

Analyse extremer Offensivkonzepte für den ÖPNV im ländlichen Raum

Masterarbeit

im Masterstudiengang
Urbane Mobilität (Verkehrsingenieurwesen)

vorgelegt von

Michael Knüpfer

Matrikelnummer: 3036834

am 14.10.2021

an der

Technischen Hochschule Nürnberg

Georg Simon Ohm

Fakultät Bauingenieurwesen

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Harald Kipke

Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Tilman Gänsler

Kurzfassung

Vor dem Hintergrund des sich zuspitzenden Klimawandels besteht im Verkehrssektor aufgrund des hohen Emissionsanteils klarer Handlungsbedarf, wenn internationale Klimaschutzziele noch erreicht werden sollen. Einen wichtigen Beitrag dazu soll die angestrebte Verkehrswende mit einer Verlagerung vom motorisierten Individualverkehr hin zu dem pro Kopf deutlich energieeffizienterem öffentlichen Verkehr leisten. Gerade in ländlichen Räumen besteht durch den hohen Pkw-Anteil und die langen Wege großes Einsparungspotenzial und -notwendigkeit. In vielen solcher Regionen existiert jedoch keine Alternative zum privaten Pkw. Der öffentliche Verkehr ist meist stark bis ausschließlich auf den Schülerverkehr ausgerichtet und Wege zu Versorgungseinrichtungen oder Arbeitsplätzen zu weit, um sie tagtäglich mit nicht motorisierten Verkehrsmitteln zurückzulegen. Das in dieser Hinsicht bestehende Angebotsproblem im ÖV verhindert Veränderung im Mobilitätsverhalten der dort lebenden Menschen im Vorhinein.

In starkem Kontrast zu der vorherrschenden Situation werden in dieser Arbeit Konzepte zur offensiven Ausweitung des öffentlichen Verkehrsangebotes in ländlichen Räumen betrachtet und beispielhaft auf einen Landkreis übertragen. Ziel ist die Schaffung einer echten und ernst zu nehmenden Alternative zum privaten Pkw. Dafür wird ein Angebotskonzept aufbauend auf einer hierarchischen Netzstruktur vorgeschlagen. Diese besteht aus einem System von Expressbuslinien als Verbindung zu und zwischen lokalen Zentren sowie einem Zubringersystem, das die Fläche an das übergeordnete Netz anschließt. Während diese beiden Netzelemente durch Buslinien das vorhandene Straßennetz nutzen, werden bestehende Schienenverbindungen als zusätzliche, oberste Netzstufe mit einbezogen. Grundlage des Hauptnetzes bilden in regelmäßigen Abständen angeordnete Knotenpunkte, an denen sich immer mindestens zwei Hauptlinien gleichzeitig treffen. Durch die gleichmäßigen Fahrzeiten zwischen diesen Knoten kann ein integraler Taktfahrplan mit kurzen Umsteigevorgängen zwischen den Linien realisiert werden. Gleichzeitig werden durch die direkte Linienführung, die begrenzte Anzahl an Haltepunkten und Nutzung übergeordneter Straßen hohe Beförderungsgeschwindigkeiten ermöglicht. Durch die Verbindung mit einem dichten Takt und einem durchgehenden Fahrtenangebot rund um die Uhr ergibt sich eine gute zeitliche wie örtliche Verfügbarkeit und Verbindungsqualität auf Relationen zu lokalen Zentren. Die Flächen zwischen den Hauptlinien werden durch Zubringerlinien an diese angeschlossen. Dabei sollen alle Siedlungsflächen unabhängig ihrer Größe Betrachtung finden und ein vollständig flächendeckendes Angebot geschaffen werden. Es werden sowohl für das Haupt- wie auch Nebennetz verschiedene Netzstrukturen bzw. Betriebsformen betrachtet sowie Möglichkeiten neuer Mobilitätsformen aufgezeigt.

Anschließend werden zwei der betrachteten Netzvarianten mit je zwei Untervarianten beispielhaft auf den ländlichen Landkreis Ansbach in Westmittelfranken übertragen. Aus dieser Anwendung werden Kenngrößen ermittelt und die Konzepte bewertet. Betrachtet wird dabei neben der tatsächlichen Fahrleistung die Flächenerschließung der Haltestellen, die Erreichbarkeit von Zentren, die Umsteigehäufigkeit und das Reisezeitverhältnis zum IV.

Im Vergleich zu dem bestehenden Angebot ergibt sich erwartungsgemäß eine deutliche Verbesserung der Angebotsqualität. In diesem speziellen Anwendungsfall wird ein Hauptnetz aus Radial- und Ringlinien um mehrere Zentren mit einem Richtwert der Knotenabstände von acht Kilometern als geeignetste Netzvariante angesehen. Die Art und Betriebsform der Flächenerschließung ist stark von lokalen Rahmenbedingungen wie der Siedlungs- und Verkehrsstruktur im Gebiet und der Lage zentraler Orte abhängig. Die jährliche Fahrleistung des Gesamtsystems beträgt ohne Betrachtung des Schienenverkehrs in der Region ca. 21.000 Fahrzeugkilometer pro km². Eine überschlägige Energierechnung zeigt, dass der durch das neue Angebot entstehende Mehrbedarf an Energie bereits ab einer Reduzierung der Pkw-Fahrleistung in dem Gebiet um 3,1 Prozent ausgeglichen werden könnte. Emissionseinsparungen können bereits ab einem Rückgang um 2,9 Prozent entstehen. Anhand von Daten des MiD wird geschätzt, dass, aufgrund der hohen Pkw-Fahrdistanz in ländlichen Räumen, eine solche Reduzierung bereits mit einer Verschiebung des Modal-Split um 1,5 Prozentpunkte erreicht werden kann. Die Kosten des Systems in dem betrachteten Gebiet werden überschlägig auf ca. 130 Mio. Euro pro Jahr geschätzt, was ca. 63.000 Euro/km² entspricht. Wie viel Pkw-Verkehr durch ein, wie hier vorgeschlagenes offensives Angebotskonzept im ländlichen Raum „ersetzt“ werden kann, hängt zu einem großen Teil von der Akzeptanz des Systems in der Bevölkerung ab. Es kann jedoch, mit einigen Einschränkungen bzw. „Unbequemlichkeiten“, durchaus als tatsächlich brauchbare Alternative zum privaten Pkw gesehen werden.

Ohne ein praktikables Angebot ist keine Nutzung des öffentlichen Verkehrs und damit keine Verkehrswende möglich. Hier liefert diese Arbeit einen ersten Ansatz, wie ein attraktives und im Alltag auch nutzbares Angebot im ländlichen Raum tatsächlich aussehen und funktionieren könnte. Der Vorschlag betrachtet einige Aspekte jedoch nur vereinfacht und findet nicht für alle Problemstellungen zufriedenstellende Lösungen. Hier besteht Bedarf und Potenzial für weitere, vertiefte Überlegungen und Ausarbeitungen.

Abstract

Considering the pressing issue of climate change and the role of the transport sector therein, there is clear need for action if international goals are still to be reached. An important part in this is a transition from usage of private cars towards more public transportation, which needs significantly less energy per passenger. Especially in rural and exurban areas with their high ratio of individual motor car traffic and long travel distances, there exists a great potential and need of saving traffic caused energy consumption and emissions. In many a region there is no real alternative to the use of a private car and public transportation often is almost exclusively focused on students. Workplaces and facilities covering daily needs are often too far to be reached by foot or bicycle within a reasonable timeframe. The overall lack of publicly available services hinders or even prevents possible changes in people's mobility patterns.

In this study ideas for an extensive expansion of public transport services in rural areas are considered and showcased by application on an exemplary county in Germany. Its aim is to create a serious competition system to the use of private cars. For this, a service concept based on a hierarchical network structure is devised. The focus is on a system of express bus lines operating between local regional centers. This is supplemented by feeder services for the contiguous areas, either through fixed routes or demand responsive services. While those two levels use existing infrastructure aka. road networks, already established rail networks are also included as a superior network level. The groundwork for the main level network of express buses is formed by periodically arranged nodes. Through uniform journey times between nodes, a synchronized timetable can be achieved. Buses from separate lines meet at the same time and, after a short waiting period, leave the station simultaneously. This allows for short transfer times between lines and secure transfers. At the same time, due to direct routing, a limited number of stops and use of higher-level roads, high transport speeds are provided. In addition, with short regular service intervals every day of the week and all around-the-clock, good service availability and connection quality is offered. Areas not accessed by the main bus lines are connected by feeder lines (secondary network level). Different network structures and operating forms are considered for both primary and the secondary network level and possibilities for new forms of mobility are examined.

Following, two of the considered network systems are transferred to the rural district of Ansbach in western Bavaria. On basis of this application, parameters are determined, and the different network structures compared and evaluated. In addition to the kilometers travelled, area coverage of stops, accessibility of regional centers and travel time ratio to individual traffic are considered. Compared to existing services, significant improvement in service quality is apparent. In this case, a primary network consisting of radial and ring routes centered around several points with mean distances between nodes of eight kilometers is found to be the most suitable network variant for the considered region. Type and operation mode of the secondary network level or feeder lines is strongly dependent on local conditions such as settlement and transport structure and central locations. The annual mileage of the entire system, excluding railways, is approximately 21,000 vehicle

kilometers per km². A rough estimation shows that the increased amount of energy needed for the proposed system could be compensated by a reduction of private car mileage of 3.1 percent. A cutback in emissions could be achieved with a decrease of more than 2.9 percent. Using data from a nationwide study on traffic behaviour, it is estimated that, due to the long distance in rural areas driven by car, a mileage reduction of this scale could be achieved with a shift in the modal split by about 1.5 percentage points. The roughly estimated costs of the proposed system amount to approximately 130 million euros per year, which corresponds to around 63,000 euros / km². How much car traffic could actually be "replaced" in rural areas by a proactive service concept such as proposed here, depends largely on public acceptance. However, the presented service certainly can be seen as a viable alternative to a private car, though with some restrictions or rather "inconveniences" for the individual user.

Without serviceable public transport, no sustainable transport transition is possible. This study provides an initial approach on how a proactive service offer in public transport could look and function like. However, the proposed system regards some aspects only in a simplified manner, and it does not find satisfactory solutions for all problems. Therefore there is need and potential for further, in-depth analysis, deliberation, and further enhancements.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	I
Abstract	III
Inhaltsverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	IX
Abkürzungsverzeichnis	X
1. Einleitung	1
1.1.Ausgangssituation	1
1.2.Motivation und Zielsetzung	3
1.3.Aufbau der Arbeit	4
2. Der ländliche Raum	5
2.1.Definition des Begriffs	5
2.2.Verkehrssituation im ländlichen Raum.....	7
2.3.Angebotsformen im ländlichen Raum.....	14
2.3.1.Klassischer Linienverkehr	14
2.3.2.Flexible Bedienformen	16
2.3.3.Alternative Angebotsformen.....	19
2.3.4.Projekte zur Steigerung der Attraktivität des ÖV	20
2.4.Ein Blick auf die Situation im Ausland.....	21
3. Konzeption	24
3.1.Bisherige Arbeiten	24
3.2.Zielsetzung und Grundkonzept.....	27
3.3.Allgemeine Anforderungen an einen attraktiven ÖPNV	31
3.3.1.Haltestellenausstattung.....	31
3.3.2.Fahrzeugeigenschaften	32
3.3.3.Fahrgastinformationen	33
3.3.4.Tarifgestaltung.....	33
3.4.Grundlegende Annahmen	35
3.4.1.Netzgestaltung.....	35
3.4.2.Mittlere Beförderungsgeschwindigkeit.....	37
3.4.3.Takt	41
3.4.4.Betriebszeit.....	46
3.4.5.Sonstiges.....	47
3.5.Hauptnetz.....	48
3.5.1.Flächenorientierte Varianten	49
3.5.2.Zentrenorientierte Varianten	51
3.5.3.Kombinationen.....	55
3.5.4.Betrieb	55
3.5.5.Vergleich und Bewertung.....	57
3.6.Nebennetz.....	62

3.6.1. <i>Generelle Möglichkeiten und Vorschläge</i>	62
3.6.2. <i>Integration in den Takt des Hauptnetzes</i>	65
3.6.3. <i>Einsatz automatisierter Kleinbusse</i>	70
3.6.4. <i>Neue Mobilitätsformen</i>	72
3.7. <i>Die Letzte Meile</i>	74
4. Beispielhafte Anwendung	77
4.1. <i>Vorstellung des Gebietes</i>	77
4.1.1. <i>Lage und Raumstruktur</i>	78
4.1.2. <i>Vorhandenes ÖPNV-Angebot</i>	81
4.1.3. <i>Verkehrsnachfrage</i>	86
4.2. <i>Anwendung der Konzepte</i>	90
4.2.1. <i>Zielsetzung</i>	90
4.2.2. <i>Hauptnetz</i>	90
4.2.3. <i>Nebennetz</i>	97
5. Darstellung der Ergebnisse	104
5.1. <i>Quantifizierung von Kennwerten</i>	104
5.2. <i>Allgemeine Bewertung und Analyse</i>	113
5.3. <i>Vorher-Nachher Vergleich</i>	116
5.4. <i>Wirkungsabschätzung</i>	118
5.5. <i>Überschlägige Energierechnung</i>	119
5.6. <i>Kostenschätzung</i>	122
6. Weiterführende Ansätze	124
6.1. <i>Grundlegende Erkenntnisse und weitere Empfehlungen</i>	124
6.2. <i>Empfehlungen zur Stärkung des ÖPNV in ländlichen Regionen</i>	127
7. Fazit und Ausblick	129
Literaturverzeichnis	XI
Anhangsverzeichnis	XIX
Prüfungsrechtliche Erklärung	XX
Erklärung zur Veröffentlichung	XXI

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Raumstrukturen nach RegioStaR bzw. Thünen-Institut	6
Abbildung 2 - Zufriedenheit mit Verkehrssituation nach Raumtyp	11
Abbildung 3 - Gliederung der Angebotsformen	14
Abbildung 4 - Flexible Bedienformten	17
Abbildung 5 - Hierarchisches Netzmodell nach van Nes	26
Abbildung 6 - Beispielhafter Bildfahrplan zweier Hauptlinien um einen Knoten	29
Abbildung 7 - Schema Mittelbussteig nach FGSV H VÖ (2009)	35
Abbildung 8 - Funktionalitäten und Ausstattung eines Makro-Hub	36
Abbildung 9 - Grafische Darstellung der mittleren Beförderungsgeschwindigkeit v in Abhängigkeit der Luftlinienentfernung s und Anzahl der Zwischenhalte n	41
Abbildung 10 - Abhängigkeiten zwischen den möglichen Knotenabstände und gewähltem Takt	43
Abbildung 11 - Unterschiedliche Knotenabstände mit gleicher Fahrzeit nach Anzahl der Zwischenhalte	46
Abbildung 12 - Idealisiertes Quadratraster	49
Abbildung 13 - Idealisiertes Quadratraster mit Diagonalen	50
Abbildung 14 - Idealisiertes Dreiecksraster	51
Abbildung 15 - Idealisiertes überschnittenes Radial-Ring-Netz	52
Abbildung 16 - Stufenweise Vereinfachung eines Netzes aus Direktverbindungen	53
Abbildung 17 - Idealisiertes Rautennetz.....	54
Abbildung 18 - Beispielhafte Kombination von Radial-Ring-Netz und Dreiecksraster.....	55
Abbildung 19 - Beispielhafter rotierender Fahrereinsatz auf durchgehenden Linienverläufen	56
Abbildung 20 - Beispielhafte Bezugsflächen für Raster mit 14 km Knotenabstand.....	59
Abbildung 21 - Radiallinien bilden Einzugsgebiete um Hauptknoten	63
Abbildung 22 - Rasterung und zentraler Rendezvouspunkt für Nebenlinien.....	63
Abbildung 23 - Beispielhafte Auslegungen für Richtungsband- und Sektorbetrieb	64
Abbildung 24 - Zusätzliche Nebenlinie zur Flächenerschließung im Hauptkorridor	64
Abbildung 25 - Anteilige Längen der Nebenlinien.....	66
Abbildung 26 - Automatisierter Kleinbus des Projektes HEAT in Hamburg	70
Abbildung 27 - Differenzierte Bedienung im Regionalverkehr	74
Abbildung 28 - Verortung des Untersuchungsgebietes	77
Abbildung 29 - Ländlichkeitsindex auf Gemeindeebene.....	77
Abbildung 30 - Zentrale Orte und Einwohnerdichte auf Verkehrszellenebene	78
Abbildung 31 - Straßen- und Schienennetz.....	80
Abbildung 32 – Bus- und Schienennetz im Landkreis Ansbach.....	82

Abbildung 33 - AST-Zonen	82
Abbildung 34 - Tarifzonen des VGN im Bereich Ansbach.....	85
Abbildung 35 - Pendlerströme innerhalb des Landkreises	87
Abbildung 36 – Kreisgrenzen überschreitende Pendlerströme	87
Abbildung 37 - IV-Belastung aus DIVAN-Umlegung (ohne Autobahnen).....	88
Abbildung 38 - ÖV-Belastung aus DIVAN-Umlegung mit Streckenabschnitten > 100 Pers/d	89
Abbildung 39 - Grobe Skizze eines angepassten Quadratrasters im Untersuchungsraum.....	94
Abbildung 40 - Grobe Skizze eines Radial-Ring-Netzes um mehrere Zentren im Untersuchungsraum.....	96
Abbildung 41 – Beispiele für die Unterteilung von Zwischenflächen durch annähernd parallele Nebenlinien.....	99
Abbildung 42 – Beispiele für die Unterteilung von Zwischenflächen ausgehend von einem zentralen Hub	100
Abbildung 43 - Beispielhafte Anordnung von Radiallinien um Hauptknoten	101
Abbildung 44 - Mögliche Fahrtenverläufe von Richtungsbändern zwischen Städten, hier dargestellt als einzelne Linienrouten	101
Abbildung 45 - Beispielhafte Sektoren mit Ausrichtung auf Feuchtwangen bzw. Herrieden	102
Abbildung 46 - Anwendung mehrerer Auslegungen auf ein Gebiet.....	103
Abbildung 47 - Beispielhaft Ansicht aus der Auswertung der Flächenerschließung	106
Abbildung 48 - Ausschnitt der ÖV-Isochronendarstellung zu Mittel- und Oberzentren der Hauptnetzvariante QR 8 km	107
Abbildung 49 - Unzureichende Erschließung größerer Siedlungsflächen	113
Abbildung 50 - Potenzielle Energie- bzw. Emissionseinsparungen in Abhängigkeit der reduzierten Pkw-Fahrleistung.....	121

