



Univ.-Prof. i.R. Dr.-Ing. Peter Kirchhoff,
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Fritz Busch, Dr.-Ing. Antonios Tsakarestos,
Dipl.-Geogr. Andreas Hanitzsch; München

Busfahrpläne im ländlichen Raum

Entwurf des Fahrplans am Beispiel zweier Landkreise

In [1] wurde der Ablauf einer zielorientierten Nahverkehrsplanung behandelt. Der Entwurf des Fahrplans ist dort nur ein „Platzhalter“ und wird erst in diesem Beitrag näher erläutert. Der nachfolgend dargestellte Entwurf wird am Beispiel der Landkreise Börde und Jerichower Land im Umland von Magdeburg demonstriert. Die Nahverkehrsplanung für diese beiden Landkreise erfolgte im Rahmen des vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) geförderten Forschungsvorhabens *Osiris*, das vom Lehrstuhl für Verkehrstechnik der TU München (Univ.-Prof. Dr.-Ing. Fritz Busch) bearbeitet wurde.

Paradigmenwechsel

Der ÖPNV im ländlichen Raum konzentriert sich auf den Schülerverkehr. Das Angebot für die übrigen Nutzergruppen und Fahrtzwecke (= allgemeiner ÖPNV) ist demgegenüber meist nur gering. Zukünftig ist eine wachsende Zahl an Senioren, die nicht mehr Auto fahren können, dürfen oder wollen, auf den ÖPNV angewiesen, und auch viele Berufstätige werden wegen der steigenden Kraftstoffpreise zunehmend den ÖPNV benutzen. Deshalb ist die heutige Gewichtsverteilung zwischen Schülerverkehr und allgemeinem Verkehr nicht mehr vertretbar. Der allgemeine ÖPNV muss wieder Grundlage des Gesamtangebots sein. Die Schüler benutzen soweit wie möglich das Angebot des allgemeinen ÖPNV (und nicht umgekehrt) und erhalten dort ein Zusatzangebot, wo das Angebot des allgemeinen ÖPNV nicht ausreicht. Dieser Paradigmenwechsel ist Grundlage des hier vorgestellten Fahrplanentwurfs. Im Vordergrund steht der Entwurf des Angebots für den allgemeinen Verkehr. Der Schülerverkehr wird als integraler Bestandteil des allgemeinen ÖPNV angesehen.

In nachfrageschwachen Räumen ist ein gleichermaßen attraktives und wirtschaftliches Angebot nur zu erreichen, wenn neben dem herkömmlichen Linienbetrieb auch nachfragegesteuerte Betriebsformen eingesetzt werden [2]. Dies geschieht in Form von Richtungsbandbetrieb und Sektorbetrieb. Richtungsbandbetrieb verbindet Orte innerhalb eines Korridors, Sektorbetrieb erschließt die Fläche zwischen den Verbindungen der zentralen Orte. Die räumlich und zeitlich differenzierte Kombination aller verfügbaren Betriebsformen wird als flexible Betriebsweise bezeichnet.

Bestandteile des Fahrplanentwurfs

Der Entwurf des Fahrplans umfasst

- die Bildung von Netz und Betriebsform (räumliche Komponente),
- die Festlegung der Anzahl der angebotenen Fahrten (mengenmäßige Komponente),
- die Festlegung des zeitlichen Ablaufs der Fahrten (zeitliche Komponente).

Das Netz besteht aus Netzelementen. Dies sind die einzelnen Linien, Richtungsbänder und Sektoren.

Eingangsdaten

Netz und Betriebsform orientieren sich an der Siedlungsstruktur und dem darauf aufbauenden System der zentralen Orte. Die Anzahl der angebotenen Fahrten richtet sich vor allem nach den Anspruchsniveaus, die den verkehrlichen Zielen zugeordnet sind

(vgl. [1]). Bei Fahrtzwecken, die eine hohe Belastung aufweisen, wie zum Beispiel der Berufs- und Schülerverkehr, muss neben dem Nachweis der Erfüllung der Anspruchsniveaus zusätzlich ein Kapazitätsnachweis geführt werden. Hierzu muss die Verkehrsnachfrage bekannt sein. Sie muss erhoben oder aus der Siedlungsstruktur abgeleitet werden.

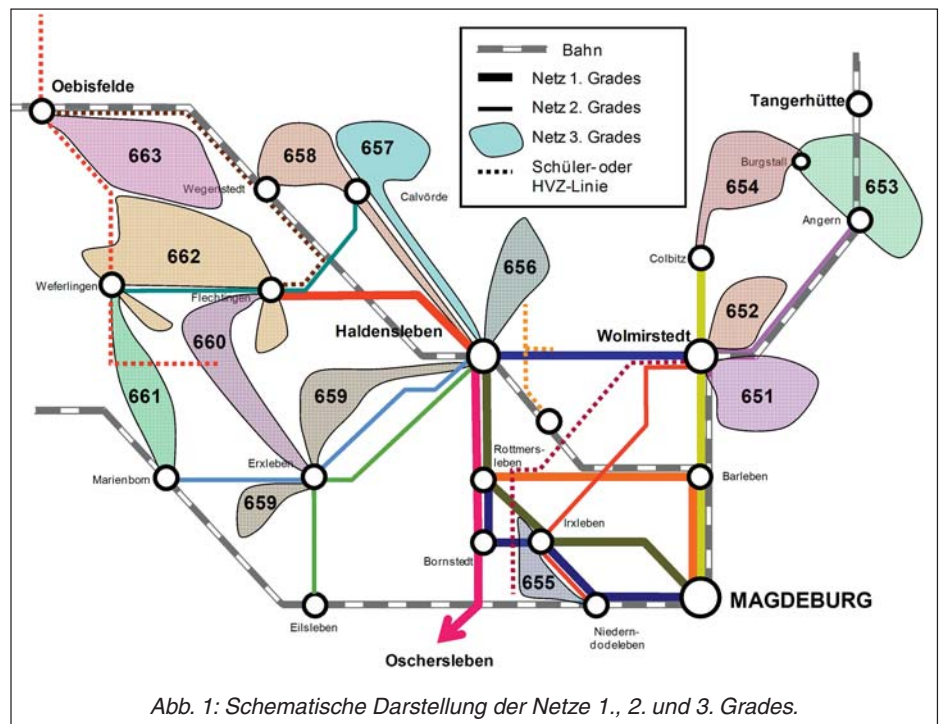
Der zeitliche Ablauf der Fahrt (Abfahrtszeiten an den Haltestellen) richtet sich nach den Fahrzeiten, die zwischen den Haltestellen realisierbar sind. Nachdem die Siedlungsstruktur und die Ziele bereits in [1] abgehandelt sind, werden nachfolgend Ausführungen zur Ermittlung der Verkehrsnachfrage und der realisierbaren Fahrzeiten gemacht.

Verkehrsnachfrage

Bei der Verkehrsnachfrage interessieren folgende Größen:

- Verkehrsbeziehungen zwischen den Haltestellen beziehungsweise den Anfangs- und Endpunkten der Reise,
- Umsteigebeziehungen an den Haltestellen, an denen verschiedene Netzelemente miteinander verknüpft sind,
- Verkehrsbelastung auf den einzelnen Abschnitten der Netzelemente.

Für die Erhebung der Verkehrsbeziehungen gibt es eingeführte Verfahren, die unter anderem in Richtlinien der Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen niedergelegt sind.





