

# TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Lehrstuhl für Verkehrstechnik – Institut für Verkehrswesen

## **Maximierung und Sicherung der Angebotsqualität im nachfragegesteuerten ÖPNV durch Analyse von Verkehrs- und Betriebsdaten**

Andreas Martin Hanitzsch

Vollständiger Abdruck der von der Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt der  
Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktor-Ingenieurs

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gebhard Wulfhorst

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Fritz Busch
2. Univ.-Prof. i.R. Dr.-Ing. Peter Kirchhoff
3. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Carsten Sommer, Universität Kassel

Die Dissertation wurde am 04.02.2014 bei der Technischen Universität München  
eingereicht und durch die Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt am 25.09.2014  
angenommen.



## Kurzfassung

Der ÖPNV in den ländlichen Räumen verliert durch die Abnahme der Bevölkerung, die anhaltende Zersiedlung der Landschaft sowie eine noch immer zunehmende Motorisierung tendenziell weiterhin an Fahrgästen. Der Rückgang der Fahrgastzahlen hat häufig eine Reduzierung des Angebotsumfangs und der Angebotsqualität zur Folge, die dann ihrerseits einen weiteren Verlust an Fahrgästen bewirkt. Dieser Entwicklung muss Einhalt geboten werden, denn der ÖPNV hat angesichts des Rückgangs der Nahversorgung, der Alterung der Gesellschaft und der steigenden Kraftstoffpreise nach wie vor eine große Bedeutung für die Daseinsvorsorge in den ländlichen Räumen. Die finanzielle Situation der öffentlichen Hand erlaubt es nicht, die Strukturen des ÖPNV in der heutigen Form beizubehalten und die steigenden Defizite durch immer höhere Zuschüsse auszugleichen. Um einen wirtschaftlichen Betrieb zu ermöglichen, müssen der von der EU geforderte Wettbewerb um die Konzessionen umgesetzt und der herkömmliche Linienbetrieb um nachfragegesteuerte Betriebsformen erweitert werden.

Bei den nachfragegesteuerten Betriebsformen gibt es zwei gegensätzliche Konzepte: FIEDLER ergänzt den herkömmlichen Linienbetrieb in den Schwachverkehrszeiten durch nachfragegesteuerte Sammeltaxi-Fahrten („AST“). KIRCHHOFF ersetzt die vorhandenen liniengebundenen Systeme durch ein System flexibler Betriebsweisen, bei dem herkömmlicher Linienbetrieb, Richtungsbandbetrieb und Sektorbetrieb in Abhängigkeit von der Verkehrsnachfragestruktur miteinander kombiniert werden.

Der Fahrtablauf des nachfragegesteuerten Betriebs ist in hohem Maße stochastisch, denn die Fahrtrouten und die Fahrzeiten hängen von den Zufälligkeiten der räumlich-zeitlichen Verteilung der Verkehrsnachfrage ab. Diese Stochastik verhindert es, vor Betriebsbeginn definitive Abfahrtszeiten an den Haltestellen und definitive Beförderungsdauern anzugeben. Erst während des laufenden Betriebs lassen sich aufgrund der aktuellen Fahrtwünsche Fahrtrouten bilden. Aus diesem Grunde kann die Planung nur ein rückgekoppelter Prozess sein: Zunächst erfolgt die Planung aufgrund von vagen Annahmen über den Betriebsablauf. Sie wird dann anhand der im laufenden Betrieb gewonnenen Daten in Form einer Fortschreibung an die Realität des Verkehrsgeschehens angepasst. Dieser Anpassungsprozess sollte regelmäßig wiederholt werden. Ziel der Anpassung muss es sein, die Angebotsqualität zu maximieren und den Betriebsaufwand zu minimieren.

Eine solche Vorgehensweise, verbunden mit der Notwendigkeit, die erreichten Niveaus langfristig aufrecht zu halten, ist Gegenstand der Qualitätssicherung. Diese ist ihrerseits Teil des Qualitätsmanagements. Die Ziele des Qualitätsmanagements und die Vorgehensweisen zur Erreichung dieser Ziele sind Inhalt der DIN EN ISO 9000 [2005]. Die Qualitätssicherung wird gemäß dieser Norm gesteuert durch Anforderungen „von Kunden, von Organisationen in Vorwegnahme der Kundenanforderungen oder von behördlichen Vorgaben“.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, ein System zu entwickeln, das es erlaubt, die im laufenden Betrieb anfallenden Daten des Verkehrs- und Betriebsablaufs zu analysieren und darauf aufbauend die Planung anzupassen. Durch die kontinuierliche Wiederholung dieses Prozesses wird es möglich, die Angebotsqualität und den Betriebsaufwand langfristig auf diesem Niveau zu halten.

Die Datenanalyse und die Hinweise auf Maßnahmen zur Verbesserung der Angebotsqualität und zur Reduzierung der Betriebskosten erfolgen mit Hilfe von empirischen Untersuchungen, die in den Landkreisen Grafschaft Bentheim im Südwesten von Niedersachsen und Waldeck-Frankenberg in Hessen westlich von Kassel durchgeführt werden. Die Wahl dieser Untersuchungsgebiete stellt sicher, dass beide der o.g. Konzepte nachfragegesteuerter Betriebsformen Berücksichtigung finden und die Ergebnisse der Untersuchungen allgemein anwendbar sind. Die beiden Landkreise haben unterschiedliche Siedlungsstrukturen. Während der Landkreis Grafschaft Bentheim sich vor allem in seinem nördlichen Teil durch eine flache Landschaft auszeichnet, hat der Landkreis Waldeck-Frankenberg eine sehr bewegte Topographie. Dies wirkt sich sowohl auf die räumliche Anordnung der Einwohner als auch auf die Form der Verkehrswege aus. Die Siedlungsstrukturen und die ÖPNV-Systeme der Untersuchungsgebiete werden eingehend beschrieben. Neu ist dabei die Zuhilfenahme von Kenngrößen der Bevölkerungsentropie zur Charakterisierung der Siedlungsdichte und zur Untermauerung der gewählten Betriebsformen.

Grundlage der Analyse sind sogenannte Netzelemente; das sind in der hier benutzten Terminologie Linien, Richtungsbänder und Sektoren. Sie bedienen Teilgebiete der Untersuchungsräume und sind untereinander verknüpft. Im Landkreis Grafschaft Bentheim erstreckt sich die Untersuchung auf die nachfragegesteuerten Netzelemente im Norden (Sektoren 11 bis 16) und im Landkreis Waldeck Frankenberg auf die AST-Linien des Linienbündels 580.

Die Analyse umfasst Kenngrößen der Verkehrsnachfrage sowie diejenigen Kenngrößen des Fahrtablaufs und der Leistungserstellung, die beim nachfragegesteuerten Betrieb eine deutlich höhere Stochastik aufweisen als beim herkömmlichen Linienbetrieb. Im Mittelpunkt der Qualitätssicherung steht der Fahrtablauf. Seiner Untersuchung wird eine Untersuchung der vorhandenen Verkehrsnachfrage vorangestellt, die ein wichtiger Indikator für die Akzeptanz des Angebots ist. Diese Akzeptanz lässt sich beim nachfragegesteuerten Betrieb vor Betriebsbeginn noch schlechter vorhersagen als beim Linienbetrieb.

Die räumlich-zeitlich differenzierte Analyse der Verkehrsnachfrage zeigt, an welchem Ort und zu welcher Zeit Defizite bei der Inanspruchnahme des Angebots bestehen und welche Maßnahmen infrage kommen, um diese Defizite zu beseitigen. Als wichtige Kenngrößen für die Beurteilung der Verkehrsnachfrage werden die Anzahl der beförderten Fahrgäste, die Verkehrsbeziehungen zwischen den einzelnen Orten und den Verknüpfungspunkten mit dem Linienbetrieb, die Belastung der Haltestellen die Gruppeneffekte bei den Fahrten (Anzahl der Personen je Fahrtwunschmeldung) und der Nutzungsgrad der angebotenen

Fahrten untersucht. Die Daten werden differenziert nach Netzelementen sowie Stunden-  
gruppen, Wochentage, Monaten und Jahren. Eine kontinuierliche Zunahme der Verkehrs-  
nachfrage zeigt, dass das nachfragegesteuerte Angebot zunehmend akzeptiert wird. Auffäl-  
lig ist die geringe Verkehrsnachfrage außerhalb der Zeiten des Schülerverkehrs und des Be-  
rufsverkehrs. Zu diesen Zeiten wandelt sich, insbesondere im Landkreis Grafschaft  
Bentheim, die angestrebte Sammeltaxibeförderung zu einer Individualtaxibeförderung, so  
dass der Effekt der Kosteneinsparung durch die Sammelbeförderung nur gering ist. Hier  
sollte durch eine gezielte Information und Werbung eine höhere Auslastung der Fahrzeuge  
angestrebt werden. Eine Zunahme an Fahrgästen zu diesen Zeiten erhöht nur in geringem  
Maße den Betriebsaufwand, aber in hohem Maße die Wirtschaftlichkeit. Während morgens  
im Schülerverkehr Standardlinienbusse eingesetzt werden müssen, konzentrieren sich die  
Rückfahrten wegen des zunehmenden Ganztagsunterrichts nicht mehr wie früher auf die  
Mittagszeit, sondern verteilen sich über den gesamten Nachmittag. Hierfür ist der nachfra-  
gegesteuerte Betrieb mit Großraumtaxi besonders geeignet.

Der räumlich-zeitliche Ablauf der Fahrten bestimmt maßgeblich die Qualität des Angebots.  
Die wichtigsten Kenngrößen für die Beurteilung des Fahrtablaufs sind die Pünktlichkeit der  
Beförderung, die Übergangszeiten bei Umsteigevorgängen, etwaige Fahrzeitverlängerungen  
durch Umwege sowie – als Zusammenfassung der vorstehend genannten Kenngrößen – die  
Beförderungsgeschwindigkeit. Hierauf konzentriert sich die vorliegende Untersuchung.

Verfrühungen und Verspätungen an den Einstiegs- und Ausstiegshaltestellen lassen sich mit  
Hilfe eines Betriebsleitsystems messen. Ein solches System ist nur im Landkreis Waldeck-  
Frankenberg vorhanden, nicht aber im Landkreis Grafschaft Bentheim. Da die Fahrzeiten  
zwischen den Haltestellen von der zufälligen räumlichen Verteilung der Verkehrsnachfrage  
abhängen, lassen sich Verspätungen nur dadurch vermeiden, dass der Fahrplan verändert  
wird. Hierbei ist jedoch anzustreben, den Fahrplankontakt über den gesamten Tag oder zumin-  
dest über größere Stundengruppen zu erhalten. Die Übergangszeiten an den Verknüpfungs-  
haltestellen mit dem Linienbetrieb sind in der Grafschaft Bentheim manuell gemessen wor-  
den, allerdings nur in geringem Umfang. Bei zu kurzen oder zu langen Übergangszeiten  
muss ebenfalls der Fahrplan verändert werden. Die Untersuchungen zeigen sowohl für Ver-  
frühungen und Verspätungen als auch für die Verbesserung der Übergangszeiten Ansatz-  
punkte auf.

Fahrzeitverlängerungen hängen von der Anzahl der Fahrgäste ab, die eine Fahrt nutzen: Bei  
wenigen Fahrgästen treten nur geringe Umwege durch die Bedienung von abseits der kür-  
zesten Route gelegenen Haltestellen und damit geringe Verlängerungen der kürzest mögli-  
chen Fahrzeit auf. Je mehr Fahrgäste mitfahren, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit,  
dass räumliche Konstellationen entstehen, die stark fahrzeitverlängernd wirken. In solchen  
Fällen kann eine Veränderung von Sektorgröße und Sektorform – also eine veränderte Zu-  
ordnung der Haltestellen zu den einzelnen Netzelementen – hilfreich sein.

Die Beförderungsgeschwindigkeit zwischen zwei Haltestellen ist hier definiert als das Verhältnis des kürzesten Weges auf dem von Taxis befahrbaren Straßennetz zur Beförderungsdauer auf dem tatsächlich gefahrenen Weg. Für den Landkreis Grafschaft Bentheim werden die Beförderungsdauern wegen des fehlenden Betriebsleitsystems aus den Weglängen berechnet, wobei eine mittlere Fahrgeschwindigkeit aus den Messungen im Landkreis Waldeck-Frankenberg abgeleitet wird. Bei unzumutbar geringen Beförderungsgeschwindigkeiten muss versucht werden, fahrzeitverlängernde Haltestellen einem anderen Netzelement zuzuordnen oder die Bedienungsform zu verändern, z.B. durch Zerlegung eines Sektors in mehrere Richtungsbänder.

Der Aufwand an Betriebsleistung wird insbesondere durch die Einsatzzeiten der Fahrer, die Anzahl der vorzuhaltenden Fahrzeuge und die Laufleistung der Fahrzeuge bestimmt. Diese Kenngrößen können entweder von den Verkehrsunternehmen ermittelt oder aus den Ergebnissen der Fahrtwunschdisposition abgeleitet werden. Wegen der Zufälligkeit der zu fahrenden Routen lässt sich die erbrachte Betriebsleistung nicht allein aus der Verkehrsnachfrage ableiten, sondern erfordert eine Auswertung der Fahrtwunschdisposition. Aber auch eine solche Auswertung gibt nicht die Gewähr, dass die erbrachte Betriebsleistung das mögliche Minimum, also das wirtschaftliche Optimum, darstellt. Hierzu muss zusätzlich überprüft werden, ob das verwendete Dispositionsverfahren zu einem Minimum an Betriebsleistung führt. Die Untersuchung zeigt, dass unterschiedliche Strategien der Fahrtwunschdisposition zu unterschiedlichen Werten für die Angebotsqualität und die Betriebsleistung führt.

Die Auswertung der Fahrtwunschdisposition liefert nur die Betriebsleistung für Besetztfahrten, d.h. für Fahrten, bei denen Fahrgäste befördert werden. Die Verknüpfung der einzelnen Besetztfahrten erfordert i.d.R. Leerfahrten, d.h. Fahrten zwischen zwei Besetztfahrten ohne Fahrgäste oder Einsetz- und Aussetzfahrten vom oder zum Betriebshof. Der Umfang der Leerfahrten hängt nicht nur von der räumlichen Konstellation der Beförderungswünsche ab, sondern auch von der Strategie, nach der das Taxiunternehmen die Fahrzeuge einsetzt. Ein Minimum an Leerfahrten entsteht, wenn möglichst viele der Besetztfahrten zu Fahrtenketten verknüpft werden, ohne dass das Fahrzeug zwischen zwei Besetztfahrten in den Betriebshof fährt. Dies gilt nicht, wenn der Taxiunternehmer ein aussetzendes und anschließend wieder einsetzendes Fahrzeug für Privatfahrten benutzt, die nicht dem ÖPNV angelastet werden. Diese Problematik und die damit verbundenen Verbesserungsmöglichkeiten werden in der Arbeit am Anwendungsfall des Landkreises Grafschaft Bentheim ausführlich behandelt. Dabei zeigt sich, dass eine Zunahme der Verkehrsnachfrage die erforderliche Betriebsleistung zwar geringfügig erhöht, in erster Linie aber zu einer Erhöhung der Wirtschaftlichkeit des Betriebes führt. Als Ergebnis der Untersuchung der Leerkilometer wird empfohlen, die erbrachten Leerkilometer nicht explizit abzurechnen, sondern als Kombination und Zuschlag zu den ermittelten Besetzkilometern zu verrechnen. Dies muss jedoch von Zeit zu Zeit überprüft werden.

Die Gegenüberstellung von Beförderungsleistung und Betriebsleistung ist ein Indikator für die Leistungseffizienz. Sie wird für den Landkreis Grafschaft Bentheim vorgenommen und dabei nach den einzelnen Netzelementen differenziert. Je nach Form des Sektors und der daraus resultierenden unterschiedlichen räumlich-zeitlichen Verteilung der Verkehrsnachfrage gibt es dabei große Unterschiede. Um die Leistungseffizienz zu erhöhen, kann es hilfreich sein, die Zuordnung der Haltestellen zu den Netzelementen so zu verändern, dass sich die erforderliche Betriebsleistung verringert.

Mit dieser Arbeit wird angestrebt, den Aufgabenträgern bzw. den planenden Instanzen innerhalb der Landkreisverwaltungen sowie den beteiligten Verkehrsunternehmen ein Instrument für eine rückgekoppelte Form der ÖPNV-Planung im ländlichen Raum (Planen mit Hilfe grober Annahmen – Messung von Kenngrößen – Korrektur bzw. Weiterentwicklung der Planung) an die Hand zu geben.

Unsicherheiten bei der Planung des nachfragegesteuerten Betriebs in ländlichen Räumen bestehen nach dem heutigen Entwicklungsstand vielfach. Diese können anhand der in dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse und entwickelten methodischen Handlungsschritte beseitigt werden, wodurch die angestrebte Angebotsqualität erreicht bzw. langfristig gehalten werden kann. Mittels der Planungsinstrumente kann der Aufgabenträger bzw. die von ihm beauftragte planende Instanz selbständig die Qualitätskontrolle durchführen.





## **Abstract**

Caused by a decrease in population, uncontrolled development and an increasing level of motorisation, the number of passengers using public transport in rural areas has declined. This has often led to a supply reduction in the quality of public transport and hence the quantity of passengers decreases again. This process has to be stopped, because public transport in rural areas is needed to preserve the local infrastructure, and increasingly relevant due to the ageing of the population and the advancing petrol price. The financial situation of public authorities does not allow the maintenance of public transport structures as it is today. Increasing deficits have to be balanced by government subsidy. The economic viability of public transport can only be served if free competition within the European Union and demand responsive transport are better exploited.

Concerning demand responsive transport there are two contrary concepts: FIEDLER added classic public line-based transport by demand responsive taxi drives only during off-peak hours. KIRCHHOFF replaced the existing line-based transport systems by a system of flexible and demand responsive transport. According to the traffic demand, there was developed a combination of line-based transport, semi-fixed transport (with optional deviation within a fixed range) and on-demand transport, not only in operation during off-peak hours.

The operating procedure of demand responsive transport follows several presumptions and likelihoods, precisely because the trips and timetables depend on the spatio-temporal distribution of traffic demand. These stochastic specifications prevent exact times of departure at the different bus stops before one trip has been started. Only when one trip is in operation can driving routes be created – depending on the actual required trip destinations. Due to these characteristics of demand responsive transport, the planning process can only be realized in an inverse way. The first planning steps are developed in an imprecise way. On the basis of data gained from ongoing operations, these planning assumptions can be made more precise and effective. This process of adjustment should be repeated over and over again. The main intention of this process of adjustment should be the maximization of service offered and the minimization of the operating costs.

This approach is the main objective of quality assurance – combined with the need to maintain the achieved quality levels. The aims of quality management and the steps to reach these aims are set out in DIN EN ISO 9000 [2005]. Quality assurance itself is regulated by requirements established by customers, organizations and governmental specifications.

The main objective of the present thesis is the development of a system that allows the analysis of data gathered during operating procedures and – on this basis – the adaption of the planning system for demand responsive transport structures. The continuous iteration of this process makes it possible to maintain the achieved quality levels.

The data analysis and recommended measures to optimize the service and to reduce the operational costs is put into practice in empirical studies in the German administrative districts *Grafschaft Bentheim* in the south-west of Lower-Saxony and *Waldeck-Frankenberg* in Hesse west of Kassel. The selection of these two areas allows two above-named different systems of demand responsive traffic structures to be examined. Hence, the results of this research will be generally applicable. The two administrative districts are characterized by different settlement structures. The extremely different topography causes a different population distribution in relation to the urban environment and the placement of traffic infrastructure. The settlement structures and the public transport systems will be described in detail. Through newly-developed population entropy parameters, the population density and the mode of traffic operation can be characterized and developed.

The bases for the analysis are so-called network device types: fixed routes, semi-fixed routes and flexible service with only one fixed stop. They are in operation in parts of the investigated areas and they are linked to each other. In the *Grafschaft Bentheim* the analysis refers to the six demand responsive network elements in the northern area of the administrative district and in *Waldeck-Frankenberg* to the line bundle 580.

The analysis includes parameters of traffic demand and those parameters of operating procedure and provision of service that contain higher stochastic characteristics than line-based service does. The central point of quality assurance is the operating procedure after having looked into the existing travel demand which is also a very important indicator for the acceptance of public transport service. This acceptance is harder to predict for demand responsive transport than for line-based transport.

The spatially and temporally differentiated analysis of traffic demand shows the deficits concerning the share of public transport service in relation to a certain time and a certain place in the bus network. Furthermore, it shows the type of measures which can remove the deficits. The most important parameters for the assessment of traffic demand are the number of carried passengers, the transport relations between stops and connection points to line-based service, the importance and demand of the bus stops, the number of passengers on each trip and the degree of utilization of the trips offered. The data is categorized into the different types of network elements and different spaces of time (groups of hours, weeks, months and years). As a result, the continuous augmentation of traffic demand shows that the demand responsive transport supply is accepted more and more. It's notable that during the off-peak times (when there is no school transport) the level of traffic demand is very low. During these times the transport mode changes especially in the *Grafschaft Bentheim* from "collective taxis" to "individual taxis". Due to this effect the level of cost saving remains low. So the government authorities should strive to raise the degree of capacity utilization by measures of targeted information and advertising. An increase in passenger numbers during off-peak times doesn't raise the costs of operation substantially, while improving the

economic feasibility greatly. For school transport in the morning, there standard public-transit buses are used. In the afternoon the transport back home is stretched due to several end-of-school-times. During this time it is recommended to use minibuses or minivans – based on the principles of demand responsive transport.

The spatio-temporal sequence of trips determines the quality of supply in a significant way. The most important parameters for the estimation of operating procedures are the punctuality of transport, the transit time at connection points, delays caused by indirect routes and – summing up the previous parameters – the average transport speed. The study focuses on these coherences.

Early and delayed buses and taxis at the bus stops can be measured by bus communication systems or intermodal transport control systems (ITCS). Such a system is implemented only in *Waldeck-Frankenberg* and not in the *Grafschaft Bentheim*. As travel times between the bus stops depend on the random distribution of traffic demand, delays can only be avoided if the timetables are modified. It is desirable that the timetable cycle should stay constant over the day or, at least, for several hours. In the *Grafschaft Bentheim* the transit times at connection points between demand responsive transport and line-based transport were only measured manually. If the transit times are too short or too long, the timetables have to be modified as well. The investigations of this study identify methods to improve the timetables concerning arrivals that are too early, delays and adjustments of the transit times between the different network elements.

The lengthening of travel times depends on the number of passengers using one specific trip. If there are few passengers using a certain bus connection, the number of detours remains at a low level, because there are only a few bus stops that are served away from the direct connection. The higher the number of passengers, the higher the likelihood of longer detours via bus stops far from main connections. This causes longer travel times. In such cases it can be helpful to change the size and shape of demand responsive bus sectors, i.e. a modified assignment of the bus stops to the network elements.

The average transport speed between two bus stops is defined as the ratio between the shortest route in the drivable street network and the actual route driven. For the *Grafschaft Bentheim* the journey times have to be calculated out of the network distances because of the missing ITCS; in *Waldeck-Frankenberg* it is possible to deviate a mean velocity from the available measurements. If the transport speeds are unreasonably low, efforts must be made to change the operation form (e.g. by dividing one sector into several semi-fixed network elements) or to assign certain offside-situated stops to other network elements.

The operating performance is determined mainly by the operating time of the drivers and the use time, number and mileage of the buses. These parameters can be identified by the transportation companies or out of the trip requests. Because of the randomness of the

driven routes the real operating performance is not only a result of the traffic demand, but requires the analyses of the disposed trip requests. But such an analysis does not ensure that the used disposition procedure causes a minimum of operating performance. This study demonstrates that different strategies of trip request disposition cause different values concerning service offered and operating performance.

The evaluation of trip request disposition only produces the operating performance for required trips (with passengers inside the bus). The connection of single occupancy trips usually requires empty vehicle kilometres, i.e. trips without passengers between two bus stops or between bus stops and bus depots. The number of empty vehicle kilometres depends not only on the spatial distribution of the bus stops, but also from the strategy a taxi company uses to dispatch its vehicles. A minimum number of empty vehicle-kilometres is generated if as many occupied trips as possible are combined into trip chains without one vehicle returning to the depot. This doesn't apply if a taxi company combines public transport trips with private trips during non-productive times. This set of problems is discussed extensively using the example of the *Grafschaft Bentheim*. As a result a decrease in travel demand raises the operating performance marginally, but the cost-effectiveness is raised significantly. The conclusion of the evaluation of the empty vehicle kilometres is a proposal that the final payment of empty vehicle kilometres should not be billed separately, but in combination and as an addition to the effectively demanded kilometres. This operation method used by the taxi companies should be inspected from time to time.

The comparison of transport efficiency and operating performance is an indicator for the efficiency of transport management. It is demonstrated for the *Grafschaft Bentheim* and differentiated by the single network elements. Dependent on the form of the service sectors and on the resulting spatio-temporal distribution of traffic demand there are huge differences. To raise the efficiency of transport management it can be helpful to vary the assignment of the bus stops to other network elements. In this way the operating performance needed can be reduced.

The purpose of this thesis is to give an independent planning system to district administrations, planning entities and transport companies. With this planning system administrative authorities of rural areas may be able to develop their public transport system themselves by these following steps: planning with vague assumptions → measuring of parameters → correction and advancement of the planning system. Today there are still many uncertainties during the planning process of public transport in rural areas, which can be removed by the developed planning methods and evaluation results of this study. In this way the requested service can be achieved. With these planning methods and tools public transport companies and planning entities can perform quality control independently.

## Inhaltsverzeichnis

1.	Problemstellung und Zielsetzung .....	1
2.	Untersuchungsmethodik und Vorgehensweise.....	9
2.1	Systemarchitektur der Qualitätssicherung .....	9
2.2	Zusammenstellung relevanter Kenngrößen.....	17
2.3	Ausgangsdaten für die Ermittlung der Kennwerte.....	20
2.4	Auswerteprogramm .....	22
2.5	Untersuchungsgebiete .....	28
2.6	Informationsverarbeitung im Rahmen der Auswertungen .....	29
3.	Siedlungsstruktur und ÖPNV-Bedienung der Untersuchungsgebiete .....	33
3.1	Landkreis Grafschaft Bentheim .....	33
3.2	Landkreis Waldeck-Frankenberg.....	44
3.3	Vergleich der beiden Untersuchungsgebiete .....	50
4.	Analyse der Verkehrsnachfrage .....	53
4.1	Anzahl der beförderten Fahrgäste .....	53
4.2	Verkehrsbeziehungen und Haltestellenbelastungen.....	64
4.3	Sammeleffekte bei den Fahrten.....	69
4.4	Nutzungsgrad der angebotenen Fahrten.....	73
4.5	Mögliche Maßnahmen .....	75
5.	Analyse des Fahrtablaufs .....	79
5.1	Verfrühungen und Verspätungen an den Einstiegs- und Ausstiegshaltestellen .....	80
5.2	Übergangszeiten bei Umsteigevorgängen .....	83
5.3	Mehrwege und Mehrzeiten .....	87
5.4	Beförderungsgeschwindigkeiten .....	91
5.5	Mögliche Maßnahmen .....	99
6.	Analyse der Leistungserstellung .....	103
6.1	Einsparung von Besetztleistung .....	106
6.2	Einsparung von Leerleistung .....	110
6.3	Vergleich von erbrachten und errechneten Gesamtkilometern .....	117
6.4	Gegenüberstellung von Beförderungs- und Betriebsleistung .....	118
6.5	Mögliche Maßnahmen .....	120
7.	Handlungskonzept für die Qualitätskontrolle .....	123
	Literaturverzeichnis .....	129

Abkürzungsverzeichnis .....	133
Abbildungsverzeichnis .....	137
Tabellenverzeichnis .....	139

# 1. Problemstellung und Zielsetzung

## **Anforderungen an den ÖPNV in ländlichen Räumen**

Der ÖPNV in den ländlichen Räumen verliert tendenziell weiterhin an Fahrgästen. Hauptursachen sind die Abnahme der Bevölkerung und hier besonders der Schüler, die anhaltende Zersiedlung der Landschaft, die zu einer Verringerung der Siedlungsdichte führt, sowie eine noch immer zunehmende Motorisierung. Dies wirkt sich auch auf die wirtschaftliche Situation des ÖPNV aus. Der Rückgang der Fahrgastzahlen hat häufig eine Reduzierung des Angebotsumfangs und der Angebotsqualität zur Folge, die dann ihrerseits einen weiteren Verlust an Fahrgästen bewirkt. Dieser für den ÖPNV negativen Entwicklung muss Einhalt geboten werden, denn der ÖPNV hat nach wie vor eine große Bedeutung für die Daseinsvorsorge in den ländlichen Räumen, die in Zukunft eher noch größer wird: Der Anteil der Senioren, die ihren Pkw nicht mehr benutzen können und auf den ÖPNV angewiesen sind, wird zunehmen, steigende Kraftstoffpreise und hohe Parkgebühren werden viele Menschen zwingen, bei der Fahrt in die Zentren den ÖPNV zu benutzen, und die Ausdünnung der Nahversorgung wird zu Weglängen bei Einkäufen und Erledigungen führen, die nicht mehr zu Fuß zurückzulegen sind. Der ÖPNV muss den hieraus abzuleitenden Anforderungen gerecht werden und ein entsprechendes Angebot bereitstellen.

Die finanzielle Situation der öffentlichen Hand erlaubt es nicht, die Strukturen des ÖPNV in der heutigen Form beizubehalten und die steigenden Defizite durch immer höhere Zuschüsse auszugleichen. Neben der Ausreizung der Möglichkeiten eines sozialverträglichen Wettbewerbs sind auch die Betriebsformen des ÖPNV zu erweitern und an die jeweilige Siedlungsstruktur anzupassen. Dies heißt, dass neben dem herkömmlichen Linienbetrieb in Gebieten geringer Siedlungsdichte nachfragegesteuerte Betriebsformen einzusetzen sind. Auch müssen die heute verfügbaren Instrumente des Verkehrsmanagements stärker genutzt werden. Sie erlauben es, das Angebot flexibel zu halten und an räumlich und zeitlich unterschiedliche Mobilitätsbedürfnisse anzupassen sowie die Angebotsqualität in dem verfügbaren Kostenrahmen zu maximieren und zu sichern.

## **Nachfragegesteuerte Betriebsformen**

Erste Schritte der nachfragegesteuerten Bedienung wurden Ende der 1970er Jahre in den USA mit „Dial-a-Bus“-Systemen gemacht. Auch in Deutschland, den Benelux-Ländern, Skandinavien und der Schweiz wurde seit den 1980er Jahren nachfragegesteuerter ÖPNV eingeführt. Bis zum Jahr 2000 gab es in der Schweiz schon 16 „PubliCar“-Systeme, mit weitgehend fahrplanfreier Bedienung von Tür zu Tür [vgl. METRON AG 1996].

Internationale Forschungsprojekte, die sich mit der Grundlagenforschung bei nachfragegesteuerten Betriebsformen befasst haben, waren *SAMPO* (Systems for Advanced Manage-

ment of Public Transport Operations), *ARTS* (Actions on the Integration on Rural Transport Systems) oder *VIRGIL* (Verifying and Strengthening Rural Transport Services). Demonstrationräume für diese Projekte, in welchen mehr Wert auf technische Durchführbarkeit und weniger auf die Betrachtung planerischer Grundlagen gelegt wurden, waren ländliche Räume in Flandern (Belgien), Keski-Uusimaa (Finnland), bei Florenz und Campi (Italien) und Göteborg (Schweden) [vgl. SAMPO 1997].

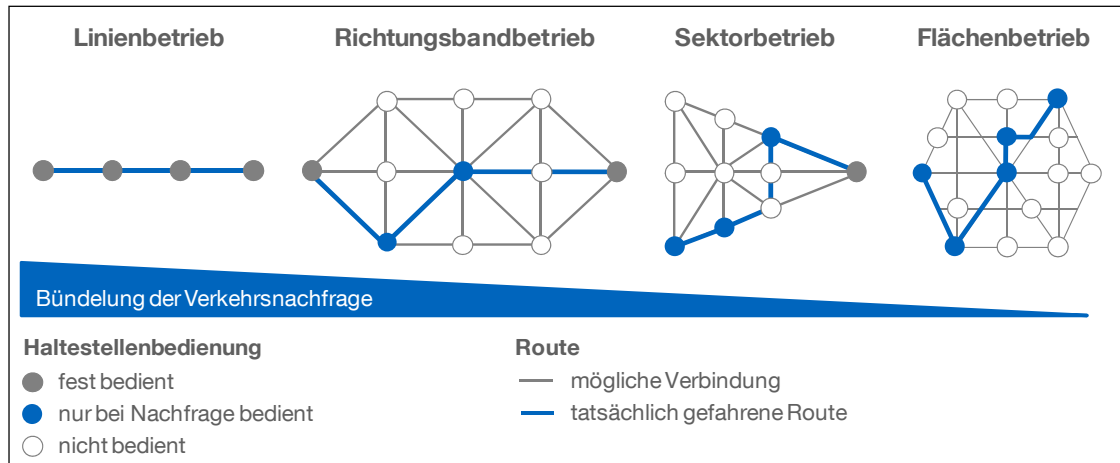
In Deutschland begann diese Entwicklung mit den vom damaligen BMBF geförderten Forschungsprojekten RUFBUS im Bodenseekreis (Friedrichshafen) und RETAX in der Region Hannover (Wunstorf) [vgl. BMFT 1980]. Der Betrieb wurde allerdings nach Auslaufen der Forschungsförderung wieder eingestellt. In der Folgezeit kristallisierten sich zwei Entwicklungslinien von nachfragegesteuerte Betriebsformen heraus:

- FIEDLER ergänzt den schon vorhandenen Linienbetrieb durch Anruf-Sammeltaxis. Sie verkehren vor allem abends und in zeitlichen Lücken in der Bedienung tagsüber und erfüllen Sonderaufgaben wie Behindertentransporte und Theaterheimfahrten [vgl. FIEDLER 1986; VDV 2009]. Bestehende Linienverkehre mit ihren Betriebskonzessionen werden möglichst nicht angetastet. Die Disposition des Betriebs erfolgte zunächst manuell. Erst mit der Einrichtung komplexerer Systeme und dem technischen Fortschritt wurden AST-Systeme mit Hilfe der EDV betrieben.
- KIRCHHOFF ersetzt den vorhandenen Linienbetrieb durch ein System flexibler Betriebsweisen, welches sich auf das zentralörtliche Siedlungssystem stützt und Elemente des herkömmlichen Linienbetriebs mit Elementen des nachfragegesteuerten Betriebs kombiniert [vgl. KIRCHHOFF 1983; KIRCHHOFF, TSAKARESTOS 2007]. Dabei wird das vorhandene ÖPNV-System von Grund auf überplant, ggf. auch mit einem Eingriff in die vorhandenen Konzessionen. Der Einsatz flexibler Betriebsweisen mit ihren unterschiedlichen, aufeinander abgestimmten Betriebsformen setzt sowohl bei der Planung als auch bei der Steuerung des Fahrtablaufs den Einsatz von EDV voraus.

In Deutschland und im europäischen Ausland haben sich seit Anfang der 1980er Jahre aus diesen beiden Betrachtungsweisen zahlreiche verschiedene Ausprägungen und Abwandlungen des nachfragegesteuerten ÖPNV entwickelt. Einen Überblick der bis zum Jahr 2000 entstandenen Systeme und ihrer wesentlichen Charakteristika bietet MEHLERT [2001]. Auch EDV-gestützte Lösungsansätze reichen in diese Zeit zurück [z.B. HELLING 1975].

Die vorliegende Arbeit stützt sich bei den verwendeten Definitionen auf die Entwicklungslinie von KIRCHHOFF, der als nachfragegesteuerte Bedienungsformen Richtungsbandbetrieb, Sektorbetrieb und Flächenbetrieb unterscheidet und sie mit dem herkömmlichen Linienbetrieb zu einer flexiblen Betriebsweise zusammenfasst (vgl. Bild 1.1):





**Bild 1.1** Betriebsformen im ÖPNV  
 [Quelle: KIRCHHOFF 1987, verändert]

Der Ablauf des herkömmlichen Linienbetriebs ist weitgehend bekannt. Er kann auch nachfragegesteuert erfolgen und zwar in der Weise, dass planmäßige Fahrten nur stattfinden, wenn ein Beförderungswunsch dafür vorliegt. Ggf. kann man Zwischenhaltestellen, die keine Fahrtwünsche aufweisen, bei solchen Fahrten auch auslassen, wobei allerdings im Straßennetz die Möglichkeit für Abkürzungen bestehen muss. Beim nachfragegesteuerten Betrieb ergeben sich dadurch Einsparungsmöglichkeiten, dass in den Nebenverkehrszeiten wegen der teilweise ausfallenden Fahrten weniger Fahrzeuge und Fahrer vorgehalten werden müssen. Dies hängt jedoch von der Wahrscheinlichkeit ab, dass Fahrten ausgelassen werden können.

Der Richtungsbandbetrieb ist dadurch gekennzeichnet, dass – wie beim Linienbetrieb – eine feste Anfangs- und Endhaltestelle vorhanden ist, die Zwischenhaltestellen aber nur bedient werden, wenn Ein- oder Ausstiegswünsche bestehen. Diese Betriebsform eignet sich vor allem bei korridorförmigen Siedlungsflächen, bei denen sowohl am Beginn als auch am Ende einer Linie Verknüpfungspunkte zu übergeordneten bzw. gleichgeordneten Netzelementen des ÖPNV-Systems oder Haltestellen mit anderweitiger übergeordneter Bedeutung (z.B. Gewerbegebiet) vorhanden sind.

Beim Sektorbetrieb ist der Verkehr einer sektorförmigen Fläche entweder auf einen Ort mit zentralörtlicher Funktion ausgerichtet und/oder auf eine Haltestelle, an der Anschluss an ein übergeordnetes ÖPNV-System besteht. Dieser Punkt ist Start- und Zielpunkt der Bedienung des Sektors. Alle Haltestellen innerhalb des Sektors werden nur bedient, wenn Ein- oder Ausstiegswünsche bestehen. Die Form des Sektorbetriebs ist besonders geeignet für dünn besiedelte Gebiete, wenn die überwiegende Anzahl der Verkehrsbeziehungen auf einen Ort höherer Zentralität oder einen Verknüpfungspunkt mit höherrangigen Netzelementen ausgerichtet sind.

Im Flächenbetrieb gibt es keine Ausrichtung auf einen herausragenden Punkt mehr wie beim Sektorbetrieb, sondern alle Haltestellen sind gleichrangig und werden wie beim städtischen Taxibetrieb in Abhängigkeit von den nachgefragten Verkehrsbeziehungen in beliebiger Reihenfolge befahren. Flächenbetrieb ist nur sinnvoll, wenn es in ausreichendem Umfang Verkehrsbeziehungen zwischen allen Haltestellen gibt. Dies ist im ländlichen Raum bei einer hierarchischen zentralörtlichen Struktur selten der Fall, so dass der Flächenbetrieb praktisch kaum sinnvoll angewendet werden kann.

Auf einen Fahrzeugumlauf kann beim Richtungsbandbetrieb und beim Sektorbetrieb gleichermaßen verzichtet werden, wenn bis zum Ende der Anmeldefrist für den Umlauf keine Beförderungswünsche vorliegen. Während des entfallenden Umlaufs kann das Fahrzeug für andere Zwecke genutzt werden. Dies ist von wirtschaftlicher Bedeutung beim Einsatz von Taxis durch ein Taxiunternehmen.

Beim nachfragegesteuerten Betrieb wird unterschieden zwischen einem offline vor Beginn des Betriebs zu erstellenden Offline-Fahrplan und einem unmittelbar vor Beginn der einzelnen Fahrten zu erstellenden Online-Fahrplan. Der Offline-Fahrplan enthält die dem Netzelement zugehörigen Haltestellen, die Fahrtenfolgezeiten (z.B. jede Stunde), die frühesten Abfahrtszeiten an den Haltestellen sowie die Grenzwerte der zumutbaren Wartezeit an den Haltestellen. Der Online-Fahrplan enthält die Routen, die zwischen den Haltestellen zu fahren sind sowie die daraus resultierenden Ankunfts- und Abfahrtszeiten an den zu bedienenden Haltestellen. Der Offline-Fahrplan wird wie im herkömmlichen Linienbetrieb den Fahrgästen mitgeteilt, während der Online-Fahrplan dem Umlauf der Fahrzeuge dient.

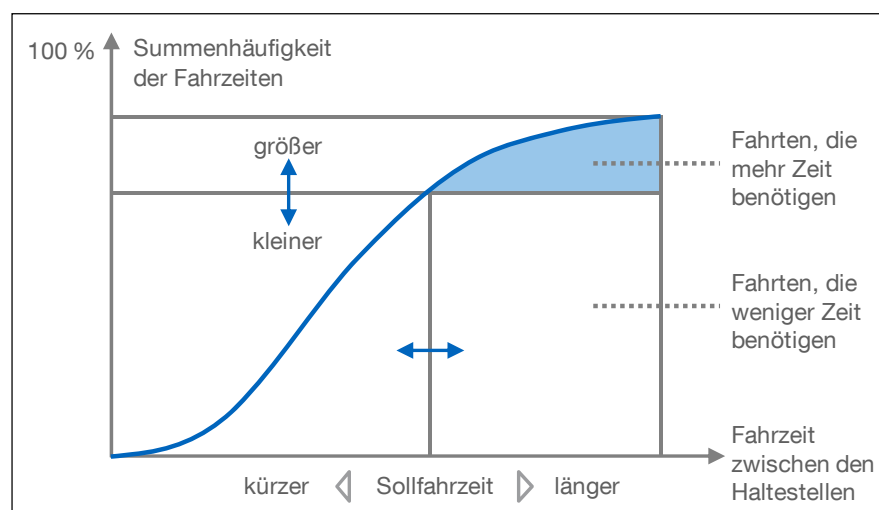
Alle Betriebsformen sind in ihrem Fahrtablauf Schwankungen unterworfen. Diese Schwankungen haben folgende Ursachen:

- Bei Linienbetrieb mit eigenem Fahrweg
  - Verzögerungen beim Fahrgastwechsel an den Haltestellen
- Bei Linienbetrieb ohne eigenen Fahrweg
  - zusätzlich:*
    - Störungen, die von anderen Verkehrssystemen (z.B. Straßenverkehr) ausgehen
- Bei Betriebsformen mit nachfragegesteuertem Betriebsablauf
  - zusätzlich:*
    - Bedienung unterschiedlicher Haltestellen bei einer Fahrt

Die Schwankungen in der räumlichen und zeitlichen Verteilung der Verkehrsnachfrage haben auf die verschiedenen Betriebsformen einen unterschiedlich starken Einfluss. Beim Linienbetrieb ist dieser Einfluss auf die Anzahl der einzusetzenden Fahrzeuge wegen der höheren Fahrzeugkapazität wesentlich geringer als im nachfragegesteuerten Verkehr, bei dem Fahrzeuge mit geringer Kapazität (z. B. Großraumtaxis mit 8 Plätzen) zum Einsatz kommen.

Technische Störungen (z.B.: Antriebs- und Bremsschäden, Schäden am Fahrzeug und Fahrweg) können bei allen Betriebsformen auftreten und zu Abweichungen von Fahrplan führen. Sie sind jedoch so selten, dass sie bei der Fahrplanbildung nicht berücksichtigt zu werden brauchen. Die o.g. Ursachen der Schwankungen sind zufälliger Art und lassen sich deshalb im Einzelfall nicht vorhersagen. Sie können aber statistisch mit Hilfe von Häufigkeitsverteilungen beschrieben werden.

Die im Fahrplan als Sollwerte vorgegebenen Fahrzeiten lassen sich mit der Wahrscheinlichkeit ihrer Einhaltung belegen. Bei der Bildung des Fahrplans muss entschieden werden, mit welcher Wahrscheinlichkeit die Einhaltung des Fahrplans gewährleistet und in welchem Maße Abweichungen toleriert werden sollen. Hieraus ergeben sich die Sollfahrzeiten. Dieser Zusammenhang wird in Bild 1.2 deutlich gemacht:



**Bild 1.2** Festlegung von Sollwerten der Fahrzeit

[Quelle: KIRCHHOFF 2002, verändert]

Wenn in einem Umlauf mehrere Haltestellen bedient werden, führt dies i.d.R. dazu, dass der Fahrgast Mehrwege und längere Fahrzeiten in Kauf nehmen muss. Sie reduzieren die Angebotsqualität. Die Mehrwege bzw. längeren Fahrzeiten sind die Differenz zwischen der tatsächlichen Weglänge bzw. Fahrzeit zwischen zwei Haltestellen und der kürzestmöglichen Weglänge bzw. Fahrzeit, wenn zwischen Einstiegs- und Ausstiegshaltestelle der Fahrt keine weiteren Haltestellen bedient werden müssen. Diese Mehrwege und längere Fahrzeiten können auch in Form von Faktoren angegeben werden. Die wegebezogenen und zeitbezogenen Faktoren sind identisch, wenn man von konstanten Fahrgeschwindigkeiten zwischen den Haltestellen ausgeht. Im Interesse einer möglichst hohen Angebotsqualität müssen die Mehrwege bzw. Mehrzeiten begrenzt werden. Dies geschieht durch die Festsetzung entsprechender Grenzwerte für die Auftretenswahrscheinlichkeit.

Für den Fahrgast ist nicht nur die Fahrzeit innerhalb des nachfragegesteuerten Netzelements maßgebend, sondern bei Fahrten über mehrere Netzelemente hinweg die gesamte

Beförderungsdauer zwischen Einstiegshaltestelle und Ausstiegshaltestelle. In diese Beförderungsdauer geht auch die Wartezeit an den Verknüpfungspunkten zwischen den Netzelementen mit ein. Die Wartezeit am Verknüpfungspunkt ist damit ein eigenständiges Qualitätskriterium. Für sie müssen ebenfalls Grenzwerte der Auftretenswahrscheinlichkeit festgelegt werden.

Der Besetzungsgrad der Fahrzeuge spielt beim Einsatz von Großraumtaxis als Merkmal der Angebotsqualität keine Rolle. Sie sind von vornherein auf maximal 8 Fahrgastsitzplätze beschränkt, deren Belegung durch die Disposition gesteuert wird, so dass Überlastungen nicht auftreten. Wenn man allen Fahrgästen eine Mitfahrmöglichkeit mit der von ihnen gewünschten Fahrt geben will, muss auf der Seite des Fahrzeugeinsatzes genügend Fahrzeugkapazität für die angemeldeten Fahrten bereitgestellt sein. Da die Anzahl der einzusetzenden Fahrzeuge bei einer bestimmten Platzanzahl je Fahrzeug von der Menge und der räumlichen Verteilung der Verkehrsnachfrage sowie von den Grenzwerten der zumutbaren Mehrwege bzw. Mehrzeiten abhängt, ist auch diese Anzahl in hohem Maße stochastisch. In der Planung muss eine entsprechende Anzahl an Fahrzeugen und Fahrern vorgehalten werden, für die in der ersten Stufe der Planung ebenfalls nur Annahmen getroffen werden können, die aufgrund der Messung des Fahrtablaufs dann entsprechend zu korrigieren sind.

### **Probleme der Planung**

Ein Problem der ÖPNV-Planung im ländlichen Raum ist, dass wichtige Eingangsdaten nicht oder nur in einer sehr groben Schätzung vorliegen. Dies betrifft insbesondere die Verkehrsnachfrage. Während die Verkehrsnachfrage in städtischen Gebieten aufgrund der hohen Zahl der Fahrgäste mit Hilfe mathematischer Modelle einigermaßen genau abgeschätzt werden kann, sind die Ergebnisse im ländlichen Raum angesichts der geringen Fahrgastzahlen meist starken zufälligen Schwankungen unterworfen. Dies betrifft vor allem eine kleingliedrige Vorhersage ihrer räumlichen und zeitlichen Verteilung, wie sie für die Planung des nachfragegesteuerten Betriebs notwendig ist. Man muss daher zunächst ein Angebotsystem mit Hilfe von unsicheren Informationen installieren und aufgrund von Erhebungen im laufenden Betrieb überprüfen, ob dieses Angebot der Verkehrsnachfrage gerecht wird und ob die daraus resultierenden qualitativen Kennwerte akzeptabel sind. Diese Planungsphilosophie wird mit der vorliegenden Arbeit verfolgt.

Eine Planungshilfe, die eine grobe Strukturierung eines Gebiets in Bedienungseinheiten mit nachfragegesteuertem Betrieb zulässt, ist von BERTOCCHI [2009] entwickelt worden. BERTOCCHI geht von Fahrzeugtypen aus, wie sie im ländlichen Raum üblicherweise eingesetzt werden (Pkw mit 4 Fahrgastplätzen, Kleinbus bzw. Großraumtaxi mit 8 Fahrgastplätzen und Minibus mit ca. 16 Fahrgastplätzen) und ermittelt, ausgehend von der Platzkapazität der Fahrzeuge und Annahmen über die Struktur von Sektoren (Anzahl der Haltestellen, mittlerer Abstand zwischen den Haltestellen, Aufteilung der Verkehrsnachfrage auf die verschiedenen Haltestellen), welche Verkehrsnachfrage dann bewältigt werden kann. Dabei werden durch

Durchmustern sämtlicher Möglichkeiten Grenzwerte der Verkehrsnachfrage angegeben, deren Überschreitung den Einsatz eines zusätzlichen Fahrzeugs dieses Typs oder wegen der dann geringeren Kosten den Einsatz eines größeren Fahrzeugtyps erfordert.

Diese Berechnungen von BERTOCCHI haben selbstverständlich stark theoretischen Charakter und halten den Realitäten in der Praxis nur begrenzt stand. So gibt es erhebliche Streuungsbreiten bei der Anzahl der Ein- und Aussteiger, weil die von BERTOCCHI gesetzte Voraussetzung, dass sich im Sektor nur kleine Orte ohne jeden zentralen Charakter befinden, nur selten zutrifft (vgl. z.B. Bild 4.12). Da die Verkehrsnachfrage insbesondere wegen des Schüler- und Berufsverkehrs über den Tag erhebliche Schwankungen aufweist, müsste man, wenn man in jeder Zeitscheibe den kostengünstigsten Fahrzeugeinsatz erreichen will, das gesamte Spektrum an Fahrzeuggrößen vorhalten, welche dann jeweils nur kurzzeitig im Einsatz sind. Die dadurch entstehenden Vorhaltekosten gehen in die Berechnungen von BERTOCCHI nicht ein. Es kann daher kostengünstiger sein, zeitweilig mehrere Pkw nebeneinander einzusetzen und auf die Vorhaltung von zusätzlichen Kleinbussen zu verzichten.

Wenn Fahrzeiten, Wartezeiten oder Fahrzeugbedarfe entstehen, welche die Sollwerte überschreiten, muss durch Maßnahmen der Steuerung des Fahrtablaufs oder durch den Einsatz zusätzlicher Fahrzeuge in den Betriebsablauf eingegriffen werden. Ein Online-Eingriff in den Fahrtablauf ist insbesondere erforderlich, wenn Anschlüsse gefährdet sind. Im Linienbetrieb, der bei einer festen Haltestellenfolge vor allem Störungen durch den Straßenverkehr unterliegt, erfolgt dies durch herkömmliche Betriebsleitsysteme (RBL / ITCS). Für den nachfragegesteuerten Betrieb, bei dem sich Fahrzeitschwankungen vor allem aus der Zufälligkeit der nachgefragten Haltestellen und der daraus resultierenden Routen ergeben, befinden sich Betriebsleitsysteme noch in den Anfängen ihrer Entwicklung [SCHOLZ & GRAF 2007; ECKARDT 2008]. Wenn sich die Wahrscheinlichkeit ändert, mit der die Sollfahrzeit eingehalten wird, muss der Fahrplan geändert werden.

Die Bildung eines Fahrplans, bei dem vorgegebene Fahrzeiten mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit eingehalten werden, setzt voraus, dass die Zusammenhänge zwischen Menge sowie räumlicher und zeitlicher Verteilung der Verkehrsnachfrage, den gesetzten Grenzwerten für die Beförderungsdauer sowie den realisierbaren Fahrzeiten auf den einzelnen Netzelementen in ihrer stochastischen Ausprägung bekannt sind. Bei dem heutigen mangelhaften Kenntnisstand über diese Zusammenhänge muss der Fahrplanentwurf als Rückkopplungsprozess ablaufen: Zunächst werden Annahmen über die Einflussgrößen der Fahrzeiten getroffen. Im laufenden Betrieb sind dann die Ausprägungen des Fahrtablaufs zu messen und die Fahrzeiten analog dieser Messwerte zu korrigieren. Der Rückkopplungsprozess wird über die verschiedenen Fahrplanperioden mehrfach durchgeführt, bis eine hinreichende Übereinstimmung von geplantem und tatsächlichem Fahrtablauf erreicht ist.

Für die Schwankungen der Fahrzeiten als Folge von Schwankungen der Verkehrsnachfrage gibt es bisher keine ausreichend aussagefähigen empirischen Untersuchungen.

## Ziel und Aufbau der vorliegenden Arbeit

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, ein System zur Analyse von Verkehrs- und Betriebsdaten zu entwickeln, das es erlaubt, auch im nachfragegesteuerten Betrieb die Angebotsqualität im Rahmen der wirtschaftlichen Möglichkeiten zu maximieren und langfristig auf diesem Niveau zu sichern. Ein solches System erlaubt es außerdem, Qualitätsstandards zu hinterfragen und Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung zu erarbeiten.

Das zu entwickelnde System besteht aus einem Datenmodell aus Daten der Siedlungsstruktur, der Verkehrsnachfrage, des Beförderungsablaufs und des Fahrtablaufs, einem Verfahren zur Datenanalyse sowie aus Handlungsempfehlungen und Entwurfsregeln für eine kontinuierliche und nachhaltige Fortschreibung der Nahverkehrsplanung. Die Ergebnisse werden als Vorstufe für ein Geoinformationssystem in Form von MS-Access-Datenbanken und automatisierten MS-Excel-Tabellen mit Pivot-Auswahlmenüs bereitgestellt. Um dem Aufgabenträger die notwendigen Werkzeuge für das Qualitätsmanagement an die Hand zu geben, müssen die marktgängigen Dispositions- und Betriebsleitsysteme um Funktionen erweitert werden, die eine Speicherung und Aufbereitung der erforderlichen Daten ermöglichen.

Die Ergebnisse dieser Arbeit dienen dazu, dem Aufgabenträger im Sinne eines Qualitätsleitfadens Instrumente für die Erfolgskontrolle der Planung und einen rückgekoppelten Angebotsentwurf zugänglich zu machen. Diese Funktionen stehen auch Systemanbietern zur Implementierung in ihre Produkte zur Verfügung.

Anwendungsgebiete sind die Landkreise Grafschaft Bentheim (westliches Niedersachsen) und Waldeck-Frankenberg (nördliches Hessen). In diesen Landkreisen bestehen ÖPNV-Strukturen, die für die vorliegenden Fragestellungen geeignet sind. Der Betriebsablauf im LK Grafschaft Bentheim beruht auf dem Planungskonzept von KIRCHHOFF, während der Betriebsablauf im LK Waldeck-Frankenberg dem Betriebskonzept von FIEDLER folgt. Wegen ähnlicher Rahmenbedingungen werden die Ergebnisse zwischen den Untersuchungsgebieten verglichen, um nach Möglichkeit zu allgemeingültigen Ergebnissen zu kommen. Dabei wird angestrebt, sie so zu generalisieren, dass sie auf strukturell ähnliche ländliche Räume übertragen werden können. Dies gilt auch für Anwendungen in anderen Ländern.

Die Arbeit setzt sich in Kap. 2 mit der Definition und Architektur der Qualitätssicherung im ÖPNV sowie mit dem Untersuchungsprogramm für die Analyse der Verkehrs- und Betriebsdaten auseinander. Um die verkehrlichen und betrieblichen Zusammenhänge der beiden Untersuchungsgebiete besser interpretieren zu können, wird in Kap. 3 die verkehrsrelevante Struktur der beiden Siedlungsräume sowie deren Auswirkungen auf die ÖPNV-Bedienung der Landkreise erläutert. Die Analyse selbst erfolgt, getrennt für die Kategorien Verkehrsnachfrage, Fahrtablauf und Leistungserstellung in den Kap. 4, 5 und 6. Das Kap. 7 enthält abschließend ein Handlungskonzept für die Durchführung der Qualitätskontrollen des ländlichen ÖPNV in der Praxis.

## 2. Untersuchungsmethodik und Vorgehensweise

### 2.1 Systemarchitektur der Qualitätssicherung

Qualitätssicherung ist Teil des Qualitätsmanagements. Qualitätsmanagement in seiner allgemeinen Definition betrifft die Organisation von Unternehmen. Es umfasst alle organisatorischen Maßnahmen, die der Verbesserung von Produkten oder Leistungen dienen. Die Ziele des Qualitätsmanagements und die Vorgehensweisen zur Erreichung dieser Ziele sind Inhalt der DIN EN ISO 9000 [2005]. In dieser Norm wird unter Kap. 2.2 unterschieden zwischen „Anforderungen an Qualitätsmanagementsysteme“, die als betriebswirtschaftliches Thema nicht Gegenstand dieser Arbeit sein können, und „Anforderungen an die Qualität der Produkte“, um die es hier geht. Die Realisierung des Produktes wird durch Anforderungen gesteuert, die „von den Kunden, oder von der Organisation in Vorwegnahme der Kundenanforderungen oder durch behördliche Vorgaben“ festgelegt werden. Das Produkt wird an den Anforderungen gemessen und anhand der Ergebnisse der Messung soweit wie möglich verbessert [vgl. Kap. 2.4 der DIN EN ISO 9000]. Damit entspricht der Prozess der Produktrealisierung beim Qualitätsmanagement weitgehend dem Prozess der Verkehrsplanung [vgl. FGSV 2001]. Er besteht aus den Schritten Festlegung von Qualitätszielen – Entwicklung eines Produktes, das die Qualitätsziele soweit wie möglich erreicht – Überwachung des Zielerreichungsgrades – Korrektur des Produktes bei mangelhafter Zielerreichung. Die beiden letzten Schritte bilden die Qualitätssicherung.

Diese allgemeinen Prinzipien der Qualitätssicherung werden nachfolgend auf das Gebiet des ÖPNV projiziert. Die Qualität des Produkts „ÖPNV-Angebot“ setzt sich aus den nachfolgenden Komponenten zusammen:

- Erschließungsqualität,
- Bedienungsqualität (Häufigkeit der Bedienung),
- Beförderungsdauer,
- Umstiegshäufigkeit,
- Beförderungsqualität,
- Sicherheitsempfinden der Fahrgäste,
- Handhabbarkeit des Systems.

Qualitätssicherung bedeutet auch, ein positives politisches Klima zu erzeugen. Wenn z.B. Fahrgastzahlen steigen, ohne dass dies zu einem Anstieg des Aufwandes führt, wird ein gutes Klima für positive Entscheidungen der Politik zugunsten der Systemqualität geschaffen.

Die Ziele für die Qualität des ÖPNV-Angebots müssen von der Politik festgelegt werden, denn beim ÖPNV in ländlichen Räumen handelt es sich um eine Aufgabe der Daseinsvorsorge durch den Staat. Bei der Festlegung dieser Ziele müssen auch die politischen Forderungen nach einem möglichst sparsamen Einsatz öffentlicher Mittel und nach weitgehender Schonung der Umwelt berücksichtigt werden, so dass es zu Zielkonflikten zwischen den Qualitätszielen kommen kann. Die Ziele müssen deshalb in ihrer gegenseitigen Gewichtung und in ihren finanziellen Auswirkungen abgewogen werden. Aufbauend auf den Zielfestlegungen durch die Politik ist es Aufgabe der planenden Instanz, die verkehrlichen und finanziellen Auswirkungen der Qualitätsstandards zu analysieren und die Ergebnisse der Politik als Entscheidungshilfe zugänglich zu machen.

Die DIN EN ISO 9000 legt großen Wert darauf, dass bei der Produktqualität auch die Wünsche der Kunden berücksichtigt werden. Dies erfordert Fahrgastbefragungen. Bei der Wertung der Ergebnisse müssen die Wünsche der Fahrgäste in das Spannungsfeld zwischen der Produktqualität, den verfügbaren finanziellen Mitteln und der Umweltschonung gestellt werden. Über die Reaktion der Fahrgäste auf die Produktqualität gibt es eine Reihe von Untersuchungen, z.B.: TNS INFRATEST [2010, 2011]. Diese Bewertungen sind jedoch nicht allgemeingültig, sondern an die jeweilige Situation gebunden. Sie hängen neben den subjektiven Werthaltungen auch von soziodemografischen Merkmalen der Befragten und dem jeweiligen Zweck der Ortsveränderung ab. Deshalb sind die üblichen Fahrgastbefragungen über die Reaktion auf die Qualität auch wenig aussagefähig, denn sie ergeben i.d.R. Mittelwerte über ein Kollektiv von Fahrgästen und über die Summe der Fahrtzwecke.

Dennoch ist die Reaktion der Fahrgäste auf das Angebot ein wichtiger Anstoß für dessen Verbesserung. Sie äußert sich neben expliziten Beschwerden über die Angebotsqualität in der Veränderung der Verkehrsnachfrage. Die Verkehrsnachfrage hängt vom Verkehrsbedarf ab, der durch die Siedlungsstruktur und die Aktivitätenmuster der Bevölkerung bestimmt wird. Hinsichtlich der Definition von Verkehrsbedarf und Verkehrsnachfrage wird auf KIRCHHOFF [2002] verwiesen: *„Verkehrsbedarf entsteht, wenn zur Durchführung von Aktivitäten der Ort gewechselt werden muss. (...) Verkehrsnachfrage entsteht, wenn der Verkehrsbedarf mit einem bestimmten Verkehrsmittel realisiert wird. Dies hängt von der Qualität des Verkehrsangebots ab, wobei bei einem idealen Verkehrsangebot Verkehrsnachfrage und Verkehrsbedarf identisch sind und bei einem schlechten Verkehrsangebot ein immer geringerer Anteil des Verkehrsbedarfs in Verkehrsnachfrage umgesetzt wird.“*

Aufgrund dieser Definition werden räumliche Unterschiede der Verkehrsnachfrage, die nicht auf Unterschiede des Verkehrsbedarfs zurückzuführen sind, sondern Reaktionen auf unterschiedliche Angebotsqualitäten darstellen, in die Untersuchungen mit einbezogen. Sie resultieren aus Reaktionen auf die einzelnen Qualitätskomponenten, ohne dass diese Einzeleinflüsse explizit herausgearbeitet werden können.