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Raumtypen nach RegioStaR.....	6
Tabelle 2 - Mittlere Beförderungsgeschwindigkeiten in km/h in Abhängigkeit von Länge der Strecke s in km und Anzahl der Zwischenhalte n auf einer Hauptlinie	40
Tabelle 3 - Verhältnis von Warte- zu Fahrzeit für verschiedene Taktgrößen	42
Tabelle 4 – Abstände der Hauptknoten in Abhängigkeit der Anzahl der Zwischenhalte für Fahrzeiten ≤ 25 min bzw. ≤ 17 min.....	45
Tabelle 5 – Angesetzte Fahrzeitfolge- und Betriebszeiten im Hauptnetz.....	47
Tabelle 6 - Quantitativer Vergleich idealisierter flächenorientierter Netzvarianten mit 30-min-Takt	59
Tabelle 7 – Quantitativer Vergleich idealisierter zentrenorientierter Netzvarianten.....	60
Tabelle 8 - Mittlere Beförderungsgeschwindigkeiten in km/h in Abhängigkeit von Länge der Strecke s in km und Anzahl der Zwischenhalte n auf Nebenlinien	66
Tabelle 9 - Anzahl der Zwischenhalte auf halben orthogonalen Zubringerlinien (Quadratraster) für ca. 25 min / 17 min Fahrzeit	67
Tabelle 10 - Anzahl der Zwischenhalte auf halben, diagonalen Zubringerlinien (Quadratraster) für ca. 25 min / 17 min Fahrzeit	67
Tabelle 11 - Anzahl der möglichen Zwischenhalte auf zentralen Zubringerlinien (Dreiecksraster) für ca. 25 min / 17 min Fahrzeit	68
Tabelle 12 - Verteilung der Einwohner in nach Ortsgröße	79
Tabelle 13 - Kenngrößen des bestehenden ÖV-Angebotes	85
Tabelle 14 – grobe Übersicht der Kenngrößen der untersuchten Varianten	97
Tabelle 15 - Kenngrößen der Hauptnetzvarianten.....	105
Tabelle 16 - Fahrleistung der Nebennetzvarianten.....	105
Tabelle 17 - Werte für die Flächenerschließung der Varianten.....	107
Tabelle 18 - Erreichbarkeit der Haltestellen des Hauptnetzes	109
Tabelle 19 – Erreichbarkeit der Haltestellen in den Bezugsgebieten der Nebennetze....	109
Tabelle 20 - Mittlere und maximale Umsteigehäufigkeit zum nächstgelegenen Zentrum	110
Tabelle 21 - Reisezeitverhältnisse zu Zentren auf den Hauptnetzen.....	111
Tabelle 22 - Reisezeitverhältnisse zu Zentren innerhalb der Bezugsflächen der Nebennetzvarianten	111
Tabelle 23 - Anteil des befahrenen Straßennetzes im Bezugsgebiet	112
Tabelle 24 - Vergleich zwischen Bestand und neuem Konzept an einem Schul- und Werktag.....	117
Tabelle 25 - Vergleich des jährlichen Energiebedarfs und der CO ₂ -eq-Emissionen des vorhandenen und neuen ÖPNV-Angebots (ohne graue Energie)	120
Tabelle 26 - Auswirkung der reduzierten Pkw-Fahrleistung und gleichzeitigem Umstieg auf den ÖV auf den Modal Split in ländlichen Räumen (Überschlägige Rechnung auf Basis von MiD-Daten).....	121
Tabelle 27 - Mögliche anteilige Reduzierung des verkehrsbedingten Energieverbrauchs und Emissionen in Deutschland in reduzierten Pkw-Fahrleistung (nur Verbrenner, ohne graue Energie)	122
Tabelle 28 – Kostenschätzung der jährlichen Betriebskosten getrennt nach Antriebsart	123

Abkürzungsverzeichnis

AST	Anrufsammeltaxi
Bay-LzN	Leitlinie zur Nahverkehrsplanung in Bayern
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BMVBS	Bundesamt für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
DIVAN	Datenbasis für intermodale Verkehrsuntersuchungen und Auswertungen im Großraum Nürnberg
FFZ	Fahrzeugfolgezeit
GIS	Geoinformationssystem
HVZ	Hauptverkehrszeit
ITF	Integraler Taktfahrplan
LSA	Lichtsignalanlage
MiD	Mobilität in Deutschland
MIV	Motorisierter Individualverkehr
NVZ	Nebenverkehrszeit
OSM	Open Street Maps
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PBefG	Personenbeförderungsgesetz
Pkw	Personenkraftwagen
RegioStaR	Regionalstatistische Raumtypologie
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
SVZ	Schwachverkehrszeit
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen
VGN	Verkehrsverbund Großraum Nürnberg

1. Einleitung

Hier soll zunächst eine Einführung in die Ausgangssituation erfolgen, die das Anliegen und die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit motiviert. Anschließend wird auf den methodischen Aufbau eingegangen.

1.1. Ausgangssituation

Unsere derzeitige Mobilitätsstruktur beruht vornehmlich auf der Entwicklung des individuellen motorisierten Verkehrs und der dafür benötigten Infrastruktur. Die Befriedigung der zunehmenden Verkehrsnachfrage durch die Nutzung privater Pkw wird von vielen Politikern und Planern als der „Normalfall“ angesehen und verkehrliche Problemstellungen mit immer mehr und breiteren Straßen begegnet.¹ Laut Knoflacher wird das menschliche Verhalten von vorhandene Strukturen, die direkt oder indirekt wahrgenommen werden, beeinflusst. Beispielsweise regen Bänke zum Sitzen an, Parkplätze zum Parken.² Nach dieser Logik regt ein gutes Straßennetz auch zur verstärkten Nutzung des Pkw an. In Deutschland existiert nach Jahrzehnten autogerechter Planung genau dieses. Ein flächendeckendes Streckennetz mit hohen Ausbaustandards über das nahezu jedes (Wohn-) Gebäude direkt erreicht werden kann und das teils hohe Fahrgeschwindigkeiten ermöglicht. Auch ist Deutschland hinlänglich als Land der Autobauer bekannt. Unter den größten Unternehmen des Landes finden sich gleich mehrere Autohersteller oder -zulieferer. Dass der Ausdruck „des deutschen liebsten Kind“ in erster Linie mit Autos in Verbindung gebracht wird, ist bezeichnend für die sich über die letzten Jahrzehnte herausgebildete, regelrechte „Auto-Kultur“. Die aktuelle Dominanz des motorisierten Individualverkehrs wird auch von der Studie „Mobilität in Deutschland“ verdeutlicht. Laut ihr besitzen ca. 90 Prozent aller Haushalte außerhalb von Städten mindestens einen eigenen Pkw³. Dahingehend ist nicht verwunderlich, dass der MIV in Deutschland nach wie vor mit Abstand das Verkehrsmittel Nummer Eins ist und auf absehbare Zeit wohl auch bleiben wird. Veränderungen im Mobilitätsverhalten werden aktuell eher durch strukturelle Effekte wie der Reurbanisierung und dem Beschäftigungszuwachs getrieben als durch verkehrliche Verbesserungen⁴. Oft wird über das „Defizit“, also den sinkenden Kostendeckungsgrad und steigenden Zuschussbedarf des ÖPNV gesprochen. Eine vergleichbare Diskussion über die Kosten des Autoverkehrs findet dagegen jedoch kaum statt. Dabei verursacht dieser auf kommunaler Ebene große Kosten (Straßenbau, Unterhaltung, Verwaltung, Planung, Parkraumvorsorge) mit gleichzeitig geringen Einnahmen (Parkraumbewirtschaftung). Die Summe der vom Bund erhobenen Kraftfahrzeugsteuer von ca. 9.000 Mio. Euro im Jahr 2019 wurde in Summe geplant zu nahezu 100 Prozent für Bundesautobahnen und Bundesstraßen verwendet⁵. Die Finanzierung von Landes-, Kreis- und Gemeindestraßen erfolgt durch die jeweilige

¹ Jürgen Perschon: *Nachhaltige Mobilität* (2012), S. 2.

² Knoflacher: *Grundlagen der Verkehrs- und Siedlungsplanung* (2012), 19f.

³ infas, im Auftrag des BMVI: *Mobilität in Deutschland 2017 - Ergebnisbericht* (veröffentlicht 2019), S. 35.

⁴ infas, im Auftrag des BMVI: *Mobilität in Deutschland 2017 - Kurzreport* (veröffentlicht 2019).

⁵ Bundesfinanzministerium: *Soll-be-richt 2019 - Ausgaben und Einnahmen des Bundeshaushalts*.

Körperschaft selbst, wobei zusätzliche Bundesmittel aus dem Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz (GVFG) bezogen werden können – aus demselben „Topf“ wie die Mittel für den ÖPNV. Während dessen Finanzierung den Haushalt belastet und deshalb oft und intensiv diskutiert wird, werden Kosten für den Autoverkehr in den meisten Fällen ohne Hinterfragung als sinnvoll und nötig angesehen.

Im Bereich dieser nach wie vor starken Fokussierung auf den MIV besteht vor allem mit Blick auf den sich zuspitzenden Klimawandel klarer Handlungsbedarf. Der Verkehrssektor verursacht einen bedeutenden, immer noch steigenden Anteil an klimawirksamen Treibhausgasen. 27 Prozent aller Treibhausgasemissionen der Europäischen Union im Jahr 2017 sind auf ihn zurückzuführen⁶. Wiederum 72 Prozent dieser wurden durch den Straßenverkehr und darin 44 Prozent allein durch private Pkw erzeugt⁶. Das bedeutet, dass ca. 12 Prozent aller innerhalb der EU anfallenden klimaschädlichen Emissionen auf Fahrten mit privaten Pkw zurückfallen. Um die Klimaziele der EU (die Begrenzung des Temperaturanstiegs um maximal 2 °C) erreichen zu können, müssen die CO₂-Emissionen des gesamten Verkehrssektors laut dem „White Paper on Transport“ der EU bis 2050 gegenüber 1990 um 60 Prozent gesenkt werden⁷. Darin wird auch nachdrücklich festgestellt, dass die derzeitigen Verkehrsverhältnisse nicht nachhaltig sind. Mit einem Blick in die Zukunft werde klar, dass Verkehr sich nicht in dieselbe Richtung weiterentwickeln dürfe wie bisher. Wenn an dem jetzigen System festgehalten werde, würden die CO₂-Emissionen bis 2050 immer noch um ein Drittel höher sein als 1990. Zusätzlich würden durch Verkehrsstaus entstehende Kosten um ca. die Hälfte ansteigen, soziale Kosten durch Unfälle und Lärm weiter zunehmen und sich der Unterschied zwischen städtischen und ländlichen Räumen nur vergrößern.⁸ Neben umweltpolitischen Zielen ist auch Letzteres ein wichtiger Ansatzpunkt. Durch den demografischen Wandel und dem in den letzten Jahrzehnten zu beobachteten Bevölkerungsrückgang in vielen ländlichen Gebieten bewegen sich die Lebensverhältnisse zwischen Stadt und Land immer weiter auseinander. Während die breite Mehrheit der Pkw-Fahrer in einem relativ dicht besiedelten und mit einer hervorragenden Straßeninfrastruktur ausgestatteten Land kaum Erreichbarkeitsprobleme kennt, stehen Bevölkerungsgruppen, die ein weniger autoaffin sind oder keinen Zugang zu einem eigenen Pkw haben, in ländlichen Räumen oftmals vor großen Herausforderungen bei der Durchführung ihrer Alltagsmobilität. Ebenso wie die Einsparung von Emissionen ist auch die Schaffung gleichwertiger Lebensverhältnisse in allen Teilräumen ein erklärtes politisches Ziel.⁹

Es ist also ein Umdenken unseres bisherigen Verkehrsverhaltens erforderlich. Vor diesem Hintergrund bietet der öffentliche Verkehr durch seinen im Vergleich zum Individualverkehr deutlich geringen Energiebedarf pro Kopf besonders mit Blick auf die langen Wegstrecken im ländlichen Raum große Potenziale und ist ein wichtiger Baustein der angestrebten Verkehrswende. Der ÖV ist zudem ein wichtiger Teil der öffentlichen Daseinsvorsorge. Er stellt die Mobilität und den Zugang zu Aktivitäten für Personengruppen und Individuen sicher, die über kein eigenes Fahrzeug verfügen können, dürfen oder wollen. Die

⁶ European Environment Agency (EEA): *Greenhouse gas emissions from transport in Europe*.

⁷ Europäische Kommission: *White paper on transport (2020)*.

⁸ Europäische Kommission: *White paper on transport (2020)*, S.23.

⁹ vgl. Ahlmeyer und Wittowsky: *Was brauchen wir in ländlichen Räumen? Erreichbarkeitsmodellierung als strategischer Ansatz der regionalen Standort- und Verkehrsplanung (2018)*.

Befriedigung der Mobilitätsbedürfnisse aller Bevölkerungsgruppen zu gewährleisten, gilt als wesentliche Voraussetzung für die Zukunftsfähigkeit ländlicher Räume¹⁰. Der ÖV soll dafür sorgen, dass Reisende zuverlässig, komfortabel und mit angemessenem Zeit- und Kostenaufwand an ihr Ziel kommen. Zumindest erklärt stellt der ÖV in urbanen Räumen bereits ein Vorrangsystem dar, auch wenn sich in der Realität vielerorts ein anderes Bild ergibt. In manchen ländlichen Regionen ist der ÖPNV durch die verkehrspolitische Behandlung als reine Daseinsvorsorge und gleichzeitig durch die zunehmende Motorisierung jedoch sukzessive aus dem Blickfeld vieler Menschen geraten. In Wechselwirkung mit dem Problem der vielerorts eingeschränkten zeitlichen sowie örtlichen Verfügbarkeit stellt der öffentliche Nahverkehr für seine potenziellen Nutzer dadurch in der Alltagsmobilität aktuell vielerorts keine ernsthafte Alternative zum Individualverkehr dar. Gleichzeitig führt die zunehmende Zentralisierung von Versorgungseinrichtungen und Arbeitsstätten in lokalen Zentren zu vielen Fahrten und Pendlerbewegungen vom Land in die Stadt. Und damit gesteigertem Bedarf an Mobilität, einer größeren Anzahl von Fahrten und mit einhergehend steigenden Emissionen. Gerade diese gerichteten Verkehrsströme können mit Bündelung durch den öffentlichen Verkehr verträglicher abgewickelt werden. Durch ein attraktives ÖPNV-Angebot können Pkw-Fahrten zumindest in Teilen substituiert und modale Verlagerungseffekte herbeigeführt werden.

Vor allem in ländlichen Räumen, die von Bevölkerungsrückgängen betroffen sind beschränkt sich der öffentliche Verkehr vielerorts auf die staatlich vergütete Beförderung der ebenso schrumpfenden Anzahl von Schülern. Ein nachhaltiges und funktionierendes Mobilitätssystem muss die Erreichbarkeit zu Standorten der Daseinsvorsorge in angemessener Weise jedoch für alle Bevölkerungsgruppen gleichermaßen leisten und garantieren. In manchen solcher Gebiete wird mit Pilotprojekten versucht, den Erreichbarkeitsdefiziten durch die Erprobung neuer Formen der Mobilität wie der flexiblen Bedienung, integrierte Mitfahrssysteme oder dem Aufbau von Bürgerbussen entgegenzuwirken. Für eine wirkliche Veränderung im Mobilitätsverhalten hin zu mehr ÖPNV-Nutzung auch außerhalb von urbanen Räumen ist ein modernes, integriertes Angebot notwendig.

1.2. Motivation und Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist zu untersuchen wie eine flächendeckende, offensive ÖPNV-Angebotsstrategie im ländlichen Raum konkret aussehen kann, welche Rahmenbedingungen dafür erfüllt werden müssen und welche Potenziale und Verschiebungen im Reisezeitverhältnis zwischen Pkw-Verkehr und ÖPNV bei der Implementierung eines solchen Systems zu erwarten sind. Durch ein solches Konzept soll der öffentliche Verkehr auf dem Land von seiner gegenwärtigen Rolle der reinen Daseinsvorsorge zu einem ernst zu nehmenden Konkurrenzsystem zum MIV angehoben werden. Die deutliche Qualitätssteigerung im Angebot soll zu einer stärkeren Nachfrage im öffentlichen Verkehr führen und das Potenzial haben, die momentan bestehende Notwendigkeit eines privaten Pkw im ländlichen Raum aufzulösen sowie die Lebensverhältnisse zwischen Stadt und Land

¹⁰ vgl. Ahlmeyer und Wittowsky: *Was brauchen wir in ländlichen Räumen? Erreichbarkeitsmodellierung als strategischer Ansatz der regionalen Standort- und Verkehrsplanung* (2018).

anzugleichen. Durch die so erreichte Verringerung der MIV-Fahrleistung kann der Energieverbrauch und damit die CO₂-Emissionen des Verkehrssektors gesenkt und ein Beitrag zum Klimaschutz sowie zur Schonung natürlicher Ressourcen geleistet werden.

Dazu werden verschiedene Konzepte erarbeitet, am Beispiel eines Teilgebietes konkret angewendet und bewertet. Im Gegensatz zu vielen konventionellen Ansätzen zur Angebotsverbesserung soll hier nicht von der momentanen Situation ausgehend geplant, sondern das Problem „von oben“, also von der Seite eines erstrebenswerten Angebots her betrachtet werden. Dies soll genutzt werden, um neue, bisher wenig betrachtete Möglichkeiten vorerst losgelöst von finanziellen Einschränkungen auszuleuchten und zu analysieren. Als grobe Zielvorgabe wird eine auf die Gebietsfläche bezogene jährliche Betriebsleistung von ca. 20.000 Fahrzeugkilometern pro km² bzw. 70 Fahrzeugkilometer pro km² pro Werktag angesetzt.

