus den steigenden Kosten gegenüber der Annahme gleichbleibender Nachfrage.

5.3.1.4 Erwarteter Cash Flow und Net Present Value

Im realistischen Szenario resultiert in der ersten Periode unter Gewichtung der drei betrachteten Nachfragesituationen mit den Eintrittswahrscheinlichkeiten 50% für mittlere Nachfrage und 25% für hohe beziehungsweise niedrige Nachfrage ein erwarteter Cash Flow pro Garnitur von € -175.351,10. In der darauffolgenden Periode vergrößert sich der Fehlbetrag um circa 50%. Bis zum Ende des Beobachtungszeitraums steigt der Differenzbetrag zwischen den Perioden auf bis zu 80%. Der ermittelte Net Present Value beträgt € -8.411.058,98. Dies resultiert vor allem aus den hohen Investitionskosten für die Infrastruktur, auch wenn diese anteilig auf alle auf einer Linie fahrenden Fahrzeuge aufgeteilt werden.

Für das optimistische Szenario, in dem eine Eintrittswahrscheinlichkeit von 40% für mittlere beziehungsweise hohe Nachfrage und 20% für den Fall niedriger Nachfrage angesetzt wird, ergibt sich in der ersten Periode ein erwarteter Cash Flow von € -169.703,38, der in den Folgeperioden um bis zu 80% steigt. Der Net Present Value ergibt € -8.263.964,92 und liegt somit etwa 1,7 % über dem Ergebnis des realistischen Szenarios.

5.3.2 Omnibus

Die Annahmen des Modells über Umsatz, Auslastung, Nachfragesteigerung, Inflationsrate und Bezugsgrößen werden auch für die Cash Flow Berechnung des Transportmittels Omnibus beibehalten. Aus den Betriebsangaben der Wiener Linien GmbH & Co KG wurde eine Betriebsleistung von 4.901.046 Platzkilometern pro Jahr und Fahrzeug berechnet. Absolut gesehen weist der Omnibus geringere Fix- und Investitionskosten sowie operative Kosten auf als Straßenbahn und Busbahn. Aufgrund jedoch der um circa 35% niedrigeren Betriebsleistung sind die operativen Kosten pro Platzkilometer um 25% höher als bei der Busbahn und sogar um 32% höher als bei der Straßenbahn.

Die operativen Kosten pro Platzkilometer sind im Vergleich um 25% höher als für die Straßenbahn und sogar um 44% höher als für die Busbahn. Dies erklärt sich aus den

höheren Energie- und Kraftstoffkosten für den Betrieb eines Omnibusses, da der Preis fossiler Kraftstoffe höher ist als für elektrische Energie, die dem Antrieb von Omnibussen und überwiegend auch intermediärer Transportsysteme dient. Auch der Fahrzeugpreis ist, obwohl absolut gehen niedriger, in der Relation zur Betriebsleistung höher, da pro Omnibus und Jahr um circa 40% weniger Platzkilometer geleistet als bei der Straßenbahn und Busbahn pro Fahrzeug und Jahr.

Auch die Investitionskosten für eine Omnibuslinie liegen bei 50% gegenüber einer Busbahn, in Relation zur Straßenbahn betragen sie fast nur ein Fünftel. Aufgrund des verhältnismäßig niedrigen Rolling Stocks von Omnibussen bei der Wiener Linien GmbH & Co KG ergeben sich im exemplarischen Fall für den Omnibus umgelegt pro Fahrzeug sogar mehr als doppelt so hohe Investitionskosten wie für intermediäre Transportsysteme.

Diese Angaben werden, wie schon zuvor für die Straßenbahn, unverändert auf die drei unterschiedlichen Nachfrageszenarien angewendet.

5.3.2.1 Hohe Nachfrage

Der Deckungsbeitrag von 2,17 Cent pro Platzkilometer, berechnet aus Umsatzerlös abzüglich operativer Kosten, liegt in der *ersten* Periode circa 7% unter dem betreffenden Wert der Straßenbahn und ist circa 11% niedriger als bei der Busbahn. Bei einer Betriebsleistung von 4.901.046 Platzkilometern pro Jahr ergibt sich somit ein Deckungsbeitrag pro Jahr und Fahrzeug von € 106.352,69. Diesem stehen jährliche Fixkosten von € 190.266,67 gegenüber. Somit können lediglich 44,1% der Fixkosten gedeckt werden. Es resultiert daher ein Cash Flow von -83.762,79. In den Folgeperioden sinkt der Cash Flow jährlich um bis zu 13%.

5.3.2.2 Mittlere Nachfrage

Bei durchschnittlicher Nachfrage liegt der Deckungsbeitrag in der *ersten* Periode bei 1,81 Cent pro Platzkilometer. Pro Jahr und Fahrzeug ergibt dies bei einer Betriebsleistung von 4.901.046 Platzkilometern pro Jahr einen Deckungsbeitrag von € 88.708,93. Da lediglich 46,6% der jährlichen Fixkosten von € 190.266,67 kompensiert werden können, resultiert somit ein Fehlbetrag von € 101.779,34, der in die nächste Periode übernommen wird. Zwar kann der Deckungsbeitrag pro Fahrzeug in den

Folgeperioden die Fixkosten wiederum nur zu 48% deckt, so kann der Differenzbetrag der errechneten Cash Flows von 33% zwischen den ersten beiden Perioden auf 16% zwischen Periode 5 und 6 gesenkt werden.

5.3.2.3 Niedrige Nachfrage

Das Szenario niedriger Auslastung mit einer Nachfrage, die 15% unter der dem Durchschnittsfall liegt, weist einen Deckungsbeitrag pro Platzkilometer von 1,44 Cent auf, um circa 20% weniger als bei mittlerer Nachfrage. Pro Fahrzeug kann somit bei einer jährlichen Betriebsleistung von 4.901.046 Platzkilometern ein Deckungsbeitrag von € 70.575,06 generiert werden. Da somit nur 37% der Fixkosten von € 190.266,67 gedeckt werden können. Daraus resultiert ein Cash Flow Fehlbetrag von € -119.795,88. Dieser ist in der Folgeperiode um 34% höher, da den durch die Inflation steigenden Kosten keine steigende Nachfrage entgegengehalten werden kann, so dass ein höherer Deckungsbeitrag generiert werden könnte.

Insgesamt kann für den Omnibus ein durchschnittlich um circa 40% geringerer Fehlbetrag ausgewiesen werden als für die Straßenbahn.

5.3.2.4 Erwarteter Cash Flow und Net Present Value

Das realistische Szenario, für den Omnibus entwickelt, ergibt in der *ersten* Periode unter Berücksichtigung der Eintrittswahrscheinlichkeiten 50% für mittlere Nachfrage und 25% für hohe beziehungsweise niedrige Nachfrage einen erwarteten Cash Flow pro Fahrzeug von € -101.779,34. In den Folgeperioden vergrößert sich der Fehlbetrag wiederum um etwa 3%. Der weiters errechnete Net Present Value beträgt € -5.662.937,48.

Im optimistischen Szenario, bei einer Eintrittswahrscheinlichkeit von 40% für mittlere beziehungsweise hohe Nachfrage und 20% für den Fall niedriger Nachfrage, resultiert in der ersten Periode ein erwarteter Cash Flow von € -98.176,03, der in den Folgeperioden um bis zu 85% sinkt. Der daraus resultierende Net Present Value ergibt € -5.569.089,75 .

5.3.3 Busbahn

Für die exemplarisch aufgestellte Cash Flow Analyse eines intermediären Transportsystems wurde wiederum ein Umsatz pro Platzkilometer von 2,82 Cent

angesetzt, wie schon für Straßenbahn und Omnibus. Die geleistete Platzkilometeranzahl wurde mit 7.500.000 Platzkilometern pro Jahr und Fahrzeug berechnet aus den Annahmen, dass 3.000.000.000 Platzkilometer pro Jahr von einem Rolling Stock bestehend aus 400 Fahrzeugen geleistet werden. Die Annahmen basieren auf der Überlegung, dass zwar pro Fahrzeug eine ähnlich hohe Kapazität angeboten werden kann wie bei der Straßenbahn, jedoch aufgrund fehlender Erfahrungswerte oder finanzieller Mittel seitens der Kommunen weniger Fahrzeuge eingesetzt werden, so dass insgesamt über den gesamten Fahrzeugbestand je Transportmittelkategorie sowohl weniger Plätze bereitgestellt werden können beziehungsweise auch die Gesamtkilometerleistung niedriger ist, beides Parameter, die in die Einheit Platzkilometer einbezogen werden. In Relation kann somit eine nur um 3% geringere Betriebsleistung als durch eine Garnitur Straßenbahn erbracht werden, jedoch um 35% mehr Platzkilometer als durch einen Omnibus.