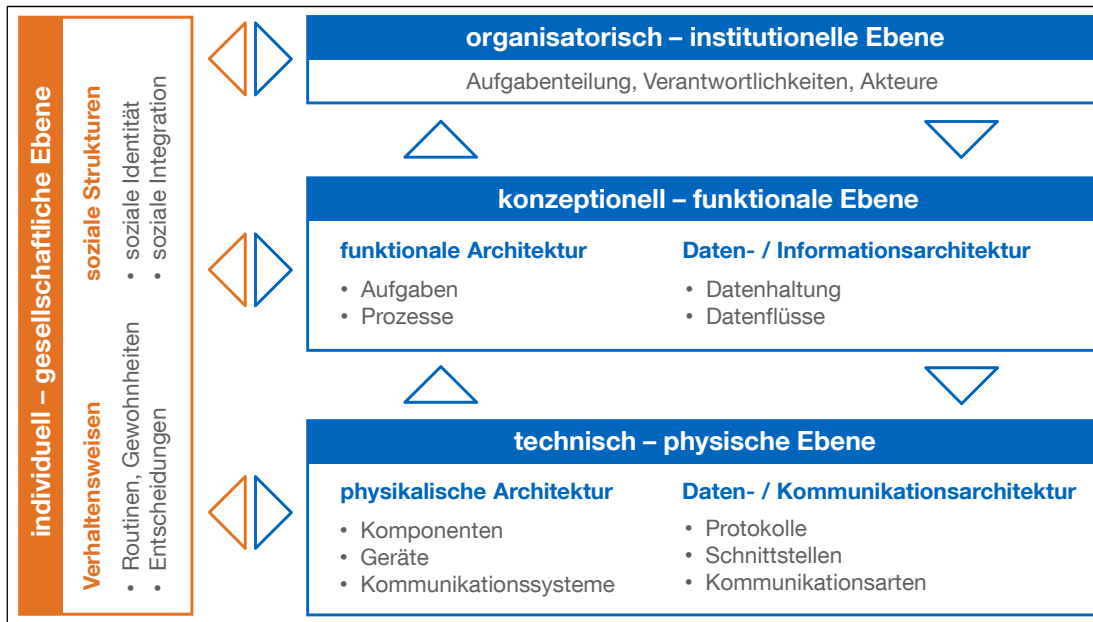


Bei der Produktentwicklung ist es im Bereich des ÖPNV z. Zt. noch umstritten, ob sie Aufgabe des Aufgabenträgers im Rahmen der Aufstellung eines Nahverkehrsplans oder Aufgabe des Verkehrsunternehmens bei der Umsetzung des Nahverkehrsplans ist [vgl. KLOTH 2009]. In der vorliegenden Arbeit wird von der erstgenannten Zuordnung ausgegangen.

Die Ausprägung der Qualitätskomponenten lässt sich mit Hilfe von Kenngrößen angeben. Eine Reihe der Kenngrößen ist kardinal, so dass sich die Werte, mit denen die Kenngrößen belegt sind, messen lassen, z.B. Länge des Weges vom Siedlungsschwerpunkt zur Haltestelle oder Beförderungsdauer zwischen zwei Haltestellen. Die übrigen Kennwerte können nur nominal angegeben werden, z.B. Bedienbarkeit eines Fahrkartenautomaten oder Fahrkomfort des Fahrzeugs.

Im herkömmlichen Linienbetrieb sind die Kennwerte zur Erfassung der Angebotsqualität und Leistungseffizienz im Rahmen der Planung und dort im Arbeitsschritt der Wirkungsanalyse der Maßnahmen exakt zu ermitteln. Sie können sich im Laufe der Zeit aber verändern (z.B. Entstehung neuer Siedlungs- oder Gewerbegebiete, wodurch sich u.a. die Länge der Zugangswege zu den Haltestellen verändern) und müssen deshalb im Rahmen der Fortschreibung der Planung kontrolliert werden. Im nachfragegesteuerten Betrieb haben die Kenngrößen der Beförderungsdauer (Fahrzeit, Direktheit, Pünktlichkeit, Einhaltung von Anschlüssen) wegen der Schwankungen der Fahrtrouten eindeutig stochastische Werte. Sie können deshalb nicht als feste Größen in den Maßnahmenentwurf eingehen, sondern lassen sich erst mit Hilfe von Messungen während des Betriebsablaufs ermitteln. Beim ersten Entwurf von Maßnahmen müssen Annahmen über die Kennwerte der Beförderungsdauer und der Leistungserstellung getroffen werden, welche in einer Rückkoppelung mit der ursprünglichen Planung aufgrund von Messergebnissen zu verbessern sind.

In einem System der Qualitätssicherung müssen Zuständigkeiten geschaffen und Datenströme festgelegt werden. Dies erfolgt in einer Systemarchitektur, wie sie von Busch [2006] und BUSCH ET AL. [2007] vorgeschlagen wurde. Sie ist mit einer später vorgenommenen Erweiterung um eine übergreifende individuell-gesellschaftliche Ebene in Bild 2.1 dargestellt.



**Bild 2.1** Erweiterte Systemarchitektur der Qualitätssicherung

[Quelle: BUSCH ET AL. 2007, verändert]

In der organisatorisch-institutionelle Ebene werden die beteiligten Akteure sowie deren Aufgaben und Zuständigkeiten festgelegt. Im ÖPNV mit flexiblen Betriebsformen sind dies:

- die Landkreisverwaltungen oder Zweckverbände als Aufgabenträger,
- die erweiterte Mobilitätszentrale zur Erteilung von Fahrplanauskünften, der Entgegennahme von Beförderungswünschen im nachfragegesteuerten Betrieb, der Disposition des Fahrzeugeinsatzes und der Bildung von Fahrtrouten; sie ist beim Vorhandensein einer Verbundgesellschaft i.d.R. dort angesiedelt,
- ein oder mehrere Verkehrs- bzw. Taxiunternehmen, welche die Konzessionen zur Erbringung der Leistung besitzen; die Taxiunternehmen können unmittelbar vom Aufgabenträger oder mittelbar über ein Verkehrsunternehmen mit der Erbringung der Leistungen beauftragt werden,
- der Fahrgast als Nutzer der Leistung sowie
- weitere Institutionen, die Rahmenbedingungen vorgeben oder Daten liefern.

Bei der Qualitätssicherung des ÖPNV wird die leitende Instanz vom Aufgabenträger gebildet, d.h. in vorliegendem Fall von den Landkreisverwaltungen und dort von den für den ÖPNV verantwortlichen Referaten oder Ausschüssen. Diese beauftragen – ggf. unter Zwischenschaltung einer Verbundorganisation – Verkehrsunternehmen mit der Durchführung des ÖPNV, jedoch ohne dass die Schlüssel-Verantwortlichkeiten wie die Festlegung des Umfangs des Angebots aus der Hand gegeben werden. Weitere beteiligte Instanzen sind die Schulen, welche mit den Schülern in ländlichen Räumen die Hauptzahl der Fahrgäste stellen, Fahrgastorganisationen, statistische Ämter zur Datenbereitstellung sowie die den

Verbundorganisationen bzw. Verkehrsunternehmen angeschlossenen Mobilitätsdienste zur Abwicklung des nachfragegesteuerten Betriebs.

In der konzeptionell-funktionalen Ebene werden die Aufgaben und Prozesse definiert, welche die oben genannten Institutionen zu erbringen haben sowie die Datenstrukturen und Datenflüsse festgelegt. Die Prozesse dieser Ebene werden in Kap. 2.3 näher spezifiziert.

In der technisch-physischen Ebene befinden sich die eingesetzten technischen Komponenten und Kommunikationssysteme mit ihren verwendeten Protokollen und Schnittstellen. Diese sind

- Nutzergeräte zur Übermittlung der Fahrtwünsche,
- technische Komponenten der Serviceebene,
- fahrzeugseitige Geräte und
- die Archivierungsperipherie.

Beim ÖPNV mit nachfragegesteuerten Betriebsformen ist folgende Hardware erforderlich:

- In der Dispositionszentrale ist ein Dispositionsserver für die Anmeldung und Verwaltung der Beförderungswünsche erforderlich. Auf diesem Server befindet sich auch die Software zur Disposition der Fahrtrouten. Der Dispositionsserver sammelt die Beförderungswünsche in einer Datenbank. Er hat Zugriff zu einem Fahrplan-Auskunftssystem, um dem Fahrgast vor seiner Anmeldung Auskünfte über das Fahrplanangebot geben zu können. Bei einer hohen Anzahl von Anmeldungen müssen mehrere Arbeitsplätze geschaffen und an den Dispositionsserver angeschlossen werden.
- Jedes im nachfragegesteuerten Betrieb eingesetzte Fahrzeug erhält ein PDA (portabler Computer mit Funkverbindung zum Dispositionsserver einschließlich GPS-Ortung) oder ein vergleichbares Gerät. Über das Display kann der Fahrer aus der Zentrale die bei der nächsten Fahrt zu fahrenden Routen und die Abfahrtszeiten an den zu bedienenden Haltestellen abrufen. Zusätzlich kann er Beförderungswünsche, die vom Fahrgast beim Einstieg in das Fahrzeug geäußert werden, eingeben, die fahrzeugseitig in die Reihenfolge der zu bedienenden Haltestellen einsortiert werden.
- Über eine geeignete Codierung (z.B. XML-Dateien in Verbindung mit der VDV-Schnittstelle 459 für den nachfragegesteuerten Betrieb) werden die Informationen für die Fahrer zunächst in eine DMZ (de-militarized zone) auf einen WEB-Server übertragen. Dieses zweite Hardwaresystem dient v.a. dazu, einen sicherheitstechnisch notwendigen Puffer zwischen dem Dispositionssystem und den fahrzeugseitigen mobilen Endgeräten zu schaffen. Auf dieses Bindeglied zwischen fahrzeugseitigen und zentralen Systemen greifen externe Systeme und Dienste zu. Auch hier sind geeignete Schnittstellen einzurichten, die sowohl die Sicherheit der Daten als auch eine hohe Zugriffsgeschwindigkeit ermöglichen [vgl. ECKARDT 2008].

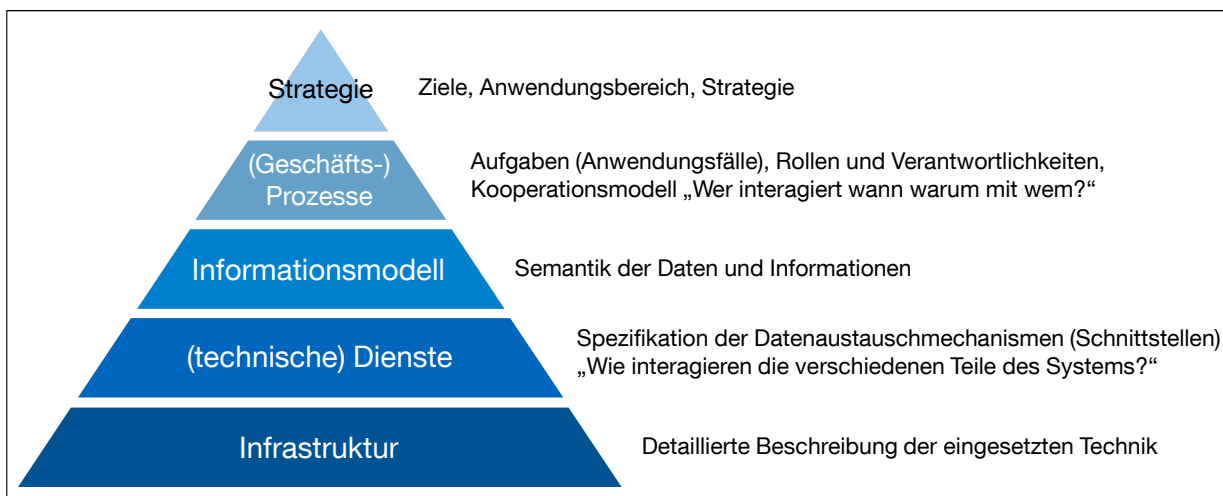
Auf die Hardware eines Betriebsleitsystems wird nicht näher eingegangen, weil es sich hier um eingeführte marktgängige, von der Betriebsform unabhängige Systeme handelt.

Die Praktikabilität der Geräte aus technischer Sicht muss folgende Anforderungen erfüllen:

- Eine ausreichend hohe Übertragungsrate der Daten,
- die Verfügbarkeit technischer Geräte und Infrastruktur in ländlichen Räumen,
- möglichst geringe Kosten für Anschaffung und Betrieb,
- eine gute Handhabbarkeit (Topologie) der technischen Komponenten sowie
- die Zukunftsfähigkeit der verwendeten / geplanten technischen Systeme.

Nach der Veröffentlichung dieser Systemarchitektur durch BUSCH ET AL. [2007] ist sie um eine individuell-gesellschaftliche Ebene erweitert worden, durch deren Komponenten die drei übrigen Ebenen beeinflusst werden können. Dies kann durch Verhaltensweisen von Entscheidungsträgern oder durch spezifische Eigenschaften sozialer Strukturen erfolgen. Die Verhaltensweisen betreffen Routinen und Automatismen, wie sie v.a. mit abnehmender Tragweite ihrer Bedeutung vermehrt auftreten; z.B. in täglichen Abläufen der Taxiunternehmen bei der Durchführung von Beförderungsvorgängen, wenn ortstypische Gegebenheiten wie Abkürzungen und episodische Störungen automatisch berücksichtigt werden, um Betriebsaufwand einzusparen. Durch Zulassen dieser Automatismen durch die leitende Instanz (Aufgabenträger) bzw. ihre Einbeziehung in das ganzheitliche systemische Konzept der Qualitätssicherung ist eine zusätzliche Steigerung der Effizienz von Prozessen möglich, was wiederum zur Reduktion von Kosten führen kann.

Aufbauend auf diesem Vorschlag von BUSCH ET AL. [2007] empfehlen RITTERSHAUS ET AL. [2012] eine hierarchisch aufgebaute Systemarchitektur in Form einer Pyramide, wie sie in Bild 2.2 dargestellt ist.



**Bild 2.2** Pyramide der Systemarchitektur der Qualitätssicherung

[Quelle: RITTERSHAUS ET AL. 2012]

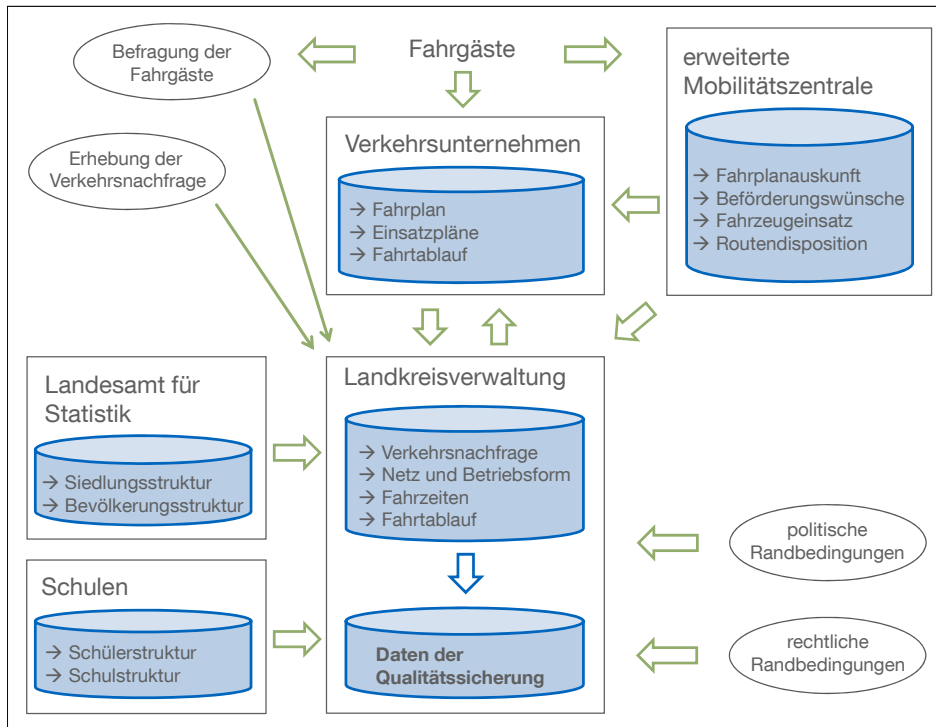
Die verschiedenen Ebenen der Pyramide stellen unterschiedlichen Detaillierungs- bzw. Konkretisierungsgrade dar. Dabei muss sich die jeweils tiefere Hierarchieebene hinsichtlich der Definitionen und Ziele in der höherliegenden Ebene wiederfinden.

Im Folgenden werden die hierarchischen Ebenen der Pyramide anhand des in dieser Arbeit entwickelten Qualitätsmanagement-Konzepts beschrieben:

- Auf der strategischen Ebene müssen zunächst die Ziele definiert und die Instanzen benannt werden, die an der Aufgabe mitarbeiten. Dabei sind auch rechtliche Aspekte (Verträge, Konventionen, ...), übergeordnete politische und gesellschaftliche Entwicklungstendenzen wie eine flächendeckende Daseinsvorsorge sowie demographische Veränderungen zu berücksichtigen. Die Entscheidungen, welche Aufgaben von welchen Instanzen durchgeführt werden, fallen jedoch erst auf der zweiten Ebene.
- Um den erwähnten übergeordneten Ziele und Strategien Rechnung zu tragen, ist es erforderlich, dass Interaktionen zwischen den einzelnen beteiligten Instanzen erfolgen und Verantwortlichkeiten sowie Management-Hierarchien klar definiert sind.
- In der dritten Ebene der Pyramide befinden sich Informationsmodelle und Datenflüsse.
- In den Ebenen 4 und 5 wird das in den Ebenen 1 bis 3 erarbeitete Konzept erst durchführbar gemacht. Im vorliegenden Anwendungsfall (Landkreise Grafschaft Bentheim und Waldeck-Frankenberg) sind die beteiligten Instanzen angehalten, zur Realisierung des systemischen Konzepts ihre Schnittstellen und Datenformate so aufeinander abzustimmen, dass aus technischer Sicht geringstmögliche Reibungsverluste bei der Durchführbarkeit entstehen.

Zwischen diesen idealisierten Hierarchiestufen können Wechselwirkungen in die eine, aber auch in die andere Richtung auftreten. Art und Ausprägungen der Wechselwirkungen sind nicht nur von systemischen Ansätzen, sondern in der Praxis stärker von wirtschaftlichen und organisatorischen Randbedingungen sowie von der Setzung von Schwerpunkten für einzelne dargestellte Elemente abhängig.

Die Datenflüsse zwischen den an der Qualitätskontrolle beteiligten Instanzen sind beiden Vorschlägen von BUSCH ET AL. [2007] als auch für die von RITTERSHAUS ET AL. [2012] im Prinzip dieselben. Sie sind in Bild 2.3 wiedergegeben. Dabei haben die zuständigen Instanzen die Form von Rechtecken und die Datenbanken zylindrische Formen. Die Datenflüsse zwischen den Instanzen sind als Pfeile dargestellt.



**Bild 2.3** Datenflüsse in der Systemarchitektur der Qualitätssicherung

Zentrales Element im Datenflussmanagement ist die Datenbank bei der Landkreisverwaltung, welche die Daten der Verkehrsnachfrage, des Angebots und des Verkehrsablaufs enthält. Sie muss für die mit der ÖPNV-Planung beauftragte Instanz des Aufgabenträgers uneingeschränkt zugänglich sein. Aus dieser Datenbank leitet sich die Datenbank für die Qualitätssicherung ab. Sie wird vom zuständigen Planer des Aufgabenträgers eigenverantwortlich gepflegt. Sie ermöglicht die in den Kap. 4, 5 und 6 ausführlich beschriebenen Auswertungen zur Verkehrsnachfrage, zum Fahrtafeln und zur Leistungserstellung.

Die Datenbank bei der Landkreisverwaltung wird mit folgenden externen Daten gespeist:

- Daten der Siedlungs- und Bevölkerungsstruktur entstammen dem zuständigen Landesamt für Statistik bzw. den kommunalen Gebietskörperschaften. Daten zu Schulstandorten, Schulöffnungszeiten und den Schülern sind Datenbanken der Schulen bzw. den Angaben der zuständigen Gemeinden oder Ministerien zu entnehmen. Im Idealfall sind diese Daten bereits zwischen den unterschiedlichen Instanzen, welche sie verwenden, konsistent oder werden in regelmäßigen Abständen miteinander abgeglichen. Sie dienen der Abschätzung der zukünftigen Entwicklung der räumlichen und zeitlichen Ausprägung der Verkehrsnachfrage.
- Die Daten der vorhandenen Verkehrsnachfrage, des vorhandenen Verkehrsangebots (Netz, Betriebsform, Fahrzeitenplan) und des Fahrtafeln ergeben sich aus Daten der erweiterten Mobilitätszentralen (Anmeldung von Beförderungswünschen), aus dem von der Landkreisverwaltung zu erstellenden Nahverkehrsplan (interner Datenfluss) sowie aus Informationen des Verkehrsunternehmens über den Fahrtafeln. Umgekehrt werden

Daten der Landkreisverwaltung bzgl. des Fahrplans an das Verkehrsunternehmen übergeben. Regelmäßige Befragungen der Fahrgäste helfen, das Angebot zu bewerten und es in regelmäßigen Abständen anzupassen. Hinzu kommen Daten aus Messungen und Befragungen, welche von den kommunalen Gebietskörperschaften zum Abgleich mit statistisch ermittelten Daten ebenfalls in regelmäßigen Abständen eingeholt werden, sowie Daten über politische und rechtliche Randbedingungen. Letztere sind i.d.R. über längere Zeiträume konstant, bedürfen jedoch ebenfalls kontinuierlicher Überprüfung.

- Daten des Fahrtablaufs entstehen bei der Zuordnung der Beförderungswünsche zu den im Einsatz befindlichen Fahrzeugen und der Bildung von Routen für die einzelnen Fahrzeuge. Sie werden beeinflusst durch die Steuerung des Fahrtablaufs mit Hilfe eines Betriebsleitsystems. Betriebsleitsysteme befinden sich bei den Verkehrsunternehmen. Dabei ist es denkbar, dass sich kleinere Verkehrsunternehmen, insbesondere Taxiunternehmen, zusammenschließen und ein Betriebsleitsystem gemeinsam nutzen.

Für eine kontinuierliche Qualitätssicherung des ÖPNV-Angebots ist auch die Qualität der genannten Daten erforderlich. Hierfür sind die jeweils beteiligten Instanzen verantwortlich. Der Aufgabenträger kann je nach Ressourcenverfügbarkeit die Qualität der Daten der anderen Instanzen beaufsichtigen bzw. bestimmte Anforderungen daran stellen.

Um die oben beschriebenen Datenflüsse in der Systemarchitektur der Qualitätssicherung zu ermöglichen, müssen Schnittstellen spezifiziert sowie Datenformate und Datenaustausch-Mechanismen definiert werden. Zudem muss die Leistungsfähigkeit der beteiligten technischen Geräte sowie die Infrastruktur ausreichend sein, um die Praktikabilität des Systems der Qualitätssicherung zu gewährleisten. Erweiterungen im System, die z.B. durch die Erzeugung neuer Daten durch ein rechnergestütztes Betriebsleitsystem entstehen, müssen jederzeit integriert werden können.

Im Anwendungsfall müssen die unterschiedlichen Datenbanken, die für den dauerhaften Betrieb des Qualitätssicherungskonzepts erforderlich sind, im bestmöglichen Zustand miteinander vernetzt werden. Auswertungen können durchgeführt werden, wenn die hierzu notwendigen Befehle (u.a. Formeln in MS Excel, Makro-Skripten, Sortierung von Spalten und Zeilen) erarbeitet sind.

## **2.2 Zusammenstellung relevanter Kenngrößen**

Für die Qualitätssicherung im nachfragegesteuerten Betrieb sind diejenigen Kenngrößen der Angebotsqualität relevant, die eine hohe Stochastizität aufweisen und deshalb im Stadium der Planung nicht mit einem gesichertem Wert belegt werden können. Dies sind v.a. die Kenngrößen des räumlichen und zeitlichen Ablaufs der Fahrten (z.B.: Wieviele Fahrzeuge werden benötigt? Welche Routen müssen gefahren werden? Wie lange ist die Fahrzeit?). Die Kenngrößen der Erschließungsqualität, des Beförderungskomforts und der Handhab-

barkeit lassen sich dagegen wie beim herkömmlichen Linienbetrieb bereits im Rahmen der Planung mit hinreichend sicheren Werten belegen und spielen im Rahmen der hier behandelten Thematik keine Rolle. Diese Werte können im Laufe der Zeit allerdings Veränderungen unterworfen sein, die dann bei der Fortschreibung der Nahverkehrsplanung berücksichtigt werden müssen. Ebenso bleiben Kenngrößen der Sicherheit ausgeklammert, da sie im nachfragegesteuerten Betrieb wegen der kleineren Fahrzeuge eine geringere Bedeutung haben als im herkömmlichen Linienbetrieb.

Die Stochastizität des Fahrtablaufs wird v.a. von der Verkehrsnachfrage beeinflusst. Bei einer geringen Verkehrsnachfrage kann häufig auf den kürzesten Wegen gefahren werden, und bei einer hohen Verkehrsnachfrage sind aufgrund des angestrebten Sammeleffekts häufig Umwege erforderlich. Zudem besteht eine Abhängigkeit der Verkehrsnachfrage vom Fahrtablauf, denn eine hohe Qualität des Fahrtablaufs verstärkt die Verkehrsnachfrage und umgekehrt. Deshalb werden den Kenngrößen des Fahrtablaufs Kenngrößen der Verkehrsnachfrage vorangestellt. Wegen der Abhängigkeit der Verkehrsnachfrage von der Qualität des Angebots ist sie ein Indikator für die Akzeptanz des Angebots durch die Fahrgäste.

Da die Angebotsqualität über die Rückkopplung zu den verfügbaren finanziellen Mitteln i.d.R. auch durch die Art der Leistungserstellung beeinflusst wird, müssen auch die Kenngrößen der Leistungserstellung mit in die Betrachtung einbezogen werden. Ausgangspunkt der Qualitätssicherung im nachfragegesteuerten Betrieb sind deshalb Kenngrößen der Verkehrsnachfrage, des Fahrtablaufs und der Leistungserstellung.

Generelles Ziel des ÖPNV-Angebots ist es, das Nachfragepotential soweit wie möglich auszus schöpfen. Um beurteilen zu können, wie weit dies mit dem vorhandenen Angebot gelingt, müssen für einzelne Kenngrößen der Verkehrsnachfrage Kennwerte bestimmt und anhand bestimmter Kriterien miteinander verglichen werden. Solche Kennwerte sind die Anzahl der beförderten Fahrgäste, die Verkehrsbeziehungen zwischen den Haltestellen, die Belastung der Haltestellen, Sammeleffekte bei den Beförderungsvorgängen und der Nutzungsgrad der angebotenen Fahrten.

Die für den nachfragegesteuerten Betrieb relevanten Kenngrößen der Angebotsqualität werden Tabellen von TSAKARESTOS [2010] über ein Zielsystem für die Angebotsqualität im ÖPNV entnommen (Tab. 2.1). Dabei werden hier nur Ziele verfolgt, die für den nachfragegesteuerten Betrieb als besonders wichtig angesehen werden. Diese Ziele, Zielkriterien und Kenngrößen sind grau unterlegt.



Ziele	Zielkriterien	Kenngroßen
maximale Erschließungsqualität	Zugänglichkeit des Systems	Länge der Zugangswege
		Erschlossene Bevölkerung
		Qualität und Barrierefreiheit der Zugangswege
	Anbindung an übergeordneten Netzgraden	Orte der Anschlüsse
	Verknüpfung mit anderen Verkehrsmitteln	Orte der Verknüpfung
		Abstellmöglichkeiten für Zubringerverkehrsmittel
Direktheit	Anzahl der erforderlichen Umstiege	
zeitliche Verfügbarkeit	Betriebsdauer	
	Fahrtenfolgezeit	
minimale Beförderungsdauer	Schnelligkeit	Beförderungsdauer zwischen Einstiegs- und Ausstiegshaltestelle
		Beförderungsdauer bezogen auf die Wegelänge im Straßennetz
		Wartezeit an der Einstiegshaltestelle (nur bei nachfragegesteuerten Betriebsformen relevant)
		Zeitverlust bei Umsteigevorgängen
	Pünktlichkeit	Abweichung zwischen Soll- und Ist-Zeiten der Ankunft an der Ausstiegshaltestelle
Einhaltung der Anschlüsse	Anteil nicht eingehaltener Anschlüsse	
maximaler Beförderungskomfort	Aufenthalt an der Haltestelle	Ausstattung und Barrierefreiheit der Haltestellen
	Einstieg in das Fahrzeug	Höhendifferenz Hst.-Plattform - Fahrzeugboden
		Einstieghilfen
	Aufenthaltsbedingungen im Fahrzeug	Fahrzeugtyp und -alter
		Ausstattung und Barrierefreiheit der Fahrzeuge
Fahrzeugbesetzung		
maximale Sicherheit	Unfallgefährdung	Anzahl der Unfälle an der Haltestelle
		Anzahl der Unfälle im Fahrzeug
	Gefährdung durch kriminelle Übergriffe	Anzahl krimineller Übergriffe
		Subjektives Sicherheitsempfinden
gute Handhabbarkeit	Übersichtlichkeit des Angebots	Übersichtlichkeit von Netz und Betriebsform
		Übersichtlichkeit des Fahrplans
		Übersichtlichkeit des Tarifsystems
	Information über das Angebot	Informationsinhalt
		Informationsmedien
	Information über den Fahrtablauf	Informationsinhalt
		Informationsmedien
	Barrierefreie Information	Informationsinhalt
		Informationsmedien
	Anmeldung von Fahrtwünschen bei nachfrageabhängigem Verkehr	Anmeldemedien
		Anmeldeinhalt
		Anmeldekosten
Fahrgeldentrichtung	Technik der Fahrgeldentrichtung	
	Ort der Fahrgeldentrichtung	
	Bezahlmedien	

**Tab. 2.1** Zielsystem für die Angebotsqualität  
 [Quelle: TSAKARESTOS 2010]

Die für den nachfragegesteuerten Betrieb relevanten Kenngrößen der Leistungserstellung werden ebenfalls Tabellen von TSAKARESTOS [2010] entnommen (Tab. 2.2). Sie sind in der Tabelle grau unterlegt.

Ziele	Zielkriterien	Kenngrößen
maximale Effizienz der Leistungserstellung	Effizienz des Fahrzeugeinsatzes	Anzahl der eingesetzten Fahrzeuge je Fahrt
		Verlauf und Anzahl der verschiedenen Routen
		Verhältnis der Leerkilometer zu den Gesamtkilometern
	Effizienz des Betriebsablaufs	Anzahl kompletter Umläufe aus Verteilen und Sammeln
Möglichst gute Arbeitsbedingungen für das Personal	räumlicher Einsatz	Erreichbarkeit der Schichtwechsel-Orte
	zeitlicher Einsatz	Tarifsparte der Fahrer

**Tab. 2.2** Zielsystem für die Leistungserstellung

[Quelle: TSAKARESTOS 2010]

## 2.3 Ausgangsdaten für die Ermittlung der Kennwerte

Die Kennwerte der Verkehrsnachfrage ergeben sich aus der Anmeldung der Beförderungswünsche und sind in dem entsprechenden Server niedergelegt. Die Kennwerte des räumlichen und zeitlichen Ablaufs der Fahrten sowie der Leistungserstellung hängen von den Prozessen ab, die bei der Nutzung des nachfragegesteuerten Betriebs durch den Fahrgast und seiner Handhabung durch das Verkehrsunternehmen entstehen. Diese Prozesse werden in Anlehnung an KIRCHHOFF, TSAKARESTOS [2007] nachfolgend beschrieben.

### Anmeldung von Beförderungswünschen

Der Fahrgast meldet seinen Beförderungswunsch in der Dispositionszentrale des Anbieters der Beförderungsleistungen an. Dies erfolgt über Telefon oder Internet. Dabei kann er zusätzlich Informationen über Mobilitätseinschränkungen (z.B. Rollstuhlmitnahme) oder Wünsche nach Gepäck- oder Kinderwagenbeförderung äußern. Die Anmeldung von Beförderungswünschen lässt sich mit dem Wunsch nach Auskunft über das Beförderungsangebot verknüpfen. So kann der Fahrgast bei Bestehen eines Beförderungswunsches zunächst eine Auskunft über Beförderungsmöglichkeiten einholen. Wenn der Fahrgast das vorgeschlagene Angebot annehmen will, erweitert er die Anfrage unmittelbar durch seine Anmeldung. Die Anmeldedaten werden in einem Anmeldeserver gespeichert. Grundlage einer solchen Auskunftserteilung sind die heute bereits in Betrieb befindlichen Auskunftssysteme.

Der Fahrgast kann einen Beförderungswunsch aber auch gegenüber dem Fahrer beim Einstieg in ein Fahrzeug eines nachfragegesteuert betriebenen Netzelementes äußern, was insbesondere bei Rückfahrten von Vorteil ist. Wünschenswert wäre dabei die Möglichkeit, diese Anmeldung schon beim Einstieg in einen Linienbus vornehmen zu können. Die Beförderungswünsche werden vom Fahrer in seinen Fahrzeugrechner eingegeben, in die bereits vorliegende Fahrtroute eingebunden und an das Dispositionssystem rückgemeldet. Wenn ein Fahrgast einen Beförderungswunsch über mehrere Netzelemente angibt (d.h. umsteigt), muss dieser in Teil-Beförderungswünsche für die betroffenen Netzelemente zerlegt werden.

### **Bildung von Fahrtrouten**

Kurz vor Beginn einer Fahrt auf einem nachfragegesteuert betriebenen Netzelement teilt ein Server die bis zu diesem Zeitpunkt für das Netzelement eingegangenen Beförderungswünsche auf die im Einsatz befindlichen Fahrzeuge auf. Anschließend wird für jedes Fahrzeug eine Fahrtroute gebildet und es werden die sich aus dem Routenverlauf ergebenden Abfahrtszeiten an den zu bedienenden Haltestellen bestimmt. Aufgrund der Komplexität dieser Prozesse und der Vielzahl an Lösungen erfordert diesen Vorgang die Anwendung von Verfahren des *Operations Research* [vgl. NOCERA 2004]. Die Verfahren ermöglichen eine Minimierung der Beförderungszeiten der Fahrgäste, der Anzahl der einzusetzenden Fahrzeuge und der zurückgelegten Wege dieser Fahrzeuge, im Anschluss an die Zuordnung der Beförderungswünsche zu den einzelnen Fahrzeugen ein iterativer Austausch dieser Beförderungswünsche zwischen den Fahrzeugen vorgenommen wird.

Sofern aufgrund des geringen Umfangs und der günstigen räumlichen Verteilung der Verkehrsnachfrage nur ein Fahrzeug benötigt wird, entfällt die Zuordnung der Beförderungswünsche zu den Fahrzeugen. Dann ist es ausreichend, aus der Folge der bei einer Fahrt bedienbaren und nach dem kürzesten Gesamtweg gereihten Haltestellen diejenigen zu streichen, die auf der betreffenden Fahrt nicht bedient zu werden brauchen [vgl. ECKARDT 2008]. Bei einem gleichzeitigen Einsatz von wenigen Fahrzeugen kann man sich die Zuordnung der Beförderungswünsche zu den einzelnen Fahrzeugen erleichtern, indem man den Sektor manuell in eine der Anzahl der eingesetzten Fahrzeuge entsprechenden Anzahl von Teilsektoren unterteilt und jedem Teilsektor ein Fahrzeug eindeutig zuordnet. Dann lassen sich Routen wie beim Einsatz eines einzigen Fahrzeugs durch Wegstreichen der nicht zu bedienenden Haltestellen bilden. Dieses Vorgehen führt aber nicht unbedingt zu einer optimalen Lösung mit einem Minimum der benötigten Fahrzeuge und der insgesamt gefahrenen Wege, liefert in der praktischen Anwendung aber brauchbare Ergebnisse.

Nach Abschluss der Routenbildung teilt der Dispositionsserver den Fahrzeugen die jeweils zu fahrenden Routen mit. Beim Einsatz von Großraumtaxi erfolgt diese Kommunikation indirekt über die Taxizentrale.

Die Einzeldaten der Anmeldung von Beförderungswünschen, ihrer Zuordnung zu den einzelnen Fahrzeugen und die Fahrzeugrouten werden für die spätere Auswertung im Dispositionsserver gespeichert.

### **Steuerung des Fahrtablaufs**

Die Steuerung des Fahrtablaufs erfolgt mit Hilfe eines Betriebsleitsystems. Dieses System ermöglicht eine Online-Störungserkennung, eine Online-Störungsbeseitigung sowie eine Offline-Auswertung der Daten des Betriebsablaufs und eine Offline-Überprüfung von Beschwerden der Fahrgäste.

Fahrzeugseitige Funktion eines Betriebsleitsystems ist die physikalische Ortung des Fahrzeugs über GPS. Bei dezentralen Systemen wird die Fahrplanlage im Fahrzeugrechner ermittelt, auf dem Display angezeigt und bei größeren Verspätungen an die Betriebsleitzentrale übermittelt. Bei zentralen Systemen werden allein die Standortdaten an die Betriebsleitzentrale übermittelt, die Verspätungen in der Zentrale errechnet und Verspätungsinformationen von dort an das Fahrzeug zurück übermittelt.

Hauptfunktionen in der Betriebsleitzentrale sind die räumliche und zeitliche Lokalisierung von Störungen sowie die Suche nach ihren Ursachen. Außerdem werden dem Disponenten Entscheidungshilfen für Maßnahmen zur Beseitigung der Störungen an die Hand gegeben. Bei dezentralen Systemen werden die Daten des Fahrtablaufs im Fahrzeugrechner gespeichert und nach Rückkehr des Fahrzeugs in den Betriebshof ausgelesen und in den Betriebsleitrechner übertragen. Bei zentralen Systemen erfolgt die Speicherung der Daten unmittelbar nach deren Übermittlung im Betriebsleitrechner. Die für die Qualitätssicherung benötigten Daten werden i.d.R. in Form einer SQL-Server-Datenbank zur Verfügung gestellt und können dann über gängige Software (MS Office, ArcGIS, SPSS) verarbeitet werden.

## **2.4 Auswerteprogramm**

Das Auswertungsprogramm basiert auf den für den nachfragegesteuerten Betrieb relevanten Kenngrößen, die in Kap. 2.2 zusammengestellt sind. Sie werden in dieser Untersuchung weiter differenziert und weichen deshalb in der Formulierung von denjenigen bei TSAKARESTOS [2010] ab.

Aufgabe der Auswertung ist es, für die Kenngrößen jeweils Kennwerte zu bestimmen, sie zu beurteilen und aufgrund des Beurteilungsergebnisses Maßnahmen zur Verbesserung bzw. Erhaltung der Angebotsqualität zu entwickeln. Die Beurteilung erfolgt durch einen Vergleich der Kennwerte zwischen den einzelnen Netzelementen (systeminternes Benchmarking), den Zeitbezügen (Vergleich der verschiedenen Jahreswerte), einer Projektion der Werte auf die Siedlungsstruktur (Haltestellenbelastung bezogen auf die Anzahl der Einwohner im Einzugsbereich) und einer Gegenüberstellung der Kennwerte mit definierten Grenzwerten im räum-

lich-zeitlichen Ablauf der Fahrten. Um Kennwerte zu verbessern müssen entsprechende Maßnahmen ergriffen werden.

Adressaten der Kennwerte und zuständig für ihre Ermittlung und Beurteilung sind die planende Instanz des Aufgabenträgers und die den Betrieb steuernde Instanz des Unternehmens. Daten über die Entwicklung der Verkehrsnachfrage sowie Auffälligkeiten in den Daten des Fahrtablaufs und der Leistungserstellung sollten auch der Leitungsebene des Aufgabenträgers (das für den ÖPNV zuständige Referat des Landkreises oder eine vom Aufgabenträger beauftragte Verbundorganisation), den für den ÖPNV zuständigen politischen Gremien sowie der Leitungsebene des mit der Durchführung des Betriebs beauftragten Verkehrsunternehmens zur Verfügung gestellt werden.

### **Verkehrsnachfrage**

Die Verkehrsnachfrage wird in ihrem Umfang und ihrer räumlichen Verteilung untersucht. Dabei ist zeitlich nach den Stundengruppen eines Tages (zeitliche Verteilung der Fahrtzwecke über den Tag), den Tagen der Woche (wochentägliche Schwankungen), den Monaten des Jahres (jahreszeitliche Schwankungen) und den Jahren oder Fahrplanperioden (längerfristige Veränderungen) zu differenzieren.

Die räumliche Ausprägung der Verkehrsnachfrage wird ausgedrückt durch die Verkehrsbeziehungen zwischen den Einstiegs- und der Ausstiegshaltestellen. Bei den Verkehrsbeziehungen ist zwischen solchen zu unterscheiden, die innerhalb des betrachteten Netzelements ablaufen und solchen, die nach außen weiterführen.

Die Kenngrößen, die sich aus den obigen Definitionen ableiten, die Beurteilungskriterien sowie die für die Ermittlung der Kennwerte erforderlichen Auswertungen sind in Tab. 2.3 zusammengestellt.

Kenngröße	Beurteilungskriterien	Auswertungen <sup>1)</sup>
Anzahl der beförderten Fahrgäste	Unterschiede zwischen den Netzelementen und Zeitbezügen	Entwicklung und Schwankung der Fahrgastzahlen
Verkehrsbeziehungen	Unterschiede zum Verkehrsbedarf aus der Einwohnerverteilung Anteil des Binnenverkehrs	Verkehrsbeziehungen zwischen den Haltestellen Einwohnerbezogene Nachfragepotentiale an den Haltestellen
Belastung der Haltestellen	Bedeutung der Haltestellen	Anzahl der Ein- und Aussteiger an den Haltestellen Anfahrhäufigkeiten der Haltestellen
Sammeleffekte bei den Fahrten	Anteil der Sammelfahrten an der Gesamtzahl der Fahrten	Anmeldevorgänge je Fahrt
Nutzungsgrad der angebotenen Fahrten	Unterschiede zwischen den Netzelementen und Zeitbezügen	Verhältnis der genutzten zu den angebotenen Fahrten

<sup>1)</sup> differenziert nach Netzelementen sowie Stundengruppen, Wochentagen, Monaten und Jahren

**Tab. 2.3** Beurteilungskriterien und Auswertungen der Verkehrsnachfrage

Die Kennwerte entstammen der Datenbank des Anmeldeservers, der sich in der Dispositionszentrale befindet. Adressat der Kennwerte ist die planende Instanz des Aufgabenträgers.

### Fahrtablauf

Die Beförderungsdauer ist definiert als Zeit zwischen der planmäßigen Abfahrt an der Einstiegshaltestelle und der planmäßigen Ankunft an der Ausstiegshaltestelle (identisch mit der planmäßigen Abfahrtszeit an dieser Haltestelle). Bei Fahrten über mehrere Netzelemente hinweg, zwischen denen umgestiegen werden muss, gelten die erste Einstiegshaltestelle beim Betreten des ÖPNV-Systems und die letzte Ausstiegshaltestelle beim Verlassen des ÖPNV-Systems. Bei der Benutzung mehrerer Netzelemente wird die gesamte Beförderungsdauer in Teil-Beförderungsdauern für die einzelnen Netzelemente zerlegt. Zur Beförderungsdauer auf dem nachfragegesteuerten Netzelement wird die Wartezeit beim Übergang vom oder zum übergeordneten Netzelement, das i.d.R. mit herkömmlichen Linienbetrieb betrieben wird und damit feste Abfahrtszeiten aufweist, hinzugeschlagen. Damit wird vermieden, dass bei der Zerlegung der Beförderungsdauern die Umsteigewartezeit verlorengeht und die Summe der Teil-Beförderungsdauern kleiner ist als die gesamte Beförderungsdauer.

Die Beförderungsdauer kann sich verlängern, wenn sich das Fahrzeug verspätet. Dies hat eine verspätete Abfahrt an der Einstiegshaltestelle und/oder eine verspätete Ankunft an der Ausstiegshaltestelle zur Folge. Beim nachfragegesteuerten Betrieb können zusätzliche Wartezeiten an der Einstiegshaltestelle entstehen, wenn das Fahrzeug nicht auf kürzestem Weg zur Einstiegshaltestelle fahren kann, sondern vor Erreichen dieser Haltestelle zusätzlich Haltestellen abseits des kürzesten Wegs bedienen muss. Die hieraus resultierenden Wartezeiten sind systembedingt und keine Verspätungen im herkömmlichen Sinn. Für solche Wartezeiten sind bei der Planung des Betriebs Grenzwerte zu setzen und diese Grenzwerte dem

Fahrgast im Fahrplan bekannt zu machen. Die im Fahrplan angegebenen Abfahrtszeiten sind damit früheste Zeiten, zu denen sich der Fahrgast an der Einstiegshaltestelle spätestens einfinden muss. Gleichartige systembedingte Verspätungen gibt es auch für die Ankunftszeiten, die planmäßig mit den frühestmöglichen Abfahrtszeiten an dieser Haltestelle identisch sind. Die Ausstiegshaltestelle kann trotz systembedingter Wartezeiten an der Einstiegshaltestelle allerdings trotzdem fahrplanmäßig oder sogar früher erreicht werden, wenn die räumliche Konstellation der zu bedienenden Zwischenhaltestellen günstig ist.

Aus dem Systemmerkmal, dass im nachfragegesteuerten Betrieb je nach Anzahl und Lage der nachgefragten Haltestellen unterschiedliche Routen mit unterschiedlichen Fahrtauern gefahren werden müssen, leitet sich ein Mehrwegfaktor ab, welcher das Verhältnis zwischen der tatsächlich gefahrenen Route zur kürzestmöglichen Route beschreibt. Neben dem Mehrwegfaktor kann auch ein Mehrzeitfaktor gebildet werden, wofür die entsprechenden Beförderungsdauern maßgebend sind. Sofern sich die Geschwindigkeiten der Fahrten direkt proportional zu den zurückgelegten Wegen verhalten, sind Zeitfaktor und Wegfaktor identisch. Für beide Faktoren müssen Grenzwerte festgelegt werden, die mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit nicht überschritten werden dürfen.

Wartezeiten bei Umsteigevorgängen sind als Zeitpuffer in den Fahrplan eingeschlossen, führen aber bei zu großer Dauer leicht zu Verärgerungen bei den Fahrgästen. Für die Wartezeiten an Umsteigepunkten und den Anteil nicht eingehaltener Anschlüsse müssen Grenzwerte vorgegeben werden. Bewertungskriterium ist die Häufigkeit, mit der die bei der Planung gesetzten Grenzwerte für die Komponenten der Beförderungsdauer (systembedingte Wartezeiten an der Einstiegshaltestelle, systembedingte verspätete Ankunftszeiten an der Ausstiegshaltestelle, zusätzlicher Zeitbedarf bei Mehrwegfahrten, Wartezeiten an Umsteigepunkten und verpasste Anschlüsse) überschritten werden.

Als zusätzliche Kenngröße wird die Beförderungsgeschwindigkeit auf dem nachfragegesteuerten Netzelement herangezogen, die sich aus dem Bezug der (Teil-)Beförderungsdauer auf diesem Netzelement auf die Länge des kürzesten Weges im Straßennetz ergibt. Durch den Bezug auf das Straßennetz statt auf die Luftlinienentfernung wird ausgeschlossen, dass sich die Geschwindigkeit durch Mehrwege reduziert, die sich nicht aus der gefahrenen Route, sondern aus der Topographie ergeben. Bewertungskriterium für die Beförderungsgeschwindigkeit sind der Vergleich der Beförderungsgeschwindigkeiten auf den verschiedenen Netzelementen untereinander – dadurch können Ausreißer aufgespürt werden – und ein gesetzter Grenzwert, der sich an üblichen Beförderungsgeschwindigkeiten im ÖPNV des ländlichen Raumes orientiert.

Die genannten Kenngrößen, die Beurteilungskriterien sowie die für die Ermittlung der Kennwerte erforderlichen Auswertungen sind in Tab. 2.4 zusammengestellt. Bei den Grenzwerten, die den Beurteilungskriterien zugrunde liegen, handelt es sich um Vorgaben des Aufgabenträgers / Zweckverbands.

Kenngröße	Beurteilungskriterien	Auswertungen <sup>1)</sup>
Verfrühungen und Verspätungen an den Einstiegs- und Ausstiegshaltestellen	Überschreitung des vorgegebenen Grenzwerts für die Fahrplantulanz	Differenz zwischen planmäßiger und tatsächlicher Abfahrts- und Ankunftszeit, für alle bedienten Haltestellen
Übergangszeiten bei Umsteigevorgängen	Überschreitung der vorgegebenen Grenzwerte für die Übergangszeiten	Differenz zwischen Ankunftszeit an der Umsteigehaltestelle und Zeitpunkt der Weiterfahrt, für alle Haltestellen mit relevanten Umsteigevorgängen Gegenüberstellung der Wartezeit an der Einstiegs- haltestelle und der Übergangszeit an der Umstiegs- haltestelle
Mehrwege und Mehrzeiten	Überschreitung der vorgegebenen Grenzwerte für die Mehrzeiten und Mehrwege	Mehraufwand von Fahrzeit bzw. Fahrtweg gegenüber der kürzesten Fahrzeit bzw. dem kürzesten Fahrtweg, für alle nachgefragten Routen
Beförderungsgeschwindigkeit	Überschreitung der vorgegebenen Grenzwerte für die Beförderungsgeschwindigkeit	Beförderungsgeschwindigkeiten auf den einzelnen Verkehrsbeziehungen

<sup>1)</sup> differenziert nach Netzelementen sowie Stundengruppen, Wochentagen, Monaten und Jahren

**Tab. 2.4** Kenngrößen, Beurteilungskriterien und Auswertungen beim räumlichen und zeitlichen Ablauf der Fahrten

Die Kenngrößen des räumlichen Fahrtablaufs lassen sich der Datenbank des Dispositionsservers und die Kenngrößen des zeitlichen Fahrtablaufs der Datenbank des Servers des Betriebsleitsystems entnehmen. Der Dispositionsserver befindet sich in der Dispositionszentrale und der Server des Betriebsleitsystems bei dem mit der Leistungserstellung beauftragten Unternehmen. Adressat der Kennwerte ist die planende Instanz des Aufgabenträgers.

### Leistungserstellung

Die wichtigsten Kenngrößen der Leistungserstellung sind die Anzahl und das Fassungsvermögen der in einem bestimmten Zeitraum eingesetzten Fahrzeuge sowie die von der Gesamtheit der im Einsatz befindlichen Fahrzeuge zurückgelegte Streckenlänge. Diese Größen bestimmen maßgeblich die Kosten des Fahrbetriebs. Der Kennwert für die Effizienz der Leistungserstellung ergibt sich, wenn die Anzahl der eingesetzten Fahrzeuge und die von ihnen zurückgelegte Strecke (=Betriebsleistung) auf das Produkt aus der Anzahl der zu befördernden Fahrgäste und ihrer Beförderungslänge auf kürzestem Weg (= Beförderungsleistung) bezogen werden. Die Effizienz wird für die einzelnen Netzelemente getrennt ermittelt und dabei zeitlich nach Stundengruppen des Tages, Wochentagen und Monaten differen-



ziert. Die Beurteilung erfolgt durch einen Vergleich zwischen den Netzelementen und Zeitbezügen.

Die von den Fahrzeugen zurückgelegte Streckenlänge kann nachvollzogen werden, wenn man die Routenverläufe im Einzelnen betrachtet. Dabei erkennt man auch, ob sich bei gleichen Routenverläufen dieselben Kennwerte für die gefahrene Strecke ergeben, oder ob bei derselben Haltestellenfolge unterschiedliche Wege gefahren werden und dadurch die gesamte Wegstrecke länger wird als bei der Fahrt auf dem kürzesten Weg über die zu bedienenden Haltestellen erforderlich. Letzteres kann nur eintreten, wenn das Taxiunternehmen manuell seine Routen ändert.

Die Messung der zurückgelegten Streckenlänge erlaubt es auch, die Abrechnung der erbrachten Leistung durch das Verkehrsunternehmen auf eine nachprüfbare Basis zu stellen und dadurch Kosten zu sparen.

Die Kennwerte für die Effizienz der Leistungserstellung werden zwischen den einzelnen Netzelementen verglichen. Hierbei lassen sich etwaige Ausreißer erkennen. Bei Abweichungen wird versucht, die Unterschiede zu erklären. (z.B. Besonderheiten in der Siedlungsstruktur, ungünstige räumliche Verteilung der nachgefragten Haltestellen). Bei unerklärbaren Unterschieden muss versucht werden, schlechte Effizienzwerte zu verbessern. Möglichkeiten hierzu sind Änderungen der Netzform und/oder der Betriebsform (Zuständigkeit der planenden Instanz) sowie eine Änderung der Regeln des Fahrzeugeinsatzes (Zuständigkeit des Verkehrsunternehmens).

Für den Einsatz der Fahrzeuge sind folgende Strategien möglich: Ein Fahrzeug verteilt vom Verknüpfungspunkt aus die dort einsteigenden oder mit dem Linienbus dort ankommenden Fahrgäste und sammelt im gleichen Umlauf die am Verknüpfungspunkt aussteigenden oder mit dem nächsten Linienbus abfahrenden Fahrgäste ein oder für den Verteil- und Sammelvorgang werden unterschiedliche Fahrzeuge eingesetzt. Um den Einsatz eines zweiten Fahrzeugs und Leerkilometer für das Aussetzen des Verteilerfahrzeugs und das Einsetzen des Sammlerfahrzeuges zu vermeiden, muss versucht werden, soweit wie möglich das Verteilen und das Sammeln durch dasselbe Fahrzeug durchzuführen. Wenn dies zu selten gelingt, sollte versucht werden, die Netzform des Sektors oder die Regeln des Fahrzeugeinsatzes zu ändern.

Eine weitere Kenngröße für die Effizienz der Leistungserstellung ist der Anteil der Leerkilometer an den Gesamtkilometern (= Leerleistung). Auch für diese Kenngrößen sollten die Kennwerte getrennt nach den einzelnen Netzelementen ermittelt und zeitlich nach den Stundengruppen und den Wochentagen differenziert werden. Wenn ein Vergleich der Anteile der Leerkilometer an den Gesamtkilometern zeigt, dass einzelne Werte zu hoch sind, muss versucht werden, die schlechten Werte durch eine veränderte Zuordnung der Halte-

stellen zu den Netzelementen (Zuständigkeit der planenden Instanz) oder die Regeln für den Fahrzeugeinsatz (Zuständigkeit des Verkehrsunternehmens) zu ändern.

Die genannten Kenngrößen, die Beurteilungskriterien sowie die für die Ermittlung der Kennwerte erforderlichen Auswertungen zur Qualitätsverbesserung sind in Tab. 2.5 zusammengestellt.

Kenngröße	Beurteilungskriterien	Auswertungen <sup>1)</sup>
Besetztleistung	Unterschiede zwischen den Netzelementen	Besetztleistung – zu erbringende Besetztleistung – erbrachte Besetztleistung Anzahl der gleichzeitig im Einsatz befindlichen Fahrzeuge – Anzahl der erforderlichen Fahrzeuge – Anzahl der eingesetzten Fahrzeuge Mehrwege für die Fahrgäste
Leerleistung	Unterschiede zwischen den Netzelementen	Anteil von möglichen Fahrtenketten durch Kombination von Verteilen und Sammeln
Gesamtkilometer aus Besetzt- und Leerleistung	Unterschiede zwischen den Netzelementen	Anteil der abgerechneten Gesamtkilometer in Bezug auf die errechneten erforderlichen Gesamtkilometer
Gegenüberstellung von Beförderungs- und Betriebsleistung (Leistungseffizienz)	Unterschiede zwischen den Netzelementen	Anteil des Beförderungsaufwands (Besetztkilometer) am Betriebsaufwand (Fahrzeugkilometer, Fahrereinsatzzeiten)

<sup>1)</sup> differenziert nach Netzelementen sowie Stundengruppen, Wochentagen, Monaten und Jahren

**Tab. 2.5** Kenngrößen, Beurteilungskriterien und Auswertungen bei der Leistungserstellung

Die Kenngrößen der Leistungserstellung lassen sich aus den Datenbanken des Anmeldeservers und des Dispositionsservers entnehmen. Adressaten der ermittelten Kennwerte sind sowohl die planende Instanz des Aufgabenträgers als auch die den Betrieb steuernde Instanz des mit der Leistungserstellung beauftragten Unternehmens.

## 2.5 Untersuchungsgebiete

Untersuchungsgebiete sind die Landkreise Grafschaft Bentheim und Waldeck-Frankenberg. Bei beiden handelt es sich um ländliche Räume außerhalb der Ballungsgebiete mit großem räumlichen Abstand zu Oberzentren. Sie unterscheiden sich durch ihre Topographie – der LK Grafschaft Bentheim ist in der Niedergrafschaft völlig eben mit einer flächigen Besiedlung, wohingegen der LK Waldeck-Frankenberg sehr hügelig ist und sich die Siedlungen vorwiegend entlang der Täler erstrecken. Sie unterscheiden sich ebenfalls durch ihr ÖPNV-System – im LK Grafschaft Bentheim wurde der ÖPNV in Form von flexiblen Betriebsformen umfassend neu konzipiert und 2003 bzw. 2004 in zwei Stufen in der Realität umgesetzt, wohingegen im LK Waldeck-Frankenberg ein bestehendes Liniennetz mit einem Angebot vor-

rangig im Schüler- und Berufsverkehr in den Neben- und Schwachverkehrszeiten durch AST-Linien ergänzt wurde.

Die Siedlungs- und Bevölkerungsstruktur der beiden Untersuchungsgebiete ist in Kap. 3 dargestellt. Auch hier bestehen – bedingt durch Topographie und Anordnung von Bewohnern und Verkehrswegen – wesentliche Unterschiede: Im LK Grafschaft Bentheim erstrecken sich Bevölkerung und Verkehrswege eher flächig auf das gesamte Untersuchungsgebiet, im LK Waldeck-Frankenberg folgen die Bevölkerungsstruktur und die Verkehrswege den topographiebedingten Siedlungsräumen entlang der Flusstäler.

## 2.6 Informationsverarbeitung im Rahmen der Auswertungen

Die hier vorgenommenen, in den nachfolgenden Kapiteln dargestellten Auswertungen basieren auf den Datenstrukturen, wie sie die Fa. ESM identisch im LK Grafschaft Bentheim und im LK Waldeck-Frankenberg verwendet. Bei den Datenstrukturen ist zu unterscheiden zwischen einer Struktur für die Entgegennahme der Fahrtwünsche (Verkehrsnachfrage), die Disposition der Fahrtwünsche auf die einzelnen Fahrzeuge und die Festlegung der Routen der Fahrzeuge sowie in die Struktur des Betriebsleitsystems, letzteres jedoch nur für den LK Waldeck-Frankenberg. Die Datenstrukturen und die aufgezeichneten Datensätze werden ursprünglich in MS-Access-Datenbanken abgebildet, im Rahmen der Datenaufbereitung durch Filter- und Sortiervorgänge in eine umfangreiche MS-Excel-Tabelle transformiert, auf welcher wiederum die eigentlichen Auswertungen, wie sie in den Kapiteln 4, 5 und 6 eingehend erläutert werden, basieren.

Zur Aufbereitung der Daten wurden die EDV-Programme Microsoft Office (Word, Excel, Access) sowie Microsoft Visual Studio und ESRI ArcGIS verwendet. Für die Auswertung der umfangreichen Rohdaten wurden in Microsoft Access und Excel unterstützend Makros programmiert, um wiederkehrende Prozesse teil-automatisiert ablaufen zu lassen.

Bei der Bestimmung und Kommentierung der Kenngrößen liegt der Schwerpunkt auf dem LK Grafschaft Bentheim. Zusätzlich werden Kenngrößen des LK Waldeck-Frankenberg erläutert. Dort wird der Fokus auf das nachfragegesteuerte Linienbündel 580 gelegt, da es in seinen Merkmalen (Größe, Linien- und Fahrgastanzahl) mit den Sektoren aus dem LK Grafschaft Bentheim am ehesten vergleichbar ist. Dieses Linienbündel ist im nordwestlichen Teil des Landkreises gelegen und erstreckt sich zwischen Willingen, Diemelsee und Korbach.

Für den LK Grafschaft Bentheim liegen 265.899 Datensätze (einzelne Fahrtwünsche) aus 5½ Fahrplanperioden vor. Diese erstrecken sich vom 14.07.2005 bis zum 04.02.2011. Für das Linienbündel 580 im LK Waldeck-Frankenberg sind es 222.900 einzelne Fahrtwünsche, die den Zeitraum zwischen dem 12.12.2004 und dem 14.08.2011 abdecken. Dies entspricht etwa 6 ¼ Fahrplanperioden. Der gesamte LK Waldeck-Frankenberg mit allen zehn Linien-

bündeln umfasst 1.364.809 Datensätze, die in Abhängigkeit von der Inbetriebnahme eines einzelnen Linienbündels zwischen dem 31.08.2003 und dem 01.04.2011 erstmals und alle am 14.08.2011 letztmals erzeugt wurden. Diese Datensätze der Sektoren 11-16 (LK Graf-schaft Bentheim) und des Linienbündels 580 (LK Waldeck-Frankenberg) stellen die gesamte Datenbasis für die in dieser Arbeit durchgeführten Auswertungen und entwickelten Pla-nungsprozesse dar.

Im Rahmen der Auswertungen wurden die Datensätze von unplausiblen Werten und Zu-sammenhängen bereinigt (Eingabe- und Übertragungsfehler, Fehlerwerte). Dies ist lediglich intuitiv erfolgt durch umfangreiche Sortiervorgänge und systematisches Auslesen von Fehl-werten, die als programm-basiert anzusehen sind (nicht funktionierende Formeln, falsche Zellformatierungen, u.a.). Um den Rahmen dieser Arbeit nicht zu sprengen, ist auf statisti-sche Hypothesentests wie z.B. Likelihood-Quotienten-Tests oder Varianzanalysen zur Fehlerbehebung verzichtet worden. Nach Meinung des Autors reichen neben den oben er-wähnten Plausibilitätsprüfungen zusätzliche informelle Einflussgrößen wie Expertenwissen, Intuition und v.a. praktische Erfahrungen aus in die Realität umgesetzten Planungsprojekten aus, um das Fehlerrisiko bei den Ausgangsdatsätzen auf ein akzeptables Minimum zu re-duzieren.