1.3. Aufbau der Arbeit

Auf die Einleitung folgt eine Darstellung der Ausgangssituation, in deren Zug zunächst der Begriff „ländlich“ näher betrachtet und auf die aktuelle Situation des öffentlichen Verkehrs im ländlichen Raum und vorhandene Probleme eingegangen wird. Darauf folgt eine Aufstellung der verschiedenen Angebotsformen, deren Anwendungsfelder sowie ein Blick auf aktuelle Ansätze im In- und Ausland. Dieses Kapitel dient im Weiteren als Grundlage für die Abwägung, an welchen Stellen das neu zu entwickelnde Konzept ansetzen kann bzw. sollte. In Kapitel 3 werden bisherige Arbeiten von Interesse für das Thema vorgestellt und auf deren Ergebnisse eingegangen. Anschließend wird die Grundidee des vorgeschlagenen Konzeptes erläutert, von der Fahrgastseite gestellte, allgemeine Anforderungen an einen attraktiven ÖPNV konkretisiert und auf grundlegende Annahmen und auf Vereinfachungen für die folgende Konzeption eingegangen. Auf diesen aufbauend werden Möglichkeiten der Ausführung und Eigenschaften der Systembestandteile beschrieben. Nach Legung der theoretischen Grundlagen wird das vorgeschlagene Konzept im vierten Kapitel auf ein ausgewähltes Beispielgebiet angewandt. Dazu werden mehrere Netzvarianten mit dem Programm „PTV Visum“ erstellt und im Weiteren miteinander verglichen. Dies erfolgt sowohl quantifiziert anhand ermittelter Kenngrößen des neuen Konzeptes als auch qualitativ durch die im Zuge der Bearbeitung gewonnenen Erfahrungen mit der Anwendung der Systeme. Nach einem Vergleich einer ausgewählten Netzvariante mit dem momentan vorhandenen Angebot wird eine überschlägige Energierechnung und Kostenschätzung angestellt. Abschließend werden grobe Handlungsempfehlungen für einen schrittweisen Übergang hin zu dem vorgeschlagenen Konzept sowie zur allgemeinen Stärkung des ÖPNV sowie einige weiterführende Ansätze zur möglichen Erweiterung oder Verbesserung des erarbeiteten Systems gegeben.

2. Der ländliche Raum

In diesem Kapitel werden einige grundlegenden Begriffe definiert, sowie auf die verkehrliche Ausgangssituation im ländlichen Raum in Bezug auf den ÖPNV und unterschiedliche Angebotsformen eingegangen. Anschließend erfolgt eine Vorstellung einzelner aktueller Pilotprojekte mit neuen Mobilitätskonzepten und ein Blick auf die Situation im Ausland.

2.1. Definition des Begriffs

Da im Weiteren oft die Rede vom „ländlichen Raum“ ist, soll dieser Begriff hier zunächst definiert werden. Angesichts der Vielfalt in Bezug auf unter anderem Intensivität der Flächennutzung und vorhandener Infrastruktur können diese unterschiedlich definiert und abgegrenzt werden. Generell zeichnen sich als „ländlich“ bezeichnete Regionen durch geringe Siedlungsdichte, lockere Wohnbebauung und einer schlechten Erreichbarkeit großer Zentren aus^{11,12,13}. Diese Merkmale spiegeln sich auch in den meist weiten Wegen zwischen Wohnort und Arbeitsstätte bzw. Versorgungsmöglichkeiten wieder¹⁴.

Das Thünen-Institut für ländliche Räume nimmt die Abgrenzung und Typisierung ländlicher Gebiete durch Betrachtung der Ländlichkeit selbst und der sozio-ökonomischen Lage vor. Neben der Unterscheidung zwischen „ländlich“ und „nicht ländlich“ werden ländliche Regionen nach sozio-ökonomischen Kriterien in vier Unterkategorien von „sehr ländlich mit weniger guter sozio-ökonomischer Lage“ bis „eher ländlich mit guter sozio-ökonomischer Lage“ eingeteilt. Nach dieser Definition ist eine Region ländlicher desto

- je geringer die Siedlungsdichte,
- je höher der Anteil der land- und forstwirtschaftlichen Fläche an der Gesamtfläche,
- je höher der Anteil der Ein- und Zweifamilienhäuser an allen Wohngebäuden,
- je geringer das regionale Bevölkerungs-potenzial und
- je geringer die Erreichbarkeit großer Zentren (proportional zu der Straßendistanz und gewichteten Summe der Bevölkerungszahl der nächsten fünf Oberzentren) ist.¹⁵

Die Bewertung der sozio-ökonomischen Lage charakterisiert die sozialen und wirtschaftlichen Bedingungen der dort lebenden Menschen. Darin fließen unter anderem ein: die durchschnittliche Arbeitslosenquote, durchschnittliche Bruttolöhne, Wohnungs-leerstand, durchschnittliche Lebenserwartung und durchschnittliche Schulabbrecher-quote¹⁶. Nach der Abgrenzung des Instituts gelten 306 aller 402 Kreise in Deutschland als

¹¹ vgl. G Henkel: *Der ländliche Raum: Gegenwart und Wandlungsprozesse seit dem 19. Jh in Deutschland* (2004), 33.

¹² vgl. Corpus A et al.: *Approaches to rural typology in the European Union* (2008), 21f.

¹³ vgl. [online] Patrick Küpper, Jan Cornelius Peters: *Thünen-Landatlas* (2019), <https://www.landatlas.de>.

¹⁴ Küpper: *Auf dem Weg zu einem Grundangebot von Mobilität in ländlichen Räumen: Probleme, Ursachen und Handlungsoptionen* (2011).

¹⁵ Küpper et al.: *Abgrenzung und Typisierung ländlicher Räume (Thünen Working Paper 68)* (2016), 8f.

¹⁶ Küpper et al.: *Abgrenzung und Typisierung ländlicher Räume (Thünen Working Paper 68)* (2016), 14f.

ländlich. Darin leben ca. 57 Prozent der Gesamtbevölkerung Deutschlands, verteilt auf ca. 91 Prozent der Bundesfläche ¹⁷.

Für statistische Analysen wird dagegen oft die „Regionalstatistische Raumtypologie für die Mobilitäts- und Verkehrsforschung“ (RegioStaR) des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) herangezogen. Die Typologie basiert auf siedlungsstrukturellen Merkmalen auf Gemeindeebene und ist hierarchisch aufgebaut. Auf oberster Ebene wird zwischen den zwei Regionstypen „Stadtregion“ und „ländliche Region“ unterschieden. Diese beiden Typen werden weiter in vier und 17 Raumtypen differenziert. Als Kompromiss zwischen Übersichtlichkeit und Differenziertheit dient der zusammengefasste regionalstatistische Raumtyp (RegioStaR 7). ¹⁸ Tabelle 1 zeigt die Gliederung der unterschiedenen Raumtypen. In Abbildung 1 ist ein Vergleich der Abgrenzung der Bundesfläche nach RegioStaR 2 (links), RegioStaR 7 (Mitte) und der Unterscheidung des Thünen-Institutes (rechts) abgebildet.

Tabelle 1 - Raumtypen nach RegioStaR (Statistisches Bundesamt ¹⁹)

RegioStaR 2	1 Stadtregion		2 Ländliche Region	
RegioStaR 17	111 Metropole	121 Regiopole	211 Zentrale Stadt	221 Zentrale Stadt
	112 Großstadt	123 Mittelstadt	213 Mittelstadt	223 Mittelstadt
	113 Mittelstadt	124 Städtischer Raum	214 Städtischer Raum	224 Städtischer Raum
	114 Städtischer Raum	125 Kleinstädt., dörflicher Raum	215 Kleinstädt., dörflicher Raum	225 Kleinstädt. Raum
	115 Kleinstädt., dörflicher Raum			
RegioStaR 7	71 Metropolen		75 Zentrale Städte	
	72 Regiopolen und Großstädte		76 Mittelstädte, städtischer Raum	
	73 Mittelstädte, städtischer Raum		77 Kleinstädtischer, dörflicher Raum	
	74 Kleinstädtischer, dörflicher Raum			

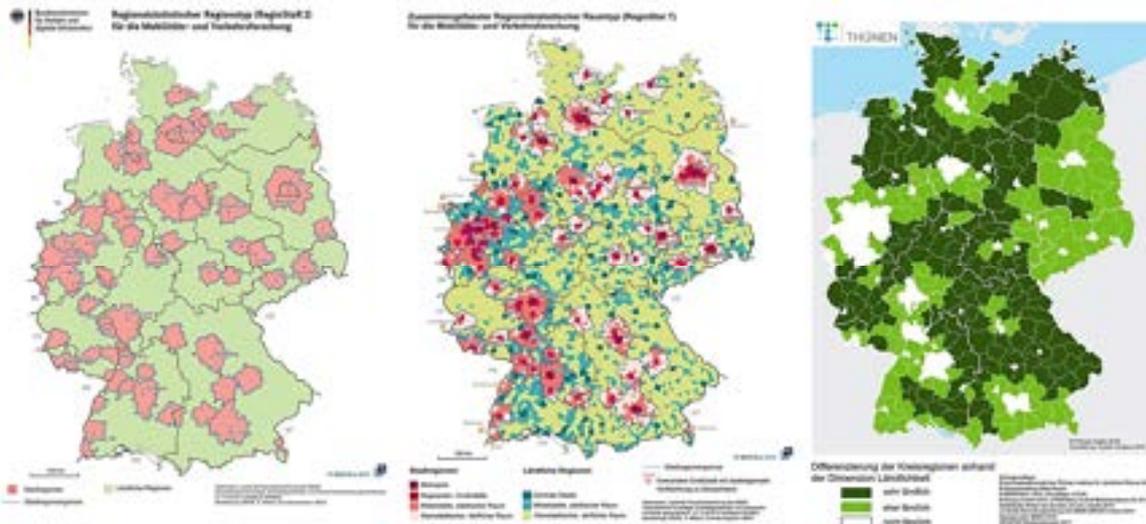


Abbildung 1 - Raumstrukturen nach RegioStaR 2 (links) und 7 (Mitte) (BMVI: RegioStaR 2020) bzw. Thünen-Institut (rechts) ([online] www.karten.landatlas.de/app/landatlas/)

¹⁷ Küpper et al.: Abgrenzung und Typisierung ländlicher Räume (Thünen Working Paper 68) (2016), 27.

¹⁸ BMVI: Regionalstatistische Raumtypologie (RegioStaR) (2020).

¹⁹ [online] Statistisches Bundesamt: Daten aus dem Gemeindeverzeichnis Regionalstatistische Raumtypologie (RegioStaR 17) (2021), <https://www.destatis.de>.

2.2. Verkehrssituation im ländlichen Raum

Außerhalb der Städte ist der Pkw immer noch Verkehrsträger Nummer Eins. Veränderungen werden laut MiD aktuell eher durch strukturelle Effekte wie der (Re-)Urbanisierung und Beschäftigungszuwachs getrieben als durch verkehrliche Verbesserungen²⁰. In diesen Gebieten verfügen ca. 90 Prozent aller Haushalte über mindestens einen Pkw²¹. Auch die Raumstruktur ist durch die starke Motorisierung und lange Fokussierung auf den motorisierten Individualverkehr durch diesen geprägt. Kutter spricht hinsichtlich der MIV-orientierten Raumplanung sogar von „historischer Verklärung“ der Entscheidungsträger beispielsweise hinsichtlich heutiger Verkehrserreichbarkeiten oder marginalen Kosten der individuellen Verkehrsfunktion²².

In vielen Gebieten ist die Zentrale-Orte-Struktur vorherrschend. Zentrale Orte weisen eine hohe Dichte an öffentlichen Einrichtungen, privaten Dienstleistungsunternehmen und Versorgungsmöglichkeiten auf. Aufgrund des hohen Angebots an Versorgungs- und Arbeitsmöglichkeiten verfügen diese zumeist auch über eine hohe ansässige Bevölkerung (Stadt). Diese Zentren dienen in der zentralistischen Raumordnung definitionsgemäß der Erfüllung periodisch wiederkehrender Dienstleistungsbedürfnisse der umliegenden Siedlungen wie höherer Bildung, medizinischer Versorgung, Dienstleistungen der Verwaltung und Rechtspflege sowie kulturelle und sportliche Angebote. Durch die räumliche Konzentration von Einrichtungen in diesen Orten wird ein attraktives Angebot geschaffen, das Konsumenten aus dem weiteren Umfeld anzieht. Um von dieser Anziehungskraft wirtschaftlich zu profitieren, entscheiden sich private Unternehmen bei ihrer Standortwahl oft ebenfalls für Zentrale Orte, was deren Bedeutung weiter verstärkt²³. Aufgrund des großen Gewichtes dieser Zentren ist auch die Verkehrsinfrastruktur darauf ausgelegt, diese zu erreichen und untereinander zu verbinden. Das Netz Zentraler Orte ist gerade in peripheren ländlichen Regionen definitionsgemäß dünner, was wiederum zu weiteren Entfernungen zwischen Wohnort und anderen Funktionen des täglichen Lebens wie Arbeitsstätte, Versorgungsmöglichkeiten oder Freizeitangeboten führt, da diese oft nur in Zentren vorhanden sind. Laut MiD beträgt die mittlere Fahrstrecke mit Pkw in kleinstädtischen und dörflichen Räumen ca. 26 - 29 km pro Tag, in Großstädten dagegen rund 15 km.²⁴

Da der Thematik der Zentralen Orte bzw. der Zentralität in der späteren Konzeption des Angebots einige Bedeutung zukommt, wird hier ein kurzer Exkurs eingefügt:

Das System Zentraler Orte ist ein wichtiges Instrument der Raumordnung und im Raumordnungsgesetz (ROG) gesetzlich festgeschrieben. Nach § 2 Abs. 2 Nr. 2 ROG sind insbesondere Einrichtungen der sozialen Infrastruktur in zentralen Orten zu bündeln²⁵. Ursprünglich war die Intention der „zentralen Orte“ eine effiziente Versorgung (Nahrung, Bildung, Erwerbsmöglichkeiten) der Bevölkerung sowie

²⁰ ifas, im Auftrag des BMVI: *Mobilität in Deutschland 2017 - Kurzreport* (veröffentlicht 2019), S. 7.

²¹ ifas, im Auftrag des BMVI: *Mobilität in Deutschland 2017 - Ergebnisbericht* (veröffentlicht 2019), S. 70.

²² Eckhard Kutter: *Innovative räumliche Planung* (2002), S. 26.

²³ vgl. Klaus Einig und Brigitte Zaspel-Heisters: *Das System Zentraler Orte in Deutschland*.

²⁴ ifas, im Auftrag des BMVI: *Mobilität in Deutschland 2017 - Ergebnisbericht* (veröffentlicht 2019), 47f.

²⁵ vgl. Klaus Einig und Brigitte Zaspel-Heisters: *Das System Zentraler Orte in Deutschland*.

optimale Austauschbedingungen für die Wirtschaft. Daraus entstand ein Netzwerk von Konzentrationen der Einrichtungen für Wohnen, Bildung, Erwerbstätigkeit, Versorgung etc. in lokalen Zentren²⁶. Die klassische Zentrale-Orte-Theorie geht auf den deutschen Geografen Christaller zurück, in der er schreibt „Hauptberuf [...] der Stadt ist es, der Mittelpunkt eines Gebiets zu sein“²⁷. Er definiert die „Zentralität“ einer Stadt als die „relative Bedeutung eines Ortes in Bezug auf das umgebende Gebiet“²⁸. Jedoch gilt Christallers Ansatz laut Nakoinz heutzutage als obsolet. Er definiert einen „Zentralort“ stattdessen als Gebiet mit hoher relativer Konzentration von Interaktionen (Interaktion entspricht dem gemeinsamen Handeln mindestens zweier Aktionspartner. z. B. der Austausch von Informationen, Austausch von Gütern, gemeinsame Aktivitäten, physische Manipulationen).²⁹ Diese Orte entstanden historisch bedingt durch unterschiedliche Klassen von zentraler Funktion wie Handel, Herrschaft, Schutz, Produktion oder Kult³⁰. Zentralität beschreibt damit sowohl eine über Jahrhunderte gewachsene Siedlungsstruktur als auch einen heutigen Grundsatz der Raumplanung³¹.

In der Praxis werden zentrale Orte hierarchisch gegliedert. An der Spitze stehen Oberzentren, die eine möglichst vielfältige Ausstattung mit hochrangigen Einrichtungen und Dienstleistungen anbieten, um spezialisierten und hochrangigen Bedarf zu decken. Sie weisen überregionale bis landesweite Bedeutung auf. Kennzeichnende Einrichtungen für Oberzentren sind unter anderem Hochschulen bzw. Universitäten, bedeutsame Museen und Sportstätten, Schauspielhäuser/Opern, spezialisierte Krankenhäuser, attraktive Innenstädte, der Sitz von Landesbehörden, Einrichtungen der Gerichtsbarkeit, Anschluss an den nationalen und internationalen Zugverkehr und leistungsfähige Fernverkehrsstraßen.³²

Versorgungsfunktionen unterhalb der oberzentralen Aufgaben, die aber über eine örtliche Grundversorgung hinausgehen, sind in Mittelzentren angeordnet. Zu typischen Einrichtungen gehören weiterführende Schulen, berufsbildende Schulen, Förderschulen, Sport- und Großveranstaltungshallen, Schwimmbäder, Fachärzte, Krankenhäuser, vielseitige Einkaufsmöglichkeiten, freie Berufe und Dienstleistungen, Sitz von Amtsgerichten sowie der Kreisverwaltung und Polizei ebenso wie eine gute Verkehrsanbindung und ein ÖV-Knotenpunkt mit Umsteigefunktion zwischen ÖPNV und SPNV.³²

Die unterste Stufe bilden die Grundzentren (ursprünglich unterteilt in Unter- und Kleinzentren). Sie sind primär auf die Deckung der alltäglichen Grund- und Nahversorgung ausgerichtet. Typisch sind Grund- und Mittelschulen, Einrichtungen für den Breitensport, Einrichtungen für Familien und Senioren,

²⁶ vgl. Eckhard Kutter: *Innovative räumliche Planung* (2002), S. 15.

²⁷ Walter Christaller: *Die Zentralen Orte in Süddeutschland* (1933), S. 23.

²⁸ Walter Christaller: *Die Zentralen Orte in Süddeutschland* (1933), S. 27.

²⁹ vgl. Nakoinz: *Zentralität* (2019), 53ff.

³⁰ vgl. Nakoinz: *Zentralität* (2019), 100f.

³¹ vgl. Klaus Einig und Brigitte Zaspel-Heisters: *Das System Zentraler Orte in Deutschland*.

³² Klaus Einig und Brigitte Zaspel-Heisters: *Das System Zentraler Orte in Deutschland*.

