



DIPLOMARBEIT

Intelligente Verkehrssysteme im städtischen Bereich- am Beispiel Sofia

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
eines Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

Ao.Univ.Prof. Mag. Dr. Günter Emberger

E230-1

Forschungsbereich für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik (IVV)

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Yordan Geshev

Matrikelnummer: 1129512

Vit 54, 7300 Kubrat, Bulgarien

Wien, am _____ eigenhändige Unterschrift _____

Danksagung

An erster Stelle gilt der Dank meinem Betreuer Prof. Günter Emberger für die fachliche Anleitung und vermittelte wissenschaftliche Ideologie. Dazu gehören sowohl die Fähigkeit sich selbst und seine Arbeit ständig zu hinterfragen als auch Offenheit für konstruktive Kritik als Chance zur ständigen Verbesserung zu sehen.

Ich möchte mich bedanken bei meinen Eltern ohne die alles nicht möglich gewesen wäre.

Ein herzliches Dankeschön sei an diese Stelle auch an all jene Personen gerichtet, die mich über das Jahr beim Entstehen dieser Arbeit unterstützt und begleitet haben. Sei es durch fachlichen Input, motivierende Worte oder kritisches Hinterfragen. Aber auch jenen, die zum richtigen Zeitpunkt für Ablenkung sorgten um dann wieder die notwendige Motivation finden zu können:

Prof. Emil Simeonov (Technikum Wien), PhD Christina Nikolova (Universität für National- und Weltwirtschaft-Sofia) für das Aufzeigen von Alternativen und die oftmalige Erkenntnis, dass man komplexe Sachverhalte auch einfach denken kann.

Dipl. Ing. Marin Donchev (Universität für Architektur Bauwesen und Geodäsie-Sofia) für die Betreuung der Diplomarbeit in Bulgarien.

Kurzfassung

Aufgrund der hohen Investitionskosten beim Bau neuer Verkehrswege, sowie der oftmals nicht vorhandenen Ausbaumöglichkeit (z.B. in Ballungsräumen) stellt der Einsatz von Intelligenen Verkehrssystemen (IVS) eine Möglichkeit dar, um das bestehende Verkehrsnetz effizienter zu nutzen.

Das Ziel der vorliegenden wissenschaftlichen Arbeit ist es ein Verständnis und eine qualitative Abschätzung aufzubauen, wie der Einsatz von Intelligenen Verkehrssystemen im Straßenverkehr dazu beitragen kann, dass der Straßenverkehr in der bulgarischen Hauptstadt-Sofia sicherer, effizienter und umweltfreundlicher wird. Es wurden Management-Technologien im Bereich von Intelligenen Verkehrssystemen im städtischen Bereich wie z.B. City-Maut, Parkleitsysteme, Priorisierung des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV), Fahrgastinformation und Bargeldlose Zahlungssysteme im ÖPNV untersucht.

In dieser Diplomarbeit wird das gegenwärtige Service-Level der Intelligenen Verkehrssysteme in Sofia aufgrund der Durchführung einer Befragung bei bulgarischen Experten erforscht. Es wird auch eine Expertenbefragung über den möglichen Einfluss von konkreten IVS-Diensten auf die Verkehrssituation Sofia durchgeführt.

Die Einführung einer der IVS-Diensten stellt für die betroffene Stadt eine tiefgreifende Veränderung der verkehrspolitischen Rahmenbedingungen dar und kann vielfältige, direkte sowie indirekte Auswirkungen auf die Erreichung verkehrs-, umwelt- und wirtschaftspolitischer Zielsetzungen haben. Sowie die theoretischen Analysen als auch die empirischen Erfahrungen zeigen, dass eine Einführung der untersuchten IVS-Dienste die Verkehrsbelastung auf den Straßen im City-Bereich reduzieren kann und damit die Durchschnittsgeschwindigkeit des ÖPNV auch MIV erhöhen kann.

Eidesstattliche Erklärung

Ich habe zur Kenntnis genommen, dass ich zu Drucklegung meiner Arbeit unter der Bezeichnung

DIPLOMARBEIT

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Ich erkläre weiteres an Eides statt, dass ich meine Diplomarbeit nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen selbständig ausgeführt habe und alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die zugrunde gelegte Literatur genannt habe.

Datum

Unterschrift

Anmerkung

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für beide Geschlechter.

Inhaltsverzeichnis

Kapitel 1	11
1. Einführung	11
1.1 Der IVS-Begriff	11
1.2 Ausgangssituation und Problemstellung.....	11
1.3 Motivation und Zielsetzung	11
1.4 Aufgabenstellung	12
1.5 Kapitelkurzbeschreibung.....	13
Kapitel 2	14
2. Intelligenen Verkehrssysteme im Überblick	14
2.1 IVS-Dienste.....	14
2.2 Arten von IVS-Dienste in Ballungsräumen	14
Kapitel 3	17
3. City-Maut (Instrument zur Steuerung der Verkehrsnachfrage)	17
3.1 Ziele der City-Maut	17
3.1.2 Verkehrssteuerung	17
3.1.3 Erhöhung die Attraktivität des ÖPNV	17
3.1.4 Verringerung der Umweltauswirkung	18
3.2 Konzepte der City-Maut	18
3.2.1 Flächenabhängige Maut.....	18
3.2.2 Objektabhängige Maut (auf einzelne Bauwerken).....	19
3.3 Aspekte der Einführung einer City-Maut.....	19
3.4 Städten im Vergleich	19
3.4.1 London- Congestion Charge	19
3.4.2 Stockholm- Trängselskatt („Gedrängel-Steuer“).....	24
3.5 Zusammenfassung	28
Kapitel 4	31
4. Parkleitsystem	31
4.1 Ziel.....	31
4.2 Einsatzbereiche	31

4.3	Technik.....	32
4.4	Einfluss auf den ÖPNV.....	33
4.5	Fallbeispiel.....	34
4.6	Zusammenfassung.....	36
Kapitel 5.....		38
5. Priorisierung des ÖPNV.....		38
5.1	Vorteile der Öffentlichen Verkehr- Beschleunigung.....	38
5.2	Möglichkeiten für die Beschleunigung des ÖPNV.....	38
5.3	Arten der ÖPNV Priorisierung.....	39
5.4	Systeme zur Erfassung des ÖPNV.....	42
5.5	Auswirkungen der ÖPNV Priorisierung für andere Verkehrsteilnehmergruppen.....	45
5.6	Fallbeispiel.....	45
5.7	Zusammenfassung.....	47
Kapitel 6.....		49
6. Bargeldlose Zahlungssysteme im ÖPNV (eTicket).....		49
6.1	Vorteile des Elektronischen Fahrgeldmanagement.....	49
6.2	Zweck und Ziele.....	49
6.3	Einsatzbereiche.....	49
6.4	Zusammenfassung.....	51
Kapitel 7.....		53
7. Fahrgastinformation.....		53
7.1	Echtzeitinformation für Smartphone und im Internet (vor der Fahrt).....	53
7.1.1	„qando“.....	53
7.1.2	„AnachB“ (AnachB.at).....	54
7.2	Echtzeitinformation an Haltestelle-Abfahrtsanzeiger.....	56
7.3	Echtzeitinformation im Fahrzeug (während der Fahrt)- Monitore.....	58
7.4	Zusammenfassung.....	58
Kapitel 8.....		60
8. Bewertung einer IVS für Sofia.....		60
8.1	Existierende Infrastruktur (siehe Anhang B).....	60
8.2	Herausforderungen an den Verkehr für Sofia.....	61

8.3	Ziele der IVS-Strategie für Sofia	61
8.4	Untersuchungsmethode der Wirkung Intelligenter Verkehrssysteme auf die Verkehrssituation in Sofia.....	63
8.5	Kosten und Dauer einer IVS für Sofia	64
8.6	Auswertungsmethode	65
9.	Schlussfolgerung und Ausblick.....	67
10.	Quellenverzeichnis	69
11.	Tabellenverzeichnis	72
12.	Abbildungsverzeichnis.....	72
13.	Formelverzeichnis.....	73
14.	Anhang A	74
15.	Anhang B	77
17.	Anhang C.....	80

Abkürzungsverzeichnis

FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
LSA	Lichtsignalanlage
MIV	Motorisierter Individualverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
IVS	Intelligente Verkehrssysteme
P+R	Park und Ride
PLS	Parkleitsystem
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen
EFM	Elektronisches Fahrgeldmanagement
AFE	Automatisierte Fahrgelderhebung
Ci	Check-in
Co	Check-out
Bi	Be-in
Bo	Be-out
DFI	Dynamische Fahrgastinformation
MP	Meldepunkt

Glossar der wichtigsten Begriffe

Intelligente Verkehrssysteme

Intelligente Verkehrssysteme sind hochentwickelte Anwendungen aus dem Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie im Verkehrsbereich. Diese tragen dazu bei, dass die gesamte Verkehrsinfrastruktur sicherer, effizienter und auf "klügere" Weise genutzt werden kann.

City-Maut

Als City-Maut wird die Erhebung von Gebühren für die Nutzung innerstädtischer Verkehrsinfrastruktur bezeichnet

Parkleitsystem

Ein Parkleitsystem ist ein System, das Autofahrern mit Hilfe von dynamischen und statischen Anzeigetafeln und Informationshinweisen, zu einem freien Parkplatz leiten soll

Dynamische Fahrgastinformation

Eine dynamische Fahrgastinformation soll Fahrgäste im öffentlichen Personennahverkehr über die aktuell angebotenen Fahrten unterrichten

Priorisierung des ÖPNV

Als Priorisierung des ÖPNV wird die Bevorzugung von Straßenbahnen, Bussen oder anderen öffentlichen Verkehrsmitteln an Verkehrsampeln gegenüber dem Individualverkehr bezeichnet

E-Ticket

Das E-Ticket ist eine elektronische Fahrkarte für den öffentlichen Personennahverkehr, das als Alternative zu Tickets aus Papier Verwendung findet. Mit der elektronischen Fahrschein wird eine automatisierte Fahrpreisfindung und Fahrpreisberechnung umgesetzt.

Modal Split

Modal Split wird in der Verkehrsstatistik die Verteilung des Transportaufkommens auf verschiedene Verkehrsmittel genannt

Kapitel 1

1. Einführung

1.1 Der IVS-Begriff

“Intelligente Verkehrssysteme“ (IVS) sind Systeme bei denen Informations- und Kommunikationstechnologien im Straßenverkehr, einschließlich seiner Infrastrukturen, Fahrzeuge und Nutzer, sowie beim Verkehrs- und Mobilitätsmanagement und an Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern eingesetzt werden [1]. IVS sind hochentwickelte Anwendungen, die- ohne Intelligenz an sich zu beinhalten- darauf abzielen, innovative Dienste im Bereich verschiedener Verkehrsträger und des Verkehrsmanagements, bereitzustellen und die verschiedenen Nutzer mit umfassenden Informationen versorgen sowie in die Lage zu versetzen, die Verkehrsnetze auf sicherere, koordiniertere und “klügere“ Weise zu nutzen [2].

1.2 Ausgangssituation und Problemstellung

Aufgrund der hohen Investitionskosten beim Bau neuer Verkehrswege und der oftmals nicht vorhandenen Ausbaumöglichkeit (z.B. in Ballungsräumen) stellt der Einsatz von verschiedenen IVS eine Möglichkeit dar, um die bestehende Verkehrsnetzwerke effizienter zu nutzen.

Nachfolgend werden einige Problemstellungen erläutert, derer sich die vorliegende Arbeit widmet.

An den Verkehr der bulgarischen Hauptstadt-Sofia werden folgende Anforderungen gestellt:

- Schnelles Wachstum des Autobesitzes;
- Wachstum der Nutzung des Individualverkehrs;
- Gleichzeitige Abnahme der ÖPNV Nutzung (Abnahme um 16% in den letzten 10 Jahren (von 65% bis 49%));
- Überlastung des Infrastrukturs aufgrund geringer Möglichkeit zum Parken in den vorhandenen Wohn- und Zentrumsanlagen;
- Verlängerung der Fahrtzeiten (ÖPNV und MIV) aufgrund zunehmender Verkehrsbelastung der Straßen;
- Zunahme der Staubbildungshäufigkeit.

1.3 Motivation und Zielsetzung

Das Ziel der vorliegenden wissenschaftlichen Arbeit ist es ein Verständnis und eine qualitative Abschätzung aufzubauen wie der Einsatz von Intelligenten Verkehrssystemen im

Straßenverkehr dazu beitragen kann, dass der Straßenverkehr in der bulgarischen Hauptstadt-Sofia sicherer, effizienter und umweltfreundlicher wird. Durch die untersuchten Management-Technologien im Bereich von IVS im städtischen Bereich, wie City-Maut, Priorisierung des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV), Fahrgastinformation, Parkleitsysteme und Bargeldlose Zahlungssysteme im ÖPNV können die folgenden Ziele (Tabelle 1) erreicht werden. Andererseits stehen die Ziele der IVS mit Indikatoren im Zusammenhang.

Tabelle 1: Zusammenhang zwischen den Zielen der Diplomarbeit und den Indikatoren

Ziel	Indikator
Staureduktion	Weniger Fahrzeuge
Verringerung der Umweltauswirkungen	Reduktion von Emissionen
Erhöhung der Attraktivität des ÖPNV	Mehr Fahrgäste im ÖPNV
Verbesserung der Zuverlässigkeit von Reisezeiten	Zuverlässige Reisezeit mit MIV und ÖPNV

Quelle: Eigene Darstellung

Die Indikatoren nehmen weiters (Kapitel 3 bis 7) bei der Beschreibung der Wirkung von IVS-Diensten teil.

1.4 Aufgabenstellung

In dieser Diplomarbeit wird das gegenwärtige Service-Level der Intelligenten Verkehrssysteme in Sofia aufgrund der Durchführung einer Befragung der bulgarischen Experten erforscht (Anhang C).

Es wird auch eine Befragung (Anhang A) unter den Vertretern internationaler Firmen, die für eine Strategie zur Umsetzung eines Intelligenten Verkehrssystems in Sofia Berater sind, über den möglichen Einfluss konkreter IVS-Diensten auf die Verkehrssituation in Sofia durchgeführt. Auf Basis dieser Befragung (Anhang A) ist eine Methode zur Bewertung erarbeitet, welchen der IVS-Diensten zur Lösung der Probleme der Stadt optimal sind.

Auf Basis dieser Voraussetzungen und die Zielsetzung aus dem vorhergehenden Kapitel werden die folgenden Forschungsfragen formuliert:

- Was bedeutet den Begriff IVS und wie werden diese Systeme als Verkehrssteuerungsinstrumenten im städtischen Bereich angewandt?
- Welche „Best practice“ und „State of the Art“ sind bei den unterschiedlichen Diensten der IVS bekannt?
- Wo liegen die Vor- und Nachteile der einzelnen Systeme?
- Welches der IVS-Diensten den größten Verlagerungseffekt auf den ÖV hat?
- Welchen IVS-Diensten können das Verkehrssystem in Sofia verbessern?
- Welches der IVS-Diensten das größte Potential zur Emissionseinsparung hat?

- Wie lange dauert der Implementierung und wie viel sind die Kosten der einzelnen IVS-Diensten?

1.5 Kapitelkurzbeschreibung

Kapitel 1: Einführung in die Problemstellung der Arbeit, benötigte Definitionen aus dem Bereich der Verkehrswissenschaft und Definition der Ziele.

Kapitel 2: Überblick über Intelligente Verkehrssysteme im städtischen Bereich.

Kapitel 3: Definition der Ziele einer Mautsystem und Beschreibung der verfügbaren Konzepte bei der Einhebung einer Maut. Aspekte der Einführung einer City-Maut. Fallbeispiele- London und Stockholm.

Kapitel 4: Ziel und Technik bei dem Einsatz von einem Parkleitsystem. Einfluss auf den ÖPNV. Fallbeispiel- Das Parkleitsystem in Düsseldorf.

Kapitel 5: Detaillierte Beschreibung der Möglichkeiten für die Beschleunigung des ÖPNV (ÖPNV-Schleusen, Priorisierung mit Grüner Welle, Dynamische Straßenraumfreigabe). Arten zur Erfassung der ÖV-Fahrzeuge. Fallbeispiel- Bus und Tram Beschleunigung in München.

Kapitel 6: Vorstellung des Verfahrens des bargeldlosen Zahlungssystems im Öffentlichen Verkehr (E-Ticket). Einsatzbereich und Vorteile.

Kapitel 7: Einführung in die Fahrgastinformationssysteme. Information vor und während der Fahrt mit ÖPNV oder MIV.

Kapitel 8: Untersuchungsmethode des Einsatzes von Intelligenten Verkehrssystemen in Sofia.

Kapitel 2

Kapitel 2 gibt einen Überblick über Intelligente Verkehrssysteme und deren Teilsysteme.

2. Intelligenen Verkehrssysteme im Überblick

Aufgrund der hohen Investitionskosten beim Bau neuer Verkehrswege als auch der oftmals nicht vorhandenen Ausbaumöglichkeit (z.B. in Ballungsräumen) stellt der Einsatz von Intelligenen Verkehrssysteme in Form verschiedenartiger Systeme eine Möglichkeit dar, um das bestehende Verkehrsnetz effizienter zu nutzen.

2.1 IVS-Dienste

Wenn wir an das Grundproblem denken, was Intelligente Verkehrssysteme sind, müssen wir zunächst betrachten, welche die Kunden sind und wie sie sie von diesen Systemen profitieren.

Zuerst müssen wir den Nutzen für jeden Benutzer des Systems klassifizieren. Ein Intelligentes Verkehrssystem macht kein Sinn, wenn es keine Vorteile der Benutzer bietet. Aufgrund der vielfältigen Vorteile, können diese wie IVS-Dienste charakterisiert werden. So kann gesagt werden, dass die Bereitstellung und die Nutzung von Dienstleistungen der neuen Welt des IVS bilden [3].

Nächstens betrachten wir die Kunden. Wir finden, dass sie eine breite Gruppe darstellen. Jeder Benutzer hat aber ein sehr großes Angebot von spezifischen Diensten und so können spezifischen Kundengruppen formiert werden. Diese Gruppen können in Autofahrer, Lkw-Fahrer, Rettungsdienste, Öffentlicher Verkehr, Polizei aber auch Radfahrer und Fußgänger eingeteilt werden [3]. Tatsächlich kann jeder Benutzer als Kunde möglicherweise für einen oder mehrere IVS-Dienste betrachtet werden.

Die Kundengruppen können nicht als Grund für die Einstufung der IVS dienen, weil verschiedene Kunden die gleichen Dienste verwenden können. Also müssen wir daran denken, dass wir den IVS nach der Art von Diensten in Gruppen unterteilen.

2.2 Arten von IVS-Dienste in Ballungsräumen

Die in diesem Punkt beschriebenen IVS-Dienste sind auf den bestehenden US-, Europäische-, Japanische- und andere internationale Klassifikationssysteme gestützt. Obwohl die Klassifizierung der Dienste auf die unterschiedlichen Kontinente unterschiedlich ist, sind die Dienste auf Basis eine Bescheinigung ISO 14813-1 standartisiert [3].

Verkehrsmanagementdienste

Das Verkehrsmanagement bedient sich zur Erreichung seiner Ziele der modernen Digitaltechnik und baut auf folgenden Teilsystemen auf:

- Sensorsysteme zur Verkehrsbeobachtung;
- Meldernetze zur Meldung von Ereignissen (Baustellen, Veranstaltungen);
- Steuereinrichtungen zur Steuerung der Verkehrsflüsse;
- City-Maut;
- Schaltzentralen zur Beobachtung der aktuellen Verkehrssituation.

Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV)

- Steuerung des Verkehrsflusses- GPS System;
- ÖPNV-Priorisierung;
- Fahrgast- Informationssysteme;
- eTicketing: spezialisierte Geräte, Mobiltelefone via SMS.

Informationen für Reisende

Zu unterscheiden ist zwischen Informationen für

- Die Vorausplanung (Erkundung von Fahrtrouten, Zeiten, Reisedauer, Tarifen etc. vor Fahrtantritt);
- Den Informationen vor Ort (also nach dem Fahrtantritt: Abfahrtspläne, Wagenstandanzeiger, Haltestellenübersicht, die elektronischen Echtzeit-Informationen.

Überwachung von Umweltauswirkungen und Wetterbedingungen

- Emissionen: CO₂, NO_x, PM₁₀;
- Wetterbedingungen.

Reisesicherheit

- eCall;
- Management nach Diebstahl des Fahrzeugs.

Fahrzeugsdienste

- Kollisionsvermeidung;
- Automatisierter Fahrzeugbetrieb.

Güterverkehr und Logistik

-Verwaltungsfunktionen:

- Automatische Überwachung der Sicherheit auf der Straße;
- Überwachung der Sicherheit am Bord;

-Handelsfunktionen:

- Management des Güterverkehrs;
- Intermodal Informationsmanagement;
- Bewirtschaftung gefährlichen Güterverkehrs.

IVS-Daten Management

- Datenregister;
- Notfallmeldungen;
- Daten des Verkehrsmanagements.

Als Nebensystem den Verkehrsmanagementdienste und ÖPNV-Dienste werden im städtischen Bereich auch das Parkraummanagement und Bargeldlose Bezahlen im ÖV untersucht.

Parkraummanagement

- Leitsystem für Parkhäuser;
- Parkleitsysteme für die Stadt;
- Darstellungsformen via Internet- Portale und Smartphone Apps;
- Bargeldlose Bezahlung der Parkgebühr.

Bargeldlose Zahlungssysteme im ÖV

- Bahrgeldloses Bezahlen;
- Elektronischer Fahrschein;
- Automatisierte Fahrpreisfindung.

Kapital 3

Definition der Ziele einer Mautsystem und Beschreibung die verfügbare Konzepte bei der Einhebung einer Maut. Aspekte der Einführung einer City-Maut. Fallbeispiele- London und Stockholm.

3. City-Maut (Instrument zur Steuerung der Verkehrsnachfrage)

Die Einhebung einer Maut ist nichts Neues, den schon im Mittelalter wurde Wegegeld entrichtet um Brücken und Tore passieren zu dürfen. Der Begriff beschreibt eine Gebühr für die Nutzung von Bauwerken, wie Straßen, Brücken, Autobahnen und Tunnel. Das Nutzungsentgelt kann je nach Tageszeit und dem Wochentag variieren z.B. am höchsten in Zeiten starker Nachfrage und am niedrigsten bei geringer Nachfrage. Dabei sind die Kosten bestehender Straßeninfrastruktur inklusive der Betriebskosten, die durch den motorisierten Verkehr entstehen zu finanzieren. Heutzutage wird über die Einführung eines Mautsystem diskutiert, wenn aufgrund des hohen Verkehrsaufkommens das Verkehrssystem überlastet ist und wenn durch die Schadstoffe Luftqualität leidet [4].

3.1 Ziele der City-Maut

Ziele die mit einer City-Maut verfolgt werden:

3.1.2 Verkehrssteuerung

Durch eine räumliche oder zeitliche Steuerung der Verkehrsnachfrage können beispielsweise stark befahrene Gebiete entlastet und dadurch eine effizientere Nutzung des Straßennetzes gewährleistet werden. Eine City-Maut kann somit profitables Mittel zur Verkehrssteuerung sein, auch wenn die Maut von den meisten Autofahrern als störend oder überflüssig empfunden wird [4]. Sie sollte so gestaltet sein, dass sie den Bürgern einen tatsächlichen Grund bietet, um auf das Kraftfahrzeug zu verzichten und diesen zu Verlagerung auf den ÖV, Rad- oder Fußverkehr zu führen.

3.1.3 Erhöhung die Attraktivität des ÖPNV

Weiters soll durch die bereits erwähnte City-Maut in Städten mit hohem Verkehrsaufkommen zu dem Anreize für die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel geschaffen werden. Wird der ÖPNV auch mit Bussen abgewickelt, profitieren die Passagiere dieser Busse direkt von der Stauverringerng [5]. Damit soll sichergestellt werden, dass der ÖPNV ein ernstzunehmendes Konkurrenzangebot für den motorisierten individual Verkehr (MIV) darstellt.

3.1.4 Verringerung der Umweltauswirkung

Ein weiteres Ziel einer City-Maut kann sein, dass die Steuer ein geringeres Verkehrsaufkommen bewirkt und somit die CO₂-, NO_x- und die Feinstaubbelastung in den Städten reduziert wird.

3.2 Konzepte der City-Maut

In diesem Abschnitt wird es einen Überblick über die am meisten angewendeten City-Maut-Konzepte aber auch Information-Cordon Pricing, Area Licensing und Punktsystem geben. Da in Städten verschiedenste räumliche und verkehrliche Gegebenheiten vorliegen, müssen diese bei der Auswahl eines City-Maut-System berücksichtigt werden. Für die Tarifgestaltung können als Bemessungsgrundlagen folgende Kriterien herangezogen werden:

- Bezüglich des Raums- Anzahl der Ein- oder Ausfahrten in das Gebiet, gefahrene Kilometer im Gebiet;
- Bezüglich der Zeit- bestimmte Tageszeiten oder Tage, Dauer der Straßenbenutzung, Verkehrsdichte zum Zeitpunkt der Benutzung;
- Bezüglich Fahrzeug- Einteilung von Fahrzeugen in Mautkategorien anhand ihrer Schadstoffklassen [6].

3.2.1 Flächenabhängige Maut

Die City-Maut ist ein flächenabhängiges System und um die Straßenbenutzungsabgaben zu erfassen ist ein definiertes Gebiet innerhalb der Stadt, meisten im Stadtzentrum, abzugrenzen. Innerhalb dieser Zone können verschiedene Kriterien der Preisgestaltung angewendet werden. In Abhängigkeit von der Bemessungsgrundlage kann unterschieden werden zwischen:

Cordon Pricing (für den Zugang zu einem Bereich)

Beim Cordon Pricing ist vom Verkehrsteilnehmer bei der Ein-oder Ausfahrt in/aus eine/r Mautzone eine Gebühr zu entrichten. Es besteht keine Mautpflicht für Fahrten innerhalb des abgegrenzten Gebietes. Dieses Mautsystems wird in der schwedischen Hauptstadt-Stockholm seit 2006-2007 angewendet. Es wird um den Stadtkern durch eine Vielzahl von Mautstationen einen Gebührenring errichtet und jede Überquerung dieser Linie ist gebührenpflichtig. Weitere Beispiele sind die norwegischen Städten Bergen 1986, Oslo 1990 sowie, Trondheim 1991. Weiteres ist die Höhe der Maut tageszeitenabhängig [6].

Area Licensing (innerhalb eines Bereiches)

Bei diesem System wird festgelegter Betrag eingehoben der dem Verkehrsteilnehmer erlaubt sich eine bestimmte Zeitdauer in einem Gebiet aufzuhalten. In diesem Zeitraum besteht keine Mautpflicht für Aus- und Einfahrten in die Mautzone. Beispiele dafür sind die

Singapurer City Maut, die erstmals 1975 eingeführt wurde, die italienischen Städte Rom 2001, Genua und Bologna und das Congestion Charging in London 2003 (erweitert 2007) [6].

3.2.2 Objektabhängige Maut (auf einzelne Bauwerken)

Ein weiteres Pricing System das in Ballungsräumen zur Anwendung kommt ist das Punktesystem. Beim Punktesystem wird beim Durchqueren eines bestimmten Streckenabschnitts der Straßeninfrastruktur z.B. Tunnel und Brücken, die sich im Stadtgebiet befinden, eine Gebühr eingehoben. Beispiele hierfür sind Warnow-Tunnel in Deutschland und die Golden Gate Brücke [6].

