

# DIE ROLLE DES ÖFFENTLICHEN PERSONENVERKEHRS VON BUDAPEST UND SEINER UMGEBUNG

É. KÖVES-GILICZE

Lehrstuhl für Verkehrsbetrieb  
Technische Universität Budapest

Eingegangen: am 10. November 1991

## Abstract

The capital and its surrounding areas constitute an important agglomeration even by European standards. Greater Budapest includes Budapest itself with its two million inhabitants and the adjoining areas which include altogether 0.4 million inhabitants in 43 settlements.

32 per cent of Budapest's passenger traffic is made up of journeys directed towards or coming from the inner part of the capital, 17 per cent are journeys within the inner districts; 90 per cent of the latter ones are handled by means of public transport and 10 per cent by individual means of transport. Approximately 55 per cent of the starting points of transport in the settlements of the area of Greater Budapest represent journeys directed towards the capital. 39 per cent of the daily transport in one direction is run by the buses of the Budapest Transport Company (BKV) and 26 per cent by the local train (HÉV) lines, which amount to 65 per cent in total. The total length of the public transport network is 1019.4 km in the capital, beyond its boundaries it amounts to 121.3 km. Its density in Budapest is 2.0 km/sq.km, in the populated areas it is 4.0 km/sq.km.

*Keywords:* passenger traffic, public transport.

## Verkehr der Agglomeration der Hauptstadt

Die Budapester Agglomeration bedeutet offiziell die Hauptstadt und den Raum der umliegenden 43 Siedlungen. Sie ist jedoch in mehrerer Hinsicht (Versorgung mit öffentlichen Institutionen, Arbeitskräfteverkehr) bedeutend größer. So gehören zum Beispiel vom Gesichtspunkt der Mittelstufen-Versorgung [1] 66 Siedlungen zum Anziehungsbereich von Budapest, und das Gebiet der täglichen Arbeitskräfteanziehung wird von nahezu 150 Siedlungen gebildet.

Die Fläche der Agglomeration der Hauptstadt beträgt 1670 km<sup>2</sup>, wovon Budapest 525 km<sup>2</sup> ausmacht. Die Hauptstadt ist der Wohnort von 20% der Bevölkerung des Landes, und in ihrer Agglomerationszone wohnen 4% der Einwohner Ungarns. In Budapest sind 25% der Arbeitsplätze des Landes und in der Agglomerationszone ist 1% davon zu finden.

Der Budapester Siedlungskomplex ist die einzige bedeutende Agglomeration monozentrisches Typs unseres Landes, ihr gebietsmäßiges und funktionales System beruht auf den Eigenheiten der historischen Entwicklung, und ihre im Verkehrssystem eingenommene Rolle ist um Größenordnungen größer als jede beliebige einheimische Agglomeration. In den Verkehrsnetzen von Budapest werden die räumlichen und zeitlichen Kennwerte der Ortsveränderungen und Fahrten sowie die Verkehrssittenkennwerte von den Ergebnissen der umfassenden Zielverkehrsaufnahme der Hauptstadt von 1983/1984 geliefert [1]. Demgemäß sind 82,5% der Gesamtfahrten Fahrten zwischen den einzelnen Stadtbezirken, 17% zwischen der Hauptstadt und den Gebieten, die über die Stadtgrenze hinaus liegen, und 0,5% der Anteil der Durchreisenden. 85% sämtlicher Ortsveränderungen sind Fahrten mit Verkehrsmitteln und 15% Ortsveränderungen zu Fuß und mit dem Fahrrad. 80% der Fahrten werden mit öffentlichen und 19% mit individuellen Verkehrsmitteln abgewickelt.

32% des Budapester Personenverkehrs sind Fahrten, die in den zentralen Sektor der Hauptstadt gerichtet sind und von dort ausgehen, 17% sind Fahrten innerhalb des zentralen Sektors, wovon 90% mit öffentlichen und 10% mit individuellen Verkehrsmitteln erfolgen.

Der Ausgangsverkehr der 43 Siedlungen der Agglomerationszone ist zu ca. 55% in die Hauptstadt gerichtet. An dem täglichen Verkehr in einer Richtung sind zu 65% der BKV (Budapester Verkehrsunternehmen) (Autobus 39%, Vorortbahn HÉV 26%), zu 22% der VOLÁN und zu 13% MÁV (Ungar. Staatseisenbahn) beteiligt.

*Das öffentliche Personenverkehrsnetz von Budapest* bildete sich seit der Mitte des vergangenen Jahrhunderts bis heute heraus. Die erste Omnibuslinie wurde 1832 in Pest gestartet. Die Periode, die sich vom Ausgleich (1867) bis zum ersten Weltkrieg erstreckt, ist gleichzeitig auch die Periode der Herausbildung des öffentlichen Verkehrsnetzes. 1866 begann in Pest und 1869 in Buda die Pferdeisenbahn, und 1887 wurde die erste Straßenbahnlinie der Hauptstadt in Betrieb gesetzt. Zwischen 1887 und 1914 wurde die Vorortbahn auf vier Linien erbaut. 1921 begann der regelmäßige Autobusverkehr. Die Drahtseilbahn begann ihren Betrieb 1870 und die Zahnradbahn 1874, die Linie der ersten Untergrundbahn des Kontinentes wurde 1896 in Betrieb gesetzt. Seit 1933 fährt der Trolleybus. Die erste Metrolinie begann 1970 ihren Betrieb.