Kirchhoff



Busch



Tsakarestos



Hanitzsch

DIE AUTOREN

Univ.-Prof. i.R. Dr.-Ing. Peter Kirchhoff (73) war von 1987 bis 2002 Inhaber des Lehrstuhls für Verkehrs- und Stadtplanung an der TU München. Er studierte Bauingenieurwesen an der TU Braunschweig und promovierte dort auf dem Gebiet der Modellierung der Verkehrsnachfrage. Seiner Tätigkeit als Hochschul-lehrer gingen Forschungs- und Beratungstätigkeit in Verwaltung und Wirtschaft voraus. Seine fachlichen Schwerpunkte waren die Erstellung von Verkehrskonzepten und Planungen im Individualverkehr und im ÖPNV, die Entwicklung von nachfragegesteuerten ÖPNV-Systemen und die Steuerung des ÖPNV.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Fritz Busch (57) ist Inhaber des Lehrstuhls für Verkehrstechnik der TU München. Er studierte Bauingenieurwesen an der Universität (TH) Karlsruhe und promovierte dort auf dem Gebiet der Verkehrstechnik. Nach langjähriger Tätigkeit in der Wirtschaft, zuletzt Abteilungsleiter für Intelligent Transport Systems und Mitglied der Leitung der Siemens AG, wurde er 2003 an der TU München als Professor berufen. Seine Forschungsschwerpunkte umfassen die Ver-

kehrssteuerung und Telematik für den öffentlichen Verkehr und den Individualverkehr sowie die Erfassung und Modellierung des Verkehrsablaufs.

Dr.-Ing. Antonios Tsakarestos (33) ist seit 2002 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Verkehrstechnik der Technischen Universität München und beschäftigt sich mit Planung und Telematik für den Öffentlichen Verkehr. Seit 2009 leitet er die Forschungsgruppe für Öffentlichen Verkehr am Lehrstuhl. Tsakarestos hat Bauingenieurwesen an der TU München studiert. 2010 schloss er seine Promotion mit dem Thema *Weiterentwicklung der Methodik zur Nahverkehrsplanung vor dem Hintergrund veränderter Randbedingungen* erfolgreich ab.

Dipl.-Geogr. Andreas Hanitzsch (30) ist seit 2006 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Verkehrstechnik der TU München. Er beschäftigt sich mit der Planung und Konzeptionierung von nachfragegesteuerten Betriebsformen im ÖPNV des ländlichen Raumes und gehört der Forschungsgruppe für Öffentlichen Verkehr am Lehrstuhl an. Hanitzsch hat Geographie an der Universität München studiert.

Die Umsteigebeziehungen an den Verknüpfungshaltestellen und die Belastungen der Netzabschnitte lassen sich durch eine Umlegung der Verkehrsbeziehungen auf das Netz gewinnen. Genauere Daten erhält man jedoch, wenn man die Ein-, Aus- und Umsteiger an den Haltestellen direkt erfasst. Die Ein- und Aussteiger lassen sich manuell oder mit Hilfe automatischer Zählrichtungen ermitteln. Eine automatische Datenerfassung ist besonders vorteilhaft, wenn im Interesse einer kontinuierlichen Erfolgskontrolle häufig gezählt werden muss. Die Anzahl der Umsteiger lässt sich allerdings nur durch Befragungen feststellen.

Im Schülerverkehr sind Befragungen über die Verkehrsbeziehungen wegen der großen Anzahl der Schüler und dem damit verbundenen hohen Befragungsaufwand nicht sinnvoll. Da die Schulverwaltungen die Wohnorte ihrer Schüler kennen, kann die Verkehrsnachfrage aus diesen Daten abgeleitet wer-

den. Dabei müssen jedoch Annahmen getroffen werden, wie viele Schüler den ÖPNV benutzen oder stattdessen Fahrrad fahren oder von den Eltern gebracht und geholt werden (Modal-Split). Wegen der Unsicherheit solcher Schätzungen müssen die Schätzungen mit Hilfe von Erhebungen an den Haltestellen (Anzahl der einsteigenden Schüler) im morgendlichen Schülerverkehr abgesichert werden. Während der Unterricht in der Regel morgens für alle Schüler zur ersten Stunde beginnt, verteilt sich die Rückfahrt auf unterschiedliche Zeiten. Diese Zeiten einschließlich des Anteils der Schüler, die zu diesen Zeiten Schulschluss haben, kann von den Schulverwaltungen erfragt werden.

Die Verkehrsnachfrage im geplanten Zustand lässt sich weder erheben noch aus der vorhandenen Verkehrsnachfrage hochrechnen. Sie muss mit Hilfe mathematischer Modelle aus der Siedlungsstruktur ermittelt werden.

Wegen der meist mangelhaften Datenlage, und weil die Ergebnisse solcher Modellrechnungen insbesondere für ländliche Gebiete mit hoher Unsicherheit behaftet sind, sollte auf eine Prognose der zukünftigen Verkehrsnachfrage verzichtet und ein iteratives Verfahren angewendet werden: Für den Entwurf des Angebots wird zunächst von der vorhandenen Verkehrsnachfrage ausgegangen. Im nachfolgenden Betrieb wird durch automatische Ein- und Aussteigerzählungen überprüft, ob es Veränderungen der Verkehrsbelastungen gibt. Bei größeren Veränderungen muss der Fahrplan für die nächste Fahrplanperiode angepasst werden. Außerdem melden die Schulverwaltungen die Wohnorte der Schüler sowie die Anfangs- und Endzeiten des Unterrichts rechtzeitig vor Beginn des Schuljahrs an die Verkehrsunternehmen.

Fahrzeiten

Zur Festlegung der Fahrzeiten wendet man ebenso wie bei der Ermittlung der Verkehrsnachfrage ein iteratives Verfahren an: Zunächst geht man von den bisher vorhandenen Fahrzeiten aus. Diese Zeiten sollte sich der Planer aber vom aktuell tätigen Verkehrsunternehmen bestätigen lassen, damit etwaige bereits vorhandene Diskrepanzen zwischen vorgegebenen und realisierbaren Fahrzeiten gleich korrigiert werden können. Für Streckenabschnitte, die bisher nicht befahren werden, sind die Fahrzeiten analog zu anderen vergleichbaren Streckenabschnitten zu schätzen. Während des laufenden Betriebs werden die realisierten Fahrzeiten mit Hilfe automatischer Messverfahren kontinuierlich erfasst und statistisch aufbereitet. Wenn die Messwerte Abweichungen gegenüber den Vorgaben zeigen, müssen die Fahrzeitvorgaben im Fahrplan der nächsten Fahrplanperiode angepasst werden.

Die Fahrt von der Anfangshaltestelle bis zur Endhaltestelle ist im Linienbetrieb deterministisch. Etwaige zeitliche Schwankungen sind die Folge von Störungen. Beim Richtungsband- und Sektorbetrieb verläuft die Fahrt zwischen Anfangs- und Endhaltestelle stochastisch. Die zeitlichen Schwankungen sind nicht nur die Folge von Störungen, sondern werden insbesondere von der Menge und der räumlichen Verteilung der Verkehrsnachfrage verursacht.

Entwurfsprinzipien

Verkehrliche Prinzipien

Das Netz wird entsprechend der unterschiedlichen Bedienungsaufgaben in Anlehnung an das zentralörtliche System hierarchisch gegliedert und folgendermaßen bedient:

- Netz 1. Grades:* Verbindung der zentralen Orte im näheren Umland eines Oberzen-



trums mit dem Oberzentrum, Verbindung von Mittelzentren untereinander, Verbindung von Mittelzentren mit wichtigen Bahnan schlüssen. Werktags wird ein durchgehender Stunden-Takt mit eventuellen Verdichtungen im Berufsverkehr angeboten, am Wochenende genügt ein Stunden-Takt. Betriebsform ist der herkömmliche Linienbetrieb. Eingesetzt werden in der Regel Standardbusse.

- **Netz 2. Grades:** Verbindung von Grundzentren mit Mittelzentren. Während des Berufs- und Schülerverkehrs wird ein Stunden-Takt angeboten und zu den anderen Zeiten ein Zwei-Stunden-Takt. Betriebsformen sind der herkömmliche Linienbetrieb oder der Richtungsbandbetrieb. Eingesetzt werden Standard- oder Midibusse.
- **Netz 3. Grades:** Anbindung von Orten ohne zentralörtliche Funktion an ein Grundzentrum. Während des Berufs- und Schülerverkehrs wird ein Stunden-Takt angeboten und zu den anderen Zeiten ein Zwei-Stunden-Takt. Betriebsform sind der Richtungsbandbetrieb oder der Sektorbetrieb. Eingesetzt werden Großraumtaxi.