3.3 Aspekte der Einführung einer City-Maut

Verkehrssteuerung

- Reduktion des Verkehrsflusses;
- Reduzierung der Wartezeit;
- Verbesserung der Reisegeschwindigkeit.

Ökonomische

- Instandhaltungskosten zu finanzieren;
- Ausbau und Finanzierung die Infrastruktur des öffentlichen Personennahverkehr;
- Zusätzliche Einnahmen für Kommunen.

Ökologische

- Einsparung des CO₂ Ausstoßes;
- Verbesserung der Luftqualität;
- Erhöhung der Lebensqualität [4].

3.4 Städten im Vergleich

3.4.1 London- Congestion Charge

London ist mit 8,3Millionen (2013) Einwohner und einer Fläche von 1572 km² die größte Stadt in der Europäischen Union. Mehr als eine Million Arbeitsplätze befinden sich in dem Londoner Central Business District dadurch entstehen erhebliche Pendelströme an Werktagen. 2001 sind fast 1,1 Millionen Personen während der Morgenspitze zwischen 7:00-10:00 Uhr ins Zentrum eingefahren. Der Anzahl Private Pkw beträgt 343/1000 Einwohner. Der Anteil des Individualverkehrs betrug circa 150 000 Fahrzeuge (13,6%). Die Durchschnittsgeschwindigkeit lag in den Jahren zwischen 2000-2003 bei 15,9 km/h. Die Stadtzentrum und den Zufahrtstraßen leiden unter den täglichen Staus, welche die

Wirtschaft bedrohen, Rettungs- und Polizeifahrzeuge behindern und die Effizienz des öffentlichen Verkehrs beeinträchtigen [5].

Modal Split der Stadt London

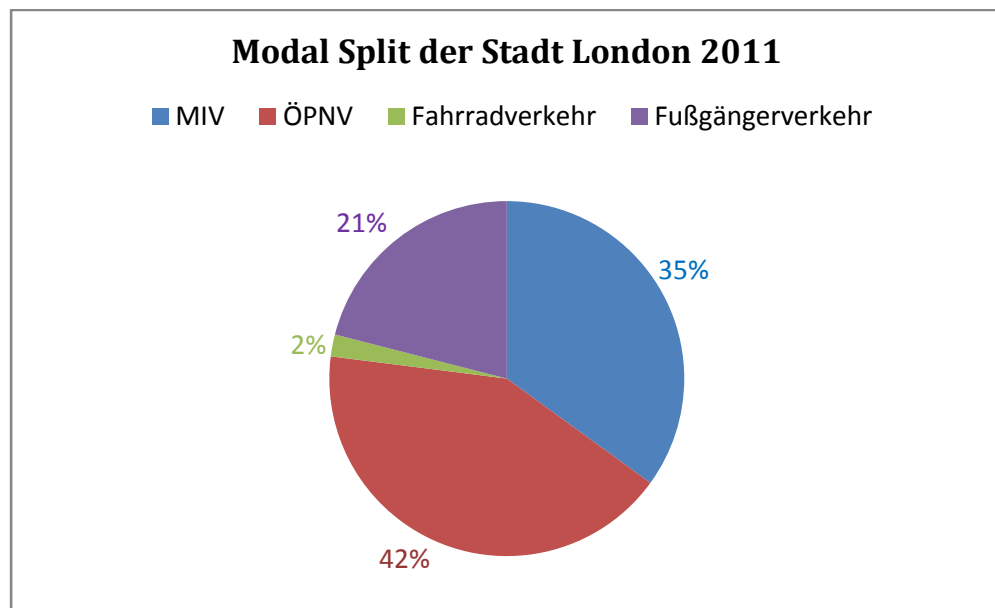


Abbildung 1: Modal Split der Stadt London [7]

Ziele der Londoner City-Maut

Die Londoner City-Maut trägt den Name Congestion Charge und beschäftigt folgende Wirkungen auf das Verkehrssystem:

- Verringerung des Staus;
- Verbesserung des Busverkehrs;
- Erhöhung der Planbarkeit der Reisezeiten für Autofahrer;
- Höhere Effizienz beim Liefer- und Berufsverkehr [5].

Entwicklung der City-Maut in London

Am 17. Februar 2003 wurde in London die weltweit größte City-Maut in Betrieb genommen (Abbildung 2). Mit dieser Gebühr hoffte man die Staus für individual und öffentliche Verkehr, innerhalb und außerhalb des Stadtzentrums zu reduzieren. Bei die Einführung des Mautsystems wurde in werktags zwischen 7:00- 18:30 Uhr eine Gebühr von £5(ca.7,25€) eingehoben. Der gebührenpflichtige Bereich wurde von innen Ring begrenzt und die Fläche beträgt etwa 21km². Seit Februar 2007 ist die Mautpflichtzone westlich des Zentrums erweitert worden und beläuft sich nun auf 40 km². Diese Erweiterung war aber bis Januar 2011 gültig und zurzeit beträgt die gebührenpflichtige Zone 21m². Die Maut wird von Montag bis Freitag zwischen 7:00 und 18:00 eingehoben und beträgt zurzeit £10(ca.12€). Es ist eine flächenabhängige Maut- (Area Licensing), denn wenn die Tagesgebühr vom

Verkehrsteilnehmer entrichtet wurde, darf er die Zone an diesem Tag unbegrenzt befahren und innerhalb dieser verkehren. Es gibt weder Mautschranken noch Mautstellen, denn das Kennzeichen der Fahrzeuge wird von Kameras an den 174 Einfahrpunkten erfasst [8].

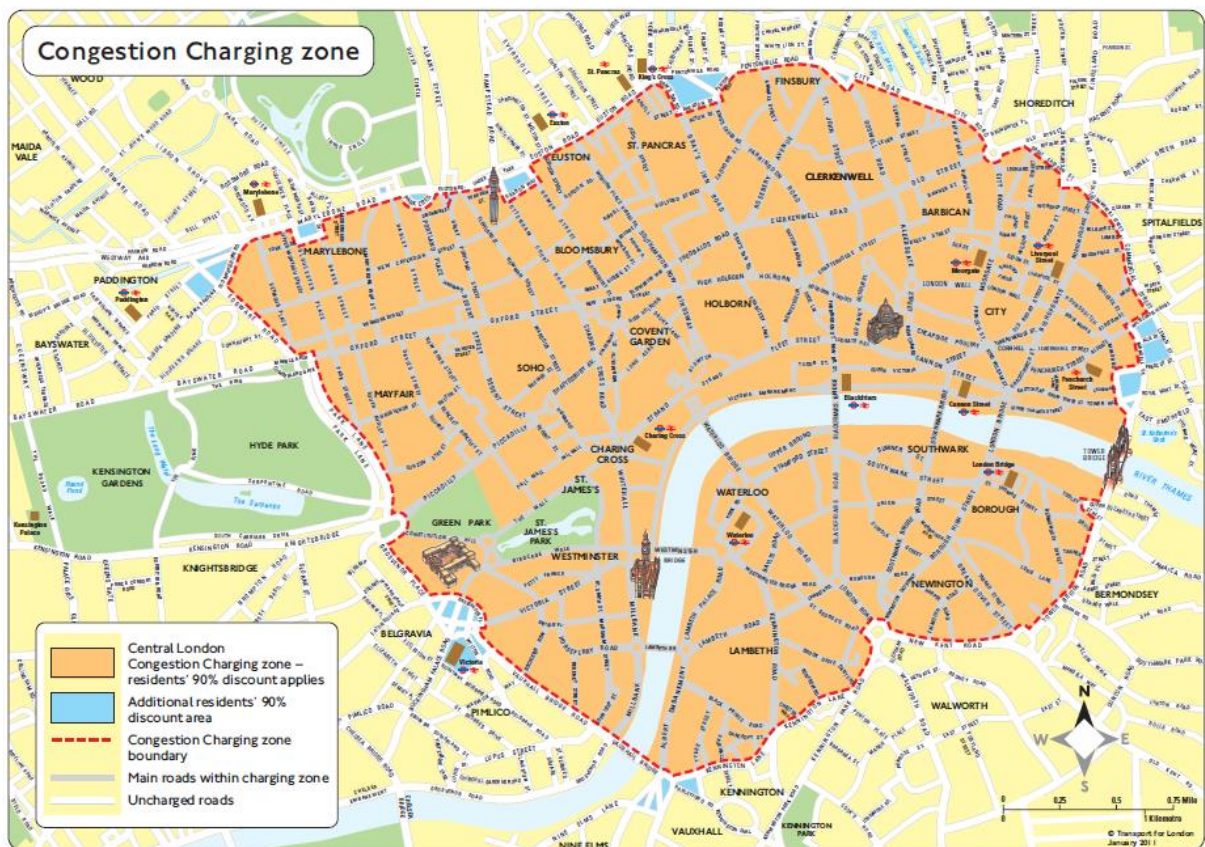


Abbildung 2: Congestion Charging zone London [8]

Entrichtung der Mautgebühr

Es stehen 5 verschiedene Zahlungsmethoden zur Verfügung. Online-Zahlung, Zahlung per SMS, Entrichtung der Mautgebühr bei ausgewählten Geschäften und Tankstellen(bis 26.Juli 2013 danach steht diese Option nicht mehr zur Verfügung), Bezahlung per Telefon und Bezahlung mit Postanweisung. Bei automatischer Zahlung der City-Maut beträgt der Mautbetrag ermäßigter £9 pro Tag. Wenn die Tagesmaut bis Mitternacht des betreffenden tages nicht entrichtet wird, ist ein Bußgeld zu bezahlen. Das Bußgeld beträgt (bis 20.Mai 2013, £120) £130 und wird bei einer Zahlung innerhalb 14 Tagen auf £65 ermäßigt. Wird das Bußgeld nicht innerhalb von 28 Tagen bezahlt dann erhöht sich der Betrag auf £180 [8].

Von der City-Maut befreite Fahrzeuge

Folgende Fahrzeuge sind, von der Mautpflicht befreit:

- Motorräder;
- Taxis;

- Einsatzfahrzeuge;
- Fahrzeuge, die von Behinderten genutzt werden;
- Fahrzeugen mit mindestens neun Sitzen [8].

Wirkungen

Nach der Einführung der Maut fuhren etwa 70.000 weniger Fahrzeuge in die Mautzone, das Verkehrsaufkommen sank um 21% [9]. Gleichzeitig stieg die Nachfrage nach ÖPNV an. Von der Maut befreite Fahrzeuge wie Motorräder, Taxis und Busse nahmen um 15% zu. Die innerhalb der Zone zurückgelegten Fahrzeugkilometer blieben jedoch konstant. Zwar ging die Fahrleistung mautpflichtiger Pkw um 2% zurück, diese Änderung wurde jedoch durch die Zunahme von motorisierten Zweirädern +12% sowie unmotorisierten Zweirädern +7% wett gemacht [10]. Die Durchschnittsgeschwindigkeit stieg auf etwa 17 km/h [9]. Der staubedingte Anteil an der Fahrzeit fiel von 2,3 auf 1,6 min/km. Dies entspricht einer Staureduktion um 30% [11].

In Abbildung 3 werden die Durchschnittsgeschwindigkeiten der Busse auf ausgewählten Strecken in London von 2002 bis 2006 dargestellt. Im ersten Jahr der Einführung der City-Maut steigt die Geschwindigkeit der Busse in der Bemaunungszone (Congestion charging zone) mit 7% und mit 2% auf den innen Ring (Inner Ring Road). Die Geschwindigkeit der Busse auf den anderen Strecken blieb fast dieselbe oder nimmt ab. Die Reduzierung der Geschwindigkeit von 2003 bis 2006 liegt insgesamt bei 11% in der Bereich der Bemaunungszone und 7% auf den innen Ring. Es kann sein, dass Grund dafür nicht die Verkehrssituation allein hat, sondern Faktoren wie Veränderungen des Ticketsystems und Steigerung der Anzahl den ÖV-Nutzer [5].

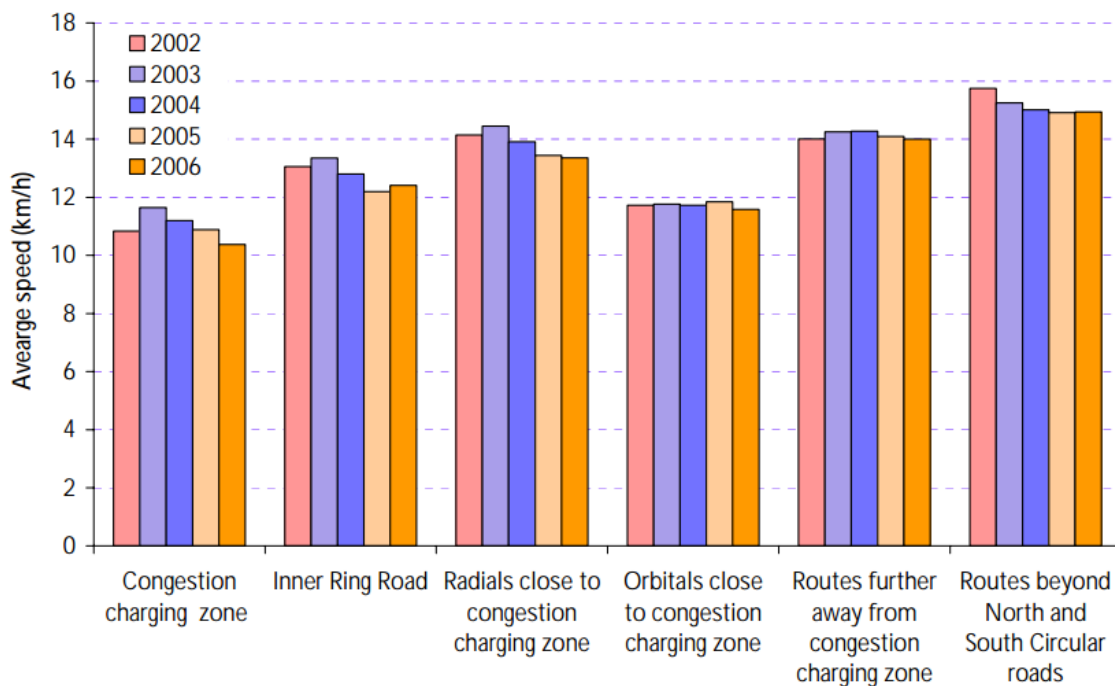


Abbildung 3: Durchschnittsgeschwindigkeit der Busse auf ausgewählten Strecken in London [9]

Kosten-Nutzen-Analyse der City-Maut für London

Die in diesem Punkt geschriebener Text ist von Quelle [5] übernommen. Die Londoner Transportbehörde TfL errechnet 2007 für die City-Maut vor der Westerweiterung bei einer Gebühr von 5£ einen Nutzenüberschuss von 71 Mio. £ (99 Mio. £ bei den 8 £ für eine Tageslizenz). In Tabelle 2 wurde die Kosten-Nutzen-Rechnung nach der Vorgehensweise der TfL zusammengefasst dargestellt [9].

Tabelle 2: Kosten-Nutzen-Analyse der Londoner City-Maut

Faktor	5£	8£
Zeit und Verlässlichkeit privat	102	113
Zeit und Verlässlichkeit gesch.	164	190
Zeit und Verlässlichkeit gesamt	266	303
Mautkosten privat	-90	-103
Mautkosten geschäftlich	-167	-183
Mautkosten gesamt	-257	-286
MIV-Kostensparnis gesamt	26	28
Mautwirkung privat	21	20
Mautwirkung geschäftlich	14	25
Mautwirkung gesamt	35	45
Buseinnahme und Investit.	-9	-9
Umweltverbesserungen	17	17
Transportökonomisch Gesamt	43	53
Mauteinnahmen	215	236
Betriebskosten	-109	-109
Infrastrukturkosten	-25	-25
Steuermindereinnahmen	-38	-41
Parkgebührenmindereinnahmen	-15	-15
Öffentliche Hand Gesamt	28	46
Endergebnis	71	99

Quelle: Eigene Darstellung von [5]

Den größten Nutzen stellen dabei kürzere Reisezeiten und ihre bessere Vorhersehbarkeit dar. Durch die Verringerung der Fahrten werden jedoch wiederum Abnutzungs- und Benzinkosten gespart. Der Geschäftsverkehr profitiert dabei aufgrund höherer Zeitbewertung stärker als der private Verkehr und kommt bereits allein durch Einführung der Maut in Höhe von 5£ auf einen positiven Nutzen von 14 Mio. £ (bzw. 25 Mio. £ bei 8£ Maut). Privatreisende erhalten nur durch die Einbeziehung der Reisezeit- und Verlässlichkeitsverbesserungen der Busreisenden einen Nettonutzen von 21 Mio. £ (5£) bzw. 20 Mio. £ (8£). Werden die Ausgaben für die Erweiterung des Bussystems und die positiven Umwelteffekte der Maut miteinbezogen, ergibt sich ein transportökonomisches Endergebnis von 43 Mio. £ (53 Mio. £ bei 8£ Maut).

Nach Abzug von Betriebs- und Einrichtungskosten sowie Steuer- und Parkgebührenmindereinnahmen ergibt sich ein Netto-Nutzen für die öffentliche Hand in Höhe von 71 Mio. £ (99 Mio. £ bei 8£ Maut).

3.4.2 Stockholm- Trängselskatt („Gedrängel-Steuer“)

Seit dem 1.August 2007 muss für das Ein- und Ausfahren mit dem Auto in die Innenstadt eine Straßenbenutzungsgebühr entrichtet werden. Wörtlich übersetzt ist die „Gedrängel-Steuer“ besser als City-Maut bekannt. Die Maut ist Teil eines Verkehrsentwicklungskonzepts, mit dem Ziel der Verkehrsreduzierung und Umweltverbesserung, mit der Maßnahme geht daher zu einer Angebotsverstärkung des öffentlichen Nahverkehrs [4].

Modal Split der Stadt Stockholm

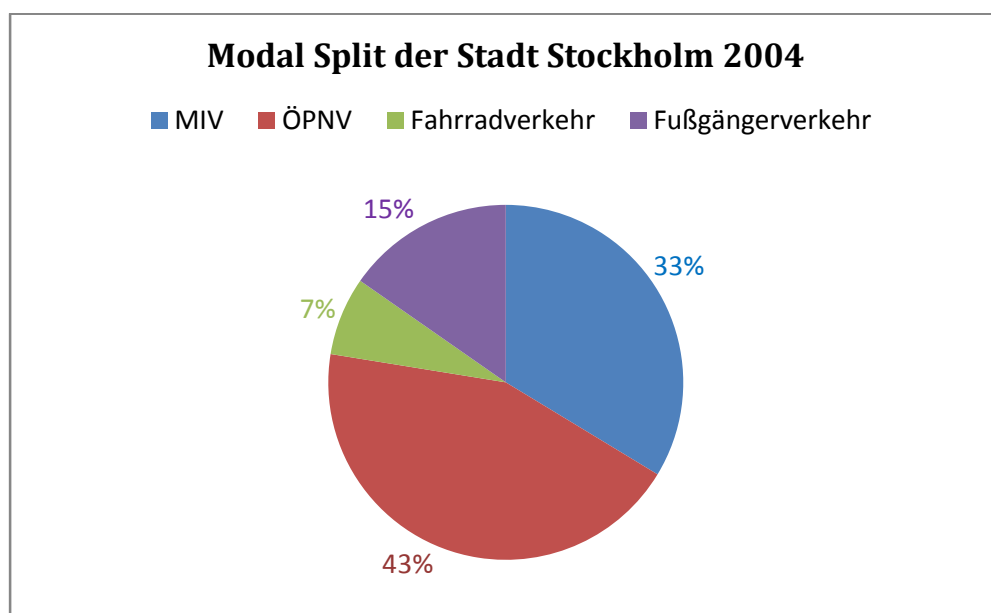


Abbildung 4: Modal Split der Stadt Stockholm [7]

Ziele der Stockholmer City-Maut

Die Stockholmer City-Maut hat den Namen Trängselskatt (Abbildung 4) und folgende Ziele sollen erreicht werden:

- Reduzierung der in/aus die/der Mautungszone ein- oder ausfahrende Fahrzeuge um 15 %;
- Verbesserung des Verkehrsflusses;
- Verringerung des Ausstoßes von Kohlendioxid (CO₂), Stickoxid (NO) in der Innenstadt;
- Erhöhung der Lebensqualität in der Stadt durch verringertes Verkehrsaufkommen [5].

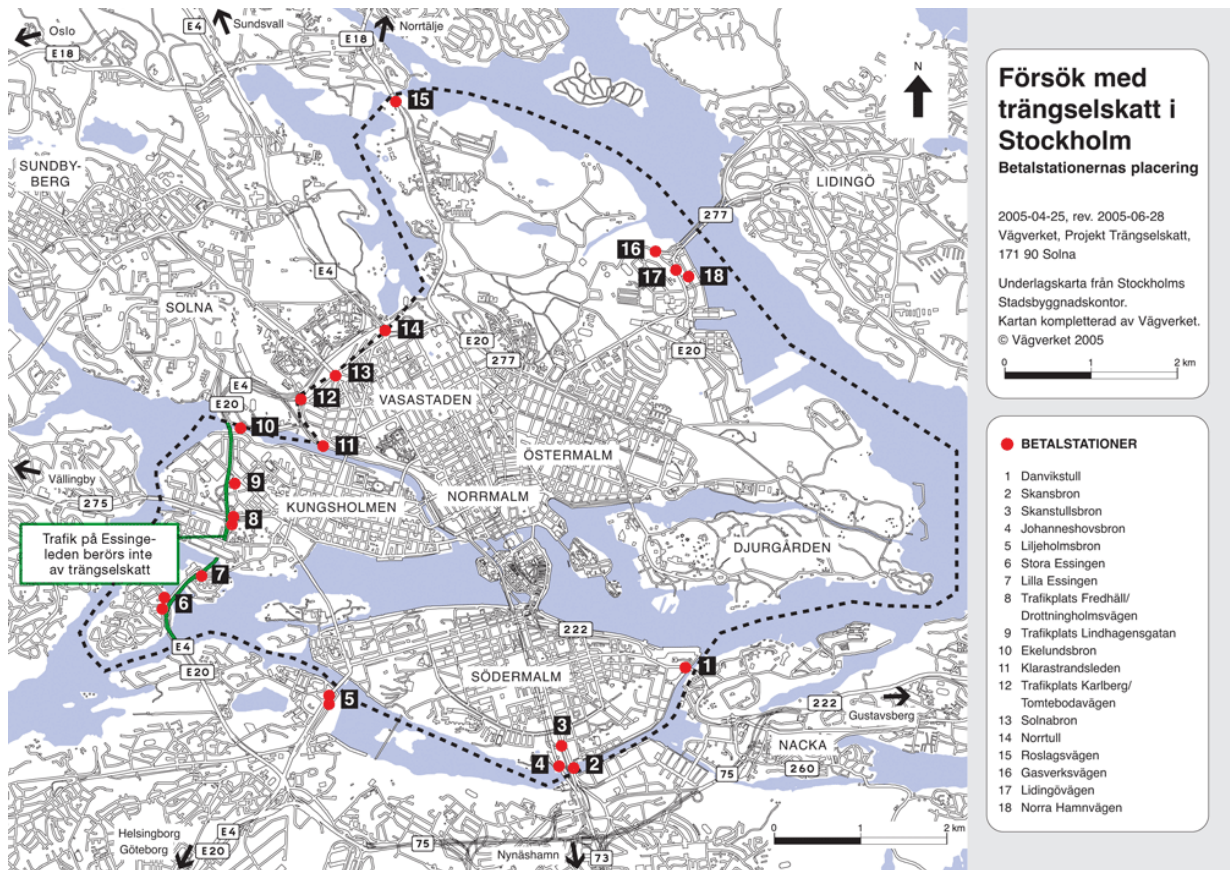


Abbildung 5: Trängselskatt Karte [12]

Entwicklung der City-Maut in Stockholm

Vom 3. Januar 2006 bis zum 31. Juli 2006 wurde in Stockholm eine City-Maut Testperiode durchgeführt um Reduktionen des Verkehrsaufkommens und der Umweltbelastungen zu erzielen. Um den ÖPNV zu verstärken führte man im August 2005 18 neue Buslinien ein, schaffte 197 neue Busse an und errichtete 200 neue Bushaltestellen. Als Mautsystem wurde in Stockholm ein Kordonsystem angewandt, dass mit 18 Kontrollpunkten eine Fläche von 34m² umfasst [4]. Es muss sowohl für die Einfahrt nach Stockholm, als auch für die Ausfahrt bezahlt werden. Die Auswertung (Abbildung 6) erfolgt mit 164 Kameras, welche die Kennzeichen von vorne und hinten fotografieren (Abbildung 5). Die Maut beträgt Montag bis Freitag von 06:30 bis 18:29 je nach Tageszeit zwischen 10 SEK (ca. 1,1€) und 20 SEK (ca. 2,2€) jeweils die Ein- bzw. Ausfahrt in/aus die/der Stadt [12].

Entrichtung der Mautgebühr

Innerhalb von 14 Tage nach der Fahrt muss die Mautgebühr entrichtet werden. Rechnung oder Erlagschein werden nicht versandt. Bei automatischer Zahlung ist ein Transponder erforderlich, der beim Zentralamt für Straßenwesen kostenlos ausgeliehen werden kann. Weitere Zahlungsarten sind Bezahlung an der Kasse, Bankeinzug oder Onlinebanking. Wenn die Maut nach 14 Tage nicht entrichtet wurde, dann ist mit einer Verzugsgebühr von 70 SEK

(ca. 7,8€) zu rechnen. Falls die Mautgebühr und Verzugsgebühr, nach vier Wochen immer noch nicht bezahlt sind dann ist mit weiteren 500 SEK (ca. 55,6€) zu rechnen [12].