Auch wurden punktuelle Störungen aus den zugrundeliegenden Daten herausgenommen (z.B. für Mittelwerte), wenn dies für den Wahrheitsgehalt von abgeleiteten Auswertungen er-forderlich war. Soweit bekannt, handelt es sich hierbei um Beförderungswünsche, die nicht den Trends der üblichen Verkehrsnachfragestruktur entsprechen und von außerplanmäßigen Änderungen wie Baustellen, Umleitungen, Unfällen und hiermit verbundenen episodischen Fahrplanänderungen verbunden sind.

Die Ermittlung der Kennwerte der Verkehrsnachfrage, der Beförderungsdauer und der Lei-stungserstellung erfolgt in mehreren Ebenen.

Auf der ersten Ebene werden über vorher festzulegende Zeitintervalle Summenwerte (bei den Kenngrößen der Verkehrsnachfrage) oder Mittelwerte (bei den Kenngrößen des Fahrtab-laufs und der Leistungserstellung) gebildet. Diese Summen- bzw. Mittelwerte werden auto-matisch ermittelt und ausgegeben. Um zeitliche Veränderungen zu erkennen, werden die Kennwerte des letzten Zeitintervalls mit den Werten früherer Zeitintervalle verglichen.

Auf der zweiten Ebene haben der Betriebsleiter und der Planer die Möglichkeit, die auf der ersten Ebene festgelegten Zeitintervalle weiter zu differenzieren, z.B. auf die Entwicklung der Kenngrößen an bestimmten Tagen, oder sie nach Wochentagen und Stundengruppen zu separieren und gesondert zu verfolgen. Zeitliche Entwicklungen werden hier zweckmäßi-gerweise als grafische Darstellungen ausgegeben.

Auf einer dritten Ebene können sich Betriebsleiter und Planer für den Verlauf der Kennwerte Häufigkeitsverteilungen und Verteilungen der Summenhäufigkeiten ausgeben lassen. Die Auswertungen dienen dem Planer, um die Notwendigkeit oder Sinnhaftigkeit von Planänderungen abzuwägen und dem Betriebsleiter, um die Leistungserstellung zu überprüfen und ggf. entsprechende Änderungen vorzunehmen. Die Auswertungen der ersten Ebene sollte auch der Leitungsebene bei Aufgabenträgern und bei Unternehmern vorgelegt werden.

In den Kap. 4, 5 und 6 werden die Auswertungen vorgestellt und kommentiert. Im Wesentlichen wird in dieser Analyse der Fokus auf die Zeiträume der Fahrplanperiode 2009/10 (LK Grafschaft Bentheim) sowie das Kalenderjahr bzw. die Fahrplanperiode 2010 (LK Waldeck-Frankenberg) gelegt. Die Veränderung des Angebots zu den Fahrplanwechseln würde Ergebnisse verfälschen, die sich auf mehrere Fahrplanperioden gleichzeitig beziehen. Nur zu Vergleichszwecken, v.a. bei der Analyse der Verkehrsnachfrage in Kap. 4, werden mehrere Fahrplanperioden betrachtet und kommentiert. Eine Auswertung der in dieser Arbeit nicht oder nur am Rande behandelten Fahrplanperioden erfolgte im Rahmen der Auswertungen analog und liegt digital vor. Dies bedeutet für Betriebsleiter und Planer, dass auch Vergleiche zwischen den einzelnen Fahrplanperioden durchgeführt und Rückschlüsse für eine Verbesserung des Fahrplanangebots und die Optimierung der Wirtschaftlichkeit gezogen werden können.



### 3. Siedlungsstruktur und ÖPNV-Bedienung der Untersuchungsgebiete

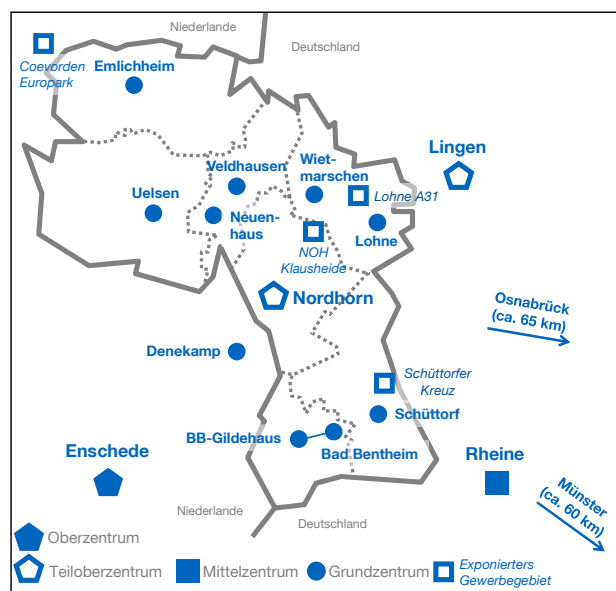
#### 3.1 Landkreis Grafschaft Bentheim

##### Lage und Topographie

Der LK Grafschaft Bentheim liegt im Südwesten Niedersachsens. Er ist Bestandteil der Europaregion EUREGIO. Im Westen grenzt er an die niederländischen Provinzen Overijssel und Drenthe, im Süden an die Landkreise Borken und Steinfurt (Nordrhein-Westfalen) und im Nordosten an den Landkreis Emsland. Kreisstadt ist die zentral im Landkreis gelegene Stadt Nordhorn. Nördlich von Nordhorn erstreckt sich die von Moorlandschaften geprägte Niedergrafschaft mit einer geringen Einwohnerdichte und vielen Einzelgehöften. Südlich von Nordhorn liegt die Obergrafschaft mit dem Bentheimer Berg (Ausläufer des Teutoburger Waldes) und den Hauptsiedlungsgebieten.

##### Funktionale Gliederung

Die Funktionale Gliederung des Landkreises ist in Bild 3.1 dargestellt:



**Bild 3.1** Zentrale Orte und Gewerbestandorte im LK Grafschaft Bentheim

[Datenquelle: Landesraumordnungsprogramm Niedersachsen 2008]

Administrativ untergliedert sich der Landkreis Grafschaft Bentheim in die drei Einheitsgemeinden Nordhorn im Zentrum des Landkreises, Bad Bentheim im Süden und Wietmarschen im Nordosten sowie in die vier Samtgemeinden Emlichheim im Norden, Uelsen im

Nordwesten, Neuenhaus in der Mitte und Schüttorf im Südosten. Einziges Mittelzentrum allerdings mit oberzentralen Teilfunktionen ist die Kreisstadt Nordhorn. Daneben bestehen sieben Grundzentren und ein Doppel-Grundzentrum. Orte höherer Zentralität außerhalb des Landkreises sind das grenznahe Enschede in den Niederlanden sowie die oberzentralen Verflechtungsbereiche Osnabrück und Münster im Osten bzw. Südosten. Außerdem gibt es vier exponierte Gewerbestandorte.

### **Bevölkerungs-, Wirtschafts- und Freizeitstruktur**

Der Landkreis hatte im Jahre 2008 rd. 135.500 Einwohner (~ 138 Ew / km<sup>2</sup>). Die Einwohnerzahl nahm zwischen 1998 und 2008 um rd. 7.700 Ew überdurchschnittlich zu (+ 6,1 % verglichen mit dem Bevölkerungsanstieg Niedersachsens mit + 1,2 %). Entsprechend der koordinierten Vorausberechnung des LSKN [2010] wird sich die Einwohnerzahl bis zum Jahr 2018 um 3,7 % auf rd. 140.600 erhöhen (Niedersachsen - 1,1 %). Nach 2018 ist mit einer Stagnation der Einwohnerzahl zu rechnen. Einwohnerkonzentrationen bestehen in den Städten Nordhorn und Bad Bentheim sowie in den Samtgemeinden Schüttorf und Neuenhaus. Die Altersstruktur entspricht in etwa dem Landesdurchschnitt von Niedersachsen.

Seit den 1970er Jahren durchlebt die Wirtschaft einen tiefgreifenden Strukturwandel. Einhergehend mit dem Rückgang der Textilindustrie vom wichtigsten Stützpfiler des produzierenden Gewerbes siedelten sich in den letzten Jahren v.a. Unternehmen des tertiären Sektors an (Dienstleistungen, Verkehr, Handel, Tourismus). Dennoch ist insbesondere in den ländlicheren Bereichen der sekundäre Sektor (Industrie) weiterhin der dominierende Wirtschaftssektor, wenngleich mit kontinuierlich sinkender Bedeutung. Der Anteil des primären Sektors liegt maximal bei 4 %. Gegenüber dem Landesdurchschnitt ist der Anteil des sekundären Sektors um bis zu 30 % höher und der des tertiären Sektors entsprechend geringer. Bedeutsame Gewerbegebiete sind gleichmäßig in der Fläche verteilt. Eine exponierte Stellung hat als Gegengewicht zu Nordhorn der Europark Coevorden (NL) nordwestlich von Emlichheim, der sowohl für den niederländischen als auch für den deutschen Raum überregional bedeutsam ist.

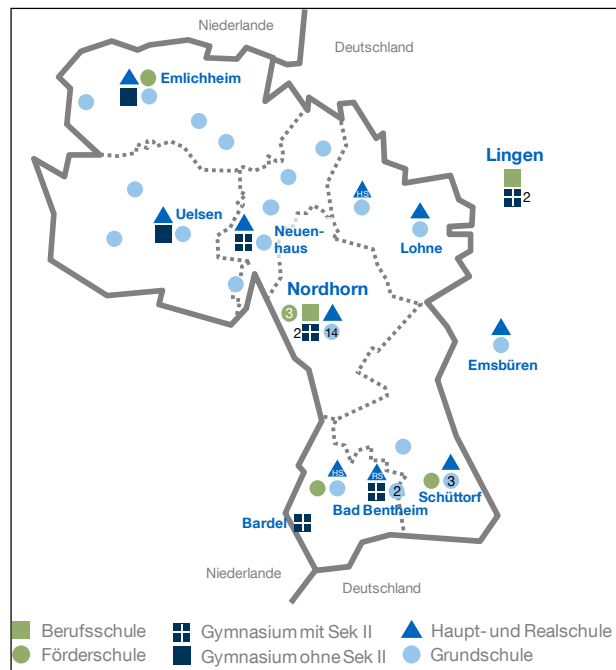
Der Landkreis bietet zahlreiche Möglichkeiten der Freizeitgestaltung. Von der Landkreisverwaltung werden die Formen des extensiven Tourismus wie Radfahren und Wandern gefördert. Kulturelle Einrichtungen befinden sich dezentral in der Fläche verteilt. Die Diskotheken in Schüttorf, Nordhorn und Uelsen ziehen überregionale Besucher an, was sich auch in Bus-Sonderverkehren zeigt.

### **Schulstruktur**

Da der Schülerverkehr beim ÖPNV ländlicher Räume im Mittelpunkt steht, wird hier gesondert auf die Schulstruktur eingegangen. Das Schulsystem in Niedersachsen sieht für alle Schüler eine vierjährige Grundschule vor, auf welcher die Hauptschule (Abschluss nach der



9. oder 10. Klasse), die Realschule (Abschluss nach der 10. Klasse) und das Gymnasium (Abschluss nach der 12. oder 13. Klasse) aufbauen. In jeder Samtgemeinde gibt es Grundschulen. In jedem Gemeindezentrum befindet sich zumindest eine Haupt- oder Realschule. Gymnasien liegen in Nordhorn und in den Grundzentren Emlichheim, Uelsen, Neuenhaus und Bad Bentheim. Außerdem gibt es ein kirchliches Gymnasium in Bardel. Berufsbildende Schulen sind ausschließlich in Nordhorn. Schüler mit geistigen oder körperlichen Einschränkungen können spezielle Förderschulen in Emlichheim, Nordhorn, Bad Bentheim und Schüttorf besuchen. Die Schulstandorte sind in Bild 3.2 dargestellt.



**Bild 3.2** Schulstruktur im LK Grafschaft Bentheim

[Datenquelle: NVP NOH 2004; LANDESRAUMORDNUNGSPROGRAMM NIEDERSACHSEN 2008]

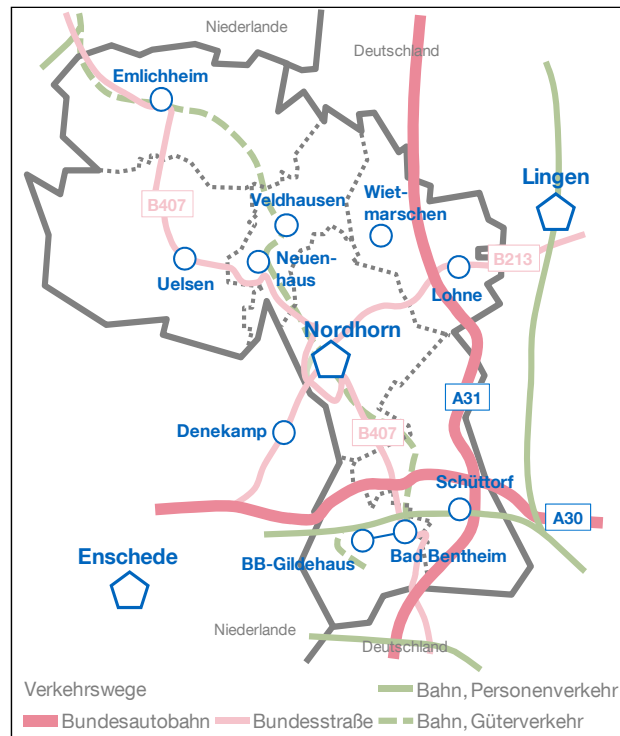
Viele Schüler besuchen Schulen außerhalb des Landkreises (vorrangig in Lingen und Emsbüren). Im Landkreis selbst befinden sich keine Hochschuleinrichtungen, so dass Studenten zu den Hochschulen in Enschede, Münster, Osnabrück und Lingen pendeln und ihren Wohnort dorthin verlegen oder gleich die Region in Richtung entfernterer Städte verlassen.

### Übergeordnete Verkehrswege

Verkehrlich ist der Landkreis durch die Bundesautobahnen A 30 und A 31 und die Bundesstraßen B 213 und B 403 an das übrige Straßennetz angebunden. Die innere Erschließung im Landkreis erfolgt neben den Bundesstraßen durch ein Netz aus ca. 115 km Landesstraßen und ca. 270 km Kreisstraßen sowie ein verzweigtes Geflecht aus kleineren befestigten Wegen.

Die einzige Bahnlinie mit Personenbeförderung (Hannover-Amsterdam) durchquert den Landkreis im Süden mit Personenhalten in Bad Bentheim und Schüttorf. Südlich des Land-

kreises verläuft die Bahnstrecke Münster-Enschede und östlich die Strecke Norddeich-Ruhrgebiet. Entlang der Vechte führt eine weitere Bahnstrecke von Bad Bentheim über Nordhorn bis Coevorden, die allerdings nur für den Güterverkehr genutzt wird (vgl. Bild 3.3).



**Bild 3.3** Übergeordnete Verkehrswege im LK Grafschaft Bentheim  
[Datenquelle: LANDESRAUMORDNUNGSPLAN NIEDERSACHSEN 2008]

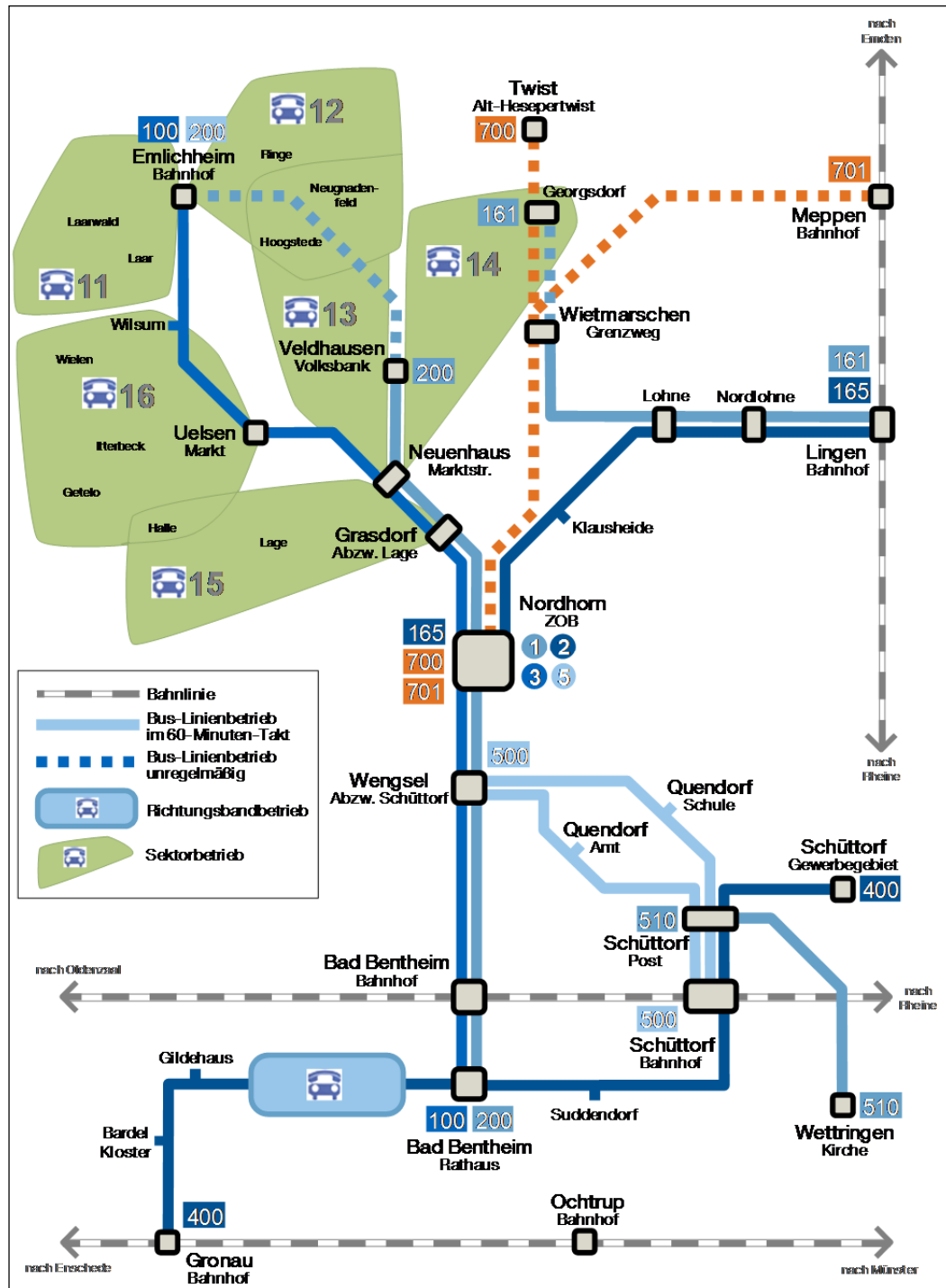
### ÖPNV-Bedienung des Landkreises

Träger des ÖPNV im Landkreis ist die Verkehrsgemeinschaft Grafschaft Bentheim (VGB), ein Betreiber-Verbund, der aus der im Besitz des Landkreises befindlichen Bentheimer Eisenbahn AG, der im Besitz der Stadt Nordhorn befindlichen Nordhorner Versorgungsbetriebe GmbH (NVB) und den beiden privaten Verkehrsunternehmen Meyering Reisen KG und Richters Reisen GmbH besteht. Die Konzessionen der Verkehrsunternehmen sind in der VGB gebündelt und laufen aktuell bis zum 28.2.2013. Das Regionalbusunternehmen Weser-Ems-Bus (als Partnerunternehmen der Verkehrsgemeinschaft Emsland-Süd) betreibt die über den Landkreis hinausgehende Linie Bad Bentheim-Rheine.

Nach der Gründung der VGB im Jahre 1996 wurde das ÖPNV-Angebot organisatorisch vereinheitlicht. Dabei wurde der bis dahin freigestellte Schülerverkehr in den allgemeinen ÖPNV integriert. Im Jahre 1993 wurde aus den Ergebnissen eines Forschungsprojektes ein Nahverkehrsplan abgeleitet, der auch nachfragegesteuerte Betriebsformen enthält. Er wurde in zwei Stufen 2003 und 2004 umgesetzt. Der nachfragegesteuerte Verkehr gehört zu den Konzessionen der Bentheimer Eisenbahn und wird in deren Auftrag von fünf privaten Taxiunternehmen durchgeführt

Das ÖPNV-Netz orientiert sich am zentralörtlichen System des Landkreises. Mittelpunkt des Netzes ist die Kreisstadt Nordhorn. Die Grundzentren werden mit der Kreisstadt und teilweise auch untereinander durch herkömmlichen Linienbetrieb verbunden. Der nachfragegesteuerte Betrieb verbindet die Orte der dünn besiedelten Gebiete mit den Grundzentren.

Das ÖPNV-Netz des Landkreises ist in Bild 3.4 schematisch dargestellt:



**Bild 3.4** ÖPNV-Netz im LK Grafschaft Bentheim (2011)

[Datenquelle: VGB FAHRPLAN 2011, verändert]

Rückgrat des Netzes ist die von Nord nach Süd verlaufende Linie 100, die von Emlichheim über Neuenhaus und Nordhorn nach Bad Bentheim führt und bis auf Schüttorf die größeren Orte des Landkreises miteinander verbindet. Im Siedlungsband, das in West-Ost-Richtung im Süden der Grafschaft verläuft, verkehrt die Linie 400 von Gronau über Bad Bentheim nach Schüttorf, die zwischen Gildehaus und Bad Bentheim Richtungsbandbetrieb aufweist. Von Nordhorn nach Lingen, das kurz hinter der Grenze im benachbarten Landkreis Emsland liegt, verkehrt die Linie 165. Die dünn besiedelten Gebiete in der Niedergraftchaft im Norden werden durch Sektoren mit nachfragegesteuertem Betrieb erschlossen. Sie sind in Neuenhaus, Grasdorf, Uelsen und Emlichheim mit der Linie 100 verknüpft. Die Stadt Nordhorn unterhält einen eigenen Stadtverkehr mit drei Durchmesserlinien und einer Bürgerbuslinie.

Alle Linien, Richtungsbänder und Sektoren verkehren an Werktagen in einem durchgehenden Stundentakt zwischen 06:30 und 19:00 Uhr, die Linien 100 und 400 auch bis nach 23:00 Uhr. Die mit der Linie 100 verknüpften Sektoren fahren länger, da sie die Fahrgäste aus der Fläche schon vor der ersten Linienfahrt einsammeln und abends nach der letzten Linienfahrt in die Fläche verteilen müssen. Auf dem Abschnitt Bad Bentheim-Neuenhaus besteht durch Überlagerung der Linien 100 und 200 ein 30-Minuten-Takt. Die Linien des Nordhorer Stadtverkehrs weisen an Werktagen ebenfalls einen durchgehenden Stundentakt auf und verkehren zwischen 06:00 und 20:00 Uhr. Sie führen über die Rendezvous Haltestelle Nordhorn ZOB und sind dort untereinander und mit dem Regionalverkehr zeitlich verknüpft. An den Verknüpfungshaltestellen bestehen zwischen der Linie 100 und den Sektoren Übergangszeiten von max. 8 Minuten. Die Hauptlinien (einschließlich des Richtungsbandes der Linie 400) werden mit Standardbussen mit ca. 50 Sitz- und 40 Stehplätzen betrieben. Im nachfragegesteuerten Betrieb werden maximal 21 Taxis mit je nach Nachfrage 4, 6 oder 8 Sitzplätzen eingesetzt. Details des ÖPNV-Systems sind dem Nahverkehrsplan des Landkreises [2004, 2009], KLOTH [2009] und TSAKARESTOS [2010] zu entnehmen.

### Struktur der nachfragegesteuerten Bedienung

Die Sektoren haben die in Tab. 3.1 dargestellte Struktur der Bevölkerung und der ÖPNV-Bedienung:

Sektor	Verknüpfung mit Linie 100 in	Anzahl Haltest.	Anzahl Einwohner <sup>1)</sup>	Ew / km <sup>2</sup>	Anzahl Schüler <sup>1)</sup>
11	Emlichheim	63	6.900	91	600
12	Emlichheim	48	8.200	122	500
13	Neuenhaus	48	9.100	136	400
14	Neuenhaus	60	10.300	128	1.000
15	Grasdorf <sup>2)</sup>	24	3.800	79	300
16	Uelsen	80	10.100	59	1.300

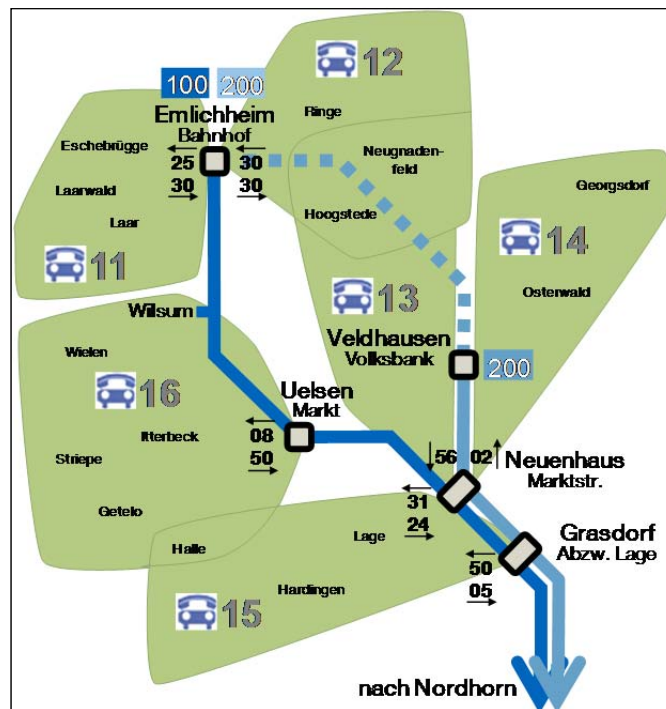
1) Die Anzahl der Ew und der Schüler errechnet sich aus der Summe aller Ew / Schüler je Rasterfeld, die komplett innerhalb des Umgriffs eines Sektors liegen plus der Hälfte der Ew / Schüler aus den Rasterfeldern, die die Sektorgrenze schneiden.

2) Wegen des Fahrplans der Linie 100 ist ein Anschluss Richtung Nordhorn und zur Bahn nur in Grasdorf möglich.

**Tab. 3.1** Kennzahlen der Sektoren im LK Grafschaft Bentheim

Der nachfragegesteuerte Betrieb in der Niedergrafschaft nördlich von Nordhorn wurde in zwei Stufen in den Jahren 2003 und 2004 eingeführt. Dabei wurde das dünn besiedelte Gebiet nördlich von Neuenhaus so in Sektoren unterteilt (Sektoren 11 bis 16), dass diese jeweils einem der Grundzentren entlang der Linie 100 zugeordnet werden. Ausnahme bildet der Sektor 15, welcher Grasdorf bei Neuenhaus (kein Grundzentrum) zugeordnet wurde.

Die Sektoren und ihre Verknüpfungen mit dem Linienbetrieb sind Bild 3.5 dargestellt.



**Bild 3.5** Einbindung der Sektoren in das ÖPNV-Netz des LK Grafschaft Bentheim  
[Datenquelle: VGB FAHRPLAN 2011, verändert]

Als Betriebsform wurde einheitlich Sektorbetrieb gewählt. Der Verknüpfungspunkt zwischen Sektor- und Linienbetrieb, über den die Weiterfahrt in die Kreisstadt und zur Bahn im Süden des Landkreises erfolgt, liegt in dem Grundzentrum, an den der Sektor angebunden ist.

Die Sektoren lassen sich durch ihre Form und die Dichteverteilung der Einwohner kennzeichnen:

Hinsichtlich der Sektorform kann zwischen einer gestreckten Form und einer kompakten Form unterschieden werden. Bei der gestreckten Form ist die Sektorlänge groß und die Sektorbreite gering; der Verhältniswert liegt deutlich über 1. Bei einer kompakten Form geht das Verhältnis gegen 1.

Hinsichtlich der Dichteverteilung kann zwischen einer starken Konzentration der Einwohner an wenigen Stellen und einer gleichmäßigen Verteilung der Einwohner über die gesamte Sektorfläche unterschieden werden.

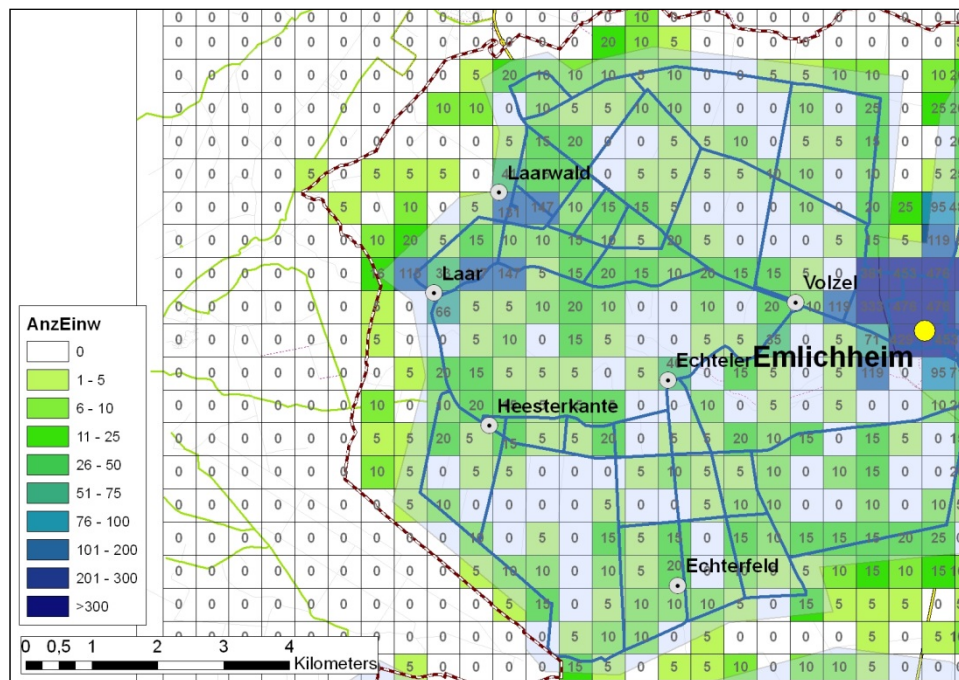
Für gestreckte Sektoren und einer gleichzeitigen Einwohnerkonzentration an wenigen Stellen bietet sich eine eher linienorientierte Betriebsform wie der Richtungsbandbetrieb oder im Extremfall auch der herkömmliche Linienbetrieb an und für kompakte Sektoren mit einer gleichmäßigen Verteilung der Einwohner über den gesamten Sektor eine eher flächige Betriebsform wie der Sektorbetrieb. Bei Zwischenzuständen der Sektorform und der Einwohnerkonzentration muss zwischen den verschiedenen Betriebsformen in der Weise abgewogen werden, dass eine möglichst hohe Angebotsqualität bei einem möglichst geringen Betriebsaufwand entsteht. Derartige Überprüfungen erfolgen in den Kap. 5 und 6.

Als Maß für die Sektorform kann das Verhältnis zwischen Sektorlänge (gemessen entlang des kürzesten Weges von der entferntesten Haltestelle zum Verknüpfungspunkt mit dem Linienbetrieb) und der Breite des Sektors auf dem kürzesten Weg an der breitesten Stelle dienen. Längen- und Breitenmaß werden mit Hilfe eines GIS aus den digitalisierten Straßennetzen der Sektoren herausgelesen.

Die räumliche Verteilung der Einwohner in den einzelnen Sektoren kann mit Hilfe der Kenngröße der Entropie quantifiziert werden. Die Entropie leitet sich aus der Wärmelehre ab und ist ein Maß für die Ordnung bzw. Unordnung in einem abgeschlossenen System. Eine maximale Entropie ist gegeben, wenn sich die Elemente gleichmäßig über den Untersuchungsraum verteilen und eine minimale Entropie, wenn sich alle Elemente in einem Punkt konzentrieren. In den 1960er und 1970er Jahren hat die Bevölkerungswissenschaft entsprechende Zusammenhänge in der Thermodynamik benutzt, um Phänomene ihres Fachgebiets zu erklären [WILSON 1970, BIRG 1971].

In der Thermodynamik ist der Prozess der Erhöhung des Entropiewertes irreversibel, d.h. bei der Vermengung von Flüssigkeiten wird automatisch immer die maximale Unordnung, d.h. die maximale Entropie angestrebt. In der Bevölkerungswissenschaft ist dieser Prozess auch umkehrbar: Tendenzen der Verdrängung von Einwohnern aus den zentralen Orten in die Fläche (z.B. aus Gründen erhöhter Mobilität oder wegen hoher Mietpreise) stehen gegenläufigen Bewegungen gegenüber (z.B. ausgelöst durch die Konzentration von Arbeitsplätzen).

In vorliegendem Fall wird die räumliche Verteilung der Bevölkerung innerhalb der einzelnen Sektoren betrachtet. Um die Bevölkerungsentropie quantifizieren zu können, wird der Sektor mit einem Quadratraster der Kantenlänge 500 Meter überzogen und in jedes Quadrat die Anzahl der Einwohner eingetragen. Dieses Vorgehen ist beispielhaft als Ausschnitt in Bild 3.6 dargestellt.



**Bild 3.6** Bevölkerungsverteilung für das Gebiet des Sektors 11

[Datenquelle: LSKN 2010, verändert]

Die räumliche Verteilung der Einwohner wurde mangels einer geeigneten kleinräumigen Einwohnerstatistik aufgrund von Luftbildern vorgenommen. Die Plausibilität der Ergebnisse wurde aufgrund von Telefonbucheinträgen überprüft und ggf. angepasst, auch wenn dem Autor bewusst war, dass nur ein Teil der Telefonkunden im Telefonbuch eingetragen ist. Dieses Vorgehen liefert keine Absolutzahlen der Einwohner in den einzelnen Quadranten; sondern schätzt lediglich die Anteile der Einwohnerverteilung ab. Da die nachfolgend benutzte Formel zur Ermittlung der Entropie ebenfalls mit Anteilen operiert, ist eine Hochrechnung auf absolute Einwohnerzahlen in den Quadranten nicht erforderlich.

Die so ermittelten Einwohnerzahlen haben damit nur eine begrenzte Genauigkeit. Dies scheint für die vorliegende Arbeit vertretbar, weil es hier nur um die Demonstration eines Verfahrens und nicht um die Weiterverwendung der Daten gehen soll.

BIRG [1971] definiert die Entropie folgendermaßen:

$$H_{\text{abs}} = - \sum_{i=1}^{i=n} p_i \cdot \ln(p_i)$$

Hierbei ist  $H_{\text{abs}}$  der Absolutwert der Entropie,  $p_i$  der relative Anteil eines Merkmalsträgers (Anteil der Einwohner im Feld  $i$ ) an der Summe des auf  $n$  Merkmalsträger verteilten Merkmals (Gesamtzahl der Einwohner des Sektors). Konzentriert sich die Gesamtheit der Einwohner auf ein Feld, so ist die Entropie  $H_{\text{abs}} = 0$ , wohingegen eine Gleichverteilung der Einwohner auf die Felder einen maximalen Entropiewert ergibt.



Die obige Formel weist ein numerisches Problem auf: Für Felder, in denen keine Einwohner ermittelt wurden, geht in die Summenbildung ein unbestimmter Summand ein, weil  $\ln(x)$  nur für Zahlen  $x > 0$  definiert ist. Diese Felder wurden aus der Berechnung herausgelassen bzw. in obiger Formel mit dem Wert 0 belegt.

Um die Vergleichbarkeit von Verteilungen der Einwohnerdichte bei unterschiedlichen Felderzahlen und unterschiedlichen absoluten Einwohnerwerten der Sektoren zu gewährleisten, muss in jedem Sektor die Entropie  $H_{\text{abs}}$  auf Werte zwischen 0 und 1 normiert werden. BIRG [1971] gibt hierfür folgende Formel an:

$$H_{\text{norm}} = \frac{\ln(n) - H_{\text{abs}}}{\ln(n)}$$

$H_{\text{norm}}$  ist die normierte Entropie des betrachteten Sektors und  $n$  ist die Anzahl der durch Einwohner besetzten Felder im Sektor.

Die normierten Entropiewerte der sechs Sektoren sind der Tab. 3.2 zu entnehmen. Dabei wird zusätzlich die Form der Sektoren durch den Quotient von Länge zu Breite des Sektors mit angegeben.

Sektor	Verknüpfung mit Linie 100 in	Anzahl Einwohner <sup>1)</sup>	Ew / km <sup>2</sup>	Form der Sektoren	Bevölkerungsentropie
11	Emlichheim	6.900	91	0,87	0,48
12	Emlichheim	8.200	122	1,17	0,42
13	Neuenhaus	9.100	136	2,22	0,43
14	Neuenhaus	10.300	128	2,04	0,44
15	Grasdorf <sup>2)</sup>	3.800	79	1,65	0,40
16	Uelsen	10.100	59	0,95	0,39

1) Die Anzahl der Einwohner errechnet sich aus der Summe aller Einwohner je Rasterfeld, die komplett innerhalb des Umgriffs eines Sektors liegen plus der Hälfte der Einwohner aus den Rasterfeldern, die die Sektorgrenze schneiden.

2) Wegen des Fahrplans der Linie 100 ist ein Anschluss Richtung Nordhorn und zur Bahn nur in Grasdorf möglich.

**Tab. 3.2** Form und Bevölkerungsentropie der Sektoren im LK Grafschaft Bentheim

Obwohl die Kennwerte für die Sektorform und die Bevölkerungsentropie nur eine geringe Spreizung haben, lassen sich doch Gruppierungen vornehmen:

- Hinsichtlich der Sektorform sind die Sektoren 13 und 14 deutlich gestreckter als die anderen. Am kompaktesten sind die Sektoren 11 und 16. Die beiden übrigen Sektoren 12 und 15 liegen dazwischen.
- Hinsichtlich der Bevölkerungskonzentration haben die Sektoren 11 und 15 die geringste Einwohnerkonzentration und die Sektoren 12 und 16 die höchste. Die beiden übrigen Sektoren 13 und 14 liegen dazwischen.

Eine gleichzeitig geringe Streckung und hohe Einwohnerkonzentration hat der Sektor 16. Hinsichtlich der Wahl der Betriebsform sind dies gegenläufige Merkmale, denn bei geringer Streckung bietet sich eine eher flächige Betriebsform an und bei einer hohen Einwohner-



konzentration eine eher linienförmige. Dieser Widerspruch hat in der Praxis dazu geführt, dass sich aus dem ursprünglichen Sektorbetrieb zwei Richtungsbänder herausgebildet haben. Anstoß für diese Veränderung waren Vorteile in der Angebotsqualität und gleichzeitig im Betriebsaufwand. In Tab. 3.3 ist die Aufspaltung des Sektors 16 vorgenommen.

Sektor	Verknüpfung mit Linie 100 in	Anzahl Einwohner <sup>1)</sup>	Ew / km <sup>2</sup>	Form der Sektoren	Bevölkerungsentropie
<b>16</b>	Uelsen	10.100	59	0,95	0,39 / 0,19
<b>16 Nord</b>	Uelsen	7.000	75	1,48	0,42 / 0,22
<b>16 Süd</b>	Uelsen	5.600	75	1,91	0,42 / 0,23

1) Die Anzahl der Ew und der Schüler errechnet sich aus der Summe aller Ew / Schüler je Rasterfeld, die komplett innerhalb des Umgriffs eines Sektors liegen plus der Hälfte der Ew / Schüler aus den Rasterfeldern, die die Sektorgrenze schneiden.

2) Wegen des Fahrplans der Linie 100 ist ein Anschluss Richtung Nordhorn und zur Bahn nur in Grasdorf möglich.

**Tab. 3.3** Form und Bevölkerungsentropie bei einer Aufspaltung des Sektors 16 im LK Grafschaft Bentheim

Eine Aufspaltung des Sektors 16 in einen Sektor 16 Nord und 16 Süd zeigt, dass die beiden Teilsektoren gestreckter werden und die Bevölkerungsentropie im Sinne einer flächigeren Einwohnerverteilung ansteigt. Damit werden auch die oben erläuterten Widersprüche abgemildert und die Entscheidung für die Veränderung der Betriebsform von einer Sektorbedienung auf zwei Richtungsbandbedienungen rechtfertigt. Der wirtschaftliche Vorteil dieser Veränderung wird größer, wenn die Verkehrsnachfrage in diesen Sektoren zunimmt.

Eine ähnliche Trennung von zwei Sektoren ist schon bei der ursprünglichen Planung geschehen: die beiden Sektoren 13 und 14 wurden nicht zusammengefasst, obwohl sie an dasselbe Grundzentrum aus derselben Richtung anbinden.

Eine Veränderung in den anderen Sektoren scheidet aus, weil sie entweder aus unterschiedlichen Richtungen an ein Grundzentrum anschließen oder aufgrund der flächigen Einwohnerverteilung (höhere Entropiewerte) einen wirtschaftlichen Betrieb mit linienförmigen Betriebsformen kaum zulassen.

Wegen der Unterschiede in der Sektorform und der Bevölkerungsentropie sowie in den zugehörigen Kennwerten des Fahrt- und Betriebsablaufs werden in den Kap. 5 und 6, die der Ermittlung dieser Kennwerte dient, die Berechnungen in den meisten Fällen getrennt für die einzelnen Sektoren oder zumindest für die beiden strukturell unterschiedlichen Sektoren 13 und 16 durchgeführt.

Zu beachten ist, dass die oben ermittelten Entropiewerte nicht ausschließliches Kriterium für die Wahl der Form von Sektoren angesehen werden dürfen. Vielmehr muss es sich bei der Festlegung der Ausdehnung von Sektoren um einen rückgekoppelten Planungsprozess handeln, unter der Berücksichtigung der Analyseergebnisse aus den Kap. 4, 5 und 6.

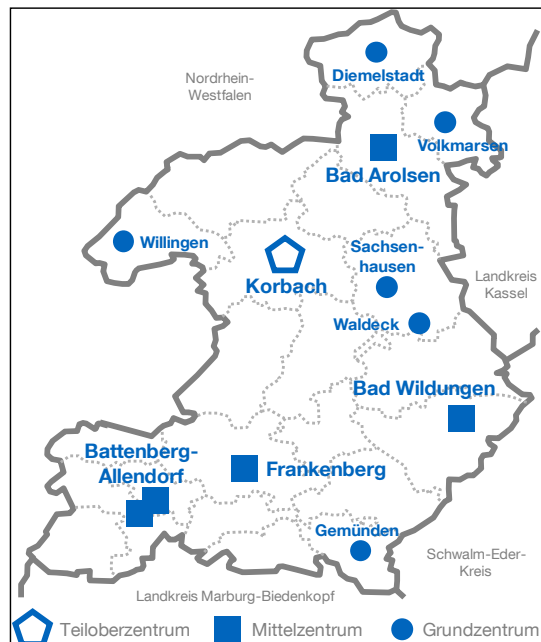
## 3.2 Landkreis Waldeck-Frankenberg

### Lage und Topographie

Der LK Waldeck-Frankenberg liegt im Norden des Bundeslands Hessen im westhessischen Bergland. Er grenzt im Westen an die LK Höxter und den Hochsauerlandkreis, im Südwesten an den LK Siegen-Wittgenstein (Nordrhein-Westfalen), im Süden an den LK Marburg-Biedenkopf sowie im Osten an die LK Kassel und den Schwalm-Eder-Kreis und gehört dem hessischen Regierungsbezirk Kassel an. Die Siedlungsstruktur ist stark von den topographischen Gegebenheiten bestimmt und zeichnet sich durch eine Konzentration der Bevölkerung auf Städte und Dörfer aus – Einzelgehöfte fehlen völlig.

### Funktionale Gliederung

Die funktionale Gliederung des Landkreises ist in Bild 3.7 dargestellt:



**Bild 3.7** Zentrale Orte im LK Waldeck-Frankenberg

[Datenquelle: EWF Fahrplan 2010, verändert]

Der Landkreis in 13 Städte und 9 Gemeinden auf. Der Verwaltungssitz Korbach ist einziges Mittelzentrum mit oberzentralen Teilfunktionen. Die drei als Mittelzentren ausgewiesenen Städte Bad Arolsen, Bad Wildungen und Frankenberg sowie das Doppel-Mittelzentrum Battenberg-Allendorf sind gleichmäßig über den Landkreis verteilt und berücksichtigen die entsprechenden Bedürfnisse. Desweiteren sind sechs Orte als Grundzentren ausgewiesen. Kleinzentren (nicht in der Karte dargestellt) bestehen in jeder weiteren Gemeinde. Oberzentren mit überregionalen Funktionen, welche das Mobilitätsverhalten der Bevölkerung entscheidend beeinflussen, sind Kassel östlich und Marburg südlich des Landkreises. Expo-

nierte und somit gesondert hervorzuhebende Gewerbestandorte außerhalb der größeren Siedlungen existieren nicht.

### **Bevölkerungs-, Wirtschafts- und Freizeitstruktur**

Die Gesamtbevölkerung beträgt im Jahr 2009 rd. 163.000 Ew (~ 88 Ew / km<sup>2</sup>). Sie nahm seit 1999 um 7.580 Ew ab (- 4,4 %). Im Vergleich mit Hessen mit einer Stagnation der Gesamtbevölkerung (+ 0,1 %) nahm die Einwohnerzahl somit überdurchschnittlich ab. Entsprechend der koordinierten Vorausberechnung wird die Gesamtbevölkerung bis 2020 auf 153.000 (- 6,2 %) abnehmen. Dies entspricht dem Landestrend (- 1,9 %), tritt jedoch um ein Dreifaches verstärkt auf [vgl. HESSISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK 2010 a, b; LANDKREIS WALDECK-FRANKENBERG 2010] (neueste verfügbare Daten zu Projektbeginn).

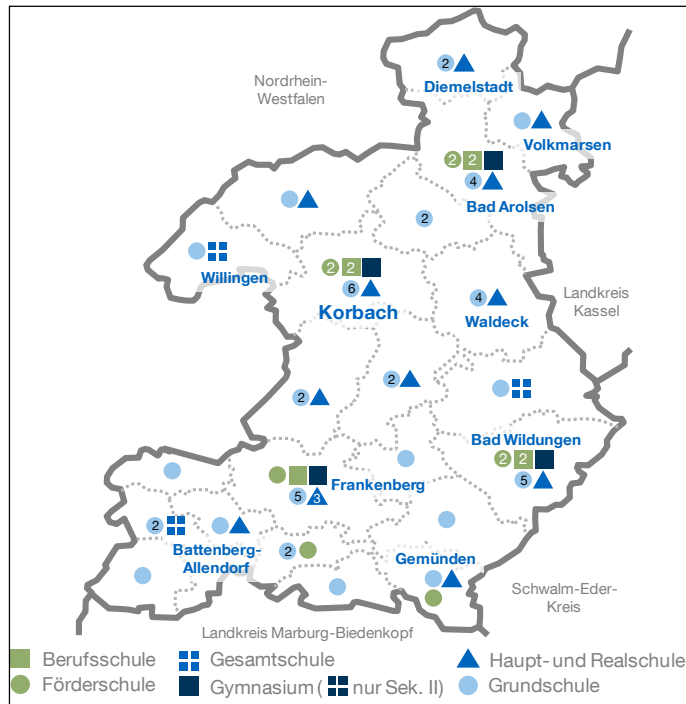
Die an den geographischen Gegebenheiten orientierte Siedlungsstruktur wirkt sich insofern auf die Erwerbsstruktur aus, dass keine gleichmäßige Verteilung der Anteile der Wirtschaftssektoren innerhalb der Verwaltungseinheiten festzustellen ist. Die Industrie und das Dienstleistungsgewerbe dominieren gegenüber der Landwirtschaft; der Anteil an Handel und Verkehr liegt konstant bei 25-30 %. Verglichen mit dem Landesdurchschnitt ist das Untersuchungsgebiet deutlich mehr industriell geprägt.

Mit dem überregional bekannten Nationalpark Kellerwald-Edersee, den Burgen und Schlössern sowie den Wintersportmöglichkeiten (Willingen / Upland) wird dem Tourismus eine bedeutende Rolle beigemessen. Die Festigung dieses Status als Tourismusregion für Hessen und Nordrhein-Westfalen wird durch die Kreisverwaltung ausdrücklich gefördert. Dies wird auch durch eine Vielzahl an kulturellen Einrichtungen in den größeren Städten unterstützt.

### **Schulstruktur**

Im hessischen Schulsystem ist nach der vierjährigen Grundschule der eignungsabhängige Übertritt auf Hauptschulen (Abschluss nach der 9. oder 10. Klasse), Realschulen (Abschluss nach der 10. Klasse) und Gymnasien (Abschluss ab 2013 nur noch nach der 12. Klasse – „G8“) möglich. Gesamtschulen können das Bildungsangebot mehrerer Schulformen anbieten. Darauf bauen weiterführende Schulen auf (u.a. Fachober- und -hochschulen, Universitäten). Parallel existieren Förderschulen mit unterschiedlichen Schwerpunkten.

Die Schulstandorte sind in Bild 3.8 dargestellt.



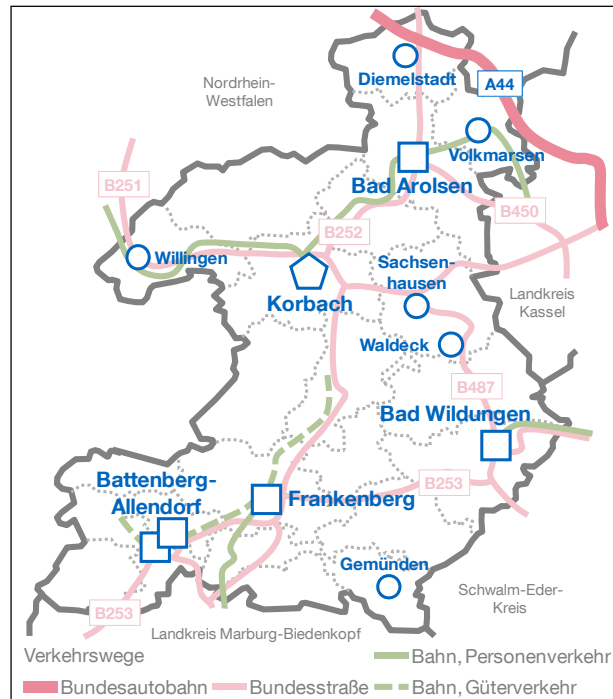
**Bild 3.8** Schulstruktur im LK Waldeck-Frankenberg  
[nach Städten und Gemeinden aggregiert, Datenquelle: NVP WF 2010]

Überregional bedeutsam sind die Holzfachschule in Bad Wildungen sowie die Berufsakademien in Bad Wildungen und Frankenberg [vgl. NVP WF 2010]. Es bestehen konkrete Pläne, am Standort Bad Wildungen eine Fachhochschule mit ökologischer und forstwissenschaftlicher Ausrichtung einzurichten, wodurch sich der Landkreis erhofft, dass hochqualifizierte Arbeitskräfte gehalten werden können. Bislang sind die nächstgelegenen Hochschulstandorte Kassel, Marburg und Paderborn.

### Übergeordnete Verkehrswege

Das Verkehrsgebiet wird im Norden von der Bundesautobahn 44 Dortmund-Kassel tangiert. Ein weit verzweigtes Straßennetz aus Bundes-, Staats- und Kreisstraßen sorgt für eine sehr gute innere Erschließung. Seit den 1970er Jahren bestehen noch Bahnverbindungen von Korbach nach Kassel und Brilon sowie kurze in die Nachbarlandkreise führende Strecken (vgl. Bild 3.9). Die Relationen Korbach-Frankenberg und Korbach-Bad Wildungen sind stillgelegt, auf einer Teilstrecke wird lediglich Ausflugsverkehr betrieben. Der Edersee teilt als natürliche Grenze den Landkreis in einen nördlichen und einen südlichen Teil, so dass ersterer auf Korbach und zweitgenannter auf Bad Wildungen und Frankenberg ausgerichtet ist.

Es wird diskutiert, die nur für den Güterverkehr befahrene Bahnlinie Frankenberg-Korbach wieder in Betrieb zu nehmen. Weitere Bahnlinien werden nicht reaktiviert [vgl. NVP WALDECK-FRANKENBERG 2001]. Der neue und noch unveröffentlichte NVP 2011 beinhaltet kaum Änderungen der Planung verglichen mit der Fassung von 2001.



**Bild 3.9** Übergeordnete Verkehrswege im LK Waldeck-Frankenberg  
[nach Städten und Gemeinden aggregiert, Datenquelle: NVP WF 2010]

### ÖPNV-Bedienung des Landkreises

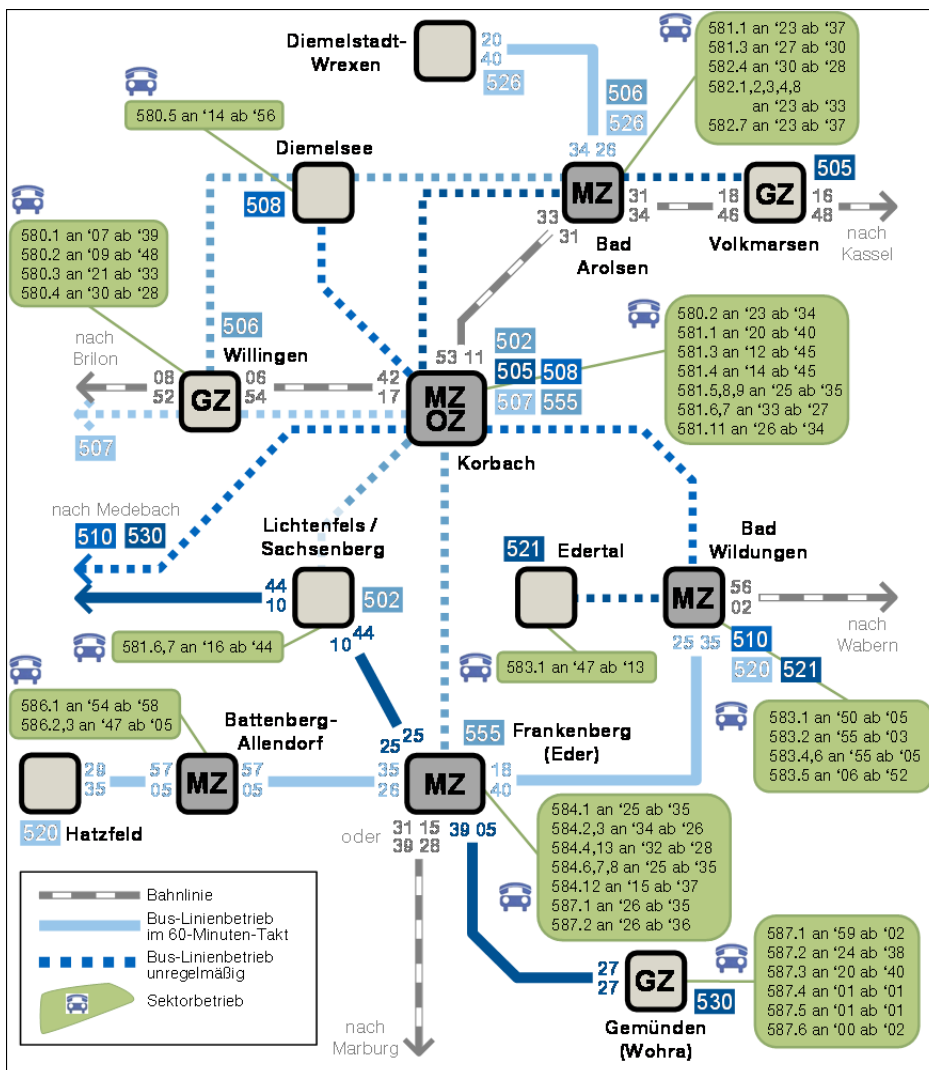
Die EWF GmbH fungiert als Aufgabenträger und gleichzeitig Energieversorger des LK Waldeck-Frankenberg und ist seit 1995 Bestandteil des NVV, welcher das Verkehrsgebiet der Stadt Kassel und fünf nordhessischer Landkreise umfasst. Die EWF hat die Betriebsführerschaft bzw. die Linienkonzessionen inne, besitzt jedoch keine Fahrzeuge, so dass die Verkehrsleistung zu 100 % an Subunternehmer ausgeschrieben wird.

Im Verkehrsgebiet Waldeck-Frankenberg werden 11 Verbindungslinien unabhängig vom Schülerverkehr, 11 ergänzende Linien hauptsächlich für die Abwicklung des Schülerverkehrs, drei Stadtbuslinien und 58 nachfragegesteuerte Netzelemente (Anruf-Sammel-Taxi; AST) betrieben. Sechs Subunternehmer führen den Linienbetrieb im LK durch. Sieben Taxiunternehmen führen den nachfragegesteuerten Betrieb im Verkehrsgebiet durch und disponieren eigenverantwortlich ÖPNV- und Privatfahrten. Dieser AST-Verkehr wurde im Oktober 1997 begonnen und sukzessive in Form von Linienbündeln erweitert, so dass er heute bis auf den südöstlichen Teil (Gemünden) nahezu den gesamten Landkreis abdeckt.

2010 wurden 123.792 Aufträge an die Taxiunternehmen vergeben, welche aus 186.527 Fahrtwunschbuchungen in der Mobilitätszentrale hervorgingen. Von diesen Fahrtwunschbuchungen waren 8,02 % (= 14.956) Dauerbuchungen. Da mit einer Fahrtwunschbuchung mehrere Fahrgäste angemeldet werden können, ergibt sich für 2010 ein Wert tatsächlich beförderter Fahrgäste von 194.786. Im Schnitt werden also 1,57 Fahrgäste je Auftrag ange-

meldet. Die Laufzeiten der an die Subunternehmen ausgegebenen Betriebskonzessionen sind linienbündelbezogen und betragen bei Neuausgabe bis 8 Jahre. Somit ergibt sich eine maximale Laufdauer (Stand: 03/2011) bis zum 15.12.2018, hier für das Linienbündel 587.

Aufgrund der multizentralen Siedlungsstruktur ist das ÖPNV-Netz auf mehrere Orte höherer Zentralität ausgerichtet. Es gliedert sich in Verbindungslinien zwischen den Mittelzentren und Sammellinien, die von den Mittelzentren in die nähere Umgebung führen. Hierarchisch untergeordnet sind die ebenfalls auf die größeren Orte ausgerichteten nachfragegesteuerten Netzelemente (58 AST-Linien), welche zusätzlich die kleineren Orte bedienen und zu nachfrageschwächeren Zeiten eingesetzt werden. Ergänzt wird die Netzstruktur durch Schülerlinien, die sich an der Verteilung der Schüler bzw. den Schulanfangs- und -endzeiten orientieren. In Bild 3.10 ist das Netz dargestellt, unterteilt nach regelmäßig verkehrenden Verbindungslinien (mit Zeitangaben) und ergänzenden Linien (ohne Zeitangaben) sowie den Endpunkten der AST-Linien mit Abfahrts- und Ankunftszeit:



\* Linien ohne Ankunfts- und Abfahrtszeiten (gestrichelt dargestellt) verfügen nicht über einen regelmäßigen Takt.  
 \*\* AST-Linien innerhalb eines Orts sowie Verbindungen ohne Anfahren eines zentralen Orts sind nicht aufgeführt.

**Bild 3.10** ÖPNV-Linienverkehr und Verknüpfung der Netzelemente im LK Waldeck-Frankenberg (2011, spezielle Schülerlinien nicht dargestellt)

[Datenquelle: NVV-FAHRPLÄNE 2010 UND 2011, verändert]

Eine Einheitlichkeit der Linien bei Betriebsdauer, Bedienungshäufigkeit und Bedienung außerhalb der Werktage besteht nicht. Regelmäßiger Takt (120 min) ist nur am Wochenende eingerichtet. Im Gegensatz zu den Linien werden fast alle AST-Fahrten in einem einheitlichen Zeitraum zwischen 06:00 und 23:00 Uhr und im durchgängigen 60-Minuten-Takt angeboten, zusätzliche Fahrten gibt es auch früh und an den Wochenenden nach 00:00 Uhr. Es ist zu berücksichtigen, dass AST-Fahrten prinzipiell nicht durchgeführt werden dürfen, solange bis zu 30 Minuten vor oder nach dieser Fahrt eine Linienfahrt im Fahrplan verzeichnet ist. Dies gilt auch, wenn der Linienfahrplan aufgrund von Nachfrageschwankungen (z.B. Änderung von Schulanfangszeiten) verändert wird. In solchen Fällen kann es vorkommen, dass planmäßige AST-Fahrten, die im Stundenraster ablaufen, in die Sperrfrist des zeitlichen Abstands von 30 Minuten zu Linienfahrten geraten; sie werden dann gestrichen oder sie werden wieder eingeführt, wenn das Stundenraster des AST-Verkehrs durch Verschiebungen im Linienbetrieb dies zulässt. In den Ortsteilen existieren zur Verdichtung weitere Haltestellen, die nur vom AST-Verkehr angefahren werden. Sie unterliegen jedoch ebenfalls den oben beschriebenen Bedingungen zum Parallelverkehr wie benachbarte etwas entfernter gelegene Bushaltestellen.

Zusätzlich verkehrende Linien dienen ausschließlich oder primär dem Schülerverkehr. Der Schülerverkehr orientiert sich an der räumlichen Anordnung der Schuleinzugsbereiche und an der zeitlichen Staffelung der Schulanfangs- und -endzeiten. Zusätzlicher freigestellter Schülerverkehr ist im Auftragswert von ca. 2,2 Mio. €/a (1,6 Mio. Fzkm) für berufsbildende Schulen und Förderschulen eingerichtet. Weitere Details zum ÖPNV-System im LK Waldeck-Frankenberg ist dem NVP WF [2001] sowie den aktuell gültigen Fahrplänen zu entnehmen. Ein aktualisierter NVP wird vsl. 2014 oder 2015 erscheinen.

Der Betrieb der Linien erfolgt mit insgesamt 112 Standardbussen (ca. 50 Sitz- und 40 Stehplätze). Im AST-Verkehr werden in der Fahrplanperiode 2011 44 Großraumtaxi oder Taxi-Pkw eingesetzt (8 bzw. 4 Sitzplätze). Die Lage und Verteilung der Haltestellen ist, orientiert an der Netzgeometrie, linear orientiert und wenig flächig. Die Ausstattung richtet sich nach definierten Haltestellenkategorien, in Abhängigkeit u.a. von der Bedienungshäufigkeit, Umsteigebeziehungen und der Fahrgastfrequenz [vgl. NVP WF 2001]. Übergeordnete landesbedeutsame Buslinien, die sich im Wesentlichen an stillgelegten Bahnlinien orientieren, existieren als solche nicht. Jedoch bestehen eine enge Verzahnung mit dem ÖPNV der Nachbarlandkreise sowie einige direkte Busverbindungen aus dem Verkehrsgebiet in die Oberzentren wie z.B. nach Marburg [vgl. NVV-FAHRPLÄNE 2010 UND 2011].