Die operativen Kosten sind mit 0,37 Cent pro Platzkilometer 25% niedriger als für die Straßenbahn und sogar 43% niedriger als für den Omnibus. Die Investitionskosten betragen, wenn sie anteilig den Fahrzeugen zugerechnet werden bei einem Rolling Stock von 400 Fahrzeugen € 1.582.309,45 und sind somit um circa 60% geringer als beim Omnibus und sogar um 70% niedriger als für die Straßenbahn. Auch die Fixkosten pro Fahrzeug sind für intermediäre Transportsysteme circa 25% niedriger als für Straßenbahnen, da vor allem die Personalkosten, Kosten für Unterstelleneinrichtungen und die Kapitalverzinsung von niedrigerem Ausmaß sind.

5.3.3.1 Hohe Nachfrage

Bei überdurchschnittlicher Auslastung wurde für intermediäre Transportsysteme ein Deckungsbeitrag pro Platzkilometer von 2,45 Cent berechnet, in Relation um circa 5% höher als für eine Straßenbahn und um 11% höher als für einen Omnibus. Bei einer Betriebsleistung von 7.500.000 Platzkilometern pro Jahr resultiert somit ein gewichteter Deckungsbeitrag pro Jahr von € 183.750. Die Fixkosten von € 251.066,67 können somit lediglich zu 73% gedeckt werden. Es ergibt sich daher für den Cash Flow ein Fehlbetrag von € -67.452,69. Im Vergleich ist dieser jedoch um circa 20% geringer als für den Omnibus und um circa 54% geringer als für die Straßenbahn. Dies ergibt sich aus der Tatsache, dass die operativen Kosten pro Platzkilometer am niedrigsten

innerhalb der betrachteten Transportmittelkategorien sind. Trotz wachsender Deckungsbeiträge ist in den Folgeperioden wiederum eine Vergrößerung des Fehlbetrags zu beobachten, da die operativen und fixen Kosten aufgrund der Inflationsanpassung stärker ansteigen als die Nachfrage pro Periode.

5.3.3.2 Mittlere Nachfrage

Für mittlere Nachfrage kann in der ersten Periode ein Deckungsbeitrag pro Fahrzeug von € 156.000 generiert werden. Damit können nur circa 62% der Fixkosten gedeckt werden und es resultiert ein Fehlbetrag von € -95.023,15. Da für den Fall mittlerer Auslastung eine Nachfragesteigerung pro Periode von 2,5%, jedoch eine Kostenanpassung an die Inflationsrate von 3% angenommen wurde, kann der Cash Flow Fehlbetrag tendenziell reduziert werden.

5.3.3.3 Niedrige Nachfrage

Bei niedriger Auslastung kann lediglich ein um circa 18% niedriger Deckungsbeitrag pro Periode und Fahrzeug generiert werden als bei mittlerer Nachfrage. Da über den gesamten Betrachtungszeitraum eine gleichbleibende Auslastung angenommen wird und die Umsatzerlöse nur durch die Inflationsanpassung steigen, sinkt das Cash Flow Ergebnis jährlich. Prozentuell gesehen kann die Differenz von anfangs circa 50% auf 18% am Ende des Beobachtungszeitraums gesenkt werden.

5.3.3.4 Erwarteter Cash Flow und Net Present Value

Der erwartete Cash Flow pro Fahrzeug des realistischen Szenarios liegt in der ersten Periode bei € - 95.023,15. Gegenüber dem Omnibus kann somit eine Verbesserung von 7% und in Relation zur Straßenbahn sogar von circa 45% erreicht werden. In den Folgeperioden vergrößert sich der Fehlbetrag wiederum. Jedoch kann die Differenz wiederum von 50% auf 15% über die Perioden gesenkt werden. Der berechnete Net Present Value beträgt € -3.231.990,41. Im optimistischen Szenario ergibt sich in der ersten Periode ein erwarteter Cash Flow von € -89.509,06, der in den Folgeperioden um jeweils sinkt. Die Differenz kann hier wiederum von circa 50% auf 14% gesenkt werden. Aus den Werten des erwarteten Cash Flows konnte ein Net Present Value von € -3.088.115,93 ermittelt werden. In Relation gesetzt kann eine Verbesserung des erwarteten Cash Flows und des Net Present Values gegenüber des Szenarios der

Straßenbahn von circa 60% und gegenüber des Omnibusses von etwa 44% festgestellt werden.

5.4 Diskussion

Selbst bei Annahme einer 15% Auslastungssteigerung ausgehend von einem Hochrechnungswert der Nachfrage im Jahr 2007 bei den Wiener Linien, die als durchschnittliche Referenz angesehen werden kann, ist ein positiver Cash Flow nicht erreichbar. Hierzu wäre bei gleichbleibenden Fixkosten eine Verdreifachung der Auslastung nötig. Bei Annahme des Falles, dass der Verlust aufgrund der hohen Investitionskosten für die Infrastruktur aus der ersten Periode in den Folgeperioden nicht wirksam wird, könnte die gleiche Wirkung durch eine Senkung der Fixkosten um circa 50% erzielt werden. Dieses Szenario wäre durch eine Übernahme der Infrastrukturkosten durch die Kommune oder durch Förderungen mit hohen Förderquoten realisierbar.

Vergleicht man den Kostenaufwand für der betrachteten Transportmittel, so ist jedoch festzustellen, dass intermediäre Transportsysteme in Relation zu der von ihnen erbrachten Platzkilometerleistung die geringsten operativen Kosten aufweisen. Absolut gesehen sind auch die Investitionskosten für intermediäre Transportsysteme zwar aufgrund erforderlicher Streckeninfrastruktur um 50% höher als für eine Omnibuslinie, gegenüber einer Straßenbahnlinie zeigt sich jedoch ein Vorteil von 57%. In Relation jedoch zum Rolling Stock weist eine Busbahn auch um circa 58% weniger Kosten auf als ein Omnibus und sogar um 70% weniger als eine Straßenbahn. Lediglich die jährlich anfallenden Fixkosten pro Fahrzeug sind für den Omnibus um circa 25% niedriger als für intermediäre Transportsysteme. Gegenüber der Straßenbahn ist jedoch ein Vorteil von 23% festzustellen.

Betrachtet man den Net Present Value der drei Transportmittelkategorien so zeigen alle drei Verkehrssysteme negative Werte, womit eine Investition in allen drei Fällen als nicht vorteilhaft anzusehen wäre. Um dieser Tatsache entgegenzuwirken, sind somit entsprechende Fördermaßnahmen notwendig, die jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht behandelt werden können. Aus den Relationen der Ergebnisse für die Transportmittelkategorien können jedoch Schlussfolgerungen gezogen werden. So

weisen im Vergleich die intermediären Transportsysteme pro Fahrzeug den geringsten Fehlbetrag auf. Durch geeignete Fördermaßnahmen wäre somit ein positives Ergebnis bezüglich Cash Flow und Net Present Value am ehesten durch Einsatz intermediärer Transportsysteme erreichbar.

6 Systemanforderungen

6.1 Fahrzeug

Im Folgenden werden die Ansprüche seitens der Betreiber und indirekt auch der Passagiere an ein Transportsystem des ÖPNV, die nach Bewertung der im Rahmen dieser Arbeit erhobenen Daten ermittelt wurden, dargestellt und in einem Anforderungsprofil zusammengefasst.

6.1.1 Kapazitätsanforderungen

Die Steigerung des Personenfassungsvermögens nimmt einen hohen, betrachtet man die durchgeführte Betreiberumfrage, sogar den höchsten Stellenwert im Anforderungsprofil eines zukunftssträchtigen Fahrzeugs des ÖPNV ein. Als Benchmark kann hier die Straßenbahn angesehen werden, die mit einer mittleren Gesamtplatzanzahl von 188 Personenplätzen bei Vollausslastung knapp um die Hälfte mehr Passagiere befördern kann als im Durchschnitt ein Omnibus mit im Mittel 126 Plätzen. Die momentan am Markt angebotenen intermediären Transportsysteme weisen innerhalb der Kategorie eine sehr weite Streuung im Spektrum zwischen Omnibus und Straßenbahn auf, wodurch im Mittel 134 Gesamtplätzen angenommen werden können. Betrachtet man die Extrema, so liegt der Phileas, in der 18m-Ausführung mit 91 Plätzen, noch unter dem Gelenkbus, der bei gleicher Fahrzeuglänge 105 Personen fasst. Der Translohr, mit 39m das längste unter den untersuchten Fahrzeugen und einem Transportvolumen von 209 Gesamtplätzen, kann nur noch von der 2-System-Stadtbahn Karlsruhe um 3 Plätze überboten werden.