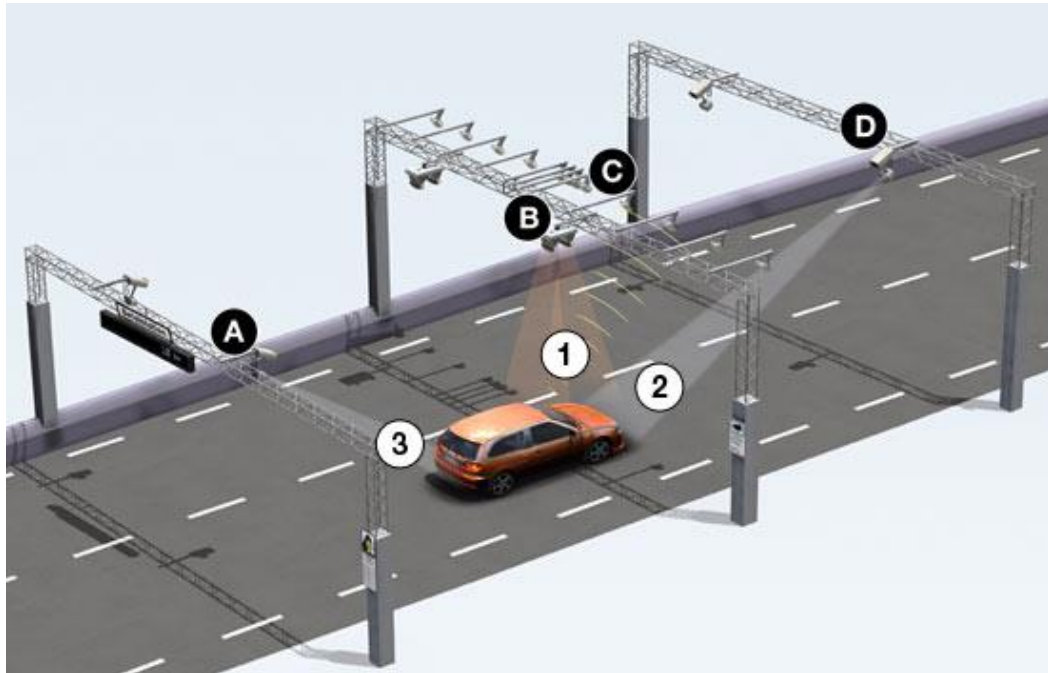


Abbildung 6: Schema der Fahrzeugerkennung in Stockholm [12]

1. Durchfahrt durch Laserdetektor (B), der die Kameras (D) und (A) auslöst. Eine Antenne identifiziert den Transponder im Fahrzeug (wird nicht mehr verwendet) (C)
2. Eine Kamera nimmt ein Foto des vorderen Nummernschilds auf (D)
3. Eine Kamera nimmt ein Foto des hinteren Nummernschilds auf (A)

Von der City-Maut befreite Fahrzeuge

Die folgenden Fahrzeuge sind, die von der Mautpflicht befreit:

- Einsatzfahrzeuge;
- Busse mit einem Gesamtgewicht von mindestens 14 t;
- Taxis;
- Motorräder;
- Fahrzeuge mit ausländischem Kennzeichen;
- Fahrzeuge, die ganz oder teilweise mit Elektrizität, Alkohol oder anderen Kraftstoffen betrieben werden können [12].

Wirkungen

Während des siebenmonatigen Feldversuches reduzierte sich der Verkehr in der bemaute Zeit um 22%. Der Busverkehr stieg in den Spitzenzeiten um 35% bzw. 18% über den ganzen Tag verteilt [13]. Nach Angaben der Stadt Stockholm sanken innerhalb der

Bemautungszone die Belastungsmengen von Stickoxiden (NO_x) um 150 Kilogramm je Werktag bzw. 6,8%, von Feinstaub (PM₁₀) um 6,3 Kilogramm je Werktag bzw. 9,4% und von Kohlendioxid (CO₂) um 100 Tonnen oder 14% [10]. Der Rückgang an Partikeln infolge der City-Maut wirkt sich positiv auf die Gesundheit der Bevölkerung aus. Nach konservativen Rechnungen entspricht dies jährlich rund 300 zusätzlichen Lebensjahren. Es konnte eine Verminderung des verkehrsbedingten Lärms um 3dB gemessen werden. Diese reicht jedoch nicht aus, um von Bürgern wahrgenommen werden zu können [13].

Kosten-Nutzen-Analyse der City-Maut für Stockholm

Die in diesem Punkt geschriebener Text ist von Quelle [5] übernommen. Nach der Durchführung des Versuchs wurde geprüft, ob die Stockholmer City-Maut ökonomisch vorteilhaft ist. Dazu wurde für die dauerhafte Einführung eine Kosten-Nutzen-Rechnung durchgeführt, die in Tabelle 3 dargestellt wird (alle Werte in Mio. SEK).

Tabelle 3: Kosten-Nutzen-Analyse der Stockholmer City-Maut

Faktor	City-Maut	Busnetz	Gesamt
Kürzere Reisezeiten	523	157	680
Bessere Vorhersehbarkeit der Reisezeiten	78	0	78
Verkehrsmittelwechsel	-13	24	11
Zahlung der Mautgebühr	-763	0	-763
Gesamteffekt für Straßennutzer	-175	181	6
Weniger Emissionen von Klimagasen	64	0	64
Vorteile für Gesundheit und Umwelt	22	0	22
Höhere Verkehrssicherheit	125	0	125
Gesamteffekt: Andere Faktoren	211	0	211
Mauteinnahmen	763	0	763
ÖV-Einnahmen	184	0	184
Benzinsteuererinnahmen	-53	0	-53
Abnutzung der Infrastruktur	1	0	1
Aufrechterhaltung der ÖPNV-Qualität	-64	0	-64
Öff. Gesamteinnahmen- und Ausgaben	831	0	831
Gesamter soz. CB-Überschuss	867	181	1048
Betriebskosten	-220	-341	-397
Verzerrungs- & Opportunitätskosten	118	-181	25
sozialer Nettonutzen p.a.	765	-341	424
Betriebskosten	-220	-177	-397
Verzerrungs- & Opportunitätskosten	118	-94	25
Investitionsabschreibungen	-50	-3	-53
Verzerrungs- & Opportunitätskosten	-26	-2	-28
soz. Nettonutzen p.a. inkl. Abschr.	690	-95	595

Quelle: Eigene Darstellung von [13]

Zunächst wird angenommen, dass durch die City-Maut keine Verzerrungs- und Opportunitätskosten entstehen und dass der Betrieb des Systems nichts kostet. Für die Straßennutzer allein führt die Einführung der City-Maut zu einem Wohlfahrtsverlust von 175

Mio. SEK p.a. Die Erweiterung des Busnetzes kann hingegen positive Effekte generieren: Die Reduzierung der Reisezeiten infolge der Mauterhebung führt zu geschätzten Nutzen in Höhe von 157 Mio. SEK p.a. Für diejenigen Fahrer, die auf den Bus umstiegen, weil dieser aufgrund der City-Maut nun kürzere Reisezeiten bietet, wird der Nutzen auf 24 Mio. SEK p.a. geschätzt. Allein für die Straßennutzer (Auto und Bus) entsteht ein jährlicher Nettonutzen in Höhe von 6 Mio. SEK. Aus der Rechnung wird deutlich, dass sich bei der isolierten Betrachtung der Straßennutzer den IVS-Dienst Maut und Busnetzerweiterung bedingen: Die Maut allein ist wohlfahrtökonomisch nicht sinnvoll, doch ohne sie könnte der Busverkehr nicht die Wohlfahrtsgewinne in der dargestellten Höhe erzeugen. Es bleibt die Frage, ob eine reine Angebotserweiterung im Busnetz zu einem höheren Nettonutzen führen würde.

Im nächsten Schritt werden jene Nutzengewinne betrachtet, die durch die Reduzierung solcher externen Effekte entstehen, von denen die gesamte Gesellschaft betroffen ist. Durch die Maut reduziert sich der Verkehr, wodurch weniger Emissionen emittiert und die Gesundheit der Bevölkerung sowie die Umwelt weniger belastet werden. Pro Jahr entsteht so durch die City-Maut ein Nutzen von 211 Mio. SEK.

Als dritte Komponente ist die öffentliche Hand zu sehen. Dieser erhält nun Mauteinnahmen sowie erhöhte Einnahmen aus dem ÖPNV infolge von Verkehrsmittelwechseln. Jedoch verliert der Staat zum einen Einnahmen aus der Mineralölsteuer, aufgrund verminderter Fahrten und zum anderen führt der Umstieg von Autofahrern auf Busse zu einer Mehrbelastung und einem Qualitätsrückgang des ÖPNV, der entsprechend ausgeglichen werden muss. Für den Staat ergibt sich somit Einführung der City-Maut ein Einnahmeüberschuss in Höhe von 831 Mio. SEK.

Vernachlässigt man die Verzerrungs-, Opportunitäts- und Betriebskosten, ergibt sich ein jährlicher CB-Überschuss von 1048 Mio. SEK.

Die Gesamtkosten für die Errichtung des Systems werden auf 2 Mrd. SEK geschätzt und werden in der CB-Analyse über 40 Jahre abgeschrieben.

Die dauerhafte Einführung generiert nach Abzug aller zuvor vernachlässigten Kosten einen geschätzten jährlichen Kosten-Nutzen-Vorteil von 595 Mio. SEK p.a.

3.5 Zusammenfassung

In Tabelle 4 werden das System und die Wirkungen der Londoner City-Maut im Vergleich zu Stockholm ausführlich dargestellt und anschließend besprochen.

In beiden Städten wurde ein signifikanter Rückgang des Verkehrsaufkommens erzielt. Dies bewirkte eine allgemeine Erhöhung der Durchschnittsgeschwindigkeit des verbliebenen MIV, aber auch des ÖPNV. Die umweltrelevanten Effekte der Maut sind ebenfalls deutlich

spürbar. CO₂ Emissionen sind in den Innenstädten um 14% bzw. 17% zurückgegangen, auch die Stickstoff- und Feinstaubbelastung konnte gesenkt werden [14].

Tabelle 4: Vergleich der Wirkungen einer City-Maut in London und Stockholm

	London	Stockholm
Modell	Area Licensing auf 21km ² , mautpflichtig zwischen 7:00 und 18:00 Uhr, Tagesgebühr ca. 12€ (2012)	Kordon Maut auf 47km ² , mautpflichtige Ein- und Ausfahrt zwischen 6:30 und 18:29 Uhr, Gebühr variiert tageszeitlich zwischen 1,20€-2,20€ (2010)
Einwohner	8,3 Millionen, davon 136.000 innerhalb der Mautzone (2013)	870.000, davon 280.000 innerhalb der Mautzone (2007)
Verkehrliche Wirkungen	21% weniger Fahrzeuge (2007) 30% weniger Stauzeiten (2007)	22% weniger Fahrzeuge (2006) 30-50% weniger Stauzeiten (2006)
Reduzierung von Schadstoffen	-17% CO ₂ -20% PM ₁₀ -17% NO _x	-14% CO ₂ -9,4% PM ₁₀ -6,8% NO _x [10]
ÖPNV	31% mehr Fahrgäste auf Strecken in die Zone einfahrend, Rückgang von Verspätungen um 40%	7% mehr Monatskarten, Bus +10% Fahrgäste, U-Bahn +13% Fahrgäste
Weitere Wirkungen	Rückgang der MIV-Wege verteilt sich folgendermaßen 60% nutzen Umweltverbund (35-40% Bus, 45-50% U-Bahn, 10-20% Fuß- und Radverkehr), 15% umfahren die Zone, 5-10% haben Fahrten auf Zeiten außerhalb bemauteter Zeiten verschoben, 10% der Fahrten wurden halbiert	6% MIV-Nutzer stiegen auf ÖPNV um, leichte Verschiebung der Einfahrtzeiten in die Mautzone um Kosten zu sparen, vermehrte Bildung von Aktivitätenketten bei MIV-Nutzern um Einfahrten zu minimieren
Systemkosten	Einführungskosten belaufen sich auf etwa 209.4 Mio. EUR Betriebskosten erreicht etwa 102.3 Mio. EUR im Jahr 2005/06 [15]	Die Einführungskosten des vorerst 7-monatigen Feldversuchs belaufen sich auf 380.2 Mio. EUR und wurden von schwedischen Staat getragen. Jährliche Betriebskosten von etwa 20 Mio. EUR [15]

Quelle: Eigene Darstellung nach Tfl 2004 und Hugosson 2006 [14]

Vorstellbar wäre vereinfachend ein ÖPNV ohne Busse, in dem es z.B. nur eine U-Bahn gibt. Dieser würde nicht von dem Verkehrsrückgang auf der Straße profitieren. Wird der ÖPNV auch mit Bussen abgewickelt, profitieren die Passagiere dieser Busse direkt von der Stauverringerung durch die Einführung einer City-Maut [5].

Aufgrund im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Analysen der Einrichtung eines Mautsystems wird eine Einschätzung der Wirkung (Abbildung 7) dieses Systems hinsichtlich folgenden Indikatoren festgestellt:

Weniger Fahrzeuge: Da die City-Maut einen IVS-Dienst ist, die vom Pkw-Fahrer Geld abzieht, kann man Ziele der Fahrt z.B. Freizeitbeschäftigungen oder konkrete soziale Gruppen wie Studenten und Rentner auf das Auto verzichten. Die Ergebnisse in der Städte London und Stockholm veranschaulichen, dass ungefähr 20% weniger Fahrzeuge in die Bemaunungszone/Bemaunungszeiten einfahren.

Reduktion von Emissionen: Geringerer Anteil des Individualverkehrs bringt mit sich auch geringere Menge von Abgasen und nämlich CO₂, NO_x und Feinstaub. Die Auswirkungen einer City-Maut auf die Luftqualität werden mit Messstationen gemessen, die aber nicht nur innerhalb sondern auch außerhalb des Mautgebietes installiert werden müssen. Das Ergebnis der Luftschadstoffmessung ist auch vom Wetter abhängig. Aus den Ergebnissen der beiden Beispiele lässt sich eine Verbesserung der Luftqualität durch die Innenstadtmaut ergeben.

Mehr Fahrgäste im ÖPNV: Durch die höheren Kosten für den MIV wird der ÖPNV attraktiver. Die City-Maut sorgt für Reduktion der Pkw-Fahrten reduzieren und ein Teil der Einnahmen wird für den gezielten Ausbau, die Verstärkung des Nahverkehrs verwendet. Somit würden mehr Menschen dann lieber mit dem ÖPNV fahren. Aus den Ergebnissen der beiden Beispielen ergibt sich eine Steigerung der Nutz von ÖPNV mit bis zum 30% ableiten.

Zuverlässige Reisezeit mit MIV und ÖPNV: Den größten Nutzen stellen dabei aus den Ergebnissen der beiden Beispiele kürzere Reisezeiten und ihre bessere Vorhersehbarkeit dar. Der Geschäftsverkehr profitiert dabei aufgrund höherer Zeitbewertung stärker als der private Verkehr.

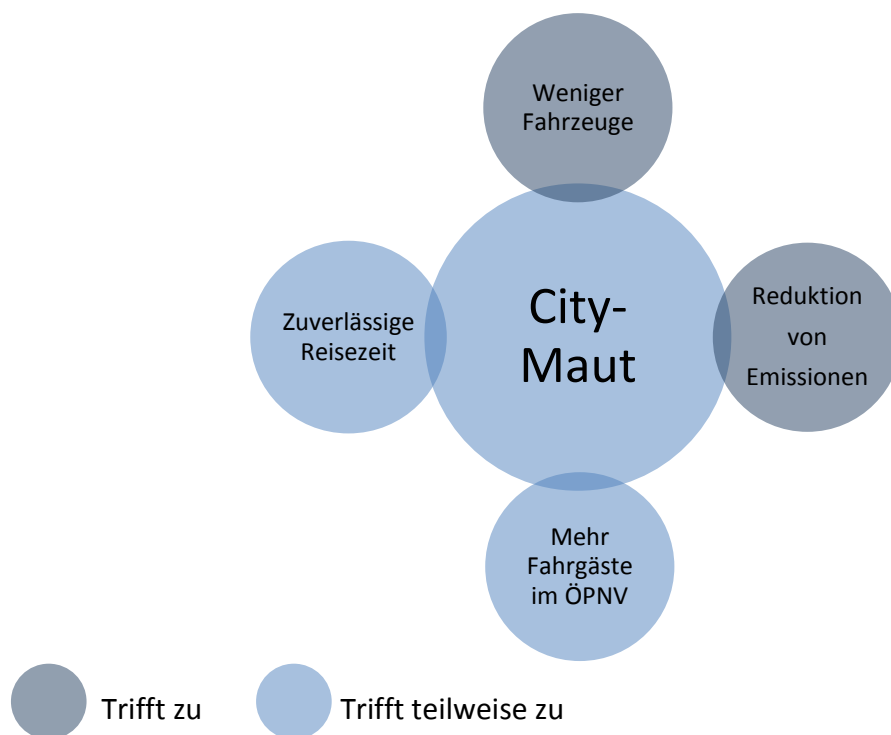


Abbildung 7: Einschätzung der Wirkungen einer City-Maut

Kapitel 4

4. Parkleitsystem

Parkleitsysteme sollen nach Parkplatz suchenden Autofahrer zielgerichtet zu freien Parkplätzen leiten und so unnötigen Parkplatzsuchverkehr vermeiden. Das System erfasst die Belegung von Parkhäusern und Parkplätzen und leitet diese Information an Anzeigetafeln im Straßenraum aber auch an weitere Plattformen wie z.B. Internetportal einer Stadt weiter.

4.1 Ziel

Das Parkleitsystem ist ein Leit- und Steuerungsinstrument aber auch ein Informationssystem für den MIV. Parkleitsystem sollen Parkplatzsuchende zielgerichtet zu Parkhäuser führen und somit unnötigen Suchverkehr vermeiden. Vor allem für Ortungskundige z.B. Touristen wird dadurch eine Orientierungshilfe geschaffen [16]. Es kann zwischen statischen und dynamischen Parkleitsystemen unterschieden werden. Statische Parkleitsysteme geben ausschließlich Hinweise auf die Lage der Parkhäuser. Dynamische Parkleitsysteme informieren zusätzlich über die Belegung der Parkplätze. Dabei wird die aktuelle Anzahl der freien Parkplätze angezeigt.

Zusätzlich wird durch den Einsatz von P+R-Anlagen beabsichtigt, Innenstadtfahrten vom Kfz auf den ÖPNV zu verlagern. P+R-Anlagen sind, in der Nähe von Haltestellen des ÖPNV geplante Abstellmöglichkeiten für Pkw, teilweise aber auch für Motorräder und Busse, zur Verfügung stehen. Vor allem Pendler wird so die Möglichkeit gegeben, ihren Pkw am Stadtrand abzustellen und ohne Stau und Parkplatzprobleme mit öffentlichen Verkehrsmitteln in die Innenstadt zu gelangen. Außerdem helfen P+R-Anlagen, die bei der Bewältigung von Verkehrsproblemen bei Großveranstaltungen wie Fußballspielen, Rockkonzerten und Innenstadtfesten entstehen [17].

Ein Parkleitsystem hat vor allem den Zweck, die Verkehrsteilnehmer zu einem zentralen Parkhaus zu führen. Nach FGSV 1996 und FGSV 2005 können folgende Ziele genannt werden:

- Reduzierung des Parksuchverkehrs;
- Frühzeitige Information über die Belegung der Parkhäuser bei dynamische Systeme;
- Entlastung der Parkstände im öffentlichen Straßenraum;
- Beeinflussung der Verkehrsmittelwahl durch P+R-Anlagen;
- Orientierung für Ortungskundige.

4.2 Einsatzbereiche

Im öffentlichen Straßenraum kommen Parkleitsysteme vor allem in Innerstädten, an P+R-Anlagen, an Flughäfen aber auch bei großen potentiellen Verkehrserzeugern wie Messezentren oder Sportstadien zum Einsatz.

Das Parkleitsystem soll in den Innenstädten die Verkehrsteilnehmer zu einem Parkhaus der Nähe des Reisezieles lenken.

Bei P+R-Anlagen soll das Parkleitsystem die Verkehrsteilnehmer auch zum Umsteigen auf den ÖPNV motivieren und die Nachfrage auf verschiedene P+R-Anlagen verteilen. Bei solchen Parkleitsystemen können zweckmäßige Hinweise auf das ÖPNV-Angebot integriert werden.

An Flughäfen sind die Nutzergruppe und der Fahrtzweck entscheidend. Bringer und Abholer wollen in Terminalnähe parken. Hingegen benötigen Urlaubsreisende einen Stellplatz für längere Zeit und sind daher eher bereit, weitere Entfernungen zum Terminal mit geringeren Kosten zu akzeptieren [17].

Bei großen Verkehrserzeugern wie z.B. Messen oder Sportstadien, stehen die effiziente Auslastung der Parkflächen und ein reibungsloser Verkehrsablauf für die Besucher zu Spitzenzeiten im Vordergrund [17].

4.3 Technik

Parkleitsystem bestehen aus folgenden Komponenten (siehe Abbildung 8):

- Anzeigeeinrichtungen, bestehend aus statische oder dynamische Beschilderung im Straßenraum;
- Erfassungseinrichtungen in der Parkfläche;
- Gegebenenfalls Verbindung zum Verkehrsrechner mit Erfassungseinrichtungen im Straßenraum;
- Lokaler Rechner zur Datensammlung und Datenaufbereitung der Parkfläche;
- Zentraler Rechner mit Bedienungseinrichtungen;
- Einrichtungen zur Datenübertragung zwischen den Erfassungseinrichtungen, dem zentralen Rechner und den Anzeigeeinrichtungen [18].

Die Aufgabe des lokalen Rechners des Parkhauses ist es, die Daten der angeschlossenen Parkfläche zu sammeln, zu verarbeiten und an den zentralen Rechner des Parkleitsystems weiterzugeben [18]. Der lokale Rechner überwacht auch die angeschlossenen Erfassungseinrichtungen und muss Fehler in der Erfassung frühzeitig anzeigen. Die Technik mit der der Belegungsgrad erfasst wird, ist teilweise nicht zuverlässig und erfordert manuelle Kontrollerhebungen. Ungenaue oder falsche Informationen wirken sich negativ auf die Nutzerakzeptanz aus.

Bei statischen Parkleitsystemen wird nur eine Beschilderung benötigt. Bei dynamischen Parkleitsystemen müssen die Daten der Parkraumbelegung erfasst und angezeigt werden, daher müssen alle Parkflächen über eine kontrollierbare Ein- bzw. Ausfahrt mit Erfassungseinrichtungen verfügen.

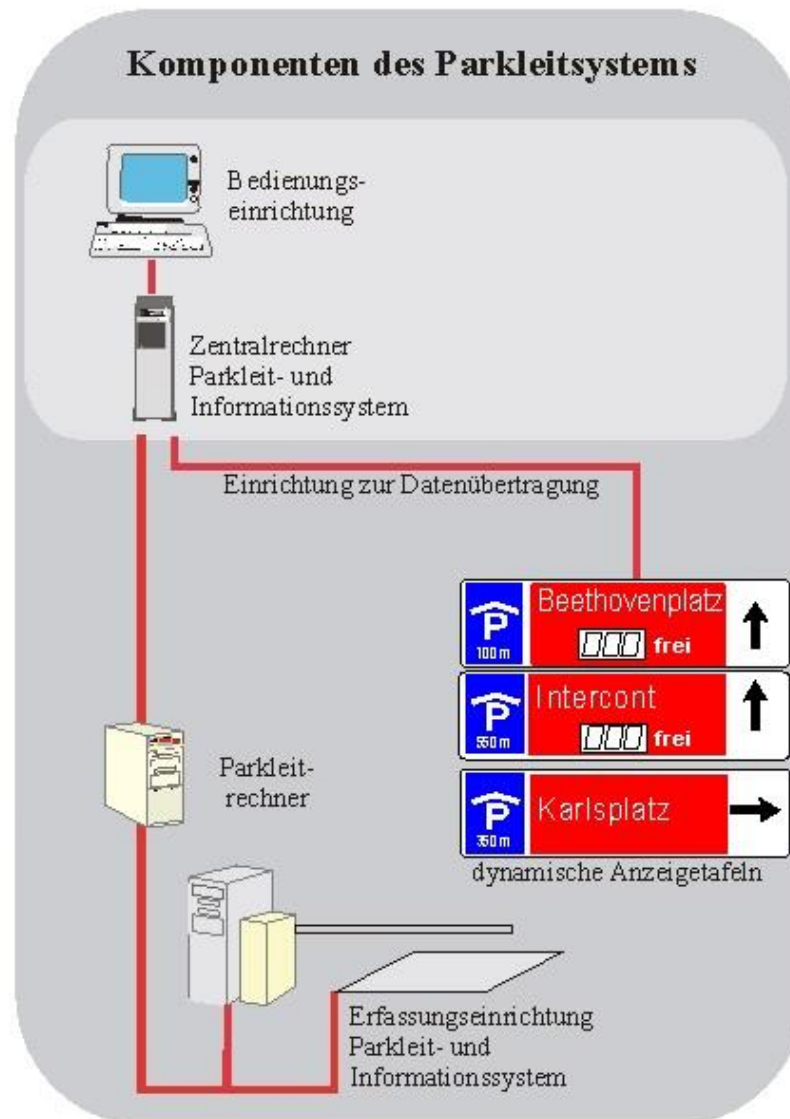


Abbildung 8: Komponenten des Parkleitsystems [18]

4.4 Einfluss auf den ÖPNV

Die Orientierung der Verkehrsteilnehmer, die nach einem Parkplatz suchen, wird verbessert. Es wurde nachgewiesen, dass durch Parkleitsysteme der Parkplatzsuchverkehr und damit die Emissionen reduziert werden können.

Zur Attraktivitätssteigerung der P+R-Anlage und zur Vereinfachung für Kunden soll die Integration der Park- und ÖPNV-Tarife bei P+R-Anlagen angestrebt werden. Diese Möglichkeit kommt bei bargeldlosen Zahlungssystemen in Betracht, wenn mit dem Erwerb einer Fahrkarte für den ÖPNV zugleich das Parkentgelt beglichen wird.

Eine Verknüpfung der P+R-Parkplätze mit dem Liniennetz des ÖPNV bringt zusätzliche Vorteile. Durch die Anzeige der Abfahrt- und verbleibenden Wartezeiten fühlen sich die

Verkehrsteilnehmer gut informiert und akzeptieren den Umstieg auf Bus, U-Bahn oder Straßenbahn deutlich besser [17].

4.5 Fallbeispiel

Das Parkleitsystem in Düsseldorf

Die in diesem Punkt geschriebener Text ist von Quelle [19] übernommen. Wer sich im Klaren darüber ist, dass 12% des gesamten Verkehrsaufkommens im Zentrum einer jeden Großstadt durch die Parkplatzsuche verursacht werden, der weiß auch woher 12% des Lärms, 12% des Energieverbrauchs und 12% der Luftverschmutzung kommen. Deswegen hat die Landeshauptstadt Düsseldorf 1992 ein Parkleitsystem mit zahlreichen Hinweisschildern installiert. Das Parkleitsystem hilft den Autofahrern, möglichst schnell zu einem der derzeit daran angeschlossenen 41 Parkplätze, Parkhäuser und Tiefgaragen zu gelangen. Die auf das Stadtgebiet verteilten 112 dynamischen Wegweiser (Abbildung 9) zeigen an, wo und wie viele Einstellplätze gerade frei sind. Hinzu kommen ca. 160 Hinweisschilder, 10 Informationstafeln (siehe Abbildung 11) und die zusätzliche Möglichkeit, sich über das Internet oder über das Handy zu informieren. Diese Maßnahmen machen Düsseldorf zu einer Stadt, in der aus dem „Parkplatz suchen“ ein „Parkplatz finden“ wird.



Abbildung 9: Dynamische Wegweiser in Düsseldorf [19]

Seit Jahren ist das Aufkommen des Berufspendler- und Freizeitverkehrs in der Metropole Düsseldorf stetig gestiegen. Diese zusätzliche Verkehrsströme müssen optimal geführt und auf vorhandene Parkmöglichkeiten muss hingewiesen werden.

In Düsseldorf Innenstadt sind ca. 13.500 Stellplätze an das Parkleitsystem angeschlossen. Fast alle Anlagen weisen auch Dauerstellplätze (ca. 2.600), in erster Linie für Beschäftigte, aus. 20% der Anlagen liegen direkt an den Hauptverkehrsachsen der Innenstadt. 28% der Anlagen liegen in direkter Umgebung zu den Einkaufsschwerpunkten der Innenstadt. Weitere 28% liegen weiter als 300 m von den Einkaufsschwerpunkten entfernt [20].