Die hier gewählten Betriebsdauern sind werktags von 5.00 Uhr bis 20.00 Uhr mit einer möglichen Verlängerung abends. Sonntag und feiertags wird erst im Laufe des Vormittags begonnen.

Das kommunale Busnetz wird mit übergeordneten regionalen Bahn- und Busnetzen verknüpft. Um eine Verknüpfung zu ermöglichen, muss sich der Takt des kommunalen Bussystems an den meist stundenbasierten Takt des übergeordneten Systems anpassen.

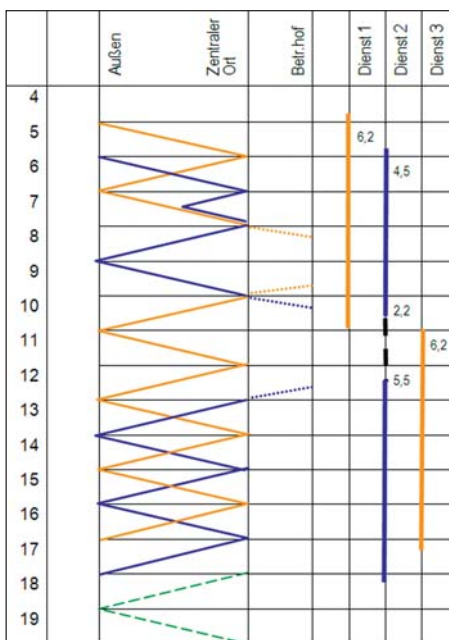


Abb. 2: Darstellung der angebotenen Fahrten auf einem Netzelement.

Zwischen dem kommunalen Busnetz und regionalen ÖPNV-Netzen sowie innerhalb des kommunalen Bussystems sind soweit wie möglich Anschlüsse zu schaffen. Die Umsteigewartezeiten an den Verknüpfungspunkten sollten zwischen fünf und zehn, maximal 15 Minuten betragen. Anschlüsse zwischen den Elementen des Netzes 3. Grades und den Elementen des Netzes 1. und 2. Grades sind zwingend, um eine durchgehende Bedienung zu ermöglichen.

Beim Entwurf der Fahrplankomponenten müssen von Anfang an die betrieblichen Prinzipien beachtet werden, damit der betriebliche Aufwand so gering wie möglich gehalten wird.

Betriebliche Prinzipien

Beim Netzentwurf wird versucht, Netzelemente so zu bilden, dass die Fahrzeit je Richtung zwischen 40 und 50 Minuten liegt. Bei einer solchen Fahrzeit können die gesetzlich vorgeschriebenen Pausenzeiten in die Umläufe eingebunden und unproduktive Standzeiten minimiert werden. Bei längeren Fahrzeiten sind Blockpausen erforderlich, durch welche die Fahrzeuge aus dem kontinuierlichen Umlauf herausfallen und bei einem durchgehenden Taktbetrieb zusätzliche Fahrzeuge eingesetzt werden müssen.

Beim Entwurf des Fahrplans wird zunächst von einem linienreinen Einsatz der Fahrzeuge und Fahrer ausgegangen. Anschließend wird das Einsparungspotenzial von Linienwechseln der Fahrzeuge und Fahrer untersucht. Wegen des Taktbetriebs, des angestrebten Anschlusses an die Bahn und der daraus folgenden eng beieinander liegenden Ankunfts- und Abfahrzeiten an den Verknüpfungspunkten sind die Möglichkeiten von Einsparungen durch Linienwechsel nur gering.

Die Ruhepausen werden an die Anfangs- und Endhaltestelle in den höherrangigen zentralen Orten gelegt. Dort sind die erforderlichen Pauseneinrichtungen am wirtschaftlichsten vorzuhalten. Dienstsichten und Teildienstsichten beginnen und enden auf dem Betriebshof oder auf außen liegenden Abstellanlagen.

Vorgehensweise beim Entwurf für den allgemeinen ÖPNV

Der Entwurf erfolgt zunächst für den allgemeinen ÖPNV noch ohne Berücksichtigung des Schülerverkehrs; die Erfordernisse des Schülerverkehrs werden erst später eingearbeitet.

Bildung von Netz und Betriebsform

Ausgangspunkt für die Bildung von Netz und Betriebsform sind die Haltestellen. Sie müssen gut anfahrbar auf den für die eingesetzten Fahrzeuge befahrbaren Straßen liegen und gut erreichbar von den Schwerpunkten

der Besiedlung sein. Sofern das geplante Netz dieselben Straßenabschnitte benutzt wie das vorhandene Netz, bietet es sich an, nach Überprüfung ihrer Eignung die vorhandenen Haltestellen beizubehalten. Dies gilt insbesondere für die Schulhaltestellen. Andernfalls müssen Haltestellen neu festgelegt, alte gestrichen werden. Wenn die Verkehrsbeziehungen zwischen Anfang und Ende der Reise bekannt sind, lassen sich die Haltestellen hinsichtlich der Länge des Zu- und Abgangswegs optimieren.

Ausgehend vom zentralörtlichen System und den Standorten der Haltestellen werden zunächst die Netzform festgelegt und den Netzelementen geeignete Betriebsformen zugeordnet. Die Bildung des Netzes beginnt mit dem Netz 1. Grades (Linien), setzt sich fort mit dem Netz 2. Grades (Linien oder Richtungsband) und kommt zum Abschluss mit dem Netz 3. Grades (Richtungsband oder Sektoren). Sofern Daten des Verkehrsbedarfs vorliegen und die entsprechenden Verkehrsbeziehungen von denjenigen abweichen, die sich aus dem zentralörtlichen System ableiten (Verkehrsbedarf zwischen den zentralen Orten entsprechend aufsteigender Zentralität), muss hinsichtlich der Netzform ein Ausgleich herbeigeführt werden.

Ein beispielhafter schematischer Netzplan ist in der Abbildung 1 dargestellt.

Festlegung der Anzahl der angebotenen Fahrten

Die Anzahl der in einem bestimmten Zeitintervall angebotenen Fahrten für die einzelnen Netzelemente ist in der Abbildung 2 in Form eines schematischen Bildfahrplans dargestellt.

Das Beispiel weist einen wechselnden Ein- und Zwei-Stunden-Takt mit abendlichem Taxieinsatz auf. Die Fahrzeiten zwischen der außen liegenden Endhaltestelle und der Endhaltestelle in einem innen liegenden zentralen Ort beträgt knapp 50 Minuten je Richtung. Das Ein- und Aussetzen der Fahrer beginnt und endet zwecks Minimierung von Leerfahrten an einer außen gelegenen Abstellanlage. Während der Ausdünnung des Fahrtenangebots am Vormittag halten sich die Fahrzeuge und Fahrer eine bestimmte Zeit auf dem Betriebshof auf, der nahe dem zentralen Ort liegt, um Wartungs-, Service- und Abrechnungsarbeiten durchführen zu können. Der Bildfahrplan enthält auch die Dauer der erforderlichen Dienste, wobei einer der Dienste ein geteilter Dienst mit zwei Dienststücken und einer Pause ist. Zwischen 7 und 8 Uhr führt der blaue Bus seine Rückfahrt nur bis etwa zur Hälfte der Streckenlänge durch, wendet dort und fährt als Verstärker des gelben Busses in den zentralen Ort zurück. Auf diese Weise entsteht im Zulauf zur Schule die doppelte Kapazität. Ab 18 Uhr wird im vorliegenden Beispiel ein Großraumtaxi eingesetzt, um Kosten zu sparen.