Es stellt sich daher die Frage, warum Busse diese Länge beziehungsweise Kapazität nicht erfüllen können. Omnibusse werden von zwei, vor allem gesetzlich gegebenen Randbedingungen eingeschränkt. Einerseits ist die Fahrzeuggesamtlänge derzeit in den allgemein gültigen gesetzlichen Regelungen auf maximal 18,75 m Länge für den Gliederzug beschränkt.³² Andererseits ist die maximal zulässige Achslast - 11,5 beziehungsweise 12t für nicht gelenkte angetriebene Achsen und 9t für gelenkte Achsen - das einschränkende Kriterium. Mit der Länge von 18,75m und der gegebenen Achslast

³² EG-Richtlinie 96/53/EG Anhang I Punkt 1.1

ist ein Maximum von 160 Personen bei 8 Personen pro Quadratmeter höchstens erreichbar. Mit circa 25m unter den gleichen Bedingungen sind ungefähr 200 Personen beförderbar. Diese Länge kann unter den gegebenen Wendekreisvorschriften nur mit einem Doppelgelenkbus bedient werden. Dieser stößt mit der Bauweise mit vier Einzelachsen an die Achslastgrenze. 200 Personen sind daher mit höherem Sitzplatzanteil und weniger Personen pro Quadratmeter auf den Stehplätzen erreichbar. Die maximale Länge des Eingelenkbusses unter den gegebenen Wendekreisbedingungen ist bei circa 20,5m erreicht. Die verfügbare Stehplatzfläche gibt hier die Beförderungskapazität vor.³³

Aus der gesamtheitlichen Betrachtung der Fahrzeugvarianten aller drei Transportkategorien kann daher festgestellt werden, dass die Straßenbahn hinsichtlich der Personenkapazität eindeutig dominant ist.

6.1.2 Darstellung der Flexibilität

Die Fähigkeit auf plötzlich eintretende Störungen und Hindernisse reagieren zu können, ist ein wichtiger Aspekt, der im Hinblick auf einen effizienten und flüssigen Verkehrsablauf betrachtet werden muss. Die Flexibilität, einer Blockade im Streckenverlauf, beispielsweise durch ein defektes Fahrzeug, ausweichen oder sogar großräumige Umleitungen bei längerfristigen Behinderungen bewerkstelligen zu können, bringt den organisatorischen und vor allem ökonomischen Vorteil mit sich nicht auf einen Schienenersatzverkehr zurückgreifen oder gar die Linie bis zur Schadensbehebung stilllegen zu müssen.

Diese Adaptierungsmöglichkeit ist jedoch nur gegeben, wenn das Fahrzeug auch gänzlich oder zumindest partiell ohne Spurführung auskommt. Ist diese eine obligate Bedingung, so kann das Gefährt abseits des Gleises nicht bewegt werden. Alle betrachteten Varianten der Kategorie „Straßenbahn“ spiegeln dieses Problem wieder. Einerseits wird die Straßenbahn durch die Spurführung der Schienen gelenkt, andererseits bieten nur die Stahlschienen den Metallrädern des Wagens den nötigen Fahrweg mit entsprechend hoher zulässiger Flächenpressung. Der Gummireifen eines

³³ EG- Richtlinie 97/27/EG Anhang I Punkt 7.6

Omnibusses verteilt durch eine größere Aufstandfläche die Radlast wesentlich besser in der Fläche als ein Stahlrad einer Straßenbahn. Durch die Schienengebundenheit ist zwar daher eine ruhigere Fahrt mit geringeren Längs- und Querbewegungen gegeben, ein Verlassen der Gleise ist jedoch nicht möglich.

Der Omnibus hingegen erfüllt das Flexibilitätskriterium optimal. Da das Fahrzeug mit Gummirädern auf dem für auch vom Individualverkehr benutzten Asphaltfahrweg läuft und keine zusätzliche Infrastruktur für eine etwaige externe Energiequelle oder eine Spurführung benötigt, kann eine Streckenänderung jederzeit problemlos vorgenommen werden, so die städtebaulichen Gegebenheiten mit der Gefäßgröße kompatibel sind. Selbst die Sonderform des Spurbusses lässt ein Ausfädeln aus dem Führungssystem zu, so dass eine individuelle Streckenführung durchführbar wird. Auch die in einem BRT-System auf eigenen, vom Individualverkehr separierten, Fahrwegen verkehrenden Busse bilden hier keine Ausnahme. Die BRT-Fahrwege sind zumeist zweispurig pro Richtung ausgelegt, sodass Fahrzeuge einander überholen können. Grundsätzlich können die auf BRT-Strecken eingesetzten Busse aber auch außerhalb des Systems verkehren und dieses an Stellen, wo die bauliche Separierung Ausfahrten offen lässt, verlassen.

Aus dem Blickwinkel der Flexibilität sind daher intermediäre Systeme mit optionaler Spurführung zu präferieren. Um eine absolute Unabhängigkeit gewährleisten zu können, darf die Spurführung daher nur der Steigerung des Fahrkomforts dienen und nicht der primären Energieversorgung. Eine Möglichkeit diese Abhängigkeit zu umgehen, wäre eine Hybridlösung, die den handgelenkten Betrieb durch eine fahrzeuginterne Antriebsquelle mit hoher Reichweite erlaubt, bei Einklinken in das Spurführungssystem jedoch ausgeschaltet werden kann und die Energieversorgung durch externe Zufuhr erlaubt.

6.1.3 Modularer Aufbau

Ein rentabler Betrieb des Fahrzeugs kann nur durch die flexible Anpassung an eine schwankende Nachfrage gewährleistet werden. Einen Weg dies zu erreichen, stellt die Koppelung einzelner Gefäßmodule dar. Die Straßenbahn erfüllt diese Bedingung durch die Aneinanderreihung beliebig vieler Wagons, flexibel im Rahmen der gesetzlich

zulässigen Maximallänge von 75m für im Straßenverkehr integrierte Straßenbahnzüge³⁴, bis zu einem gewissen Grad sehr gut. Problematisch ist hier jedoch, dass die Gefäßgrößen der einzelnen Module verhältnismäßig groß sind, so dass heute zumeist nur auf große Sprünge in der Nachfrage der Beförderungsdienstleistung reagiert werden kann. Der Omnibus kann zwar vom Betreiber beliebig in einer Länge zwischen 6 und 18,75 m angeschafft und die unterschiedlichen Fahrzeuge nachfrageangepasst eingesetzt werden, eine Adaptierung des einzelnen Fahrzeugs ist jedoch nicht möglich.

Da die Nachfrageanpassung von den Betreibern explizit proklamiert wird, muss das Bestreben der Fahrzeughersteller innovativer intermediärer Systeme in der Schaffung kleiner Fahrzeugeinheiten liegen, die einzeln gefahren beziehungsweise bei Bedarf auch gekoppelt werden können. Ein in diese Richtung gehendes Konzept wurde bereits von Veolia angedacht, jedoch noch nicht umgesetzt. Hier werden eigenständig fahrbare Kleinbuseinheiten, wenn ein erhöhtes Passagieraufkommen es erfordert, zu einem Zug zusammengehängt. Die dahinter stehende Überlegung ist die Intention, auch bevölkerungsschwächere Stadtteile zu erschließen und mit einer geeignet geringeren Gefäßgröße zu bedienen. An Verkehrsknotenpunkten, bei denen die schwächer frequentierten Linien zusammentreffen und sich dann zu einer Hauptverkehrsader vereinigen, wird aus den kleinen Fahrzeugeinheiten ein Zug gebildet, der nur noch von einem Fahrer gelenkt werden muss. Ziel dieses Konzept ist daher einerseits eine flächendeckende Erschließung des mit diesem Transportsystem bedienten urbanen Gebiets durch das dichte Kleinbusnetz. Andererseits wird aufgrund der Zugbildung eine Senkung des Personalaufwandes erreicht und durch die Vermeidung von Parallelführung nicht voll ausgelasteter Fahrzeuge auf Hauptverkehrslinien ein ökonomischer Betrieb angestrebt.³⁵

Auch beim Omnibus ist durch die Lösung mit Solobus plus Personenanhänger eine Kapazitätsanpassung in gewissen Grenzen möglich. Allerdings ist damit nur eine Verdoppelung beziehungsweise Halbierung der Kapazität zu erreichen. Ein weiteres Problem, dass auch Straßenbahnzügen gemein ist, stellt die Forderung nach einem durchgängigen Raum zwischen den Fahrzeugenden dar. Ein Übergang über eine

³⁴ Vgl.: § 58 Straßenbahnverordnung, Bundesgesetzblatt II, Nr. 76/2000

³⁵ Vgl.:N.N., Interne Aktennotiz MAN, 2007

Deichselkupplung ist für heutige Sicherheits- und Komfortansprüche am Markt bis dato nicht verfügbar. Darüber hinaus stellt sich bei heutigen Systemen die Frage nach dem Aufwand des An- und Abkoppelns sowie nach der Abstellung der gerade nicht benötigten Zugteile.

Das Konzept von Veolia kann nur als ein möglicher Ansatz eines modularen Aufbaus angesehen werden, erfüllt die Forderungen der Betreiber nach einem an die Nachfrage anpassungsfähigen Verkehrssystem jedoch sehr gut. Um ein unregelmäßiges Passagieraufkommen rentabel bedienen zu können, muss ein Fahrzeug auch durch kleine Module erweiter- respektive verkleinerbar sein, wobei dies ohne hohen technisch beziehungsweise zeitlichen Aufwand zu bewerkstelligen sein sollte.