### Struktur der nachfragegesteuerten Bedienung

Die Sektoren weisen die in Tab. 3.4 dargestellte Bevölkerungsstruktur auf:

AST	Anbindung	Anzahl Haltest.	Anzahl Einwohner <sup>1)</sup>	Ew-Dichte / km
581.5	Korbach	insgesamt 738 <sup>2)</sup>	ca. 8.400	226
581.8	Korbach		ca. 4.600	127
582.3	Bad Arolsen		ca. 8.000	156
581.6; 581.7	Korbach		ca. 8.200	77
582.2; 582.8	Bad Arolsen		ca. 6.600	79
584.5; 584.6	Frankenberg (Eder)		ca. 6.600	238
587.4; 587.5	Gemünden (Wohra)		ca. 1.500	34

1) Die Anzahl der Einwohner errechnet sich aus der Summe aller Einwohner je Rasterfeld, die komplett innerhalb des Umgriffs eines AST-Bereichs liegen plus der Hälfte der Einwohner aus den Rasterfeldern, die den AST-Bereich schneiden.

2) Die Anzahl der Haltestellen je AST-Linienbündel ist nicht eindeutig zuzuordnen, da, ein hoher Anteil an Haltestellen von zwei oder mehreren AST-Linienbündeln angefahren wird.

**Tab. 3.4** Kennzahlen der Sektoren im LK Waldeck-Frankenberg

Die Ermittlung von Sektorform und der Einwohnerverteilung innerhalb der Sektoren ist im LK Waldeck-Frankenberg nicht sinnvoll, weil das hier vorhandene nachfragegesteuerte ÖPNV-System AST bei vorhandener Nachfrage lediglich die Linienwege des herkömmlichen Linienbetriebs befährt. Sektorale ÖPNV-Strukturen, wie sie aus dem LK Grafschaft Bentheim bekannt sind, bestehen nicht.

### 3.3 Vergleich der beiden Untersuchungsgebiete

Aufgrund der geographischen Voraussetzungen und der historischen Entwicklung ergibt sich für die beiden Untersuchungsräume ein differenziertes Bild der Siedlungsstruktur. Hieraus entwickeln sich auch unterschiedlich aufgebaute Verkehrsnetze und ÖPNV-Strukturen, wie in nachfolgender Tab. 3.5 gegenübergestellt:

Kriterium	LK Grafschaft Bentheim	LK Waldeck-Frankenberg
Funktionale Gliederung *	1 Teiloberzentrum, 7 Grundzentren	1 Teiloberzentrum, 4 Mittelzentren, 6 Grundzentren, 12 Kleinzentren
Bevölkerungsstruktur *	Konzentration auf wenige größere Städte; sehr disperse Verteilung der Bevölkerung (Einzelgehöfte), monozentrisch (Nordhorn) 135.500 Ew (2008) 138 Ew / km <sup>2</sup> + 6,1 % (1998 → 2008) + 3,7 % (2008 → 2018)	Konzentration auf größere Städte und Dörfer, wenig disperse Verteilung der Bevölkerung, polyzentrisch (Korbach + 4 Mittelzentren) 163.000 Ew (2009) 88 Ew / km <sup>2</sup> - 4,4 % (1999 → 2009) - 6,2 % (2009 → 2020)
Wirtschaftsstruktur	hoher Anteil an Industrie, homogene Verteilung der Erwerbsstruktur	hoher Anteil an Industrie, inhomogene Verteilung der Erwerbsstruktur



Freizeitstruktur	in Teilen touristisch ausgerichtet; v.a. Fahrradtourismus, explizite Förderung durch den Landkreis	stark touristisch ausgerichtet, sehr vielfältige Angebote; explizite Förderung durch den Landkreis
Schulstruktur *	Grundschulen in der Fläche verteilt, weiterführende Schulen (6 Gymnasien) in den größeren Siedlungen, Förderschulen vorhanden, keine Hochschulen	Grundschulen und weiterführende Schulen (4 Gymnasien) in den größeren Siedlungen, Förderschulen vorhanden, keine Hochschulen (Pläne zur Einrichtung einer FH in Bad Wildungen)
Übergeordnete Verkehrswege	Anschluss an A 30, A 31, B 213, B 403; sehr kleinräumiges und weit verzweigtes nachgeordnetes Verkehrsnetz; keine bewegte Topographie → daher keine Orientierung des Verkehrsnetzes an der Topographie	Anschluss an A 44, B 251, B 252, B 253, B 450, B 487; verhältnismäßig geringe Verzweigung des nachgeordneten Verkehrsnetzes; Orientierung des Verkehrsnetzes nach der bewegten Topographie (v.a. entlang der Täler)
ÖPNV-Bedienung des Landkreises *	Aufgabenträger: LK Grafschaft Bentheim ÖPNV-Betreiber VGB mit vier Gesellschaftern und fünf Taxiunternehmen für den nachfragegesteuerten ÖPNV 10 Linien + 6 Sektoren Bündelung auf Hauptverkehrsachsen, Ausrichtung an Teilerbzentrum, Fläche durch Sektoren bedient Anschlussicherheit auf fast allen Relationen, stundenbasierter Takt auch am Wochenende ca. 60.000 Buchungen / Jahr Schülerverkehr basiert im Wesentlichen auf dem allg. ÖPNV eine Bahnlinie mit guten Übergängen, ein Fernverkehrshalt	Aufgabenträger: EWF ÖPNV-Betreiber EWF mit sechs Subunternehmen und sieben Taxiunternehmen für den nachfragegesteuerten ÖPNV 22 Linien + 58 AST-Linien Bündelung auf Hauptverkehrsachsen, mehrere Mittelzentren, kaum flächige Bedienung (nur Verstärkung der Linien) geringe Anschlussicherheit in den größeren Orten, unregelmäßiger Takt, Wochenendverkehr stark eingeschränkt ca. 180.000 Buchungen / Jahr Schülerverkehr ist wesentliches und alleiniges Kriterium für die ÖPNV-Planung vier voneinander unabhängige Bahnstrecken mit schlechten Übergängen, kein Fernverkehrshalt
Struktur der nachfragegesteuerten Bedienung	Klare Abgrenzung der Sektoren zueinander, bis auf eine teilweise Überlagerung der Sektoren 12 und 13 sowie 13 und 14 zwischen Neuenhaus und Veldhausen keine Doppelbedienung der Haltestellen	Keine klare Abgrenzung der AST-Linienbündel und auch nicht der einzelnen AST-Linien untereinander; sehr häufige Doppel- und Mehrfachbedienung der Haltestellen durch unterschiedliche AST-Linien
Entwicklung und Ablauf des nachfragegesteuerten Betriebs	Zwischen 2005 und 2009 kontinuierlicher Anstieg der Fahrgastzahlen von ca. 43.000 auf ca. 66.000 Fahrtwunschanmeldung und Disposition der Fahrzeuge und Routen über eine Mobilitätszentrale in der VGB und über Internet, kein RBL mit physikalischer Ordnung der Fahrzeuge (geplant für 2012), kein Zuschlag, Betreiber: Fa. ESM, Hannover	Zwischen 2005 und 2009 kontinuierlicher Anstieg der Fahrgastzahlen von ca. 24.000 auf ca. 41.000; danach im Jahr 2010 Abfall auf ca. 34.000 Fahrtwunschanmeldung und Disposition der Fahrzeuge und Routen über eine Mobilitätszentrale DigitAr in Bad Arolsen und über Internet; RBL vorhanden seit 01/2011, AST-Zuschlag 1 €, Erwerb der Verbund-Fahrscheine über RBL im Fahrzeug, Betreiber: Fa. ESM, Hannover

\* Datenstand und Datenquellen sind den jeweiligen Unterkapiteln in diesem Kapitel zu entnehmen.

**Tab. 3.5** Vergleich der beiden Untersuchungsgebiete anhand ausgewählter Kriterien



## 4. Analyse der Verkehrsnachfrage

Analysiert werden die mengenmäßigen Veränderungen der Verkehrsnachfrage, ihre zeitliche Entwicklung und Schwankung sowie ihre räumlichen Verteilung. Die hierfür erforderliche Datengrundlage wird den Servern der Fahrtwunschanmeldung und der Routendisposition der Mobilitätszentralen entnommen.

Einen Überblick über die im Zusammenhang mit der Verkehrsnachfrage durchgeführten Auswertungen gibt Tab. 4.1. Sie sind jeweils den in Kap. 2.4 definierten Kenngrößen und Beurteilungskriterien zugeordnet.

Kenngröße	Beurteilungskriterien	Auswertungen <sup>1)</sup>
Anzahl der beförderten Fahrgäste	Unterschiede zwischen den Netzelementen und Zeitbezügen	Entwicklung und Schwankung der Fahrgastzahlen
Verkehrsbeziehungen	Unterschiede zum Verkehrsbedarf aus der Einwohnerverteilung Anteil des Binnenverkehrs	Verkehrsbeziehungen zwischen den Haltestellen Einwohnerbezogene Nachfragepotentiale an den Haltestellen
Belastung der Haltestellen	Bedeutung der Haltestellen	Anzahl der Ein- und Aussteiger an den Haltestellen Anfahrhäufigkeiten der Haltestellen
Sammeleffekte bei den Fahrten	Anteil der Sammelfahrten an der Gesamtzahl der Fahrten	Anmeldevorgänge je Fahrt
Nutzungsgrad der angebotenen Fahrten	Unterschiede zwischen den Netzelementen und Zeitbezügen	Verhältnis der genutzten zu den angebotenen Fahrten

<sup>1)</sup> differenziert nach Netzelementen sowie Stundengruppen, Wochentagen, Monaten und Jahren

**Tab. 4.1** Auswertungen zur Beurteilung der Kenngrößen der Verkehrsnachfrage

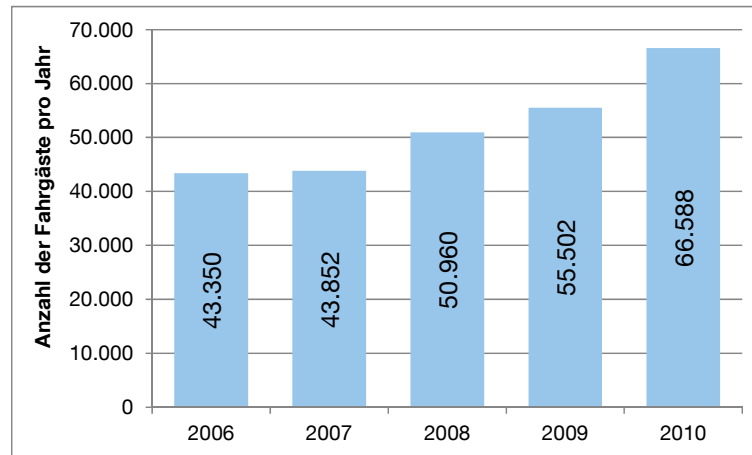
Die Auswertung erstreckt sich beispielhaft auf die letzte vollständig mit Daten belegten Fahrplanperiode 2009/10 (LK Grafschaft Bentheim) bzw. 2010 (LK Waldeck-Frankenberg). Im LK Waldeck-Frankenberg wird beispielhaft das Linienbündel 580 (Willingen, Diemelsee, Korbach und Umland) ausgewertet.

### 4.1 Anzahl der beförderten Fahrgäste

Sowohl für den LK Grafschaft Bentheim als auch für den LK Waldeck-Frankenberg wird die Gesamtheit der verfügbaren Daten analysiert.

#### LK Grafschaft Bentheim

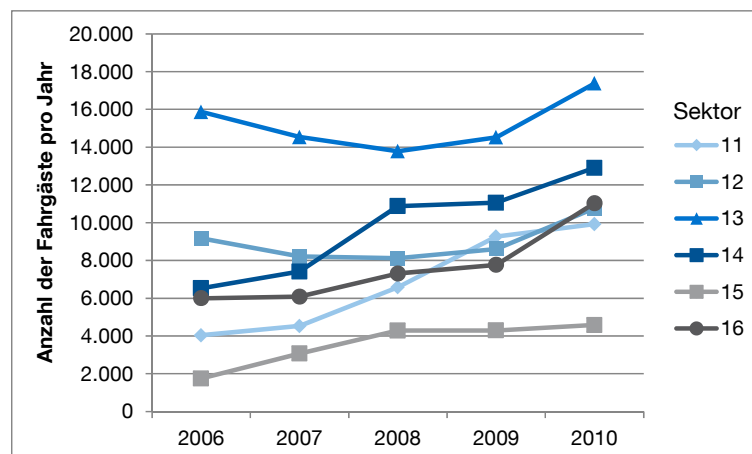
In Bild 4.1 ist die Entwicklung der Fahrgastzahlen des LK Grafschaft Bentheim dargestellt.



**Bild 4.1** LK Graftschaft Bentheim: Entwicklung der Fahrgastzahlen

Über den Untersuchungszeitraum zeigt sich ein deutlicher Anstieg der Fahrgastzahlen. Da sich Veränderungen in Demographie, Siedlungsstruktur und Kfz-Nutzung kaum so schnell und auch nicht in einem derartigen Umfang auf die Fahrgastzahlen auswirken, lässt sich deren Anstieg nur durch Veränderungen im ÖPNV-System oder im Umgang der Fahrgäste mit diesem System erklären. Die Zunahme verläuft bislang ohne Sättigung; die Fahrgastzahlen steigen sogar in den letzten Jahren stärker an als in den ersten Jahren der Einführung des nachfragegesteuerten Betriebs. Die wahrscheinlichen Ursachen für diesen Anstieg liegen in der über die Jahre zunehmende Bekanntheit des Systems und der zunehmende Vertrautheit der Fahrgäste mit seiner Handhabung. Dieser Prozess kann verstärkt werden, wenn der Aufgabenträger die Information über und die Werbung für das System verbessert.

Untergliedert man die Entwicklung der Fahrgastzahlen nach den einzelnen Sektoren, fallen Unterschiede auf. Die Entwicklung der Sektoren ist in Bild 4.2 vergleichend dargestellt.

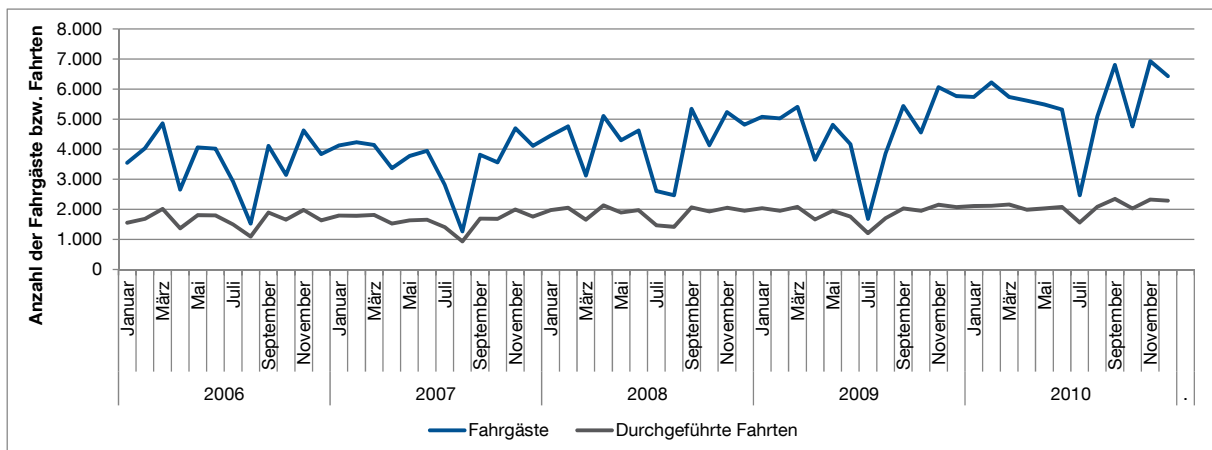


**Bild 4.2** LK Graftschaft Bentheim: Entwicklung der Fahrgastzahlen, unterteilt nach den Sektoren

Während in den Sektoren 11, 14, 15 und 16 die Entwicklung tendenziell gleich ist, hat es in den Sektoren 12 und 13 zunächst eine Abnahme der Fahrgastzahlen gegeben und erst dann eine kontinuierliche Zunahme. Die wahrscheinliche Ursache dieser anfänglichen Ab-

nahme ist eine Veränderung der Betriebsform: Neu eingeführte Linienfahrten auf der Verbindung Neuenhaus-Hoogstede-Emlichheim (Verlängerung der Linie 200) haben zunächst Fahrgäste vom nachfragegesteuerten Betrieb abgezogen, bis die Sektoren dann dem allgemeinen Zunahmetrend folgten. Man erkennt an dieser Entwicklung die Wechselwirkungen zwischen den Betriebsformen: Die Linie 200 stellt für den Sektor 12 in der Hauptverkehrszeit eine schnellere Verbindung nach Nordhorn her als der Weg über Emlichheim und die Linie 100. Der Sektor 13 wird von der Linie 200 sogar vollständig durchquert, so dass die Fahrgäste aus diesem Sektor diese Linie unmittelbar und ohne Umsteigen bis Nordhorn benutzen können. Hinzu kommt, dass in den Sektoren 12 und 13 Fahrtwünsche in den Zeiten, zu welchen Linienbetrieb angeboten wird, von den dann verkehrenden Linientaxis übernommen werden und nicht von den Taxis der Sektoren. Der Vergleich der Sektoren zeigt außerdem, dass im Sektor 15 bereits eine Sättigung erreicht zu sein scheint, während sich die Zunahme in den anderen Sektoren teilweise sogar verstärkt fortsetzt. Hier dürfte neben der Bekanntheit und Vertrautheit des Systems auch die geringe Sektorgröße eine Rolle spielen.

In Bild 4.3 sind die Fahrgastentwicklung und die Entwicklung der Anzahl der durchgeführten Fahrten für die vollständig mit Daten belegten Jahre über die Monate dargestellt. Dabei ist auf der Abszisse aus Gründen der Übersichtlichkeit nur jeder zweite Monat beschriftet.



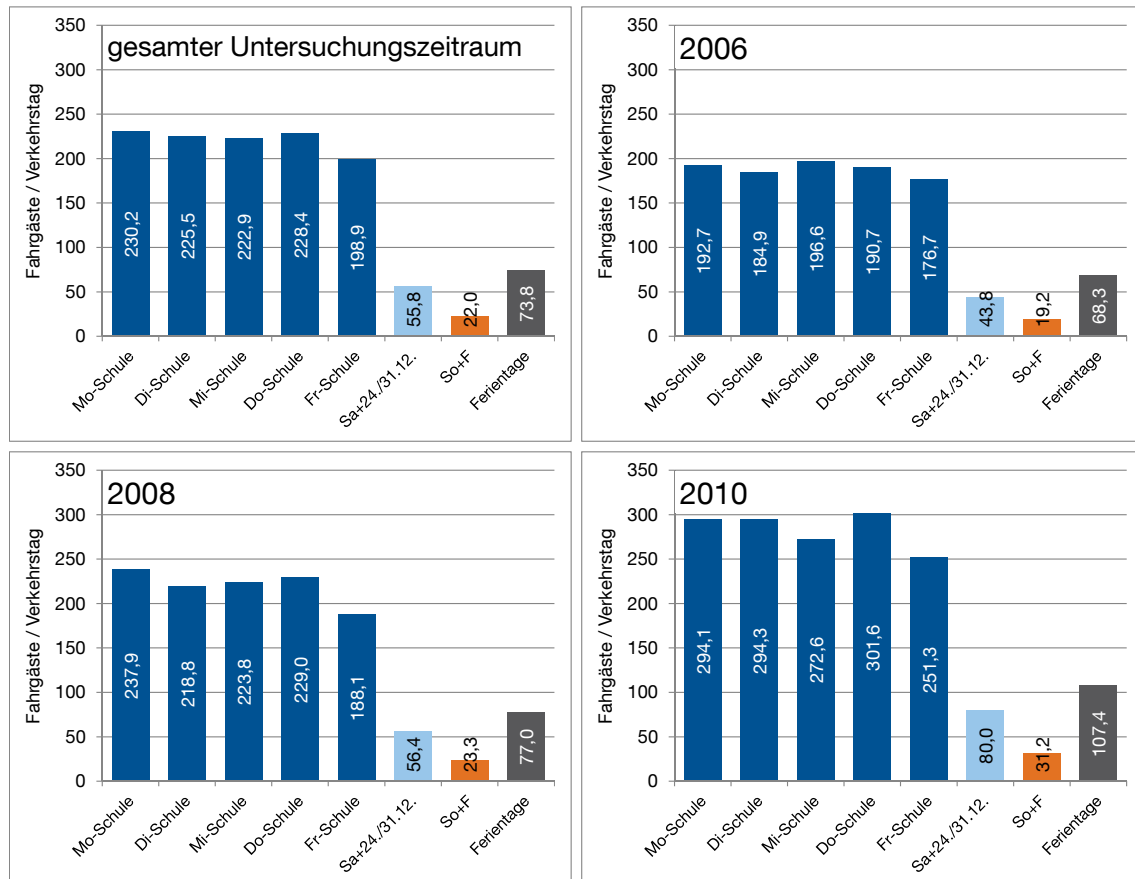
**Bild 4.3** LK Grafschaft Bentheim: Auf die Monate bezogene Entwicklung der Fahrgastzahlen und der durchgeführten Fahrten

Bei dieser nach Monaten differenzierten Darstellung fallen neben dem kontinuierlichen Anstieg über die Jahre regelmäßige jahreszeitliche Schwankungen auf: Innerhalb eines Jahres zeigen sich ein Anstieg der Zahlen zur kälteren Jahreszeit hin, ein Rückgang im Frühjahr und ein stärkerer Einbruch während der Sommerferien. Höhere Werte im Winter sind Ergebnis der Wechselwirkung zwischen ÖPNV und Fahrrad, das im Winter weniger genutzt wird.

Man erkennt außerdem, dass die Entwicklung der Fahrgastzahlen und die Entwicklung der durchgeführten Fahrten in ihrer Form tendenziell parallel verlaufen. Die Anzahl der Fahrten steigt aber nicht in gleichem Maße wie die Fahrgastzahl. Dieses Phänomen macht deutlich, dass die durchgeführten Fahrten „innere Luft“ haben, um einen Zuwachs an Fahrtwünschen

ohne eine Ausweitung des Angebots zu bewältigen. Eine Werbung zusätzlicher Fahrgäste führt also nicht gleich zu Kostenerhöhungen, sondern zunächst zu einer besseren Auslastung der im Einsatz befindlichen Fahrzeuge, bis ab einer entsprechend hohen Fahrgastzahl ein zusätzliches Fahrzeug benötigt wird und dann ein Kostensprung erfolgt.

Bild 4.4 zeigt die Schwankungen der Fahrgastzahlen über die Wochentage für den gesamten Untersuchungszeitraum und über die Einzeljahre 2006, 2008 und 2010 (Monatsmittel).



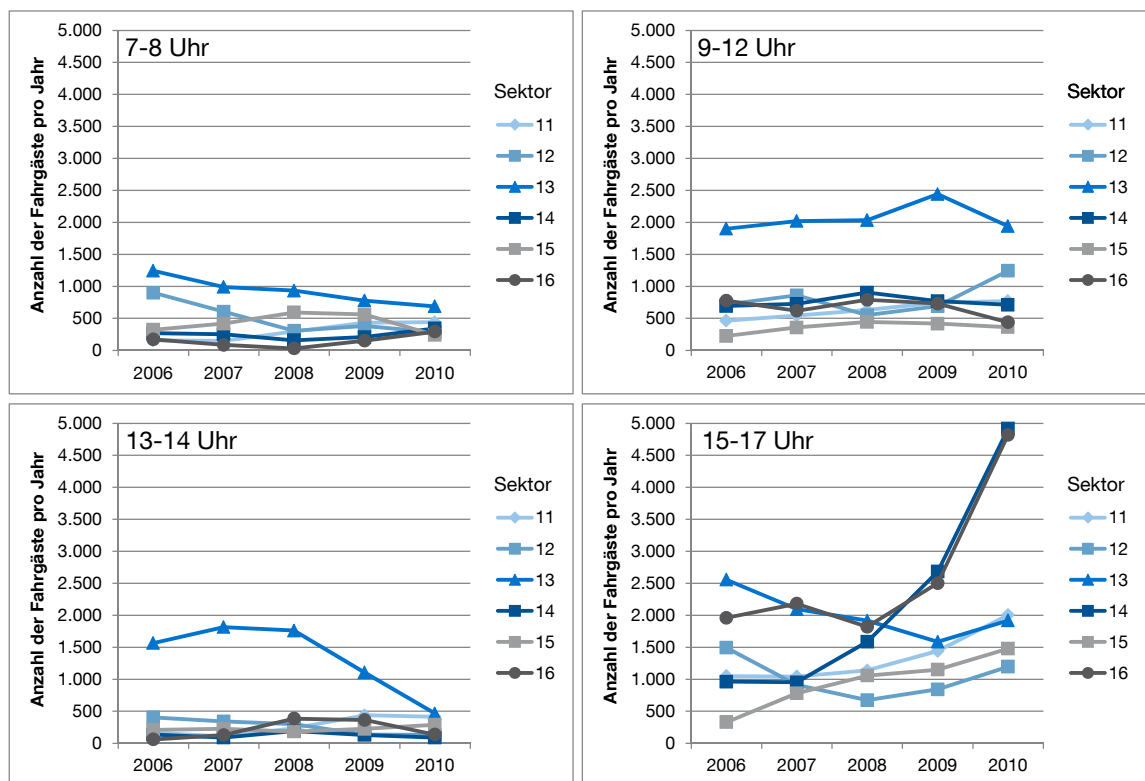
**Bild 4.4** LK Grafschaft Bentheim: Entwicklung der Fahrgastzahlen über die Wochentage

Bei einem Vergleich zwischen den einzelnen Wochentagen fällt auf, dass die Fahrgastzahlen zum Freitag hin abfallen und am Mittwoch etwas geringer sind als an den anderen Schultagen. Das Fahrgastniveau der Nicht-Schultage beträgt etwa 1/3 des Niveaus der Schultage. Samstags fallen die Fahrgastzahlen auf etwa 1/5 des Niveaus der Schultage ab und sonn- und feiertags auf etwa 1/10.

Eine unterschiedliche Entwicklung ist auch zu erkennen, wenn die Fahrgastzahlen nach den Fahrtzwecken differenziert werden. Eine eindeutige Differenzierung ist nur möglich, wenn man die Fahrgäste entweder bei der Fahrtwunschanmeldung oder in den Fahrzeugen nach ihrem Fahrtzweck fragen würde. Dies ist zu aufwendig und könnte auch als Eindringen in die Privatsphäre verstanden werden. Eine überschlägige Differenzierung lässt sich aber errei-

chen, wenn man einzelne Stundengruppen betrachtet, die typisch für bestimmte Fahrtzwecke sind: Morgens zwischen 7 und 8 Uhr dominiert der Verkehr der Schüler und der Berufstätigen, zwischen 9 und 12 Uhr herrscht der Einkaufs- und Erledigungsverkehr vor, mittags zwischen 13 und 14 Uhr dominiert wieder der Schülerverkehr und zwischen 15 und 17 Uhr fließt hauptsächlich der Berufsverkehr, zunehmend aber auch infolge des verstärkten Nachmittagsunterrichts der Schülerverkehr zurück.

Eine Differenzierung nach den Stundengruppen des Tages und damit indirekt nach Fahrtzwecken ist in Bild 4.5 dargestellt.



**Bild 4.5** LK Grafschaft Bentheim: Entwicklung der Fahrgastzahlen zu bestimmten Verkehrsstunden, unterteilt nach Netzelementen; nur Schultage

Die oben angesprochene Abnahme der Fahrgastzahlen infolge des verstärkten Fahrtenangebots auf der Linie 200 wirkt sich vor allem morgens zwischen 7 und 8 Uhr aus.

Um den Schülerverkehr von den übrigen Fahrtzwecken, v.a. dem Berufsverkehr, zu separieren, werden die Fahrgastzahlen an Schultagen und an Nicht-Schultagen miteinander verglichen. Hieraus lässt sich überschläglichs der Anteil des Schülerverkehrs ermitteln. Dabei ist jedoch zu beachten, dass innerhalb der Schulferien auch andere Nutzgruppen ein geringeres Fahraufkommen haben. Das erhöhte Fahrgastaufkommen während der Schulzeit liegt sowohl zwischen 7 und 8 Uhr als auch zwischen 13 und 14 Uhr in den Jahren 2006 bis 2009 zwischen 55 und 65 % und im Jahre 2010 bei ca. 30 %. Der geringere Anteil im Jahre 2010 erklärt sich damit, dass das Angebot der Linie 200 in diesem Jahr noch weiter verstärkt

wurde. Da die Verstärkung des Linienverkehrs in Zeiten der Verkehrsspitzen erfolgt, ist zu erwarten, dass durch den Austausch zwischen Linienfahrten und nachfragegesteuerten Fahrten die Wirtschaftlichkeit des Gesamtverkehrs steigt.

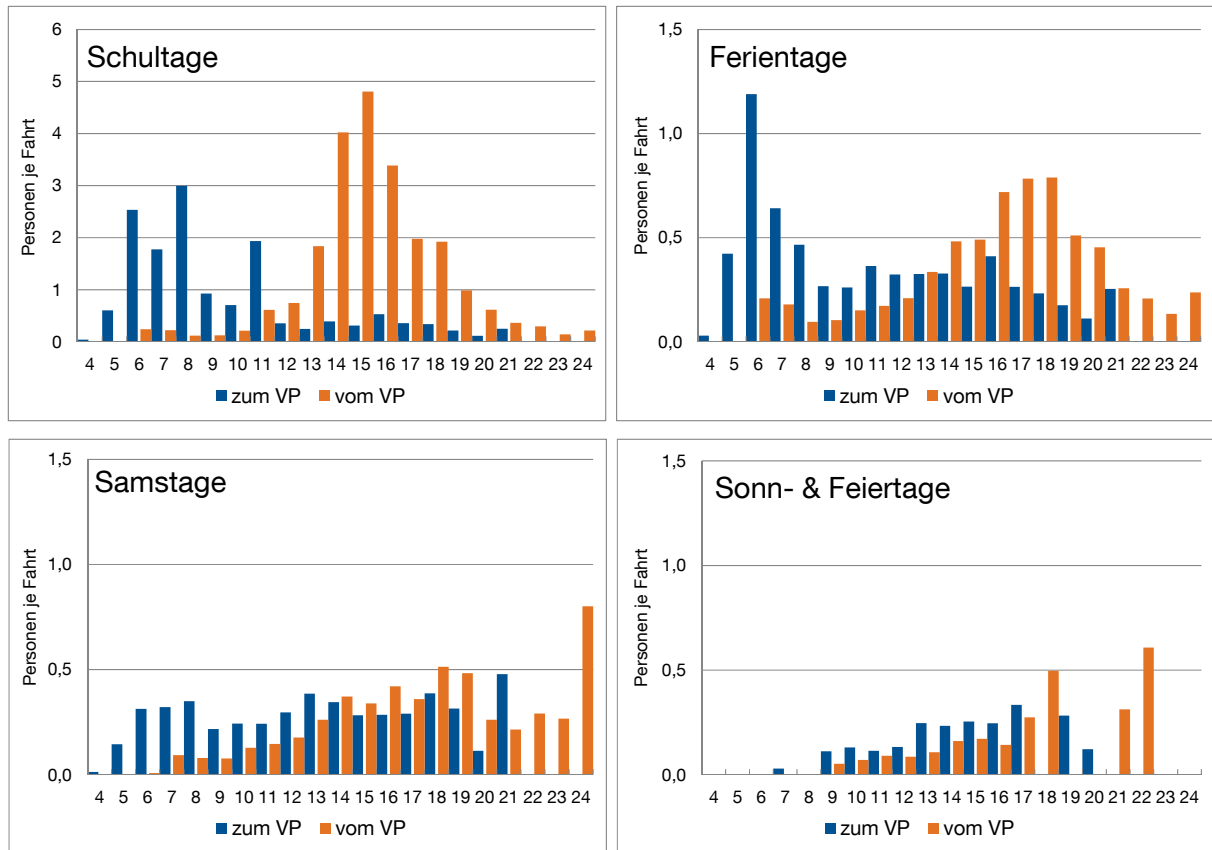
Die in Bild 4.1 und Bild 4.2 erkennbare Zunahme der Verkehrsnachfrage im Gesamtverkehr findet nicht im morgendlichen Verkehr zwischen 7 und 8 Uhr und auch nicht zwischen 13 und 14 Uhr statt. Vormittags im Einkaufs- und Erledigungsverkehr sind zwar geringfügige Zunahmen zu erkennen (Die Abnahme der Fahrgastzahlen der Sektoren 13 und 14 zu bestimmten Tageszeiten ist wiederum mit der Verstärkung des Angebots auf der Linie 200 zu erklären). Der Hauptanteil der Zunahme entfällt auf den Verkehr am Nachmittag (hier sind die Stunden zwischen 15 und 17 Uhr dargestellt), auf den Abend zwischen 19 und 21 Uhr und auf die Zeit danach, in der ein zusätzliches Angebot geschaffen wurde.

Im mittäglichen Schülerverkehr von 13 bis 14 Uhr überlagern sich Effekte einer zunehmenden Systemvertrautheit über die Jahre mit zusätzlichen Fahrtangeboten im Linienbetrieb und einer zunehmenden Verlagerung der Schulendzeiten in den Nachmittag hinein. Somit nehmen in diesem Zeitintervall die Fahrgastzahlen geringfügig ab.

Im nachmittäglichen Verkehr zwischen 15 und 17 Uhr steigt die Anzahl der Fahrgäste neben einer stabilen Zunahme des Berufsverkehrs aufgrund der stärkeren Spreizung der Schulendzeiten. Diese zusätzliche Belastung im Schülerverkehr korrespondiert mit der mittäglichen Abnahme. Der nachfragegesteuerte Betrieb kann die aus der Spreizung der Schulendzeiten resultierenden zeitlich differenzierten Verkehre besser abwickeln als das zu diesen Zeiten geringere Fahrtenangebot im Linienbetrieb. Anhand einer tageszeitlich differenzierten Betrachtung muss geprüft werden, ob die Aufgabenteilung zwischen Linienbetrieb in den Zeiten stärkerer Nachfragekonzentration und dem nachfragegesteuerten Betrieb in den übrigen Zeiten jeweils optimal ist.

In Bild 4.6 ist die Verteilung der mittleren Fahrgastzahlen auf die Tagesstunden der einzelnen Tagesgruppen (Mittelwerte über die Monate, Jahre und Sektoren) dargestellt. Dabei wird zusätzlich unterteilt nach der Fahrtrichtung aus der Fläche zum Verknüpfungspunkt / Grundzentrum (blaue Säulen) und vom Verknüpfungspunkt / Grundzentrum in die Fläche (orange Säulen). Die Skalierung der Fahrgastzahlen erfolgt für die Schultage einerseits und die Ferien-Werktage, Samstage sowie Sonn- und Feiertage andererseits unterschiedlich, um die zeitliche Verteilung deutlicher erkennbar zu machen.





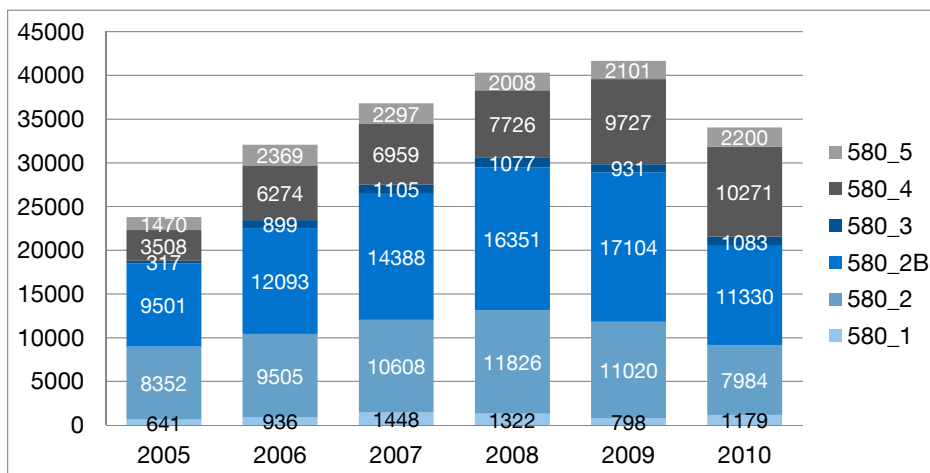
**Bild 4.6** LK Grafschaft Bentheim: Verteilung der mittleren Fahrgastzahlen auf die Tagesstunden der einzelnen Tagesgruppen

Sehr ausgeprägt sind an Werktagen die Unterschiede in den Richtungen vom Verknüpfungspunkt (VP) / Grundzentrum in die Fläche und aus der Fläche zum Verknüpfungspunkt (VP) / Grundzentrum. Diese Unterschiede resultieren zunächst aus dem Tagesrhythmus der Menschen, die morgens von Zuhause zum Arbeitsplatz oder auch zum Einkaufen und zu Erledigungen und nachmittags zurück nach Hause fahren. Hinzu kommt der Freizeitverkehr, der v.a. während der Ferien und in den Abendstunden in Erscheinung tritt. Der unterschiedliche Umfang der beiden Lastrichtungen zwischen Schultagen und Nicht-Schultagen erklärt sich daraus, dass der Schüler- und Berufsverkehr morgens wegen der stärkeren zeitlichen Konzentration von schulischen und betrieblichen Anfangszeiten vorwiegend im Linienbetrieb und nachmittags wegen der stärkeren zeitlichen Streuung der Schul- und Betriebsendzeiten vorwiegend im nachfragegesteuerten Betrieb abgewickelt wird. Diese Aufgabenteilung zwischen den Betriebsformen hat eine hohe Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems zur Folge. Planerisch muss die Abgrenzung zwischen den Betriebsformen so gewählt werden, dass insgesamt minimale Kosten entstehen.

## LK Waldeck-Frankenberg

Im LK Waldeck-Frankenberg werden die Auswertungen und Darstellungen zur Verkehrsnachfrage in derselben Weise wie im LK Grafschaft Bentheim durchgeführt. Beispiel ist das Linienbündel 580 mit einer Reihe von Sektoren, die als AST betrieben werden. Dies geschieht in der Form, dass im Zeitraum bis zu 30 Minuten vor und 30 Minuten nach fahrplanmäßiger Fahrt des Linienbusses die Disposition für den nachfragegesteuerten Betrieb gesperrt wird, um dem Linienbetrieb mit seinen Konzessionen keine Konkurrenz zu machen (siehe Kap.3.2).

In Bild 4.7 ist die Entwicklung der Fahrgastzahlen über die einzelnen Jahre dargestellt.



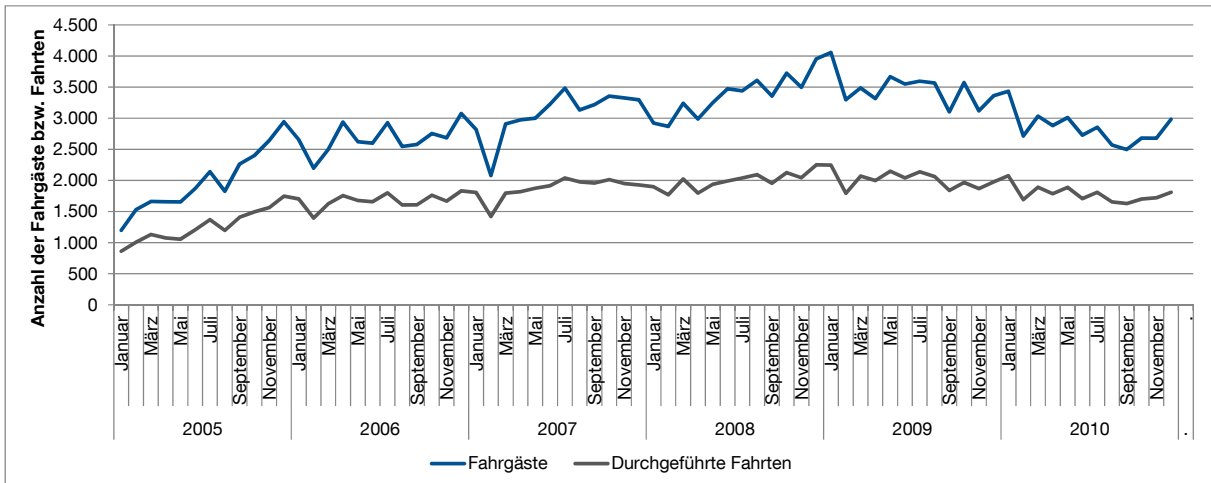
**Bild 4.7** LK Waldeck-Frankenberg: Entwicklung der Fahrgastzahlen

Die Darstellung zeigt, dass nach einer zunächst linearen Zunahme in den ersten Jahren ab 2007 eine Sättigung der Fahrgastzahlen bei ca. 41.000 Pers./Jahr eintritt, die dann im Jahre 2010 in einen Fahrgastrückgang auf ca. 34.000 Pers./Jahr mündet. Ursache war eine Angebotsverbesserung im Linienbetrieb im Bedienungsgebiet der AST-Linien 580\_2 und 580\_2B. Dies gilt sowohl für die Sektoren des Linienbündels insgesamt als auch für die in der Darstellung farblich abgestufte Entwicklung der Sektoren im Einzelnen. Da der Rückgang stärker ist als der allgemeine Trend vermuten lässt und auch die demographischen Strukturen (leichte Bevölkerungsabnahme über die Jahre) nicht diese starke Abnahme begründen, sind eher regionale Ursachen ausschlaggebend wie Veränderungen im Linienbetrieb, Verlagerung von Schulstandorten oder von sonstigen Nutzungsschwerpunkten. Diese Entwicklung ist auch bei den Sektoren der anderen Linienbündel in ähnlicher Weise festzustellen.

Einer in Bild 4.7 erkennbaren Sättigung der Fahrgastzahlen kann von Seiten des Aufgabenträgers durch Maßnahmen zur Steigerung der Attraktivität des AST-Verkehrs entgegengewirkt werden. Wichtige Maßnahmen sind eine verstärkte Information und Werbung, welche das Angebot des nachfragegesteuerten Betriebs mehr in den Vordergrund rückt und das

Aufgaben der zwei parallel laufenden und räumlich nahezu deckungsgleichen Betriebsformen des Linienbetriebs und des nachfragegesteuerten Betriebs.

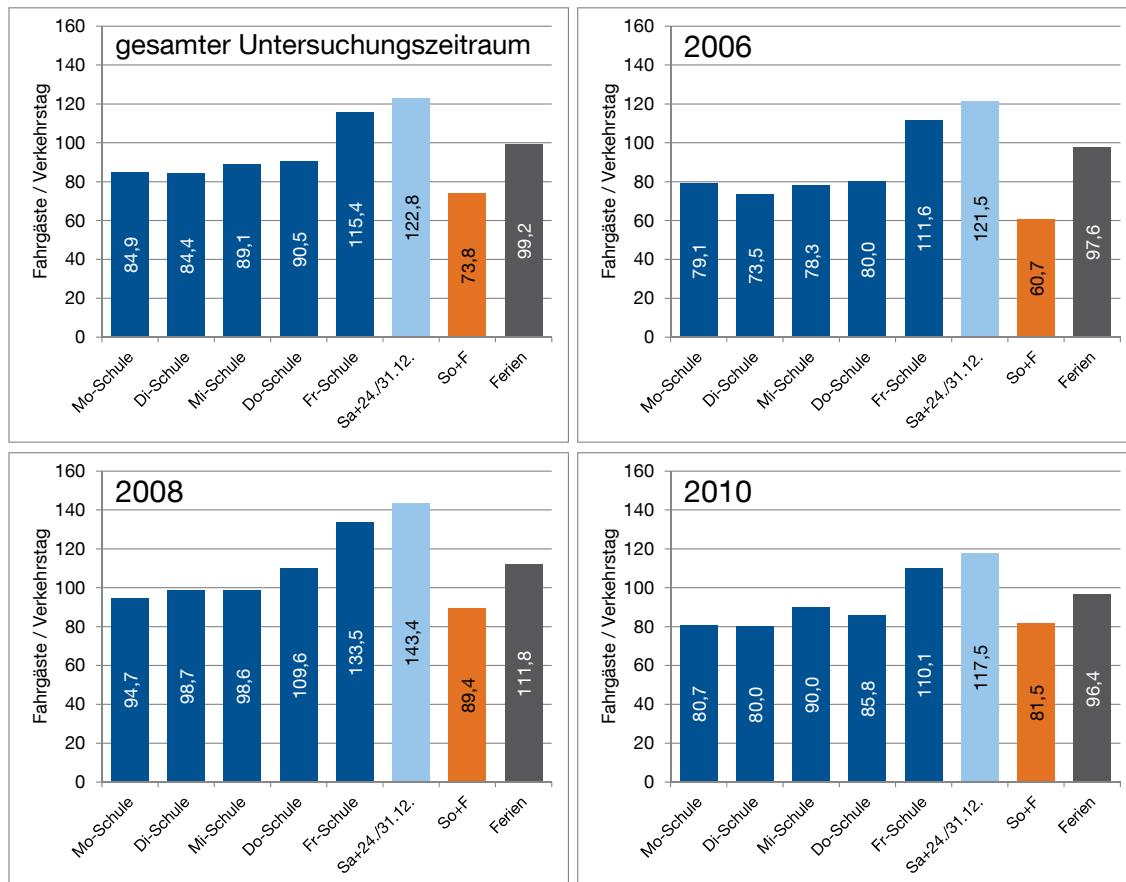
Bild 4.8 zeigt die Entwicklung der Fahrgastzahlen und der Anzahl der durchgeführten Fahrten für die vollständig mit Daten belegten Jahre über die einzelnen Monate. Dabei ist auf der Abszisse aus Gründen der Übersichtlichkeit wiederum nur jeder zweite Monat beschriftet.



**Bild 4.8** LK Waldeck-Frankenberg: Schwankungen der Fahrgastzahlen über die Monate

Hinsichtlich der Entwicklung der Fahrgastzahlen über die Monate lassen sich im Gegensatz zum LK Grafschaft Bentheim kaum jahreszeitliche Schwankungen erkennen. Dies ist zum einen bedingt durch die nahezu fehlende Nutzung des AST-Betriebs im Schülerverkehr, der, hervorgerufen durch die bandartige Siedlungsstruktur, zu großen Teilen im Linienbetrieb abgewickelt werden muss. Zum anderen werden, anders als im LK Grafschaft Bentheim, kurze Strecken bei gutem Wetter nicht mit dem Fahrrad zurückgelegt, was durch die schwierigen topographischen Bedingungen mit verursacht sein dürfte.

Bild 4.9 beschreibt die Schwankungen der Fahrgastzahlen über die einzelnen Wochentage.

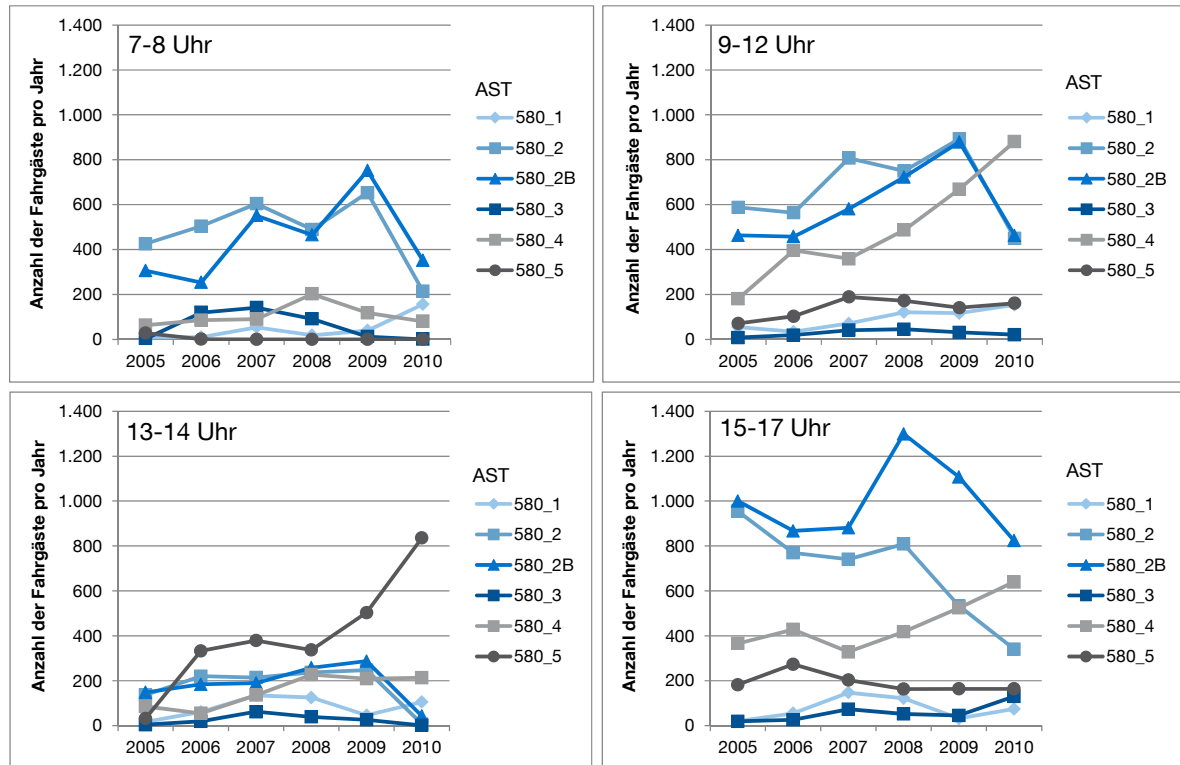


**Bild 4.9** LK Waldeck-Frankenberg: Entwicklung der Fahrgastzahlen über die Wochentage

Vergleicht man die Fahrgastzahlen mit denen des LK Grafschaft Bentheim, fällt anders als dort ein kontinuierlicher Anstieg zum Wochenende hin auf. Dies resultiert zum einen daraus, dass im LK Waldeck-Frankenberg die Beförderung der Schüler und der Berufstätigen im AST-Verkehr eine geringere Rolle spielt. Zum anderen ist das Gesamtniveau der Fahrgastzahlen im AST-Betrieb wegen der Konkurrenzsituation zwischen Linienbetrieb und nachfragegesteuertem Betrieb und einem Vorrang des Linienbetriebs vergleichsweise niedriger.

Da die Anzahl und Dichte der Linienfahrten an den Wochenenden und in den Ferien ausgedünnter ist und Monats- bzw. Jahreszuschlagskarten mit Rabatten existieren, nimmt die Bevölkerung das AST-Angebot an diesen Tagen stärker in Anspruch. Im LK Grafschaft Bentheim sind die nachfragegesteuerten Fahrten nicht zuschlagspflichtig.

In Bild 4.10 ist die Entwicklung der Fahrgastzahlen nach Fahrtzwecken / Tageszeitgruppen (Erläuterung der Abhängigkeit zwischen Fahrtzwecken und Tagesgruppen siehe oben) differenziert über den Auswertungszeitraum dargestellt.

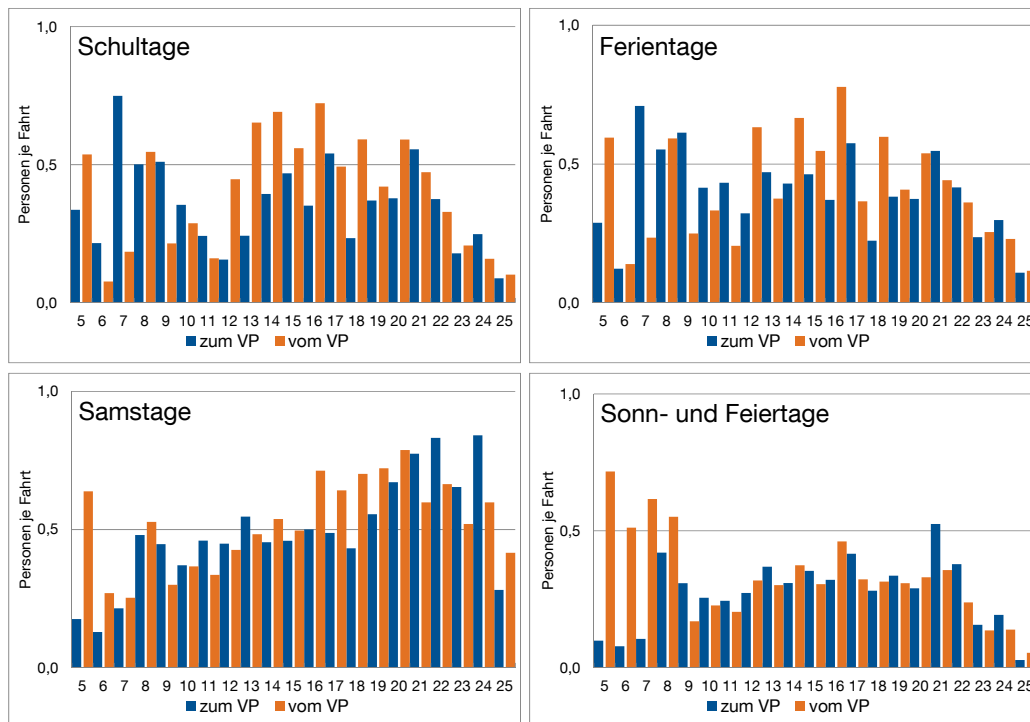


**Bild 4.10** LK Waldeck-Frankenberg: Entwicklung der Fahrgastzahlen zu bestimmten Verkehrsstunden, unterteilt nach Netzelementen; alle Fahrplanperioden, nur Schultage

Im morgendlichen Schüler- und Berufsverkehr, dessen Anteil am Gesamtverkehr im Gegensatz zum LK Grafschaft Bentheim nur bei ca. 20 % liegt, sowie im vormittäglichen Einkaufs- und Erledigungsverkehr folgt die Entwicklung dem Trend der Mittelwerte (vgl. Bild 4.9). Nachmittags weicht sie davon ab. Im mittäglichen Schülerverkehr, dessen Anteil am Gesamtverkehr bei ca. 30 % liegt, ist aufgrund von Änderungen der Schulstruktur und des ÖPNV-Netzes im Linienbetrieb eine geringere Fahrgastnachfrage mit abnehmender Tendenz zu erkennen. Am späteren Nachmittag ist der Trend ebenfalls abnehmend. Bei den einzelnen Linien lassen sich immer wieder überproportionale Zu- und Abnahmen in den Fahrgastzahlen erkennen. Sie sind mehrheitlich auf Veränderungen des Angebots im Linienbetrieb und deren Auswirkungen auf den nachfragegesteuerten Betrieb (Sperrung der Disposition 30 Minuten vor und nach der Abfahrtszeit des Linienbetriebs) zurückzuführen.

In Bild 4.11 ist die Verteilung der mittleren Fahrgastzahlen auf die Tagesstunden der einzelnen Tagesgruppen (Mittelwerte über die Monate, Jahre und Sektoren) dargestellt. Da es aufgrund der Linienverläufe und der Bedienungsstrategie im LK Waldeck-Frankenberg keinen dominanten Verknüpfungspunkt gibt, wird der jeweils höherrangige Ort (wenn der Rang derselbe ist, dann der Ort mit einer höheren Einwohnerzahl) als fiktiver Verknüpfungspunkt

angenommen. Zu beachten ist dabei, dass sich, anders als im LK Grafschaft Bentheim, auch zwischen den Endpunkten der AST-Linien höherrangige Orte bzw. Orte mit überörtlich wichtigen Einrichtungen befinden können.



**Bild 4.11** LK Waldeck-Frankenberg: Verteilung der mittleren Fahrgastzahlen auf die Tagesstunden der einzelnen Tagesgruppen

Abweichungen der Lastrichtung an den Werktagen sowie Volumenunterschiede zwischen den Schultage und übrigen Tagen, wie sie im LK Grafschaft Bentheim auftreten, fallen hier nicht ins Auge und sind nur gering. Dies liegt daran, dass der Schüler- und Berufsverkehr, welcher die Unterschiede in der Lastrichtung verursacht, vorwiegend im Linienbetrieb abgewickelt wird und sich auf den nachfragegesteuerten Betrieb kaum auswirkt.

## 4.2 Verkehrsbeziehungen und Haltestellenbelastungen

Die räumliche Verteilung der Verkehrsnachfrage ist in starkem Maße durch die Siedlungsstruktur bestimmt. Dabei weist die räumliche Verteilung der Einwohner in den beiden Untersuchungsgebieten deutliche Unterschiede auf: Die Bevölkerung im LK Grafschaft Bentheim ist wegen seiner weitgehend ebenen Landschaft sowohl in größeren Orten entlang der Hauptstraßen als auch in Streusiedlungen abseits der Hauptstraßen angesiedelt. Im hügeligen LK Waldeck-Frankenberg konzentriert sich die Bevölkerung ausschließlich auf die entlang der Täler verlaufenden Verkehrswege. (vgl. Kap. 3.2). Die Auswertungen beziehen sich für beide Landkreise auf den gesamten Untersuchungszeitraum (2005-2011 im LK Grafschaft Bentheim und 2003-2011 im LK Waldeck-Frankenberg).

**LK Grafschaft Bentheim**

Die Analyse der Verkehrsbeziehungen wird im LK Grafschaft Bentheim am Beispiel des Sektors 16 (Uelsen) durchgeführt. Die Haltestellen in diesem Sektor (mit Ausnahme des Verknüpfungspunkts Uelsen Markt) haben keine Doppelbedienung durch Linienbetrieb und nachfragegesteuerten Betrieb; es dominiert der nachfragegesteuerte Betrieb. Tab. 4.2 stellt einen Ausschnitt aus der Quelle-Ziel-Matrix dar.

Sektor 16	Abzweig Itterbeck	Alte Schule/Getelom.	Balderhaar/Wielen	Balderhaarmoor	Bloemendahl/Ratzel	Dieker/Klein Striepe	Egger Riesen	Einn. alte Dorfstr.	Gaalken/Egge	Gortmann/Krabbe	Grundschule/Itterbeck	Heidegut/Wielen	Hinderink/Itterbeck	Höllmann/Getelo	Horst/Getelo	Iländ/Uelsen	Itterbecker Dose	Jacobs/Wielen	Jürries/Itterbeck	Kapelle/Egge (Wielen)	Kaptein/Kreuzung	Konink/Itterbeck	Krzg. Blaaschendiek	Lönsberg/Hesingen	Maatmann/Wilsum	Markt/Uelsen	Oelerink/Getelomoor	Oostergetelo	Post/Gölenkamp	Post/Itterbeck	Gesamtergebnis		
Abzweig Itterbeck																															408		
Alte Schule/Getelom.											20																				1.247	1.295	
Balderhaar											11				1																175	207	
Balderhaarmoor																															913	918	
Bloemendahl/Ratzel																															675	688	
Dieker/Klein Striepe											9																		1		39	48	
Egger Riesen																															234	234	
Einn. alte Dorfstr.																															142	142	
Gaalken/Egge																															2.117	2.118	
Gortmann/Krabbe																1															48	48	
Grundschule/Itterbeck										1																					540	555	
Heidegut/Wielen																4	4		4												14	14	
Hinderink/Itterbeck																			3												2.642	2.646	
Höllmann/Getelo																															159	159	
Horst/Getelo																															53	53	
Iländ/Uelsen																															96	97	
Itterbecker Dose																																23	23
Jacobs/Wielen																																312	416
Jürries/Itterbeck											3																					944	955
Kapelle/Egge (Wielen)											11																					1.403	1.418
Kaptein/Kreuzung																																297	299
Konink/Itterbeck																																15	15
Krzg. Blaaschendiek																																61	72
Lönsberg/Hesingen																																6	8
Maatmann/Wilsum																																85	95
Markt/Uelsen	34	445	91	148	195	14	11	54	581	8	447	5	982	7	4	27	41	144	331	537	70	9	37	2	65	85				9		11.098	
Oelerink/Getelomoor																																161	351
Oostergetelo																																1.080	1.080
Post/Gölenkamp																																214	214
Post/Itterbeck																																4.761	4.840
Gesamtergebnis	34	461	93	149	195	14	11	54	581	8	535	5	984	7	4	27	41	253	331	541	70	9	37	2	74	29.972	161	1	91	2.261		41.817	

**Tab. 4.2** LK Grafschaft Bentheim: Quelle-Ziel-Matrix zwischen den Haltestellen

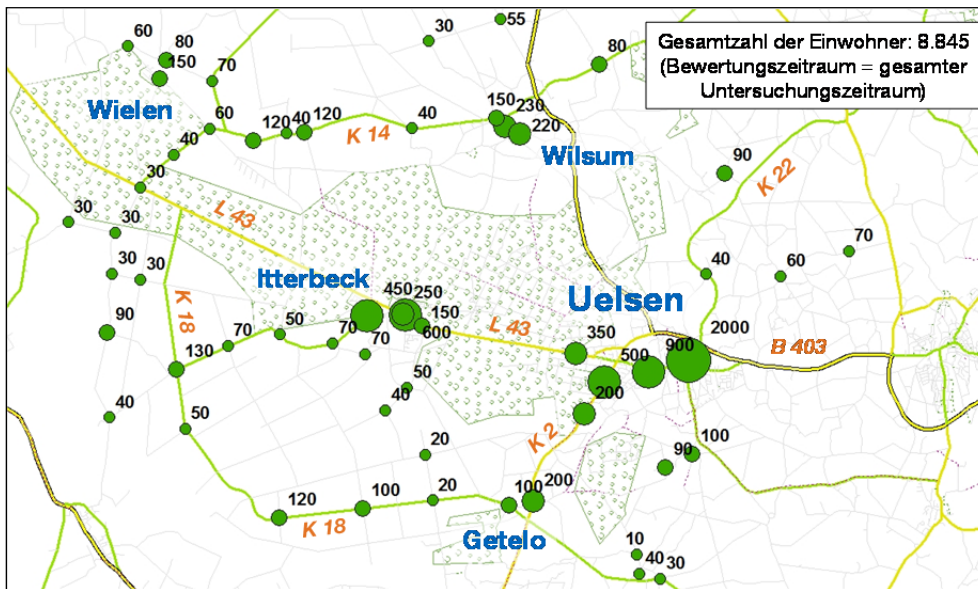
Die Verkehrsbeziehungen sind hauptsächlich auf das Grundzentrum Uelsen und den dort befindlichen Verknüpfungspunkt mit der Linie 100 ausgerichtet. Die Haltestellen in Uelsen, v.a. der Verknüpfungspunkt Uelsen Markt, sind überwiegend entweder Start oder Ziel einer Fahrt. Schwankungen der auf den nachfragegesteuerten Betrieb bezogenen Werte zwischen Hin- und Rückfahrt erklären sich dadurch, dass morgens im Schülerverkehr mit der Lastrichtung aus der Fläche zum Grundzentrum einzelne Linienfahrten stattfinden, denen mittags und nachmittags aufgrund der Spreizung der Schulendzeiten und der stärkeren Streuung des Arbeitsendes keine entsprechenden Linien-Rückfahrten gegenüberstehen. Verkehrsbeziehungen, die den Verknüpfungspunkt nicht berühren und zwischen den kleineren Orten in der Fläche verlaufen (Binnenverkehr innerhalb des Sektors), treten nur in geringem Umfang auf. Eine Ausnahme bildet allerdings in diesem Sektor der Verkehr zur Grundschule Itterbeck.