Arztpraxen und Apotheken, ein ausreichendes Einzelhandelsangebot, Finanzdienstleistungen (Bankfilialen), Postfilialen, Sitze der Kommunalverwaltung und qualifizierte ÖPNV-Knotenpunkte.³²

Während sich die Raumstruktur langfristig in Zusammenwirkung mit dem Verkehrsverhalten entwickelt, ist Letzteres wiederum stark von der vorhandenen Raumstruktur abhängig³³. Mit einem weit ausgebauten Straßennetz, hoher Verfügbarkeit an Parkmöglichkeiten und niedriger Verkehrsdichte in ländlichen Räumen erreicht der motorisierte Individualverkehr dort einen Modal-Split von bis zu 70 Prozent³⁴. Der Anteil des ÖPNV am Modal-Split in der Fläche liegt dagegen nur bei etwa 5 Prozent³⁵. Als Grund für die geringe Nutzung des öffentlichen Verkehrs in ländlichen Regionen kann zum Teil die hohe Habitualisierung der Pkw-Nutzung trotz guter Alternativen und für viele Menschen das Begreifen des Autofahrens als einen Teil des Lebensstils genannt werden³⁶. Als zentral für den hohen MIV-Anteil auf dem Land gilt jedoch auch die niedrige Attraktivität des vorhandenen Angebotes im Vergleich zum Pkw-Verkehr. Nach Wehmeier und Koch³⁷ können 54 Prozent der Bevölkerung das nächste Mittelzentrum mit öffentlichen Verkehrsmitteln innerhalb von 30 min erreichen. 7 Prozent benötigen sogar länger als eine Stunde. Dagegen dauert eine Fahrt zum nächsten Mittelzentrum mit dem Pkw für gerade einmal 1 Prozent der Einwohner in ländlichen Räumen Deutschlands länger als 30 min.³⁸ Hinsichtlich der ÖV-Bedienung sind Unterschiede zwischen städtischen und ländlichen Räumen eminent. Während in kreisfreien Großstädten ca. 95 Prozent aller Einwohner Zugang zu einem „ausreichenden“ ÖV-Angebot haben, sind es laut BBSR in dünn besiedelten ländlichen Gebieten nur knapp 60 Prozent.³⁸

Vierorts gibt es also ein grundsätzliches Angebotsproblem. In Deutschland sind allerdings keine einheitlichen Qualitätsstandards oder Gestaltungsrichtlinien für den ÖV festgelegt, da dies den Aufgabenträgern (Ländern bzw. Kommunen) vorbehalten ist. Meist sind die verwendeten Begriffe wie „ausreichend“, „zumutbar“ oder „regional notwendig“, jedoch nicht weiter definiert und damit dehnbar.³⁹ Das Angebot ist oft primär, wenn nicht gar ausschließlich, auf die Schülerbeförderung mit einzelnen Fahrten am Vor- und Mittag ausgerichtet. Grund dafür als auch Resultat daraus ist der hohe Anteil an Schülern mit ca. 80 Prozent aller Fahrgäste⁴⁰. Daraus resultiert auch ein deutlich schlechteres bis nicht existentes Angebot am Wochenende. Laut BBSR beträgt die Summe aller Abfahrten an Haltestellen deutschlandweit an einem Sonntag im Vergleich zu einem Werktag weniger als die Hälfte³⁹. Diese weit verbreitete, rudimentäre Grundversorgung reicht nicht aus, um das Mobilitätsbedürfnis vieler Bürger abzudecken. Auch in Ortschaften, die nur ein paar Kilometer von einer Kreisstadt und einer mehrmals pro Stunde bedienten Bahnlinie entfernt liegen werden oft nur einzelne, über den Tag verteilte Busfahrten angeboten. Wenn überhaupt. Oft ist der ÖPNV wegen des geringen Angebots und der teilweise erheblichen

³² Klaus Einig und Brigitte Zaspel-Heisters: *Das System Zentraler Orte in Deutschland*.

³³ vgl. Eckhard Kutter: *Innovative räumliche Planung* (2002), 20ff.

³⁴ infas, im Auftrag des BMVI: *Mobilität in Deutschland 2017 - Ergebnisbericht* (veröffentlicht 2019), S. 47.

³⁵ Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V.: *Gute Mobilität in ländlichen Räumen* (2020).

³⁶ vgl. Heine et al.: *Mobilität im Alltag* (2001), 80f.

³⁷ vgl. Wehmeier und Koch: *Mobilitätschancen und Verkehrsverhalten in nachfrageschwachen ländlichen Räumen* (2010), 459f.

³⁸ vgl. Pütz und Schönfelder: *Verkehrsbild Deutschland* (2018).

³⁹ vgl. Pütz und Schönfelder: *Verkehrsbild Deutschland* (2018).

⁴⁰ vgl. Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V.: *Gute Mobilität in ländlichen Räumen* (2020).

Qualitätsnachteile gegenüber dem MIV auch mit einem reinem Schülerverkehr gleichzusetzen und wird deshalb nicht als eine wirkliche Alternative wahrgenommen, sondern oft vielmehr als „Restverkehr“ diffamiert. Daraus resultieren Probleme für Bevölkerungsgruppen, die aus verschiedenen Gründen kein Auto fahren können, dürfen oder wollen.⁴¹

Besondere Herausforderung für den öffentlichen Verkehr in ländlichen Räumen ist die durch die geringe Bevölkerungsdichte schwache und räumlich stark verteilte Verkehrsnachfrage, was eine Bündelung der Verkehrsströme erschwert. Das Problem der flexiblen Nachfrage wird durch demografische und wirtschaftliche Prozesse besonders in strukturschwächeren Gebieten weiter verstärkt. Zum einen sinkt die Siedlungsdichte, wodurch das Fahrgastpotenzial abnimmt, zum anderen führt die Schließung lokaler Einrichtungen der Daseinsvorsorge zu längeren Wegen und damit auch zu längeren Fahrzeiten im ÖPNV⁴². Diese werden durch Umwege zu weiteren Haltestellen, mit dem Ziel der besseren Auslastung der Fahrzeuge, und Reduzierung von Umsteigevorgängen noch weiter verlängert.

Neben der zeitlichen ist auch die örtliche Verfügbarkeit des ÖV-Angebots ausschlaggebend. Laut BBSR leben rund 90 Prozent der Bevölkerung Deutschlands im Umkreis von 600 m um die nächste Haltestelle mit mindestens einer Abfahrt pro Tag. Wenn jedoch ein Mindestangebot von 20 Abfahrten pro Tag, umgerechnet eine Abfahrt pro Richtung und Stunde über einen Zeitraum von 7 bis 17 Uhr, unterstellt wird, liegt der Anteil im Schnitt (Stadt und Land) bei 82 Prozent⁴³. Es kann wohl davon ausgegangen werden, dass die gesamten restlichen 18 Prozent vollständig auf ländliche Regionen entfallen. Da nach obiger Definition des Thünen-Institutes 57 Prozent der Bundesbevölkerung in ländlichen Regionen leben, steht damit überschlägig einem Drittel (31 Prozent) aller Menschen dort an Wochentagen maximal 1 Fahrt pro Stunde und Richtung zur Verfügung. In vielen ländlichen Regionen, besonders in Bayern, allerdings bis zu 50 Prozent. Darin sind „unsichere“ Abfahrten von bedarfsgesteuerten Bedienformen bereits mit inbegriffen⁴³.

⁴¹ vgl. Küpper: *Auf dem Weg zu einem Grundangebot von Mobilität in ländlichen Räumen: Probleme, Ursachen und Handlungsoptionen* (2011).

⁴² vgl. Stephan Beetz: *Ländliche Politik im demographischen Wandel*.

⁴³ vgl. Pütz und Schönfelder: *Verkehrsbild Deutschland* (2018).

Es ist also nicht verwunderlich, dass die subjektive Zufriedenheit mit der Verkehrssituation im öffentlichen Verkehr mit zunehmender Ländlichkeit sinkt, wogegen die Einstellung zum Pkw positiver wird (siehe Abbildung 2).

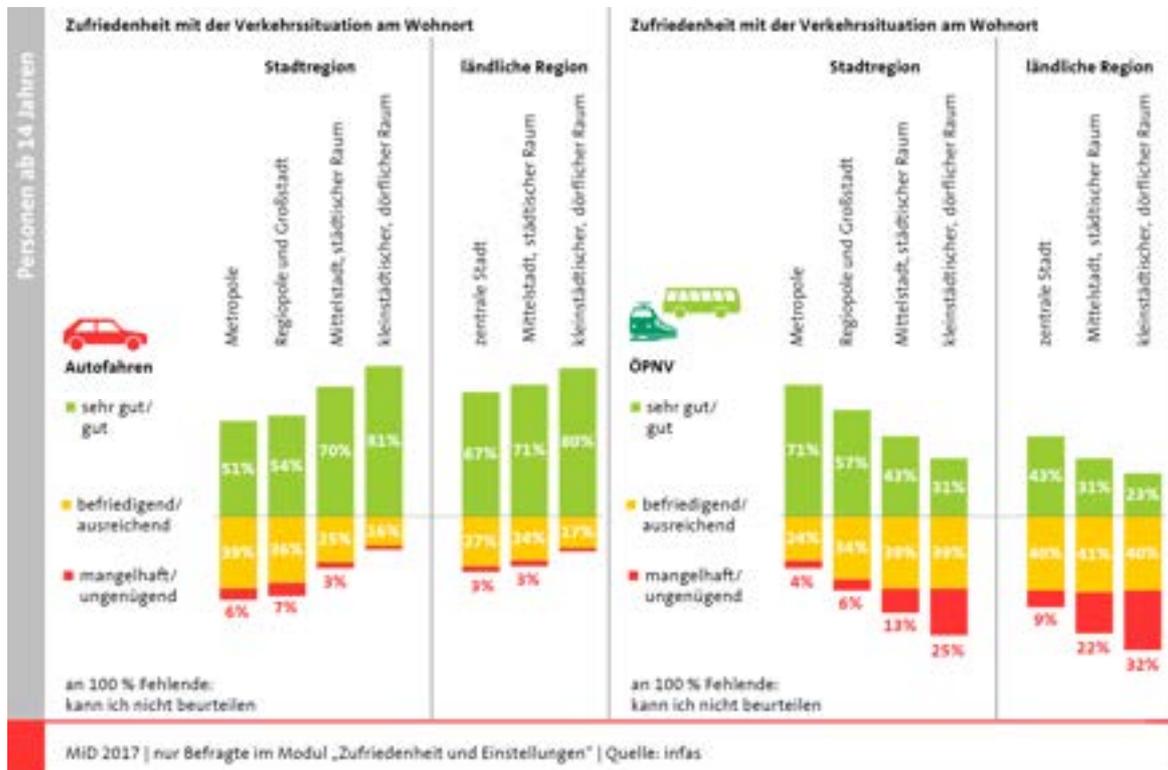


Abbildung 2 - Zufriedenheit mit Verkehrssituation nach Raumtyp (infas, MiD 2017 Kurzreport, S.25)

Im Gegensatz zu Städten ist in ländlichen Räumen eine weiter wachsende Automobilität zu erkennen⁴⁴. Weniger Fahrgäste und damit sinkende Einnahmen führen im öffentlichen Verkehr oft zu Einsparungen durch Einschränkungen oder Einstellen des Angebots. Es kommt zu einer Art Abwärtsspirale, in der durch ein unattraktiveres Angebot weniger Fahrgäste angesprochen werden, was zu geringeren Einnahmen und weiteren Einsparungen führt. Dadurch wird der Schülerverkehr als Pflichtaufgabe des öffentlichen Verkehrs immer dominanter. Derzeit sind in bestimmten Regionen bereits bis zu 90 Prozent aller Fahrgäste Schüler⁴⁵. Ein weiterer Rückgang der Schülerzahlen kann die jetzige ÖPNV-Struktur daher vor grundlegende Finanzierungsprobleme stellen⁴⁶.

Das bestehende Schienennetz stellt besonders in peripheren Räumen das Rückgrat des öffentlichen Verkehrs dar. Regional- und S-Bahnen weisen neben dem stark begrenzten Streckennetz in der Regel eine geradlinige Linienführung mit großen Haltestellenabständen auf und sind daher nicht für eine Flächenerschließung geeignet. Sie stellen vielmehr attraktive Verbindungen zu oder zwischen Zentren dar. Selbiges gilt, wenn auch in geringerem Maße, ebenfalls für Nebenbahnen. Trotzdem kommt diesen als Erweiterung des Schienennetzes außerhalb der Hauptverkehrsachsen eine größere Bedeutung in der Erschließung ländlicher Gebiete zu. Viele dieser Nebenbahnen wurden in der zweiten

⁴⁴ infas, im Auftrag des BMVI: Mobilität in Deutschland 2017 - Kurzreport (veröffentlicht 2019), S. 26.

⁴⁵ vgl. Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V.: Gute Mobilität in ländlichen Räumen (2020).

⁴⁶ vgl. Wehmeier und Koch: Mobilitätschancen und Verkehrsverhalten in nachfrageschwachen ländlichen Räumen (2010), S. 463.

Hälfte des letzten Jahrhunderts, motiviert in erster Linie durch Kosteneinsparungen, komplett oder teilweise stillgelegt, in manchen Fällen auch vollständig rückgebaut⁴⁷. Allein seit 1994 wurden in ganz Deutschland über 5.000 Strecken-km stillgelegt⁴⁸. Davon sind besonders ländliche Räume betroffen, in denen die Schiene nach der Stilllegung häufig auch nicht mit einem vergleichbaren Busangebot ersetzt wurde⁴⁹. Der VDV bezeichnet viele dieser Stilllegungen aus heutiger verkehrspolitischer Sicht als „Fehlentscheidung“⁴⁷. Aus derselben Ansicht erwachsen den letzten Jahren vielerorts wieder verstärkt Diskussionen über eine mögliche Reaktivierung lokaler Nebenbahnen.

Fahrpreise werden in der Bevölkerung oft als sehr hoch wahrgenommen. Diese Wahrnehmung mag auch darin begründet sein, dass Fahrpreise des ÖPNV im Vergleich zu Anschaffungskosten eines Pkw in den Jahren 2000 – 2018 um mehr als das Doppelte gestiegen sind⁵⁰. Dabei beträgt die momentane Nutzerfinanzierung des öffentlichen Verkehrs in der Regel nur ca. 40 Prozent⁵¹. Das Gros der Kosten wird aus öffentlichen Mitteln finanziert. Allgemein stehen den Ländern vom Bund definierte Regionalisierungsmittel für die Organisation und den Betrieb des ÖPNV zur Verfügung⁵². Auftraggeber des ÖPNV ist jedoch der jeweilige Landkreis. Eine Finanzierung des ÖPNV durch Landkreise steht als freiwillige Leistung in der Priorität, oft hinter anderen kommunalen Pflichtaufgaben⁵². Das Angebot steht immer in Abhängigkeit der jeweiligen kommunalen Finanzierungs-bereitschaft. Durch das „Defizit“ des ÖPNV, also den sinkenden Kostendeckungsgrad und steigenden Zuschussbedarf, insbesondere in dünn besiedelten ländlichen Räumen, sind jedoch erhebliche Finanzierungsdefizite zu erwarten⁵³, was eine Ausweitung des öffentlichen Verkehrsangebotes zu einem oft umstrittenen Thema in Kommunal-verwaltungen macht.

Nun ist ein brauchbares Angebot an öffentlichem Verkehr in allen Räumen sowohl für die Daseinsvorsorge als auch für die politisch angestrebte und im Hinblick auf den Klimaschutz notwendige Verkehrswende essenziell. Die klimawirksamen Kohlendioxid-Emissionen durch den Verkehr haben sich in den letzten 25 Jahren kaum verändert⁵⁴. 27 Prozent aller Treibhausgasemissionen der Europäischen Union im Jahr 2017 sind auf ihn zurückzuführen, davon 72 Prozent allein auf den Straßenverkehr⁵⁵. Vor dem Hintergrund der drohenden Klimakatastrophe ist eine Reduzierung dieser Emissionen dringend notwendig. Auch hier kann der öffentliche Verkehr durch seinen im Vergleich zum MIV wesentlich geringeren Energieverbrauch pro Kopf einen wichtigen Betrag leisten. Ein in Summe verringerter Energieverbrauch im Verkehrssektor führt auch direkt zu geringeren Emissionen und damit zu einem Beitrag zum Klimaschutz. Diese angestrebte Verlagerung weg vom motorisierten Individualverkehr hin zu anderen Mobilitätsformen und der Stärkung des öffentlichen Personenverkehrs wird im Allgemeinen mit dem Begriff der Verkehrswende

⁴⁷ vgl. Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V.: *Auf der Agenda: Reaktivierung von Eisenbahnstrecken* (2020).

⁴⁸ [online] Eisenbahn-Bundesamt: *Listen und Statistiken zu Streckenstilllegungen* (2018), <https://www.eba.bund.de>.

⁴⁹ Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V.: *Gute Mobilität in ländlichen Räumen* (2020).

⁵⁰ [online] Statistisches Bundesamt: *DESTATIS - Preise und ums Auto seit 2000 um 36 % gestiegen* (2018), <https://www.destatis.de>.

⁵¹ KCW GmbH: *Finanzierung des ÖPNV* (2019), S. 12.

⁵² Carsten Sommer: *Zukünftige Finanzierung des Öffentlichen Personennahverkehrs*.

⁵³ vgl. Küpper: *Auf dem Weg zu einem Grundangebot von Mobilität in ländlichen Räumen: Probleme, Ursachen und Handlungsoptionen* (2011).

⁵⁴ [online] Umweltbundesamt: *Emissionen des Verkehrs* (2021), <https://www.umweltbundesamt.de>.

⁵⁵ European Environment Agency (EEA): *Greenhouse gas emissions from transport in Europe*.

betitelt. Diese ist im ländlichen Raum aufgrund der momentanen Verhältnisse allerdings besonders schwierig umzusetzen.

Die Daseinsvorsorge beinhaltet die öffentliche Versorgung aller Bevölkerungsgruppen mit allen nötigen Gütern und Dienstleistungen zur Sicherung der Lebensgrundlage und sozialen Teilhabe. Gleichzeitig ist sie von Bedeutung für die Gleichheit der Lebensverhältnisse in städtischen und ländlichen Räumen. Der aktuelle Raumordnungsbericht (ROB 2017) beschreibt den Begriff als „eine Versorgung mit lebensnotwendig eingestuftem Gütern und Dienstleistungen in einem Versorgungsraum zu sozialverträglichen Preisen, mit einer bestimmten Qualität und einer akzeptablen Erreichbarkeit“⁵⁶. Eine zentrale Bedeutung innerhalb des genannten Versorgungsraums und allgemein in der Daseinsvorsorge stellen zentrale Orte dar. Durch die räumliche Konzentration von Einrichtungen der Daseinsvorsorge sind diese ein bedeutendes Instrument der Raumordnung und -planung⁵⁷. Damit zählt zur Daseinsvorsorge neben Wasser, Gas, Elektrizität und Kommunikationsmitteln auch Mobilität durch das Angebot des öffentlichen Verkehrs⁵⁸. Darunter kommt gerade Letzterer eine besonders wichtige Rolle zu, da erst sie den Zugang zu vielen weiteren Bestandteilen der Daseinsvorsorge ermöglicht. Die oben geschilderte Situation im öffentlichen Nahverkehr in ländlichen Räumen stellt die Daseinsvorsorge momentan allerdings vor große Herausforderungen.

⁵⁶ vgl. BBSR: *Raumordnungsbericht 2017 (2017)*, 6f.

⁵⁷ Klaus Einig und Brigitte Zaspel-Heisters: *Das System Zentraler Orte in Deutschland*, 4f.

⁵⁸ vgl. Neu: *Daseinsvorsorge – eine Einführung (2009)*.