6.1.4 Ökologische Aspekte

Die Erfüllung der Zielsetzungen des Kyoto-Abkommens sowie gesetzliche Auflagen auf Länder- beziehungsweise EU-Ebene bedingen auch im öffentlichen Personennahverkehr ein Umdenken tendierend zu emissionsreduzierten oder optimalerweise zumindest lokal emissionsfreien Antriebsarten. Der Einsatz von Verbrennungsmotoren muss somit kritisch betrachtet werden, da in der technologischen Entwicklung der letzten Jahrzehnte zwar eine Reduktion des Schadstoffausstoßes erreicht werden konnte, eine Null-Emission technisch jedoch bislang nicht realisierbar ist. Lediglich die Nutzung von Wasserstoff als Treibstoff im Verbrennungsmotor ermöglicht einen tendenziell schadstofffreien Betrieb. Da diese Technologie jedoch noch nicht serienreif und somit auch finanziell aufwendig ist, wird sie im Flottenbetrieb bis dato kaum eingesetzt. Auch eine nachhaltige Wasserstoffversorgung steht bis dato nicht zur Verfügung, obwohl es Konzepte gibt. Eine Möglichkeit Omnibusse schadstofffrei zu betreiben, ist die Zufuhr elektrischer Energie über eine Oberleitung, ähnlich der Straßenbahn. Sowohl bei Trolleybussen als auch Straßenbahnen wird die Schadstoffproblematik jedoch nur verlagert, da nur eine lokale Nullemission erreicht werden kann. Gleiches gilt für den Einsatz von Hybridantrieben, die zumindest im elektrischen Modus lokal schadstofffrei betrieben werden können. Bei Wechsel auf Diesel- oder Benzinantrieb tritt das bereits beschriebene Emissionsproblem wieder auf. Eine nachhaltige Versorgung mit Elektrizität ist nicht nur für den Betrieb des

Verkehrsmittels, sondern auch generell für die Versorgung der Stadt wichtig, beispielsweise Beleuchtung, Haushalte, Industrie, etc.

Die momentan am Markt erhältlichen intermediären Transportsysteme bedienen sich ebenfalls allesamt eines elektrischen Oberleitungs- beziehungsweise Hybridantriebs und erreichen somit ebenfalls nur eine lokale Emissionsfreiheit. Da eine absolute Nullemission jedoch in der Primärversorgung bereits unter vielen Umständen machbar ist, wie zum Beispiel durch Wasserkraft, kann der elektrische Antrieb als bestmögliche Lösung zum momentanen Zeitpunkt gesehen werden.

6.2 Infrastruktur

Der infrastrukturelle Aufwand setzt sich aus mehreren Kostenelementen zusammen und ist je nach Verkehrssystem unterschiedlich hoch. Abhängig ist dies von der Aufbereitung des Fahrweges, dem Einsatz eines Spurführungssystems sowie der Unterstandsbaulichkeiten außerhalb der Betriebszeiten.

6.2.1 Gesamtheitliche Kostenbetrachtung

Im folgenden Abschnitt werden die Infrastrukturelemente der Transportmittelkategorien Straßenbahn, Omnibus und Busbahn aufgeschlüsselt und hinsichtlich ihrer Kostenrelevanz analysiert. Die angegebenen Zahlenwerte berufen sich auf Kostenaufstellungen von Rottmann/ Deutsch³⁶ und des Verbands Deutscher Verkehrsunternehmen.³⁷

6.2.1.1 Fahrwegadaptierung

Im Rahmen der Kostenbetrachtung wurden Werte für die folgenden Elemente pro Kilometer Strecke ermittelt.

Für den Omnibus konnten Angaben sowohl für den Fall des Umbaus bereits vorhandener Verkehrsfläche zur Busspur als auch der Ersterstellung in verkehrstechnisch neu zu erschließenden Gebieten erhoben werden. Für die Neuschaffung kann hier ein Wert von 1.022.600 Euro angesetzt werden, der Umbau bereits bestehender Straßeninfrastruktur liegt mit 915.200 Euro jedoch nur circa 10%

³⁶ Vgl.:Deutsch, V.; Einsatzbereiche neuartiger Transportsysteme zwischen Bus und Bahn; Dissertation an der Bergischen Universität Wuppertal; S. 108ff.

³⁷ Vgl.: N.N.; Verband Deutscher Verkehrsunternehmen; Busbahn – Möglichkeiten und Grenzen; Mitteilungen Nr. 10010; S. 63ff

darunter. Für Vergleichszwecke kann ein Durchschnittswert von 968.900 Euro herangezogen werden. Da die Infrastruktur für die unterschiedlichen Spurführungssysteme intermediärer Systeme keines speziellen Fahruntergrundes bedürfen, sondern auf einer konventionellen Busspur implementiert werden, können die gleichen Kostenwerte angenommen werden.

Die Aufbereitung des Fahrwegs für den Straßenbahnbetrieb gestaltet sich komplexer. Hier können je nach Beschaffenheit der Streckenumgebung Vignolschienen-, Rillen- oder Rasengleise zum Einsatz kommen. Da diese unterschiedliche Kostenpunkte aufweisen, wurde daher als Vergleichswert ein Durchschnittswert von 1.820.233 Euro ermittelt. Unabhängig von der Art des Gleises muss weiters ein Unterbau geschaffen werden, auf den die Schienenkonstruktion aufgesetzt werden kann. Dieser ist mit einem Richtwert von 153.400 Euro anzusetzen. Die Gesamtaufwendungen für einen Straßenbahnfahrweg müssen somit pro Kilometer mit knapp 2 Millionen Euro gerechnet werden.

6.2.1.2 Fahrleitung

Für den Fall, dass dem Fahrzeug durch eine externe Quelle Energie zugeführt wird, werden Fahrdrähtleitungen benötigt. Die Straßenbahn ist zu 100% von dieser Art der Speisung abhängig. Die Kosten für die dementsprechend komplexeren Fahrdrähtleitungen müssen daher mit 915.200 Euro angesetzt werden und liegen somit um 70% höher als bei der Busbahn. Der niedrigere finanzielle Aufwand ergibt sich hier, da ein auf Stahlschienen fahrendes System nur eine einpolige Oberleitung benötigt aufgrund der als Minuspol fungierenden Stahlschiene. Beide Verkehrsmittel benötigen jedenfalls Unterwerke, die alle 10 km im Fahrweg eingelassen sind. Aufgrund dieser Tatsache kann mit 72.600 Euro nur ein Zehntel in die Kilometerkosten eingerechnet werden. Diese Unterwerke dienen dazu für ihren Abschnitt eine möglichst konstante Fahrdrahtspannung bei allen Betriebsbedingungen zu gewährleisten. Insgesamt ergibt sich schlussendlich ein Kostenaufwand für die Straßenbahn von 987.800 Euro und für die Busbahn von 341.400 Euro.

Für den Omnibus ist der Posten „Fahrdrähtleitung“ mit 0 anzusetzen, da hier ein Verbrennungsmotor als im Fahrzeug integrierte Antriebsquelle zum Einsatz kommt.

6.2.1.3 Infrastruktur an der Strecke

Als Streckeninfrastruktur werden alle vom Fahrzeug unabhängigen Zusatzeinrichtungen, die die Integration des Transportsystems im Straßenverkehr ermöglichen, sowie die Haltestelleninfrastruktur, wodurch für die Passagiere der Zugang zum Fahrzeug gewährleistet wird, betrachtet. Straßenbahn wie Busbahn benötigen im Betrieb Fernmeldeeinrichtungen, Signale und Streckenkabel, die mit 388.600 Euro beziffert werden können. Für die Busbahn muss zusätzlich noch eine Signaleinrichtung, gleich dem TVR, eingerechnet werden, die mit 194.300 Euro angesetzt werden.

Haltestellen entlang einer Omnibusstrecke unterliegen lediglich der Bedingung, dass die heutzutage überwiegend eingesetzten Niederflurbusse an die Gehsteigkante soweit herangeführt werden können, dass die Passagiere auf gleich bleibendem Niveau ein- und aussteigen können. Es wird mit Kosten von 92.000 Euro pro Kilometer gerechnet.

6.2.1.4 Betriebshof

Die Unterstellung der Fahrzeuge während der Ruhezeiten erfolgt in eigens errichteten Hallen, die sowohl für routinemäßige Wartungsarbeiten genutzt werden können, bei denen keine, nur in Servicewerkstätten des Herstellers vorhandene, Spezialeinrichtungen benötigt werden, als auch als Schutz vor Witterung und Fremdeinflüssen außerhalb der Betriebszeiten dienen.

Die für Straßenbahnen konzeptionierten Remisen bedürfen aufgrund ihrer Komplexität eines hohen finanziellen Aufwands. Die Kosten pro Gebäudeeinheit liegen je nach Hersteller und Ausstattungsniveau zwischen 400.000 und 1.000.000. Euro. Dies resultiert aus dem zu Führung des Fahrzeugs unabdingbaren Schienenkonstrukt und den obligatorischen Fahrdradleitungen für die Energiespeisung.

Der autonom fahrende Omnibus hingegen benötigt diese Spezialinfrastruktur nicht im Straßeneinsatz und somit auch nicht am Gelände des Betriebshofs. Vom Fahrer manuell gesteuert kann auf eine konventionelle Asphaltstraße ohne Spurführungseinrichtungen zurückgegriffen werden. Aufgrund der im Fahrzeug integrierten Energiequelle sind auch keine Fahrdradleitungen für eine externe Speisung notwendig. Die Kosten

rangieren zwischen 86.000 und 116.000 Euro und betragen somit im Durchschnitt nur 15% der Kosten für eine Remise.