Aus der Matrix der Verkehrsbeziehungen leitet sich die Belastung der Haltestellen ab; sie entspricht den Randsummen der Quell-Ziel-Matrix. Auffällig ist, dass zahlreiche Haltestellen auch über Jahre hinweg nur in sehr geringem Umfang nachgefragt werden (z.B. Lönsberg-

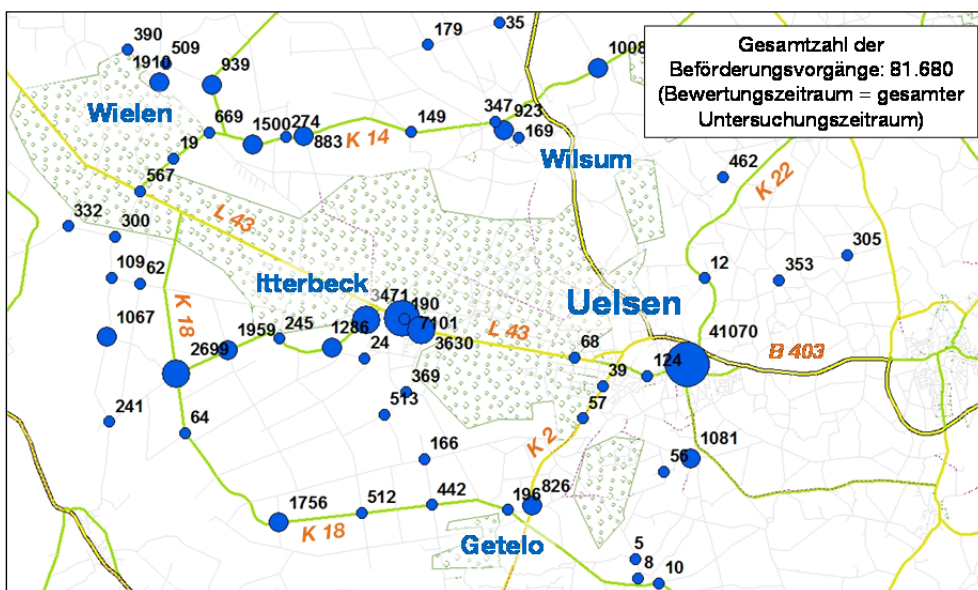


Hesingen: Hinrichtung 8 Fahrgäste, Rückrichtung 2 Fahrgäste innerhalb von 5 Jahren). Für diese Haltestellen stellt sich die Frage, ob sie nicht abgeschafft werden sollen. Auf diese Frage wird unten näher eingegangen.

In den beiden nachfolgenden Bildern (Bild 4.12 und Bild 4.13) sind die Anzahl der Einwohner und die Gesamtzahlen der Beförderungsvorgänge über den gesamten Untersuchungszeitraum im Einzugsbereich dieser Haltestellen einander gegenübergestellt. Die Einzugsbereiche werden aus den Rasterflächen gebildet, die der Ermittlung der Bevölkerungsentropie in Kap. 3.1 zugrundeliegen. Die Rasterflächen werden jeweils der dem Rastermittelpunkt am nächsten gelegenen Haltestelle zugeordnet.



**Bild 4.12** LK Grafschaft Bentheim: Anzahl der Einwohner im Einzugsbereich der Haltestellen im Jahr 2010 (Bezugshaltestellen: Sektor 16)



**Bild 4.13** LK Grafschaft Bentheim: Belastung der Haltestellen im Sektor 16



Schon der optische Vergleich der beiden Bilder zeigt, dass zwischen dem Fahrtenaufkommen der Haltestellen und der Zahl der Einwohner im Einzugsgebiet der Haltestelle erhebliche Abweichungen auftreten.

Setzt man das Fahrtenaufkommen der Haltestellen ins Verhältnis zu den Einwohnerzahlen im jeweiligen Einzugsgebiet der Haltestelle, so ergeben sich die in Tab. 4.3 dargestellten Verhältniszahlen:

Sektor 16	Abzweig Itterbeck										Grundschule/Itterbeck										Kapelle/Egge (Wielen)									
	Abzweig Itterbeck	Alte Schule/Getelom.	Balderhaar/Wielen	Balderhaarmoor	Bloemendahl/Ratzel	Dieker/Klein Striepe	Egger Riesen	Einm. Alte Dorfstr.	Gaalken/Egge	Gortmann/Krabbe	Heidegut/Wielen	Hinderink/Itterbeck	Höllmann/Getelo	Horst/Getelo	Ilnd/Uelsen	Itterbecker Dose	Jacobs/Wielen	Jürries/Itterbeck	Kapelle/Egge (Wielen)	Kaptein/Kreuzung	Konink/Itterbeck	Krsg. Blaaschendiek	Lönsberg/Hesingen	Maatmann/Wilsum	Markt/Uelsen	Oelernk/Getelomoor	Oostergeloto	Post/Gölenkamp	Post/Itterbeck	
Einwohner im Einzugsbereich	20	120	30	90	120	30	50	100	130	90	600	40	150	20	200	900	50	60	70	70	50	70	30	30	220	2000	100	100	70	250
Fahrtenaufkommen der Haltestelle vom Verknüpfungspunkt	408	1295	207	918	688	48	234	142	2118	48	555	14	2646	159	53	97	23	416	955	1418	299	15	72	8	95	11098	351	1080	214	4840
Fahrtenaufkommen der Haltestelle zum Verknüpfungspunkt	34	461	93	149	195	14	11	54	581	8	535	5	984	7	4	27	41	253	331	541	70	9	37	2	74	29972	161	1	91	2261
Summe des Fahrtenaufkommens der Haltestellen beider Richtungen	442	1756	300	1067	883	62	245	196	2699	56	1090	19	3630	166	57	124	64	669	1286	1959	369	24	109	10	169	41070	512	1081	305	7101
Verhältnis Fahrten / Einwohner vom Verknüpfungspunkt	20,4	10,8	6,9	10,2	5,7	1,6	4,7	1,4	16,3	0,5	0,9	0,4	17,6	8,0	0,3	0,1	0,5	6,9	13,6	20,3	6,0	0,2	2,4	0,3	0,4	5,5	3,5	10,8	3,1	19,4
Verhältnis Fahrten / Einwohner zum Verknüpfungspunkt	1,7	3,8	3,1	1,7	1,6	0,5	0,2	0,5	4,5	0,1	0,9	0,1	6,6	0,4	0,0	0,0	0,8	4,2	4,7	7,7	1,4	0,1	1,2	0,1	0,3	15,0	1,6	0,0	1,3	9,0
Verhältnis Fahrten / Einwohner für beide Richtungen zusammen	22,1	14,6	10,0	11,9	7,4	2,1	4,9	2,0	20,8	0,6	1,8	0,5	24,2	8,3	0,3	0,1	1,3	11,2	18,4	28,0	7,4	0,3	3,6	0,3	0,8	20,5	5,1	10,8	4,4	28,4

**Tab. 4.3** LK Grafschaft Bentheim: Vergleich zwischen der Anzahl der Fahrten von und zu den Haltestellen sowie der Anzahl der Einwohner im Einzugsgebiet der Haltestellen

Die Verhältniswerte zwischen der Anzahl der Fahrten von und zu den Haltestellen sowie der Anzahl der Einwohner im Einzugsgebiet der Haltestellen weisen für den Ausschnitt der Matrix eine erhebliche Streuung auf. Sie reicht von 0,1 Fahrten je Einwohner bis 28,4 Fahrten je Einwohner, jeweils für beide Richtungen zusammen.

Bei weiterführenden Strukturanalysen müssen neben der Einwohnerverteilung auch die Verteilung weiterer Strukturmerkmale (Arbeitsplätze, Schulstandorte) berücksichtigt werden, die hier aber nicht zur Verfügung standen.

Korrekterweise müsste man gemäß Gravitationsmodell bei der Berechnung der Verhältniszahlen die Entfernung zwischen den Haltestellen in der Fläche und dem Verknüpfungspunkt auch berücksichtigen.

Die Ursache für die Unterschiede muss daher an anderen Einflussgrößen liegen. Infrage kommt die Zugehörigkeit der Einwohner zu unterschiedlichen sozialen Gruppen, die Nähe zu Schulen (z.B. Grundschule Itterbeck) und zu Versorgungseinrichtungen, die innerhalb der Fläche liegen. Eine Rolle spielt sicherlich auch der Bekanntheitsgrad der Ausprägung des ÖPNV-Systems, der in den einzelnen Bereichen des Sektors unterschiedlich sein kann.

Kaum nachgefragte Haltestellen sollten aufgrund ihrer Grundfunktion für die Daseinsvorsorge, nicht von vornherein gestrichen, sondern vielmehr durch Maßnahmen der Werbung und Information aufgewertet werden. Die Haltestellen mit geringem Fahrtaufkommen verursachen, soweit sie weiter entfernt von den Haupttrouten liegen, z.T. erhebliche Mehrwege bzw.

längere Fahrdauern. Hierdurch entstehen jedoch zusätzliche Kosten. Bei der Ermittlung der Wirtschaftlichkeit des Betriebs (vgl. Kap. 5) werden diese Mehrkosten in ihrer Summe allerdings gering. Erst aufgrund der Kenntnis solcher Mehrkosten sollte durch den Planer entschieden werden, ob einzelne abseits der Haupttrouten gelegene und sehr gering belastete Haltestellen gestrichen werden oder nicht.

Die Kenntnis der Haltestellenbelastung kann auch für eine Änderung der Betriebsform genutzt werden. Sofern die stärker belasteten Haltestellen ein linienförmiges Muster aufweisen, sollte geprüft werden, ob es nicht wirtschaftlicher ist, den nachfragegesteuerten Betrieb zwischen diesen Haltestellen zu bestimmten Tageszeiten durch Linienbetrieb zu ersetzen. In diesem Fall muss die Ermittlung der Haltestellenbelastung zeitlich nach den infrage kommenden Tageszeiten differenziert werden. Ebenso kann unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten und im Interesse geringerer Mehrwege für die Hauptbeziehungen geprüft werden, die Haltestellen mit geringer Belastung am Rande des Sektors einem benachbarten Sektor zuzuschlagen.

**LK Waldeck-Frankenberg**

Tab. 4.4 zeigt die Verteilung der Verkehrsnachfrage im nachfragegesteuerten Betrieb für einen Ausschnitt der Haltestellen der AST-Linie 580.4:

AST 580.4	Dsee-Ottlar	Dsee-Heringh. D.Br.	Dsee-Giebringhausen	Dsee-Stormbr. Sauerl.	Dsee-Giebhsn Am Stein	Dsee-Stormbr. Im Fr.	Dsee-Heringhausen	Dsee-Stormbr. Diemel.	Dsee-Ottlar D'hof	Dsee-Giebringhausen	Dsee-Heringh. Mitte	Dsee-Ottlar	Dsee-Stormbr. Eichh.	Dsee-Heringh. Strandb.	Will-Bahnhof	Will-Forstamt	Will-Schwalefeld	Will-Haus d. Gastes	Will-Rattlar Friedrichspl.	Will-Schwalefeld Upl.	Will-Rathaus	Will-Schulen	Will-Kurgarten	Will-Am Dicken Stein	Will-Vor den Eichen	Will-Zum Langenberg	Will-Alter Fritz	Will-Schwalefeld Itt.	Gesamtergebnis	
Dsee-Ottlar	178																													309
Dsee-Heringh. D.Br.	165	9	107	1	1																									1.224
Dsee-Giebringhausen	5	6																												49
Dsee-Stormbr. Sauerl.		100	1				3			61	2.086	109	1	297	15	3	306	131	29		412	165	16	13	30	18	1	2		4.006
Dsee-Giebhsn Am Stein												17		2							4									23
Dsee-Stormbr. Im Fr.											2																			7
Dsee-Heringhausen	2											7		60		0	4	5			74		2	3		1				200
Dsee-Stormbr. Diemel.		0													3						2									7
Dsee-Ottlar D'hof																					12	2								18
Dsee-Giebringhausen			34								132	13		49		3	23				69		1		66	6	10			463
Dsee-Heringh. Mitte			1.917	5	3		4	80				777	2	1.235	110	132	178	195	414		1.242	119	29	23	184	79	42	13		8.300
Dsee-Ottlar			4	17	4			6			706			260	2	98	525	4	5		237	50	123	3	1		9			2.092
Dsee-Stormbr. Eichh.																					1									1
Dsee-Heringh. Strandb.												3		12							5			3						26
Will-Bahnhof	33	155	12	430	1	2	43	8	56		890	273	14			817		1	1.316	589										4.747
Will-Forstamt		248	2	7			2				61	1				5			340	5										672
Will-Schwalefeld		16	2					3			112	72		901	3		96	5			309	31	45		3	7	6			1.717
Will-Haus d. Gastes		39	1	372			4	2	3	9	115	638	5			74		274	42											1.630
Will-Rattlar Friedrichspl.		10	151	1	4						238	2	1	1.326	455	13	258		790		1.766	286	469	4	61	210	50	1		6.942
Will-Schwalefeld Upl.	3	154		33				3	20		507	14		728	5		94	835		1.357	168	156	4	11	7	6				4.723
Will-Rathaus	55	253	3	417	4	15	61	12	62		1.421	189	7			273		1.885	1.135											6.457
Will-Schulen	5	55	1	297					475		260	55				20		200	33											1.431
Will-Kurgarten	3			26			1		1		25	112				4		408	62											654
Will-Am Dicken Stein				13			4				13	3	7					6	5											54
Will-Vor den Eichen		2	1	81					45	186						18		134	7											474
Will-Zum Langenberg		24		18					8	83						2		250	21											446
Will-Alter Fritz		16							2	59	1					8		63	9											168
Will-Schwalefeld Itt.		3	1		25					11	4			72			10				222	7	5			11				398
Gesamtergebnis	274	1.288	32	4.105	24	48	145	4	35	900	8.230	2.314	3	35	5.302	844	1.577	1.583	6.884	3.839	6.503	905	862	56	361	390	143	315		51.273

**Tab. 4.4** LK Waldeck-Frankenberg: Quelle-Ziel-Matrix zwischen den Haltestellen

Im Vergleich zum LK Grafschaft Bentheim herrscht im LK Waldeck-Frankenberg eine völlig andere Verteilung der Verkehrsnachfrage vor. Ursachen sind die räumliche Anordnung der

Linie 580.4 (und auch der anderen AST-Linien) mit gestreckten Verläufen sowie die Rolle des nachfragegesteuerten Betriebs lediglich als zeitliche Verdichtung der Bedienung im Linienbetrieb. Aufgrund der anderen Siedlungsstruktur (Besiedlung in den Tälern entlang der dort verlaufenden Hauptverkehrsstraßen) gibt es neben den weniger nachgefragten Haltestellen entlang der Strecke mehrere in ihrer Bedeutung herausragende Haltestellen. Die Nachfragehäufigkeit richtet sich ausschließlich nach der Zentralität der Haltestellen und ihrer Lage innerhalb eines ausgedehnteren Ortes. Da nur wenige Haltestellen außerhalb der größeren Orte liegen, gibt es kaum solche mit sehr geringer Nachfrage.

Auch im LK Waldeck-Frankenberg zeigt der Vergleich der räumlichen Verteilung der Beförderungsvorgänge an den Haltestellen und der den Haltestellen zugeordneten Einwohnerwerte keine Gleichmäßigkeit. In Tab. 4.5 sind die Belastungen der Haltestellen und die Anzahl der Einwohner im Einzugsbereich dieser Haltestellen einander gegenübergestellt.

AST 580.4	Dsee-Ottlar	Dsee-Heringh. D.Br.	Dsee-Giebringh. Immenhof	Dsee-Stormbr. Sauerl.	Dsee-Giebhns Am Stein	Dsee-Stormbr. Im Fr.	Dsee-Heringhausen	Dsee-Stormbr. Diemel.	Dsee-Ottlar D'hof	Dsee-Giebringhausen	Dsee-Heringh. Mitte	Dsee-Ottlar Dommelhof	Dsee-Stormbr. Eichh.	Dsee-Heringh. Strandb.	Willi-Bahnhof	Willi-Forstamt	Willi-Schwalefeld	Willi-Haus d. Gastes	Willi-Rattlar Friedrichspl.	Willi-Schwalefeld Upl.	Willi-Rathaus	Willi-Schulen	Willi-Kurgarten	Willi-Am Dicken Stein	Willi-Vor den Eichen	Willi-Zum Langenberg	Willi-Alter Fritz	Willi-Schwalefeld ltt.
	Einwohner im Einzugsbereich	150	300	80	200	30	60	250	20	10	50	400	90	5	50	700	80	200	150	150	60	100	250	60	50	140	10	70
Fahrtenaufkommen der Haltestelle vom Verknüpfungspunkt	309	1224	49	4006	23	7	200	7	18	463	8300	2092	1	26	4747	672	1717	1630	6942	4723	6457	1431	654	54	474	446	168	398
Fahrtenaufkommen der Haltestelle zum Verknüpfungspunkt	274	1288	32	4105	24	48	145	4	35	900	8230	2314	3	35	5302	844	1577	1583	6884	3839	6503	905	862	56	361	390	143	315
Summe des Fahrtenaufkommens der Haltestellen beider Richtungen	583	2512	81	8111	47	55	345	11	53	1363	16530	4406	4	61	10049	1516	3294	3213	13826	8562	12960	2336	1516	110	835	836	311	713
Verhältnis Fahrten / Einwohner vom Verknüpfungspunkt	2,1	4,1	0,6	20,0	0,8	0,1	0,8	0,4	1,8	9,3	20,8	23,2	0,2	0,5	6,8	8,4	8,6	10,9	46,3	78,7	64,6	5,7	10,9	1,1	3,4	44,6	2,4	10,0
Verhältnis Fahrten / Einwohner zum Verknüpfungspunkt	1,8	4,3	0,4	20,5	0,8	0,8	0,6	0,2	3,5	18,0	20,6	25,7	0,6	0,7	7,6	10,6	7,9	10,6	45,9	64,0	65,0	3,6	14,4	1,1	2,6	39,0	2,0	7,9
Verhältnis Fahrten / Einwohner für beide Richtungen zusammen	3,9	8,4	1,0	40,6	1,6	0,9	1,4	0,6	5,3	27,3	41,3	49,0	0,8	1,2	14,4	19,0	16,5	21,4	92,2	142,7	129,6	9,3	25,3	2,2	6,0	83,6	4,4	17,8

**Tab. 4.5** LK Waldeck-Frankenberg: Vergleich zwischen der Anzahl der Fahrten von und zu den Haltestellen sowie der Anzahl der Einwohner im Einzugsgebiet der Haltestellen

Die Werte streuen noch stärker als die im LK Grafschaft Bentheim (zwischen 0,6 Fahrten / Ew und 142,7 Fahrten / Ew). Bedingt durch die parallele Bedienung durch Linienbus und Taxi mit einer Priorisierung des Linienbusses stellt die Belastung der Haltestellen im nachfragegesteuerten Betrieb nur einen Teil der Gesamtbelastung der Haltestellen dar, der von Haltestelle zu Haltestelle unterschiedlich sein dürfte. Daher sind die einzelnen Zahlen wenig aussagefähig und mit den Zahlen des LK Grafschaft Bentheim nicht vergleichbar.

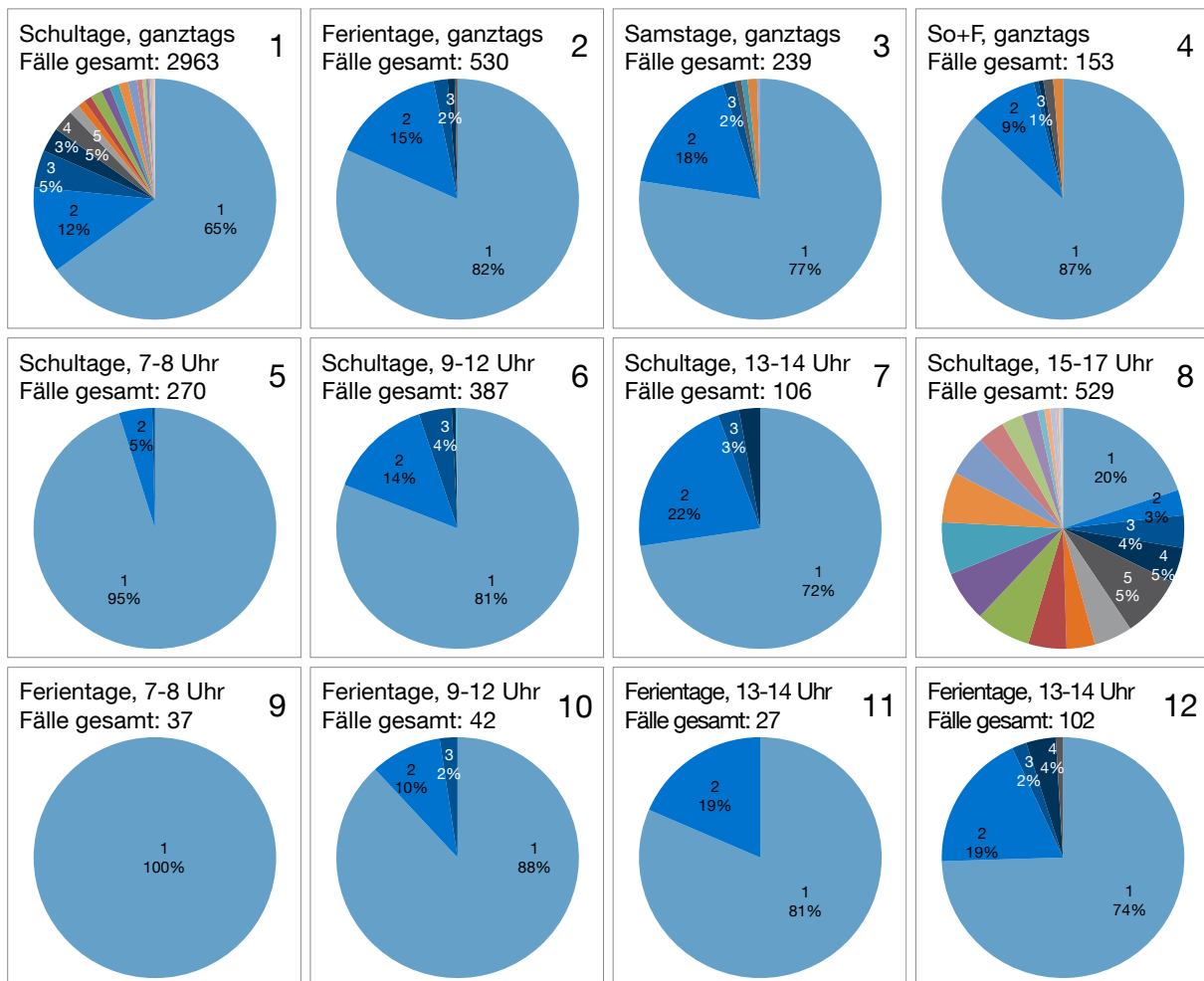
### 4.3 Sammeleffekte bei den Fahrten

Die Anzahl der auf eine Fahrt disponierten Anmeldevorgänge zeigt, ob die bei der Betriebsform angestrebten Sammeleffekte einzelner Fahrtwünsche eintreten oder ob die Taxis als konventionelle Individualtaxis mit jeweils einzelnen Fahrgästen oder einzelnen Gruppen zusammengesetzter Fahrgäste verkehren. Das Prinzip eines nachfragegesteuerten Sammelta-

xibetriebs kann nur dann als realisiert gelten, wenn der Sammeleffekt hoch genug ist. Um dies festzustellen, wird für jede Fahrt die Anzahl der Anmeldevorgänge von Einzelpersonen oder zusammengehörigen Gruppen ermittelt. Die Auswertung erfolgt für den LK Grafschaft Bentheim beispielhaft für die letzte vollständig mit Daten belegte Fahrplanperiode 2009/10 und für den LK Waldeck-Frankenberg für das Kalenderjahr 2010. Dabei wird zeitlich nach Wochentagen und Tageszeitgruppen differenziert. Dargestellt sind relative Häufigkeiten der Anmeldevorgänge für die genutzten Fahrten in den jeweiligen Zeitbezügen.

**LK Grafschaft Bentheim**

Die relative Häufigkeit der Anmeldevorgänge auf Basis der genutzten Fahrten ist für verschiedene Zeitbezüge in Bild 4.14 dargestellt. Die erste Zeile gibt die Häufigkeiten für den Gesamtverkehr eines Tages an, die zweite Zeile differenziert die Schultage nach Tageszeitgruppen und die dritte Zeile die Ferien-Werktage.



**Bild 4.14** LK Grafschaft Bentheim: relative Häufigkeit der Anmeldevorgänge für die genutzten Fahrten im Sektor 16

In der Abbildung ist zu erkennen, dass sich je durchgeführter Fahrt eine bestimmte Anzahl an Fahrgästen angemeldet hat. Generell besteht eine Abhängigkeit zwischen der Anzahl der

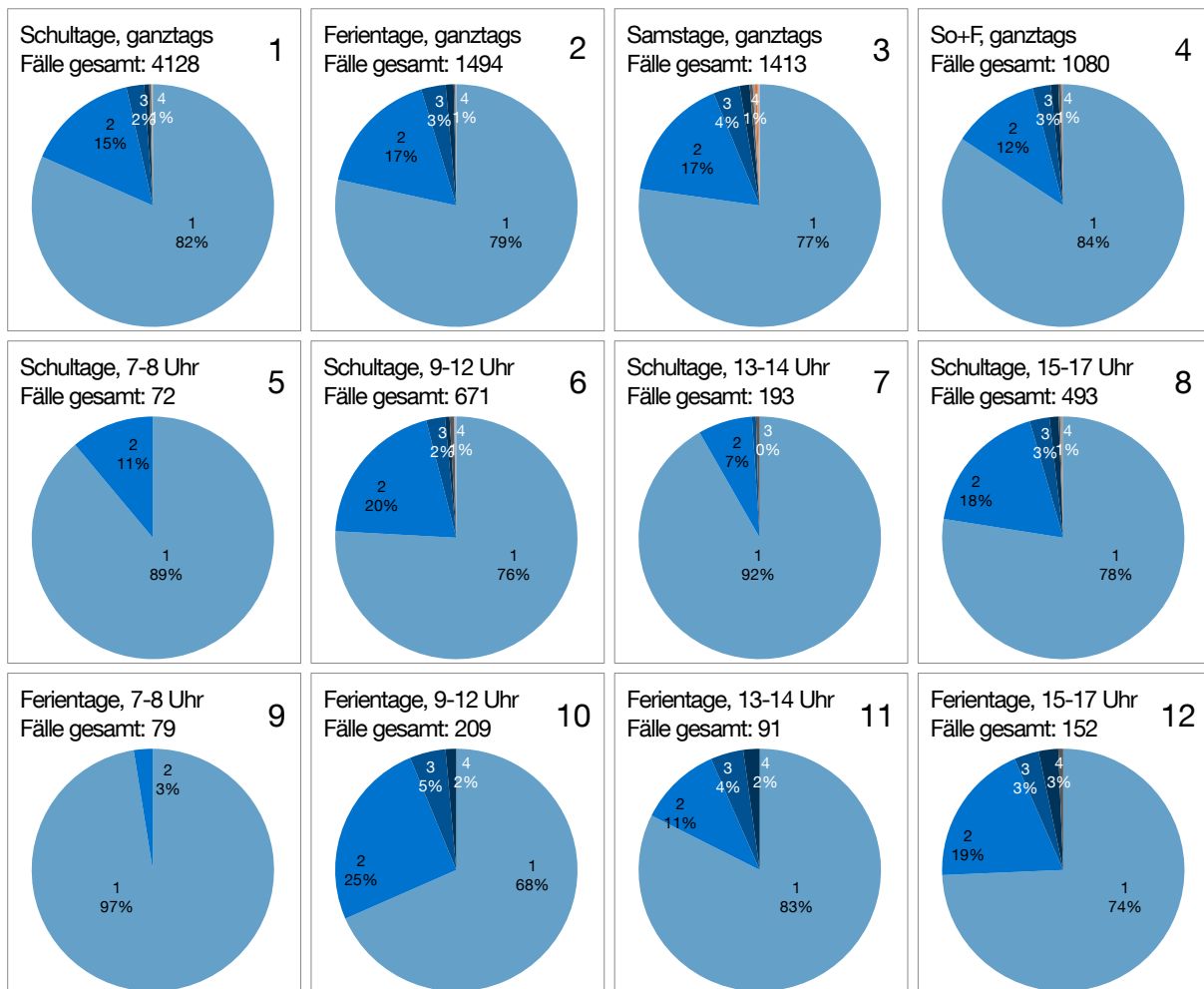
Anmeldevorgänge je Tag und der relativen Häufigkeit der auf die einzelnen Fahrten entfallenen Anmeldevorgänge: Je geringer die Verkehrsnachfrage insgesamt ist (Auswertungen 2-4 gegenüber 1), desto häufiger kommt es zu Individualfahrten (Einzelpersonen oder Einzelgruppen) und umgekehrt.

Die verhältnismäßig geringe Benutzung an Schultagen morgens zwischen 7 und 8 Uhr (Auswertung 5) liegt an der Überlagerung des nachfragegesteuerten Betriebs durch Linienbetrieb, die, wie oben bereits begründet, notwendig ist, um die Schülerverkehrsspitzen aufzunehmen. Auffällig ist der hohe Anteil von Mehrfach-Anmeldevorgängen je Fahrt im zurückfließenden Schüler- und Berufsverkehr (Auswertungen 6-8) mit Spitzenwerten zwischen 15 und 17 Uhr (Auswertung 8). Dies zeigt die Sinnhaftigkeit des nachfragegesteuerten Betriebs zu dieser Zeit als Antwort auf die zunehmende Spreizung der Schulendzeiten und Flexibilisierung der Arbeitszeiten. Ein Linienbus könnte bei gleichen Kosten nur seltener fahren als die Fahrzeuge im nachfragegesteuerte Betrieb, auch wenn bei einzelnen Fahrten mehrere Großraumtaxi zeitlich parallel verkehren müssen.

An Ferientagen ergibt sich wegen des fehlenden Schülerverkehrs ein anderes Bild: Morgens zwischen 7 und 8 Uhr (Auswertung 9) verbleibt der Berufsverkehr, der insgesamt sehr gering ist. Tagsüber führt der dominierende Einkaufs- und Erledigungsverkehr zu nur leicht höheren Benutzungsraten und damit zwar zu höheren, aber insgesamt zu geringen Sammeleffekten (Auswertungen 10-12). Der Vergleich der Ferientage mit den Schultagen deutet darauf hin, dass nicht nur die Schüler fehlen, sondern wegen der Ferien auch die Nachfrage im allgemeinen ÖPNV geringer wird (Vergleich zwischen 9 und 12 Uhr, Auswertungen 6 und 10).

## LK Waldeck-Frankenberg

Die relative Häufigkeit der Anmeldevorgänge auf Basis der genutzten Fahrten ist für verschiedene Zeitbezüge in Bild 4.15 dargestellt.



**Bild 4.15** LK Waldeck-Frankenberg: relative Häufigkeit der Anmeldevorgänge für die genutzten Fahrten für die AST-Linie 580.4

Die Abhängigkeit zwischen der Nutzung des AST-Systems und der relativen Häufigkeit der auf die einzelnen Fahrten entfallenen Anmeldevorgänge ist im LK Waldeck-Frankenberg nicht in dem Maße gegeben wie im LK Graftschaft Bentheim. Dies ist auf die unterschiedlichen ÖPNV-Strukturen in beiden Landkreisen zurückzuführen (vgl. Kap. 3). Vielmehr ist eine gegensätzliche Abhängigkeit zu beobachten: An Samstagen, Sonn- und Feiertagen und zu Schwachlastzeiten sind mehrere Anmeldevorgänge je Fahrt häufiger als zu den Schultagen und den Hauptverkehrszeiten der Ferien-Werktage (Auswertungen 9-12 gegenüber 5-8). Ursache dafür ist ein an den Ferientagen und Wochenenden ausgedünntes Angebot im Linienbetrieb, der bei der Buchung der Fahrtwünsche Vorrang hat.

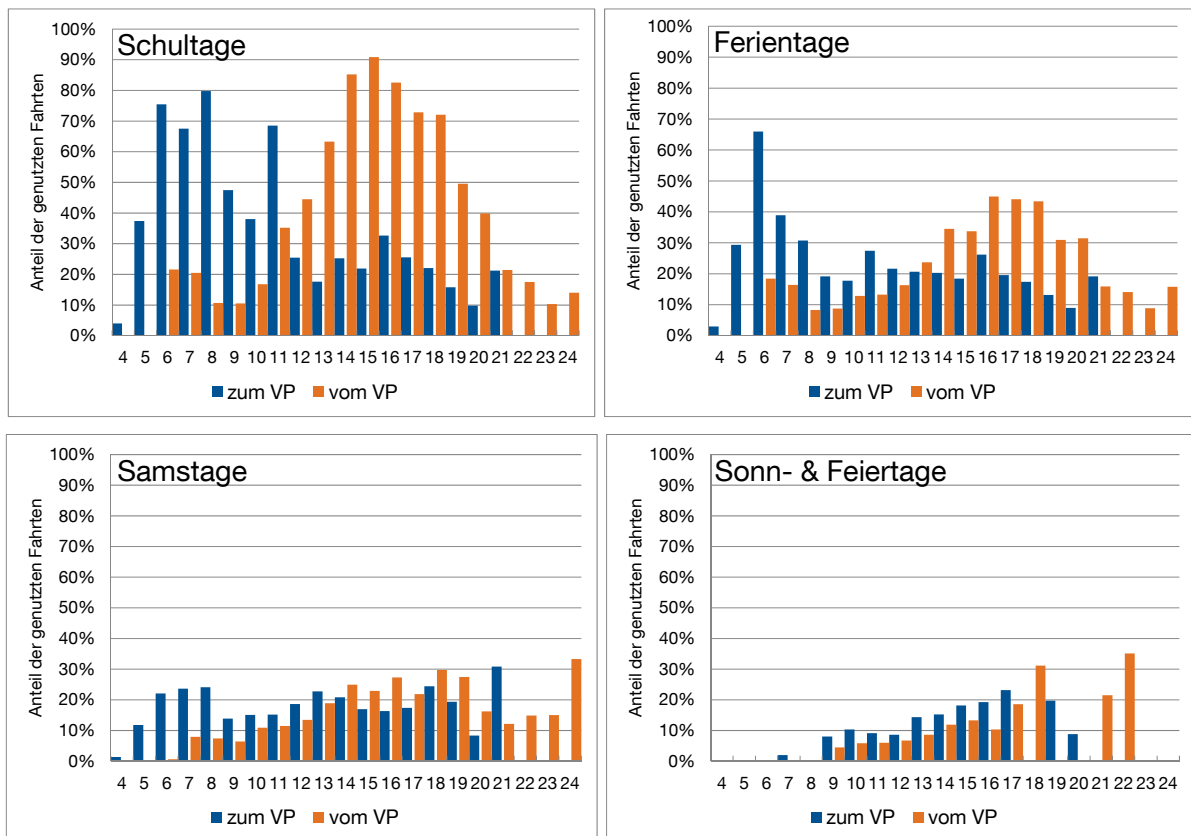
Im Vergleich der beiden Landkreise weist im LK Graftschaft Bentheim jede dritte Fahrt Sammelleffekte auf, während dies im LK Waldeck-Frankenberg im Mittel nur auf jede fünfte Fahrt zutrifft. Aus wirtschaftlichen Gründen ist anzustreben, den Anteil an Sammelfahrten im LK Waldeck-Frankenberg zu erhöhen. Dies kann über planerische Maßnahmen wie die Veränderung des Zuschnitts von Sektoren und einen teilweisen Ersatz von Linienfahrten durch AST-Betrieb oder über informierende Maßnahmen wie Werbung für das ÖPNV-System in der Bevölkerung erfolgen.

### 4.4 Nutzungsgrad der angebotenen Fahrten

Ein wichtiges Beurteilungskriterium für die Sinnhaftigkeit des im Fahrplan festgelegten Fahrtenangebots ist der Nutzungsgrad der angebotenen Fahrten durch die Fahrgäste. Die Auswertungen erfolgen für beide Landkreise für den gesamten Untersuchungszeitraum.

#### LK Graftschaft Bentheim

Bild 4.16 zeigt für den LK Graftschaft Bentheim den Anteil der genutzten Fahrten beispielhaft für den Sektor 16, unterteilt nach Tagesstunden und nach Lastrichtung.



**Bild 4.16** LK Graftschaft Bentheim: Verteilung der Nutzungsanteile der angebotenen Fahrten auf die Tagesstunden der einzelnen Tagesgruppen

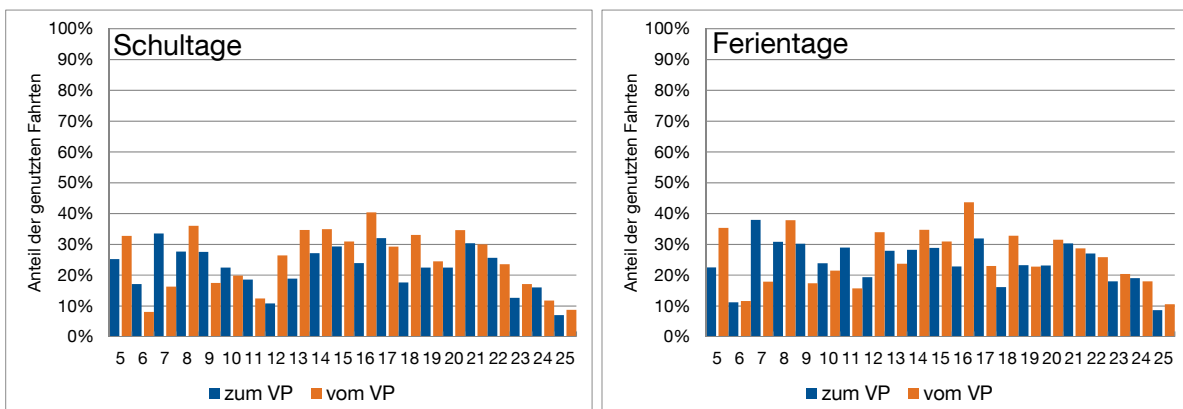
An Werktagen (Schul- und Ferientagen) ist über den Tag ein deutlicher Unterschied zwischen den Fahrtrichtungen zu erkennen, d.h. die morgendliche Spitze ist auf das Grundzentrum mit seinen überörtlich bedeutsamen Einrichtungen und der möglichen Weiterfahrt in Orte höherer Zentralität ausgerichtet und die nachmittägliche / abendliche Spitze auf die Fläche. Wegen der morgens eingesetzten Linien für die Schülerbeförderung fällt das Maximum zu dieser Zeit nicht so hoch aus wie nachmittags / abends, wenn wegen der Spreizung der schulischen und beruflichen Schlusszeiten eine deutlich geringere Zahl an Linienfahrten vorhanden ist. Überlagerungen dieser Richtungsausprägung sind vormittags und abends festzustellen und werden v.a. durch Einkaufs-, Erledigungs- und Freizeitverkehre verursacht.

Im Vergleich zwischen den Schul-Werktagen und den Ferien-Werktagen zeigt sich, dass an den Schul-Werktagen in den Spitzenstunden fast alle Fahrten nachgefragt werden (einzelne Fahrten sogar zu 100 %). In den Spitzenstunden der Ferien-Werktage beträgt die maximale Nachfrage lediglich ca. 65 % der angebotenen Fahrten. An Samstagen, Sonn- und Feiertagen liegt die Nutzung der angebotenen Fahrten im Mittel bei 20 bis 30 % und es ist kein eindeutiges Maximum morgens oder am Nachmittag / Abend festzustellen.

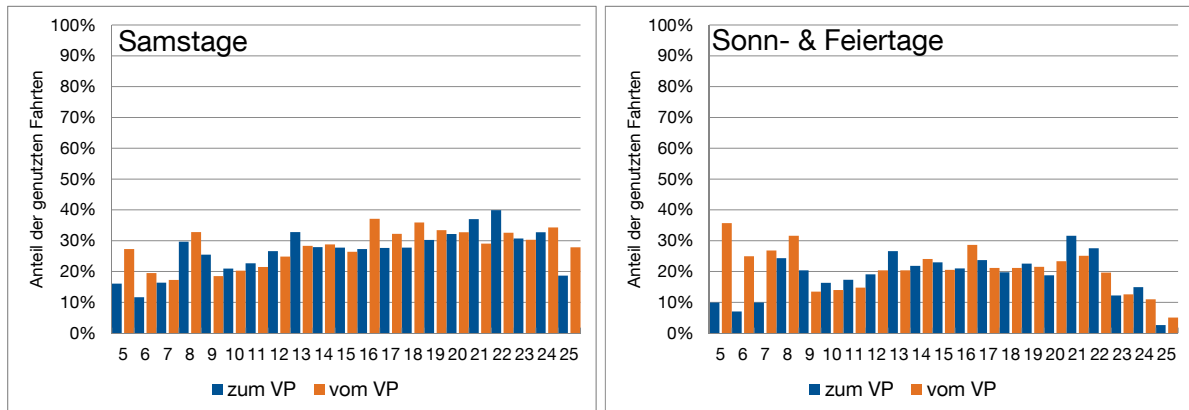
Aufgrund von Analyseergebnissen über die Nutzung der angebotenen Fahrten kann der Planer, insbesondere bei extrem geringen Werten, die Streichung einzelner angebotener Fahrten in Erwägung ziehen. Er muss dabei aber bedenken, dass der ÖPNV auch zu diesen Zeiten die Aufgabe der Daseinsvorsorge zu erfüllen hat. Zwar haben geringe Nutzungsgrade auch nur geringe Kosten zur Folge, durch eine Streichung von selten genutzten Fahrten ließe sich auch nur ein sehr geringer Betrag einsparen.

### LK Waldeck-Frankenberg

Bild 4.17 zeigt für den LK Waldeck-Frankenberg den Anteil der genutzten Fahrten für das Linienbündel 580, unterteilt nach Tagesstunden und nach Lastrichtung.







**Bild 4.17** LK Waldeck-Frankenberg: Verteilung der Nutzungsanteile der angebotenen Fahrten auf die Tagesstunden der einzelnen Tagesgruppen

Da es aufgrund der Linienverläufe und der Bedienungsstrategie im LK Waldeck-Frankenberg keinen dominanten Verknüpfungspunkt gibt, wird in obenstehender Grafik der jeweils höherrangige Ort (wenn der Rang der Zentralität gleich ist, dann der Ort mit einer höheren Einwohnerzahl) als gleichbedeutend mit einem Verknüpfungspunkt angenommen. Dabei lassen sich in allen Tagesgruppen kaum Unterschiede in der Nachfrage der beiden Lastrichtungen erkennen, da meist an beiden Endpunkten einer AST-Linie und auch auf der Strecke dazwischen höherwertige zentrale Einrichtungen wie Schulen, größere Betriebe und Einrichtungen für den täglichen Bedarf vorhanden sind. Untersucht man die Verteilung der Nutzung von Fahrten an höherwertigen Zwischenhaltestellen, zeigt sich ein ähnliches Bild, da auch von dort Fahrten in andere höherwertige Orte unternommen werden sowie von diesen anderen Orten zur betrachteten Haltestelle zurück.

Das Niveau des Anteils der genutzten Fahrten zu den einzelnen Verkehrsstunden liegt an Werktagen deutlich unter demjenigen im LK Grafschaft Bentheim und an Samstagen, Sonn- und Feiertagen etwas darüber. Insgesamt ist das Niveau des Anteils der genutzten Fahrten an allen vier Tagesgruppen ähnlich, was vorrangig mit der Unterordnung der AST-Linien unter die fest betriebenen Linien zu erklären ist.

## 4.5 Mögliche Maßnahmen

Die in diesem Kapitel gewonnenen Analyseergebnisse lassen sich in erster Linie für die Planung des Angebots nutzen. Es handelt sich hier um Daten, die im Stadium einer erstmaligen Planung noch nicht in hinreichender Genauigkeit, sondern nur als grobe Schätzungen bekannt sind, und in verlässlicher Form erst im laufenden Betrieb gewonnen werden können.

Veränderungen in der Verkehrsnachfrage der Stundengruppen deuten darauf hin, dass sich die Fahrtzwecke ändern. Eine Zunahme im morgendlichen Schüler- und Berufsverkehr kann Anlass sein, die Bedienungshäufigkeit zu dieser Tageszeit zu erhöhen oder dann den nachfragegesteuerten Betrieb durch herkömmlichen Linienbetrieb zu ersetzen. Analoges gilt im

nachmittäglichen Berufsverkehr. Eine Abnahme der Verkehrsnachfrage in der Normal- und Nebenverkehrszeit sollte dazu führen, die Information und Werbung zu intensivieren, um auch die Nachfragetäler zu füllen. Eine unterschiedliche Nachfrage an den verschiedenen Wochentagen oder Jahresmonaten kann Anlass sein, das Angebot entsprechend dieser Veränderungen zu differenzieren, um durch eine Reduzierung des Angebots Kosten zu sparen oder durch ein verbessertes Angebot die Qualität des ÖPNV zu erhöhen. Maßnahmen hierfür sind Veränderungen der Zuordnung der Haltestellen zu den Netzelementen, der Betriebsform der Netzelemente, der Fahrzeugfolgezeiten und des Fassungsvermögens der eingesetzten Fahrzeuge sowie eine Intensivierung der Information und Werbung.

Bei der Bewertung der Verkehrsbeziehungen stellt sich die Frage, inwieweit sie dem zentralörtlichen System entsprechen, oder ob es Sondereinflüsse (z.B. singuläre Wohngebiete, Gewerbegebiete, herausragende Veranstaltungsorte) gibt, welche die räumliche Verteilung der Verkehrsnachfrage gegenüber dem Verkehrsbedarf des zentralörtlichen Systems verzerren. Sollte eine Diskrepanz zwischen den Verkehrsbeziehungen und der räumlichen Struktur des zentralörtlichen Systems bestehen oder sollte sich diese im Laufe der Zeit entwickeln, müssen die Netzelemente in ihrem Zuschnitt verändert werden.

Merkmal der nachfragegesteuerten Bedienung ist, dass das Haltestellennetz verdichtet werden kann, ohne dass sich dadurch der Fahraufwand erhöht, denn es wird ja je Fahrt ohnehin nur ein Teil der vorhandenen Haltestellen angefahren. Diese Erhöhung der Anzahl der Haltestellen kann aber dazu führen, dass Haltestellen eingerichtet werden, die kaum oder gar nicht angefahren werden und damit entbehrlich sind. Dies lässt sich durch eine Messung der Anfahrhäufigkeit feststellen.

Ein kritischer Punkt ist die Gefahr der Überlastung der kleinen Fahrzeuge. Dies muss zwar schon bei der Disposition der Routen beachtet werden, d.h. es wird ein zusätzliches Fahrzeug benötigt, wenn die Kapazität auf einem Streckenabschnitt nicht ausreicht. Durch die Erfassung im laufenden Betrieb kann festgestellt werden, wo diese Gefahr droht und wie weit durch die Planung gegengesteuert werden kann. Die mögliche Bedienung einer Haltestelle mit zwei Fahrzeugen ist problematisch, weil dann ein Teil der zusteigewilligen Fahrgäste zurückbleibt und auf das zweite Fahrzeug warten muss. Dies ist praktisch unmöglich, wenn es sich bei den Fahrgästen um eine zusammengehörige Gruppe, z.B. um Familien, handelt.

Ein weiteres Charakteristikum des nachfragegesteuerten Betriebs ist der Sammeleffekt bei den einzelnen Fahrten. Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit sollte vermieden werden, dass je angebotener Fahrt lediglich ein einzelner Fahrgast oder eine einzelne zusammengehörige Gruppe von Fahrgästen befördert werden, denn sonst tritt an die Stelle des Sammeltaxisystems ein Individualtaxisystem, bei dem der Fahrgast – möglichst noch zu jeder Zeit – ein Taxi bestellen kann und mit der Begründung der Daseinsvorsorge den Fahrpreis gegenüber dem üblichen Taxifahrpreis subventioniert bekommt. Beurteilungskriterium ist der Anteil der

Sammelfahrten (Anteil der Fahrten mit mehr als einem zeitgleichen Beförderungswunsch, welche von verschiedenen Haltestellen ausgehen) an der Gesamtzahl der Fahrten. Dieses Verhältnis wird durch die Analyse der Anmeldevorgänge je Fahrt ermittelt.

Der Nutzungsgrad der laut Fahrplan angebotenen Fahrten, die räumlich und zeitlich in derselben Weise zu differenzieren sind wie die Fahrgastzahlen, machen deutlich, in welchem Maße das Verkehrsangebot angenommen wird. Ein mangelhafter Nutzungsgrad erfordert eine Veränderung des Angebots. Dies betrifft die Netzform, eine Erhöhung der je Zeiteinheit angebotenen Anzahl der Fahrten und eine Änderung der Fahrzeuggröße.

Die Analyseergebnisse helfen, folgende Fragestellungen zu beantworten und im Hinblick auf die Attraktivität des Angebots und die Wirtschaftlichkeit des Betriebs zu bewerten.

- Ist der Einsatz nachfragegesteuerter Betriebsformen wirtschaftlicher als Verdichtung eines bestehenden Linienbetriebs wie im LK Waldeck-Frankenberg oder als integraler Bestandteil flexibler Betriebsformen wie im LK Grafschaft Bentheim, bei der der herkömmliche Linienbetrieb und der nachfragegesteuerte Betrieb in Abhängigkeit von der Siedlungsstruktur und der daraus folgenden Struktur der Verkehrsnachfrage miteinander kombiniert werden?
- Welche räumliche und zeitliche Abgrenzung der Netzelemente zwischen Linienbetrieb und nachfragegesteuertem Betrieb ist optimal im Hinblick auf die maximale Effizienz bei Fahrer- und Fahrzeugeinsatz?
- Sollen auf einem Netzelement herkömmlicher Linienbetrieb und nachfragegesteuerter Betrieb jeweils in reiner Form eingesetzt oder zeitlich miteinander kombiniert werden (z.B. Linienbetrieb während der Spitzenzeiten des Schülerverkehrs und nachfragegesteuerter Verkehr in den geringer belasteten Zeiten). Welche Kombination ist optimal?
- Welche Abweichungen vom Standard eines 1-Stunden-Taktes nach unten (Erhöhung der Bedienungshäufigkeit) oder nach oben (Ausdünnung der Bedienungshäufigkeit) sind sinnvoll im Hinblick auf eine bestmögliche Abwicklung des Betriebs, ohne dass einerseits betriebliche und andererseits finanzielle Einbußen hingenommen werden müssen?
- Wie hoch sind die Kosten des nachfragegesteuerten Betriebs unter Berücksichtigung der Tatsache, dass nicht alle Fahrplanfahrten erbracht werden müssen?

Die Analyse der Verkehrsnachfrage zeigt zwischen den beiden Landkreisen Grafschaft Bentheim und Waldeck-Frankenberg erhebliche Unterschiede. Ursachen hierfür sind die abweichende Siedlungsstruktur und der verschiedenartige Einsatz des nachfragegesteuerten Betriebs: Der LK Grafschaft Bentheim ist im untersuchten Nordteil völlig eben mit einer dispersen Siedlungsstruktur und einer starken Verästelung des Straßennetzes, während der LK Waldeck-Frankenberg hügelig ist mit einer Konzentration der Besiedlung in den Tälern, in denen auch die Straßen entlang laufen. Im LK Waldeck-Frankenberg dient der nachfragegesteuerte Betrieb lediglich zur zeitlichen Verdichtung des schon immer bestehenden Lini-

enbetriebs. Im LK Grafschaft Bentheim hingegen besteht eine Aufgabenteilung zwischen Linienbetrieb bei konzentrierter Verkehrsnachfrage und nachfragegesteuertem Betrieb bei disperser Verkehrsnachfrage mit einer völligen Umgestaltung des bis zum Fahrplanwechsel Ende 2003 vorhandenen Liniennetzes.

Der Spielraum für Veränderungen im Angebot ist demzufolge im LK Grafschaft Bentheim höher als im LK Waldeck-Frankenberg. So kann im LK Grafschaft Bentheim aufgrund der Analyseergebnisse die Kombination von Linienbetrieb und nachfragegesteuertem Betrieb räumlich und zeitlich differenziert verändert werden. Dies gilt insbesondere im morgendlichen Schüler- und Berufsverkehr, bei dem die Großraumtaxis schnell an ihre Kapazitätsgrenzen stoßen und der Einsatz eines einzigen Linienbusses anstelle einer Vielzahl von Großraumtaxis wirtschaftlicher ist. Ebenso ist die Abgrenzung der Sektoren im LK Grafschaft Bentheim leichter zu ändern als im LK Waldeck-Frankenberg und auch Haltestellen sind leichter zu streichen, wenn sie nur sehr selten bedient werden und diese seltene Bedienung zudem erhebliche Mehrwege für die übrigen Fahrgäste verursacht.

Die Konkurrenzsituation zwischen Linienbetrieb und nachfragegesteuertem Betrieb im LK Waldeck-Frankenberg legt es nahe, durch die Verfeinerung von Dispositionsregeln zu versuchen, so viele Fahrten wie möglich auf den Linienbetrieb zu legen und den nachfragegesteuerten Betrieb nur als ergänzendes System zu behandeln. Bereits jetzt verhindern die oben mehrfach erwähnten Dispositionsregeln den Parallelbetrieb weitgehend. Vor allem würde weiterhin Optimierungsbedarf für die Abwicklung des AST-Verkehrs bestehen, wenn unterschiedliche Fahrtwege der Linienfahrten gleicher Linien, die oftmals die oben beschriebenen Zeitlücken für den AST-Verkehr erst hervorrufen, so weit wie möglich vermieden würden. Die Aufgabenteilung zwischen den beiden Betriebsformen im LK Grafschaft Bentheim schließt eine solche Konkurrenzsituation weitgehend aus.

Wenn das ÖPNV-Angebot jährlich aufgrund der jeweiligen Analyseergebnisse der Verkehrsnachfrage überarbeitet wird, dient dies der Qualitätsverbesserung und der nachhaltigen Qualitätssicherung. Die kontinuierliche Anpassung des Angebots an die tatsächliche Nachfrage stellt eine ständige Fortschreibung des Nahverkehrsplans dar und erlaubt es, die in den Nahverkehrsgesetzen vorgegebenen Fristen für die Fortschreibung des Nahverkehrsplans einzuhalten, ohne dass Planungsmängel, die aufgrund unzureichender Kenntnisse der Maßnahmenwirkungen unvermeidlich sind, über die gesamte Gültigkeitsdauer des Nahverkehrsplans mitgeschleppt werden.

## 5. Analyse des Fahrtablaufs

Analysiert werden die zeitliche und räumliche Komponente des Fahrtablaufs. Die zeitliche Komponente betrifft die Beförderungsdauer, die Beförderungsgeschwindigkeit, die Verfrühungen und Verspätungen bei der Abfahrt und der Ankunft an den Haltestellen sowie die Wartezeiten bei Umsteigevorgängen. Die räumliche Komponente bezieht sich auf die Weglänge der Fahrt, die den Wegeaufwand der Fahrgäste und den Betriebsaufwand bestimmt.

Für jede Haltestelle sind eine früheste und eine späteste Abfahrtszeit definiert. Die früheste Abfahrtszeit ist im Fahrplan angegeben. Zu diesem Zeitpunkt muss das Fahrzeug abfahren, wenn im weiteren Verlauf der Fahrt ein Maximum an Haltestellen mit einem Maximum an Weglängen bedient werden muss. Die späteste Abfahrtszeit gilt, wenn im weiteren Verlauf der Fahrt keine weiteren Haltestellen bedient zu werden brauchen und die Fahrt zum Verknüpfungspunkt auf dem kürzesten Wege erfolgen kann. Die Fahrgäste, die sich für die betreffende Fahrt angemeldet haben, müssen zur frühesten Abfahrtszeit an der Haltestelle einsteigebereit sein. Die Differenz zwischen frühester und spätester Abfahrtszeit wird als Fahrplantoleranz definiert, die dem Fahrgast als Wartezeit in einem nachfragegesteuerten System zugemutet wird. Hierbei handelt es sich ausdrücklich nicht um eine Verspätung, sondern ein planmäßiges Merkmal nachfragegesteuerter Betriebsformen.

Die Fahrplantoleranz ist identisch mit der maximalen Mehrwegzeit, die vergeht, wenn das Fahrzeug nicht auf dem kürzesten Weg, sondern auf dem längsten Weg zum Verknüpfungspunkt fährt. Da eine Fahrt, auf der sämtliche nachfolgenden Haltestellen bedient werden müssen, äußerst selten ist, kann man die maximale Mehrwegzeit und damit die Fahrplantoleranz etwas reduzieren, z.B. auf eine Zeit, die in 90 % der Fälle nicht überschritten wird.

Wenn das Fahrzeug an der betrachteten Haltestelle bereits zum frühestmöglichen Zeitpunkt losfährt, ohne ein Maximum an Zwischenhaltestellen bedienen zu müssen, kommt es entsprechend früher an der Verknüpfungshaltestelle an. Die an der Abfahrtshaltestelle eingesparte Zeit der Fahrplantoleranz muss dann am Verknüpfungspunkt abgewartet werden. Um dem Fahrgast nicht zu lange Wartezeiten zuzumuten, ist es psychologisch geschickter, die Differenz zwischen frühester und spätester Abfahrtszeit an einer Haltestelle, sofern sie für die weitere Fahrt nicht benötigt wird, so gleichmäßig wie möglich zwischen der Wartezeit an der Einstiegshaltestelle und am Verknüpfungspunkt aufzuteilen. Dies muss bei der Bildung des Online-Fahrplans geschehen, bei dem in Abhängigkeit von den noch zu bedienenden Haltestellen ein optimaler Abfahrtszeitpunkt angegeben wird, der die genannten psychologischen Effekte auf den Fahrgast berücksichtigt.

Die für die Analyse des Fahrtablaufs erforderlichen Daten werden den Servern der Fahrzeug- und Routendisposition und des Betriebsleitsystems entnommen. Im LK Grafschaft Bentheim gibt es noch kein Betriebsleitsystem. Aus diesem Grunde konzentriert sich die

Auswertung auf den LK Waldeck-Frankenberg. Im LK Grafschaft Bentheim wurden lediglich für einen begrenzten Zeitraum Erhebungen der Ankunftszeiten an der Verknüpfungshaltestelle durchgeführt. Wegen des begrenzten Stichprobenumfangs besitzen sie aber nur geringe Aussagekraft.

Tab. 5.1 zeigt eine Übersicht über die Auswertungen. Sie sind den in Kap. 2.4 definierten und erläuterten Kenngrößen und Beurteilungskriterien zugeordnet. Bei den Grenzwerten, die den Beurteilungskriterien zugrunde liegen, handelt es sich um Vorgaben des Aufgabenträgers / Zweckverbands.

Kenngröße	Beurteilungskriterien	Auswertungen <sup>1)</sup>
Verfrühungen und Verspätungen an den Einstiegs- und Ausstiegshaltestellen	Überschreitung des vorgegebenen Grenzwerts für die Fahrplantulanz	Differenz zwischen planmäßiger und tatsächlicher Abfahrts- und Ankunftszeit, für alle bedienten Haltestellen
Übergangszeiten bei Umsteigevorgängen	Überschreitung der vorgegebenen Grenzwerte für die Übergangszeiten	Differenz zwischen Ankunftszeit an der Umsteigehaltestelle und Zeitpunkt der Weiterfahrt, für alle Haltestellen mit relevanten Umsteigevorgängen Gegenüberstellung der Wartezeit an der Einstiegshaltestelle und der Übergangszeit an der Umstiegshaltestelle
Mehrwege und Mehrzeiten	Überschreitung der vorgegebenen Grenzwerte für die Mehrwege und Mehrzeiten	Mehraufwand von Fahrzeit bzw. Fahrtweg gegenüber der kürzesten Fahrzeit bzw. dem kürzesten Fahrtweg, für alle nachgefragten Routen
Beförderungsgeschwindigkeit	Überschreitung der vorgegebenen Grenzwerte für die Beförderungsgeschwindigkeit	Beförderungsgeschwindigkeiten auf den einzelnen Verkehrsbeziehungen

<sup>1)</sup> differenziert nach Netzelementen sowie Stundengruppen, Wochentagen, Monaten und Jahren

**Tab. 5.1** Kenngrößen, Beurteilungskriterien und Auswertungen beim räumlichen und zeitlichen Ablauf der Fahrten

Die Auswertung erstreckt sich beispielhaft auf die letzte vollständig mit Daten belegten Fahrplanperiode 2009/10 (LK Grafschaft Bentheim) bzw. 2010 (LK Waldeck-Frankenberg). Im LK Waldeck-Frankenberg wird beispielhaft das Linienbündel 580 (Willingen, Diemelsee, Korbach und Umland) ausgewertet.