2.3. Angebotsformen im ländlichen Raum

Das ÖPNV-Angebot in ländlichen Regionen lässt sich grundsätzlich in drei Angebotsformen unterteilen (vgl. Abbildung 3):

- klassischer Linienverkehr
- flexible Angebotsformen
- alternative Angebotsformen (Geltungsbereich außerhalb PBefG)

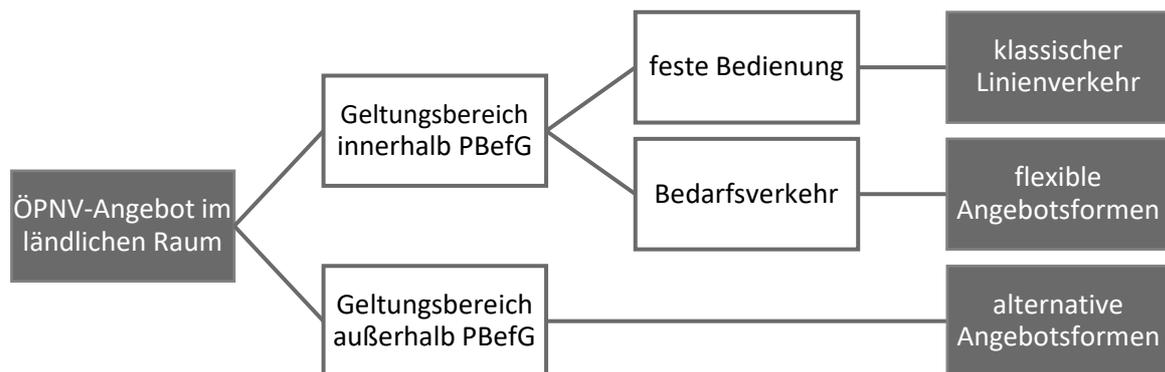


Abbildung 3 - Gliederung der Angebotsformen (in Anlehnung an eine Darstellung des BMVI in: *Mobilitäts- und Angebotsstrategien in ländlichen Räumen (2016)*)

Die ersten beiden Betriebsformen unterliegen dem Geltungsbereich des Personenbeförderungsgesetzes (PBefG). Öffentlich zugängliche Verkehrsangebote, die nicht unter das PBefG fallen, werden den alternativen Angebotsformen zugeordnet. Erstere Angebotsformen unterliegen verschiedenen Auflagen und Genehmigungspflichten und können nur unter bestimmten Voraussetzungen durchgeführt werden (z. B. Personenbeförderungsschein für den Fahrer). Wenn das Gesamtentgelt für die angebotenen Leistungen die Summe der Betriebskosten nicht übersteigt, liegt keine entgeltliche und geschäftsmäßige Beförderung von Personen vor, womit das PBefG keine Anwendung findet.⁵⁹

2.3.1. Klassischer Linienverkehr

Der klassische Linienverkehr zeichnet sich durch eine zeitlich wie räumlich vorbestimmte Bedienung aus. Die im Fahrplan festgelegte Haltestellenfolge wird entsprechend festen Fahrzeiten unabhängig der momentanen Nachfrage abgefahren. Die Anmeldung eines Fahrtwunsches ist nicht erforderlich. Der Linienverkehr bildet in der Regel die Grundlage des öffentlichen Verkehrsangebotes und ist nach wie vor die am weitesten verbreitete Angebotsform. Er ist gut geeignet für regelmäßige und stetige Fahrgastnachfrage und findet in ländlichen Räumen häufig auf Verbindungen von Zentren untereinander entlang einwohnerstarker Korridore Anwendung. Reaktionen auf Nachfrageschwankungen über den Tag können durch Anpassung der Fahrtenfolgezeit, der Linienführung oder dem

⁵⁹ BMVI: *Mobilitäts- und Angebotsstrategien in ländlichen Räumen (2016)*, 16f.

Wechsel der Fahrzeuggröße erfolgen. Vorteile des klassischen Linienverkehrs sind der geringe Aufwand bei der Betriebssteuerung, die leichte Zugänglichkeit und die gute Verständlichkeit des Systems für Fahrgäste. In Abhängigkeit der Fahrzeugart und erwerbsmäßigen bzw. ehrenamtlichen Fahrern kann der Linienbetrieb in weitere Unterkategorien geteilt werden: ⁶⁰

- Regionalbus
- Schnellbus
- Linientaxi
- Bürgerbus
- Regionalbahn

Als klassische Angebotsform im ländlichen Raum dient der **Regionalbus** in erster Linie der Verbindung von Städten und Gemeinden sowie der Flächen- und Ortschafterschließung oder erfüllt Zubringerfunktionen zum Schienenverkehr. Weitere spezielle Ausführungsformen sind der Trampbus (mögliches Ein- und Aussteigen zwischen Haltestellen auf dem Linienweg), der Discobus (Bedienung von Freizeiteinrichtungen in Abend- und Nachtstunden) oder der Nachtbus (Ersatz von Schienenverkehren in Abend- und Nachtstunden). ⁶⁰

Ein **Linientaxi** verkehrt als Sonderform des Regionalbusses anstelle von Omnibussen auf denselben Linienwegen. Es kommt vorwiegend in Gebieten mit ständiger, aber geringer Fahrgastnachfrage zum Einsatz. Verwendet wird entweder ein Pkw oder Kleinbus. ⁶¹

Schnellbusse dienen in der Regel der direkten Anbindung von Städten und Gemeinden an zentrale Orte. Sie zeichnen sich durch hohen Komfort, hohe Geschwindigkeiten durch begrenzte Haltestellenanzahl und ggf. der Nutzung von Schnellstraßen sowie direkte Wege aus. ⁶¹

Von Einwohnern ehrenamtlich organisierte und durchgeführte Fahrten werden im Allgemeinen als **Bürgerbusse** bezeichnet. Fahrten werden meist mit Kleinbussen nach einem festen Fahrplan oder in Einzelfällen auch bedarfsgesteuert durchgeführt. Sie werden in der Regel zur Anfahrt zentraler Umsteigepunkte mit Stadtverbindung, Verdichtung des Takts anderer Linien oder als Ersatz zu herkömmlichen Linien mit geringer Nachfrage eingesetzt. Hauptunterscheidungspunkt zu Linientaxis oder Rufbussen ist der Einsatz ehrenamtlicher Fahrer ⁶¹. Die Einrichtung eines solchen Bürgerbusvereins ist nach Küpper allerdings nur ab einer Ortsgröße von 8.000 bis 10.000 Einwohnern lohnend, da erst dann genügend Mitglieder, Fahrer und Fahrgäste vorhanden sind. Bei Betrachtung dieser Einwohnerzahlen werde klar, dass dieses System in sehr dünn besiedelten Gebieten mit wenigen Hundert Einwohnern pro Ortschaft nur im Zusammenschluss über eine weitere Fläche realisierbar ist ⁶². Zudem ist ein ausschließlich ehrenamtlicher Betrieb laut dem VDV

⁶⁰ BMVI: *Mobilitäts- und Angebotsstrategien in ländlichen Räumen (2016)*, 18f.

⁶¹ BMVI: *Mobilitäts- und Angebotsstrategien in ländlichen Räumen (2016)*, 20f.

⁶² vgl. Küpper: *Auf dem Weg zu einem Grundangebot von Mobilität in ländlichen Räumen: Probleme, Ursachen und Handlungsoptionen (2011)*.

auf Dauer nicht ausreichend zuverlässig, da sich die Verfügbarkeit auf das Engagement der Mitglieder stützt⁶³.

Die **Regionalbahn** und allgemein der gesamte Schienenverkehr wird im festen Linienverkehr betrieben. Das Fahr- und Betriebspersonal besteht, mit Ausnahme von Museumsbahnen, aus erwerbstätigen Mitarbeitern des jeweiligen Verkehrsunternehmens.

2.3.2. Flexible Bedienformen

Da sich Fahrtwünsche im Versorgungs- und Freizeitverkehr vor allem in peripheren ländlichen Räumen schwer bündeln lassen, haben sich flexible Bedienformen in Form von Sammeltaxis oder Rufbussen vielerorts bereits etabliert. Im Gegensatz zum klassischen Linienverkehr existiert kein linien- oder fahrplanfixiertes Angebot. Stattdessen werden angebotene Fahrten nur nach vorhergehender Anmeldung und meist mit kleinen Fahrzeugen durchgeführt. So kann auf eine geringe, schwer zu bündelnde und schwankende Nachfrage reagiert werden.⁶⁴ Üblicherweise wird hier von „Bedarfsverkehr“ gesprochen. Im Weiteren soll hier allerdings nach der Definition von Kirchhoff der Begriff „nachfragegesteuert“ verwendet werden, da sich die Steuerung des Fahrtablaufs bzw. der Disposition der Fahrten nach der tatsächlichen Nachfrage richtet⁶⁵.

Um auch in dünn besiedelten Räumen in den Nebenverkehrszeiten ein attraktives Angebot ohne erhebliche Fahrpreiserhöhungen oder höhere öffentliche Zuschüsse bieten zu können, werden nachfragegesteuerte Verkehre in Deutschland bereits seit den 1970er-Jahren eingesetzt⁶⁵. Erfahrungen aus der Anwendung zeigen allerdings, dass solche Angebote häufig nicht als attraktiv genug wahrgenommen werden⁶⁶. Das liegt einerseits an der eingeschränkten Flexibilität durch die vorab nötige Anforderung der Fahrt und der zusätzlichen Zugangshürde des Anforderungsvorgangs selbst. Zudem werden solche Systeme häufig als reine Spar- oder Ersatzkonzept für große Busse im Linienbetrieb eingeführt und dadurch bereits schlecht nachgefragter ÖPNV noch unattraktiver gemacht. Grundsätzlich sind flexible Angebotsformen jedoch ein geeignetes Instrument, um den klassischen ÖPNV zu ergänzen und auch in nachfrageschwachen Räumen bzw. in Schwachverkehrszeiten sowohl aus Kunden- wie auch aus Betreibersicht vertretbare Konditionen anbieten zu können⁶⁷. Die Aufhebung der Fahrplanbindung ermöglicht es, auf individuelle Fahrtwünsche der Fahrgäste eingehen zu können und so die Kundenzufriedenheit zu fördern.

Ein einheitliches Standardmodell für flexible Angebotsarten existiert nicht. Vielmehr wird die Betriebsform auf lokale Rahmenbedingungen angepasst. Eine grundlegende Differenzierung zwischen alternativen Angebotsformen kann jedoch anhand der

⁶³ Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V.: *Gute Mobilität in ländlichen Räumen* (2020).

⁶⁴ Küpper: *Auf dem Weg zu einem Grundangebot von Mobilität in ländlichen Räumen: Probleme, Ursachen und Handlungsoptionen* (2011).

⁶⁵ vgl. Kirchhoff und Tsakarestos: *Planung des ÖPNV in ländlichen Räumen* (2007), S. 4.

⁶⁶ vgl. Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V.: *Gute Mobilität in ländlichen Räumen* (2020).

⁶⁷ BMVI: *Mobilitäts- und Angebotsstrategien in ländlichen Räumen* (2016), 23f.

Haltestellenart (fest oder nur bei Nachfrage bedient) und der Betriebsart zu erfolgen (siehe Abbildung 4):^{68 69}

Der **Bedarfslinienbetrieb** (L-Bus, Rufbus) besitzt zwar einen festen Linienweg und Fahrplan, jedoch existieren nur Bedarfshaltestellen, die nur bei Ein- oder Ausstiegswunsch von Fahrgästen bedient werden. So kann eine Fahrt nur auf einem Teil der im Fahrplan veröffentlichten Strecke durchgeführt werden kann oder bei fehlender Nachfrage vollständig entfallen.

Im **Richtungslinienbetrieb** wird die gefahrene Route zwischen zwei fest bedienten Haltestellen in Abhängigkeit von angemeldeten Fahrtwünschen der Fahrgäste gewählt. Der Ausstieg kann entweder an Bedarfshaltestellen oder haltestellenunabhängig direkt am eigentlichen Endziel des Fahrgastes erfolgen. Start- bzw. Zielpunkt liegen meist in Zentren und/oder an Bahnhaltstellen bzw. bieten Umsteigemöglichkeiten zu einem höherrangigen Verkehrssystem.

Ein **Sektorbetrieb** verfügt im Gegensatz zum Richtungsbandbetrieb bei jeder Fahrt über einen einzigen Start- und Zielpunkt. Der Verkehr zu dieser zentralen Haltestelle wird je nach angemeldeten Fahrtwünschen gesammelt bzw. von dieser aus in die Fläche verteilt. Verteilerfahrten von dem gemeinsamen Start- und Zielpunkt gehen fließend in Sammelfahrten dorthin über.

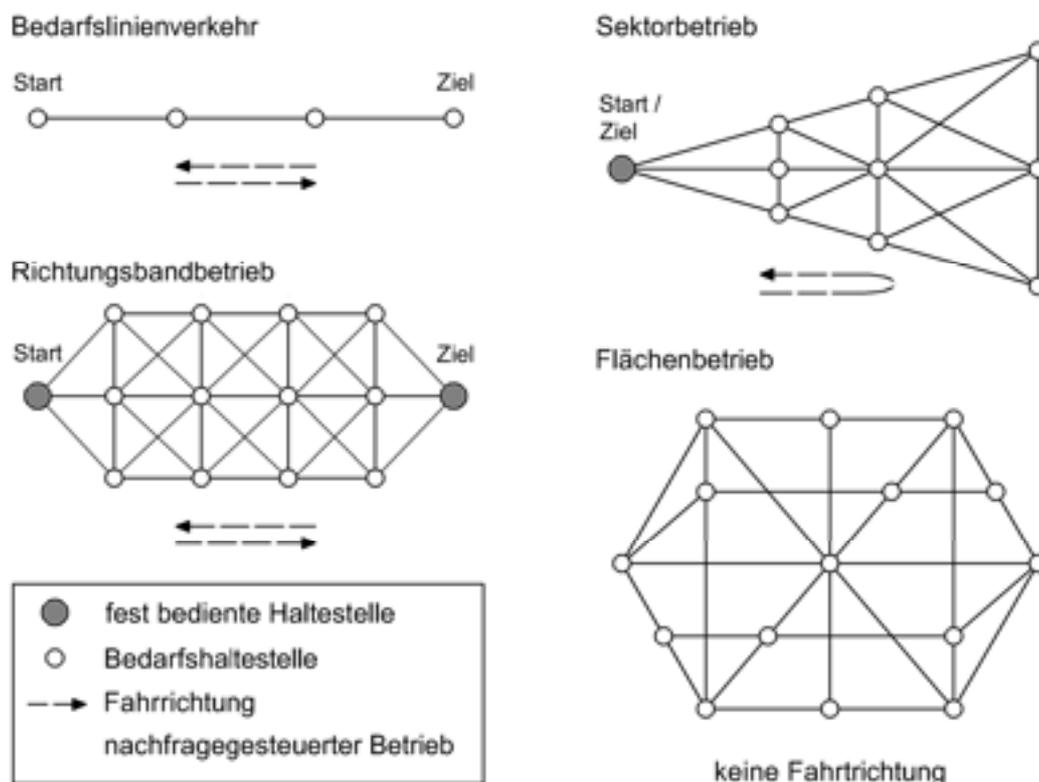


Abbildung 4 - Flexible Bedienformen (in Anlehnung an Kirchhoff und Tsakarestos (2007))

⁶⁸ vgl. Holger Dalkmann: Flexible Angebotsformen, 79f.

⁶⁹ vgl. Kirchhoff und Tsakarestos: Planung des ÖPNV in ländlichen Räumen (2007), 5ff.

Der **Flächenbetrieb** sammelt Fahrgäste mit annähernd gleichen Zielen in innerhalb eines bestimmten Gebiets in einem Fahrzeug. Die Fahrt erfolgt von Haustür-zu-Haustür oder von Haltestelle-zu-Haltestelle. Die Reihenfolge der Bedienung ergibt sich aus der räumlichen und zeitlichen Verteilung der angegebenen Fahrtwünsche vollständig ohne Fahrplanbindung. Der Unterschied zum Taxi ist, dass ein Fahrgast den Fahrtablauf nicht selbst bestimmen kann und Umwege zum Abholen bzw. Bringen weiterer Fahrgäste in Kauf nehmen muss und Fahrgäste ohne Anruf, z. B. durch Herbeiwinken auf der Straße, nicht mitgenommen werden dürfen.

Neben den Vorteilen, insbesondere der Kosteneinsparung durch die flexible Anpassung der Fahrten auf die tatsächlich vorhandene Nachfrage, gibt es auch einige negative Beispiele und Argumente, die gegen solche nachfragegesteuerten Bedienformen sprechen. Ein Evaluationsreport des Bundesamtes für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) von 2009 zeigt neben Vorteilen auch die spezifischen Nachteile dieser Bedienformen auf⁷⁰: Durch Bedarfshaltestellen wird das Einzugsgebiet zwar erweitert, da aber unklar ist, wie viele Haltestellen in Abhängigkeit der Nachfrage tatsächlich angefahren werden müssen, entsteht ein begrenzter Zeitkorridor, in dem alle Haltepunkte zu erreichen sind. Dadurch erhöht sich das Risiko von Verspätungen und Nichterreichen von Anschlussverbindungen. Ein weiterer Nachteil sind Zugangsbarrieren für Nutzer durch die nötige Anmeldung mit gegebenenfalls lange Vorlaufzeiten sowie die schwere Planbarkeit des Fahrzeug- und Fahrereinsatzes für Verkehrsunternehmen. Bei der Haustürbedienung entfällt zwar der zusätzliche Weg zur Haltestelle, wodurch die individuelle Reisezeit zwar oft reduziert und der Komfort gesteigert wird, allerdings steigt der Dispositionsaufwand durch die erschwerte Bündelung mehrerer Fahrtwünsche an. Dadurch entstehen oft auch längere Reisezeiten aufgrund von weiteren Umwegfahrten. Zwar sind die Kosten pro Kilometer gering, steigen bei sehr schwacher Nachfrage je Fahrgast jedoch stark an. Mit einem Zuschussbedarf durch die öffentliche Hand von über 10 Euro pro Fahrgast in dünn besiedelten Gebieten, die Fahrscheinkosten und dem „Komfortzuschlag“ für die Haustür-zu-Haustür-Bedienung reichen die Kosten an eine Taxi-Bedienung heran. Da der Besetzungsgrad der Fahrzeuge oft kaum höher als der des motorisierten Individualverkehrs liegt, spricht Küpper in diesem Zusammenhang von einem „öffentlichen Individualverkehr“ ohne ökologische Vorteile gegenüber dem MIV.⁷¹

Zwar wird die Einführung von nachfragegesteuerten Bedienformen zur Gewährleistung eines Grundangebots von Mobilität im ländlichen Raum häufig gefordert, jedoch gibt es wie erläutert auch erhebliche Nachteile, die das Potenzial stark begrenzen. Auch in der Praxis ist eine wachsende Skepsis gegenüber flexiblen Bedienformen zu beobachten. Bedarfsorientierte Bedienformen werden aufgrund der hohen Kosten für den Auftraggeber oder das Verkehrsunternehmen häufig kaum beworben, um die Nachfrage danach und damit die Kosten gering zu halten⁷¹. Gerade letztes gibt den deutlichen Anschein eines reinen „Alibi-Angebots“. Solange von den Betreibern nicht gewünscht wird, dass ihr Angebot genutzt wird, werden Sie es wohl auch nie wirklich attraktiv gestalten.