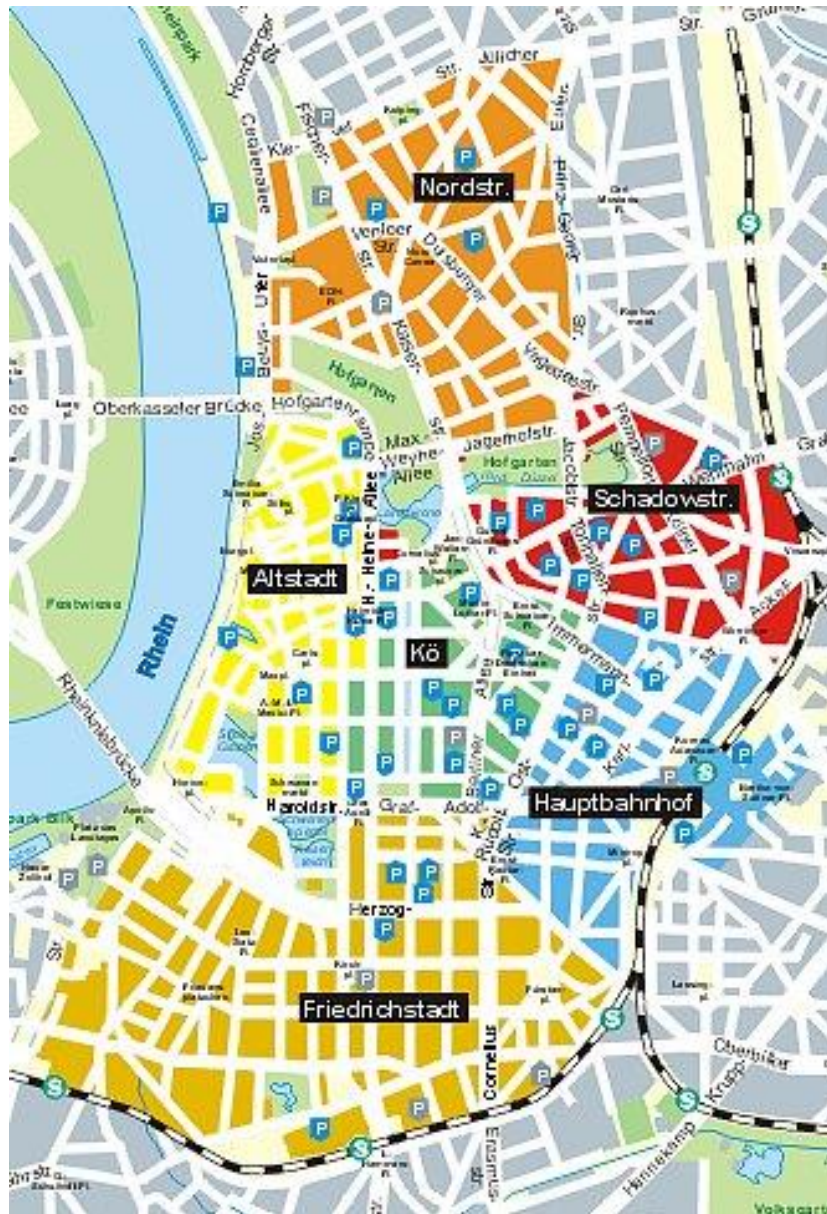


Abbildung 10: Parkhausbelegung nach Quartieren [19]

Zur besseren Orientierung ist die gesamte Innenstadt in Quartiere aufgeteilt (siehe Abbildung 10). Jeder Parkbereich ist einer Farbe zugewiesen. Über Nummern und Symbole lassen sich die Parkhäuser und Tiefgaragen in den Quartierplänen wiederfinden.



Abbildung 11: Informationstafeln in Düsseldorf [19]

4.6 Zusammenfassung

Die Wahl zwischen einem kostenintensiven dynamischen und einem preisgünstigeren statischen Informationssystem sollte auf der Basis von sachlichen Überlegungen getroffen werden. Nicht das technisch Machbare, sondern das für den Verkehr wirksamste System ist bevorzugt. In vielen Fällen reicht eine gut strukturierte und einheitliche statische Beschilderung bzw. eine Kombination aus statischen und dynamischen Anzeigen aus. Die wegweisende Beschilderung und das Parkleitsystem sollen sich ergänzen. Das Parkleitsystem soll vor allem den ortsfremden Verkehrsteilnehmern die Parkplatzsuche erleichtern.

Besonders Augenmerk erfordert das Angebot an Parkplätzen im öffentlichen Straßenraum, welches nicht in einem Parkleitsystem integriert ist. Mit Einführung eines Parkleitsystems sollten Parkplätze im öffentlichen Straßenraum flächendeckend bewirtschaftet werden, regelmäßig kontrolliert und gegebenenfalls reduziert werden [17].

Aufgrund im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Analysen der Einrichtung eines Parkleitsystems wird eine Einschätzung der Wirkung dieses Systems (Abbildung 12) hinsichtlich folgenden Indikatoren festgestellt:

Weniger Fahrzeuge: Obwohl dynamische Parkleitsysteme meistens innerhalb der Städte zu finden sind, können sie auch am Stadtrand eingerichtet werden. So können Pendler noch am Eingang einer Stadt auf den Pkw verzichten und auf ÖPNV umsteigen. Um Motivation dafür zu haben, muss auch der ÖPNV-Dienst verstärkt sein. Damit fahren weniger Fahrzeuge ins Stadtzentrum und verringern den Stau z.B. in Stoßzeiten. Die Ergebnisse aus der Stadt Düsseldorf zeigen, dass mit der Einrichtung eines dynamischen Parkleitsystems ungefähr 12% weniger Fahrzeuge ins Stadtzentrum einfahren.

Reduktion von Emissionen: Geringerer Anteil des Individualverkehrs bringt mit sich auch geringere Menge von Abgasen und nämlich CO₂, NO_x und Feinstaub. Die Auswirkungen eines Parkleitsystems auf die Luftqualität werden mit Messstationen gemessen. Die Messungen der Reduktion von Emissionen im öffentlichen Raum sind nur schwer durchzuführen, da sie von dem Wetter abhängig sind. Aus den Ergebnissen des Beispiels lässt sich eine Verringerung der Luftverschmutzung um 12% durch das Parkleitsystem ableiten.

Mehr Fahrgäste im ÖPNV: Das dynamische Parkleitsystem soll Parkplatzsuchende zielgerecht zu Parkhäusern führen. Durch die Verknüpfung der P+R-Anlagen mit den Stationen des ÖPNV wird den ÖPNV-Dienst attraktiver. Das Parkleitsystem sorgt die Reduktion von Pkw-Fahrten ins Zentrum der Stadt und Verlagerung eines Teils der Pendler auf ÖPNV.

Zuverlässige Reisezeit mit MIV und ÖPNV: Parkleitsysteme sollen nach Parkplatz suchenden Autofahrer zielgerichtet zu freien Parkplätzen leiten und so unnötigen Parkplatzsuchverkehr vermeiden. Es kann gesagt werden, dass für die Indikator zuverlässige Reisezeit trifft das Parkleitsystem teilweise zu.

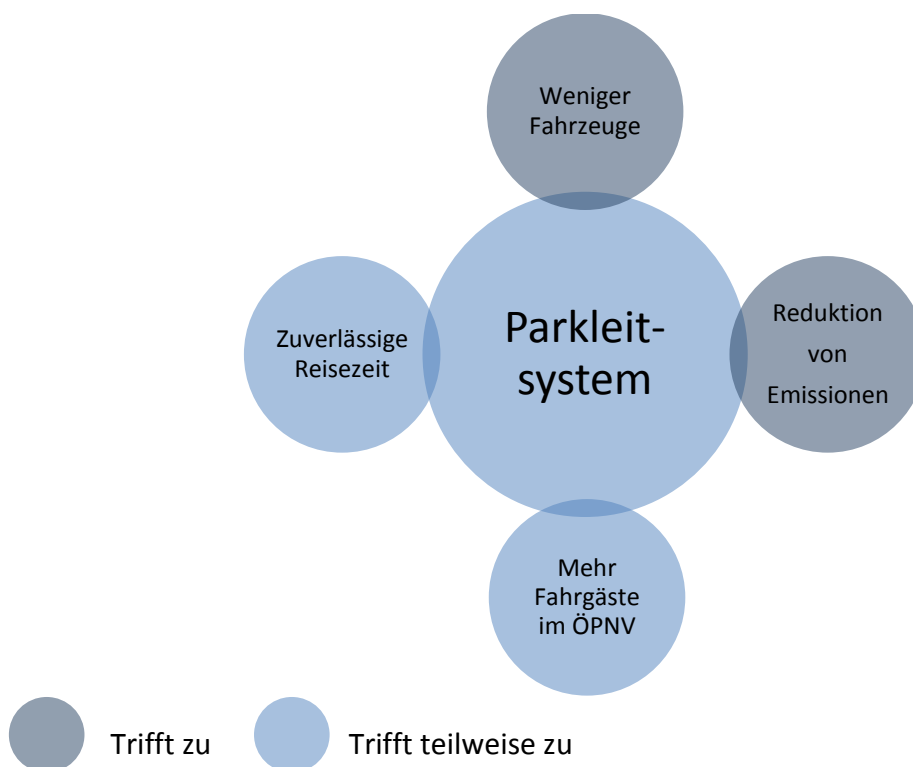


Abbildung 12: Einschätzung der Wirkungen eines Parkleitsystems

Kapitel 5

5. Priorisierung des ÖPNV

Als ÖPNV-Priorisierung wird die Bevorzugung von Straßenbahnen, Bussen oder anderen öffentlichen Verkehrsmitteln an Lichtsignalanlagen gegenüber dem Individualverkehr verstanden [7].

5.1 Vorteile der Öffentlichen Verkehr- Beschleunigung

Aus Fahrgastsicht:

- Attraktivierung der ÖPNV-Nutzung durch kürzere Reisezeiten;
- Größere Pünktlichkeit durch weniger Störeinflüsse;
- Verbesserung der Regelmäßigkeit;
- Erhöhung des Fahrkomforts.

Aus Sicht des ÖPNV-Unternehmens:

- Einsparung von Ressourcen wie Fahrzeugen und Personal;
- Als Folge der Attraktivierung Zahl der Fahrgäste zu was mit einer Zunahme der Einnahme verbunden ist.

Aus der Sicht der Umwelt:

- Lärmbelastungen und Abgasemissionen des Kfz-Verkehrs nehmen ab.

5.2 Möglichkeiten für die Beschleunigung des ÖPNV

Gemäß des Merkblatts für Maßnahmen zur Beschleunigung des öffentlichen Personennahverkehrs mit Straßenbahnen und Busse (FGSV 1999) gibt es folgende Möglichkeiten für ÖPNV-Beschleunigung:

- Durch kurze Haltestellenaufenthalte und schnelles Wiedereinordnen in den fließenden Verkehr (z.B. Bushaltestellen am Fahrbahnrand);
- Durch Führung des ÖPNV auf getrennten Spuren (z.B. Bußfahrstreifen, unabhängiger Bahnkörper bei Schienenfahrzeugen);
- Durch Bevorrechtigung an Knotenpunkten mit Lichtsignalanlagen mit dem Ziel möglichst geringer Wartezeiten für die ÖPNV-Fahrzeuge am Knotenpunkte;
- Keine Führung oder nur auf kurzen Abschnitten durch Tempo 30-Zonen und verkehrsberuhigte Bereiche;
- Keine Führung über Knotenpunkte, an denen die ÖPNV-Fahrzeuge nicht vorfahrtberechtigt sind [21].

5.3 Arten der ÖPNV Priorisierung

Es reicht nicht aus Maßnahmen nur an einem Knotenpunkt durchzuführen, um spürbare Beschleunigungswirkungen zu erzielen. Ziel soll es sein, die Priorisierung auf einer längeren Strecke einer ÖV-Linie mit mehreren LSA zu implementieren. Optimal ist die Priorisierung im ganzen Linienverlauf.

Folgende Unterscheide gibt es:

- Punktuelle Maßnahmen: Beeinflussung von Knotenpunkte;
- Streckenbezogene Maßnahmen: Steuerung eines Streckenabschnitts;
- Netzbezogene Maßnahmen: Steuerung unter Beachtung netzweiter Zusammenhänge [22].

Durch zielgerichtete Veränderungen der Umlaufzeit, Phasenfolge, Phasenanzahl und Freigabezeit, entsteht der optimale Nutzen der ÖPNV-Priorisierung. Es gibt Möglichkeit einer absoluten ÖPNV-Priorisierung und einer bedingte ÖPNV-Priorisierung. Bei der absoluten Priorisierung hat der ÖPNV uneingeschränkten Vorrang vor den anderen Verkehrsteilnehmer d.h. keine Wartezeiten an der LSA.

Tabelle 5: Einsatzkriterien für eine absolute oder bedingte ÖPNV- Priorisierung

Merkmal	Ausprägung	Art der Priorisierung	
		absolut(A)	bedingt(B)
ÖPNV-Stärke	gering bis mittel	X	
	hoch	X	X
ÖPNV-Art	Bus	X	X
	Straßenbahn	X	X
	Stadtbahn	X	
ÖPNV/ÖPNV-Konflikt	ja	X	X
	nein	X	
Fahrweg	eigener	X	
	gemeinsam mit MIV		X
Verkehrsstärke des Kfz-Verkehrs	gering bis mittel	X	
	hoch	X	X
	sehr hoch		X
Koordinierung Kfz.-Verkehr Grüne Welle	ja		X
	nein	X	
Stauräume	ausreichend	X	
	nicht ausreichend		X
Fußgänger-/Radverkehr	gering	X	
	sehr hoch		X
Kreuz in A: absolute Priorisierung anwenden Kreuz in B: nur bedingte Priorisierung aufgrund der Randbedingungen anwendbar Kreuz in A und B: beide Arten möglich, Einzelfallprüfung			

Quelle: Eigene Darstellung von [22]

An großen Verkehrsknotenpunkten sind aber auch die Interessen der anderen Verkehrsteilnehmer zu berücksichtigen und meist nur eine bedingte Priorisierung realisierbar d.h. die Wartezeiten für die Fahrzeuge des ÖPNV werden durch Veränderungen des Signalzeitenplans minimiert. Tabelle 5 zeigt unter welche Kriterien eine absolute oder bedingte ÖPNV-Priorisierung einsetzbar ist.

Die Hauptformen einer ÖPNV Priorisierung werden in den nachfolgenden Abschnitten beschrieben:

- ÖPNV-Schleusen;
- Priorisierung am Knotenpunkt mit und ohne Grüne Welle;
- Dynamische Straßenraumfreigabe [23].

ÖPNV-Schleusen

Eine ÖPNV- oder Bus-Schleuse kann an Bushaltestellen oder am Ende eines Busfahrstreifens eingerichtet werden (Abbildung 13). Eine zweite Ampel wird im Abstand von mindestens 30 Metern vor dem Knotenpunkt aufgestellt. Im Zwischenraum können die Buse vor dem Individualverkehr auf grünes Licht warten. Durch diese Maßnahme wird das ÖV-Fahrzeug zu Beginn der Freigabezeit eingeleitet, was besonders bei linksabbiegenden Bussen ist. Die Kapazität des Knotenpunktes wird dadurch nicht beeinträchtigt [23].

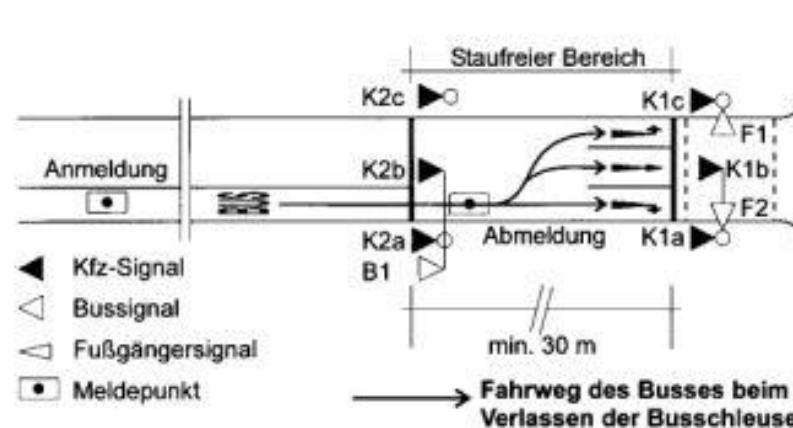


Abbildung 13: Busschleuse mit ÖPNV Priorisierung gemäß Merkblatt für Maßnahmen zur Beschleunigung des ÖPNV [23]

ÖPNV Priorisierung an Knotenpunkten mit Grüner Welle

Die Grüne Welle berücksichtigt überwiegend die Belange des MIV. Da die Grüne Welle eine Pulksteuerung für eine definierbare Menge von Fahrzeugen ist, wirken sich die Rahmenbedingungen der Grünen Welle wie feste Umlaufzeiten und Progressionsgeschwindigkeit ungünstig auf den öffentlichen Verkehr aus. Den der Fahrtverlauf des ÖV-Fahrzeugs weicht wesentlich vom Fahrtverlauf des IV-Pulks ab. Durch die unterschiedliche Abfahrtszeitpunkte an den Lichtsignalanlagen, Schwankungen bei den

Haltestellenaufenthaltszeiten und den Fahrzeiten zwischen den Haltestellen, durch MIV-bedingte Störungen entlang der Strecke und zusätzliche Brems- und Anfahrtsverluste wird die Ankunftsverteilung der ÖV-Fahrzeuge an den LSA bezogen auf die Freigabezeiten zufällig. Eine wirksame ÖV-Priorisierung ist nur dann zu erreichen, wenn man einen verkehrsabhängigen Eingriff in die Signalsteuerung mit dem Ziel einer bedarfsgerechten umlaufbezogenen Modifikation des Signalprogramms zugunsten der ÖV-Fahrzeuge anwendet.

In Abbildung 14 stellt ÖV-Fahrzeug ohne Bevorrechtigung dar, nur die 1. LSA kann ohne Wartezeiten passiert werden, und es kommt an den beiden anderen LSA zu Halten. Mit einer ÖPNV Priorisierung können alle LSA ohne Wartezeiten passiert werden, weil zugunsten des ÖV-Fahrzeugs an der 2. LSA die Freigabezeit verlängert und an der 3. LSA vorgezogen wird.

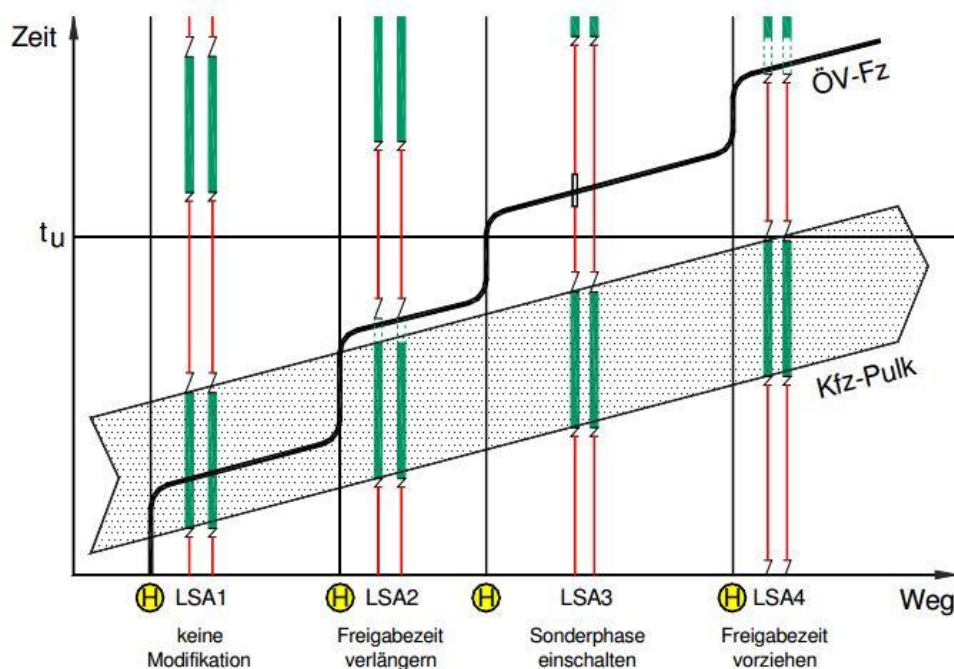


Abbildung 14: Prinzip der ÖPNV Priorisierung bei einer Steuerung des MIV in einer Grünen Welle [21]

Dynamische Straßenraumfreigabe

Die dynamische Straßenraumfreigabe dient dazu, den ÖPNV auf einem längeren Streckenabschnitt ohne räumliche Trennung von anderen Verkehrsarten, mittels ÖPNV-Spur zu beschleunigen (Abbildung 15). Bei gleichzeitiger Zurückhaltung des MIV wird den ÖPNV-Fahrzeugen durch eine Lichtsignalanlage, am Streckenanfang liegenden Knotenpunkt, die bevorrechtigte Einfahrt in den Streckenabschnitt ermöglicht. Auf der vorhandenen Fahrbahnfläche wird unter Verzicht auf eine räumliche Trennung vom fließenden Verkehr durch ein intelligentes Fahrraummanagement eine zeitliche Bevorrechtigung für den ÖPNV angestrebt. Das ÖPNV-Fahrzeug fährt über die Strecke als Pulkführer. Eine dynamische Straßenraumfreigabe ist sowohl für schienengebunden Straßen- und Stadtbahnen als auch

für den Busverkehr einsetzbar [21]. Voraussetzung für die Einsetzbarkeit ist, dass keine übergeordnete querende Verkehrsbeziehungen und das keine Knotenpunkte mit konkurrierenden ÖPNV-Linien vorhanden sind.

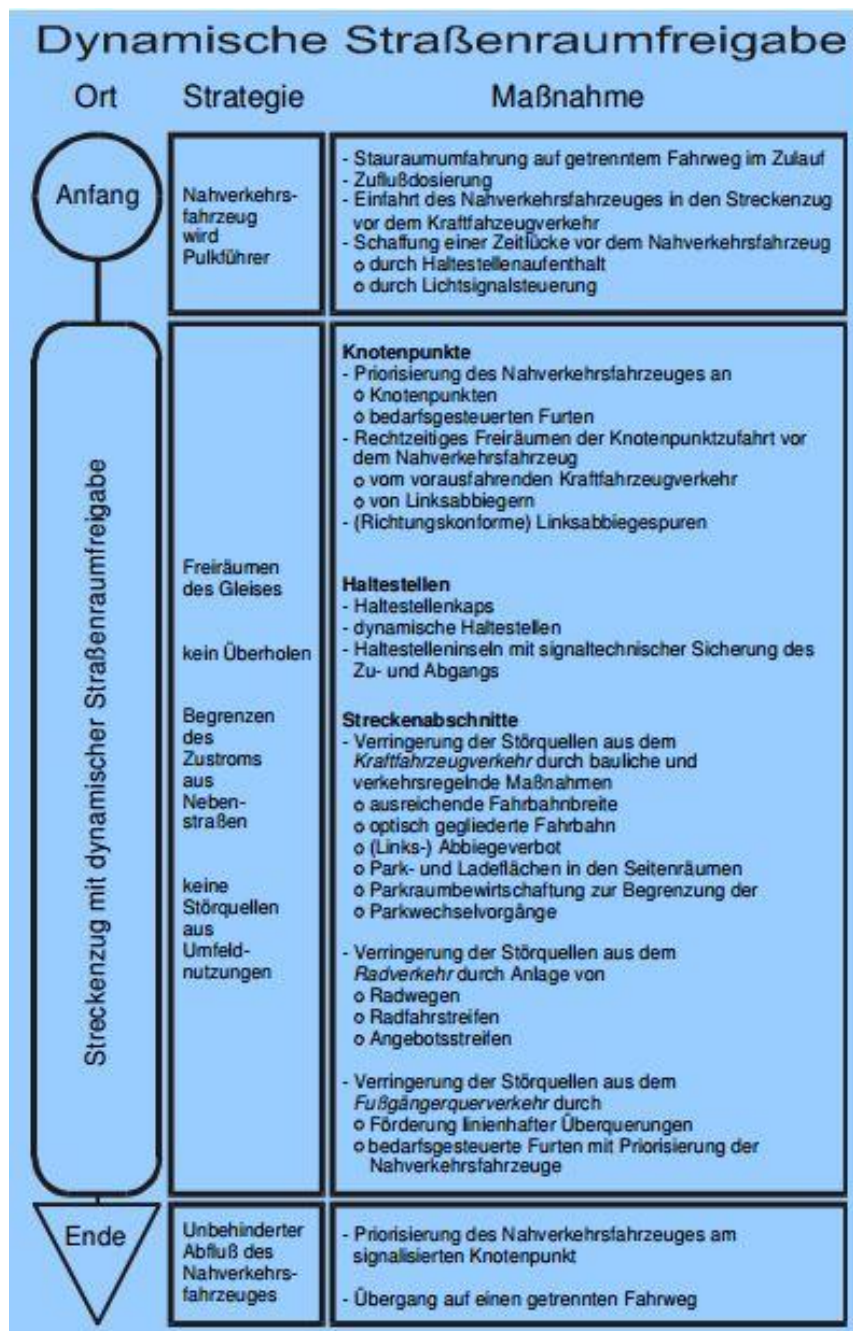


Abbildung 15: Elemente der dynamischen Straßenraumfreigabe für den ÖPNV nach Albers [21]

5.4 Systeme zur Erfassung des ÖPNV

Damit Busse und Straßenbahnen Einfluss auf den Signalprogrammablauf leisten können, müssen sie im Annäherungsbereich erfasst werden. Hierfür ist eine Anmeldung und nach dem

Passieren der Haltlinie eine Abmeldung erforderlich, damit das Signalprogramm schnellstmöglich wieder in den regulären Ablauf zurückspringt. Die Anmeldung kann durch Kontaktschwellen, über Datenfunk oder mittels Infrarotsender erfolgen. Zur Erfassung der ÖV-Fahrzeuge ist bei der Annäherung an eine LSA ein spezielles System erforderlich. In der Praxis haben sich vier Erfassungs- und Übertragungssysteme bewährt:

- Sender/Antennenschleife/Koppelspule/Leitungs-System;
- Bake/Leitungs-System;
- Bake/Funk-System;
- Fahrzeugautonomes-System [21].

Sender/Antennenschleife/Koppelspule/Leitungs-System

Bei der Überfahrt des ÖV-Fahrzeuges empfängt die Schleife vom Fahrzeugsender ein Signal und leitet die Meldung per Leitung an das Steuergerät (Abbildung 16). Das System ist mit vielen Meldepunkten sehr genau aber kostenintensiv. Bei nicht spurgetreuem Fahren der Busse, ist eine Erfassung nicht gewährleistet [21].