## 5.1 Verfrühungen und Verspätungen an den Einstiegs- und Ausstiegshaltestellen

Nachfolgend werden die Häufigkeiten von Verfrühungen und Verspätungen der tatsächlichen Abfahrt gegenüber der planmäßigen Abfahrt analysiert. Da die planmäßige Abfahrts- und Ankunftszeit i.d.R. gleich sind, gelten die Häufigkeitsverteilungen für die Abweichungen von der planmäßigen Abfahrtszeit auch für die Häufigkeitsverteilungen der Abweichungen

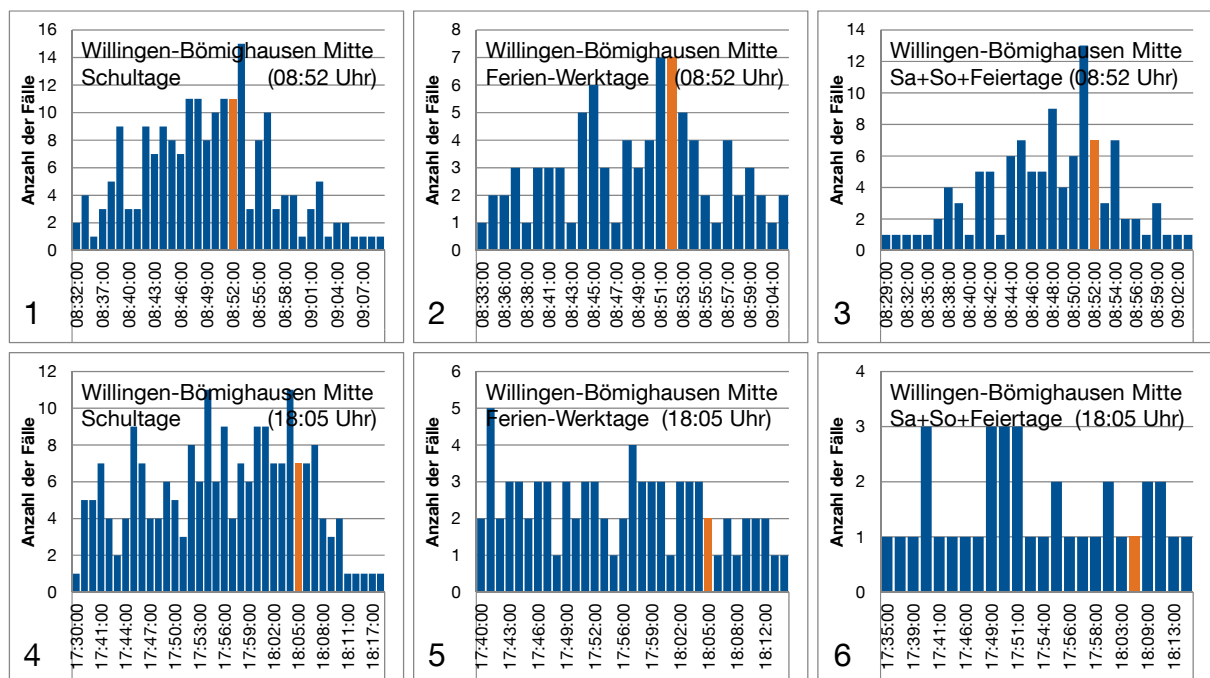
von der planmäßigen Ankunftszeit. Diese Abweichungen können nicht wie beim Linienbetrieb ohne weiteres als Verfrühungen oder Verspätungen interpretiert werden. Bis zu einem bestimmten Grenzwert sind sie konstituierende Merkmale des nachfragegesteuerten Betriebs und stellen Fahrplantoleranz dar.

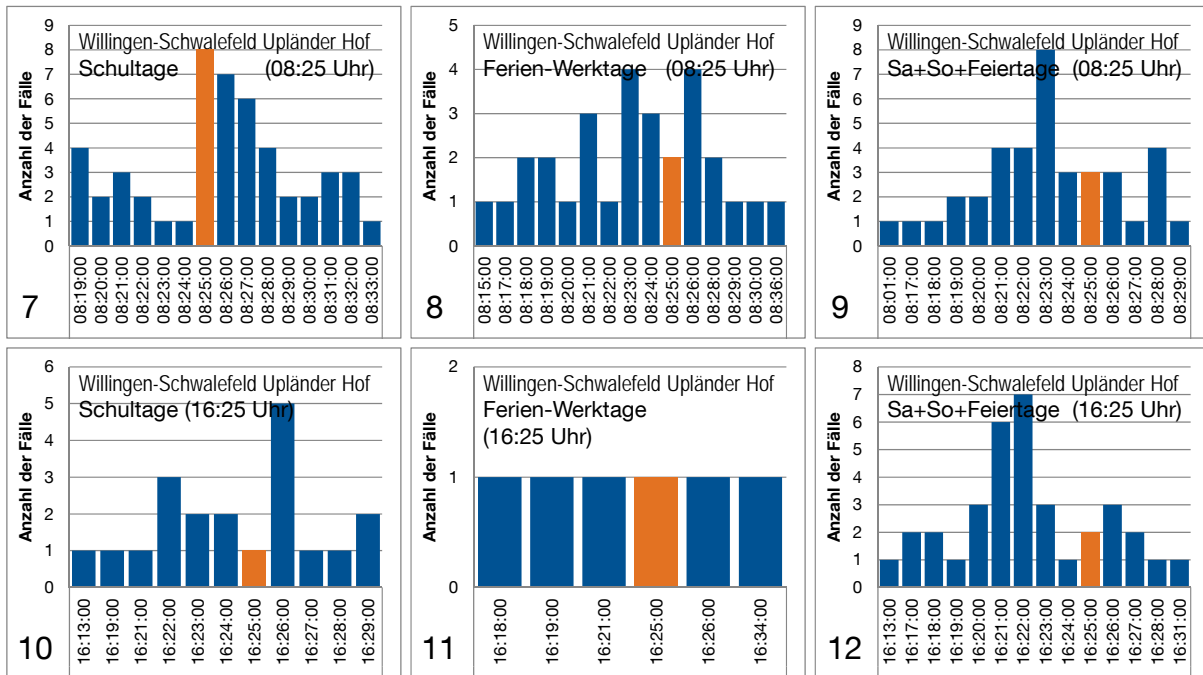
**LK Grafenschaft Bentheim**

Im LK Grafenschaft Bentheim liegen für die Verfrühungen und Verspätungen an den Haltestellen, die keine Verknüpfungshaltestellen sind, keine Messwerte – auch keine manuell erhobenen – vor. Manuell erhobene Werte gibt es nur für die Verknüpfungshaltestellen. Sie gehen in das Kap. 5.2 ein.

**LK Waldeck-Frankenberg**

In Bild 5.1 ist die Häufigkeitsverteilung der Abweichungen von der planmäßigen Ankunftszeit beispielhaft zu ausgewählten Tageszeiten und an ausgewählten Haltestellen dargestellt. Die Auswahl erfolgte hier so, dass möglichst unterschiedliche Ausprägungen dieser Abweichungen zu erkennen sind. Die planmäßige Ankunftszeit ist orange dargestellt und in der Diagrammüberschrift zusätzlich angegeben. Ausgewertet wurde der gesamte Untersuchungszeitraum.





**Bild 5.1** LK Waldeck-Frankenberg: Häufigkeitsverteilung der Ankunftszeiten zu ausgewählten Tageszeiten und an ausgewählten Haltestellen für den gesamten Untersuchungszeitraum

Die AST-Linien kommen i.d.R. früher als geplant an der Einstiegshaltestelle an. Im Mittel sind  $\frac{2}{3}$  der Fahrten verfrüht und nur  $\frac{1}{3}$  verspätet, wobei die meisten Verfrühungen und Verspätungen unter 5 Minuten liegen. An einigen Haltestellen (an Schultagen und zu stärker belasteten Tageszeiten) treten größere Abweichungen auf (Auswertungen 1-6). Diese deutlichen Abweichungen von im Fahrplan angegebenen Ankunftszeiten sind dann relevant bzw. systemisch zu beheben, wenn Fahrgäste Anschlüsse an andere Linien oder an höherrangige Verkehrsmittel erreichen müssen. Sollte sich ein Fahrgast ausschließlich mit der von ihm genutzten Linie zu seinem Ziel bewegen, wirkt sich eine deutliche Abweichung von den Fahrplanzeiten nicht auf Fahrten dieser Linie mit anderen Fahrzeugen oder auf andere Linien aus. Hier wäre dann dennoch sinnvoll, das entsprechende Toleranzintervall im Fahrplan anzupassen oder planerische (Linienlänge, Linienform) bzw. verkehrliche Gründe für diese starken Abweichungen zu ergründen.

Verfrühte Abfahrten an Zwischenhaltestellen, für welche ein Fahrtwunsch geäußert wurde, sind möglich und sinnvoll, wenn sämtliche angemeldete Fahrgäste bereits an der Haltestelle erschienen sind. Dies kann der Fahrer aufgrund seiner Anmeldeleiste überprüfen. Bei diesem System einer vollständigen namentlichen Anmeldung sind Grenzwerte für eine Verfrühung gegenstandslos und kein Qualitätskriterium. Kritisch werden Verfrühungen und auch Verspätungen jedoch dann, wenn Umstiege zwischen den AST-Linien standardmäßig vorgesehen sind. Dann müssen größere Abweichungen von fahrplanmäßigen Abfahrts- und Ankunftszeiten über eine zentrale Leitstelle zwischen den einzelnen Fahrzeugen koordiniert werden (vgl. Kap. 5.2).



Eine den Abweichungen von den fahrplanmäßigen Zeiten gerecht werdende Veränderung des Fahrplans würde gegen das Stundenraster verstoßen und könnte in Einzelfällen zu einer Unterschreitung der im System vorgegebenen zeitlichen Abstände zum Fahrplan des Linienbusses führen. In diesen Fällen würde die Vereinbarung über die erforderlichen zeitlichen Abstände zwischen Linienbus und AST-Verkehren von mindestens 30 Minuten unbewusst unterlaufen werden. Wenn größere Verfrühungen häufiger auftreten, sollte der Fahrplan entsprechend verändert werden.

## 5.2 Übergangszeiten bei Umsteigevorgängen

Bei einer flexiblen Betriebsweise mit einem hierarchischen Aufbau aus nachfragegesteuertem Betrieb und Linienbetrieb, wie sie im LK Grafschaft Bentheim realisiert ist, gehören Umsteigevorgänge zu den konstituierenden Merkmalen des Systems: Die Großraumtaxis im nachfragegesteuerten Betrieb sammeln die Fahrgäste aus der Fläche ein bzw. verteilen sie in die Fläche, wohingegen die Überbrückung größerer Entfernungen Aufgabe der Linienbusse ist. Insofern entstehen bei längeren Fahrten, z.B. aus der Fläche ins Mittelzentrum, zwangsläufig Umsteigevorgänge an den Nahtstellen zwischen nachfragegesteuertem Betrieb und Linienbetrieb. Im LK Waldeck-Frankenberg ist das System grundlegend anders: Die Großraumtaxis im nachfragegesteuerten Betrieb stellen eine zeitliche Ergänzung des Linienbetriebs dar, so dass es Umsteigevorgänge zwischen beiden Betriebsformen nicht gibt. Umsteigevorgänge treten lediglich auf bei sehr langen Fahrten zwischen den AST-Linien, wenn die einzelne AST-Linie aus betrieblichen Gründen oder wegen des Zuschnitts der Bedienungsgebiete der verschiedenen Unternehmen in ihrer Länge begrenzt ist und deshalb bei längeren Fahrten mehrere AST-Linien benutzt werden müssen. Umsteigevorgänge zwischen AST-Linien und Linienbetrieb gibt es lediglich an den Bahnhöfen beim Übergang vom AST-System auf die Bahn, wobei aber nur selten Anschlüsse vorhanden sind.

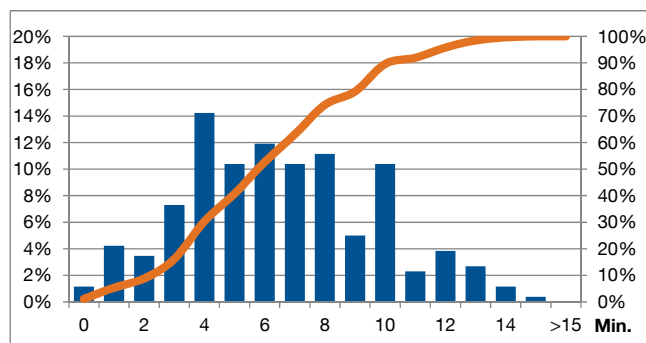
Umstiege z.B. in Adorf-Mitte dienen der Verknüpfung von AST-Linien, während Heringhausen-Mitte wegen der Entfernung Adorf-Willingen als Umstieg eingerichtet wurde, damit ein Unternehmer nicht so große Anfahrtswege hat. Dies ist dann für den Unternehmer ungünstig, wenn der Fahrgast nicht erscheint. Fehlfahrten werden im Gebiet nicht vergütet. Inzwischen gibt es Bestrebungen, dass die Unternehmerswahl nicht mehr linienorientiert, sondern einstiegorientiert erfolgt. Damit gibt es nur kurze Anfahrtswege. Problem ist jedoch, dass jeder Unternehmer meint, er würde ggf. benachteiligt. Deshalb kommt auch keine Regelung zustande, dass auf Rückfahrten ggf. der Unternehmer aus dem "Fremdgebiet" Einsteiger aufnehmen darf. Da die Leerkilometer nicht gesondert vergütet werden, ist dieser Sachverhalt für die Energie Waldeck-Frankenberg GmbH, die im Auftrag des Landkreises agiert, nicht relevant.

## LK Grafschaft Bentheim

Die Sicherung von Anschlüssen zwischen nachfragegesteuertem Betrieb und anschließendem Linienbetrieb (und umgekehrt) ist ein wichtiges Qualitätsmerkmal der Betriebsform. Aus diesem Grund müssen für die Übergangszeiten sowohl nach oben (zu lange Wartezeit) als auch nach unten (Gefahr der Anschlussverletzung) Grenzwerte eingeführt werden. Die Erhebungen des zeitlichen Ablaufs liefern ein Bild, welche Grenzwerte realistisch sind und wie weit es möglich ist, sie einzuhalten.

In Bild 5.2 ist die Übergangszeit zwischen dem nachfragegesteuerten Betrieb in den Sektoren und dem übergeordneten Netz dargestellt. Diese Werte resultieren wegen des fehlenden Betriebsleitsystems aus einer manuellen Datenerfassung geringen Umfangs. Die Übergangszeiten der Sektoren 13 und 14 konnten wegen eines Erhebungsfehlers nicht ausgewertet werden. Auf eine Einzeldarstellung der Sektoren mit tageszeitlicher Differenzierung wurde wegen der geringen Datenbasis verzichtet; Nicht-Schultage wurden nicht erhoben.

Das Diagramm enthält sowohl die Häufigkeit der einzelnen Übergangszeiten als auch die Summenhäufigkeit. Die Ordinate des Diagramms bezeichnet links die relativen Häufigkeiten der Einzelwerte und rechts die relative Summenhäufigkeit.



**Bild 5.2** LK Grafschaft Bentheim: Übergangszeiten zum höherrangigen Liniennetz (Linie 100)

Die fahrplanmäßig vorgesehene Übergangszeit beträgt 5 Minuten. Als Grenzwerte wurden nach unten im Hinblick auf eine ausreichende Anschlusssicherheit 2 Minuten und nach oben bezüglich einer noch zumutbaren Wartezeit 10 Minuten festgelegt. Ist die Übergangszeit länger als dieser Grenzwert, nimmt die Attraktivität des Angebots durch die langen Wartezeiten ab. Liegt sie unter dem unteren Grenzwert, besteht das Risiko, dass Übergänge nicht mehr gewährleistet sind.

80 % der erfassten Beförderungsvorgänge liegen innerhalb dieser Grenzwerte. Höhere Übergangszeiten resultieren aus zu kurzen Fahrzeiten und niedrigere aus zu langen Fahrzeiten der Taxis in der Fläche. Um diese Grenzwertüberschreitungen gering zu halten, muss der Fahrplan angepasst werden. Die gemessenen Übergangszeiten sind nicht um den fahrplanmäßigen Wert normalverteilt. Dies liegt daran, dass man bei der Fahrplanbildung lieber etwas längere Wartezeiten in Kauf nimmt als Anschlussverletzungen.

## LK Waldeck-Frankenberg

Im LK Waldeck-Frankenberg muss der Fahrgast aufgrund der Strukturierung des Systems vielfach von einer AST-Linie auf eine andere AST-Linie umsteigen. Daher wird bei der Aufnahme des Fahrtwunschs bereits ein möglicher Umstieg mit abgefragt, um die verschiedenen AST-Linien miteinander koordinieren zu können.

In Tab. 5.2 sind die Umsteigehäufigkeiten an ausgewählten Haltestellen dargestellt.

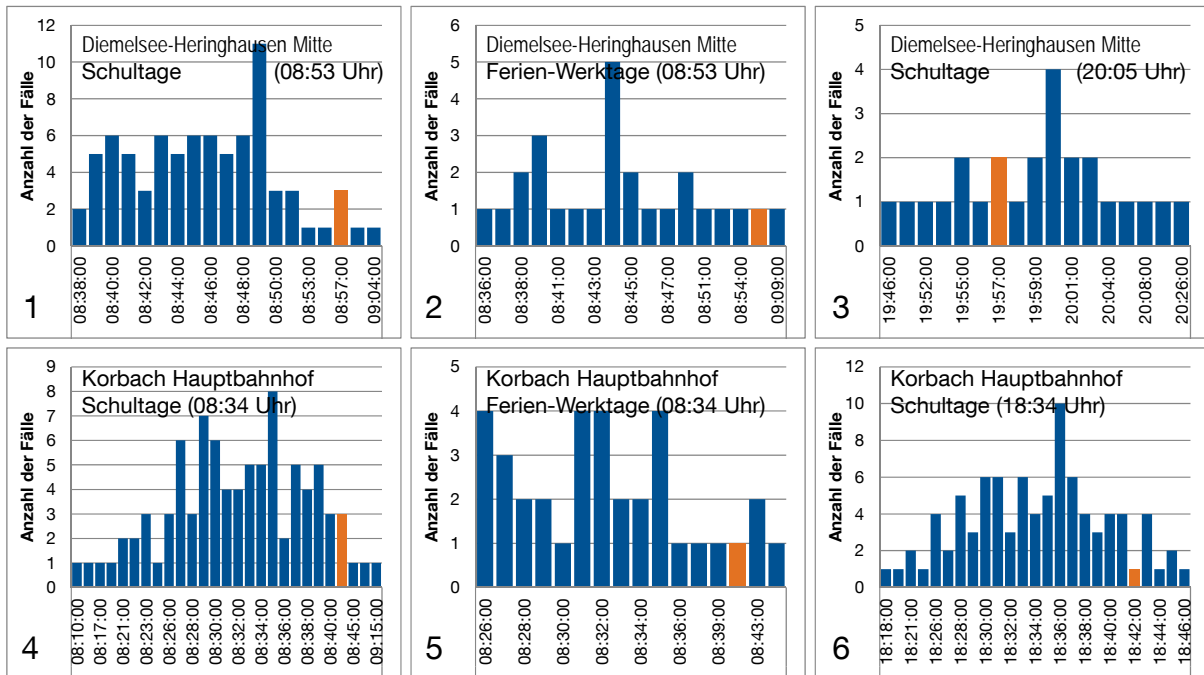
Haltestelle	Beförderungsfälle	Umsteiger (abs. / %)	
Willingen - Bömighausen Mitte	12.647	9.269	73,3
Diemelsee - Heringhausen Mitte	3.555	2.350	66,1
Willingen Rathaus	4.725	1.726	36,5
Diemelsee - Adorf Mitte	1.075	866	80,6
Korbach Hauptbahnhof	1.669	107	6,4
<b>Alle Haltestellen im Linienbündel 580</b>	<b>30.094</b>	<b>14.318</b>	

**Tab. 5.2** LK Waldeck-Frankenberg: Umstiegshaltestellen von AST zu AST im Linienbündel 580

Es zeigen sich sehr unterschiedliche Umsteigeanteile, wobei berücksichtigt werden muss, dass in den ausgewerteten Datenbanken nur Umsteigebeziehungen von einem nachfragegesteuerten Element auf ein anderes erfasst wurden. Das Umsteigen zwischen nachfragegesteuerten Elementen spielt eine Rolle, wenn in den Tagesrandzeiten kein Linienbetrieb, sondern nur noch AST-Betrieb erfolgt. Das Umsteigen am Bahnhof Korbach mit dem geringen Umsteigeanteil von 6,4 % nimmt mit dem Übergang vom AST zur Regionalbahn eine Sonderstellung ein. Die Umsteigeanteile an den anderen Haltestellen zwischen den verschiedenen AST-Linien sind deutlich höher und betragen bis zu 80,6 %. Diese Haltestellen sind systembedingt als Verknüpfungspunkte zwischen den nachfragegesteuerten Elementen eingerichtet und Bestandteil des AST-Systems im LK Waldeck-Frankenberg.

Umsteigevorgänge zwischen AST und Linienverkehr sind wegen der ÖPNV-Struktur im Landkreis kaum relevant. AST und Linienverkehr ergänzen sich nicht räumlich, wie es beim hierarchischen System im LK Grafschaft Bentheim der Fall ist, sondern lediglich zeitlich.

In Bild 5.3 werden exemplarisch Übergangszeiten zwischen den AST-Linien untereinander sowie zum übergeordneten Bahnnetz dargestellt. Die Zeitangaben im Diagrammtitel bezeichnen dabei jeweils die im Fahrplan verzeichneten Ankunftszeiten der AST-Linien und die orange markierten Säulen die Abfahrtszeiten anderer Netzelemente. Auf die Darstellung der Übergänge an den Wochenenden wurde wegen der geringen Fallzahlen verzichtet.



**Bild 5.3** LK Waldeck-Frankenberg: Übergangszeiten zu anderen Netzelementen

Die Auswertungen 1 bis 3 beziehen sich auf den Verknüpfungspunkt Diemelsee-Heringhausen Mitte zwischen den AST-Linien 580.4 und 581.9. Dargestellt ist die Häufigkeitsverteilung der Übergangszeiten der AST-Linie 580.4; orange markiert ist die planmäßige Abfahrtszeit der AST-Linie 581.9 (stündlich zur Minute 57). Im Regelfall ist der Anteil der fahrplanmäßig nicht erreichten Anschlüsse sehr gering (Auswertungen 1, 2). Auffällig ist jedoch, dass in der Auswertung 3 Verspätungen im Vergleich zu Verfrühungen wesentlich stärker auftreten als in den anderen Fällen. Trotz des verhältnismäßig hohen Umsteigeanteils von im Mittel 66,1 % würden rd. 2/3 der Fahrgäste den Anschluss nicht bekommen. Es ist anzunehmen, dass das Anschlussstaxi die Ankunft des Zubringertaxis abwarten wird, um Verärgerungen der Fahrgäste zu vermeiden. In diesem Fall dürfte es sich um eine Unstimmigkeit des Fahrplans handeln.

Die Auswertungen 4 bis 6 zeigen den Übergang zwischen der AST-Linie 580.2 und der Regionalbahnlinie R55 zwischen Korbach und Willingen an der Haltestelle Korbach Hauptbahnhof. Zwar werden die fahrplanmäßigen Anschlüsse in Richtung Willingen in über 90 % aller Fälle eingehalten, jedoch nur von der AST-Linie zur Bahn und nicht umgekehrt. Die fahrplanmäßige Übergangszeit von 37 min kann nicht als Anschluss bezeichnet werden.

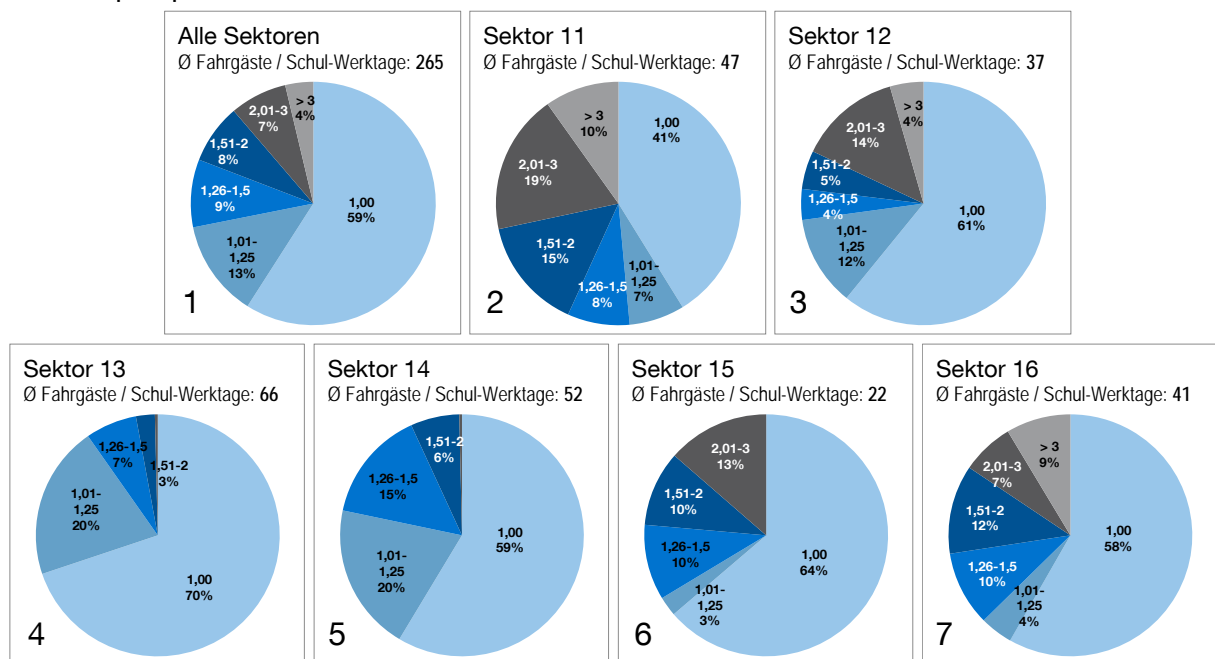
Die gemessenen Übergangszeiten sind ebenfalls nicht um den fahrplanmäßigen Wert normalverteilt. Dies liegt, wie auch im LK Grafschaft Bentheim, einerseits daran, dass man bei der Fahrplanbildung lieber etwas längere Wartezeiten in Kauf nimmt als Anschlussverletzungen. Andererseits führt das frühzeitige Abfahren an der vorhergehenden Haltestelle bei Vollständigkeit der angemeldeten Fahrgäste zu häufigeren Verfrühungen als Verspätungen.

### 5.3 Mehrwege und Mehrzeiten

Mehrwege und Mehrzeiten ergeben sich, weil die Routen der einzelnen Fahrten beim nachfragegesteuerten Betrieb von der zufälligen Verteilung der Verkehrsnachfrage abhängen und damit einen unterschiedlichen räumlichen Verlauf mit unterschiedlicher Fahrdauer aufweisen. Zur Ermittlung von Mehrwegen wird die Differenz zwischen dem kürzesten Weg zur Zielhaltestelle ohne Bedienung von Zwischenhaltestellen und dem tatsächlichen Weg gebildet. Ausgangspunkt ist die Entfernungsmatrix zwischen allen Haltestellen. Mehrzeiten werden im LK Waldeck-Frankenberg dem Betriebsleitsystem entnommen und im LK Grafschaft Bentheim den in geringem Umfang durchgeführten Erhebungen (Aufschreiben von Ankunfts- und Abfahrtszeiten durch das Fahrpersonal).

#### LK Grafschaft Bentheim

In Bild 5.4 ist die prozentuale Verteilung der Mehrwegfaktoren je Fahrgast dargestellt. Dabei werden sowohl alle Sektoren zusammen als auch einzeln ausgewertet. Bezugszeitraum ist die Fahrplanperiode 2009/10.

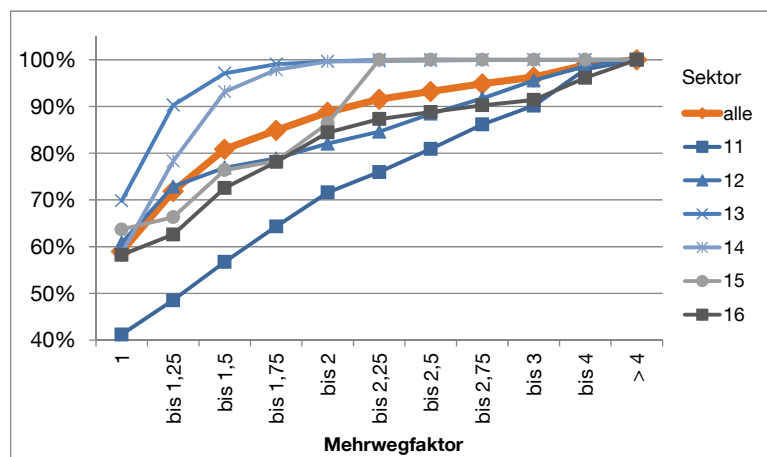


**Bild 5.4** LK Grafschaft Bentheim: Prozentuale Verteilung der fahrgastbezogenen Mehrwegfaktoren je Sektor

Für die Gesamtheit der Sektoren (Auswertung 1) zeigt sich, dass in der überwiegenden Zahl der Fahrten keine Mehrwege auftreten. Dies liegt daran, dass bei den meisten Fahrten nur ein Fahrgast bzw. eine Fahrgastgruppe mit gleicher Start- und Endhaltestelle befördert wird und dann auf dem kürzesten Weg gefahren werden kann oder dass die Fahrtroute wegen der wenigen zu bedienenden Haltestellen so gestreckt ist, dass gegenüber dem kürzesten Weg keine oder nur minimale Mehrwege entstehen.

Bei der Differenzierung nach den einzelnen Sektoren fallen erhebliche Unterschiede im Umfang der Mehrwege auf. Wenn man die Verteilung der Mehrwegfaktoren der Anzahl der Fahrgäste pro Zeiteinheit (hier: Mittelwert aller Schul-Werktage) gegenüberstellt, zeigt sich für die flächigen Sektoren 11, 12, 15 und 16 (Auswertungen 2, 3, 6, 7) eine starke Abhängigkeit: Je höher die durchschnittliche tägliche Fahrgastzahl, desto größer sind die Mehrwegfaktoren. Diese Abhängigkeit resultiert aus der Wirkungskette Anzahl der Fahrgäste → Fahrgäste je Fahrt → Anzahl der zu bedienenden Haltestellen → Länge der tatsächlichen Wege. Bei den Sektoren 13 und 14, die eine stärker linienförmige Anordnung der Haltestellen aufweisen, ist diese Abhängigkeit nicht zu erkennen (Auswertungen 4 und 5). Diese gestreckte Form des Sektors führt trotz einer höheren Zahl an Fahrgästen dazu, dass weniger Mehrwege entstehen. Hinsichtlich der Gestrecktheit und der Bevölkerungskonzentration der Sektoren vgl. Tab. 3.2.

Bild 5.5 zeigt die relative Summenhäufigkeit der Mehrwegfaktoren für die Schul-Werktage. Die Werte sind für alle Sektoren dargestellt (orange Linie) sowie nach den einzelnen Sektoren untergliedert (blaue / graue Linien).



**Bild 5.5** LK Grafschaft Bentheim: Relative Summenhäufigkeit der Mehrwegfaktoren je Sektor

Hieraus ist abzulesen, dass sich für bestimmte Grenzwerte ein bestimmter Anteil an Grenzwertüberschreitungen ergibt. Toleriert man z.B. für die Gesamtheit der Linien einen Mehrwegfaktor bis 1,5, so wird dieser in ca. 80 % aller Fahrten eingehalten. Eine fachliche Vorgabe von Grenzwerten ist nicht möglich, weil die Grenzwerte das finanzielle Ergebnis des Betriebs bestimmen. Sie müssen daher vom Aufgabenträger / Zweckverband in Abwägung zwischen Beförderungsqualität für den Fahrgast und finanziellem Handlungsspielraum vorgegeben werden.

Die Dispositionsstrategie im LK Grafschaft Bentheim weist einige Besonderheiten auf, die zu hohen Mehrwegfaktoren führen:

- Wenn ein Sektor sehr breit ist und die Haltestellen in der Sektorfläche weit verstreut liegen, wird der Sektor bei der Fahrzeug- und Routendisposition in mehrere Teilsektoren

zerlegt, die den Charakter von Richtungsbändern haben. Jedes dieser Richtungsbänder wird mit einem separaten Fahrzeug bedient und diesem Fahrzeug werden, solange seine Kapazität ausreicht, alle Fahrten dieses Teilsektors ohne Berücksichtigung eines maximalen Mehrwegfaktors zugeordnet. Der maximal mögliche Mehrwegfaktor ist dann gleichbedeutend mit der Route durch alle möglichen Haltestellen (Maximalroute). Dieses Vorgehen hat folgenden Nachteil: Trotz einer geringen Nachfrage, die sich aber auf mehrere Teilsektoren aufteilt, müssen mehrere Fahrzeuge eingesetzt werden, obwohl es möglich wäre, die nachgefragten Haltestellen von zwei benachbarten Teilsektoren zusammenzufassen und durch ein einziges Fahrzeug zu bedienen, ohne dass angesichts der geringen Nachfrage der Grenzwert des Mehrwegfaktors überschritten würde.

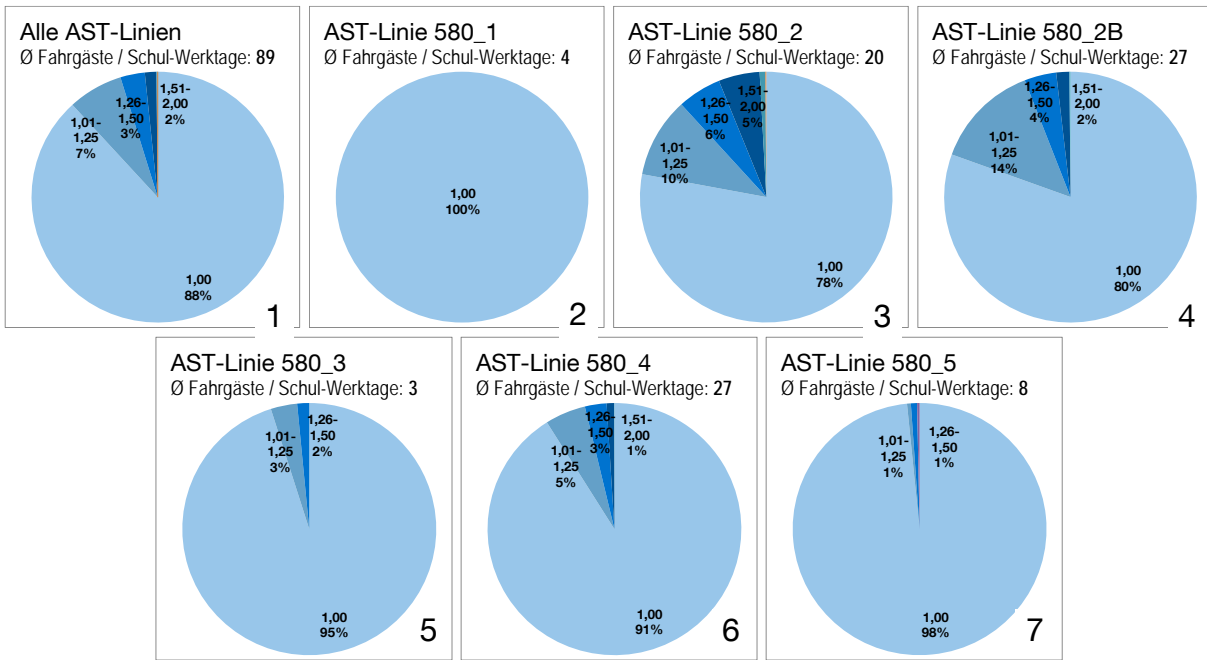
- Mit dem im LK Grafschaft Bentheim angewandten Dispositionsverfahren werden zunächst alle Beförderungswünsche eines Sektors und eines Zeitpunkts auf ein Fahrzeug disponiert. Erst wenn dessen Kapazität überschritten ist, wird ein zweites Fahrzeug hinzugezogen. Kürzere Mehrwegfaktoren lassen sich erreichen, wenn bei der Notwendigkeit, mehrere Fahrzeuge einzusetzen, nicht erst eines ganz gefüllt wird, sondern die Beförderungswünsche so verteilt werden, dass die Mehrwege sowie die Anzahl der Fahrzeuge und ihre Betriebsleistung insgesamt möglichst gering werden. Hier wäre die Erweiterung des Dispositionsverfahrens zu überlegen (vgl. Kap. 6.1). NOCERA [2004] hat für die Minimierung der Anzahl der Fahrzeuge und ihrer Beförderungsleistung ein solches Verfahren als Prototyp entwickelt.

Eine andere Kenngröße des Fahrtablaufs ist die Mehrzeit, die bei der Bedienung mehrerer Haltestellen während einer Fahrt entstehen kann. Ihre Wirkung ist ähnlich zu interpretieren wie der oben abgehandelte Mehrweg. Für den LK Grafschaft Bentheim ist die Analyse der Mehrzeit problematisch, weil nur eine manuelle Erhebung der Fahrzeiten von der Starthaltestelle bis zur Endhaltestelle einzelner Fahrten vorhanden ist und eine Erhebung der Abfahrtszeiten an den Zwischenhaltestellen fehlt.

Anhand obiger Auswertungen lassen sich für den Planer die räumliche und zeitliche Verteilung der Wegelängen und Mehrwegfaktoren erkennen. Im Kontext mit den Ergebnissen aus der Verteilung der Fahrgastzahlen kann er durch Veränderungen von Netzform, Betriebsform, Fahrtenfolgezeiten und Fahrzeuggrößen reagieren.

### **LK Waldeck-Frankenberg**

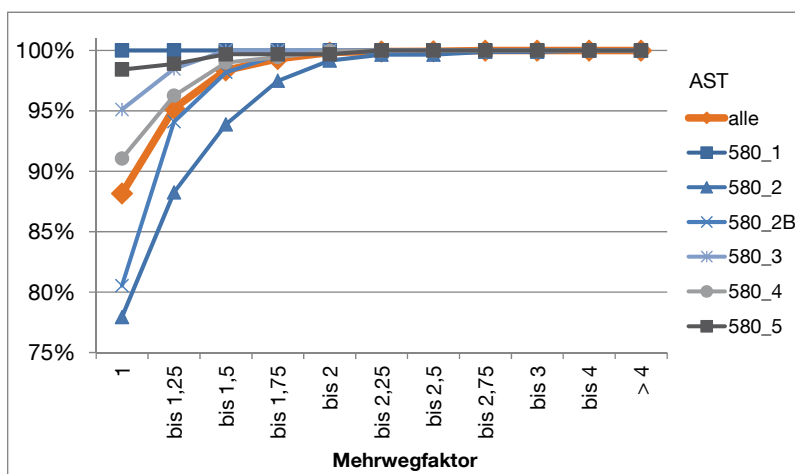
Bild 5.6 zeigt die prozentuale Verteilung der Mehrwegfaktoren je Fahrgast für das Linienbündel 580 im LK Waldeck-Frankenberg. Bezugszeitraum ist das Kalenderjahr 2010.



**Bild 5.6** LK Waldeck-Frankenberg: Prozentuale Verteilung der fahrgastbezogenen Mehrwegfaktoren je AST-Linie

Da der Mehrwegfaktor von der Anzahl der von einem Fahrzeug zu befördernden Fahrtwünsche und Verlauf der AST-Linie abhängt, treten nur geringe Mehrwegfaktoren auf, denn im LK Waldeck-Frankenberg werden bei den Fahrten meist nur einzelne Fahrgäste oder Fahrgastgruppen befördert und die AST-Linien haben aufgrund der Topografie des Landkreises vorwiegend einen gestreckten Verlauf (vgl. v.a. die Auswertungen 2, 5, 6 und 7). Dies unterscheidet das System stark von demjenigen im LK Graftschaft Bentheim. Eine Abhängigkeit zwischen dem durchschnittlichen Fahrgastaufkommen und der Höhe des Mehrwegfaktors ist daher kaum erkennbar.

Bild 5.7 zeigt die relative Summenhäufigkeit der Mehrwegfaktoren für alle AST-Linien und nach AST-Linien untergliedert, ebenfalls für die Schul-Werktage und das Kalenderjahr 2010.

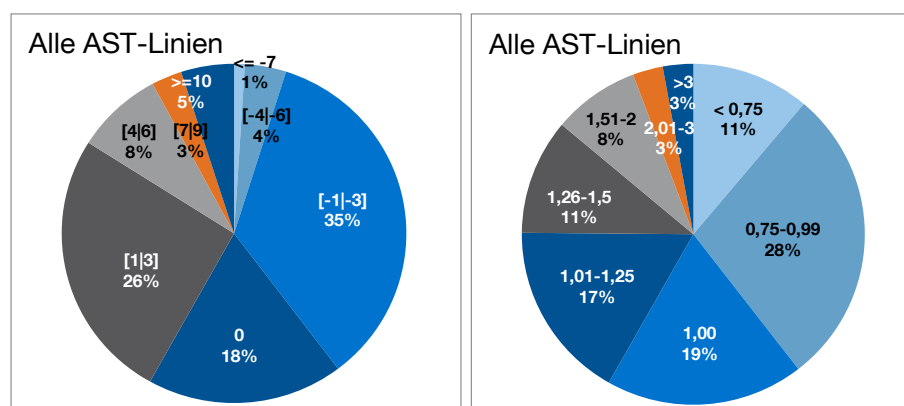


**Bild 5.7** LK Waldeck-Frankenberg: Relative Summenhäufigkeit der Mehrwegfaktoren je AST-Linie



Die Kurven der relativen Summenhäufigkeit verlaufen noch steiler als im LK Grafschaft Bentheim. Erst wenn es gelingt, im nachfragegesteuerten Betrieb mehr Fahrtwünsche zu bündeln, werden die Kurven flacher verlaufen. Der Verlauf der Kurven ist damit ein Indiz für die Sinnhaftigkeit des nachfragegesteuerten Betriebs, welcher in Form von Richtungsbandbetrieb im Gegensatz zum Bedarfslinienbetrieb allerdings Mehrwege verursachen kann, um sonst notwendige Zusatzfahrten zu vermeiden.

Im Gegensatz zum LK Grafschaft Bentheim liegen im LK Waldeck-Frankenberg aufgrund des hier vorhandenen Betriebsleitsystems Daten zur Ermittlung der Mehrzeiten vor. Bild 5.8 zeigt für das Kalenderjahr 2010 die prozentuale Verteilung der Mehrzeiten, zusammengefasst nach Klassen von 3 Minuten, und der Mehrzeitfaktoren, ebenfalls klassifiziert.



**Bild 5.8** LK Waldeck-Frankenberg: Prozentuale Verteilung der Mehrzeiten (links) und der Mehrzeitfaktoren (rechts) für alle Fahrtwünsche

In etwa 45 % aller betrachteten Fahrgastfahrten gibt es Mehrzeiten bzw. daraus ermittelten Mehrzeitfaktoren über 1. Negative Werte sind nicht das Ergebnis des nachfragegesteuerten Betriebs, sondern wie im herkömmlichen Linienbetrieb das Ergebnis der Unterschreitung der vorgegebenen Fahrzeiten zwischen den Haltestellen. Diese Unterschreitungen spielen hier keine Rolle. Vergleicht man die Mehrzeiten und die Mehrzeitfaktoren mit den Mehrwegen und Mehrwegfaktoren, fällt auf, dass die zeitbezogenen Größen deutlich stärker streuen als die wegbezogenen Größen.

Mehrwege und Mehrzeiten schlagen sich auch in der Beförderungsgeschwindigkeit nieder. Diese verknüpfte Größe wird auch in den Richtlinien für integrierte Netzgestaltung (RIN) als Qualitätskriterium verwendet, die von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) 2008 neu herausgegeben wurde.

## 5.4 Beförderungsgeschwindigkeiten

Physikalisch ist die Geschwindigkeit das Verhältnis von Weg zu Zeit. Im Zusammenhang mit den hier durchgeführten Untersuchungen muss unterschieden werden zwischen der auf das Fahrzeug bezogenen Fahrgeschwindigkeit (= vom Fahrzeug zurückgelegter Weg / hierfür

aufgewendete Zeit) und der auf den Fahrgast bezogenen Beförderungsgeschwindigkeit (= kürzestmöglicher Weg zwischen der Einstiegs- und der Ausstiegshaltestelle, der von den eingesetzten Fahrzeugen befahren werden kann / aufgewendete Zeit zwischen der Abfahrt an der Einstiegsstation und der Ankunft an der Ausstiegshaltestelle).

Diese Definition weicht ab von der Definition in der RIN. Dort wird die Luftliniengeschwindigkeit verwendet, die aus dem Quotienten zwischen der Luftlinienentfernung zwischen der Einstiegs- und Ausstiegshaltestelle und der Beförderungszeit für diesen Weg gebildet wird. Um den Einfluss des im nachfragegesteuerten Betrieb häufig vorkommenden Mäandrierens der Fahrt abbilden zu können, wird der Zeitaufwand für die Beförderung zwischen der Einstiegs- und Ausstiegshaltestelle bezogen auf den kürzesten Weg, der von dem ÖPNV-Fahrzeug ohne ein Mäandrieren befahren werden kann. Wenn man wie beim Straßenverkehr üblich die Luftlinienentfernung zugrunde legen würde, ließe sich nicht feststellen, welche Wirkung das für den nachfragegesteuerten Betrieb spezifische Mäandrieren zwischen den Haltestellen hat und welche Wirkungen etwaige Umwege durch topographische Besonderheiten (wie z.B. Bebauung, Gewässer, Relief) verursachen. Nur die erstgenannte Wirkung ist für die Beurteilung der Qualität des nachfragegesteuerten Betriebs wichtig. Auf diese Effekte des nachfragegesteuerten Betriebs geht die RIN nicht ein.

Die Richtlinien enthalten auch Qualitätsstandards für die Beurteilung des ÖPNV, die den Standards für den Straßenverkehr mit ihrer Einteilung in Kategorien von A bis F entsprechen. Sie weisen ausdrücklich darauf hin, dass eine Festlegung, welche Kennwerte einer bestimmten Qualitätsstufe zuzuordnen sind, letztlich auf einer politischen Festlegung des zuständigen Entscheidungsträgers beruht. Die in der RIN genannten Qualitätsstufen werden nur als erster Anhaltspunkt für eine Bewertung bestehender Verkehrsnetze angesehen. Vom zuständigen Entscheidungsträger sei festzulegen, welche Stufe der Angebotsqualität als akzeptabel und als Zielgröße für Netzkonzepte gelten soll [vgl. RIN 2008, Anhang A 2].

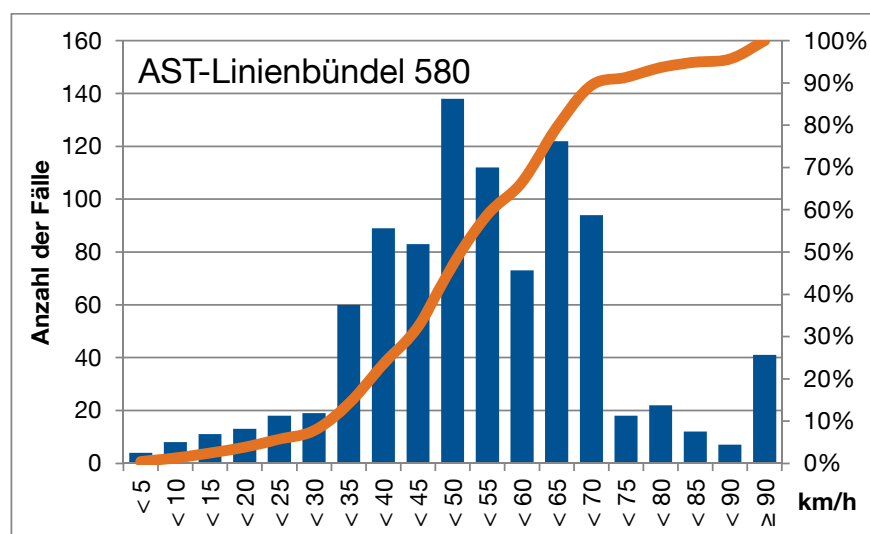
Die Reisegeschwindigkeit bezieht sich noch den Weg von der Quelle einer Reise zum Ziel der Reise mit ein, im ÖPNV also Zugangsweg und Zugangszeit bzw. Abgangsweg und Abgangszeit zu und von den Haltestellen. Dies ist eine planerische Qualität (Zugänglichkeit der Haltestellen), die nicht durch den Betrieb beeinflusst wird und deswegen im Rahmen der hier vorliegenden Untersuchungen keine Rolle spielt [vgl. Tab. 2.1].

Die kürzesten von den eingesetzten Fahrzeugen befahrbaren Wege zwischen den Haltestellen wurden GIS-Straßennetzen entnommen und in einer Matrix zwischen allen Haltestellen niedergelegt. Sie sind für den LK Waldeck-Frankenberg beim Aufbau des jeweiligen Systems mit Hilfe der Daten aus dem Anmeldeserver der Fa. ESM ermittelt worden. Die kürzesten Entfernungen im LK Grafschaft Bentheim entstammen eigenen Auswertungen aus geeignetem Kartenmaterial. Der tatsächlich zurückgelegte Weg zwischen der Einstiegs- und Ausstiegshaltestelle ergibt sich aus dem Routenverlauf und den kürzesten Wegen zwischen den bei diesen Routen angefahrenen Haltestellen.

Die Beförderungsdauer zwischen der Einstiegshaltestelle und der Ausstiegshaltestelle addiert sich aus den Fahrzeiten (einschl. Haltestellenaufenthaltszeiten) zwischen den im Verlauf der Route angefahrenen Haltestellen. Im LK Waldeck-Frankenberg stehen die Fahrzeiten im Server des Betriebsleitsystems in Form einer Matrix der kürzesten Fahrzeiten zwischen den Haltestellen unmittelbar zur Verfügung. Im LK Grafschaft Bentheim fehlt ein solches Betriebsleitsystem, so dass diese Größe nicht unmittelbar vorhanden ist. Ersatzweise werden die Zeiten aus den Wegen zwischen den Haltestellen und einer angenommenen Fahrgeschwindigkeit der Fahrzeuge ermittelt. Die benötigte Matrix der realisierten kürzesten Fahrzeiten zwischen den Haltestellen ergibt sich damit aus der Multiplikation der Matrix der kürzesten Wege mit einem Mittelwert der Fahrgeschwindigkeit. Die im LK Grafschaft Bentheim zugrundegelegte Fahrgeschwindigkeit orientiert sich an den errechneten Fahrgeschwindigkeiten im LK Waldeck-Frankenberg (unter Berücksichtigung der dortigen Siedlungsstruktur). In der Matrix der realisierbaren kürzesten Fahrzeiten zwischen den Haltestellen werden die mit Hilfe der mittleren Fahrgeschwindigkeit aus den kürzesten Wegen hochgerechneten Werte durch Messwerte ersetzt, sobald – wie vorgesehen – das geplante Betriebsleitsystem installiert ist.

Bei dieser Vorgehensweise wird unterstellt, dass die Streuungen der Beförderungsgeschwindigkeit stärker vom Routenverlauf (Mehrwege) beeinflusst werden als von den Streuungen in der Fahrgeschwindigkeit. Um die dennoch vorhandenen Unsicherheiten abzumildern, werden die Berechnungen der Beförderungsgeschwindigkeit für den LK Grafschaft Bentheim mit unterschiedlichen Annahmen über die Fahrgeschwindigkeit durchgeführt.

Die Fahrgeschwindigkeit im LK Waldeck-Frankenberg wird sowohl aus den Routendaten des Dispositionsservers als auch aus den zeitbezogenen Daten des Servers des Betriebsleitsystems ermittelt. Dabei ergeben sich die in Bild 5.9 dargestellten relativen Summenhäufigkeiten. Bezugszeitraum ist das Kalenderjahr 2010.



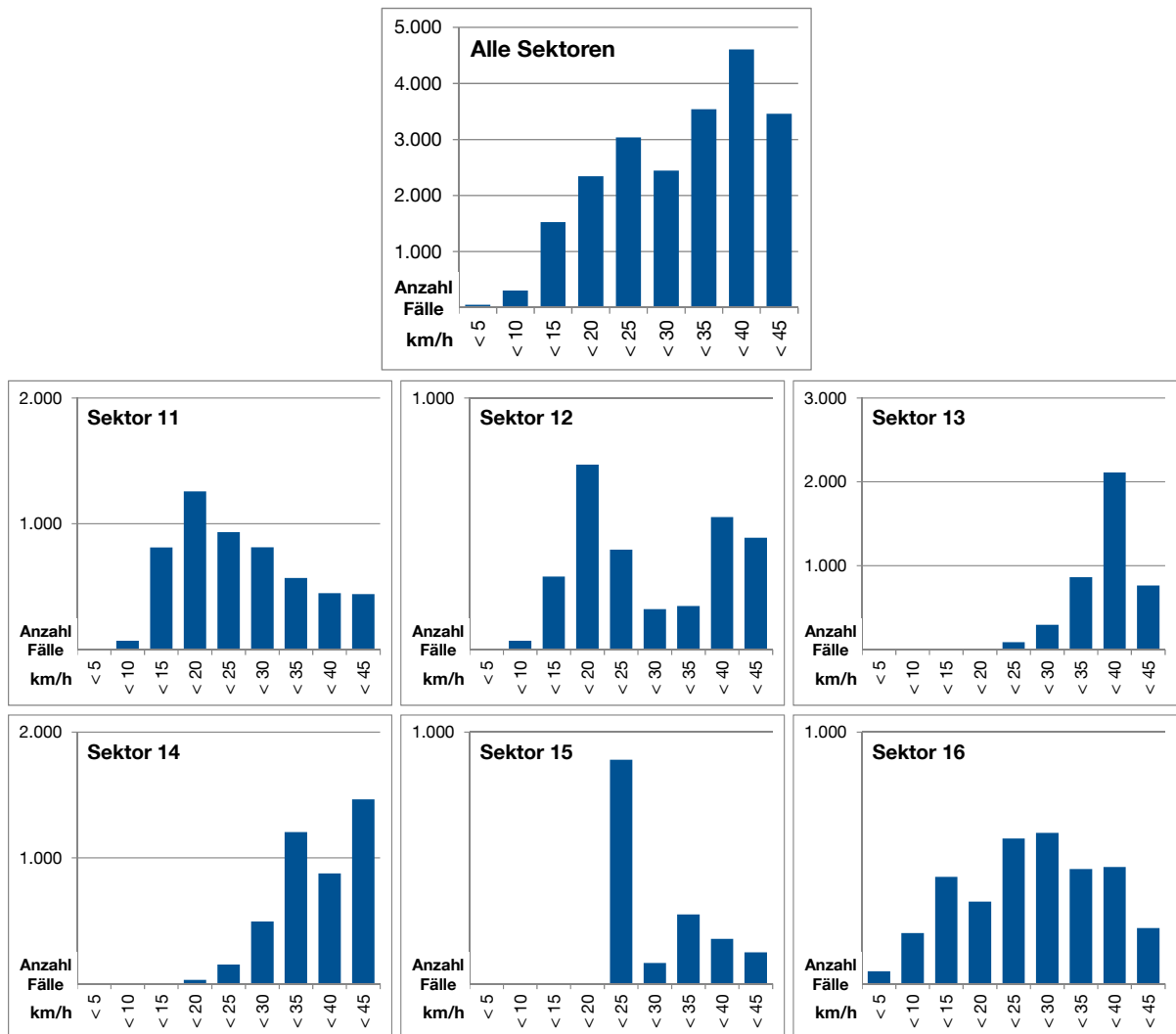
**Bild 5.9** LK Waldeck-Frankenberg: Häufigkeitsverteilung der Fahrgeschwindigkeiten

Die mittlere Fahrgeschwindigkeit beträgt 48,6 km/h. Die Schwankungsbreite der Messwerte liegt zwischen 0 und 119 km/h, wobei häufige Werte in einem Intervall zwischen 35 und 70 km/h auftreten. Die Extremwerte außerhalb dieses Intervalls lassen sich durch besondere verkehrliche Gegebenheiten (Störungen, Geschwindigkeitsbegrenzungen) sowie durch besondere topographische und siedlungsstrukturelle Voraussetzungen (Siedlungsdichte, Geländegängigkeit) begründen. Sie wurden bei der Mittelwertbildung nicht berücksichtigt.

### **LK Grafschaft Bentheim**

Für die Ermittlung der Beförderungsgeschwindigkeit im LK Grafschaft Bentheim wird unter Bezug auf die Messwerte im LK Waldeck-Frankenberg (vgl. Bild 5.9) eine mittlere Fahrgeschwindigkeit von 45 km/h angenommen. Damit liegt der Wert um rd. 3,6 km/h unterhalb des Messwertes aus dem LK Waldeck-Frankenberg. Bei dieser Absenkung der mittleren Fahrgeschwindigkeiten wird berücksichtigt, dass im LK Grafschaft Bentheim der Ausbauzustand der Straßen im Mittel schlechter und das Netz feingliedriger ist als im LK Waldeck-Frankenberg. Die dort vorhandene bewegtere Topographie spielt keine wesentliche Rolle, da die Hauptstraßen entlang der Täler verlaufen und damit eine gestreckte Form aufweisen.

Bild 5.10 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Beförderungsgeschwindigkeiten auf der Grundlage einer mittleren Fahrgeschwindigkeit von 45 km/h. Das Bild enthält sowohl die Beförderungsgeschwindigkeiten als Summe über alle Sektoren als auch unterteilt für die einzelnen Sektoren. Bezugszeitraum ist die Fahrplanperiode 2009/10.



**Bild 5.10** LK Grafschaft Bentheim: Verteilung der Beförderungsgeschwindigkeiten

Bei der Verteilung der Beförderungsgeschwindigkeiten ist zu beachten, dass es in allen Sektoren Fahrten auf dem kürzesten Weg zwischen Einstiegs- und Ausstiegshaltestelle gibt, z.B. wenn nur ein Fahrgast befördert wird. Diese Beförderungsvorgänge haben definitionsgemäß eine Beförderungsgeschwindigkeit, die der Fahrgeschwindigkeit entspricht, welche hier mit 45 km/h angenommen ist (s. oben). In den einzelnen Sektoren weisen diese Fahrten auf dem kürzesten Weg die in Tab. 5.3 dargestellten Anteile auf. Dadurch konzentrieren sich die Einzelwerte der Beförderungsgeschwindigkeiten mehr oder weniger stark auf den Wert 45 km/h. Diese Konzentration ist stärker, wenn die Orte des Sektors eine gestrecktere Anordnung haben und schwächer, wenn die Anordnung der Orte flächiger ist. Die Tabelle enthält auch die mittlere Beförderungsgeschwindigkeit, die ebenfalls von der Struktur des Sektors beeinflusst wird.

Sektor	Anteil der Fahrten auf kürzestem Weg	Mittlere Beförderungsgeschwindigkeit
11	44,5 %	32,1 km/h
12	66,1 %	38,0 km/h
13	71,3 %	41,8 km/h
14	63,9 %	40,8 km/h
15	65,9 %	38,3 km/h
16	61,6 %	36,4 km/h
<b>alle</b>	<b>62,6 %</b>	<b>38,3 km/h</b>

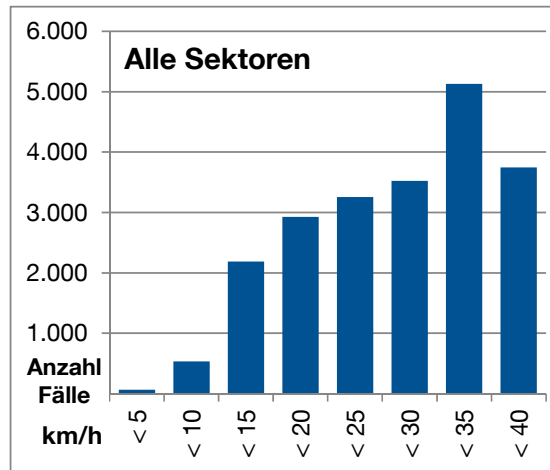
**Tab. 5.3** LK Grafschaft Bentheim: Kennwerte der Beförderungsgeschwindigkeit

Es zeigt sich, dass die geringsten Beförderungsgeschwindigkeiten in den Sektoren 11 und 16 auftreten, die eine stärker flächige Verteilung der Orte haben. Die höchsten Beförderungsgeschwindigkeiten haben dagegen die Sektoren 13 und 14 mit einer gestreckten Verteilung der Orte (vgl. Tab. 3.2). Der Anteil an Fällen unter 10 km/h macht lediglich 0,6 % aller Fälle aus. Diese niedrige Beförderungsgeschwindigkeit ist für den Fahrgast nicht mehr zumutbar. Im Mittel aller Sektoren liegt die Beförderungsgeschwindigkeit bei 85,2 % der angenommenen Fahrgeschwindigkeit, d.h. das System kann als ausreichend schnell beurteilt werden.

In Bild 5.10 ist auch die Streuung der Beförderungsgeschwindigkeiten erkennbar: Die erstgenannten Sektoren zeigen wegen ihrer flächigen Struktur eine hohe Streuung. Bei den zweitgenannten Sektoren ist die Streuung geringer, weil vorwiegend dieselbe linienähnliche Route gefahren wird. Damit besitzt die Beförderungsgeschwindigkeit in der Nähe der Fahrgeschwindigkeit auch die größte Häufigkeit. Dieser Effekt ist am größten im Sektor 15, bei dem sich die Beförderungsfälle überwiegend auf eine Route beschränken.

Der hohe Anteil an Fahrten auf kürzestem Weg deutet, wie schon bei der Interpretation der Mehrwegfaktoren, darauf hin, dass vorwiegend Einzelbeförderungen ähnlich dem Individualtaxibetrieb erfolgen. Dies geschieht aufgrund der geringen Verkehrsnachfrage bzw. der geringen Auslastung des Angebots. Bei einer höheren Verkehrsnachfrage würden sich verstärkt Sammeleffekte ergeben, so dass Routen über Haltestellen, die nicht auf dem kürzesten Weg liegen, gefahren werden müssen und die Beförderungsgeschwindigkeit damit sinkt.

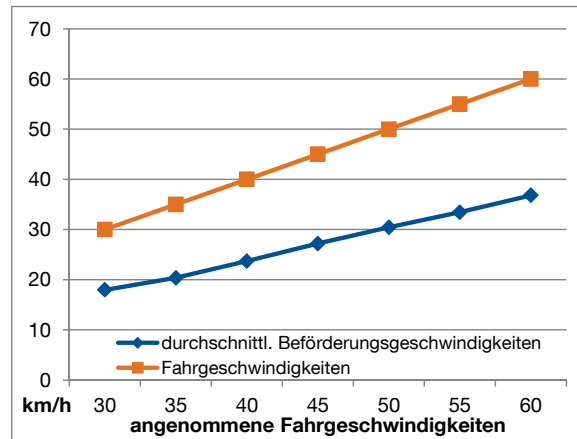
Um den Unsicherheiten einer aus einem anderen Landkreis übertragenen Fahrgeschwindigkeit Rechnung zu tragen, wird die Berechnung in einem zweiten Durchlauf mit einer Fahrgeschwindigkeit von 40 km/h nochmals durchgeführt. Dabei ergibt sich für die Summe aller Sektoren die in Bild 5.11 dargestellte Häufigkeitsverteilung.