⁷⁰ [online] BMVBS: *Mobilitätskonzepte zur Sicherung der Daseinsvorsorge in nachfrageschwachen Räumen* (2009).

⁷¹ vgl. Küpper: *Auf dem Weg zu einem Grundangebot von Mobilität in ländlichen Räumen: Probleme, Ursachen und Handlungsoptionen* (2011).

2.3.3. Alternative Angebotsformen

Im Unterschied zu den bereits beschriebenen Betriebsformen des klassischen Linienverkehrs und der flexiblen Bedienformen unterliegen alternative Angebotsformen nicht dem Geltungsbereich des PBefG und sind i. d. R. genehmigungsfrei. Anders als bei den anderen beiden Angebotsformen gibt es allerdings hier keine Beförderungsgarantie. D. h. die Fahrt findet nur statt, wenn Fahrzeuge zur Verfügung stehen bzw. eine entsprechende Mitfahrgelegenheit vorhanden ist. Alternative Angebotsformen nutzen öffentlich verfügbare Verkehrsdienstleistungen, ohne professionelles Fahrpersonal einzusetzen, mit Ausnahme der sozialen Fahrdienste.⁷²

Unter **Ride-Sharing** wird die i. d. R. unentgeltliche Mitnahme von Dritten in privaten Fahrzeugen verstanden. Die Organisation der Fahrten bzw. Mitfahrten findet meist über internetbasierte Plattformen statt⁷². Der Vorteil bei der Mitnahme im privaten Pkw besteht darin, dass keine zusätzlichen Fahrten erzeugt, sondern ohnehin stattfindende genutzt und Fahrzeuge besser ausgelastet werden. Bei Betrachtung des gesamten Mobilitätsgeschehens spielt das Ride-Sharing aufgrund der geringen Fahrtenzahl in der Regel jedoch keine relevante Rolle. Die auf dem gleichen Prinzip, mit Ausnahme der digitalen Organisation, basierende, über die letzten Jahre propagierte private Mitnahme durch Mitnahmebänke konnte sich aufgrund der geringen Bereitschaft zu Mitnahme Dritter im privaten Pkw nicht etablieren⁷³.

Carsharing beschreibt dagegen die organisierte gemeinschaftliche, zeitlich getrennte Nutzung eines Fahrzeuges. Nach der Definition des BMVBS⁷⁴ bezieht sich Carsharing auf „Kraftfahrzeuge, die einer unbestimmten Anzahl von Fahrerinnen und Fahrern auf der Grundlage einer Rahmenvereinbarung zur selbstständigen Nutzung nach einem die Energiekosten mit einschließenden Zeit- und/oder Kilometerarif angeboten werden“. Meist werden von einem kommerziellen Anbieter Fahrzeuge bereitgestellt, die von Nutzern rund um die Uhr kurzzeitig angemietet werden können. Zur Systemnutzung ist ein Vertrag mit dem jeweiligen Carsharing-Anbieter erforderlich. Allerdings ist auch privates Carsharing bspw. unter Nachbarn möglich. Während in Großstädten oft Flee-Floating-Angebote, in denen der gemietete Pkw nahezu überall abgestellt werden kann, verfügbar sind, treten in ländlichen Räumen lediglich stationsgebundene Angebote auf⁷⁵. Zwar ist Car- und Bikesharing in vielen großen Städten inzwischen Teil des täglichen Verkehrsbildes, auf dem Land jedoch oft kaum bis nur sporadisch vorhanden. Allerdings wird Carsharing auch in Städten von Mitgliedern zum Großteil nur selten genutzt. Nur 33 Prozent von Carsharing-Mitgliedern nutzt das Angebot tatsächlich mindestens einmal im Monat⁷⁶. Carsharing setzt im Vergleich zu anderen öffentlichen Angeboten jedoch einen Führerscheinbesitz und die gesundheitliche Fähigkeit zum Fahren voraus, was Kinder, Jugendliche, körperlich Beeinträchtigte und viele Senioren von dem Angebot ausschließt.

⁷² BMVI: *Mobilitäts- und Angebotsstrategien in ländlichen Räumen (2016)*, S. 29.

⁷³ Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V.: *Gute Mobilität in ländlichen Räumen (2020)*.

⁷⁴ BMVBS: *Bericht der Bundesregierung hinsichtlich des Sachstandes der Änderungen von Rechtsnormen im Hinblick auf Carsharing (2013)*.

⁷⁵ BMVI: *Mobilitäts- und Angebotsstrategien in ländlichen Räumen (2016)*, S. 31.

⁷⁶ infas, im Auftrag des BMVI: *Mobilität in Deutschland 2017 - Ergebnisbericht (veröffentlicht 2019)*, S. 5.

Frei zugängliche **Fahrradleihsysteme (Bikesharing)** ermöglichen das Mieten von Rädern rund um die Uhr. Das Ausleihen und Zurückgeben erfolgten i. d. R. an festen Stationen, wobei die Leih- und Rückgabestation nicht dieselbe sein muss. In manchen städtischen Bereichen ist das Leihen und Abstellen auch frei im öffentlichen Raum möglich. Solche Systeme sind insbesondere in Großstädten verbreitet, während der herkömmliche Fahrradverleih vor allem in Tourismusregionen zu finden ist.⁷⁷ In einigen ruralen Gebieten wird allerdings bereits echtes Bikesharing angeboten (bspw. das „UsedomRad“⁷⁸).

Das Angebot der **sozialen Fahrdienste** orientiert sich stark an den Anforderungen der jeweiligen Fahrgäste, wobei es sich überwiegend um Personen mit körperlichen Mobilitätseinschränkungen handelt. Im Unterschied zum Ride-Sharing bieten Fahrdienste ein planbares und regelmäßiges Verkehrsangebot an. Es existieren unterschiedliche Formen wie „geschlossene“ Verkehre für bestimmte Gruppen (z.B. Beschäftigte von Behindertenwerkstätten) oder „öffentliche“ Fahrten für Einzelpersonen, die i. d. R. nachfrageabhängig als Sammeltouren durchgeführt werden. Organisation und Durchführung erfolgt meist durch Verkehrsunternehmen oder kommunale Initiativen und Vereine.⁷⁹

2.3.4. Projekte zur Steigerung der Attraktivität des ÖV

Da der klassische öffentliche Verkehr in ländlichen Gebieten aktuell sowohl ein Attraktivitäts- wie auch ein Finanzierungsdefizit aufweist, sollen im Weiteren einige Projekte und Bestrebungen für die Verbesserung des öffentlichen Verkehrs in ländlichen Regionen vorgestellt werden.

Der „**PlusBus**“ im Gebiet des Mitteldeutschen Verkehrsverbundes (MDV) und seit 2015 auch des Verkehrsverbundes Berlin-Brandenburg (VBB) bietet mit einer stündlichen Taktung Montag bis Freitag von sechs bis 20 Uhr sowie Fahrten am Wochenende unabhängig von Ferien- und Schulzeiten Anschlussmöglichkeiten zu S- und Regionalbahnhöfen der Region mit maximal 15 min Wartezeit.^{80 81} Das Konzept des PlusBus wird allerdings nicht flächendeckend, sondern nur auf einzelnen Verbindungen angewendet. Im Falle des VBB beispielsweise 32 Linien von insgesamt über 700 Buslinien verteilt auf 11 Landkreise (Stand Ende 2020)⁸¹. Auf den vorhandenen PlusBus-Linien sind jedoch steigende Fahrgastzahlen zu verzeichnen. Seit Einführung auf bestimmten Linien um bis zu 30 Prozent⁸¹.

In der Uckermark wurde 2012 im Rahmen des Modellvorhabens „Daseinsvorsorge 2030“ ein **Kombi-Bus** nach skandinavischem Vorbild eingeführt⁸². Bis in die 1960er-Jahre waren Postbusse, die nach diesem Prinzip sowohl Personen als auch Gepäck, Lebensmittel, Pakete etc. transportierten in Deutschland üblich. Dessen kombinierte Beförderung von Personen und Gütern hat den Vorteil, dass Lieferdienstleistungen wirtschaftlicher

⁷⁷ BMVI: *Mobilitäts- und Angebotsstrategien in ländlichen Räumen* (2016), S. 22.

⁷⁸ [online] UsedomRad GmbH: *Usedomrad*, <https://usedomrad.de>.

⁷⁹ BMVI: *Mobilitäts- und Angebotsstrategien in ländlichen Räumen* (2016), 33f.

⁸⁰ [online] Mitteldeutscher Verkehrsverbund GmbH: *PlusBus* (2021), <https://www.plusbus-deutschland.de>.

⁸¹ [online] Verkehrsverbund Berlin Brandenburg (VBB): *PlusBus*, <https://www.vbb.de>.

⁸² [online] raumkom: *So funktioniert kombiBUS*, <http://kombibus.de>.

durchgeführt werden können und gleichzeitig ein Mindestangebot für die öffentliche Personenbeförderung gewährleistet wird. Zusätzlich wird durch den logistischen Aspekt eine weitere Einnahmequelle für Verkehrsunternehmen geschaffen und des Einzelhandels und die Nahversorgung im Bedienungsgebiet gestärkt. Definierte Ver- und Entladeknoten werden nach Fahrplan bedient und gewährleisten zuverlässige und planbare Transportlogistik. Nachteile des Prinzips ergeben sich jedoch durch längere Fahrt- und Wartezeiten für Fahrgäste durch die Durchführung der Lieferdienstleistungen und eine Zusatzbelastung der Fahrer⁸³.

2.4. Ein Blick auf die Situation im Ausland

Anhaltende Entwicklungen wie die zunehmend alternde Bevölkerung, Urbanisierung und die geringe Siedlungsdichte stellen in ländlichen Regionen nicht nur hierzulande Herausforderungen für den öffentlichen Verkehr und dessen Finanzierung dar. Gleiche oder ähnliche Trends und Problemstellungen finden sich in Ländern auf der ganzen Welt⁸⁴. Gleichzeitig bestehen auch international Bestrebungen, den klassischen Linienverkehr durch nachfrageabhängige Systeme zu ergänzen oder effektiver zu gestalten⁸⁵. Nachfolgend soll deshalb ein kleiner Überblick gegeben werden, wie sie Problematik des öffentlichen Verkehrs in ländlichen Räumen in verschiedenen Ländern darstellt und diese angegangen wird.

Auch in Norwegen und Finnland steht der öffentliche Verkehr durch die alternde Bevölkerung und rückgängige Bevölkerungszahlen in ländlichen Regionen vor großen Herausforderungen. Aufgrund der langen Wege und sinkenden Passagierzahlen sind die Kosten pro Fahrgast in den stark angestiegen. In den entlegenen und spärlich bevölkerten Regionen der beiden Länder wird deshalb verstärkt auf nachfragegesteuerte Angebote in Form von Rufbussen oder Anrufsammeltaxis gesetzt. Der Fokus des öffentlichen Verkehrs liegt dort jedoch nicht auf der Konkurrenzfähigkeit zum IV, sondern fast ausschließlich auf der Daseinsvorsorge von Personengruppen ohne Zugang zu einem eigenen Pkw.^{86 87}

In Großbritannien wurde der Transportsektor in den 1980ern zu großen Teilen privatisiert und liberalisiert. Dies ermöglichte eine weitreichende Flexibilisierung des öffentlichen Nahverkehrs und Kosteneinsparungen. Seit der Deregulation werden ca. 80 Prozent der Buskilometer durch eigenwirtschaftlichen Betrieb von Verkehrsunternehmen zurückgelegt. Für Lücken im Netzen werden von der öffentlichen Hand zusätzliche, subventionierte Busverkehre ausgeschrieben. Eigenwirtschaftliche Betriebe finanzieren sich zu ca. 80 Prozent aus Fahrkarteneinnahmen. Zusätzlich erhalten die VU Zuschüsse aus dem Bus Service Operator Grant (BSOG), der sich nach dem Treibstoffverbrauch der Busse richtet, und Ausgleichszahlungen für die verbilligte Beförderung bestimmter Personengruppen (concessionary fares compensation). In Schottland und Wales bezieht sich der BSOG stattdessen auf die gefahrenen Fahrzeugkilometer. Da Verkehrsunternehmen bei der

⁸³ BMVI: *Mobilitäts- und Angebotsstrategien in ländlichen Räumen (2016)*, S. 26.

⁸⁴ vgl. OECD/ITF: *International Experiences on Public Transport Provision in Rural Areas*.

⁸⁵ vgl. OECD/ITF: *International Experiences on Public Transport Provision in Rural Areas*, S. 11.

⁸⁶ Jari Kauppila: *Publicly funded passenger transport services in Finland*.

⁸⁷ Merethe Dotterund Leiren, Kåre Skollerud: *Public transport provision in rural and depopulated areas in Norway*.

Anmeldung eines kommerziellen Angebots auch über zeitliche Verfügbarkeit entscheiden, kommt es häufig vor, dass ein solches Angebot aufgrund des höheren Fahrgastaufkommens nur an Wochentagen verfügbar ist. Zusätzlich von den Kommunen ausgeschriebene Fahrten an Wochenenden oder in den Abendstunden werden in solchen Fällen oft durch ein anderes Unternehmen gefahren, was vielerorts zu komplexen und undurchsichtigen Angeboten führt. Es ist allerdings auch möglich, dass sich kommunale Körperschaften und Betreiber im Gegenzug für Zuschüsse auf eine Anpassung eines eigenwirtschaftlichen Angebotes einigen (bspw. Änderung der Linienführung für die Anbindung weiterer Orte). Zusätzlich existieren in vielen ländlichen Gebieten nachfrageorientierte Angebote, meist im Flächenbetrieb, mit kleinen Fahrzeugen, die Verbindungen in die nächste Stadt oder Anschlüsse an andere Verkehrsmittel bieten. Im Vergleich zu der Situation vor der Deregulierung im Jahr 1985 sind die Kosten pro Bus-km bis 2007 um ca. ein Drittel gesunken, was in erster Linie auf den verstärkten Einsatz von Kleinbussen zurückgeht. Allerdings ist die Anzahl der Personenfahrten gleichzeitig um ca. 16 Prozent gesunken. Im selben Zeitraum ist die Zahl der registrierten Taxis dagegen stark gestiegen. Es wird generell zwischen klassischen Taxis ('hackney cab') für spontane Fahrten und Miettaxis (Private Hire Vehicle) für im Vorfeld angemeldete Fahrten unterschieden.⁸⁸

Nach der Stilllegung von einigen Schienenstrecken in ländlichen Gebieten Großbritanniens in den 50er und 60er-Jahren liegt der Fokus seit den 70ern auf der Erhaltung von Bahnstrecken. Seitdem wurde das Angebot durch Hinzufügen neuer Haltepunkte und Erhöhung der Fahrtenanzahl teilweise weiter ausgebaut.⁸⁸

In Frankreich existiert seit 1973 eine allgemeine Transportsteuer, deren Einnahmen in den Betrieb und Investitionen des öffentlichen Verkehrs fließen. Diese Steuer kann für Unternehmen ab neun Angestellten erhoben werden, allerdings nur in Städten mit mehr als 10.000 Einwohnern. Ein ähnliches Konzept für die Stärkung der Finanzierung des ländlichen Verkehrs existiert nicht.⁸⁹ Im französischen Raumplanungsinstrument SCOT (Schéma de Cohérence Territoriale) wird die ÖPNV-Erschließungsqualität als raumprägendes Element angesehen. Der SCOT beschreibt Prinzipien, Leitbilder und Ziele für die räumliche Entwicklung einer Kommune für die nächsten 10 Jahre.⁹⁰

Nicht zuletzt durch die hohe Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit des Schienenverkehrs weist Japan den mit 37,2 Prozent weltweit höchsten Modal-Split-Anteil der Eisenbahn auf⁹¹. Allerdings gibt es auch viele Städte und Regionen, die nicht durch Bahnen erschlossen sind. Gerade in ländlichen Gebieten hat das Land mit einer stark alternden Bevölkerung und Landflucht zu kämpfen. Das Busangebot hat in diesen seit den 1970er-Jahren, aufgrund stetig sinkender Nachfrage deutlich abgenommen⁹². Immer mehr Buslinien werden wegen mangelnder Wirtschaftlichkeit eingestellt. Um die Mobilität der betroffenen Menschen trotzdem sicherzustellen, werden vielerorts Community-Busse eingerichtet oder

⁸⁸ Peter White: *Public transport in rural and depopulated areas in the United Kingdom*.

⁸⁹ Christophe Saroli: *Passenger transport in rural and sparsely populated areas in France*.

⁹⁰ Arndt und et al.: *Die Bahn als Rückgrat einer nachhaltigen Siedlungs- und Verkehrsentwicklung (2010)*, S. 27.

⁹¹ [online] Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT): *Statistics Passengers Transport (2016)*, <https://www.mlit.go.jp>.