Diese Betriebszweige arbeiten auch gegenwärtig in der Hauptstadt, im Laufe der Zeit in verschiedenen Betriebsformen.

Das gegenwärtige Netz des öffentlichen Personenverkehrs setzt sich aus den Teilnetzen zusammen, seine Gestaltung folgt dem Grundnetzprinzip, und für seinen Betrieb ist die vertikale Kooperation charakteristisch. Der öffentliche Personenverkehr kann vom Gesichtspunkt des Fahrgastes

und vom Gesichtspunkt des Abwicklungsunternehmens beurteilt werden. Die tägliche Anzahl der auf den öffentlichen Verkehrsmitteln verwirklichten Fahrten stieg von Jahr zu Jahr an. Im Jahre 1966 wurden von der Zielverkehrszählung 3,3 Millionen Fahrten registriert, während es 1988 4 Millionen waren.

*Die Beurteilung* des öffentlichen Personenverkehrs der Hauptstadt *vom Gesichtspunkt des Fahrgastes* ist zum Teil durch gemessene und zum Teil durch berechnete Kennwerte möglich. Die Personen, die den öffentlichen Verkehr in Anspruch nehmen, nehmen

- das räumliche Versorgungsniveau der Fahrmöglichkeit,
- das zeitliche Versorgungsniveau der Fahrmöglichkeit,
- die Fahrzeit,
- die Anzahl und die Zeitdauer des Umsteigens,
- die Umstände des Fahrens

direkt wahr. Die räumlich-zeitliche Versorgung, die Fahrzeit und die Anzahl der Umsteigungen bedeuten zusammen die Anlangungszeit. Zu den Umständen des Fahrens gehört in erster Linie die vom Fahrgast wahrgenommene Besetztheit. Die für so wichtig erachtete Fahrgeschwindigkeit kommt in der Fahrzeit zum Ausdruck. Die unterschiedlichen Geschwindigkeiten und die abweichenden Tarifebenen stehen nicht im Zusammenhang miteinander. Als Ausgang muß festgestellt werden, daß der Tarif im Verkehr der Hauptstadt heute von der Gebührentarifpolitik abhängt und von der Seite des Fahrgastes nur in sehr wenigen Fällen als Beurteilungsparameter auftritt. Gleichzeitig wird diese Frage durch die Selbstkosten, die Bindung von Arbeitskräften, die Bindung der Mittel, das Eigenfinanzierungsvermögen und den Anteil der Verwendung der einzelnen Energiearten von der Seite der Unternehmenskennziffern aufgeworfen.

Von den angeführten Kennwerten vom Gesichtspunkt des Fahrgastes sind die an das Gebiet gebundene räumliche Versorgung sowie die an das Gebiet und die Relation gebundene zeitliche Versorgung berechnete Kennwerte, die Fahrzeit, die in Kenntnis der Entfernung der Fahrten und ihrer Geschwindigkeit bestimmt werden kann, ein teils gemessener, teils berechneter Kennwert, die Anzahl und die Zeitdauer der Umstiege ein berechneter Kennwert und der Besetztheitsfaktor, der die Umstände des Fahrens repräsentiert, ebenfalls ein gemessener Kennwert.

Die Informationsbasis wird von den regelmäßig wiederholten Zielverkehrs-Fahrgastzählungen (in der gleichen Struktur beim Budapester Verkehrsunternehmen 1978, 1983 und 1988 vorgenommen) gebildet, und die automatischen Fahrgastzählungen im KNORR-System, die sich gegenwärtig nur auf das Autobusnetz erstrecken, liefern zahlenmäßige Daten für die Besetztheit sowie unter anderem für die Abweichungen von den räumlich-

zeitlichen Parametern (Abweichungen von den Folgezeiten je Haltestelle). Im Straßenbahn- und Metronetz werden die Besetztheit-Kennwerte von den herkömmlichen Querschnitts-Fahrgastzählungen geliefert.

Die zur *globalen Charakterisierung* des öffentlichen Personenverkehrs der Hauptstadt dienende *gebietsmäßige Versorgung* kann durch den gebietsmäßigen Anteil der innerhalb der festgelegten Entfernung zu erwartenden Haltestellen charakterisiert werden [2] (*Tabelle 1*).