**Bild 5.11** LK Grafschaft Bentheim: Verteilung der Beförderungsgeschwindigkeiten für 40 km/h Fahrgeschwindigkeit

Der Mittelwert der Beförderungsgeschwindigkeiten über alle Sektoren liegt bei 33,9 km/h im Gegensatz zu 38,3 km/h, die sich bei der ursprünglich angenommenen Fahrgeschwindigkeit von 45 km/h ergeben. D.h. die Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit um 5 km/h bewirkt eine Reduzierung der Beförderungsgeschwindigkeit von 4,4 km/h. Wegen des hohen Anteils der Beförderungsfälle auf kürzestem Weg ist diese Abhängigkeit zwischen Beförderungsgeschwindigkeit und Fahrgeschwindigkeit plausibel. Erst bei einem Sammeleffekt von Fahrgästen auf den einzelnen Fahrten wird die Linearität zwischen Beförderungsgeschwindigkeit und Fahrgeschwindigkeit abnehmen.

Um diese These zu überprüfen, werden nachfolgend aus den Häufigkeitsverteilungen diejenigen Werte herausgenommen, die aus einer Einzelbeförderung auf direktem Weg resultieren und bei denen Beförderungsgeschwindigkeit und Fahrgeschwindigkeit definitionsgemäß identisch sind. Diese Herausnahme führt bei einer angenommenen Fahrgeschwindigkeit von 45 km/h zu einer mittleren Beförderungsgeschwindigkeit von 27,2 km/h. Dieser geringere Wert ist plausibel, weil nur umwegige Routen berücksichtigt werden. Bei einer angenommenen Fahrgeschwindigkeit von 40 km/h ergibt sich eine mittlere Beförderungsgeschwindigkeit von 23,7 km/h. D.h. die Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit um 5 km/h bringt nur eine Erhöhung der Beförderungsgeschwindigkeit um 3,5 km/h. Wenn man die Fahrgeschwindigkeiten weiter differenziert, zeigt die Entwicklung der Beförderungsgeschwindigkeiten zwar einen linearen Verlauf, steigt aber schwächer an als die Entwicklung der Fahrgeschwindigkeit (vgl. Bild 5.12).



**Bild 5.12** LK Grafschaft Bentheim: Zusammenhang zwischen Fahrgeschwindigkeit und Beförderungsgeschwindigkeit

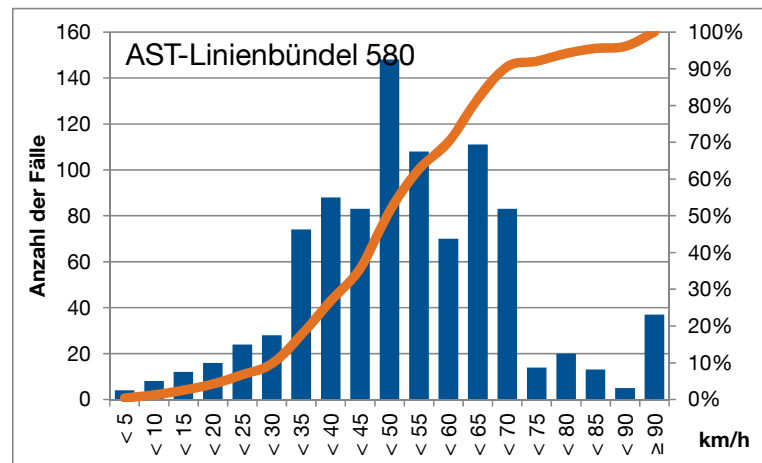
Dieses Bild macht deutlich, dass die Beförderungsgeschwindigkeit weniger von der Fahrgeschwindigkeit als von den Mehrwegen bestimmt wird.

Die Festlegung eines unteren Grenzwerts der Beförderungsgeschwindigkeit ist Ermessenssache. Einen gewissen Anhalt für einen solchen Grenzwert kann der Entscheidungsträger den Qualitätsstufen in der RIN entnehmen. Maßstab ist die Beförderungsgeschwindigkeit auf kürzestem Wege, gegenüber der eine Erhöhung um etwa ein Drittel vom Verfasser als vertretbar angesehen wird. Dieser Wert kann bei sehr flächigen Sektoren mit geringer Verkehrsnachfrage höher liegen als bei stärker linienförmigen Sektoren, in denen der Fahrgast eine schnellere Beförderung erwartet. Ggf. helfen hier Fahrgastbefragungen nach Abschluss einer Fahrplanperiode weiter.

### LK Waldeck-Frankenberg

Bild 5.13 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Beförderungsgeschwindigkeiten für das Linienbündel 580 (Bezugszeitraum 2010) sowie die relative Summenhäufigkeit für die Relation Willingen-Usseln Mitte ↔ Willingen Bahnhof (Bezugszeitraum: aufgrund der geringen Fallzahlen der gesamte Untersuchungszeitraum).





**Bild 5.13** LK Waldeck-Frankenberg: Verteilung der Beförderungsgeschwindigkeiten

Die mittlere Beförderungsgeschwindigkeit beträgt 47,8 km/h. Sie liegt damit fast bei der Fahrgeschwindigkeit von 48,6 km/h (s. Ermittlung als Grundlage für die Berechnungen im LK Grafschaft Bentheim). Bei diesen Berechnungen wurden – wie oben – Extremwerte unter 35 km/h und über 70 km/h nicht berücksichtigt, was sich wegen der annähernden Spiegelbildlichkeit der Extremwerte aber kaum auswirkt. Ursache für den geringen Unterschied zwischen Beförderungsgeschwindigkeit und Fahrgeschwindigkeit ist anders als im LK Grafschaft Bentheim, wo er aus der Vielzahl von Einzelbeförderungen resultiert, die gestreckte und dem Linienbetrieb sehr ähnliche Führung der AST-Linien auf den Hauptverkehrsstraßen.

Vergleicht man die Beförderungsgeschwindigkeiten zwischen dem LK Grafschaft Bentheim und dem LK Waldeck-Frankenberg, so ist auffällig, dass die Werte im LK Grafschaft Bentheim im Mittel deutlich unter den Werten des LK Waldeck-Frankenberg liegen. Gründe für diese Unterschiede sind in dem im LK Waldeck-Frankenberg besser ausgebauten Straßennetz mit im Mittel höheren zulässigen Höchstgeschwindigkeiten (enger Zusammenhang mit der Auftretenshäufigkeit und räumlichen Verteilung der Siedlungsschwerpunkte) und in der Netzgeometrie der vom ÖPNV befahrbaren Straßen zu finden.

## 5.5 Mögliche Maßnahmen

Die Analyseergebnisse dienen primär dazu, Veränderungen am Fahrplan vorzunehmen. Sofern dies nicht den gewünschten Erfolg bringt, muss geprüft werden, wieweit Veränderungen am Zuschnitt der Sektoren (Umgruppierung von Haltestellen in andere Sektoren, Zusammenfassung oder Teilung von Sektoren) erforderlich sind, um die Angebotsqualität zu erhöhen und / oder die Betriebskosten zu senken. Durch die volle Ausnutzung der Grenzwerte für Fahrzeiten und Übergangszeiten kann es möglich werden, Fahrzeuge einzusparen. Bei den Analyseergebnissen handelt es sich um Daten, die im Stadium einer erstmaligen

Planung noch nicht in hinreichender Genauigkeit bekannt sind, sondern nur als grobe Schätzungen und in verlässlicher Form erst im laufenden Betrieb gewonnen werden können.

Im Einzelnen sind folgende Maßnahmen in Erwägung zu ziehen:

- Wenn die Verfrühungen und Verspätungen an den Einstiegs- und Ausstiegshaltestellen die vom Aufgabenträger gesetzten Grenzwerte für die Fahrplantoleranz in einer nicht mehr akzeptablen Häufigkeit überschreiten, müssen die im Fahrplan genannten frühesten Abfahrtszeiten nach hinten verschoben werden. Wenn umgekehrt die Fahrzeuge in einer nicht mehr akzeptablen Häufigkeit vor der im Fahrplan genannten frühesten Abfahrtszeit an der Haltestelle ankommen, müssen die Abfahrtszeiten nach vorne verschoben werden. Wenn beides der Fall ist, nämlich sowohl verfrühte Ankünfte als über die Fahrplantoleranz hinaus verspätete Abfahrten, müssen entweder bei einer Verschiebung der Fahrplanzeiten nach vorne entstehende höhere Fahrplantoleranzen in Kauf genommen werden – was möglichst zu vermeiden ist – oder es muss die Struktur des Sektors geändert werden. Eine solche Änderung kann darin bestehen, Haltestellen, die am Rand eines Sektors liegen und dadurch die Fahrplanstreuung verursachen, einem anderen Sektor zuzuordnen oder bei ausreichend hoher Verkehrsnachfrage den Sektor in zwei Teilsektoren aufzuteilen.
- Die Einhaltung der Übergangszeiten ist noch wichtiger als die Einhaltung von Fahrplantoleranzen beim Einstieg in das Fahrzeug, denn bei verspäteter Ankunft kann der Anschluss an einen übergeordneten Linienbus verloren gehen. Ein solcher Übergang ist konstituierendes Merkmal des Systems flexibler Betriebsweisen und wird bei Fahrten in übergeordnete Zentren der Regelfall sein. Verfrühte Ankünfte jenseits der definierten Grenzwerte führen zwar nicht zum Verlust von Anschlüssen, sondern nur zu verlängerten Wartezeiten, was aber für den Fahrgast ebenfalls ärgerlich ist. Wenn die Zubringerfahrzeuge mit einer nicht tolerierbaren Häufigkeit zu spät ankommen, müssen sämtliche Abfahrtszeiten im Sektor etwas vorgezogen werden. Bei einer Überschreitung der Grenzwerte der Wartezeit ist eine Verschiebung der Ankunftszeiten auf einen etwas späteren Zeitpunkt erforderlich. Wenn beides auftritt, nämlich sowohl eine Verspätung über die Abfahrtszeit des Linienbusses hinaus als auch eine Verfrühung auf Zeiten jenseits des Wartezeit-Grenzwerts müssen die Abfahrtszeiten an den Haltestellen so verschoben werden, dass Anschlussverletzungen vermieden werden und gleichzeitig höhere Grenzwerte für die Wartezeit in Kauf genommen werden. Alternativ ist die Struktur des Sektors zu verändern, indem periphere Haltestellen einem anderen Sektor zuzuordnen sind.
- Bei nur geringen Mehrwegfaktoren kann das Zusammenlegen oder Aufteilen von Sektoren zumindest in der Normal- / Nebenverkehrszeit überlegt werden, wie es z.B. für eine gemeinsame Bedienung der Sektoren 13 und 14 oder eine getrennte Bedienung des Sektors 16 im LK Grafschaft Bentheim sinnvoll wäre. Bei solchen Entscheidungen sollte auch auf die Kennwerte der Sektorform und der Bevölkerungsentropie zurückgegriffen werden (vgl. Kap. 3).

- Mehrwege werden von den Fahrgästen als weniger negativ wahrgenommen als Mehrzeiten. Die Mehrzeiten reduzieren auch die Beförderungsgeschwindigkeit, so dass beide Phänomene gleichartige Maßnahmen erfordern. Mehrzeiten und geringe Beförderungsgeschwindigkeiten resultieren daraus, dass das Fahrzeug sehr stark mäandrieren muss. Sie kommen v.a. dann vor, wenn eine hohe Verkehrsnachfrage in unterschiedlichen Orten besteht. In diesem Fall ist zu überprüfen, ob es wirtschaftlich vertretbar ist, zusätzliche Fahrzeuge gleichzeitig einzusetzen, um durch die Aufteilung der Route zu schlankeren Routenformen zu kommen. Alternativ kann auch die Abgrenzung eines Sektors mit einer Verlagerung peripherer Haltestellen in einen benachbarten Sektor überlegt werden. Das Problem geringer Beförderungsgeschwindigkeiten tritt wegen der linienförmigen Struktur des AST-Betriebs im LK Waldeck-Frankenberg kaum auf.

Für den Fall, dass bei günstiger Verkehrsinfrastruktur und Siedlungsstruktur eine minimal zulässige Beförderungsgeschwindigkeit noch nicht erreicht ist und sich somit noch ein Spielraum zwischen der minimal möglichen und der realen Beförderungsgeschwindigkeit aufzeigt, hat das System noch Kapazitätsreserven, welche ohne nennenswerte planerische Veränderungen und finanzielle Investitionen ausgeschöpft werden können. Dann reichen, wie es z.B. im LK Grafschaft Bentheim möglich wäre, verstärkte Maßnahmen der Werbung und Information über den nachfragegesteuerten Betrieb aus.

Die beiden Landkreise Grafschaft Bentheim und Waldeck-Frankenberg weisen in ihrer ÖPNV-Struktur erhebliche Unterschiede auf, was sich auch in den Ergebnissen der Analyse des Fahrtablaufs und der möglichen Maßnahmen zur Beseitigung von Mängeln niederschlägt. Im LK Grafschaft Bentheim ist es einfacher, den Fahrplan zu verändern und auch Haltestellen zwischen den Sektoren umzugruppieren. Im LK Waldeck-Frankenberg sind diese Möglichkeiten eingeeengt, weil die Struktur des Linienbetriebs die Zeitfenster und die räumliche Abgrenzung von Bedienungseinheiten vorgibt. Die möglichen Maßnahmen können in beiden Untersuchungsgebieten nach den einzelnen Zeitperioden differenziert werden.

Bei den Veränderungen des räumlichen und zeitlichen Ablaufs des Verkehrs darf nicht nur das Gesamtoptimum betrachtet werden, sondern im besonderen Maße das Optimum für den einzelnen Fahrgast, denn von den räumlichen Problemen (Zuordnung der Haltestellen zu den Sektoren) und den zeitlichen Problemen (Wartezeiten an den Haltestellen, Anschlusssicherheit, Beförderungsgeschwindigkeit) ist der einzelne Fahrgast betroffen.

Hinsichtlich der Beurteilung und Bewertung der Analyseergebnisse des Fahrtablaufs lassen sich ebenso wie bei der Verkehrsnachfrage kurzfristig Planungsmängel beheben, ohne dass die starren Zeitperioden der jeweils gültigen Nahverkehrspläne abgewartet werden müssen. Die Spannweite, in das bestehende ÖPNV-System sinnvoll planerisch einzugreifen und Mängel vorheriger Planungen zu beseitigen, ist, aufgrund der in dieser Arbeit mehrfach erläuterten verschiedenen ÖPNV-Strukturen, im LK Grafschaft Bentheim deutlich weiter gefasst als im LK Waldeck-Frankenberg.



## 6. Analyse der Leistungserstellung

Die Leistungserstellung wird als Teil der Qualitätssicherung verstanden. Ein geringerer Aufwand für die Leistungserstellung spart Geld, das für die Verbesserung der Angebotsqualität zur Verfügung steht. Die Leistungserstellung besteht aus der Durchführung von Fahrten. Dabei ist zu unterscheiden zwischen Fahrten der Fahrgastbeförderung (= Besetztfahrten) und Fahrten ohne Fahrgäste, die aus betrieblichen Gründen erforderlich sind (= Leerfahrten).

Im nachfragegesteuerten Verkehr werden die Fahrten, die der Fahrgastbeförderung dienen, nicht schon bei der Fahrplanbildung festgelegt, sondern erst im laufenden Betrieb. Maßgebend dafür sind die angemeldeten Beförderungswünsche der Fahrgäste. Dies geschieht mit Hilfe der Fahrzeug- und Routendisposition, bei der die Beförderungswünsche Fahrzeugen zugeordnet und für die Fahrzeuge Routen festgelegt werden. Dies soll in der Weise erfolgen, dass die dadurch entstehenden Besetztfahrten mit möglichst wenigen Fahrzeugen und möglichst wenigen Fahrkilometern durchgeführt werden und die Fahrgäste auf möglichst kurzen Wegen befördert werden.

Die Besetztfahrten zum Verteilen und Sammeln der Fahrgäste werden durch Leerfahrten miteinander verknüpft. Sie entstehen, wenn ein Fahrzeug vom Betriebssitz des Taxiunternehmens zur ersten zu bedienenden Haltestelle und nach der letzten bedienten Haltestelle zurück zum Betriebssitz fährt (= Einsetz- und Aussetzfahrten) oder bei der Verknüpfung von Verteilvorgängen mit anschließenden Sammelvorgängen zu Fahrtenketten (= Umsetzfahrten). Im Gegensatz zum herkömmlichen Linienbetrieb, bei dem bei einer optimalen Betriebsplanung Einsetz- und Aussetzfahrten lediglich zum Betriebsbeginn und am Betriebsende oder bei Dienstschichtwechseln auftreten, können Einsetz- und Aussetzfahrten im nachfragegesteuerten Betrieb bei jeder einzelnen Fahrt vorkommen, wenn anschließende Sammelfahrten mangels Verkehrsnachfrage gar nicht zustande kommen oder die Zeit für das Umsetzen eines Fahrzeugs aufgrund der Konstellation der nachgefragten Haltestellen nicht ausreicht.

Die Kosten für die Leistungserstellung entstehen sowohl bei den Besetztfahrten als auch bei den Leerfahrten. Sie werden verursacht durch die Vorhaltung der Fahrzeuge (v.a. Abschreibung bzw. Verzinsung des Kaufpreises, Unterstellung der Fahrzeuge), die Laufleistung der Fahrzeuge (v.a. Treibstoff, Reifen, Wartung), die Kosten für die Fahrer (Gehaltskosten, Gehaltsnebenkosten) sowie die Vorhaltung am Betriebssitz des Taxiunternehmens (v.a. Gebäudekosten, Einrichtung, Dispositionspersonal). Im privaten Taxibetrieb werden diese Kostenelemente zu einem Kilometerpreis zusammengefasst, den der Fahrgast direkt im Taxi bezahlen muss. Dabei werden Kosten für Standzeiten des Taxis in den spezifischen Kilometerpreis mit eingerechnet. Beim Einsatz von Taxis im ÖPNV wird analog vorgegangen, allerdings mit dem Unterschied, dass der Kilometerpreis nicht vom Fahrgast bezahlt wird, sondern vom Aufgabenträger, der das Taxiunternehmen mit der Leistung beauftragt hat. Ggf.

kann der Aufgabenträger mit dem Verkehrsunternehmen auch einen Fixpreis für Vorhaltekosten vertraglich vereinbaren. Der vom Fahrgast zu zahlende Fahrpreis richtet sich nach dem ÖPNV-Tarif und ist i.d.R. geringer als der Preis für die Leistungserstellung. Die Differenz wird vom Aufgabenträger getragen.

Die aufgewendeten Kilometer für Besetzfahrten und für Leerfahrten können getrennt abgerechnet oder zusammengefasst werden. Bei einer Zusammenfassung wird nach Besetzkilometern abgerechnet und die Leerfahrten werden durch einen Zuschlag auf den spezifischen Kilometerpreis berücksichtigt.

Bei der Wahl der Abrechnungsart muss zwischen den Interessen des Aufgabenträgers und des Verkehrsunternehmers unterschieden werden: Der Aufgabenträger ist daran interessiert, dass die Beförderungswünsche der Fahrgäste mit möglichst geringem Fahrtaufwand realisiert werden und zwar sowohl bei den Besetzfahrten als auch bei den Leerfahrten. Wenn der Taxiunternehmer seine Vergütung nach den erbrachten Besetzkilometern erhält, wird er sich bemühen, die für die Besetzfahrten erforderlichen Betriebskilometer mit möglichst wenigen Fahrzeugen und Fahrern durchzuführen und die Leerfahrten zu minimieren. Wenn neben den Besetzfahrten auch die Leerfahrten nach den jeweiligen Betriebskilometern vergütet werden, kann dieses Bemühen verloren gehen. Die Vergütung pro Kilometer ist in diesem Fall etwa halb so hoch wie bei einer Vergütung nur nach Besetzkilometern.

Der Anteil der Leerfahrten an den gesamten Betriebskilometern und damit der Faktor für die Erhöhung des spezifischen Kostensatzes der Betriebskilometer hängt vom Umfang der Verkehrsnachfrage und der Siedlungsstruktur des Sektors ab: Je höher die Verkehrsnachfrage und je dichter besiedelt der Sektor, desto geringer sind der relative, auf die Anzahl der Fahrgäste bezogene Aufwand an Besetzkilometern und der relative Anteil der Leerkilometer an den gesamten Betriebskilometern. Ein Faktor zur Berücksichtigung der Leerkilometer hat damit keine generelle Gültigkeit, sondern muss für jeden Sektor und jede Fahrplanperiode gesondert ermittelt werden. Durch einen Bezug der Besetzt- und Leerkilometer auf die Siedlungsstruktur kann man im Vergleich der Sektoren und der Fahrplanperioden erkennen, wo die Leistungserstellung besonders wirtschaftlich oder besonders unwirtschaftlich ist.

Bei der Ermittlung des Betriebsaufwandes für die Leistungserstellung gibt es zwei Möglichkeiten: Die erbrachten Fahrzeugkilometer können im Zusammenhang mit der Routendisposition automatisch und ohne Zutun des Taxiunternehmers ermittelt werden, oder der Taxiunternehmer erfasst die Fahrleistung und stellt sie dem Aufgabenträger in Rechnung. Die erste Möglichkeit schließt den Taxiunternehmer bei der Leistungsermittlung aus. Im zweiten Fall wird dem Taxiunternehmer das Vertrauen entgegengebracht, dass er die Fahrleistung richtig erfasst. In diesem Fall sollte die Ermittlung der erbrachten Fahrleistung, wie sie im Zusammenhang mit der Routendisposition und in der Analyse in Kap. 6.1 erfolgt, zusätzlich dazu dienen, die Angaben des Taxiunternehmers stichprobenhaft zu überprüfen.

Die Analyse der Leistungserstellung umfasst

- die Effektivität der Disposition der Beförderungswünsche durch einen Vergleich einer nachvollziehenden Disposition mit der von der Leitzentrale durchgeführten Disposition,
- das Einsparungspotential von Leerfahrten durch die Bildung von Fahrtenketten,
- die Gegenüberstellung von Betriebsaufwand und Beförderungsaufwand.

Im vorliegenden Fall beschränkt sich die Auswertung auf die letzte vollständig mit Daten belegte Fahrplanperiode 2009/10. Die für die Analyse der Leistungserstellung erforderliche Datengrundlage wird den Servern der Fahrtwunschanmeldung und der Fahrzeug- und Routendisposition entnommen.

Tab. 6.1 zeigt eine Übersicht über die Auswertungen. Sie sind wiederum den in Kap. 2.4 definierten Kenngrößen und Beurteilungskriterien zugeordnet.

Kenngröße	Beurteilungskriterien	Auswertungen <sup>1)</sup>
Besetzleistung	Unterschiede zwischen den Netzelementen	Besetzleistung – zu erbringende Besetzleistung – erbrachte Besetzleistung Anzahl der gleichzeitig im Einsatz befindlichen Fahrzeuge – Anzahl der erforderlichen Fahrzeuge – Anzahl der eingesetzten Fahrzeuge Mehrwege für die Fahrgäste
Leerleistung	Unterschiede zwischen den Netzelementen	Anteil von möglichen Fahrtenketten durch Kombination von Verteilen und Sammeln
Gesamtkilometer aus Besetzt- und Leerleistung	Unterschiede zwischen den Netzelementen	Anteil der abgerechneten Gesamtkilometer in Bezug auf die errechneten erforderlichen Gesamtkilometer
Gegenüberstellung von Beförderungs- und Betriebsleistung (Leistungseffizienz)	Unterschiede zwischen den Netzelementen	Verhältnis der Beförderungsleistung (Besetztkilometer) zur Betriebsleistung (Fahrzeugkilometer, Fahrereinsatzzeiten)

<sup>1)</sup> differenziert nach Netzelementen sowie Stundengruppen, Wochentagen, Monaten und Jahren

**Tab. 6.1** Kenngrößen, Beurteilungskriterien und Auswertungen bei der Leistungserstellung

Der Schwerpunkt der Untersuchungen liegt aufgrund der größeren Flexibilität des nachfragegesteuerten Betriebs im LK Grafschaft Bentheim, da dieser dort nicht nur Ergänzung des Linienbetriebs ist, sondern die Leistung in Aufgabenteilung mit dem Linienbetrieb erbringt. Die Ergebnisse aus dem LK Waldeck-Frankenberg werden lediglich als Vergleich zum LK Grafschaft Bentheim herangezogen. Die Auswertungen für den LK Grafschaft Bentheim beziehen sich auf den Sektor 16 (Uelsen und Umland) und im LK Waldeck-Frankenberg auf das AST-Linienbündel 580 (Willingen, Diemelsee, Korbach und Umland).

## 6.1 Einsparung von Besetztleistung

Die zu erbringende Besetztleistung wird auf Grundlage der Daten der Dispositionsdatenbank ermittelt. Dabei wird unterschieden zwischen dem heute in den Landkreisen eingesetzten Dispositionsverfahren ANSAT® [vgl. ECKARDT 2008] und einem im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Dispositionsverfahrens. Auf die Unterschiede zwischen den beiden Verfahren wird an späterer Stelle eingegangen. Die erbrachte Besetztleistung ergibt sich aus der Abrechnung der Taxiunternehmen. Dabei liegen die abgerechneten Daten aber nicht getrennt für Besetzt- und Leerkilometer vor, sondern nur für die gefahrenen Gesamtkilometer. Erläuterungen hierzu erfolgen in Kap. 6.3.

Darüber hinaus kann nachgeprüft werden, ob das in den beiden Landkreisen verwendete Dispositionsverfahren ausreichend effektiv ist (diese Nachprüfung braucht nicht jährlich wiederholt zu werden) und ob die Randbedingungen der Disposition (Kapazität der eingesetzten Fahrzeuge, Grenzwert für den Mehrzeitfaktor der Fahrt, vgl. Kap. 5) in dem Konflikt zwischen Attraktivität des Angebots und Aufwand für die Erbringung der notwendigen Leistung zufriedenstellend gesetzt sind. Um die Effektivität beurteilen zu können, werden die Dispositionsergebnisse, die das in den beiden Landkreisen angewendete Verfahren liefert und die der Datenbank unmittelbar entnommen werden können, Dispositionsergebnissen gegenübergestellt, die sich aus einem Nachvollzug der Disposition mit einem anderen algorithmischen Ansatz ergeben.

An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte eigene Dispositionsverfahren kein Konkurrenzprodukt zu dem in den beiden Landkreisen verwendeten Dispositionsverfahren ANSAT® sein soll, sondern vielmehr ein Instrument zum Benchmarking für die Aufwandsabschätzung durch den Aufgabenträger.

Der Unterschied der beiden Verfahren besteht darin, dass im Verfahren ANSAT® die Reihenfolge der anzufahrenden Haltestellen aus einer Route abgeleitet wird, die auf dem kürzesten Weg über sämtliche Haltestellen verläuft. Bei der hier durchgeführten Nachdisposition werden die Haltestellen nach ihrer kürzesten Entfernung zum Verknüpfungspunkt auf dem vom ÖPNV befahrbaren Straßennetz gereiht. Das Verfahren der Nachdisposition wird als günstiger angesehen, wenn es darum geht, die Mehrwege für die Fahrgäste zu minimieren, denn es wird durch diese Reihung der Haltestellen versucht, die Fahrgäste so schnell wie möglich zur Verknüpfungshaltestelle zu befördern. Die Reihung der Haltestellen im Verfahren ANSAT® bewirkt, dass für die Fahrzeuge ein möglichst kurzer Weg befahren wird, ohne dabei einen Grenzwert für die Mehrwege der Fahrgäste zu berücksichtigen.

Für die Ermittlung der Besetztleistung mithilfe des veränderten Dispositionsverfahrens ist es erforderlich, die Fahrzeug- und Routendisposition für jede Fahrt in Abhängigkeit von den vorliegenden Beförderungswünschen nachzuvollziehen. Die Beurteilung der Randbedingungen kann mit diesem Programm dann anschließend mit Hilfe einer Sensitivitätsanalyse er-



folgen (dies sollte im Gegensatz zur Überprüfung des Dispositionsverfahrens regelmäßig durchgeführt werden).

Für die Nachbildung der Fahrzeug- und Routendisposition muss jeder Beförderungswunsch einer Fahrt zugeordnet werden. Wenn für diese Fahrt schon Fahrzeuge disponiert sind, muss für jedes dieser Fahrzeuge geprüft werden, ob für die Aufnahme des zusätzlichen Beförderungswunsches die Fahrzeugkapazität ausreicht und ob der zulässige Mehrzeitfaktor bei allen auf das Fahrzeug disponierten Beförderungswünschen eingehalten wird. Dazu sollte der Mehrzeitfaktor als Parameter behandelt werden, der in einer Sensitivitätsanalyse dann verändert werden kann. Die Fahrt wird demjenigen Fahrzeug zugeordnet, bei dem der geringste Mehraufwand an Besetzkilometern entsteht. Sofern es kein Fahrzeug gibt, das beide Bedingungen erfüllt, muss ein zusätzliches Fahrzeug eingesetzt werden.

Die Nachbildung der Routendisposition läuft in folgenden Schritten ab:

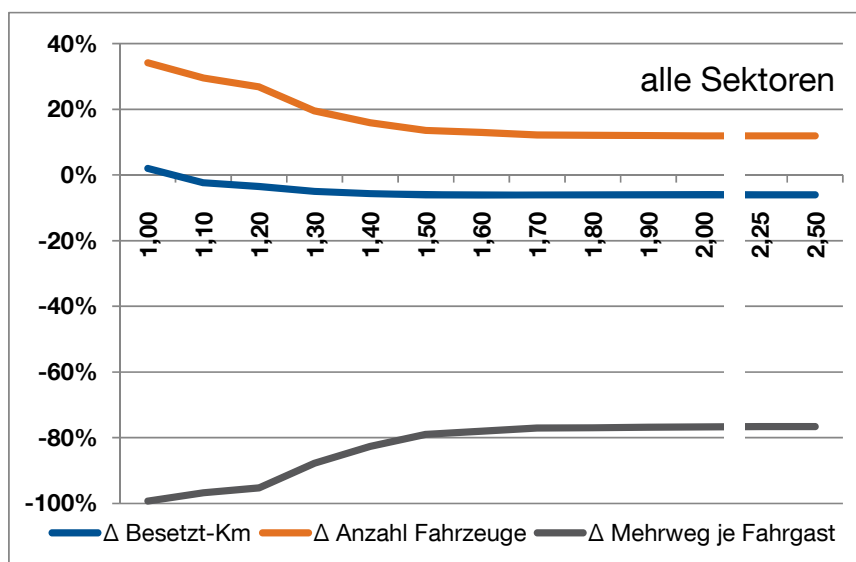
- Vorgabe der Fahrzeugkapazität und der Grenzwerte für den zumutbaren Mehrwegfaktor der Fahrt (bei konstanten Geschwindigkeiten entspricht dies dem Mehrzeitfaktor),
- Bereitstellung einer Matrix der kürzesten Fahrzeiten zwischen allen Haltestellen (infolge des fehlenden Betriebsleitsystems im LK Grafschaft Bentheim müssen die kürzesten Fahrzeiten aus den kürzesten Wegen und einer mittleren Fahrgeschwindigkeit ermittelt werden, vgl. Kap. 5.4; bei der Verwendung eines konstanten Wertes für die mittlere Fahrgeschwindigkeit ist der Mehrzeitfaktor gleich dem Mehrwegfaktor, der hier verwendet wurde),
- Reihung der Haltestellen des Sektors nach ihrer Weglänge zum / vom Verknüpfungspunkt auf kürzestem Weg (statt kürzester Fahrzeit, s. oben),
- Festlegung von Zeiträumen und zeitbezogenen Merkmalen (z.B. Schülerverkehr morgens) für die Auswertung.
- Für jede Fahrt des Auswertungszeitraums:
  - Ermittlung der Weglängen für jeden einzelnen, dem Fahrzeug zugeordneten Beförderungswunsch,
  - Überprüfung für jeden der für die Fahrt angemeldeten Beförderungswünsche, ob eines der für die Fahrt vorgesehenen Fahrzeuge den Beförderungswunsch hinsichtlich seiner Kapazität noch aufnehmen kann und Überprüfung, ob Beförderungswege der diesem Fahrzeug zugeordneten Beförderungswünsche unterhalb des Grenzwertes für den Mehrwegfaktor bleiben (statt Mehrzeitfaktor, s. oben),
  - wenn beide Bedingungen erfüllt werden: Zuordnung des Beförderungswunschs zu demjenigen Fahrzeug, bei dem der geringste zusätzliche Aufwand an Fahrkilometern entsteht,
  - wenn die beiden Bedingungen von keinem der für den Einsatz bereits vorgesehenen Fahrzeugen erfüllt wird: Einsatz eines zusätzlichen Fahrzeugs,

- Ermittlung der Anzahl der benötigten Fahrzeuge je Fahrt,
- Ermittlung des Aufwands an Fahrkilometern für die einzelnen Fahrzeuge,
- Ermittlung des Aufwands an Personenkilometern je Fahrt,
- Ermittlung des Mehrwegfaktors je befördertem Fahrgast,
- Ermittlung des absoluten Mehrwegs je befördertem Fahrgast,
- Klassifizierung der Fahrt nach ihren zeitbezogenen Merkmalen (Zugehörigkeit zu einem bestimmten Zeitintervall).

Korreakterweise müsste nach Beendigung dieser Disposition für alle Fahrten, auf denen mehr als ein Fahrzeug eingesetzt wird, überprüft werden, ob eine andere Zuordnung der Beförderungswünsche zu den beteiligten Fahrzeugen ein bzgl. der erforderlichen Fahrtkilometer besseres Ergebnis bringt oder ob auf ein Fahrzeuge verzichtet werden kann [vgl. NOCERA 2004]. Angesichts des hierfür sehr hohen Rechenaufwandes und der zu erwartenden geringen Einsparungen wegen der geringen Verkehrsnachfrage wird auf diesen Schritt verzichtet.

### LK Grafschaft Bentheim

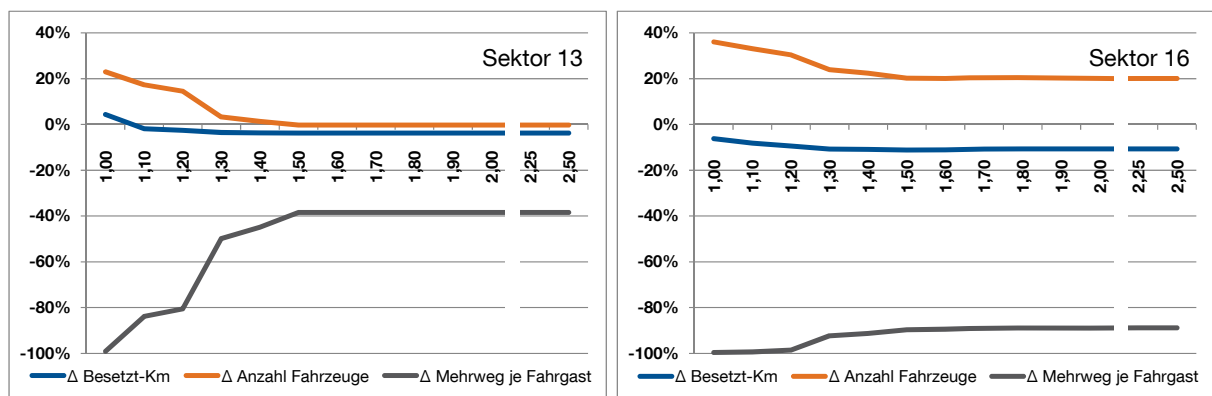
In Bild 6.1 sind die Ergebnisse der beiden Dispositionsverfahren für den LK Grafschaft Bentheim und die Fahrplanperiode 2009/10 einander gegenübergestellt. Aufgetragen ist der prozentuale Vergleich für die Kenngrößen: Anzahl der benötigten Fahrzeuge, Anzahl der gefahrenen Besetztkilometer und absoluter Mehrweg je befördertem Fahrgast. Diese Kenngrößen sind differenziert nach Mehrwegfaktoren zwischen 1,0 und 2,5 bei dem Verfahren der Nachdisposition. Als Parameter für die Sitzplatzzahlen der disponierbaren Fahrzeuge wurden die aktuell in den Sektoren verfügbaren Kapazitäten verwendet.



**Bild 6.1** LK Grafschaft Bentheim: Vergleich der Dispositionsergebnisse des hier entwickelten Dispositionsverfahrens mit dem Verfahren ANSAT®

Das hier entwickelte Dispositionsverfahren führt zwar zu einem höheren Bedarf an Fahrzeugen, verringert aber den Aufwand an Besetzkilometern und in erheblichem Maße auch den Umfang der Mehrwege je befördertem Fahrgast. Dies wird umso deutlicher, je enger der Mehrwegfaktor gesetzt wird. Bei den geringeren Mehrwegfaktoren ist dies unmittelbar einsehbar, weil bei dem Verfahren ANSAT<sup>®</sup> im Gegensatz zum hier entwickelten Verfahren kein Mehrwegfaktor gesetzt wird. Dadurch fehlt die Begrenzung des Mehrwegs für die Zuordnung der Beförderungswünsche zu den Fahrzeugen und die Fahrzeuge können bis zur Kapazitätsgrenze ausgenutzt werden. Ein Mehrwegfaktor ab etwa 1,8 hat auch bei dem hier entwickelten Dispositionsverfahren keine begrenzende Wirkung mehr (die Unterschiede gehen gegen Null), so dass die Wirkung der in den beiden Verfahren unterschiedlich gereihten Haltestellen unmittelbar miteinander verglichen werden kann.

Der Vergleich zwischen den beiden Dispositionsverfahren wird in Bild 6.2 nach unterschiedlichen Sektorformen differenziert, und zwar für einen Sektor, der eher eine gestreckte Form aufweist (hier: Sektor 13), und einen Sektor, der eher kompakt ist (hier: Sektor 16).



**Bild 6.2** LK Graftschaft Bentheim: Vergleich der Dispositionsergebnisse des Verfahrens ANSAT<sup>®</sup> mit dem hier entwickelten Dispositionsverfahren für die Sektoren 13 und 16

Zwischen den beiden Sektorformen bestehen erhebliche Unterschiede in den Dispositionsergebnissen, die sich im Wesentlichen durch die strukturellen Unterschiede der beiden Sektoren erklären lassen. Während sich in gestreckteren Sektoren mit einer gleichmäßigeren Verteilung der Einwohner (z.B. Sektor 13) die Ergebnisse des Betriebsaufwandes (Anzahl der Fahrzeuge, Umfang der Besetzkilometer) ab einem Mehrwegfaktor von 1,4 weitgehend decken, ist bei einem kompakten Sektor mit einer höheren Konzentration der Einwohner (z.B. Sektor 16) beim Verfahren ANSAT<sup>®</sup> die Anzahl der einzusetzenden Fahrzeuge um ca. 20 % geringer und die erforderlichen Besetzkilometer um ca. 10 % höher. Wesentliche Unterschiede ergeben sich bei den Mehrwegen für die Fahrgäste, die beim Verfahren ANSAT<sup>®</sup> in beiden Fällen deutlich höher sind, und zwar um ca. 40 % bei gestreckten Sektoren und ca. 90 % bei kompakten. Hinsichtlich der Gestrecktheit und der Bevölkerungskonzentration der Sektoren vgl. Tab. 3.2.

Durch eine gemeinsame Disposition für die Sektoren 13 und 14, welche räumlich direkt nebeneinander liegen und eher gestreckt sind, würden sich zusätzliche Einsparungen an Fahrzeugen und Kilometern realisieren lassen, ohne dass die Menge an Mehrwegen zunimmt. Im Abschnitt zwischen Neuenhaus und Veldhausen werden aktuell schon mit dem Verfahren ANSAT® die Beförderungswünsche so aufgeteilt, dass eine minimale Anzahl an Fahrzeugen für den Betrieb erforderlich ist.

Das Verfahren ANSAT® hat Vorteile, wenn es um eine Minimierung der Zahl der einzusetzenden Fahrzeuge geht und Nachteile, wenn eine Minimierung des Mehrwegs für die Fahrgäste vorrangig ist. Bei den Besetzkilometern hat das Verfahren ANSAT® geringe Nachteile, da ihre Gesamtzahl im Mittel über alle Sektoren beim hier entwickelten Dispositionsverfahren bei ca. 6 % unter der Gesamtzahl, die sich aus dem Verfahren ANSAT® errechnen lässt, liegt. Es ist darauf hinzuweisen, dass aus Sicht des Unternehmers die Minimierung der Fahrzeuge ein wesentliches Qualitätskriterium für einen effizienten Betrieb ist, da es sich i.d.R. um kleine Unternehmen mit einer geringen Fahrzeuganzahl und um kurze Fahrten handelt, für die auch noch ein zusätzlicher Fahrer bereitstehen müsste. Aus Sicht des Fahrgastes ist dieses Kriterium weniger wichtig, da er so schnell wie möglich an sein Ziel gelangen möchte.

Somit muss ein Ausgleich zwischen Betriebsaufwand und Angebotsqualität geschaffen werden. Je nach Präferenz für die Minimierung des Betriebsaufwandes oder die Maximierung der Angebotsqualität bieten Grenzwerte für Mehrwegfaktoren an. Diese Entscheidung ist vom Aufgabenträger zu treffen.

Der Vergleich wird nur für den LK Grafschaft Bentheim vorgenommen, weil die Disposition der Beförderungswünsche auf die Routen im LK Waldeck-Frankenberg wegen der Topographie (Einwohner und Straßen nur in den Tälern) kaum Freiheitsgrade aufweist, so dass die Dispositionsunterschiede nur minimal sind.

## 6.2 Einsparung von Leerleistung

Der Betriebsaufwand und damit die Betriebskosten hängen davon ab, in welchem Umfang Verteilvorgänge und unmittelbar anschließende Sammelvorgänge durch dasselbe Fahrzeug erbracht werden können, so dass Fahrtenketten entstehen. Andernfalls müssen für den Verteilvorgang und den folgenden Sammelvorgang unterschiedliche Fahrzeuge eingesetzt werden, was i.d.R. höhere Kosten verursacht. Eine Verknüpfung von Fahrten zu Fahrtenketten ist nur möglich, wenn unmittelbar im Anschluss an eine Verteilfahrt auch eine Sammelfahrt stattfindet. Dies ist insbesondere bei geringer Verkehrsnachfrage und bei wechselnden Lastrichtungen über den Tag (z.B. Schülerbeförderung) nicht immer der Fall.

Die Bildung einer Fahrtenkette aus Verteilen und anschließendem Sammeln von Fahrgästen ist nur möglich, wenn die Differenz zwischen der Ankunftszeit an der letzten Haltestelle des

Verteilvorgangs und der Abfahrtszeit an der ersten Haltestelle des Sammelvorgangs für eine Umsetzfahrt zwischen diesen beiden Haltestellen ausreicht. Umgekehrt muss im Interesse eines wirtschaftlichen Fahrer- und Fahrzeugeinsatzes vermieden werden, dass Umsetzfahrten mit einer langen Wartezeit an der ersten Sammelhaltestelle verbunden sind. Der maximale Zeitaufwand zwischen dem Erreichen der letzten Verteilhaltestelle und der Abfahrt an der ersten Sammelhaltestelle muss daher begrenzt werden. In der vorliegenden Untersuchung wird ein Grenzwert von 60 Minuten gewählt. In diesem Grenzwert ist nicht allein die reine Wartezeit zwischen zwei Aufträgen, sondern zusätzlich die für die Umsetzfahrt benötigte Fahrzeit enthalten. Bei einem Grenzwert über 60 Minuten würde die Chance verbaut, dass zwischen Aussetz- und Einsetzfahrt private Fahraufträge durchgeführt werden könnten. Bei einem geringeren Grenzwert würden Möglichkeiten für die Bildung von Fahrtenketten verloren gehen.

Eine geschickte Verzahnung von ÖPNV und Privatfahrten bringt für den Taxiunternehmer wirtschaftliche Vorteile und zusätzlichen Gewinn. Die Kostenvorteile einer Verzahnung von ÖPNV und privatem Taxiverkehr werden hier nicht weiter betrachtet und nicht auf die Leistungserstellung im ÖPNV angerechnet. Ihre Einbeziehung in die Kostenrechnung des ÖPNV würde voraussetzen, dass der Unternehmer seinen privaten Fahrzeugeinsatz offenlegt, was man ihm nicht abfordern sollte.

Wenn die Sammel- und Verteilvorgänge durch dasselbe Fahrzeug erfolgen, kann unter Berücksichtigung der Fahrzeugkapazität und des zulässigen Mehrzeitfaktors mit dem Sammeln auch schon begonnen werden, bevor das Verteilen abgeschlossen ist. Dies ist interessant für die vom Verknüpfungspunkt weit entfernt liegenden Haltestellen und spart ggf. Betriebsaufwand.

Die wirtschaftlichen Vorteile durch die Bildung von Fahrtenketten kann man sowohl durch den möglichen Anteil der Fahrten mit Fahrtenketten an der Gesamtzahl der Fahrten beurteilen als auch durch die Anzahl der Leerkilometer.

### **LK Grafschaft Bentheim**

Für den LK Grafschaft Bentheim gibt es zwei Datenquellen, mit deren Hilfe der Anteil der Fahrtenketten an der Gesamtheit der Fahrten sowie die dafür aufgewendeten Fahrkilometer ermittelt werden konnte:

- Dateien der Disposition über die von den Fahrzeugen zu fahrenden Routen. Sie enthalten neben der Folge der bei einer Fahrt zu bedienenden Haltestellen die fahrplanmäßigen Abfahrtszeiten an diesen Haltestellen.
- Von den Fahrern in einer Stichprobe manuell erfassten Fahrten mit der ersten und letzten Haltestelle der jeweiligen Fahrt und den tatsächlichen Abfahrts- und Ankunftszeiten an diesen beiden Haltestellen.

Im LK Grafschaft Bentheim gibt es bisher kein Betriebsleitsystem. Aus diesem Grund sind die tatsächlichen Abfahrts- und Ankunftszeiten nur für Fahrten bekannt, die in der geringen Stichprobe der von den Fahrern manuell erfassten Daten enthalten sind. Bei der großen Mehrheit der Fahrten kann die Entscheidung, ob eine Umsetzfahrt zeitlich möglich ist und ob die Wartezeit an der ersten Sammelhaltestelle unterhalb des gesetzten Grenzwertes von 60 Minuten liegt, nur aufgrund der planmäßigen und nicht der tatsächlichen Abfahrts- und Ankunftszeiten getroffen werden. Es kommt hinzu, dass für den tatsächlichen Zeitbedarf für die Umsetzfahrt keine Daten bekannt sind und dieser Zeitbedarf nur aus der Entfernung zwischen den beiden Haltestellen und einer angenommenen mittleren Geschwindigkeit gebildet werden kann. Dieses Problem lag auch schon bei der Ermittlung der Beförderungsgeschwindigkeiten in Kap. 5.4 vor; eine Problemlösung ist dort erläutert.

Tab. 6.2 zeigt den Anteil der möglichen Verkettung von Verteilfahrten mit anschließenden Sammelfahrten, unterteilt nach Sektoren und Tagesarten für die Fahrplanperiode 2009/10.

Sektor	11	12	13	14	15	16	gesamt
werktags	17,8 %	34,0 %	25,8 %	20,0 %	13,5 %	9,8 %	21,5 %
Sa+So+F	27,6 %	27,5 %	24,8 %	25,5 %	7,8 %	20,0 %	24,8 %
alle Tage	18,5 %	32,8 %	25,7 %	21,0 %	13,2 %	10,9 %	21,9 %

**Tab. 6.2** LK Grafschaft Bentheim: Anteil maximal möglicher Fahrtenketten (Auswertung der Fahrzeug- und Routendisposition)

Zum Vergleich werden den Daten der Tab. 6.2 die realisierten, mit Hilfe der manuellen Fahrzeiterhebungen erfassten Daten in Tab. 6.3 gegenübergestellt:

Sektor	11	12	13	14	15	16	gesamt
werktags	6,8 %	2,5 %	19,5 %	17,4 %	8,3 %	8,6 %	7,7 %
Sa+So+F	9,1 %	0,0 %	19,4 %	20,7 %	---	---	15,5 %
alle Tage	7,0 %	2,3 %	19,4 %	17,9 %	8,3 %	8,6 %	8,1 %

**Tab. 6.3** LK Grafschaft Bentheim: Anteil tatsächlich realisierter Fahrtenketten (manuelle Erhebung durch die Fahrer)

Die Anteile der tatsächlich durchgeführten Fahrtverkettungen sind teilweise erheblich geringer als die theoretisch möglichen Anteile, die sich aus der Fahrzeug- und Routendisposition ergeben. Der Hauptgrund liegt darin, dass es für das Taxiunternehmen wirtschaftlicher sein kann, anstelle einer Umsetzfahrt im ÖPNV Privatfahrten durchzuführen oder den Fahrer aus anderen Gründen (z.B. Fahrerablösung) zum Betriebssitz zurückzubeordern.

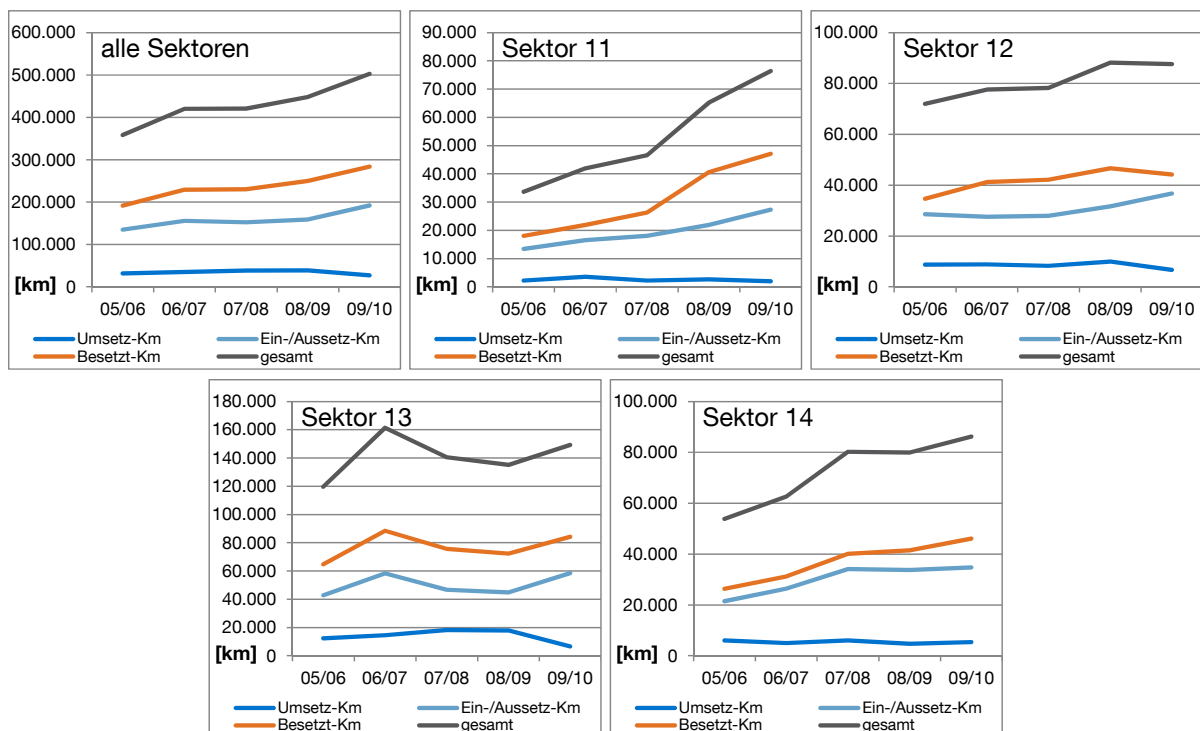
Der maximale Anteil an tatsächlich durchgeführten Sammel- und Verteilfahrten (manuelle Erhebung durch die Taxifahrer), welche mit einem einzigen Fahrzeug abgewickelt wurden, liegt bei den Sektoren 13 und 14, die eine gestrecktere Form und eine stärkere Konzentration der räumlichen Verteilung der Einwohner aufweisen, zwischen 17 und 20 % sowie bei den übrigen Sektoren maximal bei 10 %. Die aus der Disposition der Fahrzeuge und Routen

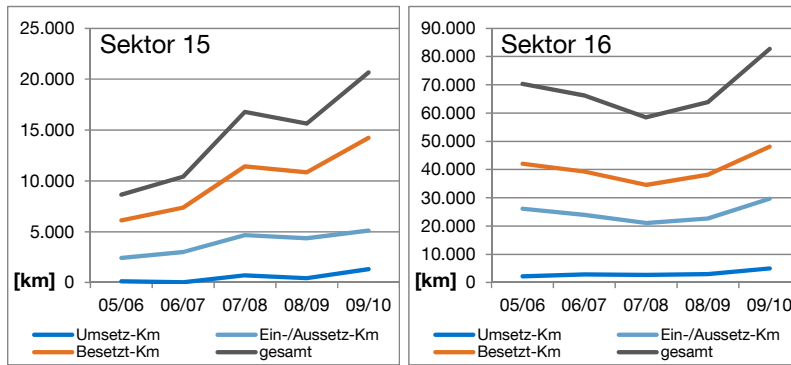
mit Hilfe des Verfahrens ANSAT<sup>®</sup> errechneten Anteile unterscheiden sich zwischen Werktagen und Nicht-Werktagen nicht in diesem Ausmaß.

Bei höherem Verkehrsaufkommen wird der Anteil der möglichen Fahrtenketten ansteigen, weil sich die Unterschiede zwischen Lastrichtung und Gegen-Lastrichtung etwas nivellieren und es etwas seltener vorkommt, dass eine an die Verteilfahrt anschließende Sammelfahrt gar nicht stattfindet. Dann müssten aber evtl. mehrere Fahrzeuge je Fahrt eingesetzt werden, die für den jeweils anderen Weg nicht benötigt werden.

Der Vergleich der beiden Auswertungen zeigt, dass bei einem optimalen Betriebsablauf Einsparungen an Leerkilometern möglich sind. Die Entscheidung, wieweit die Möglichkeiten für Umsetzfahrten genutzt werden, liegt in der Hand des Taxiunternehmers. Er kann immer dann auf Umsetzfahrten verzichtet werden, wenn durch die Einfügung von Privatfahrten ein günstigeres finanzielles Ergebnis möglich ist. Nach den oben erläuterten Regeln muss bei der Abrechnung der geringere Anteil an Leerkilometern zugrunde gelegt werden, der sich ergibt, wenn eine mögliche Bildung von Fahrtenketten auch erfolgt.

Bild 6.3 zeigt die zeitliche Entwicklung der Kilometerleistung über die untersuchten Fahrplanperioden, unterteilt nach Gesamtkilometern, Besetztkilometern, Leerkilometern für Einsetz- und Aussetzfahrten sowie Leerkilometern für Umsetzkilometer. Die Auswertungen wurden nach der Gesamtheit der Sektoren und jedem einzelnen Sektor differenziert. Diese Werte errechnen sich aus den Daten der Disposition und basieren damit auch nur auf den fahrplanmäßigen und nicht auf den tatsächlichen Ankunfts- und Abfahrtszeiten.





**Bild 6.3** LK Grafschaft Bentheim: Entwicklung der Fahrzeugkilometer

Aufgrund der Weiterentwicklung des Angebots über die Jahre und dem damit verbundenen Anstieg der Fahrgastzahlen bzw. der höheren Zahl an Beförderungsvorgängen (vgl. Kap. 4) steigt die Anzahl an aufgewendeten Kilometern für alle Sektoren über die Jahre um ca. 1/3 an. Das Verhältnis zwischen Besetzkilometern und Leerkilometern für Einsetz- und Aussetzfahrten bleibt über die Fahrplanperioden größenordnungsmäßig konstant. Die Anzahl der Umsetzkilometer verringert sich in der Fahrplanperiode 2009/10 geringfügig – dies ist bedingt durch eine für Umsetzfahrten ungünstigere Verteilung der Beförderungswünsche wegen einer seit dieser Fahrplanperiode bestehenden Angebotsveränderung im Sektor 13 durch Ersatz von Taxifahrten an vielen Haltestellen durch Linienfahrten in Lastrichtung in der Hauptverkehrszeit. Das Bild zeigt auch, wie bereits oben diskutiert, die Abhängigkeit der Leerkilometer von der Siedlungsstruktur der Sektoren (Verkehrsnachfrage, räumliche Konzentration der Einwohner).

Die Einsparungen an Leerkilometern, die sich ergeben, wenn anstelle von Einsetz- und Aussetzfahrten überall dort Umsetzfahrten realisiert werden, wo dies zeitlich möglich ist (Zeit für die Umsetzfahrt geringer als die Differenz zwischen der fahrplanmäßigen Ankunftszeit an der letzten Verteilhaltestelle und der fahrplanmäßigen Abfahrtszeit an der ersten Sammelhaltestelle, jedoch nicht größer als 60 Minuten), lassen sich aus den Daten, die dem Bild 6.3 unterlegt sind, ableiten:

Das Ergebnis dieser Berechnungen ist für die Fahrplanperiode 2009/10 in der Tab. 6.4 in derselben Differenzierung wie in Tab. 6.2 und Tab. 6.3 dargestellt.

Sektor	11	12	13	14	15	16	gesamt
werktags	9,4 %	14,2 %	37,7 %	20,2 %	0,8 %	7,5 %	21,0 %
Sa+So+F	7,5 %	9,3 %	21,1 %	19,9 %	1,8 %	4,9 %	15,2 %
alle Tage	9,3 %	13,2 %	35,3 %	20,2 %	0,8 %	7,3 %	20,2 %

**Tab. 6.4** LK Grafschaft Bentheim: Prozentuale Einsparung an Leerkilometern durch die Realisierung aller möglicher Umsetzfahrten gegenüber dem Fall, dass keine Umsetzfahrt realisiert wird (Auswertung der Fahrzeug- und Routendisposition)

Das Einsparungspotenzial unterscheidet sich sowohl zwischen den einzelnen Sektoren als auch zwischen den Tagesarten. Dies ist bedingt durch die Erscheinungsform der Sektoren –



je gestreckter ein Sektor ist, umso höher ist aufgrund der längeren Leerfahrten das jeweilige Einsparungspotenzial – und durch das geringere Verkehrsaufkommen an den Wochenend- und Feiertagen. Der Sektor 15 nimmt, bedingt durch sein sehr geringes Fahrgastaufkommen und die immer gleichen gefahrenen Routen der Taxis, eine Sonderstellung ein. Hinsichtlich der Entwicklung dieser Werte über die Jahre ist zwischen den Fahrplanperioden 2008/09 und 2009/10 ein Sprung zu beobachten: der Anteil an potenziell einzusparenden Ein- und Aussetzkilometern steigt durch eine signifikante Angebotsänderung, die die Sektoren 12 und 13 betrifft (höherer Anteil an Linienfahrten in der Hauptverkehrszeit), um das doppelte von ca. 10,81 % auf ca. 20,15 % in der Fahrplanperiode 2009/10 an.

Lässt man in diese Berechnungen den Anteil der tatsächlich realisierten Umsetzfahrten mit einfließen (vgl. Tab. 6.3), so ergeben sich geringere Einsparungen an Einsetz- und Aussetzkilometern durch Umsetzfahrten. Die Differenz aus den maximal möglichen Einsparungen zu den tatsächlichen Einsparungen ergibt das noch mögliche Einsparungspotenzial an Einsetz- und Aussetzkilometern. Dieses ist in Tab. 6.5 dargestellt.

Sektor	11	12	13	14	15	16	gesamt
werktags	5,8 %	13,2 %	9,2 %	2,6 %	0,3 %	0,9 %	13,5 %
Sa+So+F	5,0 %	9,3 %	4,6 %	3,8 %	1,8 %	4,9 %	5,7 %
alle Tage	5,8 %	12,3 %	8,7 %	3,0 %	0,3 %	1,5 %	12,7 %

**Tab. 6.5** LK Grafschaft Bentheim: Mögliche zusätzliche Einsparung an Leerkilometern gegenüber der realisierten Einsparung aus der manuellen Erhebung

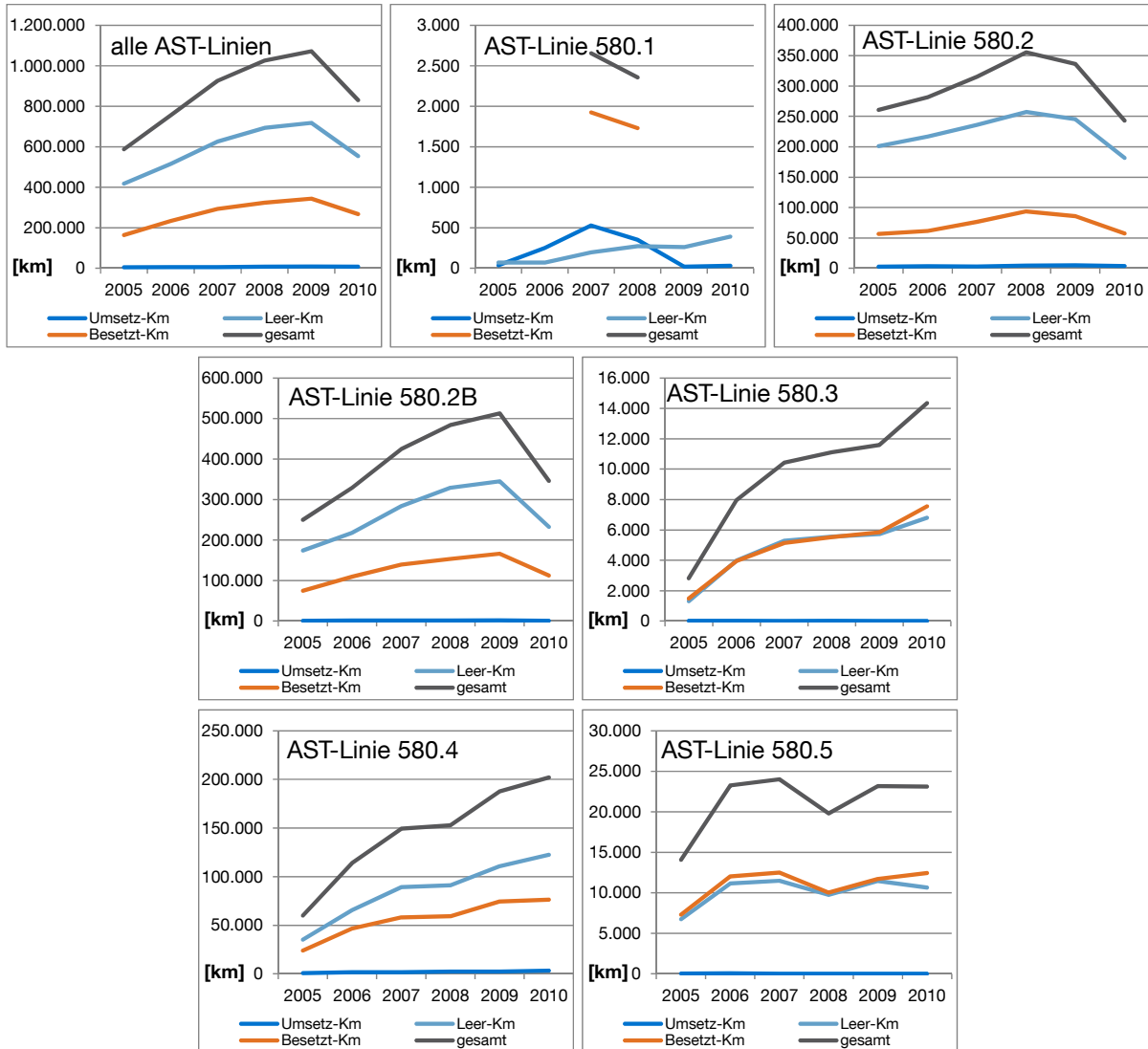
Es zeigt sich, dass durchaus weiteres Einsparungspotenzial an Einsetz- und Aussetzkilometern vorhanden ist, wenn man die Fahrtabläufe noch besser miteinander verknüpft. Aufgrund der sehr geringen Stichprobe der manuellen Erhebung können die oben dargestellten Werte jedoch nur Größenordnungen bzw. Orientierungswerte sein und dürfen nicht als exakte Berechnungen angesehen werden.