Zeitlicher Ablauf der Fahrten

Der zeitliche Ablauf der Fahrten ergibt sich aus den Fahrzeiten zwischen den Haltestellen sowie den Anschlüssen an die Bahn und an die anderen Elemente des ÖPNV-Netzes.

Zunächst werden die räumlichen und zeitlichen Verknüpfungen mit dem regionalen ÖPNV-System festgelegt (Abb. 3). Ausgangspunkt sind die Ankunfts- und Abfahrtszeiten des regionalen ÖPNV-Systems und die Fahrzeiten innerhalb des kommunalen Bussystems zwischen diesen Verknüpfungspunkten. Dabei zeigt sich in der Regel, dass nicht überall gute Anschlüsse möglich sind. Aus diesem Grunde müssen die Anschlüsse priorisiert werden. Beginnend mit der jeweils höchsten Prioritätsstufe werden ideale Ankunfts- und Abfahrtszeiten der anschließenden Netzelemente des Busnetzes (Übergangszeiten fünf bis zehn Minuten) in das Verknüpfungsschema eingetragen. Wenn auf den folgenden Prioritätsstufen keine idealen Verknüpfungen mehr möglich sind, wird versucht, durch Abweichungen von den idealen Übergangszeiten, etwaigen Fahrzeitdehnungen und gegebenenfalls auch Netzänderungen möglichst viele Anschlüsse innerhalb akzeptabler Umsteigewartezeiten (fünf bis 15 Min) zu erreichen.

Da die Bahn mit wenigen Ausnahmen einen Stunden-Takt aufweist, und die Fahrten der Busse deshalb auch in einem stundenbasierten Takt (Ein- oder Zwei-Stunden-Takt) verkehren müssen, genügt es, in einem Verknüpfungsplan die Minuten anzugeben.

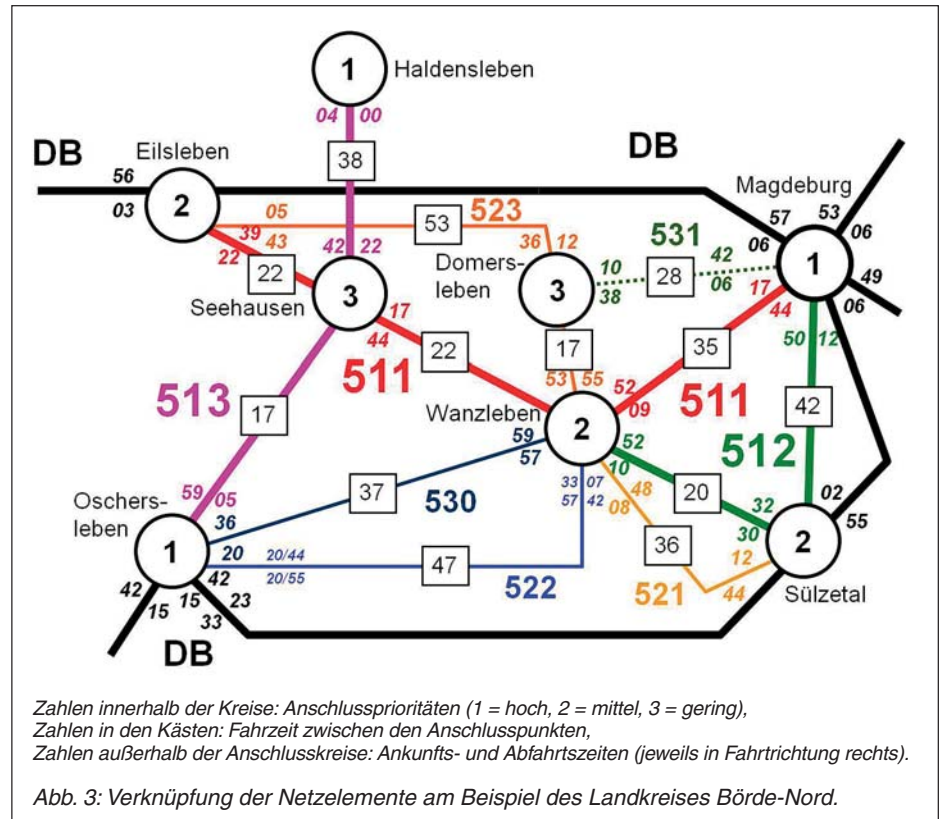
Rahmenfahrpläne

Die Ergebnisse der Netzbildung, der Festlegung der Anzahl der Fahrten und des zeitlichen Ablaufs der einzelnen Netzelemente werden in einen Rahmenfahrplan für das Netzelement eingetragen (Abb. 4).

Der Rahmenfahrplan enthält die Anfangs- und Endhaltestelle, die Verknüpfungshaltestellen mit übergeordneten ÖPNV-Systemen und mit anderen Netzelementen des eigenen Systems sowie die Schulhaltestellen. Die übrigen Haltestellen werden erst bei der Betriebsvorbereitung durch das beauftragte Verkehrsunternehmen ergänzt.

Einbeziehung des Schülerverkehrs

Die Anforderungen an den Schülerverkehr sind im Allgemeinen in einer Schülerbeförderungssatzung des Landkreises festgelegt. Sie haben den Charakter von Anspruchsniveaus. Die Schülerbeförderungssatzung definiert einen entfernungsabhängigen Beförderungsanspruch und begrenzt die Wegezeiten Wohnung ↔ Schule und Wohnung ↔ Haltestelle sowie die Wartezeiten an der Schule vor Unterrichtsbeginn und nach Unterrichtsende. Beim Entwurf des Fahrplans sind die Vorgaben der Schülerbeförderungssatzung einzuhalten, sie können aber auch



verschärft werden, um eine bessere Qualität zu erhalten (zum Beispiel die zulässigen Wegezeiten).

Die Bedienung der Grundschulen ist in der Regel ein reiner Sammel- und Verteilvorgang, der die Schüler ohne Umsteigen zur Schule bringt. Bei der Bedienung der weiterführenden Schulen ist es wirtschaftlicher, die Fahrt in zwei Teilfahrten zu teilen und zwar in eine Sammel- und Verteilfahrt zu einem Umschlagpunkt und eine Verbindungsfahrt von dort zur Schule. Ein günstiger Umschlagpunkt ist die Grundschule. Dann können Grundschüler und Schüler weiterführender Schulen mit derselben Sammel- und Verteilfahrt bis zur Grundschule gebracht werden. Die Schüler der weiterführenden Schulen steigen dort um und nutzen zur Weiterfahrt bis zu ihrer Schule ein Netzelement höheren Grades. Voraussetzung hierfür ist allerdings eine entsprechende zeitliche Staffelung der Schulanfangszeiten: Die weiterführende Schule muss um die Fahrzeit der Verbindungsfahrt später beginnen. Für die Rückfahrt lässt sich ein solcher Zeitversatz nur erreichen, wenn Schüler am Ende der n-ten Stunde der weiterführenden Schule mit Schülern am Ende der (n+1)-ten Stunde der Grundschule miteinander kombiniert werden.

Häufig haben die auf dem Netz 3. Grades eingesetzten Großraumtaxi für die Sammel- und Verteilfahrten der Schüler keine ausreichende Kapazität. In einem solchen Fall ist es notwendig, auf den Hauptstrecken des

Sektors Standardbusse einzusetzen und mit den Großraumtaxi lediglich die abseits gelegenen Haltestellen mit geringer Verkehrsnachfrage zu bedienen. Die Großraumtaxi fahren dann entweder direkt zur Schule oder bringen die Schüler zu den Haltestellen des Standardbusses. In der Abbildung 5 wird hierfür ein Beispiel gegeben. Das dabei erforderliche Umsteigen ist unkritisch, weil es zwischen zwei unmittelbar hintereinander stehenden Fahrzeugen und unter Aufsicht beider Fahrer erfolgt.