**Tabelle 1**  
Entwicklung der gebietsmäßigen Versorgung von Budapest

	1975	1980	1985	1988
Fläche (km <sup>2</sup> )	525,55	525,55	525,55	525,55
Davon bewohnte Fläche (km <sup>2</sup> )	299,10	299,10	299,10	302,78
Anteil der bewohnten Fläche (%)	56,9	56,9	56,9	57,8
Innengebiet, 400 m (km <sup>2</sup> )	282,69	283,22	284,59	289,08
von wo aus %	94,5	94,7	95,1	95,47
die nächste 500 m (km <sup>2</sup> )	9,16	11,62	12,33	12,83
Haltestelle %	3,1	3,9	4,1	4,23
erreicht über 500 m (km <sup>2</sup> )	7,25	4,20	1,68	0,87
werden kann %	2,4	1,4	0,7	0,28

Anhand der *Tabelle* kann festgestellt werden, dass die Dichtigkeit der Haltestellen auf mehr als 95% des bebauten Gebietes für jeden Fahrgast ermöglicht, daß er innerhalb eines Kreises mit einem Radius von 400 m die Haltestelle des öffentlichen Personenverkehrs erreicht. Die Netzversorgung beträgt auf den bebauten Gebieten 3,52 km/km<sup>2</sup> und die Haltestellendichtigkeit 13,83 km<sup>2</sup> Haltestellen. Auch die gebietsmäßige Versorgung kann unter Berücksichtigung der Einwohnerzahl je km<sup>2</sup> angegeben werden: der Quotient der Einwohnerzahl der Gebiete mit öffentlichem Personenverkehr und der Einwohnerzahl der Hauptstadt,

1975	98,5%
1980	99,1%
1985	99,5%
1990	99,7%.

Die *zeitliche Versorgung* als *globaler Kennwert* kann je Fahrzeugart, d.h. je Zweig bestimmt werden [2]. Den Mittelwert kann man durch die Anzahl der Relationen gewogen erhalten (*Tabelle 2*).

Der Mittelwert der zeitlichen Versorgung in der Hauptstadt ist auch in einem internationalen Vergleich sehr günstig.

**Tabelle 2**  
Mittlere Spitzenverkehrs-Folgezeit (Minuten)

Fahrzeugart	1975	1980	1985	1988
Autobus	6,0	5,8	5,5	5,74
Metro, U-Bahn	2,0	2,0	2,0	2,0
Straßenbahn	5,3	5,0	4,9	4,69
Zahnradbahn	15	15	15	15
Trolleybus	2,4	2,5	2,9	3,14
Vorortbahn	14,1	13,3	13,3	14,36
Schiff	20,0	21,3	21,3	21,3
Durchschnitt der Hauptstadt	6,5	6,3	6,16	5,96

Die *Fahrzeit* als *globaler Kennwert*, der für die ganze Stadt charakteristisch ist, kann in Kenntnis der durchschnittlichen Fahrstrecke und der Fahrgeschwindigkeit bestimmt werden. Als Ergebnis der in der Hauptstadt regelmäßig durchgeführten Zielverkehrs-Fahrgastzählungen im öffentlichen Personenverkehr stehen die durchschnittliche Fahrstrecke und die durchschnittliche Fahrstrecke je Zweig zur Verfügung.

Die *durchschnittliche Fahrstrecke* bedeutet die Länge des Weges, der von einem die Fahrt antretenden Fahrgast bei einer Fahrt zurückgelegt wird, in Kilometern, als Quotient der Fahrgastkilometer und der Anzahl der Fahrten. Ihr Wert beträgt [2]:

1966	5,85 km
1978	5,47 km
1983	5,86 km
1988	5,71 km.

Die *Fahrgeschwindigkeit* kann aus der Fahrgeschwindigkeit der einzelnen Unterzweige, mit der Anzahl der Fahrzeuge im Verkehr gewichtet, bestimmt werden. Laut der Fahrplan-Bewertung entwickelten sich die Werte der Fahrgeschwindigkeit je Zweig wie folgt [1] (*Tabelle 3*).

Es kann der Fahrzeitwert der Fahrten ohne Umsteigen bestimmt werden, er machte für eine Fahrt 1978: 15,5 Minuten, 1983: 16,67 Minuten und 1988: 16,13 Minuten aus.

Ein bedeutender Teil der Fahrten, mehr als die Hälfte, kann nur durch Umsteigen verwirklicht werden. Die mittlere Zahl des Umsteigens, d.h. die Anzahl der auf eine Fahrt fallenden durchschnittlichen Umsteigungen betrug

1966	0,54
1978	0,64
1983	0,67
1988	0,59.

**Tabelle 3**  
Entwicklung der Fahrgeschwindigkeit

	Fahrgeschwindigkeit (km/h)	
	1985	1988
Autobus	20,4	21,87
Straßenbahn	15,9	15,4
Trolleybus	14,4	18,3
Metro	32,9	29,04
U-Bahn	22,4	30,37
Vorortbahn	32,4	30,37
Durchschnitt in der Hauptstadt	21,2	21,24

Die Berücksichtigung der Anzahl der Umsteigungen beeinflusst die Fahrzeit. Unter Annahme einer durchschnittlichen Umsteigezeit von 10 Minuten betrug die durchschnittliche Zeit einer Fahrt 1978: 21,9 Minuten, 1983: 23,37 Minuten und 1988: 22,83 Minuten in der Hauptstadt.