Da die momentan angebotenen intermediären Systeme bimodal betrieben werden können, entweder in Form von Hybridfahrzeugen oder Gelenkbussen mit einer optionalen Spurführung kann der Betriebshof unter den gleichen Bedingungen wie für den Omnibus geschaffen werden. Für den Zeitraum des Einfahrens und Abstellens am Gelände erfolgt die Energiespeisung bei Hybridfahrzeugen über die interne Antriebsquelle und bei den Omnibussen, die nur aufgrund der Spurführung zu den intermediären Systemen zählen, wie auch bisher üblich, über einen Verbrennungsmotor oder einen im Fahrzeug integrierten Batterieantrieb. Die finanziellen Aufwendungen können hier schätzungsweise mit 200.000 Euro angesetzt werden. Diese Angabe beruht aufgrund fehlender allgemein zugänglicher Erfahrungswerte auf einer Schätzung, orientiert an den Kosten eines Betriebshofes für Trolleybusse, die in der Funktionsweise intermediären Systemen sehr ähnlich sind. In Relation zum Omnibus ergibt sich circa ein doppelt so hoher finanzieller Aufwand.

6.2.2 Rolle der Spurführung

Spurführungssysteme für Transportmittel des öffentlichen Personennahverkehrs sind unter zwei grundlegenden Aspekten zu betrachten. Einerseits kann über ein Leitsystem die Energiezufuhr gewährleistet werden, andererseits kann eine Spurführung nur zur Lenkung des Fahrzeugs dienen. Das Prinzip der externen Energiequelle wird bei der Straßenbahn, aber auch bei intermediären Systemen, wie dem TVR, dem Stream oder dem Trolleybus angewendet.

Andererseits kann Spurführung auch als System gesehen werden, das das Fahrzeug am Fahrweg leitet und somit den Fahrkomfort steigert.

6.2.2.1 Verfügbare Systeme

Die am Markt offerierten Systeme lassen sich im Wesentlichen bestimmt durch die Funktionsweise in drei Kategorien einteilen.

- mechanisch
- optisch
- induktiv

Zu den mechanischen Spurführungssystemen zählen alle Systeme, die über Kraftübertragung das Fahrzeug in seiner Bahn lenken und es zwingen dieser zu folgen. Im Spektrum zwischen Omnibus und Straßenbahn ist diese Funktionsweise häufig zu finden. So basiert der Spurbus gleichermaßen auf einem solchen Prinzip wie auch die Straßenbahn, der Unterschied liegt lediglich in der technischen Umsetzung.

Der Spurbus greift, wie bereits in Kapitel 1 ausführlich erläutert, auf eine Führung des Fahrzeugs durch an den Achsen angebrachte Tastrollen in zwei parallel verlaufenden Schienen zurück.³⁸

Der TVR wird über kleine Stahlräder mit zwei Spurkränzen mittels Druckübertragung an einer auf der Fahrbahnmitte angebrachten Schiene geführt.³⁹

Das Transportsystem Translohr von Lohr Industries ist ebenfalls über eine Mittelschiene, die in diesem Fall von zwei v-förmig angebrachten Spurkranzrädern umschlossen wird, mit der Fahrbahn verbunden. Diese Rädchen sind auf einem Führungsdrehgestell befestigt, das absenkbar ist.⁴⁰

Auch die konventionelle Straßenbahn zählt zu den mechanisch spurgeführten Transportsystemen. Die Fahrzeugeinheiten setzen mit Metallrädern auf zwei parallel im

³⁸Vgl.: Informationsschrift zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben Spurbus Essen (Dual- Mode-Bus); Vorhaben gefördert vom Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT)

³⁹Vgl.: N.N.; Verband Deutscher Verkehrsunternehmen; Busbahn – Möglichkeiten und Grenzen; Mitteilungen Nr. 10010; S. 20ff

⁴⁰Vgl.: N.N. ; Rubber Tired Trams and BRT Projects in the Paris Region – Trip Report; 2002; S.28 ff

Fahreruntergrund implementierten Stahlschienen auf und werden in diesen gelenkt und geführt.

Ein optisches Spurführungssystem, wie es von Matra-Siemens angeboten wird, und beispielsweise beim CIVIS zur Anwendung kommt, liefert über Kameraaufnahme ein optisches Signal, wodurch sich das Fahrzeug an einer Leitlinie orientieren kann. Die an der Vorderseite angebrachte Kamera nimmt diese speziell am Fahrweg angebrachte Fahrbahnmarkierung auf und übermittelt das Signal an das Fahrzeug, wo es in eine Lenkaktion umgewandelt wird. Weiters erlaubt das Leitsystem das Fahrzeug, zentimetergenau an den Randstein heranzuführen, wodurch der Ein- und Ausstieg auf gleich bleibendem Niveau nahezu lückenlos ermöglicht wird. Durch Deaktivierung der Spurführung steht dem Fahrer auch die Option der manuellen Lenkung offen. Hierfür muss das Fahrzeug nicht angehalten oder verlangsamt werden, die Umschaltung kann bei Bedarf während der Fahrt erfolgen.⁴¹

Das System von FROG, das beispielsweise beim Phileas (VDL) eingesetzt wird, ist eine induktive Spurführung. Das Fahrzeug orientiert sich an in einem Intervall von 4 – 5m in den Fahreruntergrund eingelassenen magnetischen Baken.⁴²

Auch das System STREAM von Ansaldo Breda stellt einen Sonderfall bei den Spurführungssystemen dar, da es primär der Energieversorgung dient. Durch magnetische Anziehungskraft zieht ein unter dem Fahrzeug angebrachter Stromabnehmer den in der Fahrbahn integrierten elektrischen Leiter heran und aktiviert somit die Stromleitung. Der Stromabnehmer läuft auf einer quer angebrachten Schiene, wodurch eine Verschiebung möglich ist und der Omnibus circa um eine Fahrzeugbreite nach beiden Seiten von der Spur abweichen kann. Durch Messung dieser Abweichung und Korrektur durch automatischen Lenkeingriff kann dieses System auch eine Spurführungsfunktion implementieren.⁴³

⁴¹Vgl.: N.N. ; Civis – Ein stadtgerechtes Verkehrskonzept ; Produktinformation der Irisbus Deutschland GmbH und Siemens Transportation Systems; Stand 2007

⁴² Vgl.: N.N. ; Phileas Advanced Public Transport Systems ; Produktinformation VDL ; Niederlande Stand 2007

⁴³ Vgl.: N.N. ; Verband Deutscher Verkehrsunternehmen ; Linienbus-Verkehrssysteme mit elektrischem Fährantrieb; S.90ff

6.2.2.2 Präferenzen am Markt

Der Einsatz eines Spurführungssystems kann nach Auswertung der Umfrage unter den Betreibern nicht eindeutig befürwortet oder abgelehnt werden. In den diesbezüglichen Stellungnahmen wird eine Vielzahl von positiven Aspekten wie auch Nachteilen angeführt. Einer Spurführung wird in erster Linie ein höherer Grad an Sicherheit im Fahrverhalten bedingt durch den ruhigeren Lauf des Fahrzeugs zugeschrieben. Innovative Spurführungen, wie sie bei den intermediären Transportkonzepten angewendet werden, können bereits die anfahrbedingt ruckartige Längsbeziehungsweise Querbewegungen so gut wie vermeiden. Weiters wird der Vorteil des geringeren Fahrbahnbedarfs, bedingt durch das geringere benötigte Lichtraumprofil, angeführt. Beim manuell gelenkten Fahrzeug muss nämlich eine gewisse Abweichtoleranz um die theoretische Fahrbahnmittellinie berücksichtigt werden. Ein Spurführungssystem, das dies vermeidet, muss über hohe Exaktheit verfügen, wie es beispielsweise mechanische Systeme tun. Ein optisches System kann heute hier nicht mithalten, da bei 50 km/h eine laterale Toleranz von 500 mm zu berücksichtigen ist.

Das Argument, eine Spurführung trage zu Einhaltung der Taktzeiten des Verkehrsmittels bei und sichere somit die Pünktlichkeit, ist nicht explizit einem Spurführungssystem zuzurechnen. Es ist nur bei Vorliegen eines speziellen Fahrwegs, der exklusiv dem in der Spur laufenden Transportmittel zur Verfügung steht, richtig. In die Straße eingelassene Gleise, wie es Straßenbahnen verwenden, werden beispielsweise oftmals auch vom Individualverkehr befahren, wodurch wiederum eine Behinderung in Spitzenverkehrszeiten gegeben sein kann. Andererseits jedoch kann die Forderung nach Pünktlichkeit auch ohne Vorliegen einer Spurführung erfüllt werden, indem dem Verkehrsmittel eine Fahrspur zur Exklusivnutzung zugewiesen wird. Somit wäre auch dem konventionellen Omnibus eine Einhaltung der Taktzeiten möglich.