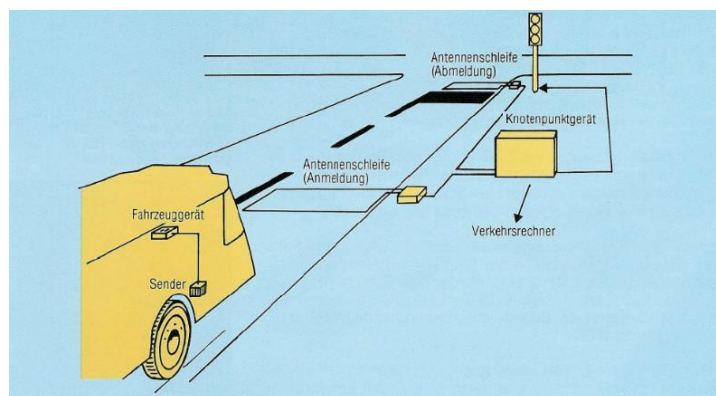


Abbildung 16: Anforderungssystem Sender/Antennenschleife/Koppelspule/Leitungs-System [21]

Bake/Leitungs-System

Bei Vorbeifahrt des ÖV-Fahrzeuges sendet die Bake ein Infrarotsignal an das Fahrzeug, die vom Bordrechner gesendete ÖV-Meldung wird von der Bake per Leitung zum Steuergerät übermittelt (Abbildung 17). Das System ist kostengünstiger als das System Schleife-Leitung, aber die Datenübertragung ist weniger sicher. Baken Standorte können bei Bedarf leicht verändert werden. Die Kosten der Systeme mit Übermittlung der ÖV-Meldung per Leitung zum Steuergerät können sich deutlich verringern, falls bereits Leitungen entlang eines Straßenzugs vorhanden sind [21].

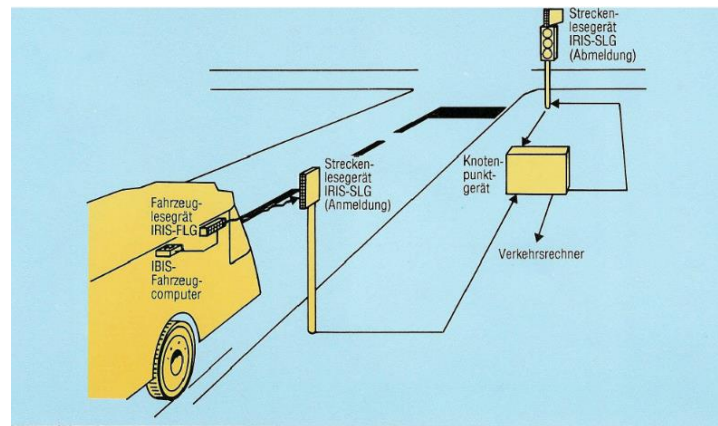


Abbildung 17: Anforderungssystem Bake/Leitungs-System [21]

Bake/Funk-System

Bei Vorbeifahrt des ÖV-Fahrzeuges sendet die Bake ein Infrarotsignal an das Fahrzeug. Der Bordrechner im Fahrzeug sendet über die automatische Wegstreckenzählung den ermittelten Standort per Funk an das Steuergerät (Abbildung 18).

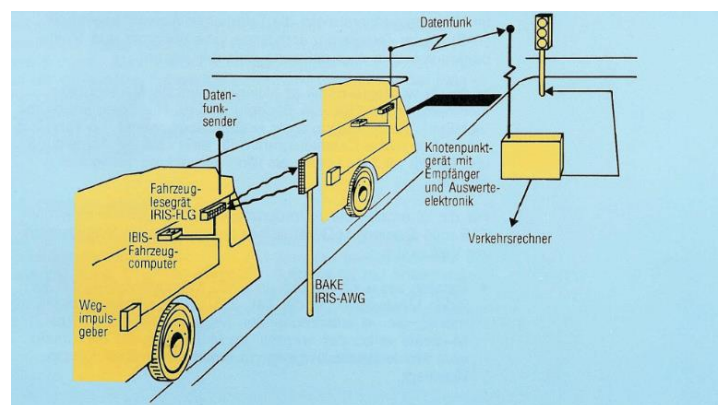


Abbildung 18: Anforderungssystem Bake/Funk-System [21]

Fahrzeugautonomes-System

Das System funktioniert mit logischer Ortung und -Funksignalen. Das ÖV-Fahrzeug sendet über die automatische Wegstreckenzählung, an vorbestimmten Standorten, die ÖV-Meldung per Funk direkt an das Steuergerät. Dieses System ist kostengünstig, da weniger Baken erforderlich sind. Als Nachteile ist anzumerken, dass der Fahrer eine Justierung der Distanzmessung vor Fahrtbeginn und bei Fahrtwegabweichungen vorzunehmen hat [21].

Die genannten Anforderungssysteme haben unterschiedliche Einsatzbereiche. Die Kosten können sehr unterschiedlich sein, abhängig von der Anzahl an Knotenpunkten an denen eine Priorisierung stattfinden soll, wie groß der ÖV-Fahrzeugpark ist und ob bereits Verkabelung entlang der Linienstrecke oder Funksysteme in den Fahrzeugen vorhanden ist.

5.5 Auswirkungen der ÖPNV Priorisierung für andere Verkehrsteilnehmergruppen

Bei ÖPNV-Schleusen ist die Kapazität des Knotenpunktes nicht beeinträchtigt. Bei ÖPNV Priorisierung mit Grüner Welle profitieren die in Fahrtrichtung des ÖPNV-Fahrzeugs fahrenden Kfz-Ströme, da sie ebenfalls eine längere Freigabezeit erhalten. Damit die Behinderungen durch ÖPNV Priorisierung MIV-Ströme auf ein Minimum begrenzt werden, ist ein Freigabezeitausgleich für vom ÖV-Eingriff betroffene MIV-Ströme bei einem hohen Verkehrsaufkommen wichtig. Wenn Maßnahmen zur ÖPNV Priorisierung für Fußgänger hinderliche Folgen haben, können Sicherheitsprobleme durch Rotlichtmissachtung der Fußgänger vorkommen. Um dies zu vermeiden, sind besondere Vorkehrungen erforderlich. Etwa der Einsatz von Kameras und eine niedrige Anbringung, zur besseren Sichtbarkeit, der LSA für Fußgänger können sicherheitserhöhend Wirkung haben. Ohne gesonderte Fußgängersignale sind Umlaufgitter (Z-Gitter) erforderlich. Fußgänger sollten hintereinanderliegende Furten auch bei ÖPNV Priorisierung ohne Halt auf Mittelinseln queren können. Zu beachten ist besonders, dass für die Fußgänger eine ausreichende Sicherheit erhalten bleibt und das an Haltestellen mit LSA die Fahrgäste das ÖV-Fahrzeugs sicher erreichen können [21].

5.6 Fallbeispiel

Bus und Tram Beschleunigung in München

Die in diesem Punkt geschriebenen Werte sind von Quelle [24] übernommen. Zwischen 1994 und 2004 wurden in München alle zehn Straßenbahnlinien mit rund 100 Fahrzeugen und einem Streckennetz von 71 km an den LSA bevorrechtigt. Dabei wurden auch die LSA zur Kapazitätserhöhung modernisiert, für die Straßenbahnen ein Infrarot-/Funkübertragungssystem eingerichtet und schmale Haltestelleninseln verbreitert. Die Investitionen betragen insgesamt 43 Mio. €.

Technisches Prinzip

Das Fahrzeug meldet sich per Funk bereits mehrere hundert Meter vor Erreichen einer Kreuzung an der Ampel an. In den Steuergeräten der LSA werden die eingehenden Funktelegramme ausgewertet. Die relevanten Funkmeldungen führen dann in der Steuerungslogistik der LSA zu einem Ablauf, der im Regelfall kurz vor Eintreffen des Fahrzeuges für Grün sorgt. Der automatisierte Ablauf des Anmeldevorgangs (Abbildung 19) stellt sich wie folgt dar:

- Die Lage und Anzahl der Meldepunkte (MP) ist von etwaigen Hindernissen wie zum Beispiel Haltestellen auf der Strecke abhängig;
- Die Abstände der Meldepunkte werden dem Fahrzeug von der Infrarot-Bake übermittelt;

- Das Absetzen der Meldepunkte in Form von Funktelegrammen wird durch den Wegstreckenzähler im Fahrzeug automatisch ausgelöst;
- Die Ampelanlage empfängt das Funktelegramm (Meldepunkt) und gibt ihn an die Steuerungslogistik weiter;
- Die Steuerungslogistik der Ampel schaltet dann rechtzeitig zum Eintreffen des Fahrzeuges auf Grün.

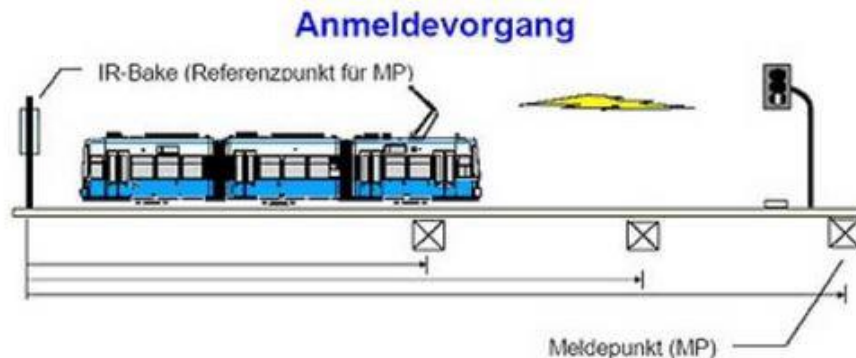


Abbildung 19: Anmeldevorgang [24]

Die Priorisierung hat in mehrfacher Hinsicht einen Mehrwert für die Fahrgäste erzielt: kürzere Fahrzeiten, höhere Pünktlichkeit, komfortablere Haltestellen und ein besseres Angebot durch neuen Linien, die aus dem „Beschleunigungsgewinn“ finanziert wurden. So konnte die durchschnittliche Reisegeschwindigkeit der Straßenbahnen von 16,5 km/h um 22% auf 20,2 km/h angehoben werden. Die Pünktlichkeit der Straßenbahnen stieg von 58% auf 80%. Mit Maßnahmen konnte eine Fahrzeugeinsparung von 14 Zügen erreicht werden und damit eine Reduzierung der jährlichen Betriebskosten um 4,2 Mio. €.

Ziel war eine intelligente Optimierung der Ampelsteuerungen mit weitest gehender Bevorrechtigung der Straßenbahnen, bei gleichzeitiger Erhaltung des in München sehr hohen Komforts für Fußgänger und Radfahrer. Hiernach trat für den MIV in Längsrichtung des bevorrechtigten ÖV eine Verflüssigung und Beschleunigung ein. Für die Querrichtung nahmen bei ÖV-Anforderung die Wartezeiten zu, wobei im Nachgang ein Freigabezeitausgleich erfolgte. Für Fußgänger wuchs die Sicherheit durch bauliche Maßnahmen wie breitere Haltestelleninseln und durch sicheres Erreichen und Verlassen der Haltestellen in Mittellage. Andererseits erfolgten aber Rotlichtquerungen wegen höherer Wartezeiten ohne Freigabezeitausgleich.

Die gesteigerte Attraktivität der Münchner Straßenbahn lässt sich an den Fahrgastzahlen ablesen. Nach der Straßenbahnbeschleunigung konnten auf den einzelnen Linien Fahrgastzuwächse zwischen 7 und 26 Prozent verzeichnet werden. Wegen der höheren Fahrgastanzahl verringern sich die PKW-Anzahl und damit weniger Staus zur Folge haben [24].

5.7 Zusammenfassung

Die Priorisierung des ÖPNV an LSA ist eine Maßnahme zur Beschleunigung des ÖPNV. Ziel ist eine intelligente Optimierung der Ampelsteuerungen und streckenbezogenen Maßnahmen, bei gleichzeitiger Erhaltung des Komforts für Fußgänger und Radfahrer. Das Maß der Beschleunigung für den ÖPNV durch die Priorisierung wird vor allem durch verkehrspolitische Vorgaben und durch die LSA-Steuerung bestimmt, welche den Umfang des ÖV-Vorrangs festlegen. Eine absolute Priorisierung sollte möglichst nur bei einem schwachem MIV-Aufkommen erfolgen. Bei hohem Verkehrsaufkommen ist eine deutliche Reduzierung der ÖV-Wartezeiten nur mit qualitativ aufwendigen LSA-Steuerung erreichbar.

Aufgrund im vorhergehenden Kapitel 5.1 bis 5.6 beschriebenen Analysen der Priorisierung des ÖPNV wird eine Einschätzung der Wirkung dieses IVS-Diensts (Abbildung 20) hinsichtlich folgenden Indikatoren festgestellt:

Weniger Fahrzeuge: Wegen der höheren Fahrgastanzahl verringern sich die Pkw-Anzahl und damit weniger Staus zur Folge haben.

Reduktion von Emissionen: Da für die Messungen der Luftqualität keine Ergebnisse aus dem Beispiel zur Verfügung gestellt sind, muss man die genauen Auswirkungen einer ÖPNV-Priorisierung auf die Luftqualität nicht nur durch die priorisierte Strecke sondern auch außerhalb des Gebietes messen. Geringerer Anteil des Individualverkehrs bringt mit sich auch geringere Menge von Abgasen. Das Ergebnis der Luftschadstoffmessung ist auch vom Wetter abhängig.

Mehr Fahrgäste im ÖPNV: Da die höhere Anzahl von Fahrgästen, das Hauptziel der ÖPNV-Priorisierung ist, müssen als Folge der Intervallverdichtung und kürzeren Reisezeiten die Fahrgäste das ÖPNV-Angebot attraktiver als MIV finden. Aus den Ergebnissen des Beispiels konnten auf den einzelnen Linien Fahrgastzuwächse zwischen 7% und 26% verzeichnet werden.

Zuverlässige Reisezeit mit MIV und ÖPNV: Durch das verringerte Verkehrsaufkommen steigen die Durchschnittsgeschwindigkeiten. In München die durchschnittliche Reisegeschwindigkeit der Straßenbahnen steigt von 16,5 km/h um 22% auf 20,2 km/h. Die Pünktlichkeit der Straßenbahnen stieg von 58% auf 80%.

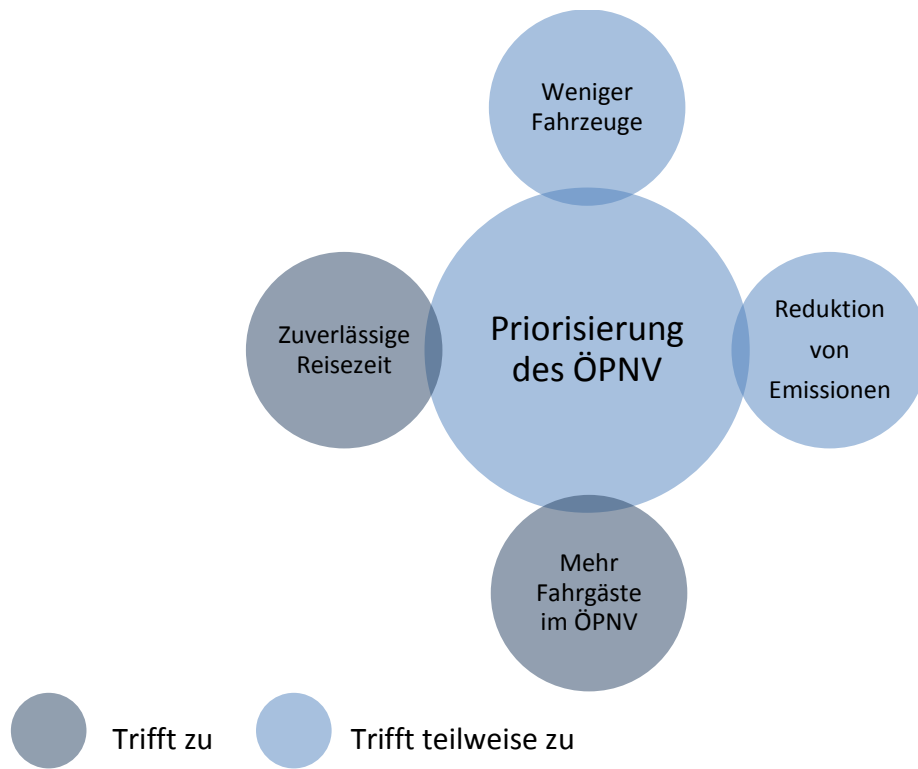


Abbildung 20: Einschätzung der Wirkungen einer ÖPNV-Priorisierung

Kapitel 6

6. Bargeldlose Zahlungssysteme im ÖPNV (eTicket)

Bargeldlose Zahlungssysteme werden eingesetzt, um Zahlungsabläufe zu vereinfachen und kostengünstiger zu gestalten und die Kundenakzeptanz und die Kundenattraktivität zu steigern [17].

6.1 Vorteile des Elektronischen Fahrgeldmanagement

Die Vorteile des Elektronischen Fahrgeldmanagement für die Verkehrsunternehmen sind:

- Verringerung der Vertriebskosten, da die Geld- und Papierfahrtscheinlogistik reduziert wird;
- Beschleunigung des Fahrgastflusses in Bussen;
- Kundenzufriedenheit wächst durch Vereinfachung der Tarifsysteme.

Die Vorteile des Elektronischen Fahrgeldmanagement für die Fahrgäste sind:

- Beschleunigung und Vereinfachung des Fahrscheinerwerbs;
- Vermeidung von Fehlrichtungen.

6.2 Zweck und Ziele

Durch den Einsatz von bargeldlosen Zahlungssysteme und eines elektronischen Fahrgeldmanagements wird der kostengünstigere Betrieb von Automaten und die leichtere bargeldlose Abwicklung der Zahlungsvorgängen ermöglicht. Durch den geringeren Wartungs- und Leerungsaufwand können im Betrieb auch Personalkosten eingespart werden. Für Kunden kann die Attraktivität gesteigert und die Kundenbindung erhöht werden.

Mit einem elektronischen Fahrgeldmanagement können Verkehrsunternehmen ihre Vertriebskosten senken und ihre Vertriebsorganisation modernisieren.

6.3 Einsatzbereiche

Die in diesem Punkt geschriebenen Werte sind von Quelle [25] übernommen. Zahlungssysteme werden nach dem Verband Deutscher Verkehrsunternehmer (VDV) in drei Stufen untergeteilt. Das Forschungsprojekt „VDV-Kernapplikation“ soll durch ihren Daten- und Schnittstellenstandard ein einheitliches interoperables elektronisches Fahrgeldmanagement (EFM) ermöglichen und diese drei Stufen in Zukunft integrieren.

- Bargeldloses Bezahlen- der Kunde bezahlt mittels Chipkarte/Geldkarte;
- Elektronischer Fahrschein- das Ticket ist auf der Chipkarte des Kunden gespeichert;

- **Automatisierte Fahrpreisfindung-** Die Fahrt mit der Chipkarte wird registriert und für den Kunden der günstigste Fahrpreis ermittelt. Es wird unterschieden zwischen aktivem An- und Abmelden durch den Kunden (Check-in/Check-out) und einer passiven Anwesenheitserfassung (Be-in/Be-out).

Bei **Bargeldloses Bezahlen** ist der Einsatz von Chipkarten an stationären Fahrausweisautomaten notwendig. Beim Verkaufsvorgang eines Fahrscheins ändert sich mit diesem Verfahren nichts. Der Kunde benötigt die Kenntnisse über Tarif und Streckennetz und erhält einen Papierfahrschein zur Fahrberechtigung. Als Vorteile sind zu nennen:

Für den Verkehrsbetrieb entfallen die Aufwände für die Geldentsorgung. Dieser Faktor wirkt erst, wenn viele Fahrgäste mit Geldkarte bezahlen.

Bei allen elektronischen Bezahlmöglichkeiten entfallen sowohl für den Verkäufer wie auch für den Fahrgast das Geldzählen und die Bargeldrückgabe.

Ein großer Vorteil für den Kunden ist, dass seine Bezahltransaktion anonym ist.

Ein Nachteil ist, dass die Karte durch den Fahrgast vorher aufgeladen werden muss.

Ein weiteres EFM-Verfahren ist der **Elektronische Fahrschein (EFS)**. Die Speicherung der Fahrscheindaten in einem elektronischen Medium ermöglicht es, dass der Elektronische Fahrschein den Papierfahrschein ersetzt. Als Speichermedium kann eine Plastikkarte mit Chip oder ein Mobilfunktelefon verwendet werden. Vor Antritt der Fahrt aktiviert der Kunde den Fahrausweisbenötigt dabei aber Kenntnisse über Tarifparameter und Streckennetz. Bei der manuellen Vorauswahl am Ticketautomaten bekommt man Information über Tarifstufe und Gültigkeitsdauer. Die Fahrscheinkontrolle erfolgt entweder mobile beim Kontrolleur oder stationär beim Einstieg in das Verkehrsmittel.

Bei der **Automatisierten Fahrgelderhebung (AFE)** benötigt der Fahrgast nach Erwerb der Fahrberechtigung keine Kenntnis der Daten zur jeweiligen Fahrt. Das Speichermedium ist eine Plastikkarte mit Chip oder ein Mobilfunktelefon. Der Fahrpreis wird nach jeweiligen Kundenvertrag berechnet.

Die automatisierte Fahrgelderhebung erfolgt in den technologischen Ausprägungen

- Check-in/Check-out (CiCo);
- Check-in (Ci);
- Be-in/Be-out (BiBo);
- Check-in/Be-out (CiBo).

Beim Check-in/Check-out (CiCo) Verfahren wird der Fahrpreis durch das Vorbeiführen des EFM-Nutzermediums an einem kontaktlosen Erfassungsgerät beim Einstieg und Ausstieg in das Verkehrsmittel berechnet.

Bei der Check-in (Ci) Variante meldet sich der Kunde mit seinem EFM-Nutzermedium lediglich beim Einstieg in das Fahrzeug an. Ein Check-out beim Ausstieg entfällt und damit fehlt Ausstiegsinformation. Daher kann dieses Verfahren nur in Gebieten mit einem Einheitstarif zum Einsatz kommen.

Beim Be-in/Be-out (BiBo) Verfahren handelt es sich um ein Anwesenheitserfassungssystem. Das EFM-Nutzermedium des Kunden wird entweder beim Einstieg, Ausstieg oder während der Fahrt detektiert.

Abschließend soll noch das Check-in/Be-out (CiBo) Verfahren beschrieben werden. Der Kunde muss eine aktive Handlung beim Einstieg setzen. Die Anwesenheit des Kunden wird mittels Radio-Frequenz-Technologie erfasst und der Fahrpreis wird wie beim Be-in/Be-out Verfahren ermittelt.

6.4 Zusammenfassung

Mit der Einführung des Elektronischen Fahrgeldmanagement erhalten den Verkehrsbetreiber auf elektronischem Weg laufend Daten über die Nutzung des ÖPNV auf elektronischem Wege. Die Datenqualität hängt vom gewählten EFM-Verfahren, von der Art der elektronischen Identifizierung und von der Bezahlart der Kunden ab.

Aufgrund im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Analysen der Einrichtung eines bargeldlosen Zahlungssystems wird eine Einschätzung der Wirkung (Abbildung 21) dieses Systems hinsichtlich folgenden Indikatoren festgestellt:

Weniger Fahrzeuge: Es besteht keinen Zusammenhang zwischen den IVS-Dienst eTicket und die Indikator weniger Fahrzeuge.

Reduktion von Emissionen: Es besteht keinen Zusammenhang zwischen den IVS-Dienst eTicket und die Indikator Reduktion von Emissionen.

Mehr Fahrgäste im ÖPNV: Bargeldlose Zahlungssysteme werden eingesetzt, um Zahlungsabläufe zu vereinfachen und die Kundenakzeptanz zu steigern. Für Kunden kann die Attraktivität gesteigert und die Kundenbindung erhöht werden.

Zuverlässige Reisezeit mit MIV und ÖPNV: Durch den Einsatz von bargeldlosen Zahlungssysteme und eines elektronischen Fahrgeldmanagements wird den Alltüreinstieg als den Fronteinstieg bevorzugt und so wird die Haltestellenaufenthaltszeit minimiert.

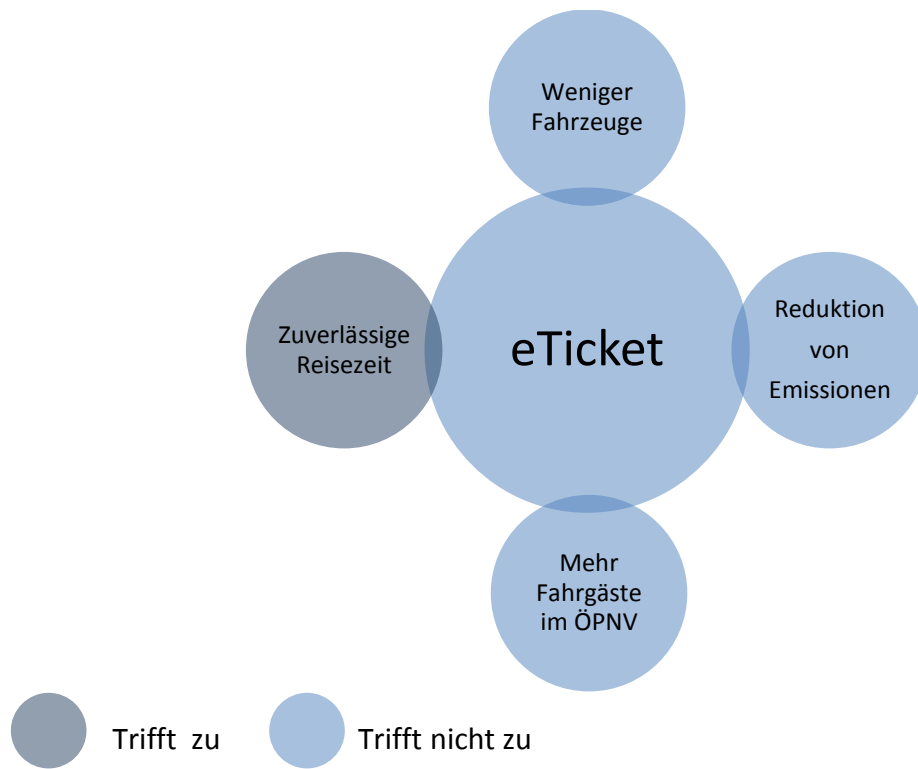


Abbildung 21: Einschätzung der Wirkungen eines eTicket-Systems

Kapitel 7

7. Fahrgastinformation

Unter Fahrgastinformation versteht man die Weitergabe betrieblicher Informationen an Benutzer öffentlicher Verkehrsmittel und motorisierter Individualverkehr. Zu unterscheiden ist zwischen Informationen vor und während der Fahrt.

Die Fahrgastinformation hat die Aufgabe, das Serviceangebot des öffentlichen Verkehrs einfach und übersichtlich für Benutzer darzustellen. Eine Grundvoraussetzung für die Priorisierung des öffentlichen Verkehrs ist eine verfügbare und aktuelle Fahrgastinformation. Elektronischen Medien ermöglichen die Bereitstellung von aktuellen und individuellen Informationen z.B. dynamische Anzeigen an Haltestellen, Monitore in den Fahrzeugen oder elektronische Fahrplanauskunftssysteme mit Echtzeitinformationen in Stationen sowie Echtzeitinformationen per Internet oder Smartphone.

7.1 Echtzeitinformation für Smartphone und im Internet (vor der Fahrt)

Um eine Fahrt zu planen benötigt man Informationen über das Fahrziel und über das Verkehrsmittel. Diese Auswahl geschieht meistens zu Hause, kann aber auch unterwegs erfolgen. Fahrgäste benötigen Informationen zur gewählten Route mit eventuellen Umsteigrelationen und diese Informationen sollen möglichst aktuelle und zuverlässige Echtzeitdaten sein. Dazu diese Technologien zählen z.B. Routenplaner und Applikationen für Smartphones.