Die Zielverkehrszählung, die als Basis des Informationssystems des öffentlichen Personenverkehrs dient, liefert auch die Aufteilung der Fahrten nach Gründen (*Tabelle 4*).

**Tabelle 4**  
Aufteilung der Fahrten

Fahrgrund	1966	1978	1983	1988
	%	%	%	%
Auf Arbeit, in die Schule	32,2	32,2	28,8	27,8
Nach Hause	40,5	40,0	37,7	41,6
Sonstiges	27,3	28,0	33,5	30,6
Insgesamt	100,0	100,0	100,0	100,0

*Die Umstände des Fahrens* als globaler Kennwert können in Berechnung als Querschnitts-Fahrgastzahl in der Spitzenstunde dividiert durch die gesicherten Plätze, als Besetztheitsfaktor mit dem Inhalt der Verkehrskonzeption als Unternehmens-Durchschnitt und auch je Betriebszweig verglichen werden.

Zu den Umständen des Fahrens kann die *durchschnittliche Betriebszeit* je Arbeitstag im öffentlichen Personenverkehrsnetz gerechnet werden, die heute 19 Stunden beträgt. Die auf der Informationsbasis beruhenden Kennziffern können vom Gesichtspunkt des Fahrgastes am besten durch die Anlangungszeit und den Besetztheitsfaktor während der Fahrt bewertet werden.

Aus der gebietsmäßigen Versorgung, die ein Stadtmittelwert ist, können der durchschnittliche Anlauf- bzw. Weglaufweg bis zur bzw. von der Haltestelle zu Fuß, die durchschnittliche Folgezeit in den verschiedenen Bewertungszeiträumen, deren Hälfte als Wartezeit auf das Fahrzeug angenommen werden kann, die durchschnittliche Fahrzeit, in der die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit enthalten ist, die Anzahl der durchschnittlichen Umsteigungen je Fahrt und die durchschnittliche Umsteigezeit bestimmt werden. Basierend auf den Daten der Zielverkehrs-Fahrgastzählungen beträgt die Anlangungszeit einer Ortsveränderung mittels eines Fahrzeuges des öffentlichen Personenverkehrs in der Hauptstadt anhand der vorgeführten zahlenmäßigen Werte:

1978:	36,9	min/Fahrt, d.s. 0,615 h/Fahrt
1983:	38,364	min/Fahrt, d.s. 0,6394 h/Fahrt
1988:	37,02	min/Fahrt, d.s. 0,617 h/Fahrt

in der Spitzenzeit.

Dieser Mittelwert ist ein für die ganze Hauptstadt charakteristischer globaler Wert, der aus den Ergebnissen der jeweiligen Zielverkehrszählungen und den Fahrplandaten bestimmt werden kann. Die Zeitmenge, die in der Hauptstadt täglich für den Verkehr aufgewandt wird, kann anhand des Zeitverbrauches einer Fahrt und der Anzahl der Fahrten als das Produkt eines intensiven und eines extensiven Faktors angegeben werden. Dieser Wert betrug

1978	2 351 834	Stunden/Tag
1983	2 459 973	Stunden/Tag
1988	2 501 320	Stunden/Tag.

Der Anstieg ergibt sich aus dem Anstieg der Anzahl der Fahrten, da sich die räumlich-zeitliche Versorgung des Netzes des öffentlichen Personenverkehrs nicht verringerte, sondern die durchschnittliche Fahrtentfernung und die Anzahl der auf eine Fahrt fallenden Umsteigungen günstiger wurden.

Auch die Deckung des Bedarfes des Anziehungskreises der Hauptstadt am öffentlichen Personenverkehr gehört zum bedeutenden Teil in den Kreis der Tätigkeit des örtlichen öffentlichen Personenverkehrs. Von den 43 Siedlungen des Agglomerationsringes haben 14 eine BKV-Autobusverbindung, und die Linien der Vorortbahn tangieren zehn Siedlungen. Die Agglomerationsverbindung bedeutet eine Autobusrelation, die 23 Verwaltungsgrenzen überschreitet, mit einer Gesamtlängelinie von 217,4 km, wovon 98,3 km außerhalb der Verwaltungsgrenze liegen. Das sind 45,2% der angeführten Relationen. In den Relationen beträgt der durchschnittliche Startzeitabstand in der Spitzenstunde 9 Minuten (der Wert liegt zwischen 3 und 25 Minuten).

Die Vorortbahn (HÉV) nimmt auf einer Länge von 97,6 km an der Abwicklung des Fahrgastverkehrs in drei Liniengruppen teil, hiervon fallen 36 km auf das Gebiet des Agglomerationsringes und außerdem 20,5 km auf das Komitat Pest. Die Netzlänge in der Hauptstadt beträgt 41,1 km. Der durchschnittliche Abstand der Haltestellen beträgt 950 m und die mittlere Fahrtfernung 9,26 km. Die Hälfte der Relationen hat in der Spitzenzeit eine Folgezeit von 6 – 8 Minuten, und die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit beträgt 31–34 km/h.