Wenn die Kapazität eines Busses im Schülerverkehr nicht ausreicht, müssen Verstärkerbusse eingesetzt werden. Sie verkehren zeitlich parallel zu dem ursprünglichen Bus, wobei jede Haltestelle nur von einem Bus bedient wird. Die Zuordnung der Haltestellen kann so erfolgen, dass ein Bus nur den äußeren Teil der Haltestellen bedient und am inneren Teil durchfährt, während der zweite Bus nur denjenigen Teil der inneren Haltestellen bedient, auf dem die Kapazitätsüberschreitung auftritt.

Im Schülerverkehr werden die Schulen morgens mit einer Fahrt zur ersten Unterrichtsstunde bedient. Mittags sind im Allgemeinen mehrere Rückfahrten erforderlich und zwar nach der 5. und 6. Stunde (ca. 12:00 und 13:00 Uhr). Bei Schulen, die über den Mittag hinaus unterrichten, muss auch nach der 8. Stunde (ca. 15:00 Uhr) eine Rückfahrt erfolgen. Schüler mit späterem Unterrichtsende werden auf den allgemeinen ÖPNV verwiesen.



VERKEHRSPLANUNG

Da sich der Fahrplan zunächst an den Erfordernissen des allgemeinen ÖPNV orientiert und eine gute zeitliche Verknüpfung mit der Bahn und den Netzelementen des eigenen Systems aufweist, kommt es bei der Einbeziehung des Schülerverkehrs häufig zu Konflikten zwischen der zeitlichen Lage der Fahrten des allgemeinen ÖPNV und der zeitlichen Anbindung an die Schulen. Ein solcher Konflikt wird in der Abbildung 6 beispielhaft dargestellt:

Die Buslinie 1 ist im Punkt A und die Buslinie 2 im Punkt B mit der Bahn verknüpft. Auf diese Zeiten werden die Anfangs- und Endzeiten der dort befindlichen Schulen ausgerichtet. Beide Buslinien bedienen außerdem eine weiter entfernte Schule. Nur bei zufällig günstigen

geometrischen Bedingungen würden die beiden Buslinien die Schule zu einem annähernd gleichen Zeitpunkt erreichen. Durch eine entsprechende Festlegung von Unterrichtsbeginn und -ende ist zumeist nur die gute zeitliche Anbindung an eine der beiden Linien möglich.

Um gleichzeitig eine gute Anbindung auch durch die andere Buslinie sicherzustellen, muss eine zusätzliche Fahrt in den Fahrplan dieser Buslinie (in Abb. 6 Buslinie 1, strichpunktierte Linie) eingefügt werden. Bei einem solchen Zeitkonflikt wird man derjenigen Linie eine zusätzliche Fahrt geben, die stärker belastet ist, um dadurch die Belastung aus einer Überlagerung des allgemeinen ÖPNV und des Schülerverkehrs zu vermindern.

Da eine Buslinie häufig auch mehrere Schulen bedienen muss, wird es Fälle geben, in denen die oben erläuterte zeitliche Anpassung an eine Schule zwar gelingt, die zeitlichen Bedingungen an den anderen Schulen aber unzureichend sind. Aus diesem Grunde wird eine Iteration erforderlich, die an den Schulen mit den höchsten Schülerzahlen beginnt und sich dann absteigend bis zu den kleinsten Schulen fortsetzt.

Die Konflikte zwischen allgemeinem Verkehr und Schülerverkehr lassen sich grundsätzlich wie folgt lösen:

- Veränderung der Anfangs- und Endzeiten der Schulen,
- zeitliche Verschiebung der betroffenen Fahrten des allgemeinen ÖPNV,

km	t	Δt	P/P	Fahrzeug	A	B	A	B	B	B	B	A	B	A	B	A	
				3 RB aus Stendal Übergangszeit			5:16	6:16	8:16	10:16	12:28			14:28	16:28	17:16	18:28
							0:26	0:26	0:26	0:26	0:14			0:14	0:14	0:26	0:14
11,5	00:16	0:04	00:25	ab Tangermünde Bahnhof an Jerichow Schule			05:42	06:42	08:42	10:42	12:42			14:42	16:42	17:42	18:42
							05:58	06:58	08:58	10:58	12:58			14:58	16:58	17:58	18:58
				2 Übergangszeit NJL Linie 729 nach Burg			0:30	0:44	0:44	0:24				0:44	0:44	0:44	
							6:28	7:42	9:42	13:22				15:42	17:42	18:42	
14,3	00:21			ab Jerichow Schule an Genthin Jungfernsteg			04:58	05:58	06:58	08:58	10:58	12:58		14:58	16:58	17:58	18:58
							05:19	06:19	07:19	09:19	11:19	13:19		15:19	17:19	18:19	19:19
1,9	00:04			ab Genthin Jungfernsteg an Genthin ZH			05:19	06:19	07:19	09:19	11:19	13:19		15:19	17:19	18:19	19:19
							05:23	06:23	07:23	09:23	11:23	13:23		15:23	17:23	18:23	19:23
0,7	00:03			ab Genthin ZH an Genthin Bahnhof			05:23	06:23	07:23	09:23	11:23	13:23		15:23	17:23	18:23	19:23
							05:26	06:26	07:26	09:26	11:26	13:26		15:26	17:26	18:26	19:26
				3 Übergangszeit RB nach Magdeburg			0:51	0:51	0:51	0:51	0:51			0:51	0:51	0:51	0:51
							7:17	8:17	10:17	12:17	14:17			16:17	18:17	19:17	20:17
				1 Übergangszeit RB nach Berlin			0:12	0:12	0:12	0:12				0:12	0:12	0:12	0:12
							7:38	9:38	11:38	13:38				15:38	17:38	18:38	19:38

km	t	Δt	P/P	Fahrzeug	A	B	A	B	B	B	B	A	B	A	B	A				
				3 RB aus Magdeburg Übergangszeit						10:38		12:38	14:38	15:38	16:38	17:38	18:38			
										0:52		0:52	0:52	0:52	0:52	0:52				
				1 RB aus Berlin Übergangszeit			6:17	7:17	9:17	11:17		13:17	15:17	16:17	17:17	18:17	19:17			
							0:13	0:13	0:13	0:13		0:13	0:13	0:13	0:13	0:13				
1,5	00:04	0:04		ab Genthin Bahnhof an Genthin ZH			04:30	05:30	06:30	07:30	09:30	11:30		13:30	14:30	15:30	16:30	17:30	18:30	19:30
							04:34	05:34	06:34	07:34	09:34	11:34		13:34	14:34	15:34	16:34	17:34	18:34	19:34
1,9	00:03			ab Genthin ZH an Genthin Jungfernsteg			04:34	05:34	06:34	07:34	09:34	11:34		13:34	14:34	15:34	16:34	17:34	18:34	19:34
							04:37	05:37	06:37	07:37	09:37	11:37		13:37	14:37	15:37	16:37	17:37	18:37	19:37
16,4	00:20			ab Genthin Jungfernsteg an Jerichow Schule			04:37	05:37	06:37	07:37	09:37	11:37		13:37	14:37	15:37	16:37	17:37	18:37	19:37
							04:57	05:57	06:57	07:57	09:57	11:57		13:57	14:57	15:57	16:57	17:57	18:57	19:57
				2 NJL Linie 729 aus Burg Übergangszeit			06:27	07:17	09:17			13:46	15:41	16:27						
							0:30	0:40	0:40			0:11	0:16	0:30						
11,5	00:16			ab Jerichow Schule an Tangermünde Bahnhof			04:57	05:57	06:57	07:57	09:57	11:57		13:57	14:57	15:57	16:57	17:57		
							05:13	06:13	07:13	08:13	10:13	12:13		14:13	15:13	16:13	17:13	18:13		
				3 Übergangszeit RB nach Stendal			0:24	0:11	0:24	0:16	0:24	0:24		0:24	0:24	0:11	0:24			
							5:37	6:24	7:37	8:29	10:37	12:37		14:37	16:37	17:24	18:37			

Linie 728

Abb. 4: Beispiel für einen Rahmenfahrplan, noch ohne Schülerbeförderung.