⁹² Yukawa et al.: *Public Transport System in Local City and Rural Area: Comparative Study Between Malaysia and Japan (2014)*.

soziale Fahrdienste und Schulbusse für die öffentliche Nutzung geöffnet. Erstere werden besonders auf die Bedürfnisse älterer Fahrgäste angepasst. Versorgungseinrichtungen, Bahnstationen, der Sitz von Verwaltungen etc. werden direkt angefahren und die Möglichkeit unabhängig von Haltestellen zu- oder auszusteigen bzw. sehr geringe Haltestellenabstände von 200 – 300 m verkürzten den Zugangsweg zu den Bussen. Vielfach werden diese Community-Busse durch ehrenamtliche Fahrer betrieben und finanziell von der lokalen Verwaltung und ansässigen Unternehmen unterstützt. Der Seikatsu-Bus Yokkaichi in der Präfektur Mie wird beispielsweise zu über 50 Prozent von lokalen, auf der Route des Busses ansässigen Firmen gesponsert.⁹³

Ein positives Beispiel stellt die Schweiz dar. Dort hat die gesamte ÖV-Branche über die letzten Jahre deutliche Nachfragesteigerungen zu verzeichnen. In der Zeit zwischen 2000 und 2018 wurden im Schweizer ÖV-Netz über 50 Prozent mehr Personenfahrten registriert. Um die steigende Nachfrage bewältigen zu können, wird der öffentliche Verkehr durch Taktverdichtungen, Geschwindigkeitssteigerungen und längeren Betriebszeiten immer weiter ausgebaut. Ebenfalls wird starker Wert auf kundenorientierte Angebote und eine flächendeckende Versorgung auch in entlegenen Tälern und Regionen gelegt. Mit einer Abo-Quote von ca. 50 Prozent weist die Schweiz heute die höchste Marktdurchdringungsquote des ÖV in Europa auf. Zu erklären ist das neben dem attraktiven Angebot auch mit der 1987 beschlossenen drastischen Senkung des Preises des General- und Halbtaxabos, mit dem man Angebote der SBB und vielen weiteren öffentlichen Verkehrsmitteln kostenlos bzw. zum halben Preis nutzen kann (vergleichbar mit BahnCard 100 bzw. 50). Finanziert wird der öffentliche Verkehr in der Schweiz je ca. zur Hälfte durch die Nutzer und die öffentliche Hand. Damit regionale Personenverkehre trotz schlechter Kostendeckung betrieben werden können, leisten Bund und Kantone Zuschüsse an die jeweiligen Verkehrsunternehmen. Besonderes Augenmerk wird auf die Erhaltung und den Ausbau der Schieneninfrastruktur gelegt.⁹⁴ Die Pro-Kopf-Investitionen in die Schieneninfrastruktur liegen mit 404 Euro pro Jahr deutlich über den 76 Euro in Deutschland⁹⁵. Auch in dünn besiedelten, abgelegenen Gebieten wird ein Angebot mit im Regelfall stündlichen Fahrten und langen Betriebszeiten sichergestellt. Da viele kleine Dörfer an den Seiten von Tälern höher gelegen sind und die Verbindung mit einer einzigen Linie zu nicht konkurrenzfähigen Reisezeiten führen würde, werden Fahrgäste mit gleich getakteten Zubringerlinien zu einer Hauptbahn- oder Buslinie im Tal gebracht. In Zeiten mit geringer Nachfrage können kleinere Fahrzeuge verwendet oder jede zweite Fahrt ausgelassen werden.⁹⁶

⁹³ *Institution for Transport Policy Studies: National regional traffic activation case studies: Japan.*

⁹⁴ *Verband öffentlicher Verkehr (VÖV): Fakten & Argumente zum öffentlichen Verkehr der Schweiz (2020).*

⁹⁵ [online] *Allianz pro Schiene: Deutschland investiert zu wenig in die Schieneninfrastruktur*, <https://www.allianz-pro-schiene.de>.

⁹⁶ *Petersen: Watching the Swiss: A network approach to rural and exurban public transport (2016), 6f.*

3. Konzeption

Im Folgenden werden nach Vorstellung einiger bisheriger Arbeiten die Zielsetzung und das Grundkonzept des zu erarbeitenden Angebots sowie allgemeine Annahmen und Vereinfachungen für die theoretische Konzeption erläutert. Anschließend werden verschiedene Varianten eines idealisierten Netzes vorgestellt und bewertet sowie Möglichkeiten zur Kombination mit einer geeigneten Flächenschließung betrachtet.

3.1. Bisherige Arbeiten

Zunächst sollen einige bisherige Arbeiten von Interesse zu diesem Thema kurz vorgestellt werden.

Die Diskussion über die Gestaltung eines „angemessenen“ Angebots des ÖPNV in ländlichen Räumen ist keinesfalls neu. In der Literatur findet sie bereits seit über 30 Jahren statt. Laut **Küpper** wurde diese Diskussion vor allem durch die Beobachtung einer sinkenden Nachfrage nach ÖPNV-Angeboten im Zuge der Ausweitung des motorisierten Individualverkehrs angestoßen. Durch diesen Nachfragerückgang sank die Auslastung der Linien und erschwerte die Finanzierung des traditionellen ÖPNV in der Fläche. Küpper beschäftigt sich mit der Frage, wie ein Grundangebot von Mobilität im ländlichen Raum gewährleistet werden kann und zeigt Vor- wie auch Nachteile verschiedener Bedienformen als Alternativen zum herkömmlichen ÖPNV auf. Diese Vielfalt könne genutzt werden, um das Angebot besser auf die spezifischen Bedingungen vor Ort zuzuschneiden.⁹⁷

In dem Szenario „Verkehrswende“ der Studie „**Deutschland mobil 2030**“ im Auftrag des Verbands Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) wird veranschaulicht, wie der Verkehr der Zukunft aussehen könnte, wenn der Energieeffizienz Vorrang gewährt wird. In diesem Szenario kann der öffentliche Personenverkehr seinen Modal-Split-Anteil um bis zu ein Drittel vergrößern. Damit würden laut der Studie neben der deutlichen Qualitäts- und Nachfragesteigerung nicht nur spürbare Verbesserungen für verkehrliche Klimaschutz- und Luftreinhaltziele erreicht, sondern auch die Lebensqualität der Menschen deutlich gesteigert werden.⁹⁸

Im Rahmen des Forschungsprojekts „**MOBINET**“ (2004) wurden Verbesserung der Angebotsqualität und Funktionsfähigkeit des Richtungsbandbetriebs und dessen Potenzial für eine Erhöhung der Verkehrsnachfrage im Landkreis Erding erprobt. Durch die Angebotsverbesserung mit einem flächendeckenden Richtungsbandbetrieb nahm das Fahrgastaufkommen um rund 30 Prozent zu. Die größten Steigerungen konnten bei den unter 18-Jährigen und über 60-jährigen Fahrgästen sowie beim Einkaufs- und Erledigungsvverkehr festgestellt werden. Gleichzeitig konnten die Kosten für den Betriebsaufwand durch die Umstellung von klassischem Linienbetrieb auf die neue Betriebsform um 70 Prozent

⁹⁷ Küpper: *Auf dem Weg zu einem Grundangebot von Mobilität in ländlichen Räumen: Probleme, Ursachen und Handlungsoptionen* (2011).

⁹⁸ [online] Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V.: *Deutschland mobil 2030* (2018), www.deutschland-mobil-2030.de.

gesenkt werden. Durch Überlagerung eines Direkt- und Sammelbusses sowie einer größeren Anzahl an Haltestellen und der Einführung eines durchgehenden Stunden-Taktes konnte die Menge der Fahrgäste entlang der Hauptstraße absolut um ca. 70 Personen (+ 15 Prozent) gesteigert werden, insbesondere im Einkaufs-, Erledigungs- und Freizeitverkehr. Jedoch werden bei keiner der beiden Betriebsformen Angaben gemacht, ob durch diese Angebotsausweitung tatsächlich Fahrten im MIV ersetzt werden konnten oder es sich um zusätzlich zurückgelegte Wege handelt.⁹⁹

Van Nes sieht deutliche Probleme in den Transportsystemen von Industriestaaten des 21. Jahrhunderts. Straßennetze leiden unter andauernder Überlastung, die Erreichbarkeit wichtiger Zentren wird immer weiter erschwert und die Umwelt in hohem negativem Maß beeinflusst. Als Lösungsvorschlag setzt er auf die Stärkung multimodaler Verbindungen. In seiner Arbeit untersucht er Konzepte eines multimodalen Netzwerkes, welche Auswirkungen ein solches auf das öffentliche Verkehrssystem haben könnte und entwickelt einen Leitfaden für multimodale Netzwerkgestaltung. Die Kombination der Stärken von privaten und öffentlichen Verkehrssystemen sei eine interessante Alternative zu der üblichen Trennung der beiden Systeme. Durch Fokussierung auf hierarchische Systemstufen und Entwicklung eines analytischen Netzmodells werden die Einflüsse eines multimodalen Transportnetzes untersucht. Die erste seiner Analysen ergibt, dass der Linien- und Haltestellenabstand des höhergradigen Systems in einem Rasternetz als Richtwert ca. dreimal so groß sein sollte, wie der des untergeordneten, während die Geschwindigkeit um das 1,5- bis 1,67-fache höher sein sollte. Dieses Ergebnis wird durch eine weitere Untersuchung mit Hinzunahme ökonomischer Aspekte bestätigt. In einem letzten Schritt wird das betrachtete Raster schrittweise mit dem Ziel geringerer Reisezeiten weiter optimiert. Auch hier zeigt sich ein Verhältnis von eins zu drei als vorteilhaft. Durch die Analysen stellt van Nes ebenfalls fest, dass das heutige öffentliche Liniennetze in Städten zu dicht sei. Durch größere Haltestellen- und Linienabstände ließen sich kürzere Reisezeiten erreichen und die Betriebskosten verringern. Nachfrageorientierte Systeme oder Leihangebote können multimodale Mobilität attraktiver machen, jedoch seien die Kosten für solche Angebote so hoch, dass ihr tatsächlicher Einfluss immer klein bleiben werde. Van Nes zeigt auch ein Beispiel für ein hierarchisch gegliedertes öffentliches Stadtnetz vor (siehe Abbildung 5). Dieses besteht aus lokalen Netzen mit Linien- und Haltestellenabstand von 0,6 km, Radial- und Ringlinien im Abstand von 2 km und ein übergeordnetes radiales Netz mit Abständen von 6 km. Die gegebenen Abstände entsprechen jeweils dem doppelten Radius der zugeordneten, kreisförmigen Einzugsfläche. Der Skalierungsfaktor zwischen den Hierarchiestufen ist in etwa drei. In seiner Arbeit kommt er zu dem Schluss, dass der Anteil des multimodalen Verkehrs im Individualverkehr zu gering sei und wahrscheinlich auch bleiben werde, um die Struktur des Netzes verändern zu können. Im öffentlichen Verkehr zeige sich in der Multimodalität jedoch großes Potenzial. Hauptzugangsart zum urbanen ÖV stelle nach wie vor das Zufußgehen dar, sodass auch die Einführung alternativer Zugangsmöglichkeiten wie das Fahrrad in den Analysen nur geringe Einflüsse auf die Charakteristiken optimaler Netzwerkstrukturen zeige. Entscheidend für die Attraktivität von multimodaler Mobilität sei vor allem die Qualität des

⁹⁹ Kirchoff und Tsakarestos: *Planung des ÖPNV in ländlichen Räumen* (2007), 53ff.

Verkehrsangebots, beeinflusst durch die Gestaltung und Lage der Umsteigeknoten, die Liniengestaltung selbst und die Verfügbarkeit von Informationen.¹⁰⁰

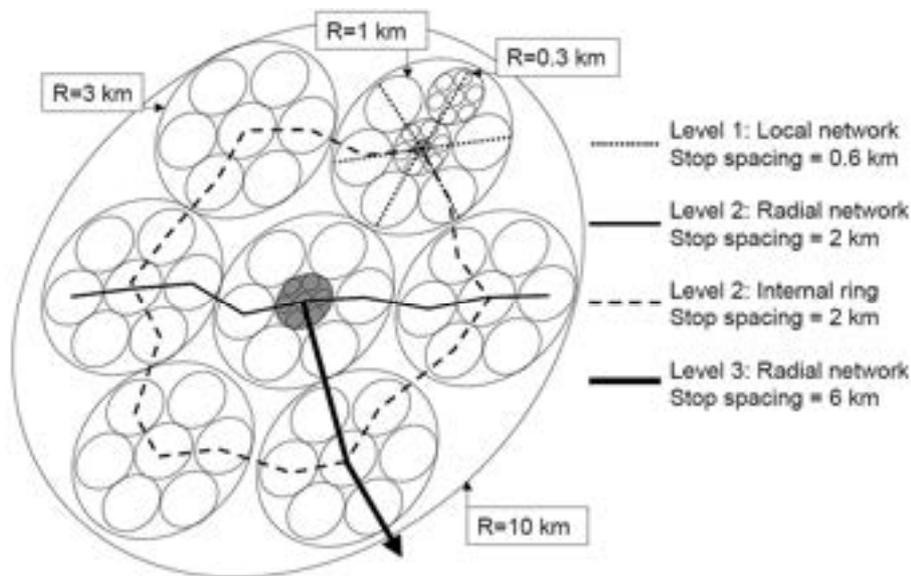


Abbildung 5 - Hierarchisches Netzmodell nach van Nes (van Nes: *Design of multimodal transport networks* (2002) S.180)

Ein aktuelles Forschungspapier der **Universität Kassel** befasst sich mit dem Thema der Wechselwirkungen zwischen Siedlungsstruktur und Mobilität im ländlichen Raum. Im Mittelpunkt stehen dabei durch die Digitalisierung entstehenden Möglichkeiten und deren Beitrag zur Verkehrswende im ländlichen Raum. Für zwei betrachtete Extremszenarien, einmal mit Fokus auf IV und einmal auf ÖV, je mit autonom fahrenden Vehikeln werden die Auswirkungen eines sich deutlich unterscheidenden Modal-Splits auf Siedlungsstruktur, Flächenverbrauch und öffentliche Räume untersucht. Das IV-Szenario bringt ein sichtbares Wachstum ländlicher Ortschaften und eine zunehmende Zersiedlung und Flächenverbrauch durch Verkehrsanlagen mit sich. In dem ÖV-Szenario ergeben sich mit vorherrschender geteilter Mobilität dagegen freiwerdende Flächenpotenziale durch anderweitige Nutzung von Verkehrsflächen und eine Siedlungsentwicklung entlang der Hauptverkehrsachsen. Letzteres Szenario wird als Vorzugsszenario betrachtet, weiter ausgearbeitet und Handlungsempfehlungen zum Erreichen dieses gegeben. Danach sollen schnelle und leistungsfähige Schienen- und Busverkehre gestärkt und mit Zubringersystemen in Form von On-Demand-Shuttles oder Ride-Pooling mit einem effizienten Matching-Algorithmus verbunden werden. Dieses System soll zukunftsorientiert, schrittweise durch automatisierte Fahrzeuge erweitert und langfristig durch diese ersetzt werden. Ebenso wird der Ausbau des Fahrradnetzes als Zubringer zu Bus und Tram gestärkt. Kernelemente in dem Netz sind sogenannte Mobilitäts-Hubs, die nicht nur als Verkehrsknotenpunkt dienen, sondern auch mit Bedeutung als soziale Orte darstellen und auch logistische Funktionen erfüllen. Konkret werden die genannten Maßnahmen in dem Untersuchungsraum Nordhessen angewandt und für diesen ein innovatives und nachhaltiges Mobilitätskonzept entwickelt. Als Auswirkung der in dem Szenario

¹⁰⁰ van Nes: *Design of multimodal transport networks* (2002).

beschriebenen Methoden wird eine deutliche Verschiebung des Modal-Split hin zum öffentlichen Verkehr und damit positive Effekte wie beispielsweise freiwerdende Verkehrsflächen, Verringerung der CO₂-Emissionen und eine verbesserte Daseinsvorsorge erwartet. Um den visionierten Status zu erreichen, seien sowohl regulierende Maßnahmen für den MIV als auch gezielte Förderungen des öffentlichen Verkehrs und die verstärkte Nutzung digitaler, intelligent vernetzter Technologien notwendig.¹⁰¹

3.2. Zielsetzung und Grundkonzept

Hier sollen nun die Grundlagen für die nachfolgende Konzeption eines Liniennetzes zur Schaffung neuer Offensivkonzepte für ÖPNV gelegt werden. Ziel ist es, ein übersichtliches und damit leicht verständliches System mit geringen Zugangshindernissen und gleichzeitig annehmbarem Reisezeitverhältnis zwischen IV und ÖV zu konzipieren. In Kombination mit einer hohen räumlichen, wie zeitlichen Verfügbarkeit durch ein durchgängiges Fahrtenangebot rund um die Uhr und kurzen Fahrzeugfolgezeiten soll flächendeckend eine gute Verbindungs- und Erschließungsqualität gewährleistet werden. Dies soll ohne grundlegende bauliche Anpassungen, sondern durch Nutzung der vorhandenen Infrastruktur und Anpassung des zu planenden Netzes auf gegebene Rahmenbedingungen gelingen.

Hier wird sich bewusst für einen hierarchischen, in Teilen multimodalen Ansatz entschieden. Ein hierarchisch gegliedertes Verkehrssystem besteht allgemein aus mehreren Netzen, die je über eigene Eigenschaften und Transportfunktionen verfügen. Das Konzept der Hierarchie impliziert dabei nicht, dass ein Netz wichtiger sei als ein anderes, sondern dass sie jeweils besser für bestimmte Reisedistanzen geeignet sind und an definierten Übergängen Zugang zu der nächsthöheren Stufe bieten. Während das oberste Netzwerklevel eine weite Ausdehnung, hohe Geschwindigkeiten und limitierte Zugänglichkeit aufweist, besitzt das niedrigste Level eine hohe Dichte, niedrige Geschwindigkeiten und eine gute räumliche wie zeitliche Erschließungsqualität.¹⁰² Während der Wechsel auf eine höhere Netzstufe im Individualverkehr übergangslos passiert, beispielsweise durch die Auffahrt auf eine Autobahn, sind im öffentlichen Verkehr dafür gesonderte Umsteigevorgänge notwendig. Ein anschauliches Beispiel eines hierarchischen Systems kann im deutschen Schienenverkehr gesehen werden. Der ICE als schnelle Verbindung zwischen bedeutenden Städten stellt die höchste Hierarchiestufe dar. Darunter folgen Regionalexpress, Regionalbahn und S-Bahn. Als weitere unterste Stufe könnten auch Zubringer- und Stadtverkehre mit Bus oder Straßenbahn gesehen werden.

Für das hier vorgeschlagene Grundkonzept wird eine Aufteilung in drei Hierarchiestufen verwendet: das vorhandene Schienennetz als oberste Stufe, darunter das zu konzipierende Hauptnetz und eine erweiternde Flächenerschließung durch Sammel- und Verteilersysteme. Das Hauptnetz soll weitreichende, direkte und schnelle Verbindungen zu und zwischen Zentren gewährleisten, während das Nebennetz als Zubringer zum bzw. vom Hauptnetz dient und damit den Charakter der Flächenerschließung aufweist. Der

¹⁰¹ Prof. Oswald, Prof. Rettich, Prof. Dr. Roost, et al.: *Endbericht Bauen für die neue Mobilität im ländlichen Raum* (2021).

¹⁰² vgl. van Nes: *Design of multimodal transport networks* (2002), 19ff.