### **Theoretische Möglichkeiten der Beurteilung des öffentlichen Personenverkehrs in der Hauptstadt**

Die Hauptstadt besteht aus 250 Verkehrszählkreisen des öffentlichen Personenverkehrs und den aus ihnen gebildeten  $33+1=34$  Kreisgruppen. Die regelmäßig wiederholten Zielverkehrszählungen liefern die Fahransforderungen zwischen den Kreisen bzw. den Kreisgruppen, die Anzahl der Fahranfänge aus den einzelnen Kreisen bzw. Kreisgruppen und die Verteilung nach Entfernung. Für die einzelnen Kreisgruppen können das Ausmaß der gebietsmässigen Abgedecktheit, und anhand dessen die in der Luftlinie messbare durchschnittliche Erreichungszeit der Haltestelle bzw. die durchschnittliche Anlaufzeit zur Haltestelle bestimmt werden. Es kann also bereits basierend auf dem gegenwärtigen Informationssystem — unter Zugrundelegung gewisser, für die ganze Hauptstadt gültiger Kennwerte (durchschnittliche Wartezeit auf das erste Fahrzeug, Anzahl und Zeitdauer der durchschnittlichen Umsteigungen) — der durchschnittliche Zeitaufwand je einer Fahrt aus den einzelnen Start-Kreisgruppen, als für die Kreisgruppe charakteristischer Wert, bzw. die vom Kreis ausgehende Fahrgastzahl bestimmt werden. Auf dieser Weise kann je Kreisgruppe ein durchschnittlicher Zeitaufwand je Tag zur Ortsveränderung im öffentlichen Personenverkehr gebildet werden. Der für die einzelnen Kreisgruppen charakteristische Zeitaufwand für eine Ortsveränderung kann mit der Hauptstadt als Ganzes in einem bestimmten Zeitquerschnitt, in zwei oder mehreren verschiedenen Zeitquerschnitten in der gegebenen Kreisgruppe verglichen werden, bzw. es wird der Vergleich der verschiedenen Kreisgruppen möglich. Die Bestimmung des theoretischen (erwünschten) Niveaus der zeitlich-räumlichen Versorgung ermöglicht die Festlegung des Ausmaßes der Anpassung an ein wünschenswertes Niveau.

Es muß jedoch unbedingt vor Augen gehalten werden, daß bei der Bestimmung der durchschnittlich für eine Ortsveränderung im öffentlichen Personenverkehr aufgewandten Zeit aus der gegebenen Kreisgruppe die Anzahl derjenigen, die die Fahrt beginnen bzw. die Anzahl der Fahrten zwischen

den Kreisgruppen berücksichtigt und der Zeitwert in Abhängigkeit von der Entfernung geprüft werden muß. Das ist beim Vergleich zwischen den Kreisgruppen sehr wesentlich. Das Außerachtlassen der Entfernung würde den Vergleich aus verschiedenen Gesichtspunkten unmöglich machen, und in vielen Fällen würden die Folgen siedlungspolitischer Erwägungen zur Verschlechterung der Parameter des öffentlichen Personenverkehrsnetzes geschrieben. Die neuen Wohngebietseinheiten werden zum Beispiel meist entfernter vom Stadtzentrum erbaut, so dass sich der durchschnittliche Fahrabstand und die Zeit zwangsweise erhöhen, was durch die Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit des öffentlichen Personenverkehrs nicht kompensiert werden kann.

Aus den zuvorigen Ausführungen geht hervor, daß die Beurteilung Daten und Berechnungen erfordert, deshalb wäre es zweckmässig, sie als Teil der regelmässigen Zielverkehrsaufnahmen zu behandeln und als Ergebnis der rechnergestützten Datenverarbeitung zu erhalten.

Die Beurteilung kann grundlegend auf zweierlei Art erfolgen: Es können

- a) die Abfahrt-Kreisgruppe
- b) die Beziehung zwischen den Kreisgruppen beurteilt werden.

Bei beiden Methoden erfolgen die Ermessung der gegenwärtigen Situation, die Bestimmung der Vergleichsbasis sowie der Vergleich der gegenwärtigen Situation mit der Vergleichsbasis.

Bei der Aufnahme der *gegenwärtigen Situation* muß man von den Möglichkeiten der Zielverkehrs-Fahrgastzählung ausgehen. Im Falle a) muß man

- die Einteilung des Kreises der Hauptstadt bzw. der Kreisgruppe,
- die Anzahl der von den einzelnen Kreisen bzw. Kreisgruppen ausgehenden Fahrten und die Entfernungsunterteilung,
- die räumlich-zeitlichen Daten des Netzes des öffentlichen Personenverkehrs für die Kreisgruppen

kennen.

Diese Methode dient in erster Linie zur Charakterisierung der Kreisgruppen.

Im Falle b), wenn die Beziehung zwischen den Kreisgruppen bewertet wird und nicht die Ausgangs- (Ankunfts-)Kreisgruppe, müssen die Fahrten einzeln anhand der Zielverkehrsaufnahme verfolgt werden. Aus der Zielverkehrsaufnahme kann für jede aufgenommene Fahrt folgendes eindeutig gemacht werden:

- der Abfahrtskreis oder die Kreisgruppe,
- der Ankunftsreis oder die Kreisgruppe,
- der in Anspruch genommene Unterzweig bzw. die Relation,

- der Ort und die Anzahl der Umsteigungen,
- der Grund (die Motivierung) der Fahrt,
- der Zeitpunkt der Fahrt.