Die obligatorische Bindung an eine vorgegebene Spur schränkt die Flexibilität des betreffenden Verkehrsmittels massiv ein. Eine Reaktion auf Behinderungen in der Streckenführung ist nicht möglich. Straßenbahnsysteme stoßen bei Betriebsstörungen auf eben genau dieses Problem. Da ein Ausgleisen und Betrieb auf einer konventionellen Fahrstraße nicht möglich ist, muss der Betrieb vorübergehenden stillgelegt und auf einen Schienenersatzverkehr zurückgegriffen werden. So eine

Straßenbahninfrastruktur nicht bereits vorhanden ist, werden bei Neuanschaffungen daher Fahrzeuge mit optionaler Spurführung oder handgelenkte Omnibusse präferiert.

Die Implementierung eines Spurführungssystems in einem kompletten Streckennetz birgt, aufgrund der speziellen Fahrweginfrastruktur, einen hohen infrastrukturellen und daraus resultierend finanziellen Aufwand, sowohl bei der Anschaffung als auch in Folge bei der Wartung. Die Gleiskonstruktionen für den Straßenbahnbetrieb bedürfen aufwendiger infrastruktureller Vorkehrungen, die hohe Kosten mit sich ziehen, wie aus der Kostenbetrachtung in 6.2.1 ersichtlich wird. Hier ist seitens der Betreiber bei der Fahrzeugauswahl individuell eine Abwägung der Kosten – Nutzenrelation, hinsichtlich der Entscheidung über ein Leitsystem, vorzunehmen. Aus der Umfrage geht eine starke Ambivalenz bezüglich dieser Thematik hervor. Bereits vorhandene Spurführungssysteme werden aufgrund der hohen Investitionskosten bevorzugt weiterhin genutzt. Da intermediären Systemen noch ein hoher technologischer Neuheitsgrad zukommt, ist die Diffusion in europäischen Städten noch nicht weit fortgeschritten. Ein geringer Bekanntheitsgrad und fehlende Erfahrungswerte erschweren daher eine Meinungsbildung unter den Entscheidungsträgern auf kommunaler Ebene. Die in Kapitel 6.2.2.1. dargestellten Spurführungsalternativen werden eher in Kombination mit einzelnen Fahrzeugherstellern und noch nicht als separat erhältliche standardisierte Produkte angeboten. Ein eindeutiger Trend, wie weit diese neuartigen Leitsysteme angenommen werden, ist daher nicht erkennbar.

7 Markteinführungsszenarien

7.1 Maßnahmen zur Kundenüberzeugung

Die Zielgruppe potentieller Promotion-Aktivitäten sind in erster Linie Kommunen beziehungsweise private Betreiber des öffentlichen Verkehrs. Dem Passagier als Nutzer und Endkunde, kann vermutlich kein deutlicher Mehrnutzen des Einsatzes intermediärer Transportmittel gegenüber konventioneller Verkehrsmittel vermittelt werden. Hier könnte lediglich ein gesteigerter Reisekomfort, insbesondere zu Verkehrsspitzenzeiten, durch das erhöhte Fassungsvermögen des Fahrzeuges, überzeugend wirken. Eine separat zu nutzende Spur auf der das Fahrzeug unabhängig vom Individualverkehr geführt wird und somit die Einhaltung der Taktzeiten größtenteils gewährleistet, könnte ebenfalls einen positiven Einfluss auf die Akzeptanz beim Endkunden haben.

Auf kommunaler Ebene ist die Implementierung einer Testbetriebstrecke bedient durch ein intermediäres System als Teil eines Fahrzeugportfolios vorstellbar, um den direkten Vergleich mit Schienenfahrzeugen des Straßenverkehrs im Betrieb herzustellen. Weiters kann dieses Fahrzeugkonzept als Konkurrenzprodukt sowohl auf dem Omnibus- als auf dem Straßenbahnmarkt als Substitutionsgut angeboten werden. Der Fokus liegt hier auf zwei unterschiedlichen Einsatzbereichen. Einerseits könnte die Busbahn auf stark frequentierten Omnibuslinien, durch die höhere Kapazität, den Einsatz mehrerer Buseinheiten substituieren. Da die Implementierung einer Schienenkonstruktion weniger aufwendig ist beziehungsweise ganz entfällt, ist die Busbahn jedoch auch als Konkurrenzprodukt zur Straßenbahn zu sehen, da sie durch einen modularen Aufbau kapazitätsmäßig auch an diese heranreichen könnte.

7.2 Erweiterung bestehender Systeme

Intermediäre Transportsysteme müssen nicht immer nur als Substitutionsprodukt eingesetzt werden, sondern können auch durch die Integration in das bestehende Verkehrsmittelangebot eines Betreibers eine Komplementärlösung darstellen. Kann auf eine Spurführung verzichtet werden und ist die Antriebsquelle in Fahrzeug integriert, so ist eine Integration auf Busstrecken problemlos möglich. Eine Ergänzung eines Omnibusfuhrparks für, wie zuvor vorgeschlagen, Strecken mit hohem Passagieraufkommen ist somit denkbar.

Die Speisung des Fahrzeugs über eine externe Energiequelle erfordert die Verlegung von Fahrdrähtleitungen. Sowohl in einem Trolleybus- als auch in einem Straßenbahnsystem werden solche ebenfalls benötigt. Um eine Integration in eines dieser beiden Systeme zu ermöglichen, müsste die Kompatibilität der Stromabnehmer des Fahrzeugs mit den Fahrdrähtleitungen eines dieser beiden Systeme gegeben sein.

Die Weiterentwicklung der Trolleybustechnologie zum Fahrzeug mit absenkbarem Stromabnehmer ermöglicht die Nutzung bestehender Oberleitungsinfrastruktur. Das Vorhandensein eines Stromaggregats mit ausreichendem Speicherplatz brächte jedoch die nötige Flexibilität auch ohne Fahrdrähtleitung zu fahren. Somit wären Umleitungen und großräumige Abweichungen problemlos zu bewerkstelligen.

Die auf Gummirädern aufgesetzten Fahrzeuge können des Weiteren auch problemlos auf den für Straßenbahnen konzeptionierten Fahrwegen verkehren. Bei Vorhandensein einer separaten Spur ist somit der Vorteil der Unabhängigkeit vom Individualverkehr für Straßenbahn und Busbahn gleichermaßen gegeben. So eine Kompatibilität zwischen Stromabnehmer und Fahrdrähtleitung hergestellt werden kann, wäre ebenfalls eine externe Energiezufuhr denkbar.

8 Zusammenfassung und Ausblick

Mobilität ist einer der wichtigsten Wettbewerbsfaktoren, um wachsender Konkurrenz am Markt standhalten und erfolgreich agieren zu können. Dies gilt jedoch nicht nur für Unternehmen oder andere Organisationen, sondern auch für die individuelle Person. Die daraus resultierende zunehmende Verkehrsleistung, zieht jedoch eine steigende Umweltbelastung mit sich, der es durch innovative Verkehrskonzepte zu begegnen gilt. Neben der Entwicklung annähernd emissionsfreier Antriebe, wie Hybrid, Wasserstoff und Elektroantrieb für Personenkraftwagen ist die schrittweise Verlagerungen des Individualverkehrs hin zum öffentlichen Personennahverkehr ein erfolgversprechender Ansatz dieser Problematik zu begegnen. Stetig steigende Energie- und Treibstoffkosten werden einerseits zudem voraussichtlich in den nächsten Jahren die Nachfrage seitens des Individualnutzers steigern und andererseits den Umstieg der Betreiber des öffentlichen Personennahverkehrs auf energieeffiziente Antriebe bewirken.

Der Erfolg eines Verkehrsunternehmens liegt daher im Einsatz innovativer umweltfreundlicher Transportmittelkonzepte, die nicht von begrenzt verfügbaren Ressourcen abhängig und sich somit auch gegenüber steigenden Rohstoffpreisen independent sind. Neben der Wirtschaftlichkeit aus unternehmerischer Sicht ist das durch den Einsatz alternativer Antriebe hohe ökologische Image ein nicht zu vernachlässigender Gesichtspunkt im Versuch die Akzeptanz unter den potenziellen Nutzern des öffentlichen Personennahverkehrs steigern.

Um den Anforderungen von Passagieren und Flottenbetreibern gleichermaßen gerecht zu werden, wird es Aufgabe der Herstellerunternehmen sein, ein Fahrzeug für den öffentlichen Verkehr zu konzeptionieren, das sich durch einen modulartigen Aufbau Nachfrageschwankungen anpassen und somit auch große Kapazitäten zu Verkehrsspitzen bedienen kann. Da in den Städten zumeist bereits Transportsysteme implementiert sind, wird eine komplette verkehrstechnische Neuerschließung eher Seltenheitswert haben, wodurch die Integrationsfähigkeit in bestehende Systeme ein ebenfalls gewichtiger Aspekt für die Kaufentscheidung darstellen wird.

Langfristig gesehen wird nur ein Fahrzeug, das all diese Kriterien vereint, am hoch kompetitiven Nutzfahrzeugemarkt Akzeptanz finden und reüssieren.