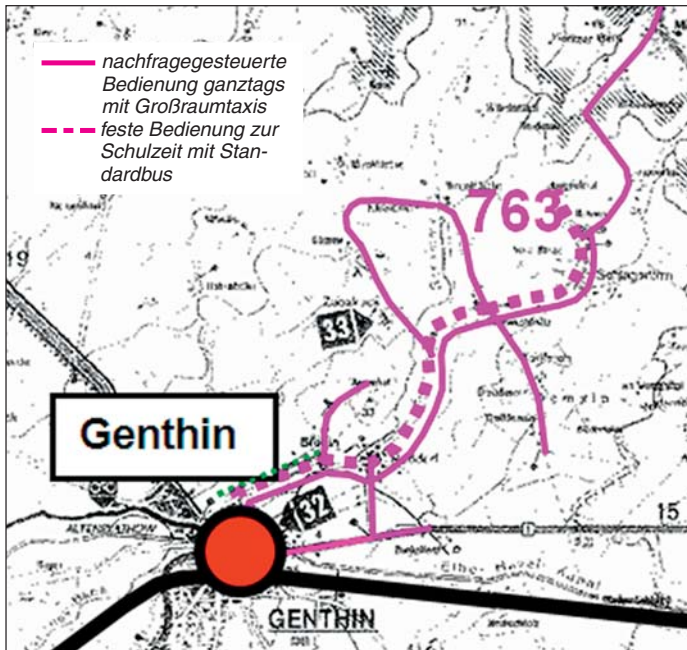


Abb. 5: Kombination von Standardbus und Großraumtaxi.

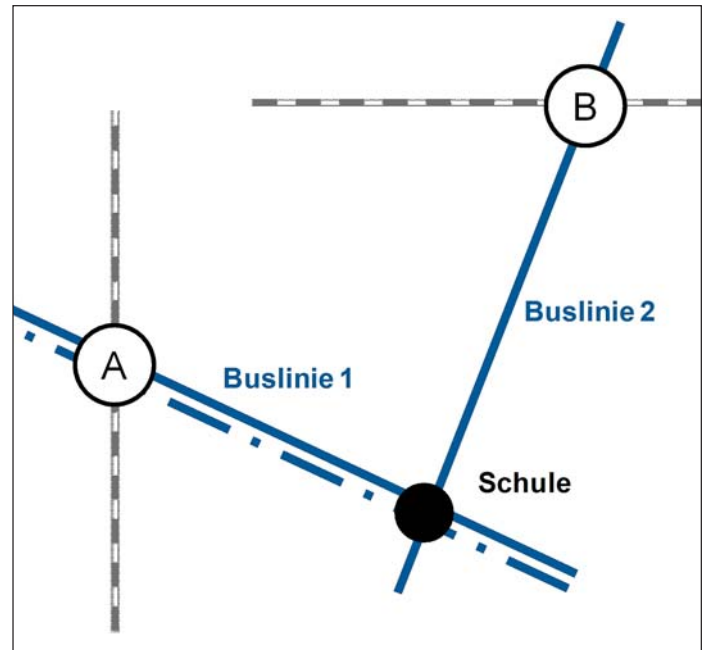


Abb. 6: Zeitkonflikt zwischen allgemeinem ÖPNV und Schülerverkehr.

- Einfügung von Zusatzfahrten, die zeitlich auf die bestehenden Anfangs- und Endzeiten der Schulen ausgerichtet sind.

Zunächst sollte versucht werden, den Konflikt zwischen allgemeinem ÖPNV und Schülerverkehr dadurch zu lösen, dass man die Zeiten des Unterrichtsbeginns und Unterrichtsendes an die Ankunfts- und Abfahrtszeiten der Fahrten des allgemeinen ÖPNV anpasst. Diese kostengünstigste Lösung trifft aber häufig auf den Widerstand der Schulen beziehungsweise der Eltern. Die kommunalen Gebietskörperschaften, die sowohl Schulträger als auch Aufgabenträger des ÖPNV sind, müssen dann abwägen, ob sie dem Widerstand der Schulen nachgeben und Mehrkosten in Kauf nehmen, oder ob sie sich aus Kostengründen über den Widerstand der Schulen hinwegsetzen. Ein Kompromiss kann darin bestehen, dass die kommunale Gebietskörperschaft den Schulen gegenüber eine Verschiebung bis zu einer Zeitspanne von zum Beispiel 20 Minuten durchsetzt und anstelle größerer Verschiebungen zusätzliche Fahrten in den Fahrplan einfügt.

Wenn die Schulen mit dem Fahrplan für den allgemeinen ÖPNV trotz einer Verschiebung der Zeiten des Unterrichtsbeginns und Unterrichtsendes nicht befriedigend bedient werden können oder wenn der Landkreis einem entsprechenden Widerstand der Schulen oder der Eltern gegen Veränderungen der Anfangs- und Endzeiten nachgibt, sollte als nächstes ein weiterer Kompromiss zwischen dem allgemeinen ÖPNV und der Schülerbeförderung gesucht werden:

- Morgens werden, wenn die Fahrten des allgemeinen ÖPNV mit Anschluss an die Bahn die Schulen nicht bedienen können,

zwischen 6.00 und 8.00 Uhr zusätzliche Fahrten mit einer guten zeitlichen Anbindung an die Schulen eingefügt.

- Mittags wird die zeitliche Lage der Fahrten des allgemeinen ÖPNV zwischen 12.00 und 16.00 Uhr in Anpassung an das Unterrichtsende verändert. Dadurch gehen womöglich Anschlüsse an die Bahn verloren beziehungsweise es entstehen längere Übergangszeiten, was mittags aber nicht so kritisch ist wie während der Zeiten des Berufsverkehrs.

Erst wenn auch ein solcher Kompromiss wegen der Anschlussproblematik an das übergeordnete ÖPNV-System nicht möglich ist, müssen auch mittags zusätzliche Fahrten für die Schülerbeförderung eingefügt werden. Dies wird jedoch im Allgemeinen teurer als eine Einfügung zusätzlicher Fahrten nur bei Unterrichtsbeginn, weil mittags mehr Rückfahrten für die Schüler erforderlich sind als morgens Hinfahrten.

Abschätzung der Kosten, Erlöse und Zuschüsse

Für den Aufgabenträger gibt es zwei Gründe, die Kosten, Erlöse und Zuschüsse möglichst genau abzuschätzen: Er muss in der Lage sein, zwischen den von ihm festgesetzten Anspruchsniveaus und den Zuschüssen, die für deren Realisierung erforderlich sind, abzuwägen. Außerdem muss er vor Eröffnung eines Vergabeverfahrens wissen, wie viel Zuschüsse er nach der Vergabe der Leistungen aufzubringen hat.

Die Kosten, Erträge und Zuschüsse sind auf einen Zeithorizont zu beziehen. Dies sollte zunächst der Zeitpunkt der Realisierung der Planung sein. Eine zeitliche Fortrechnung in die Zukunft kann entsprechend der voraussichtlichen Teuerungsrate erfolgen.

Kosten

Die Kosten im vorhandenen Zustand können den Bilanzen der Verkehrsunternehmen entnommen oder dort abgefragt werden. Dabei ist darauf zu achten, dass es sich nur um Kosten des allgemeinen ÖPNV und des Schülerverkehrs handelt und nicht um Kosten, die aus anderen Betriebsleistungen resultieren (Reisebürofahrten, Beförderung mobilitätseingeschränkter Personen). Wenn möglich, sollte für den vorhandenen Zustand eine Nachkalkulation entsprechend dem nachfolgend dargestellten Kalkulationsschema durchgeführt werden.