Den einzelnen Fahrten können — in Kenntnis des Abfahrts- und Anlaufkreises (Kreisgruppen) — der durchschnittliche Hin- bzw. Weggehwert, in Kenntnis der Relation die durchschnittliche Wartezeit auf ein Fahrzeug zum gegebenen Zeitpunkt (die Hälfte der Folgezeit), die in Anspruch genommene Relation oder die zu den Relationen gehörende Fahrgeschwindigkeit (Angabe aus dem Fahrplan) und die Anzahl der zur gegebenen Fahrt gehörenden Umsteigungen zugeordnet werden. Durch die Verfolgung der einzelnen Fahrten erhält man genaue Werte, auch in einer Untergliederung nach Zeitpunkten und nach Gründen. Die Berechnung muß um die Messung in Bezug auf die Umsteigszeiten ergänzt werden, was die Herausbildung verschiedener Umsteige-Typenstellen erforderlich macht [3].

Zur Bestimmung der *Vergleichsbasis* gab es mehrere einheimische und internationale Versuche. Alle diese geben den Zeitbedarf der Ortsveränderung in Abhängigkeit von der Entfernung an.

Für deutsche Verhältnisse wurde die Ortsveränderungszeit [4–5] durch den Zusammenhang

$$T = \sqrt{90L},$$

für die Verhältnisse ungarischer Provinzstädte [4] durch den Zusammenhang

$$\begin{aligned} T &= 12,5 + 2,4L && \text{wenn } L > 1 \text{ km,} \\ T &= 15L && \text{wenn } L \leq 1 \text{ km} \end{aligned}$$

angegeben.

$T$  = Anlangungszeit (Minuten), die die Summe der Hingehezeit, der Wartezeit auf das erste Fahrzeug, der Fahrzeit (mit Umsteigen) und der Weggehezeit ist.

$I$  = Fahrtentfernung (km).

Für die Hauptstadt sind beide Grundfunktionen unreal, weil sie Umsteigungen nicht berücksichtigen und die angenommene Fahrgeschwindigkeit zu hoch ist.

Die Vergleichs-Grundfunktion der Hauptstadt kann der Annahme gemäß bestimmt werden, daß die durchschnittlichen Werte der räumlichen und zeitlichen Versorgung der Hauptstadt, die auch im internationalen Vergleich günstig sind, als gut bewertet werden können.

Durchschnittlich werden eine Anlauf- und Weglaufentfernung von 400 m — was einem durchschnittlichen Haltestellen-Anziehradius von 284 m in der Luftlinie entspricht und gleichzeitig den Haltestellenabstand von 400 m bedeutet —, was bei einer Gehgeschwindigkeit von 1,2 km/h eine

durchschnittliche Anlauf- bzw. Weglaufzeit je Haltestelle von je 6 Minuten bedeutet, und bei einer durchschnittlichen Folgezeit von 6 Minuten (durchschnittliche Folgezeit der Hauptstadt in den Spitzenstunden) ein Warten von 3 Minuten auf das erste in Anspruch genommene Fahrzeug angenommen. Wenn die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit von 21,24 km/h im öffentlichen Personenverkehr sowie der Wert von 0,59 Umsteigungen/Fahrt und die durchschnittliche Umsteigezeit von 10 Minuten akzeptiert werden, ergibt sich die Vergleichsgrundfunktion anhand der Fahrtfernung ( $L$ ) wie folgt:

$$T_{(\min)} = 21,4 + 2,84 L_{(\text{km})}.$$

Wenn für die Hauptstadt eine ähnliche Konstruktion wie die für die deutschen Verhältnisse angewandte Grundfunktion aufgeschrieben wird, erweist sich der Zusammenhang

$$T_{(\min)} = 16,58 L_{(\text{km})}^{0,473}$$

als am besten.

Die Beurteilung muß im Falle a) zweckmäßigerweise die Beziehung zwischen der Ortsveränderungszeit und der aus der Kreisgruppe ausgehenden Fahrgastzahl berücksichtigen, die ebenfalls durch eine Grundfunktion beschrieben werden kann. Die Beziehung zwischen der Anzahl derjenigen, die die Fahrt antreten  $U$  und der Ortsveränderungszeit kann am besten für den Kreis 33+1 der Hauptstadt durch den Zusammenhang

$$T_{(\min)} = 84,183 U^{-0,0689}$$

aufgeschrieben werden.

Für diesen Fall kann die Beurteilungsebene, die die Beziehung beider Einflußfaktoren zeigt, durch die Gleichung

$$T = 21,4 - 4,4 \cdot 10^{-9} \cdot U + 2,84 \cdot L$$

aufgeschrieben werden, in der

$T$  (in Minuten)

$U$  (Anzahl der die Fahrt Antretenden)

$L$  (in km)

als Maßeinheit anzugeben sind.