Quellen

- (1) Brauner, G.; Versorgungssicherheit Österreichs bis 2015 - Entwicklung der Erzeugungskapazitäten und deren Auswirkungen auf die Netzkapazitäten; <http://www.zukunftsforum-oesterreich.at/pressepapbrauner281004.pdf>; letzter Zugriff: 08.07.2008
- (2) Deutsch, V.; Einsatzbereiche neuartiger Transportsysteme zwischen Bus und Bahn; Dissertation an der Bergischen Universität Wuppertal, Abteilung Bauingenieurwesen; Wuppertal, Oktober 2003
- (3) Deutsch, V.; Pütz, R.; Steht die Renaissance überlanger Omnibuszüge bevor?; Der Nahverkehr 21;4/ S. 7-15; 2003
- (4) Fahrmeir, L.; Hamerle, A.; Tutz, G.; Multivariate statistische Verfahren; de Gruyter; 2. Auflage; Berlin / New York 1996
- (5) Heidenberger, K., Stummer, C.; „Research and development project selection and resource allocation: a review of quantitative modelling approaches“; IJMR; Blackwell Publishers Ltd; 1999
- (6) Hondius, H.; Phileas, ein elektronisch geführter Spurbus?; Stadtverkehr 47; 9/ S.6-14; 2002
- (7) Kemmetmüller, W., Bogensberger, S.; Handbuch der Kosten-Rechnung; Service Fachverlag, 2001, 6. Auflage
- (8) Kulmann, F., Rödder, W.; Probabilistische Modellbildung auf der Basis von Scoring-Schemata; Proc. Symposium Operations Research; Dresden; 2001
- (9) Mankiw, G.; Principles of Economics; Harcourt College Publishers, 2. Auflage, 2001
- (10) N.N.; Verband Deutscher Verkehrsunternehmen; Busbahn – Möglichkeiten und Grenzen; Mitteilungen Nr. 10010; November 2005
- (11) N.N.; Civis Ein stadtgerechtes Verkehrskonzept; Produktinformation der Irisbus Deutschland GmbH und Siemens Transportation Systems; Stand 2007

- (12) N.N.; Volvo BRT; Produktinformation Volvo Bus Corporation; Göteborg; Stand 2007
- (13) N.N.; Informationsschrift zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben Spurbus Essen (Dual- Mode- Bus); Vorhaben gefördert vom Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT)
- (14) N.N. ; Rubber Tired Trams and BRT Projects in the Paris Region – Trip Report; zusammengestellt von Calstart; unter der Patronanz der Federal Transit Administration und dem Department of Transportation United States of America; 17-18. Januar 2002;
- (15) N.N.; Das Fachwort im Verkehr-Grundbegriffe des ÖPNV; Alba Fachverlag in Zusammenarbeit mit dem VDV, Düsseldorf 2006
- (16) N.N.; Mobilität 2015 / 2030 Potenziale für eine nachhaltige Entwicklung; Band 5 der ÖAMTC Akademie Schriftreihe; 1. Auflage; 2007
- (17) N.N.; Phileas Advanced Public Transport Systems; Produktinformation VDL; Niederlande; Stand 2007
- (18) N.N.; Verband Deutscher Verkehrsunternehmen; Busbahn – Möglichkeiten und Grenzen; Mitteilungen Nr. 10010; November 2005
- (19) N.N.; Verband Deutscher Verkehrsunternehmen; Linienbus-Verkehrssysteme mit elektrischem Fahrantrieb; Juni 2007
- (20) Rottmann, J.; Kostenvergleich städtischer Nahverkehrssysteme; Diplomarbeit an der Bergischen Universität Wuppertal, Lehr- und Forschungsgebiet Öffentliche Verkehrs- und Transportsysteme – Nahverkehr in Europa; Wuppertal 2002
- (21) Straßenbahnverordnung, Bundesgesetzblatt II, Nr. 76/2000
- (22) UITP Working Group „Rubber-tyre tramways and other innovative guided systems“ (Light Rail Committee-Bus Committee) Technical and economic approach to the advisability of guided rubber-tyred systems- Summary Report; September 2002

(23) Zangemeister, C.; Nutzwertanalyse in der Systemtechnik. Eine Methodik zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projektalternativen; 2.Auflage; München ; 1971

Ich habe mich bemüht, sämtliche Inhaber der Bildrechte ausfindig zu machen und ihre Zustimmung zur Verwendung der Bilder in dieser Arbeit eingeholt. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir (mail: veronica.vana@tuwien.ac.at)

Fragebogen

Im Rahmen meiner Diplomarbeit zum Thema „Markteinführung Busbahn“ an der Universität Wien, Studienrichtung „Internationale Betriebswirtschaft“, führe ich eine Umfrage durch um einen Einblick in die Bedürfnisse der Flottenbetreiber des öffentlichen Verkehrs und deren Kunden zu erhalten.

Hierzu würde ich Sie bitten, einige Fragen zu beantworten.

- 1) Was verstehen Sie unter dem Begriff „Busbahn“?

- 2) Wo liegen für Sie als Flottenbetreiber die Vorteile eines Bussystems, wo die Nachteile?

- 3) Wo liegen für Sie als Flottenbetreiber die Vorteile eines Straßenbahnsystems, wo die Nachteile?

- 4) Welche Rolle spielt die Umweltfreundlichkeit des Antriebs?

- 5) Welche Kapazitätsanforderungen muss ein ÖPNV-System (öffentlicher Personennahverkehr) erfüllen?

- 6) Welche Argumente sprechen, Ihrer Meinung nach, *für* Spurführung?
- 7) Welche Argumente sprechen, Ihrer Meinung nach, *gegen* Spurführung?
- 8) Welche Aspekte des öffentlichen Verkehrs sind Ihren Kunden besonders wichtig?
- 9) Automobile können als Prestigeobjekte gesehen werden.
 - a. Inwieweit beeinflusst dieser Aspekt die Akzeptanz öffentlicher Verkehrsmittel?
 - b. Was würde, Ihrer Meinung nach, dazu beitragen, das Image des öffentlichen Verkehrs zu verbessern?
- 10) Wie wichtig ist die Integration in bestehende öffentliche Verkehrssysteme?
- 11) Wären Sie bereit, zugunsten einer höheren Qualität und Lebensdauer einen höheren Preis in Kauf zu nehmen?
- 12) Können Sie kurz die Probleme bestehender öffentlicher Verkehrssysteme in Ihrer Stadt skizzieren?
- 13) Ist in Ihrer Region ein Ausbau des ÖPNV geplant?
Wenn ja, in welcher Form und in welchem Zeitrahmen?



14) Wie sollte Ihrer Meinung nach, in Bezug auf Ihre Region, das ÖPNV-System der Zukunft aussehen?

Vielen Dank für Ihre Teilnahme an der Umfrage.

Fahrzeug				Investitionskosten					Mittelwert der Kategorie
Typus	Gesamtplätze		Grundfläche		lt. Hondius	lt. Deutsch/Pütz	lt. UTP	lt. weiterer Quellen	Mittelwert
	Mittelwert der Kategorie	Länge	Breite	Fläche					
Gelenkbus	105	18,00	2,55	45,90	272.000	265.000	300.000		279.000
Doppelgelenkbus	140	24,78	2,55	63,19	408.000	375.000			391.500
Sologelenkbus+Anhänger	132	22,20	2,55	56,61		400.000		420.000	410.000
Civis 18m	100	18,00	2,55	45,90		1.000.000		800.000	900.000
Civis 24m	130	24,00	2,55	61,20					
Gelenk-Obus	105	18,00	2,55	45,90	550.000				550.000
Phileas 18m	91	17,99	2,54	45,69	900.000			1.000.000	950.000
Phileas 24m	121	24,00	2,54	60,96				1.500.000	1.500.000
TVR Nancy	143	24,50	2,50	61,25	1.360.000		1.800.000	1.680.000	1.613.333
Translohr 25m	118	25,00	2,20	55,00			1.800.000		1.800.000
Translohr 32m	190	32,00	2,20	70,40			2.400.000		2.200.000
Translohr 39m	209	39,00	2,20	85,80					
Straßenbahn Rotterdam	168	31,20	2,40	74,88	1.400.000				1.400.000
Straßenbahn K 5000 Köln	186	28,40	2,65	75,26	1.640.000				1.640.000
Combino Ulm	175	31,00	2,40	74,40				1.900.000	1.900.000
Citadis Tram	200	32,60	2,40	78,24			1.800.000		1.800.000
2-System-Stadtbahn Karlsruhe	212	36,50	2,65	96,73	3.200.000				3.200.000
									1.988.000

Tabelle 6 Anschaffungskosten Fahrzeug

APPENDIX II

t=1			
	Straßenbahn	Omnibus	Busbahn
Nachfrage hoch			
Fahrpreis/Platzkilometer/Jahr	0,0282	0,0282	0,0282
Platzkilometer/Jahr	7.681.749	4.901.046	7.500.000
Operative Kosten	0,0049	0,0065	0,0037
Fixkosten	326.158,33	190.266,67	251.066,67
cash flow	-147.112,51	-83.762,79	-67.452,69
Deckungsbeitrag	0,0233	0,0217	0,0245
Investitionskosten	5.233.879,35	3.828.522,45	1.582.309,45