7.1.1 "qando"

Seit Ende Mai 2009 bieten die Wiener Linien und der Verkehrsverbundes Ost Region (VOR) ihre Fahrgäste das mobile Informationsservice "qando" (siehe Abbildung 22) an. Die Fahrpläne aller Verkehrsmittel die in Wien, Niederösterreich und Burgenland in Betrieb sind, werden mit diesem Service auf das Mobiltelefon gebracht. Abgefragt werden kann eine Verbindung zu einem bestimmten Zeitpunkt oder es werden automatisch die nächsten Haltestellen inkl. Abfahrtszeiten der Verkehrsmitteln angezeigt. Durch die Echtzeitanzeige die an vielen Haltestellen in Wien montiert sind, informieren sich die Fahrgäste auf dem Bildschirm ihres Handys in wie vielen Minuten die U-Bahn, der Bus oder die Straßenbahn an der Haltestelle eintrifft. Zusätzlich erhält man die Information, ob das nächste Fahrzeug ein Niederflurfahrzeug ist, die bei mobilitätsbeschränkten Nutzern und auch für Personen, die mit Kinderwagen unterwegs sind, besonders hilfreich. Weitere Zusatzservices sind der Überblick über alle Störungen, die nächstgelegenen Haltestellen, bargeldloses Zahlen von Einzel- und Tagesfahrtscheine per SMS [26].

Neben beliebten Funktionen wie der mobilen Fahrplanauskunft, werten neue Features die Applikation weiter auf. "qando" integriert nun auch Carsharing-Standorte und zeigt freie

car2go-Fahrzeuge in der Umgebung an. Wer der ÖPNV mit dem Fahrrad kombinieren möchte, findet Citybike-Stationen auf der „qando“-Karte, inklusive der Anzahl an freien Rädern.

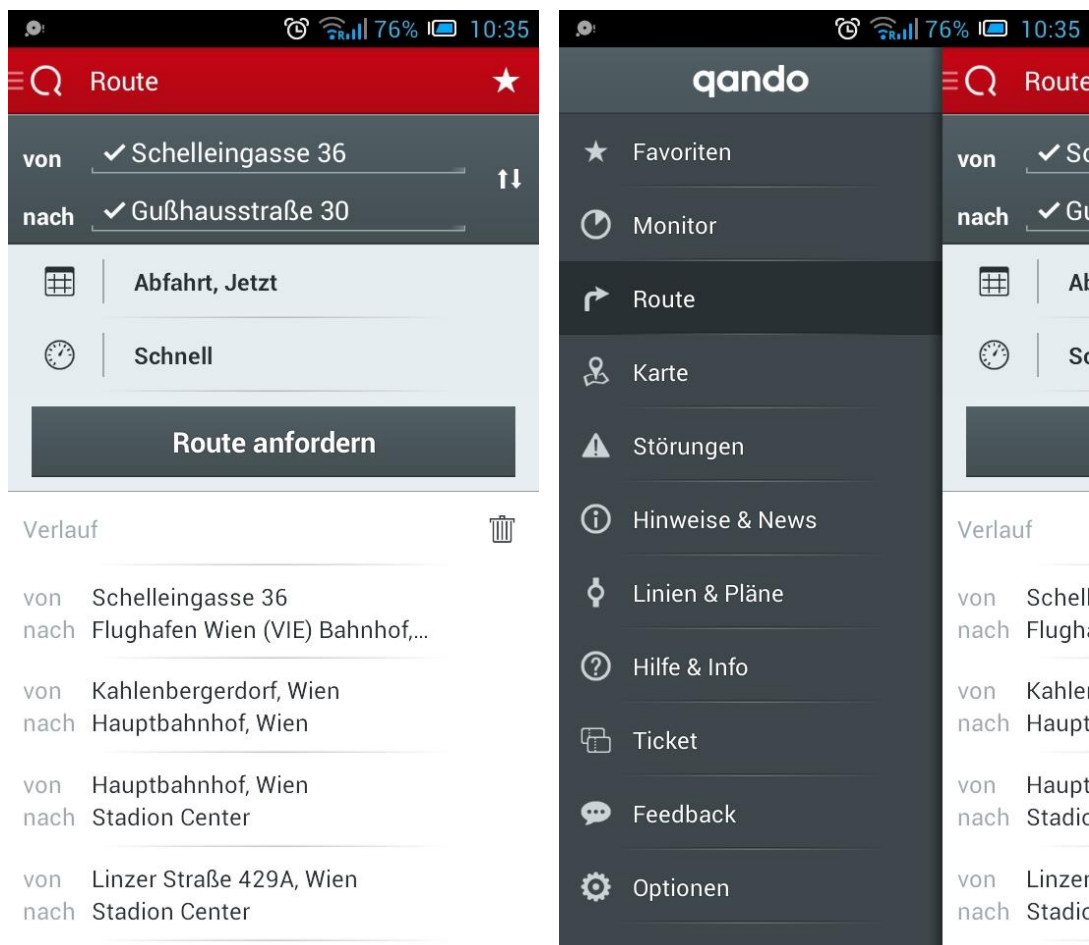


Abbildung 22: Routeplanung bei „qando“ [26]

7.1.2 „AnachB“ (AnachB.at)

Die in diesem Punkt geschriebener Text ist von Quelle [27] übernommen. „AnachB“ ist ein Verkehrsinfo-Service für alle Verkehrsarten in Wien, Niederösterreich und Burgenland, der von ITS Vienna Region entwickelt wurde und das eine multimodale Routenplanung gestattet. Das Ziel von ITS Vienna Region ist die Entwicklung eines laufend aktualisierten Verkehrsservices mit verkehrs-, stadt- und umweltpolitischen Grundsätzen. Die Services berücksichtigen nicht nur alle Verkehrsarten, sondern verknüpfen diese miteinander, und ermöglichen die Kombination von verschiedenen Verkehrsarten. Die Information stehen kostenlos allen Verkehrsteilnehmer im Internet und auch als Smartphone Anwendungen zur Verfügung.

Durch eine multimodale Nutzung oder Kombination der unterschiedlichen Verkehrsarten ermöglicht das Planungstool „AnachB“ eine optimierte Routenplanung und Verkehrsmittelwahl.

Datensammlung

Als „digitale Basis-Karte“ für den Datenpool hat ITS Vienna Region eine neue Graphenintegrations-Plattform (GIP) entwickelt. Ein Verkehrsgraph ist eine digitale Karte, welche das ganze Verkehrsnetz einer Region abbildet, inklusive von Zusatzinformationen wie Abbiegemöglichkeiten, Adressen aber auch Points-of-Interest (POI). Diese Basisinformationen sind die Grundlage für Services wie von Routen oder Adresssuche.

Um laufend aktualisierte Verkehrsinformation anbieten zu können, fließen ständig die neuesten Verkehrsdaten der Partner in einen gemeinsamen Datenpool. Zu den Partner zählen die Stadt Wien, das Land Niederösterreich, das Land Burgenland, die Wiener Linien, der Verkehrsverbund Ost-Region (VOR), ASFINAG, ÖBB, Polizei, Ö3-Verkehrsredaktion und Taxi-Unternehmen. Die Daten stammen von Sensoren im Verkehrsnetz, Baustellen-, Störungs- und Verspätungsdatenbanken, Fahrplandaten, Floating Car Data (FCD) und sowie aktuell verfügbare Parkplätzen.

Eine Ausdehnung auf weitere Bundesländer in Österreich ist bereits in Umsetzung.

Eigenschaften

Der „AnachB“-Routenplaner hat Zugriff auf einen umfangreichen Datenbestand, der jedem Verkehrsteilnehmer die Möglichkeit gibt, eine für seine Zwecke optimale Verkehrsmittelwahl zu treffen. Dies wird durch zahlreiche Suchoptionen für Wege mit Öffentlichen Verkehrsmitteln, Fahrrad, Auto und zu Fuß und unterschiedliche Kombinationen daraus bewerkstelligt. Weiteres stehen noch Optionen für den öffentlichen Verkehr in Form von bevorzugten Strecken, Anzahl der Umsteige, Präferenz für ein öffentliches Verkehrsmittel, Geschwindigkeit, maximale Fußwegezeit und Informationen zur Barrierefreiheit. Als zusätzliche Einstellmöglichkeit gibt auch die Möglichkeit der Parkplatzsuche. Die laufenden aktualisierten Daten geben Information über Verspätungen sowie Behinderungen und geben so die Möglichkeit alternative Routen oder Verkehrsmittel zu wählen.

Darstellung

Die Routen und die Möglichkeit Verkehrsmittel entlang eines Weges werden in Listenform (siehe Abbildung 23). Eine Detailbeschreibung erfolgt bei der Auswahl eines bestimmten Routenvorschlages.

The screenshot displays the 'AnachB.at' routing interface. On the left, the search parameters are: Start: Wien, Schelleingasse 36; Ziel: Wien, Gußhausstraße 30; Abfahrt: Am 01.06.2014, um 11:18. The search results list six options:

Fahrt	Dauer	Abfahrtszeit	Anfahrtszeit	Entfernung	Modi
1. Fahrt	8 Min	11:18	11:26	1.37 km	Fußweg
2. Fahrt	14 Min	11:17	11:31		Fußweg, U-Bahn
3. Fahrt	14 Min	11:22	11:36		Fußweg, U-Bahn
4. Fahrt	14 Min	11:27	11:41		Fußweg, U-Bahn
5. Fahrt	14 Min	11:32	11:46		Fußweg, U-Bahn
6. Fußweg	20 Min	11:18	11:38	1.31 km	Fußweg

The right side of the image shows a map of Vienna with a highlighted route in yellow. The map includes street names like 'Rechte Wienzeile', 'Margaritenstraße', and 'Wiedner Hauptstr.'. A vertical bar of blue icons on the left side of the map indicates the route's path through the city.

Abbildung 23: Ergebnis einer beispielhaften Routenabfrage über „AnachB.at“ [28]

7.2 Echtzeitinformation an Haltestelle-Abfahrtsanzeiger

Mittlerweile gibt es an fast jeder Haltestelle einen Aushang mit dem Fahrplan, an der sich der Fahrgast über die Soll-Fahrzeiten jeder Linie informieren kann, wenn er bereits der Haltestelle ist. Da diese Auskunft gedruckt/statisch ist, wird keine Verspätungen wegen einer Störung oder Fahrplanänderungen berücksichtigt. Die elektronische Fahrplanauskunft erleichtert den Informationszugriff auf das Verkehrsangebot und ermöglicht insbesondere bei der Nutzung von mobile Endgeräten und Echtzeitinformationen eine aktuelle und zuverlässige Fahrgastinformation [29].

Grundlage der dynamischen Fahrgastinformation ist die dynamische Echtzeit-Information über die aktuellen Fahrzeugbewegungen. Das DFI-System erhält diese Information aus einem Leitrechner oder aus speziell der DFI zugeordneten Fahrzeugortungssystemen. Die Fahrzeuge erkennen ihre Position beispielsweise durch GPS oder auch die Vorbeifahrt an speziellen Infrarotsendern und übermitteln diese Information über ein öffentliches Netz wie GPRS (siehe Abbildung 24).

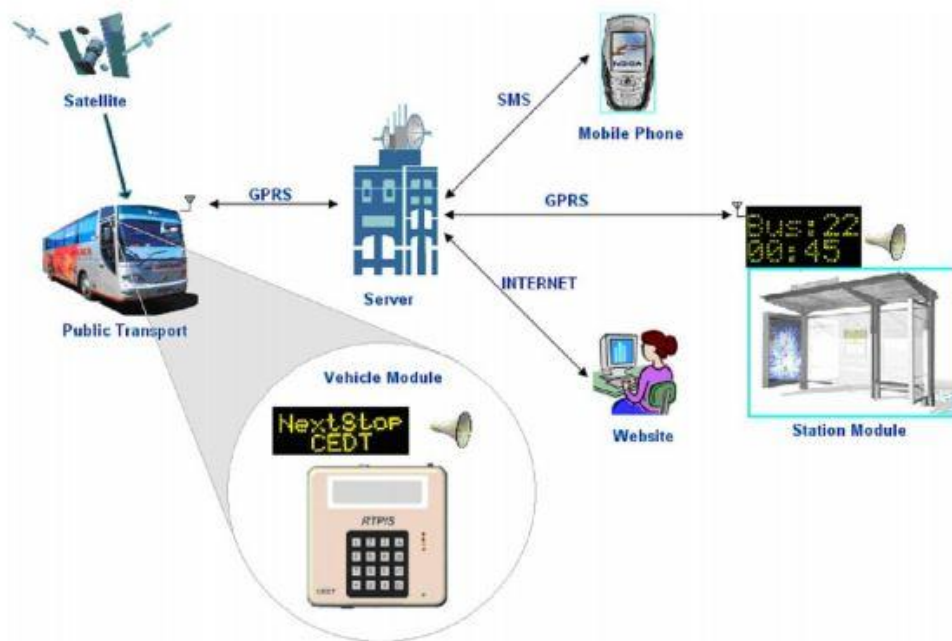


Abbildung 24: Komponenten der DFI-Anlage [29]

Die elektronischen Abfahrtsanzeiger zeigen unter Angabe der Liniennummer und des Fahrtziels die verbleibenden Wartezeiten (siehe Abbildung 25). Die Abfahrten werden in den Form von „in X Minuten“ oder „um XX:XX Uhr“ dargestellt. Da die Abfahrtsanzeiger meist im Freien verwendet werden, müssen sie eine hohe Leuchtkraft aufweisen. Durch die Anzeige der Abfahrts- und der verbleibenden Wartezeiten fühlen sich die Verkehrsteilnehmer gut informiert und akzeptieren den Umstieg auf Bus, U-Bahn oder Straßenbahn deutlich besser.



Abbildung 25: Dynamische Abfahrtsanzeiger [7]

7.3 Echtzeitinformation im Fahrzeug (während der Fahrt)- Monitore

Die Informationsbereitstellung mittels Displays (siehe Abbildung 26) hat im Fahrzeug eine grafikfähige Wirkung und die Anzeige verschiedener Informationsinhalte wird ermöglicht. Die Fahrzeugmonitore zeigen die nächsten Zwischenhalte, die Endstation, gegebenenfalls Umsteigemöglichkeiten zu anderen Verkehrsmitteln, die Liniennummer, die aktuelle Uhrzeit sowie Haltewünsche an. Im Fahrzeug liefern die Echtzeitdaten, Informationen zur Erreichbarkeit von Anschlüssen und es können sowohl planmäßige wie auch außerplanmäßig (z.B. durch Störungen) erreichbare Anschlüsse zu weiterführenden Verkehrsmitteln angezeigt werden.



Abbildung 26: Monitor im ÖPNV [30]

7.4 Zusammenfassung

Eine aktuelle und überall verfügbare Fahrgastinformation ist Grundvoraussetzung für die Nutzung und Akzeptanz des öffentlichen Verkehrs. Mit elektronischen Medien werden neue Möglichkeiten geschaffen, die Informationen für den Kunden aktueller und individueller aufzubereiten. Mobile Endgeräte ermöglichen es, Fahrgastinformationen vor und während der Fahrt zu Verfügung zu stellen. In der Praxis werden heute viele unterschiedliche Informationsmedien angeboten. Wichtig ist, dass die Fahrgastinformation durchgängig ist. Das heißt, sie muss verkehrsmittel- und verkehrsunternehmensübergreifend nach einheitlichen grafischen und funktionalen Standards für die Darstellung erfolgen.

Aufgrund im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Analysen der Einrichtung eines Fahrgastinformationssystem wird eine Einschätzung der Wirkung (Abbildung 27) dieses Systems hinsichtlich folgenden Indikatoren festgestellt:

Weniger Fahrzeuge: Fahrgäste benötigen Informationen zur gewählten Route mit eventuellen Umsteigerelationen und diese Informationen sollen möglichst aktuelle und zuverlässige Echtzeitdaten sein. Falls eine Routenplanung im Internet zur Verfügung steht, kann man noch zu Hause entscheiden mit den ÖPNV oder mit dem MIV zu fahren.

Reduktion von Emissionen: Obwohl es schwer abschätzbar ist, bringt der geringeren Anteil des Individualverkehrs auch geringere Menge von Abgasen mit.

Mehr Fahrgäste im ÖPNV: Die Fahrgastinformation hat die Aufgabe, das Serviceangebot des öffentlichen Verkehrs einfach und übersichtlich für Benutzer darzustellen. Eine Grundvoraussetzung für die Attraktivierung des öffentlichen Verkehrs ist eine verfügbare und aktuelle Fahrgastinformation.

Zuverlässige Reisezeit mit MIV und ÖPNV: Es besteht kein direkten Zusammenhang zwischen den IVS-Dienst Fahrgastinformation und die Indikator Reduktion von Emissionen.

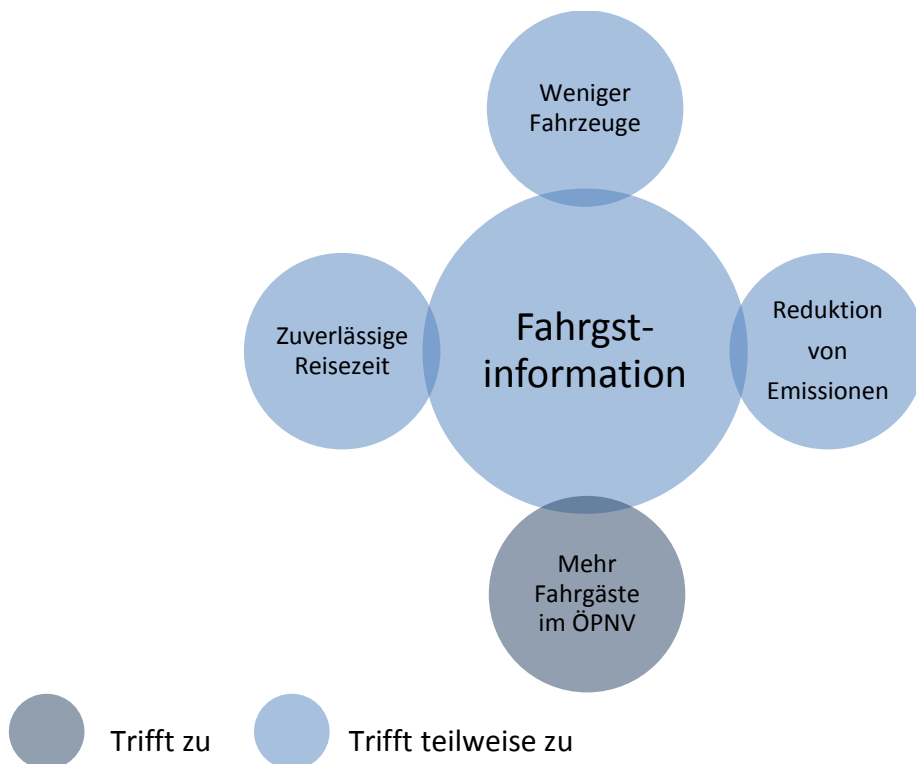


Abbildung 27: Einschätzung der Wirkungen eines Fahrgastinformationssystems

Kapitel 8

8. Bewertung einer IVS für Sofia

8.1 Existierende Infrastruktur (siehe Anhang B)

Sofia ist die Hauptstadt von Bulgarien und mit 1,249 Millionen Einwohner die größte Stadt der Republik. Die Stadt hat eine monozentrische Struktur. Im Zentrum von Sofia befinden sich die Gebäude der nationalen Administration und

- 40% der Arbeitsplätze der ganzen Stadt
- 11% der Bevölkerung der Stadt wohnen hier und
- das alles auf weniger als 10% der Stadtfläche [31].

Straßennetz, Modal Split, Motorisierungsgrad und ÖPNV

Das Straßennetz in Sofia umfasst derzeit eine Länge von rund 3400 km (Tabelle 6). Die Dichte des Hauptstraßennetzes (Länge 482 km) beträgt 2,53 km/km². Die Dichte des zentralen Stadtgebiets liegt bei 4,63 km/km². Nach den bulgarischen Normen muss die Dichte des Stadtgebiets 3-4 km/km² und die des Zentrums 4-6 km/km² betragen [31].

Im 1988 sind im Sofia 250.000 Autos registriert. Der Motorisierungsgrad lag bei 205 Autos pro 1000 Einwohner. 2010 geht man von 500 Autos pro 1000 Einwohner aus.

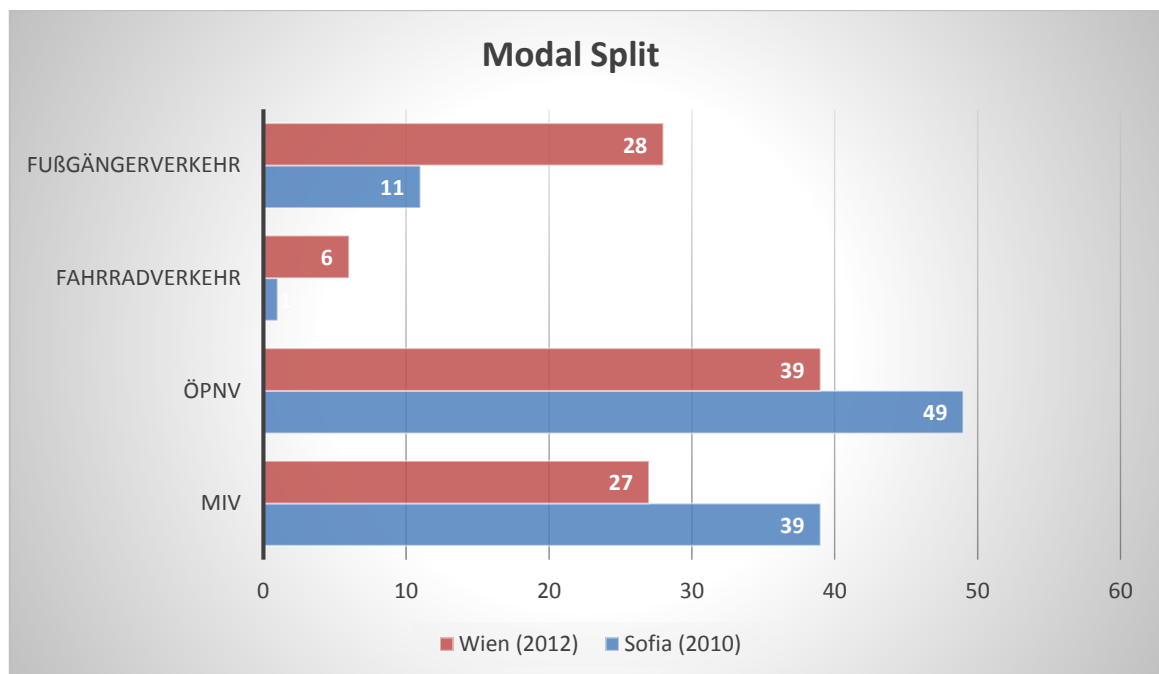


Abbildung 28: Modal Split den Städten Wien [32] und Sofia [31]

Tabelle 6: Vergleich zwischen der Länge des ÖPNV-Netz Sofia und in Wien

Faktor	Einheit	Wien	Jahr/Quelle	Sofia	Jahr/Quelle
Fläche	km ²	414,6	[7]	1.349	[7]
Einwohner	Mio.	1,731	2012 [7]	1,249	2013 [7]
Motorisierungsgrad	Pkw/1000 EW	390	2012 [33]	500	2010 [31]
Länge des Straßennetzes	km	2800	2012 [32]	3400	2010 [31]
Davon Hauptstraßen	km	222	2012 [32]	482	2010 [31]
Linienlänge des ÖPNV-Netzes:					
U-Bahn	km	78,5	2013 [26]	31,0	2012 [31]
Straßenbahn	km	225,0	2013 [26]	308,0	2013 [31]
Autobus	km	774,0	2013 [26]	860,0	2012 [31]
Oberleitungsbus	km	-	-	193,0	2009 [31]
Mittlere Reisegeschwindigkeiten:					
U-Bahn	km/h	32,5	2013 [26]	38,8	2010 [31]
Straßenbahn	km/h	15,0	2013 [26]	12,7	2010 [31]
Autobus	km/h	17,6	2013 [26]	19,4	2010 [31]
Oberleitungsbus	km/h	-	-	14,4	2010 [31]

Quelle: Eigene Darstellung

8.2 Herausforderungen an den Verkehr für Sofia

- schnelles Wachstum des Autobesitzes;
- Wachstum der Nutzung des Individualverkehrs;
- Gleichzeitige Abnahme der ÖPNV Nutzung (Abnahme um 16% in den letzten 10 Jahre (von 65% bis 49%));
- Überlastung der Infrastruktur aufgrund begrenzter oder fehlender Möglichkeit zum Parken in den vorhandenen Wohn- und Zentrumsanlagen;
- Verlängerung der Fahrtzeiten (ÖPNV und MIV) aufgrund zunehmender Verkehrsbelastung der Straßen;
- Zunahme der Staubbildungshäufigkeit;
- Zunahme der Anzahl von Unfällen aufgrund der hohen Geschwindigkeit und der schlechten Infrastruktur;
- Mischung aus alten und neuen Techniken zur Steuerung des Verkehrsflusses;
- Die Verantwortung der Verkehrssteuerung liegt zwischen einigen Behörden (unklare Grenze) [31].

8.3 Ziele der IVS-Strategie für Sofia

Mit dem zunehmenden Verkehrsaufkommen muss Sofia vier wichtige Ziele verfolgen, diese sind:

- Staureduktion;
- Erhöhung der Attraktivität des ÖPNV;
- Sicherung von zuverlässigen Reisezeiten mit ÖPNV und Individualverkehr sichern;

- Verringerung der Umwelteinwirkung [31].

IVS-Diensten sollen die Ziele ermöglichen und die möglichen Wirkungen auf das Verkehrssystem werden in folgenden Punkten beschrieben.

Staureduktion

Die Staureduktion beeinflusst positiv die Lebensqualität der Stadtbewohner und der Beschäftigten, die regelmäßig in das zentrale Gebiet der Stadt fahren. Neben allen anderen Vorteilen verbessert die Staureduktion die Produktivität der Belegschaft. Mit der Reduktion der Stauzeiten verringert sich das Niveau der Emissionen und steigert das Wohlfühl der Fahrgäste und der Fahrern. Zurzeit verschlechtert sich die Situation in den Stoßzeiten [31].

ÖPNV-Nutzung

Die erhöhte Nutzung des ÖPNV ist ein wichtiger Schritt zur Verringerung der Stauzeiten. Durch das Umsteigen von MIV auf ÖPNV bei P+R Anlagen verbessert sich der Verkehrsfluss. Gewöhnlich wählen die Beschäftigten in Sofia mit eigenen Autos zu fahren und nicht mit ÖPNV. Um die ÖPNV attraktiver als den Individualverkehr zu machen, müssen die Fahrer die Vorteile der Alternative vor dem Individualverkehr wissen. Eine Möglichkeit ist das ÖPNV-Netz zu verstärken, in barrierefreien Stationen, Straßenbahnen und Autobussen zu investieren, billigeren und schnelleren Bedingungen zum Fahren mit ÖPNV als mit dem Individualverkehr zu gestalten [31].

Zuverlässige Reisezeit

Die nicht abschätzbare Reisezeit führt zur Enttäuschung bei den Fahrenden. Wenn die Fahrt geplant wird, wird für die Fahrstrecke zur Arbeit am liebsten die gleiche Fahrtzeit kalkuliert. Die zuverlässige Reisezeit ist von großer Bedeutung und führt zur Zufriedenheit bei den Reisegästen des ÖPNV und bei den Kfz-Führern [31].