In beiden Fällen sind

- a) die Beurteilung der Ausgangs-Kreisgruppe
- b) die Beurteilung der Beziehung zwischen den Kreisgruppen das Grundprinzip der vorgeschlagenen Beurteilung, in dem der für die gegenwärtige Situation charakteristische Zeitwert mit der Vergleichsgrundfunktion verglichen wird.

Im Falle a) kann die Beurteilung der Kreisgruppe auf dreierlei Art vorgenommen werden.

a<sub>1</sub>) vorgeschlagene Beurteilung:

Je Kreisgruppe wird in Kenntnis der durchschnittlichen Fahrtfernung der für die Kreisgruppe charakteristische wünschenswerte Ortsveränderungswert bestimmt und mit den tatsächlichen Parametern (durchschnittliches Anlaufen in der Kreisgruppe, in der die Fahrt angetreten wird, je Haltestelle, durchschnittliche Wartezeit, durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit, Anzahl und Zeitdauer der durchschnittlichen Umsteigungen), mit dem berechneten Wert  $T_i$  verglichen. Hierdurch kann in jeder Antrittskreisgruppe die auf eine Fahrt im öffentlichen Personenverkehr fallende Zeitdifferenz ( $\Delta T_i$ ) bestimmt werden.

$$\Delta T_i = T_i - (21,4 + 2,84 L_i) \quad (\text{min/Fahrt, Kreisgruppe}).$$

In einer Antrittskreisgruppe beträgt die summierte Zeitdifferenz:

$$\Delta T_i \cdot U_i = [T_i - (21,4 + 2,84 L_i)] \cdot U_i \quad (\text{Fahrgast-Minute/Kreisgruppe}).$$

Die Zeitdifferenzen können für die gesamte Hauptstadt summiert werden:

$$\sum_i [T_i - (21,4 + 2,84 L_i)] \cdot U_i \quad (\text{Fahrgast-Minute/Hauptstadt}).$$

Die auf eine Ortsveränderung fallende spezifische Zeitdifferenz beträgt:

$$t_{\text{durchschn.}} = \frac{\sum_i [T_i - (21,4 + 2,84 L_i)] \cdot U_i}{\sum_i U_i} \quad \text{min/Fahrt, Hauptstadt.}$$

Die Beurteilung kann analog auch mit Hilfe der Grundfunktion

$$T = 16,58 \cdot L^{0,473}$$

durchgeführt werden.

a<sub>2</sub>) vorgeschlagene Beurteilung:

Die Beurteilung betrachtet die Grundfunktion, die auf der Beziehung zwischen der Ausgangs-Fahrgastzahl und der Ortsveränderungszeit beruht, als Vergleich. Der zur Kreisgruppe gehörende berechnete Wert  $T_i$  wird mit der Grundfunktion verglichen, in der als unabhängige Variable die Anzahl derjenigen, die die Fahrt antreten, steht. Analog zur Beurteilung a<sub>1</sub>) kann bestimmt werden:

$$\Delta T_i = T_i - (84,183 \cdot U_i^{-0,0689}) \quad (\text{min/Fahrt, Kreisgruppe})$$

$$\Delta T_i \cdot U_i = [T_i - (84,183 \cdot U_i^{-0,0689})] \cdot U_i \quad (\text{Fahrgast-min/Kreisgruppe})$$

$$\sum_i T_i - [(84,183 \cdot U_i^{-0,0689})] \cdot U_i \quad (\text{Fahrgast-min/Hauptstadt})$$

$$t_{\text{durchschn.}} = \frac{\sum_i [T_i - (84,183 \cdot U_i^{-0,0689})] \cdot U_i}{\sum U_i} \quad \text{min/Fahrtr, Hauptstadt.}$$

a<sub>3</sub>) vorgeschlagene Beurteilung:

Sie berücksichtigt die Wirkung beider Beeinflussungsfaktoren — der Fahr-entfernung und der abfahrenden Fahrgastzahl. Der zur Kreisgruppe gehörende berechnete Wert  $T_i$  wird mit der Grundfunktion, die die Ebene bedeutet, verglichen. Hierdurch kann analog zur Beurteilung a<sub>1</sub>) folgendes bestimmt werden:

$$\Delta T_i = T_i - (21,4 - 4,4 \cdot 10^{-9} \cdot U_i + 2,84 \cdot L_i) \quad (\text{min/Fahrt, Kreisgruppe})$$

$$\Delta T_i \cdot U_i = [T_i - (21,4 - 4,4 \cdot 10^{-9} \cdot U_i + 2,84 \cdot L_i)] \cdot U_i$$

(Fahrgast-min/Kreisgruppe)

$$\sum_i [T_i - (21,4 - 4,4 \cdot 10^{-9} \cdot U_i + 2,84 \cdot L_i)] \cdot U_i \quad (\text{Fahrgast-min/Hauptstadt})$$

$$t_{\text{durchschn.}} = \frac{\sum_i [T_i - (21,4 - 4,4 \cdot 10^{-9} \cdot U_i + 2,84 \cdot L_i)] \cdot U_i}{\sum U_i}$$

min/Fahrt, Hauptstadt.