	Straßenbahn	Omnibus	Busbahn
Nachfrage mittel			
Fahrpreis/Platzkilometer/Jahr	0,0245	0,0245	0,0245
Platzkilometer/Jahr	7.681.749	4.901.046	7.500.000
Operative Kosten	0,0049	0,0065	0,0037
Fixkosten	326.158,33	190.266,67	251.066,67
cash flow	-175.351,10	-101.779,34	-95.023,15
Deckungsbeitrag	0,0196	0,0181	0,0208
Investitionskosten	5.233.879,35	3.828.522,45	1.582.309,45

	Straßenbahn	Omnibus	Busbahn
Nachfrage niedrig			
Fahrpreis/Platzkilometer/Jahr	0,0208	0,0208	0,0208
Platzkilometer/Jahr	7.681.749	4.901.046	7.500.000
Operative Kosten	0,0049	0,0065	0,0037
Fixkosten	326.158,33	190.266,67	251.066,67
cash flow	-203.589,68	-119.795,88	-122.593,61
Deckungsbeitrag	0,0160	0,0144	0,0171
Investitionskosten	5.233.879,35	3.828.522,45	1.582.309,45

NPV Busbahn

realistisches Szenario

Nachfrage d	Wahrscheinlichkeit p	Cash Flow CF /a	p*CF
hoch	0,25	-67.452,69	-16.863,17
mittel	0,50	-95.023,15	-47.511,57
niedrig	0,25	-122.593,61	-30.648,40
erwarteter Cash Flow			-95.023,15

NPV= € - 3.231.990,41

optimistisches Szenario

Nachfrage d	Wahrscheinlichkeit p	Cash Flow CF /a	p*CF
hoch	0,40	-67.452,69	-26.981,08
mittel	0,40	-95.023,15	-38.009,26
niedrig	0,20	-122.593,61	-24.518,72
erwarteter Cash Flow			-89.509,06

NPV= € - 3.088.115,93

NPV Straßenbahn

realistisches Szenario

Nachfrage d	Wahrscheinlichkeit p	Cash Flow CF /a	p*CF
hoch	0,25	-147.112,51	-36.778,13
mittel	0,50	-175.351,10	-87.675,55
niedrig	0,25	-203.589,68	-50.897,42
erwarteter Cash Flow gesamt			-175.351,10

NPV= € - 8.411.058,98

optimistisches Szenario

Nachfrage d	Wahrscheinlichkeit p	Cash Flow CF /a	p*CF
hoch	0,40	-147.112,51	-58.845,01
mittel	0,40	-175.351,10	-70.140,44
niedrig	0,20	-203.589,68	-40.717,94
erwarteter Cash Flow			-169.703,38

NPV= € - 8.263.964,92

Tabelle 7 - Cash Flow Szenario und NPV zu t=1

APPENDIX II

t=2			
	Straßenbahn	Omnibus	Busbahn
Übertrag aus t=1	-147.112,51	-83.762,79	-67.452,69
Fahrpreis/Platzkilometer/Jahr	0,0305	0,0305	0,0305
Platzkilometer/Jahr	7.681.749	4.901.046	7.500.000
Operative Kosten	0,0050	0,0066	0,0038
Fixkosten	335.943,08	195.974,67	258.598,67
cash flow	-287.488,87	-162.924,94	-126.043,22
Deckungsbeitrag	0,0255	0,0238	0,0267

	Straßenbahn	Omnibus	Busbahn
Übertrag aus t=1	-175.351,10	-101.779,34	-95.023,15
Fahrpreis/Platzkilometer/Jahr	0,0259	0,0259	0,0259
Platzkilometer/Jahr	7.681.749	4.901.046	7.500.000
Operative Kosten	0,0050	0,0066	0,0038
Fixkosten	335.943,08	195.974,67	258.598,67
cash flow	-351.115,10	-203.519,22	-188.164,06
Deckungsbeitrag	0,0209	0,0192	0,0221

	Straßenbahn	Omnibus	Busbahn
Übertrag aus t=1	-203.589,68	-119.795,88	-122.593,61
Fahrpreis/Platzkilometer/Jahr	0,0215	0,0215	0,0215
Platzkilometer/Jahr	7.681.749	4.901.046	7.500.000
Operative Kosten	0,0050	0,0066	0,0038
Fixkosten	335.943,0833	195.974,6667	258.598,67
cash flow	-413.287,04	-243.185,64	-248.865,02
Deckungsbeitrag	0,0164	0,0148	0,0176

Nachfrage d	Wahrscheinlichkeit p	Cash Flow CF /a	p*CF
hoch	0,25	-126.043,22	-31.510,80
mittel	0,50	-188.164,06	-94.082,03
niedrig	0,25	-248.865,02	-62.216,26
erwarteter Cash Flow			-187.809,09

Nachfrage d	Wahrscheinlichkeit p	Cash Flow CF /a	p*CF
hoch	0,4	-126.043,22	-50.417,29
mittel	0,40	-188.164,06	-75.265,62
niedrig	0,2	-248.865,02	-49.773,00
erwarteter Cash Flow			-175.455,92

Nachfrage d	Wahrscheinlichkeit p	Cash Flow CF /a	p*CF
hoch	0,25	-287.488,87	-71.872,22
mittel	0,50	-351.115,10	-175.557,55
niedrig	0,25	-413.287,04	-103.321,76
erwarteter Cash Flow			-350.751,53

Nachfrage d	Wahrscheinlichkeit p	Cash Flow CF /a	p*CF
hoch	0,4	-287.488,87	-114.995,55
mittel	0,40	-351.115,10	-140.446,04
niedrig	0,2	-413.287,04	-82.657,41
erwarteter Cash Flow			-338.099,00

Tabelle 8 - Cash Flow Szenario und NPV zu t=2

APPENDIX II

NPV Omnibus

realistisches Szenario

t=1

Nachfrage d	Wahrscheinlichkeit p	Cash Flow CF /a	p*CF
hoch	0,25	-83.762,79	-20.940,70
mittel	0,50	-101.779,34	-50.889,67
niedrig	0,25	-119.795,88	-29.948,97
erwarteter Cash Flow			-101.779,34

NPV= € - 5.662.937,48

optimistisches Szenario

Nachfrage d	Wahrscheinlichkeit p	Cash Flow CF /a	p*CF
hoch	0,40	-83.762,79	-33.505,12
mittel	0,40	-101.779,34	-40.711,74
niedrig	0,20	-119.795,88	-23.959,18
erwarteter Cash Flow			-98.176,03

NPV= € -5.569.089,75

t=2

Nachfrage d	Wahrscheinlichkeit p	Cash Flow CF /a	p*CF
hoch	0,25	-162.924,94	-40.731,23
mittel	0,50	-203.519,22	-101.759,61
niedrig	0,25	-243.185,64	-60.796,41
erwarteter Cash Flow			-203.287,25

Nachfrage d	Wahrscheinlichkeit p	Cash Flow CF /a	p*CF
hoch	0,4	-162.924,94	-65.169,97
mittel	0,40	-203.519,22	-81.407,69
niedrig	0,2	-243.185,64	-48.637,13
erwarteter Cash Flow			-195.214,79

Tabelle 9 NPV für Omnibus zu t=1 und t=2

APPENDIX II

	Platzkilometer pro Jahr	Anzahl der Fahrzeuge	Anzahl der Linien	Fahrzeuge pro Linie
Straßenbahn	4.040.600.000	526	32	16
Omnibus	2.342.700.000	478	83	6
Busbahn	3.000.000.000	400	25	16

Rolling Stock

Straßenbahn	526
Omnibus	478
Busbahn	400

	t=1	t > 1
Preiserhöhung	0,000	0,030
Diskontrate (Euribor)	0,045	0,045
risikofreier Zinssatz	0,100	0,100

Quelle: http://www.wienerlinien.at/media/download/2008/Linie_31_2811.pdf

Curriculum Vitae

Geboren am 26.05.1983 in Wien

Ausbildung

1983 – 1993	Volksschule “Sacré Coeur“, Wien
1993 – 2001	Gymnasium “Sacré Coeur“, Wien
Juni 2001	Matura
2001 - 2008	Studium der Internationalen Betriebswirtschaft - Universität Wien
	Spezialisierungen: Industrial Management Innovations- und Technologiemanagement

Berufserfahrung

September 2001	Praktikum bei ÖAF, Gräf & Stift, Wien, Österreich – Bereich Einkauf
August 2002	Praktikum bei Neoplan Pilsting, Deutschland – Bereich Einkauf
Juli 2003	Praktikum bei Neoplan Pilsting, Deutschland – Bereich Export
Juli 2004	Praktikum bei NEOMAN France, Noisy le Grand – Bereich Marketing
August/September 2004	Projektassistentin am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Kraftfahrzeugbau der Technischen Universität Wien
Jänner 2006–Jänner 2007	Projektassistentin Zivilingenieurbüro Prof. Dr. Ernst Pucher
Seit Februar 2007	Projektassistentin am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Kraftfahrzeugbau der Technischen Universität Wien – Mitglied der Forschungsgruppe Prof. Dr. Ernst Pucher