Reduktion von Emissionen

Mit der Steigerung der MIV-Nutzung steigen auch die Emissionen. Die neuen Kraftfahrzeuge verschmutzen die Luft weniger als die alten, aber die Steigerung der MIV-Besitzer wirkt gegen diese positive Wirkung, die die neuen Pkws mit sich bringen. Eine andere und wesentliche Quelle von Emissionen ist der Güterverkehr. Da dieser für die Versorgung mit Waren notwendig ist, kann er nicht verboten werden. Dennoch kann durch die Einschränkung der Eintrittszeit die Quantität der Emissionen verringert werden. Abschließend stellen die veralteten Bussen und Bahnen eine weitere große Emissionsbelastung dar. Die Bussen verbrauchen mehr Treibstoff und die Straßenbahnen mehr Elektroenergie als die neuen modernen Fahrzeuge. Durch die Erneuerung der Fahrzeuge des ÖPNV die Emissionen werden deutlich verringert [31].

Tatsache ist es, dass es nicht möglich ist, den ÖPNV attraktiver zu machen und gleichzeitig den Stau zu reduzieren. Durch die erzielten Maßnahmen zur Erhöhung der Attraktivität des ÖPNV kommt es früher oder später bei der Verkehrssituation zum Stau (Abbildung 29). Also

müssen wir Maßnahmen treffen, die das Gleichgewicht der Verkehrssituation halten. Am Beispiel ist die Einführung der City-Maut und gleichzeitig die Verstärkung des ÖPNV-Netz in Stockholm (siehe Kapitel 3.4.2) zu nehmen.

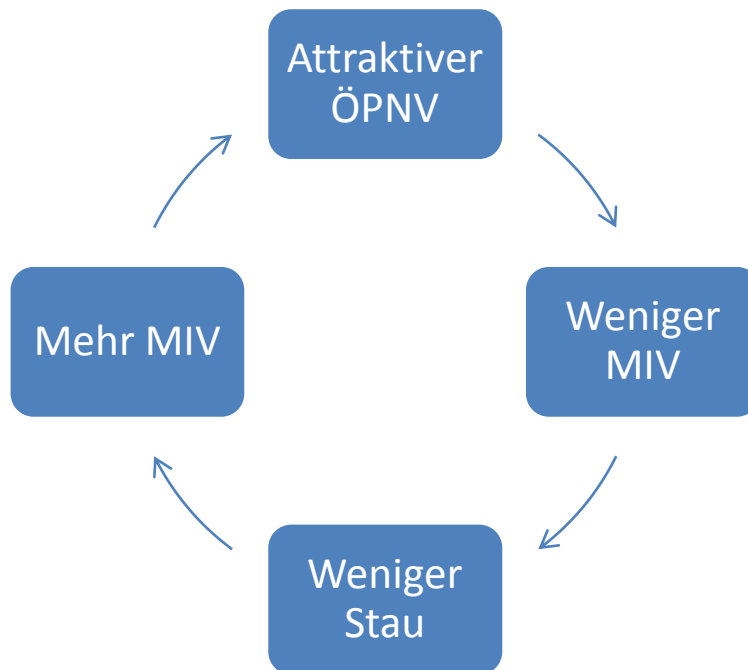


Abbildung 29: Regelkreis Attraktiver ÖPNV↔Mehr MIV

8.4 Untersuchungsmethode der Wirkung Intelligenter Verkehrssysteme auf die Verkehrssituation in Sofia

Als Untersuchungsmethode wird die Durchführung einer Expertenbefragung gewählt. Diese Methode wird eingesetzt um Informationen von Menschen zu erhalten, z.B. zur qualitativen Prognose eines komplexen Sachverhalts, die auf einem Gebiet besonders sachkundig sind. Sie verfügen über "Hintergrundwissen". Meist entspringt diese Sachkenntnis aus praktischer Erfahrung. Diese Erfahrung kann kein Schulbuch vermitteln, da hier Ereignisse berücksichtigt werden, die nicht unbedingt der theoretischen Norm entsprechen, sondern aus dem täglichen Erleben in einem bestimmten Bereich entstanden sind [34].

Vorbereitung

Die Befragung (Anhang A) ist folgender Weise strukturiert: Ziel der Befragung; Vorstellung des Diplomant, der die Fragen ausfertigt; Leitfaden zur einführen der Befragung- in diesem Fall ist die Befragung ist in tabellarischer Form erstellt, die Tabelle und Bedanken für die Prognose. Die Tabelle (siehe Tabelle 7) besteht sich aus Aufzählung der IVS-Dienste (horizontal) und der Indikatoren (vertikal), die im Zusammenhang mit den formulierten Zielen der Diplomarbeit und der Ziele der IVS-Strategie für Sofia stehen. Die Indikatoren

stehen auf Basis den Wirkungen den IVS-Diensten (Kapitel 3 bis 7) mit voraussichtlicher prozentueller Verringerung/Erhöhung im Zusammenhang.

Durchführung

Folgende Ergebnisse der Einführung von IVS-Instrumenten (Tabelle 7) in der Stadt Sofia wurden aufgrund der Befragung von 5 internationalen Experten geliefert.

Tabelle 7: Ergebnisse aus der Befragung und deren Kennzeichnung

IVS-Diensten		City-Maut	Parkleitsystem	ÖPNV-Priorisierung	Fahrgastinformation	eTicket
Indikator der Ziele						
Weniger Fahrzeuge (30%)		4 (α_1)	3 (β_1)	3 (γ_1)	2 (δ_1)	1 (ϵ_1)
Mehr Fahrgäste (20%)		4 (α_2)	3 (β_2)	4 (γ_2)	4 (δ_2)	3 (ϵ_2)
Zuverlässige Reisezeit	ÖPNV (40%)	3 (α_3)	1 (β_3)	5 (γ_3)	4 (δ_3)	2 (ϵ_3)
	MIV (20%)	3 (α_4)	3 (β_4)	2 (γ_4)	3 (δ_4)	1 (ϵ_4)
Reduktion von Emissionen	CO ₂ (20%)	3 (α_5)	3 (β_5)	2 (γ_5)	1 (δ_5)	1 (ϵ_5)
	NO _x (20%)					
	PM10 (20%)					
Die Bewertung ist wie folgt zu lesen: 1 weniger wichtig; 5 sehr wichtig;						

Quelle: Eigene Erarbeitung

Im Anhang B sind die genauen Werte der Befragung dargestellt (Abbildungen 31 bis 35).

Die Befragung wurde den befragten Personen per e-mail geschickt.

8.5 Kosten und Dauer einer IVS für Sofia

Die Einführungsdauer und die –kosten sind bei der Durchführung eines [29] Interviews vom Schlüsselexperten geteilt, der an das Projekt zur Einführung von Intelligenen Verkehrssysteme für Sofia arbeitet.

City-Maut

Da es keine Daten über Einführung einer City-Maut für Sofia zur Verfügung stehen, schätzen wir Einführungsdauer und –kosten (Abbildung 30) auf Basis City-Maut für London und City-Maut für Stockholm.

- Dauer ca. 20 Wochen

Parkleitsystem

- 45 Dynamische Wegweiser
- Dauer 12 Wochen

ÖPNV-Priorisierung

- 20 Kreuzungen, Insgesamt 750 Bus und Straßenbahnen
- Dauer 30 Wochen

Fahrgastinformation

- 600 dynamischen Fahrgastinformationstabellen an Haltestellen
- Dauer 24 Wochen

eTicket

- Einrichtung in 500 Buse
- Dauer 70 Wochen

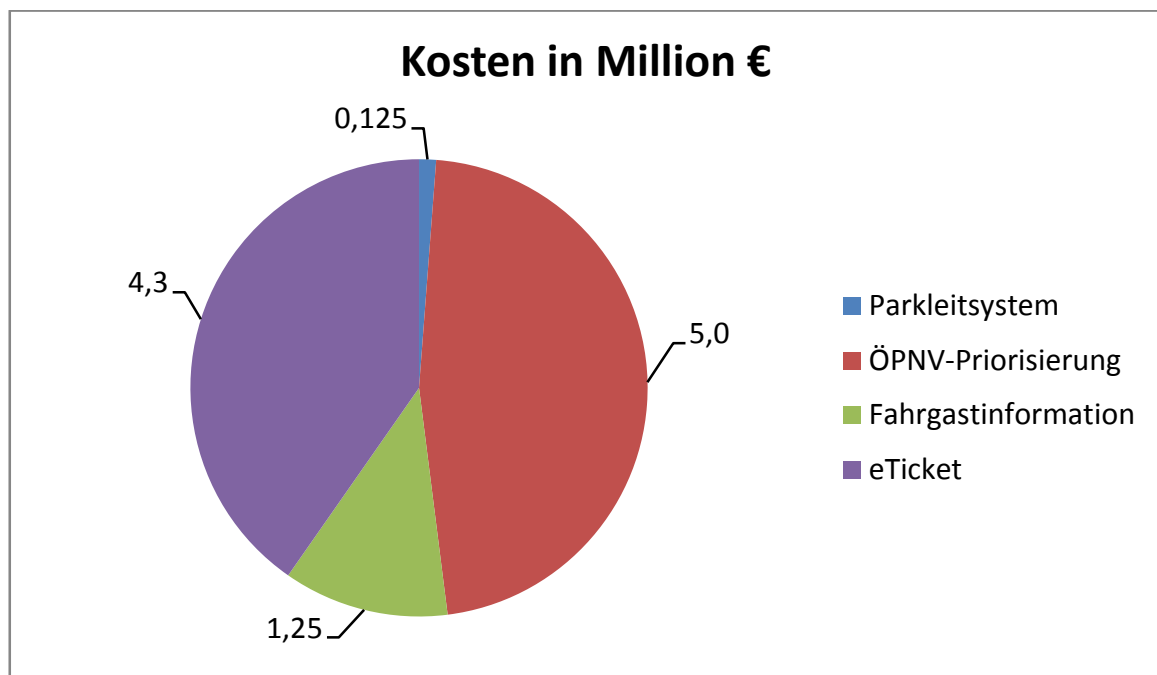


Abbildung 30: Einführungskosten der IVS-Diensten für Sofia [35]

8.6 Auswertungsmethode

Jede Kennzeichnung vom Dienst-Indikator ist im Zusammenhang aus Tabelle 7 ist mit einem Gewichtfaktor zu rechnen (siehe Tabelle 8). Jedes Ziel entspricht einem Indikator. Es wird genommen, dass jeder aus den vier Indikatoren die gleiche Gewichtung wie der andere hat

und beträgt $\frac{1}{4}$. Da das 3.Ziel in zwei Hälften zu verteilen ist, werden die Indikatoren 3 und 3' mit Gewichtungsfaktor 0,125 genommen.

Tabelle 8: Gewichtungsfaktor der Indikatoren

Indikator №	Indikator der Ziele	Gewichtungsfaktor	Kennzeichnung
1	Weniger Fahrzeuge	0,25	N
2	Mehr Fahrgäste	0,25	P
3	Zuverlässige Reisezeiten ÖPNV	0,125	T _{ÖV}
3'	Zuverlässige Reisezeiten MIV	0,125	T _{MIV}
4	Reduktion von Emissionen	0,25	E
		Σ=1	

Quelle: Eigene Erarbeitung

Die Ergebnisse einer Einführung IVS-Instrumenten für Sofia werden in Tabelle 9 zusammengefasst. Die Werte der letzten Kolonne der Tabelle sind auf Basis folgenden Formeln (Formel 1 bis 5) entstanden.

Formel 1: Ziele einer City-Maut= $(N \cdot \alpha_1) + (P \cdot \alpha_2) + (T_{\text{ÖV}} \cdot \alpha_3) + (T_{\text{MIV}} \cdot \alpha_4) + (E \cdot \alpha_5)$

Formel 2: Ziele eines Parkleitsystems = $(N \cdot \beta_1) + (P \cdot \beta_2) + (T_{\text{ÖV}} \cdot \beta_3) + (T_{\text{MIV}} \cdot \beta_4) + (E \cdot \beta_5)$

Formel 3: Ziele einer ÖPNV-Priorisierung= $(N \cdot \gamma_1) + (P \cdot \gamma_2) + (T_{\text{ÖV}} \cdot \gamma_3) + (T_{\text{MIV}} \cdot \gamma_4) + (E \cdot \gamma_5)$

Formel 4: Ziele einer Fahrgastinformation = $(N \cdot \delta_1) + (P \cdot \delta_2) + (T_{\text{ÖV}} \cdot \delta_3) + (T_{\text{MIV}} \cdot \delta_4) + (E \cdot \delta_5)$

Formel 5: Ziele einer eTicket = $(N \cdot \epsilon_1) + (P \cdot \epsilon_2) + (T_{\text{ÖV}} \cdot \epsilon_3) + (T_{\text{MIV}} \cdot \epsilon_4) + (E \cdot \epsilon_5)$

z.B. Ziele einer City-Maut= $(0,25 \cdot 4) + (0,25 \cdot 4) + (0,125 \cdot 3) + (0,125 \cdot 3) + (0,25 \cdot 3) = 3,5$

Tabelle 9: Dauer/Kosten/Ziele der IVS-Diensten für Sofia

	Dauer [Wochen]	Kosten [Mio. EUR]	Ziele
City-Maut	ca. 20 Wochen	ca. 200 Mio. EUR	3,5
Parkleitsystem	12 Wochen	0,124 Mio. EUR	2,8
ÖPNV-Priorisierung	30 Wochen	5,0 Mio. EUR	3,1
Fahrgastinformation	24 Wochen	1,25 Mio. EUR	2,6
eTicket	70 Wochen	4,3 Mio. EUR	1,6

Wie in der zusammenfassenden Tabelle 9 dargestellt ist, wird die Einführung einer City-Maut am besten die Verkehrsziele der Stadt Sofia erreichen. Das ist aber eine kostenintensive Investition. Optimal wird die weitere Erforschung und Implementierung den IVS-Diensten im Bereich ÖPNV-Priorisierung und die Umsetzung aus MIV an ÖPNV bei Park und Ride Anlagen.

9. Schlussfolgerung und Ausblick

Aufgrund der hohen Investitionskosten beim Bau neuer Verkehrswege, sowie der oftmals nicht vorhandenen Ausbaumöglichkeit (z.B. in Ballungsräumen) stellt der Einsatz von Intelligenen Verkehrssystemen eine Möglichkeit dar, um das bestehende Verkehrswegenetz effizienter zu nutzen.

IVS sind hochentwickelte Anwendungen, die- ohne Intelligenz an sich zu beinhalten- darauf abziehen, innovative Dienste im Bereich verschiedener Verkehrsträger und des Verkehrsmanagements, bereitzustellen und die verschiedenen Nutzer mit umfassenden Informationen zu versorgen, sowie in die Lage zu versetzen, die Verkehrsnetze auf sicherere, koordiniertere und "klügere" Weise zu nutzen [2].

Die vorliegende Arbeit gibt einen Überblick über die zukünftige Einführung eines nachhaltigen, effektiven und kostengünstigen IVS Systems für Sofia, was eine sehr anspruchsvolle Aufgabe ist.

Die Einführung einer der IVS-Diensten stellt für die betreffende Stadt eine tiefgreifende Veränderung der verkehrspolitischen Rahmenbedingungen dar und kann vielfältige, direkte sowie indirekte Auswirkungen auf die Erreichung verkehrs-, umwelt- und wirtschaftspolitischer Zielsetzungen haben. Sowie die theoretischen Analysen, als auch die empirischen Erfahrungen zeigen, dass Intelligente Verkehrssysteme stets an die konkreten Zielsetzungen und Verkehrsverhältnisse vor Ort angepasst werden müssen.

Weiter werden die Wirkungen der IVS-Dienste auf die Indikatoren der Diplomarbeit zusammengefasst.

Da die City-Maut einen IVS-Dienst ist, die vom Pkw-Fahrer Geld abzieht, verzichten soziale Gruppen wie z.B. einkommensschwächeren Autofahrer wegen der Maut auf das Auto. Die Ergebnisse in den Städten London und Stockholm zeigen, dass ungefähr 20% weniger Fahrzeuge in die Bemaunungszone/Bemaunungszeiten einfahren.

Geringerer Anteil des Individualverkehrs bringt mit sich auch geringere Menge von Abgasen und nämlich CO₂, NO_x und Feinstaub. Aus den Ergebnissen der beiden Beispiele (London und Stockholm) lässt sich eine Verbesserung der Luftqualität durch die Innenstadtmaut ergeben.

Durch die höheren Kosten für den MIV wird der ÖPNV attraktiver. Somit würden mehr Menschen dann lieber mit dem ÖPNV fahren. Aus den Ergebnissen der beiden Beispielen ergibt sich eine Steigerung des Gebrauchs von ÖPNV mit bis zum 30% ableiten.

Da die höhere Anzahl von Fahrgästen, das Hauptziel der ÖPNV-Priorisierung ist, müssen als Folge der Intervallverdichtung und der kürzeren Reisezeiten die Fahrgäste das ÖPNV-Angebot attraktiver als MIV finden. Tatsache ist es, dass es nicht möglich ist, den ÖPNV attraktiver zu machen und gleichzeitig den Stau zu reduzieren. Durch die erzielten

Maßnahmen zur Erhöhung der Attraktivität des ÖPNV kommt es früher oder später bei der Verkehrssituation zum Stau. Also müssen bei der Implementierung in Sofia solche Maßnahmen getroffen werden, die das Gleichgewicht der Verkehrssituation erzielen. Wegen der guten Ergebnisse ist am Beispiel von Stockholm die Einführung der City-Maut und gleichzeitig die Verstärkung des ÖPNV-Netz zu nehmen.

Im Allgemeinen kann der Verkehrsfluss auf dem Innerstädtischen Straßennetz von Sofia als unbefriedigend bezeichnet werden. Darauf deuten sowohl die Analysen der Verkehrsdaten als auch die Ergebnisse der Befragungen hin, die im Rahmen dieser Studie durchgeführt wurden. Sicherlich würde eine Einführung der Systeme: City-Maut, Priorisierung des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV), Fahrgastinformation, Parkleitsystem und Bargeldlose Zahlungssystem in ÖPNV, die Verkehrsbelastung auf den Straßen im City-Bereich reduzieren und damit die Durchschnittsgeschwindigkeit des ÖPNV auch MIV erhöhen.

Abschließend werden einige Aktionen erläutert, welcher die Diplomarbeit bei nächstem Schritt Aufmerksamkeit richten:

- IVS-Dienste zu untersuchen, die den Güterverkehr im städtischen Bereich betreffen;
- IVS-Dienste zu untersuchen aus denen den Fußgänger- und Radfahrerverkehr profitieren;
- Kosten über die Implementierung eines Fahrgastinformationssystems zu erforschen;
- Entwicklung der erarbeiteten Methode für die Einschätzung der Implementierung von IVS-Diensten in Sofia;
- Weitere Erforschung der Befragung über „state-of-the-art of ITS“ in Sofia (Anhang C);

10. Quellenverzeichnis

Bücher, Gesetze, Forschungsberichte und Webseite

- [1] Intelligente Verkehrssysteme Gesetz (IVSG), Bundesgesetzblatt Jahrgang 2013 Teil I Nr. 29, Seite 1553, 20.Juni 2013.
- [2] Richtlinie 2010/40/EU des europäischen Parlaments und des Rates, Amtsblatt der Europäischen Union, 7.Juli 2010.
- [3] B. Williams, Intelligent Transport Systems Standards, Boston: Artech House, 2008.
- [4] R. Fuchs, „Das City-Maut-Konzept,“ Wien, 2013.
- [5] M. Kretzler, „Erfahrungen mit der City-Maut in Europa,“ 2008.
- [6] K. Raub, „Finanzielle Auswirkung einer Pkw-Maut auf verschiedene Nutzergruppen,“ 2001.
- [7] „<http://www.wikipedia.de/>,“ January 2014. [Online]. Available: <http://de.wikipedia.org/wiki>.
- [8] „<http://www.tfl.gov.uk/>,“ December 2013. [Online].
- [9] Transport For London, 2007.
- [10] „Zukunft Mobilität,“ [Online]. Available: <http://www.zukunft-mobilitaet.net>. [Zugriff am September 2014].
- [11] Transport For London, 2005.
- [12] „<https://www.transportstyrelsen.se/>,“ December 2013. [Online].
- [13] „Stockholms Stadt,“ 2006.
- [14] S. Trommer, Auswirkungen einer City-Maut in Deutschland, igel.
- [15] H. Hautzinger, „Eignung einer City-Maut als Instrument der Verkehrs- und Umweltpolitik in der Freien und Hansestadt Hamburg,“ Mannheim/Heilbronn, 27.01.2011.
- [16] P. Rosenecker, Parkdruck in Wien- Lösungsansätze im Bereich der Parkraumbewirtschaftung- und Steuerung, 2008.

- [17] P. Boltze, Leitfaden Verkehrstelematik, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, 2005.
- [18] „Verkehrsmanagement,“ [Online]. Available: <http://www.wien.gv.at/verkehr/verkehrsmanagement/parken.html>. [Zugriff am February 2014].
- [19] „Parken Düsseldorf,“ [Online]. Available: <http://www.duesseldorf.de/ordnungsamt/verkehrueb/parken.shtml>. [Zugriff am February 2014].
- [20] „Parkleitsystem Düsseldorf,“ [Online]. Available: http://www.dmotion.info/download/vid_01_das_parkleitsystem.pdf. [Zugriff am February 2014].
- [21] D.-I. D. Bosserhoff, Bevorrechtigung des ÖPNV an Lichtsignalanlagen.
- [22] Hinweise zur Bevorrechtigung des öffentlichen Personennahverkehr bei der Lichtsignalsteuerung, Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen, 1993.
- [23] Merkblatt für Maßnahmen zur Beschleunigung des öffentlichen Personennahverkehrs mit Straßenbahnen und Bussen, Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen, 1999.
- [24] „<http://www.muenchen.de>,“ [Online]. Available: <http://www.muenchen.de/rathaus/Stadtverwaltung/Kreisverwaltungsreferat/Verkehr/Verkehrssteuerung/Bus-Tram-Beschleunigung.html>. [Zugriff am Febr 2014].
- [25] E. B. Dr. Michael Prohaska, „Elektronisches Fahrgeldmanagement,“ pp. 11-15, Oktober 2009.
- [26] [Online]. Available: <http://www.wienerlinien.at>. [Zugriff am Oktober 2014].
- [27] „ITS Vienna Region,“ 2009.
- [28] „AnachB.at,“ [Online]. Available: http://www.anachb.at/bin/query.exe/dn?L=vs_anachb. [Zugriff am Mai 2014].
- [29] G. Gruber, Intelligente Haltestelle.
- [30] „Aalborg,“ Aalborg Kommune, Alborg, 2010.
- [31] J. A. Walsh, „Strategie zur Umsetzung eines Intelligenten Verkehrssystem in Sofia,“

Sofia, 22/10/2010.

[32] [Online]. Available: <http://www.nachhaltigkeit.wienerstadtwerke.at/>. [Zugriff am Oktober 2014].

[33] [Online]. Available: <https://www.wien.gv.at>. [Zugriff am Oktober 2014].

[34] [Online]. Available: <http://www.riepel.net>. [Zugriff am 13 Oktober 2014].

[35] V. Milenkinski, Interviewee, [Interview]. 21 Mai 2014.

Gespräche

Prof. Emil Simeonov- Studiengangsleiter Intelligent Transport Systems, Fachhochschule Technikum Wien

Rumen Mihaylov- Vorsitzender Intelligent Transport Systems-Bulgarien

Assoc. Prof. Dr Christina Nikolova- Universität für National- und Weltwirtschaft

Velimir Milenkinski- ITS Expert für Sofia

11. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenhang zwischen den Zielen der Diplomarbeit und den Indikatoren	12
Tabelle 2: Kosten-Nutzen-Analyse der Londoner City-Maut.....	23
Tabelle 3: Kosten-Nutzen-Analyse der Stockholmer City-Maut.....	27
Tabelle 4: Vergleich der Wirkungen einer City-Maut in London und Stockholm	29
Tabelle 5: Einsatzkriterien für eine absolute oder bedingte ÖPNV- Priorisierung.....	39
Tabelle 6: Vergleich zwischen der Länge des ÖPNV-Netz Sofia und in Wien	61
Tabelle 7: Ergebnisse aus der Befragung und deren Kennzeichnung	64
Tabelle 8: Gewichtungsfaktor der Indikatoren.....	66
Tabelle 9: Dauer/Kosten/Ziele der IVS-Diensten für Sofia	66

12. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Modal Split der Stadt London [7]	20
Abbildung 2: Congestion Charging zone London [8]	21
Abbildung 3: Durchschnittsgeschwindigkeit der Busse auf ausgewählten Strecken in London [9]	23
Abbildung 4: Modal Split der Stadt Stockholm [7]	24
Abbildung 5: Trängselskatt Karte [12].....	25
Abbildung 6: Schema der Fahrzeuge Erfassung in Stockholm [12].....	26
Abbildung 7: Einschätzung der Wirkungen einer City-Maut	30
Abbildung 8: Komponenten des Parkleitsystems [18]	33
Abbildung 9: Dynamische Wegweiser in Düsseldorf [19].....	34
Abbildung 10: Parkhausbelegung nach Quartieren [19]	35
Abbildung 11: Informationstafeln in Düsseldorf [19]	36
Abbildung 12: Einschätzung der Wirkungen eines Parkleitsystems.....	37
Abbildung 13: Busschleuse mit ÖPNV Priorisierung gemäß Merkblatt für Maßnahmen zur Beschleunigung des ÖPNV [23].....	40
Abbildung 14: Prinzip der ÖPNV Priorisierung bei einer Steuerung des MIV in einer Grünen Welle [21].....	41
Abbildung 15: Elemente der dynamischen Straßentraumfreigabe für den ÖPNV nach Albers [21].....	42
Abbildung 16: Anforderungssystem Sender/Antennenschleife/Koppelspule/Leitungssystem [21].....	43
Abbildung 17: Anforderungssystem Bake/Leitungssystem [21].....	44
Abbildung 18: Anforderungssystem Bake/Funk-System [21].....	44

Abbildung 19: Anmeldevorgang [24]	46
Abbildung 20: Einschätzung der Wirkungen einer ÖPNV-Priorisierung.....	48
Abbildung 21: Einschätzung der Wirkungen eines eTicket-Systems.....	52
Abbildung 22: Routeplanung bei „qando“ [26]	54
Abbildung 23: Ergebnis einer beispielhaften Routenabfrage über „AnachB.at“ [28]	56
Abbildung 24: Komponenten der DFI-Anlage [29]	57
Abbildung 25: Dynamische Abfahrtsanzeiger [7]	57
Abbildung 26: Monitor im ÖPNV [30]	58
Abbildung 27: Einschätzung der Wirkungen eines Fahrgastinformationssystems	59
Abbildung 28: Modal Split den Städten Wien [32] und Sofia [31]	60
Abbildung 29: Regelkreis Attraktiver ÖPNV↔Mehr MIV	63
Abbildung 30: Einführungskosten der IVS-Diensten für Sofia [35].....	65
Abbildung 31: Mittelwerte der Befragungsergebnisse: City-Maut für Sofia.....	77
Abbildung 32: Mittelwerte der Befragungsergebnisse: Parkleitsystem für Sofia	77
Abbildung 33: Mittelwerte der Befragungsergebnisse: ÖPNV-Priorisierung für Sofia	78
Abbildung 34: Mittelwerte der Befragungsergebnisse: Fahrgastinformation für Sofia ...	78
Abbildung 35: Mittelwerte der Befragungsergebnisse: eTicket für Sofia	79

13. Formelverzeichnis

Formel 1: Ziele einer City-Maut	66
Formel 2: Ziele eines Parkleitsystems.....	66
Formel 3: Ziele einer ÖPNV-Priorisierung.....	66
Formel 4: Ziele einer Fahrgastinformation.....	66
Formel 5: Ziele einer eTicket	66

14. Anhang A

Questionnaire for the implementation of proposed Intelligent Transport Systems actions Sofia (Graduation goal)

The present questionnaire, prepared by Yordan Geshev (student at the University of Architecture Civil Engineering and Geodesy) aims to evaluate the influence of the ITS activities and to formulate an implementation roadmap for ITS in Sofia.