Die auf allen drei Arten durchgeführte Beurteilung — wovon a<sub>3</sub>) den am besten zum Vergleich geeigneten Parameter liefert — kann

- auf den Vergleich der Abfahrts-Kreisgruppen miteinander und dem Durchschnitt der Hauptstadt, die Erschliessung der ungünstigsten Kreisgruppen (Vergleich der Werte  $\Delta T_i$  miteinander und dem Wert  $t_{\text{durchschn.}}$ );
- auf die Beurteilung der einzelnen Kreisgruppen (durch die Werte  $\Delta T_i$ );
- die Beurteilung der ganzen Stadt (anhand des Wertes  $t_{\text{durchschn.}}$ .)

in einem Zeitquerschnitt bzw. anhand der Daten der periodisch durchgeführten Verkehrszählungen in mehreren Zeitquerschnitten gerichtet sein.

Die Beurteilung ist auch dazu geeignet, die Wirkung der in den einzelnen Kreisgruppen durchgeführten räumlichen-zeitlichen Netzveränderungen des öffentlichen Personenverkehrs zu demonstrieren, sie eignet sich jedoch auch dazu, die Wirkung von siedlungspolitischen Entscheidungen über den Zeitwert zahlenmässig auszudrücken.

Im Falle b) wird die Beziehung zwischen den Kreisgruppen beurteilt, und zwar im Wesentlichen mit Hilfe von analog aufgebauten Vergleichsfunktionen. Das Verfahren bewertet auch die Beziehung zwischen den Kreisgruppen anhand der Ortsveränderungszeit zwischen den Kreisgruppen ( $T_{ij}$ ), die die räumliche-zeitliche Versorgung der Start- und der Ankunfts-Kreisgruppen, die Geschwindigkeit der in Anspruch genommenen Unterzweige des öffentlichen Personenverkehrs, die Anzahl und die Zeitdauer der Umsteigungen enthält. Zum Vergleich können hier zwei Vergleichsfunktionen — die die Grundzeit ausdrücken — benutzt werden: die Linear- und die Potenzfunktion. Bei der Anwendung beider Funktionen wird im Zusammenhang mit jeder einzelnen Kreisgruppe  $i - j$  die ermessene Ortsveränderungszeit  $T_{ij}$  mit der der Entfernung entsprechenden Ortsveränderungs-Grundzeit verglichen, wobei die Anzahl der Ortsveränderungen zwischen den Kreisen ( $U_{ij}$ ) berücksichtigt wird. Demgemäß gilt:

$$-T_{ij} = T_{ij} - (21,4 + 2,84 \cdot L_{ij}) \quad (\text{min/Fahrt, Kreisbezeichnung})$$

$$-T_{ij} \cdot U_{ij} = [T_{ij} - (21,4 + 2,84 \cdot L_{ij})] \cdot U_{ij} \quad (\text{Fahrgast-min/Kreisbezeichnung})$$

$$\sum [T_{ij} - (21,4 + 2,84 \cdot L_{ij})] \cdot U_{ij} \quad (\text{Fahrgast-min/Hauptstadt})$$

$$t_{\text{durchschn.}} = \frac{\sum [T_{ij} - (21,4 + 2,84 \cdot L_{ij})] \cdot U_{ij}}{\sum U_{ij}} \quad \text{min/Fahrt, Hauptstadt.}$$

Die Beurteilung kann analog auch unter Benutzung der Grundfunktion  $T = 16,58 \cdot L^{0.473}$  durchgeführt werden.

Die Bewertung kann

- auf den Vergleich der Kreisbeziehungen und die Erschliessung der ungünstigen Kreisbeziehungen,
- den Vergleich der einzelnen Kreisbeziehungen und den Durchschnitt der Hauptstadt,
- aus den einzelnen Kreisbeziehungen auf die Beurteilung der Hauptstadt

im gleichen Zeitquerschnitt und auch in mehreren Zeitquerschnitten gerichtet sein.

### Literatur

1. Budapest és közlekedése. Budapest Fővárosi Tanács VB Közlekedési Főigazgatóság.
2. HINEL, P.: Az 1988 évi tömegközlekedési célforgalmi utasszámlálás eredményei. *Városi Közlekedés*, 1990/1 S. 10–17.
3. KÖVESNÉ, GILICZE É. – FÜZY, F.: Közlekedési hálózatok, Budapest. Tankönyvkiadó, 1982.
4. RABE, U.: Bewertung städtischer Verkehrssysteme für den öffentlichen Personenverkehr. *Wiss. Zeitschrift der HfV Dresden*.
5. RÜGER, S.: Städtischer öffentlicher Personenverkehr, Transpress Verlag für Verkehrswesen Berlin, 1986.

#### *Address:*

Dr. Éva KÖVES-GILICZE  
Lehrstuhl für Verkehrsbetrieb  
Technische Universität  
H-1521 Budapest, Ungarn