Bei der Erstellung von ÖPNV-Leistungen fallen Kosten in folgenden Bereichen an:

- Vorhaltung der Fahrzeuge,
- Einsatz der Fahrzeuge,
- Einsatz von Fahrpersonal,
- Steuerung des nachfrageabhängigen Betriebs,
- Betriebsanlagen (Betriebshof, Verwaltungsgebäude),
- Betriebseinrichtungen (Systeme der Steuerung und Überwachung des Betriebsablaufs),
- Einsatz von Personal für die Betriebsüberwachung,
- Verwaltung.



Für die Steuerung von nachfrageabhängigem Betrieb sind entsprechende Software, ein Rechner in der Betriebsleitzentrale und PDAs in den Fahrzeugen zu beschaffen. Um die jährlichen Kosten für die Steuerung zu ermitteln, müssen diese Investitionskosten bei den Verkehrsunternehmen amortisiert und verzinst werden. Außerdem sind die Personalkosten für die Steuerung hinzuzurechnen.

Es wird davon ausgegangen, dass sich die Kosten für Betriebsanlagen und Betriebseinrichtungen sowie für Personal der Betriebsüberwachung und der Verwaltung durch ein weiterentwickeltes Verkehrsangebot nicht verändern. Sie werden hier deshalb nicht weiter behandelt. Kosten für Haltestellen fallen nicht an, weil die Anlage und die Ausstattung der Haltestellen Sache der kommunalen Gebietskörperschaft ist.

Bei der Kalkulation der Kosten ist auch ein angemessener Gewinn für das Verkehrsunternehmen anzusetzen.

Die Kosten ergeben sich durch Multiplikation von Aufwandsmengen für den Fahrbetrieb mit spezifischen Kosten dieser Mengenelementen. Die Aufwandsmengen werden durch folgende Kenngrößen ausgedrückt:

- Anzahl der für den Einsatz erforderlichen Fahrzeuge zuzüglich Fahrzeugreserve [Stück],
- Fahrleistung je Netzelement, differenziert nach den Betriebsformen [km/Jahr],
- Einsatzzeit der Fahrer je Netzelement [Std/Jahr], differenziert nach Auf- und Abrüstzeit (Pauschalwert), Lenkzeit für die Fahrt zur Einsatz- und von der Aussetzhaltestelle, Lenkzeit zur Fahrgastbeförderung, Ruhezeit und Pufferzeit zum Ausgleich von Verspätungen sowie unproduktive Standzeiten an der Endhaltestelle bis zur Wiederabfahrt laut Fahrplan,
- Nutzleistung der Taxis im nachfragegesteuerten Betrieb [km/Jahr].

Die zugehörigen Werte lassen sich unmittelbar aus den Rahmenfahrplänen ableiten.

Es wird unterstellt, dass die Leistungen für den Betrieb des Netzes 1. und 2. Grades von dem mit der Leistungserstellung beauftragten Verkehrsunternehmen erbracht werden. Die Untervergabe von Leistungen an andere Verkehrsunternehmen wird nicht berücksichtigt; sie führt in der Regel zu Kosteneinsparungen und liegt damit auf der sicheren Seite. Der nachfragegesteuerte Sektorbetrieb wird im Allgemeinen an Taxiunternehmen vergeben. Er kann nach Fahrleistung (Fahrgastbeförderung plus Leerfahrten) oder Nutzleistung (nur Fahrgastbeförderung) abgerechnet werden. Wenn nach der Nutzleistung abgerechnet wird, ist dies ein Ansporn für den Taxiunternehmer, die Leerleistung so gering wie möglich zu halten. Es entfällt zudem das Problem, die Leerleistung festzustellen und zu kontrollieren.

Um die Fahrleistung im nachfragegesteuerten Betrieb ermitteln zu können, müssen Annahmen über die Nachfragehäufigkeit und die daraufhin zu fahrende Routenlängen getroffen werden. Solange keine Ergebnisse empirischer Untersuchungen vorliegen, können theoretische Überlegungen von Bertocchi [3] weiterhelfen.

Die für die Ermittlung der Kosten des Fahrbetriebs erforderlichen spezifischen Kosten sind:

- Vorhaltekosten der Fahrzeuge (Amortisation, Verzinsung, Versicherung) [€/Fzg + Jahr],
- Kosten des Einsatzes der Fahrzeuge [€/km],
- Lohnkosten des Einsatzes von Busfahrern [€/Std],
- Kosten der Taxiunternehmer für Linien-Taxibetrieb [€/km],
- Kosten der Taxiunternehmer für nachfrageabhängigen Taxibetrieb [€/km],
- Overheadkosten des Verkehrsunternehmens [€/(Beschäftigte im Fahrbetrieb + Jahr)].

Die Ermittlung der spezifischen Kosten ist problematisch: Einerseits müssen ortsspezifische Besonderheiten wie das Lohnniveau berücksichtigt werden, andererseits ist von den Kosten eines durchschnittlich gut geführten Unternehmens auszugehen. Die spezifischen Kosten des aktuell tätigen Verkehrsunternehmens sind zwar ortsspezifisch, müssen aber nicht die Kosten eines durchschnittlich gut geführten Unternehmens entsprechen. Der Planer sollte von den spezifischen Kosten des aktuell tätigen Verkehrsunternehmens ausgehen und sie den Werten gegenüberstellen, die in der Literatur für ein durchschnittlich gut geführtes Unternehmen des betreffenden Regionaltyps angegeben werden. Aus dieser Gegenüberstellung sollte er die verwendeten spezifischen Kosten ableiten.

Erlöse

Die Erlöse setzen sich folgendermaßen zusammen:

- Erlöse aus dem Fahrscheinverkauf im allgemeinen ÖPNV,
- Ausgleichszahlungen nach § 45a für die Schülerbeförderung,
- Ausgleichszahlungen nach § 148 SGB IX für die Beförderung von Schwerbehinderten,
- Sonstige Erlöse (zum Beispiel Fahrzeugwerbung).

Die Erlöse ergeben sich aus der Multiplikation des Fahrpreises mit der Anzahl der Fahrgäste. Die Fahrpreise werden vom Verkehrsunternehmen im Rahmen von Vorgaben des Aufgabenträgers festgesetzt. Die Entwicklung der Fahrpreise ist deshalb in ihrer Größenordnung vorhersehbar. Schwieriger ist es dagegen, die Entwicklung der Fahrgastzahlen vorherzusagen. Während die Entwicklung der Anzahl der Senioren aufgrund von Bevölkerungsprognosen unproblematisch ist, kann praktisch nicht abgeschätzt werden, in welchem Umfang die Senioren den ÖPNV benutzen, wenn sie nicht mehr Auto fahren. Auch für die Berufstätigen ist kaum vorherzusagen, wie weit sie trotz Autoverfügbarkeit bei steigenden Kraftstoffkosten mit dem kostengünstigeren ÖPNV zur Arbeit zu fahren. Dies sind Probleme der wissenschaftlichen Forschung. Zurzeit stehen aber noch keine Erkenntnisse zur Verfügung, die für die Planungspraxis genutzt werden könnten.

Die Entwicklung der Schülerzahlen ist zwar voraussehbar, unbekannt ist jedoch, welche strukturellen Änderungen bei den Schulstandorten und den Unterrichtsformen eintreten werden und wie sich der Schülerverkehr daraufhin entwickeln wird. In jedem Fall werden Gewinne im allgemeinen ÖPNV aufgrund von Angebotsverbesserung durch Verluste im Schülerverkehr aufgrund zurückgehender Schülerzahlen teilweise wieder aufgezehrt. Wegen dieser Ungewissheiten wird sich der Planer mit pauschalen Annahmen behelfen müssen. Im einfachsten Fall geht er von den vorhandenen Einnahmen aus und macht pauschale Zuschläge, je nachdem wie er die einzelnen Wirkungen einschätzt.