Ein Vergleich der laut Disposition erforderlichen Leerkilometer mit den tatsächlich erbrachten Leerkilometern ist nicht möglich, weil die Verkehrsunternehmen bisher nur Gesamtkilometer abrechnen. Ein Vergleich der Gesamtkilometer erfolgt in Kap. 6.3.

### **LK Waldeck-Frankenberg**

Für den LK Waldeck-Frankenberg ist auf eine Ermittlung des Einsparungspotenzials an Leerkilometern verzichtet worden, weil die gefahrenen Routen nahezu ausschließlich linienförmig zwischen zwei Verknüpfungspunkten verlaufen, so dass statt Verteil- und Sammelfahrten eher Hin- und Rückfahrten stattfinden. Es ist lediglich möglich, die Anteile von Besetzkilometern, Leerkilometern für Einsetz- und Aussetzfahrten und Leerkilometern für Umsetzfahrten einander gegenüberzustellen.

Bild 6.4 zeigt die Entwicklung der Kilometerleistung über den Untersuchungszeitraum, unterteilt nach Gesamtkilometern, Besetztkilometern, Leerkilometern für Einsetz- und Aussetzfahrten und Leerkilometern für Umsetzfahrten. Differenziert sind diese Werte nach der Gesamtheit der AST-Linien und jede einzelne AST-Linie für die einzelnen Fahrplanperioden.



**Bild 6.4** LK Waldeck-Frankenberg: Entwicklung der Besetztkilometer, Leerkilometer und Umsetzkilometer

Wie im LK Grafschaft Bentheim lassen sich die Veränderungen der Besetzt-, Leer- und Umsetzkilometer einerseits aus dem über die Jahre veränderten Angebot, andererseits aus dem räumlichen Erscheinungsbild des AST-Bereichs erklären. Hinzu kommt, dass sich auch Veränderungen des Angebots im Linienbetrieb direkt auf die Kilometerleistung im AST-Betrieb auswirken, da dann das AST-Angebot aufgrund der im LK Waldeck-Frankenberg geltenden betrieblichen Restriktionen entsprechend erweitert oder zurückgefahren wird.

Hinsichtlich der Kilometerleistung dominieren die AST-Linien 2 und 2B. Nach einem kontinuierlichen Anstieg über die Jahre 2005 bis 2009 nahm die Kilometerleistung im Jahr 2010

wieder etwas ab, während sich die Kilometerleistung auf den anderen AST-Linien weiter erhöhte. Die AST-Linie 580.1 nimmt eine Sonderstellung ein, da sie wegen der Überlagerung mit zahlreichen fest betriebenen Linien sehr wenige Beförderungsvorgänge aufweist und komplett innerorts verkehrt (Willingen; vgl. Datenlücken in Bild 6.4).

Wegen der Länge der AST-Linien würde es Kosten senken, wenn die Fahrzeuge an beiden Enden der jeweiligen AST-Linie stationiert sind, d.h. wenn sich zwei Taxiunternehmen, deren Betriebshof an den beiden AST-Linienenden liegen, die Bedienung teilen.

### **6.3 Vergleich von erbrachten und errechneten Gesamtkilometern**

Der Vergleich zwischen den lt. Dispositionsergebnissen zu erbringenden Betriebsleistungen (Fahrzeuge, Fahrzeugkilometer) und den tatsächlich erbrachten Betriebsleistungen richtet sich nach der Art der Abrechnung zwischen Aufgabenträgern und Taxiunternehmern. Wenn die Taxiunternehmer getrennt nach Besetzkilometern und Leerkilometern abrechnen, muss sich der Vergleich an diesen beiden Leistungsarten orientieren. Bei einer Abrechnung nach den gesamten Fahrkilometern, wie dies in den untersuchten Landkreisen erfolgt, müssen auch die ermittelten zu erbringenden Besetzkilometer und Leerkilometer zu Fahrkilometern zusammengefasst werden. Eine Abrechnung nur nach Besetzkilometern erfordert einen entsprechenden Zuschlag auf den spezifischen Besetzkilometerpreis mit einem Faktor, der den Aufwand für Leerkilometer abdeckt. Letzteres ist zu empfehlen, damit – wie schon erwähnt – der Taxiunternehmer einen Anreiz hat, die Zahl der Leerkilometer zu minimieren.

Ein expliziter Vergleich zwischen den zu erbringenden und den erbrachten Kilometern ist im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich. Bei diesen Daten handelt es sich um Interna, die lediglich zwischen Aufgabenträger und Taxiunternehmer zu kommunizieren sind und die Fachöffentlichkeit, die in diesem Bericht angesprochen ist, nicht zu interessieren haben. Dennoch erscheint es sinnvoll, die lt. Disposition zu erbringenden Kilometer wie hier geschehen zu ermitteln und sie dem Aufgabenträger zur Überprüfung der Abrechnung an die Hand zu geben. Falls sich größere Diskrepanzen zwischen den zu erbringenden und den abgerechneten Kilometern ergeben, ist es Anlass, nach den Ursachen dieser Unterschiede zu suchen und ggf. das Abrechnungssystem zu korrigieren.

Zu vergleichen sind die von den Taxiunternehmen abgerechneten Gesamtkilometer mit der Summe der ermittelten Besetzkilometern und den Leerkilometern, die sich nach den eigenen Berechnungen des Kap. 6.2 ergeben, wenn alle Möglichkeiten für Umsetzfahrten genutzt werden.

Dieser Vergleich zwischen erbrachten und abgerechneten Kilometern sollte differenziert nach den Sektoren erfolgen. Dabei ist es denkbar, auch die spezifischen Kilometersätze und die Faktoren für die Berücksichtigung der Leerkilometer nach den Sektoren zu differenzie-

ren, schon deshalb, weil die Sektoren i.d.R. von unterschiedlichen Taxiunternehmen bedient werden sowie die Form und die Siedlungsstruktur der Sektoren unterschiedlich sind. In Tab. 6.6 sind die zu erbringenden Gesamtkilometer für die einzelnen Sektoren des LK Grafschaft Bentheim angegeben. Die abgerechneten Gesamtkilometer sind vom Aufgabenträger in diese Tabelle einzutragen (blau beschriftete Zeilen / grau markierte Felder).

Sektor	11	12	13	14	15	16	gesamt
Abgerechnete Gesamtkilometer							
Besetzkilometer (eigene Berechnung)	47.104	44.193	84.192	46.107	14.233	48.078	283.908
Leerkilometer (eigene Berechnung)	27.972	40.552	53.204	36.466	6.464	34.373	199.031
Faktoren für die Leerkilometer	1,59	1,92	1,63	1,79	1,45	1,71	1,70
Differenz zwischen erbrachten und zu erbringenden Gesamtkilometern in %							

**Tab. 6.6** LK Grafschaft Bentheim: Gegenüberstellung der abgerechneten Kilometer mit den zu erbringenden Besetzt- und Leerkilometern für die verschiedenen Sektoren

Für den LK Waldeck-Frankenberg liegen entsprechende Werte nicht vor, weil eine strikte Zuordnung der Taxiunternehmen zu den Linienbündeln nicht besteht.

Der Faktor für die Zurechnung der Leerkilometer zu den Besetzkilometern schwankt für die einzelnen Sektoren um den Mittelwert von 1,7. Er ist besonders hoch für den Sektor 12 und besonders niedrig für den Sektor 15. Diese Unterschiede lassen sich nicht aus der Siedlungsstruktur erklären. Auch eine Erklärung aufgrund von unterschiedlichen Vorgehensweisen der Taxiunternehmen bei der Erzeugung von Leerkilometern ist kaum möglich, denn die Sektoren 11 und 12 sowie 13 und 14 werden von denselben Taxiunternehmen bedient. Für zufällige Schwankungen sind die Differenzen aber zu groß, so dass es ratsam ist, dass Aufgabenträger und Taxiunternehmer gemeinsam nach den Ursachen suchen.

## 6.4 Gegenüberstellung von Beförderungs- und Betriebsleistung

Die Beförderungsleistung ergibt sich, wenn alle Fahrgäste, die in einem bestimmten Zeitraum Beförderungswünsche geäußert haben, auf kürzestem Weg befördert werden. Die Daten liegen vor in den Matrizen der Verkehrsbeziehungen und der kürzesten Entfernungen zwischen den Haltestellen, die nach den verschiedenen Sektoren differenziert sind. Die Betriebsleistung setzt sich aus den Besetzkilometern und den Leerkilometern zusammen. Die Besetzkilometer ergeben sich aus der Fahrzeug- und Routendisposition (vgl. Kap. 6.1) und die Leerkilometer aus den Einsetz- und Aussetzfahrten der Taxis zwischen dem Betriebssitz des Taxiunternehmens und erster Sammel- bzw. letzter Verteilhaltestelle sowie Mehrweg-

fahrten bei der Verkettung der Verteilfahrt mit der unmittelbar anschließenden Sammelfahrt, die in Kap. 6.2 berechnet und in Kap. 6.3 zusammengefasst wurden.

Diese Daten sind in Tab. 6.7 einander gegenübergestellt:

Sektor	11	12	13	14	15	16	gesamt
Beförderungsleistung [km]	70.483	41.991	177.397	89.263	22.077	76.655	477.868
Betriebsleistung [km]	75.077	84.745	137.396	82.573	20.697	82.451	482.939
Verhältnis Beförderungsleistung zu Betriebsleistung	93,9 %	49,6 %	129,1 %	108,8 %	106,7 %	93,0 %	99,0 %

**Tab. 6.7** LK Grafschaft Bentheim: Gegenüberstellung von Beförderungs- und Betriebsleistung für die Fahrplanperiode 2009/10

Je größer das Verhältnis von Beförderungsleistung zu Betriebsleistung ist (hohe Beförderungseffizienz), umso wirtschaftlicher lässt sich der Sektor bedienen. Aus Tab. 6.7 ist abzulesen, dass gestreckte Sektoren (Sektoren 13, 14), zumal wenn sie gleichzeitig eine gleichmäßigere Verteilung der Einwohner besitzen, eine höhere Beförderungseffizienz aufweisen und damit eine wirtschaftlichere Bedienung ermöglichen als kompaktere Sektoren (Sektoren 11, 12, 15, 16). Die extremen Werte für die Sektoren 12 und 13 können auch dadurch zustandekommen, dass sich diese beiden Sektoren in einem ausgedehnten Bereich überlagern und die Beförderungswünsche innerhalb dieses Überlagerungsbereiches nicht eindeutig einem der beiden Sektoren zuzuordnen sind. So ist anzunehmen, dass sich bei einer korrekten Zuordnung der Beförderungswünsche die Verhältnisse für den Sektor 12 auf rd. 90 % erhöhen und für den Sektor 13 auf rd. 110 % verringern. Damit liegt das Verhältnis zwischen Beförderungsleistung und Betriebsleistung für die gestreckten Sektoren zwischen 105 % und 110 % und für die kompakten Sektoren zwischen 90 % und 95 %.

Diese Differenzierung der Verhältnisse zwischen Beförderungsleistung und Betriebsleistung ist nicht nur ein Merkmal des nachfragegesteuerten Betriebs, sondern des ÖPNV-Betriebs insgesamt. Auch hier sind gestreckte Siedlungsstrukturen wirtschaftlicher zu bedienen als kompakte, welche ein stärkeres Mäandrieren der Fahrten erfordern.

Ein höheres Verhältnis zwischen Beförderungs- und Betriebsleistung resultiert entweder aus der Effektivität, mit der ein Verkehrsunternehmen ein Verkehrsgebiet betreibt, oder aus geographischen Besonderheiten (z.B. Topographie, Lage der Haltestellen, Sektorform).

Eine solche Untersuchung für den LK Waldeck-Frankenberg ist wenig aussagefähig, weil die Linienbündel stärker die Form von Richtungsbändern bzw. Linien aufweisen und nicht von flächigen Sektoren. Auf sie wird deshalb hier verzichtet.

## 6.5 Mögliche Maßnahmen

Die Analyse der Leistungserstellung erlaubt es,

- das angewendete Verfahren zur Fahrzeug- und Routendisposition zu überprüfen und die dabei verwendeten Parameter Fahrzeuggröße und zulässiger Mehrweg im Interesse eines Ausgleichs zwischen Angebotsqualität und Betriebsaufwand zu optimieren,
- den Aufwand an Leerkilometern durch eine weitest mögliche Verknüpfung von Einzelfahrten zu Fahrtenketten (Verknüpfung von Verteilfahrten mit anschließenden Sammelfahrten durch Umsetzfahrten) zu minimieren,
- die Abrechnung des Betriebsaufwandes auf Besetzkilometer zu beziehen und die Leerkilometer durch einen Faktor zur Erhöhung der spezifischen Kilometersätze zu berücksichtigen, um auf diese Weise dem Verkehrsunternehmen einen Anreiz zur Minimierung der Leerkilometer zu geben,
- die Korrektheit der Abrechnung durch das Verkehrsunternehmen zu überprüfen.

Das Verfahren zur Fahrzeug- und Routendisposition beeinflusst den Umfang der einzusetzenden Fahrzeuge und der zu erbringenden Besetzkilometer. Dieser Umfang ist zunächst abhängig von der räumlichen und zeitlichen Verteilung der Verkehrsnachfrage, welche für die Disposition eine feste Eingangsgröße ist und lediglich durch Information und Werbung beeinflusst werden kann (vgl. Kap. 4). Der Umfang an einzusetzenden Fahrzeugen und zu erbringenden Besetzkilometern hängt aber auch von der Qualität des Verfahrens der Fahrzeug- und Routendisposition ab, und hier insbesondere von der Kapazität der eingesetzten Fahrzeuge sowie dem Grenzwert des Mehrzeitfaktors bei der Beförderung der Fahrgäste. Um eine Minimierung der Besetzkilometer zu erreichen, müssen die Effektivität des Dispositionsverfahrens überprüft und die Parameter der eingesetzten Fahrzeuggröße und des Grenzwertes des Mehrwegfaktors optimal eingestellt werden. Die Auswirkungen eines veränderten Fahrzeugeinsatzes kann man auch mit dem eigenen Dispositionsverfahren testen. Z.B. haben Taxis mit acht Sitzplätzen in den Sektoren 13 und 14 sehr wahrscheinlich spürbar weniger Fahrzeugkilometer zur Folge. Erläuterungen hierzu sind in Kap. 6.1 zu finden.

Die Anzahl der einzusetzenden Fahrzeuge und die Form der zu fahrenden Routen bestimmen auch den Umfang der erforderlichen Leerkilometer. Dieser Umfang wird zu einem Minimum, wenn eine Verteilfahrt und eine unmittelbar anschließende Sammelfahrt miteinander zu einer Fahrtenkette verknüpft werden und das Fahrzeug nicht nach jeder Einzelfahrt den Betriebssitz des Taxiunternehmens aufsucht. Die Möglichkeit einer Umsetzfahrt muss im Rahmen der Fahrzeug- und Routendisposition überprüft werden (vgl. Kap. 6.2). Die Entscheidung, ob die Umsetzfahrt wirklich durchgeführt wird, trifft jedoch das Taxiunternehmen. Für das Unternehmen kann es profitabler sein, ÖPNV-Fahrten und Privatfahrten miteinander zu verzahnen. Dabei muss sichergestellt werden, dass eine solche Verzahnung nicht zu Lasten des ÖPNV geht.

Hinsichtlich der Abrechnung der Leistung werden zwischen dem Auftraggeber (i.d.R. eine Verbundgesellschaft des Aufgabenträgers) und dem Taxiunternehmen Vergütungssätze für die erbrachten Fahrzeugkilometer vereinbart. Die Abrechnung sollte nach Möglichkeit nach Besetzkilometern erfolgen, wobei die Leerkilometer als Faktor der Besetzkilometer in den Vergütungssatz eingerechnet werden. Dieses Vorgehen ist für das Taxiunternehmen ein Anreiz, die Anzahl der Leerkilometer zu minimieren. Der Faktor zur Berücksichtigung der Leerkilometer muss für jeden Sektor gesondert ermittelt werden. Dies geschieht ebenfalls in Kap. 6.2. Von Zeit zu Zeit sollte der Faktor zur Berücksichtigung der Leerkilometer überprüft und ggf. korrigiert werden.

Die Ermittlung der erbrachten Fahrzeugkilometer kann durch den Taxiunternehmen aufgrund von Aufschreibungen der Fahrer oder durch den Auftraggeber aufgrund einer Auswertung der Fahrzeug- und Routendisposition erfolgen. Wenn der Auftraggeber es den Taxiunternehmen im Interesse eines guten Vertrauensverhältnisses überlässt, die erbrachten Fahrzeugkilometer selbst zu ermitteln, sollte er die Angaben des Taxiunternehmens dennoch von Zeit zu Zeit anhand einer Auswertung der Daten der Fahrzeug- und Routendisposition überprüfen. Wenn das Taxiunternehmen nur Fahrkilometer erfasst und nicht nach Besetzkilometern und Leerkilometern unterteilt müssen die in Kap. 6.1 ermittelten Besetzkilometer und die in Kap. 6.2 ermittelten Leerkilometer addiert werden. Dies geschieht in Kap. 6.3.

Ein wichtiger Indikator für die Effektivität des ÖPNV-Betriebs ist das Verhältnis von Beförderungsleistung zu Betriebsleistung. Dieses Verhältnis wird in Kap. 6.4 ermittelt. Es lässt sich verbessern, wenn der Beförderungsaufwand dadurch erhöht wird, dass mehr Fahrgäste befördert werden – Möglichkeiten hierfür werden in Kap. 4 diskutiert – oder der Betriebsaufwand mit den im vorliegende Kapitel erläuterten Maßnahmen verringert wird.

Die hier angesprochenen Kenngrößen sind abhängig von verkehrlichen und strukturellen Merkmalen des jeweiligen Sektors. Solche Merkmale sind der Umfang und die räumlich-zeitliche Verteilung der Verkehrsnachfrage sowie die Siedlungsstruktur des Sektors. Aus diesem Grunde ist es erforderlich, die betrieblichen Kenngrößen getrennt für die einzelnen Sektoren und Tageszeitgruppen zu ermitteln. Mit den Ergebnissen kann dann geprüft werden, ob sich Unterschiede in den betrieblichen Kenngrößen aus Unterschieden in der Verkehrsnachfrage und der Struktur der Sektoren erklären lassen oder ob nach anderen Ursachen gesucht werden muss. Ggf. lassen es die ermittelten Kenngrößen auch sinnvoll erscheinen, den Zuschnitt des Sektors oder den Fahrplan zu modifizieren.





## 7. Handlungskonzept für die Qualitätskontrolle

Die vorliegenden Untersuchungen haben zum Ziel, die Unsicherheiten, die bei der Planung nachfragegesteuerter Verkehrssysteme in ihrem heutigen Entwicklungsstand noch bestehen, mit Hilfe von Kennwerten, die sich während des laufenden Betriebs ergeben, zu beseitigen und damit die angestrebte Angebotsqualität zu sichern. Die Notwendigkeit, über verlässliche Prognosewerte zu verfügen, relativiert sich, wenn statt einer langfristigen Planung die Planung in kurzen Zeitintervallen, z.B. jährlich oder in kürzeren zeitlichen Abständen, angepasst wird. Mit aktuellen Messwerten können auch nicht vorhergesehene Probleme im Betrieb unmittelbar korrigiert werden. Dadurch sind sowohl die Kontrolle der Richtigkeit von Planungsannahmen als auch die Kontrolle der langfristigen Entwicklung der Qualitätskenngrößen möglich.

Die Erkenntnisse, aus welchen ein Handlungskonzept für die Qualitätskontrolle des nachfragegesteuerten ÖPNV in ländlichen Räumen abzuleiten ist, ergeben sich aus den vorangegangenen Untersuchungen zu Verkehrsnachfrage, Fahrtablauf und Leistungserstellung. Die Handlungsempfehlungen stützen sich somit auf die zusammenfassenden Kap. 4.5, 5.5 und 6.5, in welchen bereits mögliche Maßnahmen – bezogen auf die einzelnen Themenkomplexe – herausgearbeitet wurden. Bei Planungen in anderen Verkehrsgebieten liefern die Ergebnisse dieser Forschungsarbeit bessere Schätzwerte. Hiermit ist die Übertragbarkeit der Ergebnisse, zumindest in Ansatzpunkten, gegeben.

Unsicherheiten bestehen insbesondere bei folgenden Größen:

- Räumliche und zeitliche Verteilung sowie zeitliche Entwicklung der Verkehrsnachfrage, bezogen auf die Verkehrsbeziehungen und die Haltestellenbelastungen,
- realisierbare Fahrzeiten zwischen den einzelnen Haltestellen untereinander und zum Verknüpfungspunkt,
- Übergangszeiten an Verknüpfungspunkten,
- Anzahl der einzusetzenden Fahrzeuge und Fahrer einschließlich der räumlichen und zeitlichen Verteilung sowie der Entwicklung dieser Anzahl,
- Umfang der zu leistenden Fahrkilometer, unterteilt nach Besetzkilometern und Leerkilometern.

Diese Größen sind Voraussetzung für den Zuschnitt der Sektoren, die Bildung des Fahrplans, die Planung der Betriebsmittel sowie die Kalkulation der Kosten.

Die Unsicherheiten sind am größten bei neu einzuführenden Systemen, bei denen nicht auf Daten aus vorhergehenden Fahrplanperioden zurückgegriffen werden kann.

Im herkömmlichen Linienbetrieb ist die Planungssicherheit wegen der fehlenden stochastischen Komponente bei der Bildung von Fahrtrouten und der bestehenden gleichartigen Systeme wesentlich höher, so dass einer entsprechenden Qualitätssicherung eine geringere Bedeutung zukommt. Dennoch gibt es schon seit längerem Auswertungen des Betriebsablaufs. Sie wurden erstmals 1973 von den Züricher Verkehrsbetrieben durchgeführt und anschließend auch von deutschen Verkehrsunternehmen [vgl. SCHWEINGRUBER 1999]. Über die Methodik und Ergebnisse zu Auswertungen des Betriebsablaufs gibt es auch einige Veröffentlichungen. Verwiesen wird beispielhaft auf ROSS, SCHEMCZYK [1993]; HOFFMANN [2003]; BÄUMER, PFEIFFER [2004].

Datenquellen zur Ermittlung der o. g. Größen sind automatische Fahrgasterfassungssysteme, die Fahrzeug- und Routendisposition im nachfragegesteuerten Betrieb sowie die Betriebsleitsysteme, welche in ländlichen Räumen allerdings andere Ausprägungen haben als in größeren Städten. Erste Schritte zur praktischen Einführung von Betriebsleitsystemen im ländlichen Raum sind bereits getan, beispielsweise erzeugt im Verkehrsgebiet des Münchner Verkehrs- und Tarifverbunds (MVV) die Regionalverkehr Oberbayern GmbH (RVO) für die von ihnen betriebenen Regionalbuslinien eigene Echtzeitdaten, welche auch durch die Fahrgäste online abgerufen werden können.

Bei der Entwicklung eines Systems der Qualitätskontrolle im ÖPNV ländlicher Räume müssen die Zuständigkeiten der verschiedenen Instanzen beachtet werden. Nach der Regionalisierung von SPNV und ÖPNV 1994 liegt die Zuständigkeit für den SPNV bei den Ländern und für den ÖPNV bei den Landkreisen und kreisfreien Städten. Damit sind sie Aufgaben- und Ausgabenträger des ÖPNV. Gleichzeitig hat die EU in einer Verordnung den von der öffentlichen Hand finanzierten SPNV und ÖPNV dem Wettbewerb unterworfen.

Auf der Grundlage dieser Vorgaben haben der Bund das Personenbeförderungsgesetz (PBefG) modifiziert und die Länder Nahverkehrsgesetze erlassen, in denen die Aufgabenverteilung im Einzelnen festgelegt ist. Mit geringfügigen Unterschieden zwischen den Ländern sind die kommunalen Gebietskörperschaften zu Aufgaben- und Ausgabenträgern geworden, welche die Erstellung der Leistungen im ÖPNV an Verkehrsunternehmen im Wettbewerb vergeben. Nähere Ausführungen über die Umstrukturierung der Zuständigkeiten finden sich bei KLOTH [2009].

Räumlicher Bezug des ÖPNV sind sogenannte Verkehrsräume, d.h. Räume, in denen die Teilräume verkehrlich so stark zusammenhängen, dass ein einheitliches ÖPNV-System mit einheitlichen Fahrplänen und Tarifen notwendig ist. Sofern in solchen Verkehrsräumen, die ggf. auch Teile des SPNV mit einschließen, mehrere Aufgabenträger für den ÖPNV zuständig sind, ist es sinnvoll und in den meisten Fällen auch schon geschehen, dass die Aufgabenträger Verkehrs- und Tarifverbände oder Zweckverbände bilden. Die dabei entstehenden Gesellschaften übernehmen dann im Auftrag der Aufgabenträger Verwaltungsaufgaben (Planung des ÖPNV, Fahrplanbildung, Fahrplanauskunft, Tarifmanagement, Vertragsab-

schlüsse und Abrechnungen mit den Verkehrsunternehmen, Verkehrsstatistik). Sofern es keine Verbundgesellschaften gibt, muss der Aufgabenträger die bei ihm anfallenden Aufgaben in eigener Regie erledigen oder dafür eine eigene Gesellschaft gründen. Die häufig vorhandenen Mobilitätszentralen können einen Teil der genannten Aufgaben übernehmen, z.B. Fahrplanauskunft sowie Disposition der Fahrzeuge und Routen. Die Planungsaufgaben können neben den Planungsabteilungen der Aufgabenträger oder der Verkehrsverbünde als Dienstleister auch an externe Planungsbüros vergeben werden. Die Durchführung des Betriebs einschließlich der Vorhaltung der Fahrzeuge und Fahrer sowie die Betriebssteuerung und Betriebsüberwachung obliegt nach wie vor den Verkehrsunternehmen.

Die Fahrzeug- und Routendisposition kann sowohl von einer Verbundgesellschaft oder von den jeweils zuständigen Verkehrsunternehmen durchgeführt werden. Aufgabe des Aufgabenträgers ist es in jedem Fall, eingehende Fahrtwünsche hinsichtlich der Durchführung durch einzelne Verkehrsunternehmen aufzuspalten. Die auf das einzelne Verkehrsunternehmen entfallenden Fahrten werden entweder an das Verkehrsunternehmen zur weiteren Verarbeitung übermittelt - dies ist im Anwendungsgebiet LK Grafschaft Bentheim der Fall - oder der Aufgabenträger führt die Fahrzeug- und Routendisposition wie im Anwendungsgebiet LK Waldeck-Frankenberg in seiner Mobilitätszentrale selbst durch. Letzteres ist notwendig, wenn Einsatzgebiete von mehreren Verkehrsunternehmen bedient werden.

Bei der kompletten Verarbeitung der Fahrtwünsche durch die Mobilitätszentrale werden die Ergebnisse der Fahrzeug- und Routendisposition jeweils vor Beginn der betreffenden Fahrt an das zuständige Verkehrsunternehmen weitergegeben. Diese zentrale Disposition der Fahraufträge erleichtert es auch, dass Fahraufträge bei Kapazitätsengpässen eines Verkehrsunternehmens an ein benachbartes Unternehmen weitergegeben werden, das zu diesem Zeitpunkt Kapazitätsreserven aufweist. Der Mobilitätszentrale obliegt dann auch die Aufbereitung der bei der Fahrzeug- und Routendisposition angefallenen Daten zum Zweck der Qualitätssicherung in der hier dargelegten Art und Weise.

Betriebsleitsysteme sind zentrales Werkzeug für die Steuerung und Überwachung des Betriebsablaufs. Sie müssen deshalb bei den Verkehrsunternehmen installiert werden. Dabei ist es denkbar, dass sich kleinere Verkehrsunternehmen, insbesondere Taxiunternehmen, zusammenschließen. Dies ist in der Praxis vielfach bereits in Form von Taxigenossenschaften erfolgt. Die Verkehrsunternehmen benötigen ein Betriebsleitsystem für die Erfassung eigener Daten, insbesondere auch für die Abrechnung der erbrachten Fahrzeugkilometer. Wenn die Auswertung des Betriebsablaufs im Zusammenhang mit der Qualitätskontrolle bei der Verbundgesellschaft liegt, benötigt diese auch Fahrzeitdaten.

Im Einzelnen sind im Zusammenhang mit der Analyse des Betriebsablaufs durch den Aufgabenträger bzw. seine Verbund- oder Planungsgesellschaft folgende Aufgaben zu erfüllen:

- kontinuierliche Auswertung des Betriebsablaufs für die Fachabteilungen des Aufgabenträgers,
- kontinuierliche Information des Managements des Aufgabenträgers und der Verkehrsunternehmen über Auffälligkeiten im Betriebsablauf,
- jährliche Aufbereitung der Daten für die Qualitätskontrolle aus den Datenbanken der Fahrzeug- und Routendisposition und des Betriebsleitsystems sowie Auswertung dieser Daten im Sinne der hier erläuterten Analyse des Betriebsablaufs,
- jährliche Zusammenstellung der Analyseergebnisse,
- jährliche Ableitung von Handlungsempfehlungen für die Veränderung von Betriebsform und Fahrplan unter Einbeziehung sich verändernder Randbedingungen des Straßen- und Wegenetzes,
  - sich daraus ableitende Abschätzung an Aufwand für fahrgastbezogene Informations- und Werbemaßnahmen,
  - sich daraus ableitende Abschätzung, wie hoch die maximale Zahl an Fahrzeugen ist, die vorgehalten werden sollten (Spitzenstunde),
  - ergänzende Maßnahmen in Form von Fahrradverleihsystemen, privat organisierten Bürgerbuskonzepten oder Car-Sharing<sup>1</sup>
- jährliche Vorlage der Analyseergebnisse und Handlungsempfehlungen beim ÖPNV-Management des Aufgabenträgers und bei den beauftragten Verkehrsunternehmen,
- jährlicher Beschluss von Handlungsvorgaben durch das ÖPNV-Management der Aufgabenträgers,
- Umsetzung der Handlungsvorgaben durch die planende Instanz.

Für die Managementinformation müssen

- die Betriebsdaten stark verdichtet werden,
- die aus den Betriebsdaten abgeleiteten Statistiken auf die wesentlichsten Kenngrößen beschränkt bleiben,
- die Kenngrößen in Form von Zeitreihen dargestellt und nach Möglichkeit grafisch aufbereitet werden.

---

<sup>1</sup> Diese Maßnahmen sollten zur Steigerung der Nutzerakzeptanz in den ÖPNV integriert werden. Pilotregionen bestehen im Verbundgebiet des NVV [vgl. SOMMER, MUCHA 2013] bzw. sind im LK Grafenschaft Bentheim (Fahrradverleihsysteme) in der Planung.

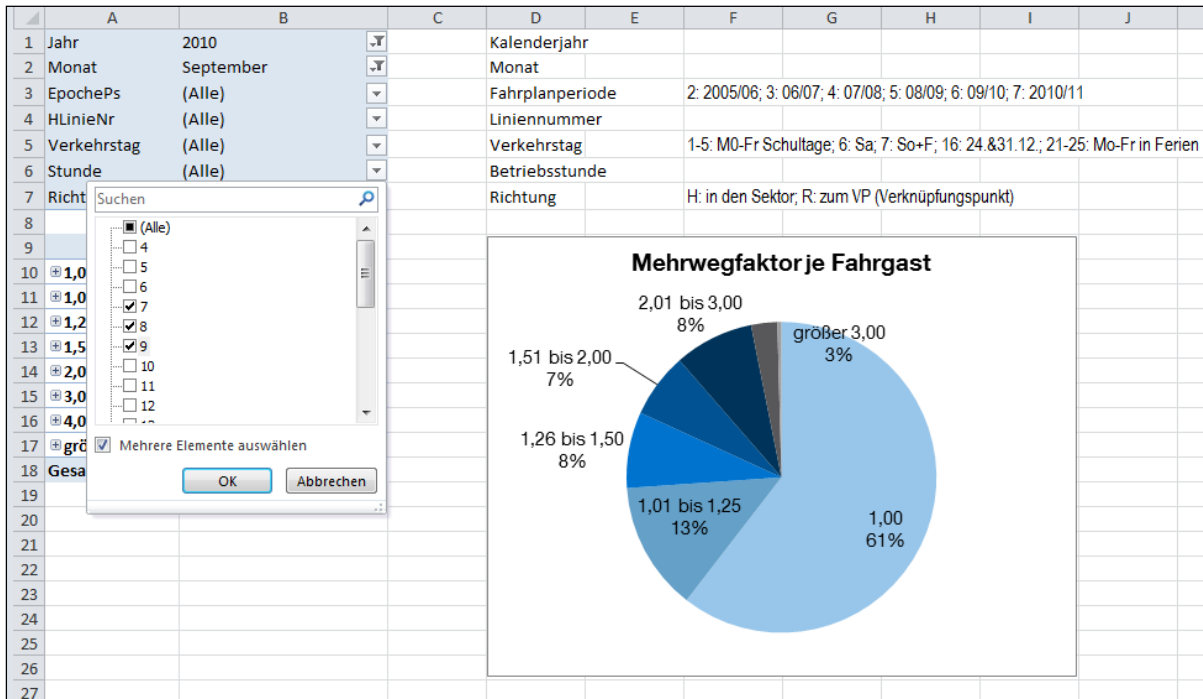
Eine solche Analyse des Betriebsablaufs und Anpassung der Pläne ermöglicht es, den Zeitpunkt der Fortschreibung des gesamten Nahverkehrsplans hinauszuzögern. Hierbei ist zu beachten, dass in der praktischen Umsetzungsplanung von den jeweiligen Aufgabenträgern oder den von diesen beauftragten planenden Instanzen entwickelte Nahverkehrspläne i.d.R. einer politischen Beschlussfindung bedürfen. Diese ist abhängig von politischen strategischen Leitlinien, einer gewissen Konstanz in den Entscheidungsgremien und v.a. den jeweils verfügbaren finanziellen Mitteln in den Haushaltsbudgets der politischen Gebietskörperschaften. Somit ist aus umsetzungsplanerischer Sicht die häufige Neuaufstellung von Nahverkehrsplänen aus den oben genannten Gründen mitunter hinderlich.

Vorschläge, wie das hier skizzierte Vorgehen bei den Aufgabenträgern datentechnisch und organisatorisch umgesetzt werden kann, wurden 2006 vom Lehrstuhl für Verkehrstechnik der Technischen Universität München im Auftrag der Landkreise Diepholz, Grafschaft Bentheim, Schaumburg und des Zweckverbands Verkehrsverbund Bremen/Niedersachsen erarbeitet [vgl. BUSCH, KIRCHHOFF ET AL. 2007].

Ausgangspunkt für die Qualitätskontrolle sind die Datenbanken der Beförderungswünsche, der Fahrzeug- und Routendisposition und des Betriebsleitsystems, die unabhängig von der Qualitätskontrolle bei ÖPNV-Systemen mit nachfragegesteuerter Bedienung unabdingbar sind. Die hier enthaltenen Daten müssen zunächst für die Analyse des Betriebsablaufs aufbereitet werden, was in einer gesonderten Datenbank, die Grundlage für die qualitätsbezogene Analyse des Betriebsablaufs ist, erfolgt. Aus dieser Datenbank werden grafische und tabellarische Darstellungen entwickelt, wie sie in der vorliegenden Arbeit wiedergegeben und kommentiert sind. Einzelheiten zu dieser Aufbereitung sind in Kap. 2.6 erläutert.

Das statistische Mess- und Analysesystem wird soweit wie möglich dynamisiert. Dadurch soll dem Anwender die Möglichkeit gegeben werden, bestimmte Fragestellungen, die sich für Angebotsqualität und Leistungserstellung ergeben – ggf. auch aus dem politischen Raum – gezielt beantworten und Maßnahmen zur Beseitigung von Qualitätsproblemen entwickeln zu können. Dies ist nur möglich, wenn die Auswertung der Datenbank der Qualitätskontrolle je nach Fragestellung und untersuchter Maßnahme modifiziert werden kann.

Um Auswertungen zu automatisieren und die Auswahl einzelner Zusammenhänge (gefiltert und differenziert nach bestimmten räumlichen Umgriffen und Zeitintervallen) rasch greifbar zu machen, werden diese Auswertungen bzw. die Analyse der Datenbank der Qualitätskontrolle in Form von miteinander verknüpften Pivot-Tabellen aufgebaut, welche dynamisch angezeigt werden können. In Bild 7.1 ist ein Beispiel zur Veranschaulichung dargestellt:



**Bild 7.1** Beispiel für eine dynamisch anpassbare Pivot-Tabelle

In dieser beispielhaften Auswertung ist der Mehrwegfaktor je Fahrgast und Fahrtroute anteilig dargestellt, d.h. das Verhältnis zwischen der tatsächlich gefahrenen Route zur kürzest-möglichen Route – entsprechend der durch das reale Verkehrsnetz gegebenen Fahrtmöglichkeiten. Oben links in der Abbildung befinden sich die räumlichen und zeitlichen Auswahlmenüs, welche den Fokus auf einen bestimmten Bereich lenken. Eine Mehrfachauswahl ist ebenfalls möglich. Durch das Setzen von Filtern ändern sich das Tortendiagramm sowie die Ergebnistabelle (unten links) insofern, dass ausschließlich die tatsächlich ausgewählten Daten dargestellt werden. Diese Auswahl ist jederzeit rückgängig zu machen, so dass ein neuer Filter gesetzt werden kann.

Mittels der in dieser Arbeit hergeleiteten und erläuterten Planungsinstrumente kann der Aufgabenträger bzw. die von ihm beauftragte oder ihm untergeordnete planende Instanz selbstständig Qualitätskontrollen durchführen.

## Literaturverzeichnis

- BÄUMER, MARCUS; PFEIFFER, MANFRED [2004]: Anschluss-Informationssysteme: Ihre Akzeptanz im ÖPNV – Ergebnisse einer empirischen Untersuchung in der Region Stuttgart. In: Der Nahverkehr, Heft 7-8/08. Düsseldorf.
- BERTOCCHI, TIMO [2009]: Einsatzbereiche von ÖPNV-Bedienungsformen im ländlichen Raum. Schriftenreihe des Fachgebiets Verkehrssysteme und Verkehrsplanung der Universität Kassel. Heft 19. Dissertation. Kassel.
- BIRG, HERWIG [1971]: Zur Messung der regionalen Bevölkerungskonzentration in der Bundesrepublik Deutschland mit Hilfe des Entropie-Maßes. In: Vierteljahreshefte zur Wirtschaftsforschung. Heft 3/1971. Berlin.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR FORSCHUNG UND TECHNIK (BMFT) [Hrsg.] [1980]: Nahverkehrsforschung '80 – Statusseminar VII in Berlin. Teilbereich Bedarfsgesteuerte Bussysteme. Regensburg.
- BUSCH, FRITZ; TSAKARESTOS, ANTONIOS [2006]: Kommunikationstechnologien für den ÖPNV in flexibler Betriebsweise. Expertise im Auftrag des Fachgebiets Verkehrssysteme der Universität Kassel., Univ.-Prof. Dr.-Ing. Uwe Köhler. Unveröffentlicht. München.
- BUSCH, FRITZ; KELLER, HARTMUT; RIEGELHUTH, GERD; SCHNITTGER, STEPHAN [2007]: Systemarchitekturen für Verkehrstelematik in Deutschland. In: Straßenverkehrstechnik. Heft 4/2007. Köln.
- DIN EN ISO 9000 [2005]: Qualitätsmanagement – Grundlagen und Begriffe. Berlin.
- ECKARDT, FRITHJOF [2008]: Technische Realisierung nachfragegesteuerter Verkehre. In: Der Nahverkehr, Heft 7-8/08. Düsseldorf.
- FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRAßEN- UND VERKEHRSWESEN [Hrsg.] [2008]: Richtlinien für integrierte Netzgestaltung (RIN). Köln.
- FIEDLER, JOACHIM [1986]: Erfahrungen mit den Elementen des differenzierten Bedienungsmodells. In: nahverkehrs-praxis, Heft 10/86. Dortmund.
- HELLING, JÜRGEN [1975]: Computergesteuertes Bussystem – eine Alternative zum Individualverkehr? In: nahverkehrs-praxis, Heft 8/1975. Dortmund.
- HESSISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK [Hrsg.] [2010 a]: Die Bevölkerung der kreisfreien Städte und Landkreise Hessens am 31. Dezember 2009 nach Alter und Geschlecht. Ergänzt um die Bevölkerung der Städte und Gemeinden zum 31. Dezember 2009. Wiesbaden.
- HESSISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK [Hrsg.] [2010 b]: Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte nach Wirtschaftsabteilungen. Stichtag: 31.03.2010. Frankfurt.
- HOFFMANN, JÜRGEN [2003]: Busbeschleunigung aus Sicht des Planungsingenieurs - Systematische Umsetzung von Maßnahmenpaketen im Zuge eines umfangreichen Beschleunigungsprogramms. In: Der Nahverkehr. Heft 9/03. Düsseldorf.

- IGDB VERKEHRSPANUNG UND BERATUNG [Hrsg.] [2010]: Lokaler Nahverkehrsplan für den Landkreis Waldeck-Frankenberg – NVP WF 2010. Unveröffentlicht. Korbach.
- KIRCHHOFF, PETER [1983]: Ausweitung des Omnibus-Linien-Betriebs durch flexible Betriebsweisen – Bessere Anpassung an Verkehrs- Nachfrage-Strukturen. In: Der Nahverkehr, Heft 2/83. Düsseldorf.
- KIRCHHOFF, PETER [1987]: Verbesserung des ÖPNV im ländlichen Raum durch technische und planerische Maßnahmen. In: Der Nahverkehr, Heft 6/87. Düsseldorf.
- KIRCHHOFF, PETER [2002]: Städtische Verkehrsplanung. Konzepte – Verfahren – Maßnahmen. Berlin, Heidelberg.
- KIRCHHOFF, PETER; BUSCH, FRITZ; MONNINGER, DANIEL; SCHIMANDL, FLORIAN; TSAKARESTOS, ANTONIOS [2007]: Datenbank zur Planung und zum Controlling des ÖPNV für Aufgabenträger. Lastenheft. München.
- KIRCHHOFF, PETER; TSAKARESTOS, ANTONIOS [2007]: Planung des öffentlichen Personennahverkehrs in ländlichen Räumen. Berlin, Heidelberg.
- KLOTH, HOLGER [2009]: Aufgaben der Landkreise bei der Planung und Erfolgskontrolle des Öffentlichen Personennahverkehrs. Dissertation am Lehrstuhl für Verkehrstechnik der Technischen Universität München. München.
- LANDESBETRIEB FÜR STATISTIK UND KOMMUNIKATIONSTECHNOLOGIE NIEDERSACHSEN (LSKN) [Hrsg.] [2010]: Kommunale Struktur in Niedersachsen. Eckdaten für die Einheits- und Samtgemeinden des Landes – LSKN. Hannover. (abgerufen am 26.10.2010 und 25.11.2010)
- [http://www.nls.niedersachsen.de/html/kommunen\\_im\\_blick.html](http://www.nls.niedersachsen.de/html/kommunen_im_blick.html)
  - <http://www1.nls.niedersachsen.de/statistik/html/parametereingabe.asp?DT=K70H5101&CM=Besch%E4ftigte+WZ2008%2866%29+ab+2008>
- LANDKREIS GRAFSCHAFT BENTHEIM [Hrsg.] [2004]: ÖPNV-Nahverkehrsplan für den Landkreis Grafschaft Bentheim – NVP NOH 2004. Nordhorn.
- LANDKREIS WALDECK-FRANKENBERG [Hrsg.] [2010]: Wohnbevölkerung im Landkreis Waldeck-Frankenberg. Korbach. (abgerufen am 06.12.2010)
- <http://www.landkreis-waldeck-frankenber.de/hslstatistik/Wohnbevoelkerung.htm>
- MEHLERT, CHRISTIAN [2001]: Die Einführung des AnrufBus im ÖPNV: Praxiserfahrungen und Handlungsempfehlungen. Schriftenreihe für Verkehr + Technik. Band 91. Bielefeld.
- METRON AG [Hrsg.]. [1996]: Auswertung des PubliCar-Versuchs in Frauenfeld und Oron. Forschungsbericht. Brugg, Schweiz.
- NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT, VERBRAUCHERSCHUTZ UND LANDESENTWICKLUNG [Hrsg.] [2008]: Landes-Raumordnungsprogramm Niedersachsen - LROP. Hannover.



- NOCERA, SILVIO [2004]: Steuerung des Sektorbetriebs bei nachfrageabhängiger ÖPNV-Bedienung. Schriftenreihe des Lehrstuhls für Verkehrstechnik der Technischen Universität München. Heft 4. Dissertation. München.
- PLANUNGSGRUPPE NORD; UNIVERSITÄT KASSEL [Hrsg.] [2001]: Lokaler Nahverkehrsplan für den Landkreis Waldeck-Frankenberg – PGN: NVP WF 2001. Kassel.
- RITTERSHAUS, LUTZ ET AL. [2012]: Hinweise zur Strukturierung einer Rahmenarchitektur für intelligente Verkehrssysteme (IVS) in Deutschland – Notwendigkeit und Methodik. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. Köln.
- ROSS, JÖRG; SCHEMCZYK, JÜRGEN [1993]: BERTA – EDV-gestütztes System zur Betriebseinsatzplanung und –auswertung. Konferenzbeitrag zur HEUREKA 1993. In: Tagungsband zur Heureka 1993. S. 188-202. Karlsruhe.
- SAMPO [Hrsg.] [1997]: Demonstration of demand responsive transport in four SAMPO sites. Project report D7. Helsinki.
- SCHOLZ, RALF; GRAF, GERD [2007]: Optimierung der Disposition und des Controllings von AST-Verkehren. Erfahrungsbericht nach dem ersten Betriebsjahr einer neuen Software. In: Der Nahverkehr, Heft 3/07. Düsseldorf.
- SCHWEINGRUBER, BEAT [1999]: Vorfahrt für Tram und Bus. In: GÖTZ, FRANK; MEYERHOLT, ULRICH; STEIN, EKKEHART: Verkehrsinitiativen zum Umweltschutz. Oldenburg.
- SOMMER, CARSTEN; MUCHA, ELENA [2013]: Multimodale Angebote zur Ergänzung des klassischen Nahverkehrs. In: Der Nahverkehr, Heft 6/13. Düsseldorf.
- TNS INFRATEST [Hrsg.] [2010]: ÖPNV-Kundenbarometer. Zielsetzung – Untersuchungsaufbau – Berichterstattung – Modell. München.
- TNS INFRATEST [Hrsg.] [2011]: Das ÖPNV-Kundenbarometer 2011. Verkehrsverbünde und Verkehrsunternehmen im Vergleich. München.
- TSAKARESTOS, ANTONIOS [2010]: Weiterentwicklung der Methodik zur Nahverkehrsplanung für ländliche Räume vor dem Hintergrund veränderter Rahmenbedingungen. Dissertation am Lehrstuhl für Verkehrstechnik der Technischen Universität München. München.
- VERBAND DEUTSCHER VERKEHRSUNTERNEHMEN (VDV) [Hrsg.] [2009]: Differenzierte Bedienung im ÖPNV – Flexible Bedienungsweisen als Baustein eines marktorientierten Leistungsangebotes. Blaue Buchreihe des VDV. Band 15. Hamburg, Köln.
- WILSON, ALAN [1970]: Entropy in Urban and Regional Modelling. London.



## Abkürzungsverzeichnis

A + Zahl	Busdesautobahn mit Nummer
AG	Aktiengesellschaft
ANSAT <sup>®</sup>	Softwareanbieter bzw. Softwaresystem für die Buchung, Steuerung und Disposition von Anrufsammeltaxis
ARTS	Actions on the Integration of Rural Transport Services (Forschungsprojekt)
AST	Anruf-Sammeltaxi
B + Zahl	Bundesstraße + Nummer
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMFT	Bundesministerium für Forschung und Technologie (bis 1994)
DIN	Deutsche Industrienorm / Deutsches Institut für Normung
DMZ	De-militarized Zone (Entmilitarisierte Zone)
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EN	Europäische Norm
ESM	Eckardt Software Management GmbH
EU	Europäische Union
Ew	Einwohner
EWf	Energie Waldeck-Frankenberg GmbH
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
FH	Fachhochschule
GIS	Geoinformationssystem (Geographic Information System)
GPS	Global Positioning System
GZ	Grundzentrum
ISO	Internationale Organisation für Normung

---

ITCS	Intermodal Transport Control System
KB	Korbach (Kfz-Kennzeichen LK Waldeck-Frankenberg)
KG	Kommanditgesellschaft
L + Zahl	Landesstraße / Kreisstraße mit Nummer
LK	Landkreis
LROP	Landes-Raumordnungsprogramm
LSKN	Landesbetrieb für Statistik und Kommunikationstechnologie Niedersachsen
MVV	Münchner Verkehrs- und Tarifverbund
MZ	Mittelzentrum
NL	Niederlande
NOH	Nordhorn (Kfz-Kennzeichen LK Grafschaft Bentheim)
NVB	Nordhorner Versorgungsbetriebe GmbH
NVP	Nahverkehrsplan
NVV	Nordhessischer Verkehrsverbund
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
OZ	Oberzentrum
PBefG	Personenbeförderungsgesetz
PDA	Personal Digital Assistant (portabler digitaler Computer)
PGN	Planungsgruppe Nord (Gesellschaft für Stadt- und Verkehrsplanung, Kassel)
RBL	Rechnergestütztes Betriebsleitsystem
RETAX	Rechnergesteuerter Taxibus (Forschungsprojekt)
RIN	Richtlinien für integrierte Netzgestaltung
RVO	Regionalverkehr Oberbayern GmbH
Sa+So+F	Samstage / Sonntage und Feiertage

---

SAMPO	Systems for Advanced Management of Public Transport Operations (Forschungsprojekt)
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
SQL	Structured Query Language
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen
VGB	Verkehrsgemeinschaft Grafschaft Bentheim
VIRGIL	Verifying and Strengthening Rural Access to Transport Services (Forschungsprojekt)
VP	Verknüpfungspunkt
WF	Waldeck-Frankenberg
ZOB	Zentraler Omnibusbahnhof



## Abbildungsverzeichnis

<b>Bild 1.1</b>	Betriebsformen im ÖPNV .....	3
<b>Bild 1.2</b>	Festlegung von Sollwerten der Fahrzeit .....	5
<b>Bild 2.1</b>	Erweiterte Systemarchitektur der Qualitätssicherung .....	12
<b>Bild 2.2</b>	Pyramide der Systemarchitektur der Qualitätssicherung.....	14
<b>Bild 3.1</b>	Zentrale Orte und Gewerbestandorte im LK Grafschaft Bentheim .....	33
<b>Bild 3.2</b>	Schulstruktur im LK Grafschaft Bentheim .....	35
<b>Bild 3.3</b>	Übergeordnete Verkehrswege im LK Grafschaft Bentheim .....	36
<b>Bild 3.4</b>	ÖPNV-Netz im LK Grafschaft Bentheim (2011).....	37
<b>Bild 3.5</b>	Einbindung der Sektoren in das ÖPNV-Netz des LK Grafschaft Bentheim.....	39
<b>Bild 3.6</b>	Bevölkerungsverteilung für das Gebiet des Sektors 11 .....	41
<b>Bild 3.7</b>	Zentrale Orte im LK Waldeck-Frankenberg.....	44
<b>Bild 3.8</b>	Schulstruktur im LK Waldeck-Frankenberg .....	46
<b>Bild 3.9</b>	Übergeordnete Verkehrswege im LK Waldeck-Frankenberg.....	47
<b>Bild 3.10</b>	ÖPNV-Linienverkehr und Verknüpfung der Netzelemente im LK Waldeck-Frankenberg..	49
<b>Bild 4.1</b>	LK Grafschaft Bentheim: Entwicklung der Fahrgastzahlen.....	54
<b>Bild 4.2</b>	LK Grafschaft Bentheim: Entwicklung der Fahrgastzahlen, unterteilt nach den Sektoren	54
<b>Bild 4.3</b>	LK Grafschaft Bentheim: Auf die Monate bezogene Entwicklung der Fahrgastzahlen und der durchgeführten Fahrten.....	55
<b>Bild 4.4</b>	LK Grafschaft Bentheim: Entwicklung der Fahrgastzahlen über die Wochentage .....	56
<b>Bild 4.5</b>	LK Grafschaft Bentheim: Entwicklung der Fahrgastzahlen zu bestimmten Verkehrsstunden, unterteilt nach Netzelementen; nur Schultage .....	57
<b>Bild 4.6</b>	LK Grafschaft Bentheim: Verteilung der mittleren Fahrgastzahlen auf die Tagesstunden der einzelnen Tagesgruppen .....	59
<b>Bild 4.7</b>	LK Waldeck-Frankenberg: Entwicklung der Fahrgastzahlen .....	60
<b>Bild 4.8</b>	LK Waldeck-Frankenberg: Schwankungen der Fahrgastzahlen über die Monate .....	61
<b>Bild 4.9</b>	LK Waldeck-Frankenberg: Entwicklung der Fahrgastzahlen über die Wochentage .....	62
<b>Bild 4.10</b>	LK Waldeck-Frankenberg: Entwicklung der Fahrgastzahlen zu bestimmten Verkehrsstunden, unterteilt nach Netzelementen; alle Fahrplanperioden, nur Schultage .	63
<b>Bild 4.11</b>	LK Waldeck-Frankenberg: Verteilung der mittleren Fahrgastzahlen auf die Tagesstunden der einzelnen Tagesgruppen .....	64
<b>Bild 4.12</b>	LK Grafschaft Bentheim: Anzahl der Einwohner im Einzugsbereich der Haltestellen im Jahr 2010 (Bezugshaltestellen: Sektor 16) .....	66
<b>Bild 4.13</b>	LK Grafschaft Bentheim: Belastung der Haltestellen im Sektor 16 .....	66
<b>Bild 4.14</b>	LK Grafschaft Bentheim: relative Häufigkeit der Anmeldevorgänge für die genutzten Fahrten im Sektor 16 .....	70
<b>Bild 4.15</b>	LK Waldeck-Frankenberg: relative Häufigkeit der Anmeldevorgänge für die genutzten Fahrten für die AST-Linie 580.4.....	72
<b>Bild 4.16</b>	LK Grafschaft Bentheim: Verteilung der Nutzungsanteile der angebotenen Fahrten auf die Tagesstunden der einzelnen Tagesgruppen .....	73
<b>Bild 4.17</b>	LK Waldeck-Frankenberg: Verteilung der Nutzungsanteile der angebotenen Fahrten auf die Tagesstunden der einzelnen Tagesgruppen .....	75

<b>Bild 5.1</b>	LK Waldeck-Frankenberg: Häufigkeitsverteilung der Ankunftszeiten zu ausgewählten Tageszeiten und an ausgewählten Haltestellen für den gesamten Untersuchungszeitraum .....	82
<b>Bild 5.2</b>	LK Grafschaft Bentheim: Übergangszeiten zum höherrangigen Liniennetz (Linie 100) .....	84
<b>Bild 5.3</b>	LK Waldeck-Frankenberg: Übergangszeiten zu anderen Netzelementen .....	86
<b>Bild 5.4</b>	LK Grafschaft Bentheim: Prozentuale Verteilung der fahrgastbezogenen Mehrwegfaktoren je Sektor .....	87
<b>Bild 5.5</b>	LK Grafschaft Bentheim: Relative Summenhäufigkeit der Mehrwegfaktoren je Sektor .....	88
<b>Bild 5.6</b>	LK Waldeck-Frankenberg: Prozentuale Verteilung der fahrgastbezogenen Mehrwegfaktoren je AST-Linie .....	90
<b>Bild 5.7</b>	LK Waldeck-Frankenberg: Relative Summenhäufigkeit der Mehrwegfaktoren je AST-Linie .....	90
<b>Bild 5.8</b>	LK Waldeck-Frankenberg: Prozentuale Verteilung der Mehrzeiten (links) und der Mehrzeitfaktoren (rechts) für alle Fahrtwünsche .....	91
<b>Bild 5.9</b>	LK Waldeck-Frankenberg: Häufigkeitsverteilung der Fahrgeschwindigkeiten .....	93
<b>Bild 5.10</b>	LK Grafschaft Bentheim: Verteilung der Beförderungsgeschwindigkeiten .....	95
<b>Bild 5.11</b>	LK Grafschaft Bentheim: Verteilung der Beförderungsgeschwindigkeiten für 40 km/h Fahrgeschwindigkeit .....	97
<b>Bild 5.12</b>	LK Grafschaft Bentheim: Zusammenhang zwischen Fahrgeschwindigkeit und Beförderungsgeschwindigkeit .....	98
<b>Bild 5.13</b>	LK Waldeck-Frankenberg: Verteilung der Beförderungsgeschwindigkeiten .....	99
<b>Bild 6.1</b>	LK Grafschaft Bentheim: Vergleich der Dispositionsergebnisse des hier entwickelten Dispositionsverfahrens mit dem Verfahren ANSAT® .....	108
<b>Bild 6.2</b>	LK Grafschaft Bentheim: Vergleich der Dispositionsergebnisse des Verfahrens ANSAT® mit dem hier entwickelten Dispositionsverfahren für die Sektoren 13 und 16 .....	109
<b>Bild 6.3</b>	LK Grafschaft Bentheim: Entwicklung der Fahrzeugkilometer .....	114
<b>Bild 6.4</b>	LK Waldeck-Frankenberg: Entwicklung der Besetzkilometer, Leerkilometer und Umsetzkilometer .....	116
<b>Bild 7.1</b>	Beispiel für eine dynamisch anpassbare Pivot-Tabelle .....	128



## Tabellenverzeichnis

<b>Tab. 2.1</b>	Zielsystem für die Angebotsqualität .....	19
<b>Tab. 2.2</b>	Zielsystem für die Leistungserstellung .....	20
<b>Tab. 2.3</b>	Beurteilungskriterien und Auswertungen der Verkehrsnachfrage.....	24
<b>Tab. 2.4</b>	Kenngößen, Beurteilungskriterien und Auswertungen beim räumlichen und zeitlichen Ablauf der Fahrten .....	26
<b>Tab. 2.5</b>	Kenngößen, Beurteilungskriterien und Auswertungen bei der Leistungserstellung .....	28
<b>Tab. 3.1</b>	Kennzahlen der Sektoren im LK Grafschaft Bentheim.....	38
<b>Tab. 3.2</b>	Form und Bevölkerungsentropie der Sektoren im LK Grafschaft Bentheim.....	42
<b>Tab. 3.3</b>	Form und Bevölkerungsentropie bei einer Aufspaltung des Sektors 16 im LK Grafschaft Bentheim.....	43
<b>Tab. 3.4</b>	Kennzahlen der Sektoren im LK Waldeck-Frankenberg .....	50
<b>Tab. 3.5</b>	Vergleich der beiden Untersuchungsgebiete anhand ausgewählter Kriterien .....	51
<b>Tab. 4.1</b>	Auswertungen zur Beurteilung der Kenngößen der Verkehrsnachfrage.....	53
<b>Tab. 4.2</b>	LK Grafschaft Bentheim: Quelle-Ziel-Matrix zwischen den Haltestellen .....	65
<b>Tab. 4.3</b>	LK Grafschaft Bentheim: Vergleich zwischen der Anzahl der Fahrten von und zu den Haltestellen sowie der Anzahl der Einwohner im Einzugsgebiet der Haltestellen .....	67
<b>Tab. 4.4</b>	LK Waldeck-Frankenberg: Quelle-Ziel-Matrix zwischen den Haltestellen.....	68
<b>Tab. 4.5</b>	LK Waldeck-Frankenberg: Vergleich zwischen der Anzahl der Fahrten von und zu den Haltestellen sowie der Anzahl der Einwohner im Einzugsgebiet der Haltestellen .....	69
<b>Tab. 5.1</b>	Kenngößen, Beurteilungskriterien und Auswertungen beim räumlichen und zeitlichen Ablauf der Fahrten .....	80
<b>Tab. 5.2</b>	LK Waldeck-Frankenberg: Umstiegshaltestellen von AST zu AST im Linienbündel 580 ..	85
<b>Tab. 5.3</b>	LK Grafschaft Bentheim: Kennwerte der Beförderungsgeschwindigkeit.....	96
<b>Tab. 6.1</b>	Kenngößen, Beurteilungskriterien und Auswertungen bei der Leistungserstellung .....	105
<b>Tab. 6.2</b>	LK Grafschaft Bentheim: Anteil maximal möglicher Fahrtenketten (Auswertung der Fahrzeug- und Routendisposition) .....	112
<b>Tab. 6.3</b>	LK Grafschaft Bentheim: Anteil tatsächlich realisierter Fahrtenketten (manuelle Erhebung durch die Fahrer).....	112
<b>Tab. 6.4</b>	LK Grafschaft Bentheim: Prozentuale Einsparung an Leerkilometern durch die Realisierung aller möglicher Umsetzfahrten gegenüber dem Fall, dass keine Umsetzfahrt realisiert wird (Auswertung der Fahrzeug- und Routendisposition) .....	114
<b>Tab. 6.5</b>	LK Grafschaft Bentheim: Mögliche zusätzliche Einsparung an Leerkilometern gegenüber der realisierten Einsparung aus der manuellen Erhebung.....	115
<b>Tab. 6.6</b>	LK Grafschaft Bentheim: Gegenüberstellung der abgerechneten Kilometer mit den zu erbringenden Besetzt- und Leerkilometern für die verschiedenen Sektoren.....	118
<b>Tab. 6.7</b>	LK Grafschaft Bentheim: Gegenüberstellung von Beförderungs- und Betriebsleistung für die Fahrplanperiode 2009/10.....	119