In this part of the questionnaire you are requested to assess (based on your personal assessment and overview of the ITS sector in your country) the contribution of each proposed action, based on the following criteria (1=less important, 5=most important)

ITS-action		City-congestion charge	Street parking guidance	Public transport priority	Traveler information	eTicket
Indicator						
Reduction of private vehicle use(30%)		4	2	2	1	2
Increase of public transport use(20%)		4	4	4	2	3
Reduction of travel times by	Public transport(40%)	2	1	5	5	2
	Private transport(20%)	2	1	1	5	1
Reduction	CO ₂ (20%)	4	2	1	1	1
	NO _x (20%)					
	PM10(20%)					

Filled from: AustriaTech

ITS-action		City-congestion charge	Street parking guidance	Public transport priority	Traveler information	eTicket
Indicator						
Reduction of private vehicle use(30%)		5	2	1	3	1
Increase of public transport use(20%)		5	1	2	5	4
Reduction of travel times by	Public transport(40%)	2	2	5	1	1
	Private transport(20%)	1	5	1	1	1
Reduction	CO ₂ (20%)	4	3	2	1	1
	NO _x (20%)					
	PM10(20%)					

Filled from: ITS Romania

ITS-action		City-congestion charge	Street parking guidance	Public transport priority	Traveler information	eTicket
Indicator						
Reduction of private vehicle use(30%)		3	1	3	2	1
Increase of public transport use(20%)		3	1	4	2	1
Reduction of travel times by	Public transport(40%)	2	1	5	4	1
	Private transport(20%)	2	1	1	4	1
Reduction	CO ₂ (20%)	2	1	1	1	1
	NO _x (20%)					
	PM10(20%)					

Filled from: AEBSTRI

ITS-action		City-congestion charge	Street parking guidance	Public transport priority	Traveler information	eTicket
Indicator						
Reduction of private vehicle use(30%)		5	4	5	3	1
Increase of public transport use(20%)		5	3	5	5	1
Reduction of travel times by	Public transport(40%)	5	1	5	3	3
	Private transport(20%)	5	5	4	3	1
Reduction	CO ₂ (20%)	5	4	4	1	2
	NO _x (20%)					
	PM10(20%)					

Filled from: ITS Bulgaria

ITS-action		City-congestion charge	Street parking guidance	Public transport priority	Traveler information	eTicket
Indicator						
Reduction of private vehicle use(30%)		5	4	4	3	1
Increase of public transport use(20%)		5	4	5	4	4
Reduction of travel times by	Public transport(40%)	5	2	5	5	3
	Private transport(20%)	5	5	4	3	1
Reduction	CO ₂ (20%)	2	3	4	2	1
	NO _x (20%)					
	PM10(20%)					

Filled from: ITS Bulgaria

15. Anhang B

Abbildungen 26 bis 30 stellen die genauen Werte der Befragung dar.

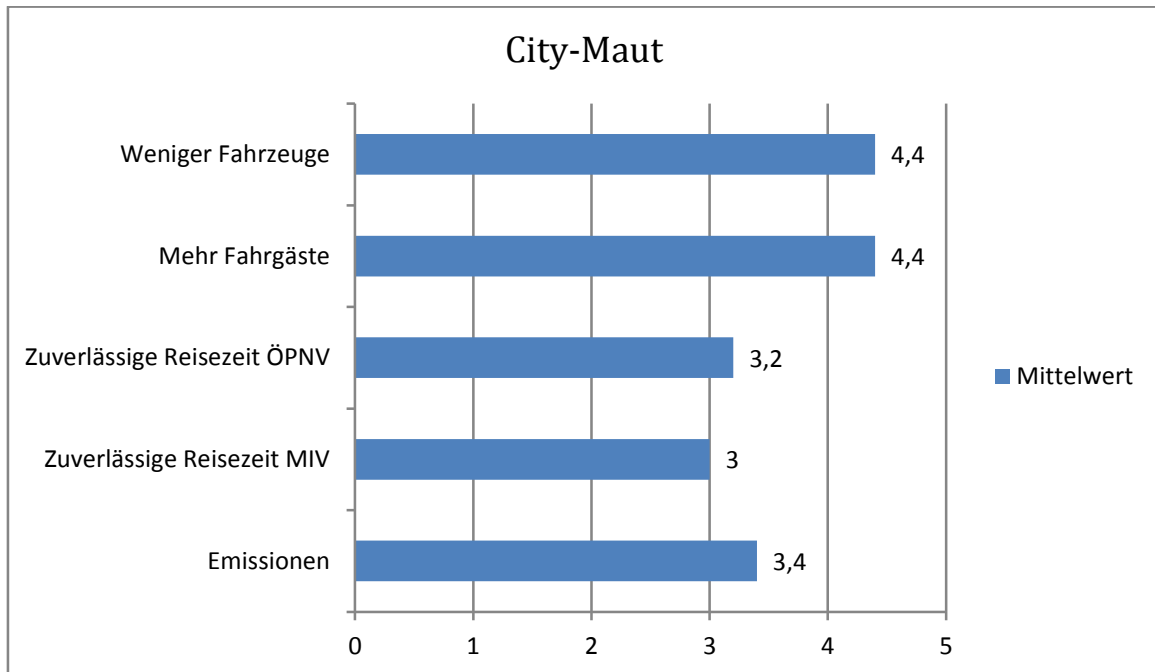


Abbildung 31: Mittelwerte der Befragungsergebnisse: City-Maut für Sofia

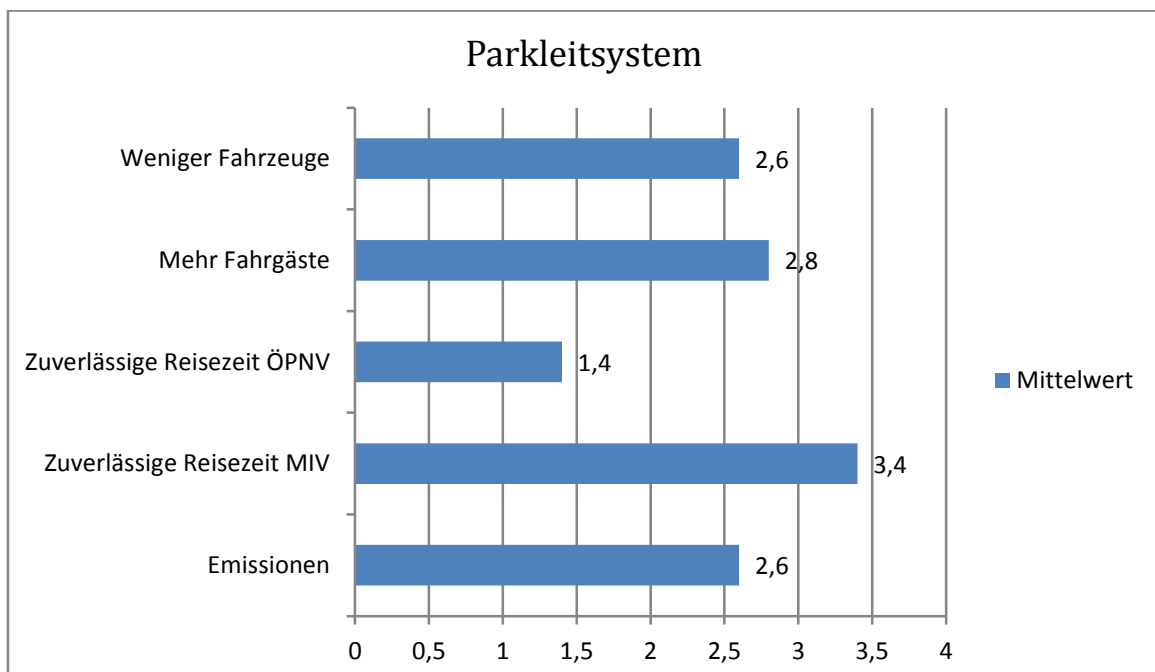


Abbildung 32: Mittelwerte der Befragungsergebnisse: Parkleitsystem für Sofia

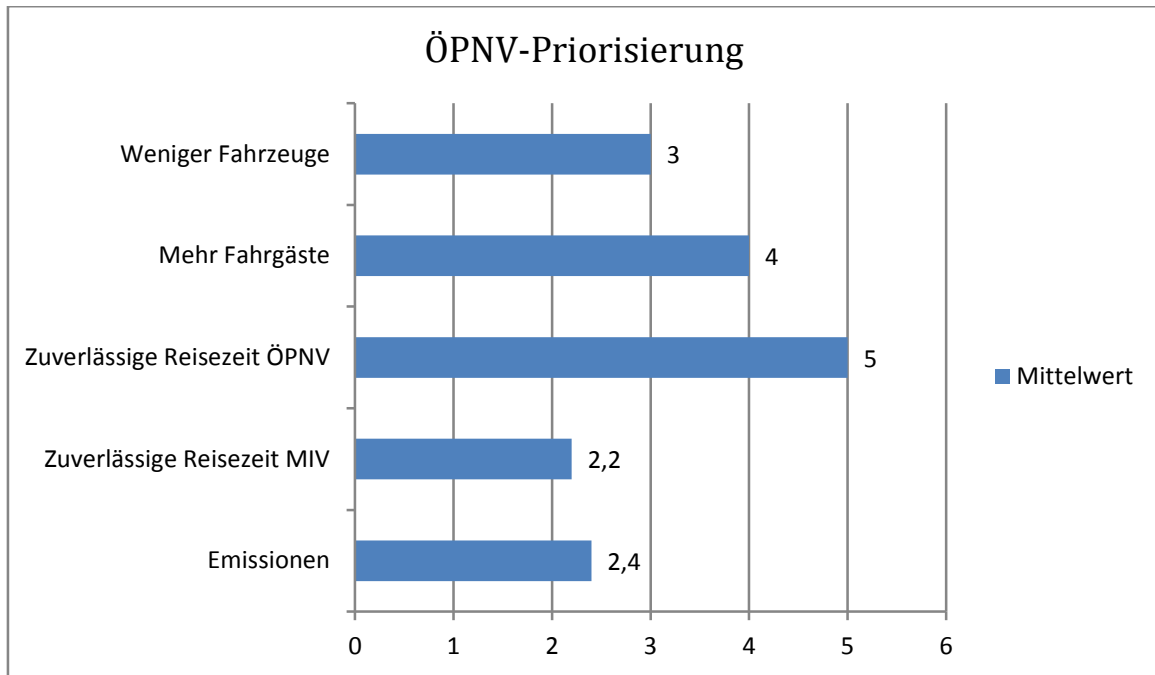


Abbildung 33: Mittelwerte der Befragungsergebnisse: ÖPNV-Priorisierung für Sofia

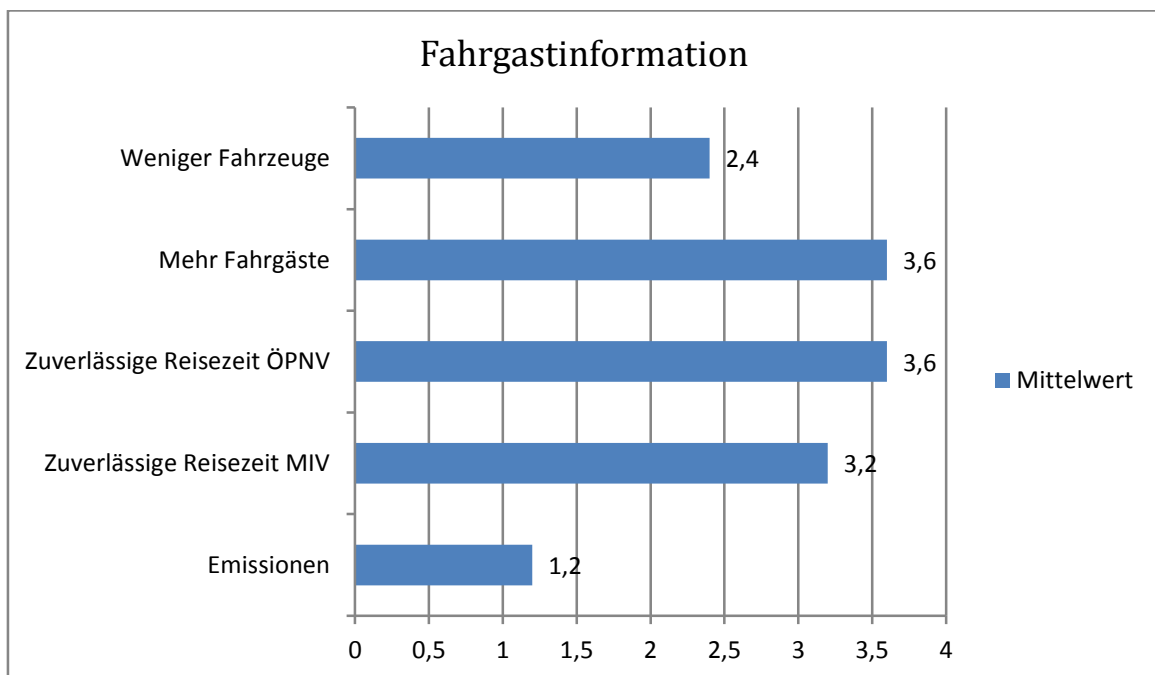


Abbildung 34: Mittelwerte der Befragungsergebnisse: Fahrgastinformation für Sofia

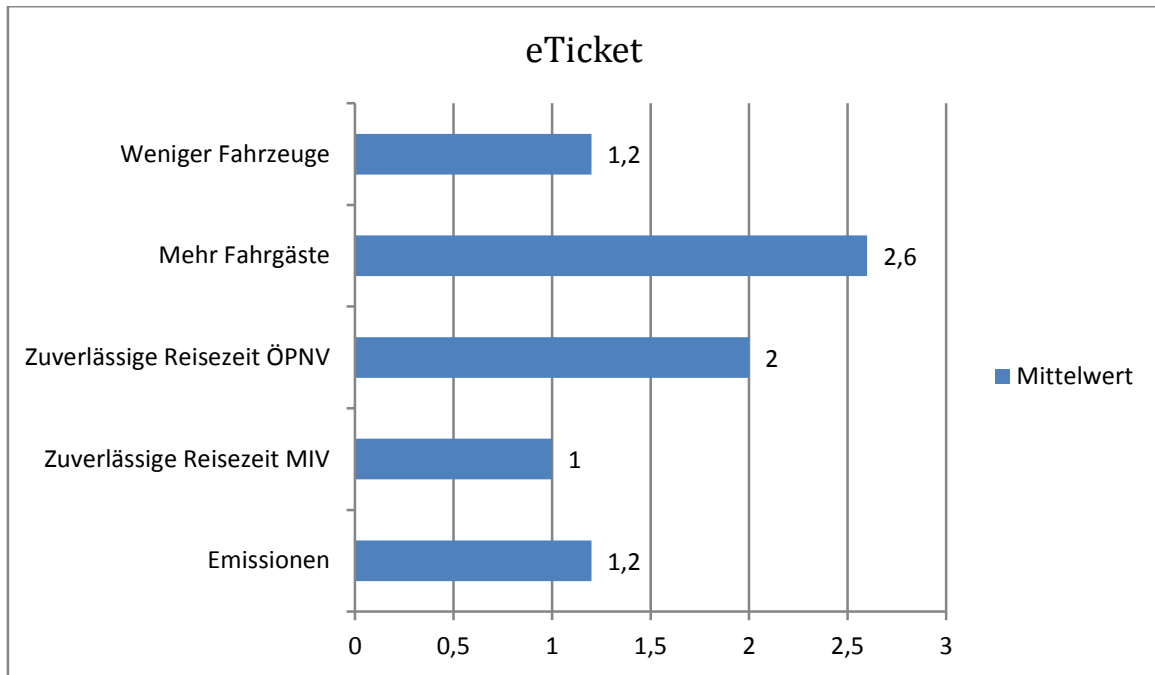


Abbildung 35: Mittelwerte der Befragungsergebnisse: eTicket für Sofia

17. Anhang C

Establishing the state-of-the-art of ITS

1. Organisational

Please provide organization name(s), contact name(s), email(s) and telephone number(s)

Sofia Urban Mobility Centre EAD
+359700 13 233

General

Do you have a 10-20 year strategic plan?

- Have now
- Will have in the next 5 years
- May have in the next 5 years
- Do not have
- If yes, please give details (vision, goals, objectives, pursued).

The main objectives of the Sofia urban mobility centre (SUMC) are to implement Extension of the Public Transport Ticketing System in Sofia and Intelligent transport system

Do you have key performance indicator studies, mobility indices or travel patterns understanding?

- Have now
- Will have in the next 5 years
- May have in the next 5 years
- Do not have
- If yes, please give details:

SUMC have ongoing projects such as MODUM (for ref. - <http://modum-project.eu/index.php?id=24>) and have done case studies for ensuring the public transport exploitation and prioritization

Do you have an ITS Systems Architecture in place?

- Have now
- Will have in the next 5 years
- May have in the next 5 years
- Do not have
- If yes, please give details:

Authorities and responsibilities

Who is involved in managing traffic on the street? (Check all that apply)

- National Authority
- Local Authority
- City Authority
- Police
- Parent company
- Public-Private Partnerships
- Public funding initiative
- Other (please specify)

Fundingmechanisms

What are the main sources of funding? (Check all that apply and provide details on % annual contribution)

- Taxes (local, regional, national) government funding
- Road pricing (tools, vignettes etc.)
- Parking charges
- Congestion charges
- Public transportfares
- Other (please specify)

External relations

Do you have a national ITS organization?

- Yes No

If so, do you participate in it and since when?

Yes No

Do you participate in any ITS-related European Commission funded projects?

Yes No

If yes, since when?

Sofia Municipality is a beneficiary of the "Project for integrated public transport," Grant Agreement BG161PO001/1.5-02/2011/001 23 August 2011. Concluded between Sofia Municipality and the Ministry of Regional Development for the ITS system. The project is funded by the European Regional Development Fund and the state budget of the Republic of Bulgaria. TCC Sofia is a partner in the project.

2. Statistics

For the following questions, please provide the data and specify its source (e.g. year and type of latest survey)

General facts

Population	1 203
Area (urban area)	492,029 km ²
Number of jobs (urban area)	n/a
Population (metropolitan region)	1 291 591 (2011)
Area (metropolitan region)	1349 km ²
Number of jobs (metropolitan region)	600100 (2006)
Number per tourists per annum	>1 000 000
Average tourist stay (nights)	2,03 (2006)

Transport facts

What is the modal split % for:

Walking	11%
Cycling	1%
Bus, Tram, Metro, Trolley bus	49%
Car	31.2%
Motorcycle	0.1%

What is the traffic volume (vehicle km/annum)?	n/a
What proportion of traffic does freight represent?	n/a
Total number of trips in the city per day	n/a
Average trip travel time	n/a
Average trip length (km)	Trams: 30 500 Trolleybuses: 18 400 Buses: 80 000 Metro: 10 160

3. Private transport

Total length of road network (km)	3400 km
Length of urban motorway/freeway network (km)	-
Length of urban primary network (A & B Roads) (km)	134 km
Length of secondary network (minor roads) (km)	139 km
Length of tertiary network (km)	154 km

What are your definitions of primary and secondary roads? Have you defined a “strategic road network”?

Density of the road network of Sofia is about 2,53 km/km² and within the central part of the city is 4,63 km/km²

Total number of major intersections	n/a
Number of intersections with signal control	n/a
Number of intersections with roundabout	n/a
Number of non-signalised a major intersections	n/a

What is your definition of a major intersection?

Of the intersections with signal control, what is the percentage of signal using

Fixed time	100%
Fixed time with control updates (UTC)	n/a
Dynamic response UTC area (e.g. SCOOT)	n/a
Vehicle response isolated junctions	n/a

If you use dynamic response UTC, which system do you use?

How often are the signal timings reviewed	n/a
Who supplies the urban traffic control software	n/a
For dynamic UTC system, do you use loops or above ground detection?	No

Do you have a dedicated traffic control center?

- Have now
- Will have in the next 5 years
- May have in the next 5 years
- Do not have

If yes complete the following

Hours of operation of the control centre	n/a
Number of staff working in the control centre	n/a
Number of CCTV cameras used by control centre?	n/a
Command and control system in place?	n/a
Decision support system in place?	n/a
Real-time database in place?	n/a

Please provide any additional information about the traffic control center:

Please provide any additional information about the traffic data that you are using in the control center (e.g. data source, number of detector stations):

Please provide any additional information about private transport management in general:

4. Public transport

Do you have a metro system?

Yes No

If so, length of metro network (km)	46
Number of metro lines	2
Length of bus network (km)	2380
Number of bus lines	97
Length of light rail (tram) network (km)	153,6 km (2005)
Number of light rail (tram) lines	15 (2014)
Length of trolley bus network (km)	193(2009)
Number of trolley bus lines	9(2014)
Number of fixed route taxi	49

Do you have bus lanes

Yes No

Do you have bus/light rail priority systems?

Yes No

If yes, please specify the underlying detection system (check all that apply)

Loop detection

Beacon

GPS-based

Dedicated signals

Other (please specify)

Please specify the features of Demand Responsive Transport Systems (DRTS)- if any:

Are there Integration forms with private transport?

Yes No

If yes, please specify whether these are traditional (e.g. car sharing, car pooling) or dynamic (e.g. integrated transit and feeder services)?

Is there is a unitary fare system for different transit modes?

- Have now
- Will have in the next 5 years
- May have in the next 5 years
- Do not have

Is there an electronic ticketing system (e.g. smartcards)?

- Have now
- Will have in the next 5 years
- May have in the next 5 years
- Do not have

Please provide any additional information about the public transport infrastructure:

5. Parking

Total number of parking spaces	16 723
Number of street parking spaces	15 443
Number of car park spaces (closed)	1280

Which payment methods do you use for street parking (with % contribution of each)

<input type="checkbox"/> Parking meters	
<input type="checkbox"/> Pay and display	
<input checked="" type="checkbox"/> Pre-paid vouchers	
<input checked="" type="checkbox"/> Pay by phone	
<input type="checkbox"/> Other (please specify)	

Do you have a dynamic parking management system?

- Have now
 Will have in the next 5 years
 May have in the next 5 years
 Do not have
 If yes provide details:

How many parking bays can be also used by public transport users as park-and-ride or bike-and-ride systems? Please give details:

One

Are there integrated fares for public transport connections (e.g. parking and public transport access with the same ticket)?

Yes

Please provide any additional information about the parking infrastructure in your city:

6. Demand management

Do you have any access control schemes?

- Have now
- Will have in the next 5 years
- May have in the next 5 years
- Do not have
- If yes, please give details (times of operation, targeted road users etc.)

Target road user is the freight transport in the city. Delivery trucks over 3,5 t must have permission to drive in the center of Sofia.

Do you have congestion charging scheme

- Have now
- Will have in the next 5 years
- May have in the next 5 years
- Do not have
- If yes, please give details (fee, times of operation, targeted road users etc.)

Do you have High Occupancy Vehicle (HOV) lanes?

- Have now
- Will have in the next 5 years
- May have in the next 5 years
- Do not have
- If yes, please give details (vehicles allowed, times etc.)

Do you have car pooling, car sharing and public bicycle schemes?

- Have now
- Will have in the next 5 years
- May have in the next 5 years
- Do not have
- If yes, please give details (vehicles allowed, times etc.)

Do you have any special regulations for freight movement?

- Have now
- Will have in the next 5 years
- May have in the next 5 years
- Do not have
- If yes, please give details (times of operation etc.)

Delivery trucks over 3,5 t must have permission to drive in the center of Sofia.

Do you have pedestrian /30kmh/ shared space zones?

- Have now
- Will have in the next 5 years
- May have in the next 5 years
- Do not have
- If yes, please give details (% of road network length, times of operation etc.)

Do you have cycling infrastructure?

- Have now
- Will have in the next 5 years
- May have in the next 5 years
- Do not have
- If yes, please give details (length, operation etc.)

Do you use specific ITS technologies for the traffic management of cycles and pedestrians (e.g. during big events)

- Have now
- Will have in the next 5 years
- May have in the next 5 years
- Do not have
- If yes, please give details:

Do you use ITS technologies to improve access to public transport?

- Have now
- Will have in the next 5 years
- May have in the next 5 years
- Do not have
- If yes, please give details:

Do you use specific ITS technologies or provide specific customized information for emergency services (police, ambulances, fire brigade, etc.)?

- Have now
- Will have in the next 5 years
- May have in the next 5 years
- Do not have
- If yes, please give details:

Do you have policies to facilitate the mobility of disabled people, the elderly and other people facing social exclusion (jobless, low incomes, etc.)?

- Have now
- Will have in the next 5 years
- May have in the next 5 years
- Do not have
- If yes, please give details:

Do you have specific ITS technologies and regulations to monitor the transport of dangerous goods?

- Have now
- Will have in the next 5 years
- May have in the next 5 years
- Do not have
- If yes, please give details:

Please provide any additional information about demand management in your city:

7. Data collection and treatment

On specific road sections, do you measure

Number of cars?

Per minute Per hour Do not measure

Number of vans?

Per minute Per hour Do not measure

Number of heavy goods vehicles?

Per minute Per hour Do not measure

Number of buses?

Per minute Per hour Do not measure

Number of trams?

Per minute Per hour Do not measure

Number of motorbikes?

Per minute Per hour Do not measure

Number of bicycles?

Per minute Per hour Do not measure

Number of pedestrians?

Per minute Per hour Do not measure

Which data collection techniques do you use?

Manual counting

Road side interviews

Detectors and sensors

Video cameras

Satellite tracking (floating vehicles)

Other (please specify)

Do you measure pollution?

Yes No

If yes, do you measure

CO₂

Particulate Matter

NO_x

Noise

Other (please specify)

What else do you measure? Please give details.

What modeling tools do you use?

What do you model?

What models do you use for long-term forecasting (2hrs-2yrs)?

Please provide any additional information about demand management in you city:

8. Information provision and incident management

Is general information provided to the public for

- planned events?
- planned road works?
- alternative routes?
- public transport?
- walking/cycling routes?
- weather forecast (to prevent accidents)?
- other? (please specify)

Is real-time information provided to the public for

- traffic incidents?
- road works?
- anticipated travel times?
- public transport?
- other? (please specify)

Do you have a dynamic system for incident management

- Have now
- Will have in the next 5 years
- May have in the next 5 years
- Do not have
- If yes, please give details:

What are the current methods of informing the public?

- Website
- Radio broadcast
- Text messaging (SMS)
- Variable Message Signs
- Traffic Message Channel (RDS)
- Telephone information line
- Other (please specify)
- If yes, please give details:

Website: <http://www.uab.org>