Zuschüsse

Die erforderlichen Zuschüsse ergeben sich aus der Differenz zwischen Kosten und Erlösen. Sie werden heute folgendermaßen aufgebracht:

- Zuschüsse des Landkreises aus Zahlungen des Landes (zum Beispiel Regionalisierungsmittel),
- Zuschüsse des Landkreises aus eigenen Mitteln,
- Zuschüsse für Schienenverkehr ersetzende Leistungen,
- Sonstige Zuschüsse.

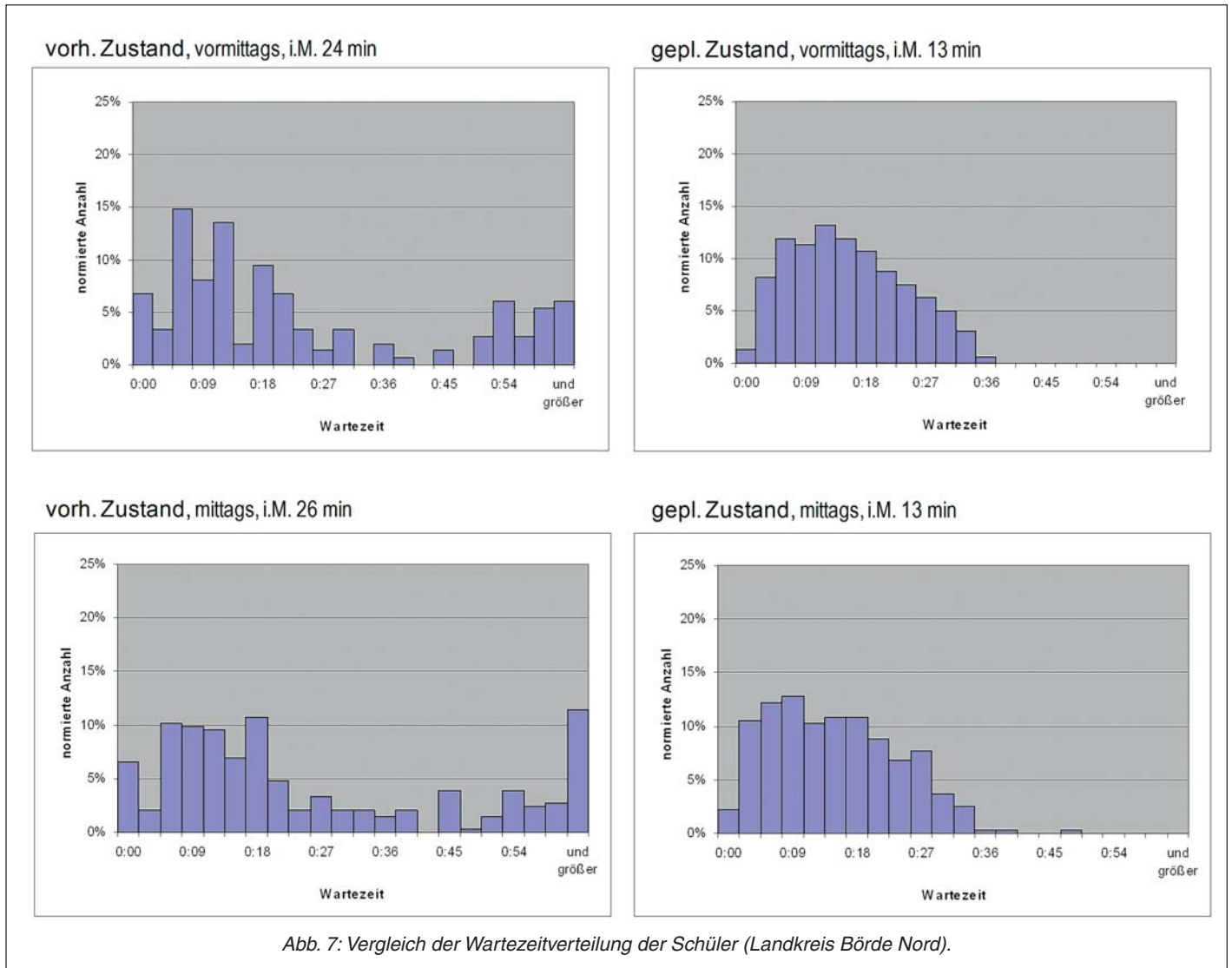
ANZEIGE

Ralph Pütz

STRATEGISCHE OPTIMIERUNG VON LINIENBUSFLOTTEN

alba

Softcover, Format 20,5 x 22 cm, 196 Seiten,
zahlreiche Tabellen und Grafiken, 29,80 €



Die Frage, ob der Aufgabenträger die erforderlichen Zuschüsse aufbringen kann oder will, führt möglicherweise zu einer Rückkopplung mit den Anspruchsniveaus. So ließe sich die Bedienungshäufigkeit auf bestimmten Netzelementen verringern, wenn die Höhe der Zuschüsse reduziert werden muss. Dadurch reduziert sich aber auch die Angebotsqualität.

Angebotsqualität

Die Bewertung der erreichten Angebotsqualität kann entweder absolut anhand der Erreichungsgrade der vorgegebenen Anspruchsniveaus vorgenommen werden oder durch eine relative Bewertung zwischen den Qualitätskenngrößen des geplanten Zustandes und des vorhandenen Zustandes erfolgen. Für die Ermittlung der Werte der quantifizierbaren Indikatoren aus ihren Einflussgrößen eignen sich Programmsysteme wie beispiels-

weise Visum und für Kenngrößen der Siedlungsstruktur Geoinformationssysteme. Die Ausprägungen der nicht quantifizierbaren Indikatoren lassen sich aus Informationen über die Haltestellenausstattung, die Eigenschaften der eingesetzten Fahrzeuge sowie die Verfahren der Fahrtaulaufsteuerung (Betriebsleitsystem) und der Fahrgastinformation gewinnen. Für den vorhandenen Zustand sind dies vorliegende Beschreibungen und für den geplanten Zustand Anforderungskataloge. In Abbildung 7 wird beispielhaft für eine Qualitätsverbesserung die Veränderung der Wartezeiten der Schüler dargestellt:

Die Wartezeiten der Schüler vor Unterrichtsbeginn und nach Unterrichtsende sind deutlich geringer geworden. Die Mittelwerte haben sich nahezu halbiert. Außerdem sind die Ausreißer mit sehr langen Wartezeiten verschwunden. Die Verteilung ist kompakter geworden und weist eine wesentlich geringere Streuung auf.

Literatur

- [1] Kirchhoff, P., Busch, F., Tsakarestos, A., Hanitzsch, A.: ÖPNV-Planung für ländliche Räume, in: DER NAHVERKEHR 10/2010, S. 12–16.
- [2] Kirchhoff, P., Tsakarestos, A.: Planung des ÖPNV in ländlichen Räumen, Ziele – Entwurf – Realisierung, Teubner-Verlag, Stuttgart, Leipzig, Wiesbaden, 2007.
- [3] Bertocchi, T. (2009): Einsatzbereiche von ÖPNV-Bedienungsformen im ländlichen Raum. Dissertation am Fachgebiet Verkehrssysteme und Verkehrsplanung der Universität Kassel.
- [4] DIN EN 13816 (2002): Öffentlicher Personennahverkehr – Definition, Festlegung von Leistungszielen und Messung der Servicequalität. Ausgabe 7.
- [5] Friedrich, M.: Rechnergestütztes Entwurfsverfahren für den ÖPNV im ländlichen Raum. In: Schriftenreihe des Lehrstuhls für Verkehrs- und Stadtplanung der TU München, Heft 5, 1994.
- [6] Kirchhoff, P.: Städtische Verkehrsplanung – Konzepte, Verfahren, Maßnahmen, Teubner-Verlag, Stuttgart, Leipzig, Wiesbaden, 2002.
- [7] Tsakarestos, A.: Weiterentwicklung der Methodik zur Nahverkehrsplanung für ländliche Räume vor dem Hintergrund veränderter Randbedingungen. In: Schriftenreihe des Lehrstuhls für Verkehrstechnik der TU München, Band 13, 2010.