Schienerverkehr wird, wo vorhanden, als separates System für schnelle und komfortable Fahrten zwischen Zentren, also als eine Art „Expresslinie“ angesehen. Es werden jedoch nur bestehende Schienenwege betrachtet und diese nicht in ihrer Lage verändert oder erweitert. Ausnahme bildet die Reaktivierung stillgelegter, aber noch vorhandener Strecken. Vielmehr sind die beiden anderen zu entwickelnden Stufen auf das bestehende Schienennetz abzustimmen. Die Bezeichnung „in Teilen multimodal“ wird hier verwendet, da Wege in dem System sowohl multi- als auch unimodal zurückgelegt werden können. Auf dem Hauptnetz werden Standard-Linienbusse verwendet (siehe Abschnitt 3.5), das Zubringer- bzw. Verteilernetz kann je nach Siedlungsstruktur und Nachfrage auch mit anderen Fahrzeugen oder Betriebsformen organisiert und betrieben werden (siehe Abschnitt 3.6) und für die Überbrückung der Letzten Meile werden alternative Verkehrsmittel eingesetzt (siehe Abschnitt 3.7). Für „Multimodal“ wird hier die Definition nach van Nes verwendet, in der die Nutzung von zwei oder mehr Verkehrsmodi oder -systemen für eine Ortsveränderung als multimodal bezeichnet wird¹⁰³. Typische Beispiele für multimodale Wege sind z. B. die Fahrt mit einem privaten Pkw an den Stadtrand, um von dort mit öffentlichen Verkehrsmitteln in das Stadtzentrum zu gelangen, oder die Fahrt mit Stadtbus bzw. Tram auf dem Weg zu einer Bahnstation für eine Weiterfahrt mit dem SPNV. Wege, auf denen nur ein einziger Modi benutzt wird oder nur innerhalb eines Systems umgestiegen wird, beispielsweise zwischen Linien eines Stadtbusnetzes, werden als unimodal bezeichnet. Der grundlegende Unterschied zu einem multimodalen Weg ist, dass dort mindestens ein intermodaler Umstieg zwischen verschiedenen, meist unabhängig voneinander organisiert oder betrieben Netzen nötig ist¹⁰³. Der Fußweg ist aus dieser Definition ausgenommen, da bei Hinzunahme streng genommen jeder Weg multimodal wäre, wie beispielsweise der Weg von der Tür zum Pkw oder der nächsten Haltestelle, sowie Umsteigevorgänge selbst. Stattdessen wird der Fußweg als fester Teil am Anfang und Ende eines Weges betrachtet. Einzige Ausnahme bilden Fußwege, die den Hauptanteil eines Weges ausmachen und das Zufußgehen damit den Hauptmodi darstellt. Das kann der Fall sein, wenn jemand beispielsweise mit einem Fahrrad oder Pkw zu einem Einkaufszentrum oder Park fährt. Die gelaufene Distanz ist in diesem Fall meist länger als die gefahrene¹⁰⁴.

Für das **Hauptnetz** wird ein idealer integraler Fahrplan (ITF) mit kurzen Umsteige- und Reisezeiten angestrebt. Für den Betrieb sollen Standard-Linienbusse und damit das Straßennetz als vorhandene Verkehrsinfrastruktur genutzt werden. Die Umsetzung des integralen Fahrplans erfordert eine feste Taktung und gleichmäßige Abstände der Taktknoten zueinander. An jedem dieser Knoten, die bevorzugt innerhalb von Zentren angeordnet werden, kommen die Linien aller Richtungen gleichzeitig an und fahren nach kurzer gemeinsamer Verweilzeit wieder zur selben Zeit ab. Dadurch können Fahrgäste ohne Reisezeitverlust zwischen den Linien umsteigen. Abfahrtszeiten sind, da für alle Linien gleich, leicht merkbar und kleine Verspätungen können regelmäßig ausgeglichen werden. Durch die Nutzung des Straßennetzes entfallen einige beim Schienenverkehr für die Umsetzung eines ITF nötige, infrastrukturelle Voraussetzungen, wie eine ausreichende Anzahl an Gleisen in ITF-Knoten oder die Einrichtung von Kreuzungsbahnhöfen auf

¹⁰³ vgl. van Nes: *Design of multimodal transport networks* (2002), 8ff.

¹⁰⁴ van Nes: *Design of multimodal transport networks* (2002), S. 14.

eingleisigen Streckenabschnitten¹⁰⁵. Die Taktzeit ergibt sich aus einer einheitlichen Fahrzeit zwischen allen Hauptknoten und der Wartezeit an den Knoten selbst. Hier ist ein Kompromiss zwischen einem dichten Abstand der Rendezvouspunkte, und damit einer besseren Erschließungsqualität und kurzen Wegen aus der Fläche zu den Umsteigepunkten an sich, und einem attraktiven Verhältnis zwischen Fahr- und Wartezeit nötig. Zudem sollte der gewählte Takt eine gute Grundlage für eine Auf- oder Abstufung der Fahrtenfolgezeit bieten. Ein hierarchisches System sowie die Multimodalität erfordern definitionsgemäß immer ein Umsteigen zwischen Verkehrsträgern. Dabei ist generell anzustreben den dadurch entstehenden Widerstand zu minimieren. Aus jedem Umsteigevorgang resultieren jedoch unweigerlich längere Reisezeiten und ein zusätzlicher Aufwand für den Fahrgast. Deshalb müssen übergeordnete Netzstufen diesen Widerstand und den zum Erreichen des Systemwechsellpunktes nötigen Umweg, durch ihren Nutzen, i. d. R. ihre höhere Beförderungsgeschwindigkeiten, kompensieren. Um diese erreichen zu können, sollen die Hauptlinien möglichst direkt zwischen den Zentren verkehren, bevorzugt Straßen mit hohem Ausbaustandard nutzen, nur geringe Umwege in Kauf nehmen und nur eine begrenzte Anzahl an Zwischenhalten auf der Strecke bedienen.

Das angestrebte Konzept ähnelt also einem Ortsbussystem, das durch eine übersichtliche Linienstruktur und zentrale Rendezvouspunkte für alle Linien charakterisiert ist. Eine Minimierung der Umsteigezeiten wird auch dort durch Abstimmung zwischen den Linien und eine durchgängige Bedienung im Halbstundentakt ermöglicht. Zudem umfasst das Konzept umfassende Marketingmaßnahmen wie eines eigenen Corporate Design für Busse, Haltestellen und die Kommunikation.¹⁰⁶

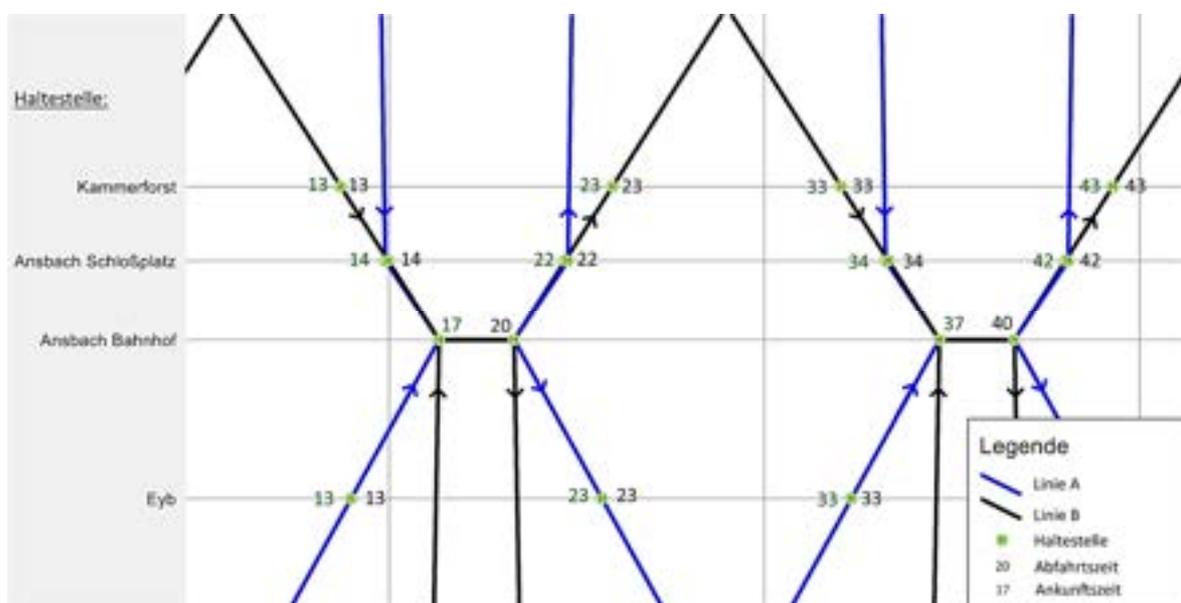


Abbildung 6 - Beispielhafter Bildfahrplan zweier Hauptlinien um einen Knoten

¹⁰⁵ vgl. Pachl: Systemtechnik des Schienenverkehrs (1999), 206ff.

¹⁰⁶ Gather et al.: Geographische Mobilitäts- und Verkehrsforschung (2008), 247 ff.

Das **Nebennetz** dient primär der Anbindung von Gebieten, die nicht direkt durch das Hauptlinien erschlossen werden. Ebenso soll diese Ebene kleinere Orte mit dem jeweils nächstgelegenen, lokalen Grundzentrum verbinden. Durch den Charakter der Flächenschließung ergeben sich längere Umwege, mehr Zwischenhalte und damit in der Regel längere Fahrzeiten. Außerhalb des Hauptnetzes ist die Anwendung verschiedener Betriebsformen denkbar. Die Wahl dieser richtet sich nach der lokal vorhandenen Siedlungs- und Nachfragestruktur. Möglich ist sowohl ein fester Linienbetrieb, nachfrageorientierte oder auch alternative Betriebsformen. Die Anbindung an das Hauptnetz sollte bevorzugt direkt an den Taktknoten des Hauptnetzes erfolgen, da dort Umsteigemöglichkeiten für die Weiterfahrt in mehrere Richtungen gleichzeitig verfügbar sind und durch die Lage der Knoten innerhalb von Zentren diese ebenfalls direkt erreicht werden können. Ein Umstieg von Neben- auf Hauptlinien in den Zwischenhalten der Hauptlinien ist zwar möglich, jedoch ist dann je nach angestrebtem Ziel mit längeren Wartezeiten zu rechnen und eventuell ein zusätzlicher Umstieg am nächsten Taktknoten notwendig.

Für die Definierung eines attraktiven Angebotes wird auf die von Kirchhoff genannte Zielkriterien zurückgegriffen:¹⁰⁷

- Hohe Verfügbarkeit (lange Betriebsdauer, kurze Fahrtenfolgezeit)
- Hohe Verbindungsqualität (hohe Beförderungsgeschwindigkeit, geringe Anzahl Umstiege)
- Zuverlässigkeit (geringe Abweichungen vom Fahrplan, sichere Gewährleistung von Anschlüssen)
- Beförderungskomfort (Ausstattung der Haltestelle, Fahrzeugeigenschaften, Besetzungsgrad der Fahrzeuge)
- Handhabbarkeit (Übersichtlichkeit des Angebots, Fahrgeldeinrichtungen, Fahrgastinformationen)

¹⁰⁷ vgl. Kirchhoff und Tsakarestos: *Planung des ÖPNV in ländlichen Räumen* (2007), 21ff.

3.3. Allgemeine Anforderungen an einen attraktiven ÖPNV

Das BMVI und der VDV sind sich einig, dass kurze Zugangswege und -zeiten, die Gewährleistung eines barrierefreien Zugangs zu Infrastruktur und Fahrzeug sowie verständliche Informationen zu bedeutenden Entscheidungskriterien für die Nutzung des ÖV zählen. Wichtig sei zudem ein verständliches Tarifsystem und ein einfacher Zugang zum Vertriebssystem.^{108 109} Deshalb wird angenommen, dass die im Folgenden kurz beschriebenen, über die Konzeption des reinen Liniennetzes und Fahrplans hinausgehenden Anforderungen an einen attraktiven ÖPNV für das hier vorgeschlagene Angebotskonzept übernommen werden.

3.3.1. Haltestellenausstattung

Haltestellen sind das „Aushängeschild“ des ÖPNV. Auch wenn jemand nicht weiß, wann oder wo ein Bus fährt, ist jedem Anwohner in der Regel zumindest bekannt, wo sich die nächstgelegene Haltestelle befindet. Haltestellen und damit deren Ausstattung und Zustand werden durch ihren festen Standort auch von momentanen Nicht-Nutzern wahrgenommen und prägen das Image des öffentlichen Verkehrs mit. Da die Wartezeit im Vergleich zur Fahrzeit zudem als übermäßig lang empfunden wird¹¹⁰, ist eine attraktive Gestaltung des Warteumfeldes wichtig. Nicht nur für die äußere Wahrnehmung, sondern auch besonders im Hinblick auf die Bereitschaft dort zu Warten und damit zur Nutzung des ÖPNV selbst. Zudem bieten Haltestellen in der Regel individuell angepasste Informationen über das Angebot und weitere Regelungen direkt vor Ort.

Die Qualität der Ausstattung richtet sich in der Regel nach Lage, Bedeutung und Fahrgastaufkommen an der Haltestelle¹¹¹. Hier wird zur Steigerung der Aufenthaltsqualität und für ein hochwertiges Erscheinungsbild grundsätzlich eine flächendeckende Vollausrüstung der Haltestellen mit Witterungsschutz, Sitzmöglichkeit sowie Netz- und Tarifinformationen¹¹² zumindest für alle Haltestellen des Hauptnetzes angenommen. Alle Haltestellen und Knoten des Hauptnetzes sollen zusätzlich Fahrradabstellanlagen erhalten. Dies ist besonders für am Rand größerer Siedlungen gelegene und somit schwieriger fußläufig zu erreichende Haltestellen von Bedeutung. Für Letztere sollte ergänzend die Einrichtung eines Fahrradverleihsystems geprüft werden (siehe 3.7). Darüber hinaus sind Haltestellen klar erkennbar zu kennzeichnen und sollen ein einheitliches Erscheinungsbild zur einfachen Identifikation aufweisen.

In § 8 (3) PBefG wird eine „vollständige Barrierefreiheit“ vorgeschrieben¹¹³. Diese ist zwar insbesondere für in ihrer Mobilität eingeschränkte Personen (durch körperliche oder reisebedingte Behinderungen) wichtig, trägt allerdings auch zur allgemeinen Nutzerfreundlichkeit des ÖPNV bei. Bauliche Mindeststandards für Haltestellen und deren Zuwege

¹⁰⁸ vgl. BMVI: *Mobilitäts- und Angebotsstrategien in ländlichen Räumen* (2016), 76ff.

¹⁰⁹ Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V.: *Gute Mobilität in ländlichen Räumen* (2020).

¹¹⁰ FGSV: *Merkblatt für Maßnahmen zur Beschleunigung des öffentlichen Personennahverkehrs mit Straßenbahnen und Bussen* (1999).

¹¹¹ Kirchhoff und Tsakarestos: *Planung des ÖPNV in ländlichen Räumen* (2007), 44f.

¹¹² vgl. Kirchhoff und Tsakarestos: *Planung des ÖPNV in ländlichen Räumen* (2007), S. 70.

¹¹³ BMVI: *Personenbeförderungsgesetz [PBefG]*.

sind in der DIN 18040-3 geregelt. Dazu zählen unter anderem eine neigungsarme Ausführung, hinreichende Bewegungsflächen, ausreichende Beleuchtung sowie die Gestaltung von Orientierungs- und Leitsystemen¹¹⁴. Diese Mindestanforderungen gelten generell für alle Haltepunkte im Netz. Hier wird auf eine genaue Aufzählung der Anforderungen verzichtet und auf die Norm verwiesen.

3.3.2. Fahrzeugeigenschaften

Gerade auf längeren Reiseweiten, wie sie im ländlichen Raum häufig auftreten, kommt der Beförderungsqualität im Fahrzeug besondere Bedeutung zu. Wichtig dafür sind in erster Linie eine ausreichende Verfügbarkeit von Sitzplätzen und eine hochwertige, zeitgemäße Fahrzeugausstattung sowie Kundeninformation. Dazu zählen digitale Anzeigen mit der nächsten Haltestelle, dem Haltestellenverlauf sowie Auskünfte über Verspätungen und sonstige Informationen in Echtzeit. Der VDV empfiehlt hier zudem die Ausstattung mit Wifi und Stromanschlüssen¹¹⁵. Darüber hinaus werden allgemein viele konstruktive Anforderungen an die Fahrzeuge gestellt: modern, möglichst niederflurig, Möglichkeiten zur Fahrradmitnahme, hydraulisches Absenken des Fahrzeugbodens (Kneeling) und einsetzbare Rampen für mobilitätseingeschränkte Personen und Ablagen für den Gepäcktransport¹¹⁶. Die Vorgaben für barrierefreie Fahrzeuge richten sich nach der Verordnung (EG) Nr.661/209 i.V.m. Abs.3.11.4.1.3 der UN-ECE Regelung 107¹¹⁷. Da diese sich jedoch nur auf Fahrzeuge ab 22 Sitzplätzen beziehen sind Regelungen zu treffen, wie auch Fahrzeuge mit weniger Plätzen barrierefrei gestaltet werden können.

Auf den hier konzipierten Hauptlinien sollen durchgehend standardisierte Niederflur-Busse mit ca. 51 Sitzplätzen und zusätzlichen 70 Stehplätzen eingesetzt werden. Die niederflurige Ausführung berücksichtigt die Belange mobilitätseingeschränkter Personen und verbessert die Zeiteffizienz beim Ein- und Aussteigen. Je nach Art der Bedienung und Nachfragestärke kann die Beförderung auf den Nebenlinien auch mit Kleinbussen erfolgen. Alle Fahrzeuge sind durch Betriebsfunk oder Handy durchgängig erreichbar und miteinander verbunden. In Spitzenzeiten ist es auch möglich, Busanhänger für flexibles Sitzplatzangebot oder Gelenkbusse einzusetzen¹¹⁸.

D'accord zu den Haltestellen sollten die Busse für ein gleichmäßiges Erscheinungsbild in einem „Corporate Design“ gestaltet sein. Das führt zu einer besseren Erkennbarkeit und zur Schaffung einer einheitlichen Identität des ÖPNV.

¹¹⁴ vgl. DIN 18040-3: Barrierefreies Bauen - Planungsgrundlagen - Teil 3: Öffentlicher Verkehrs- und Freiraum.

¹¹⁵ Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V.: Gute Mobilität in ländlichen Räumen (2020).

¹¹⁶ vgl. Kirchhoff und Tsakareostos: Planung des ÖPNV in ländlichen Räumen (2007), 71f.

¹¹⁷ Regelung Nr. 107: Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Fahrzeugen der Klassen M2 und M3 hinsichtlich ihrer allgemeinen Konstruktionsmerkmale.

¹¹⁸ vgl. Kirchhoff und Tsakareostos: Planung des ÖPNV in ländlichen Räumen (2007), S. 45.

3.3.3. Fahrgastinformationen

Nach dem Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) soll „die Nutzung des ÖPNV so einfach wie möglich sein“¹¹⁹. Einen wichtigen Teil dazu tragen einfach zugängliche und klar verständliche Informationen über das Fahrtenangebot, Fahrzeiten, mögliche Anschlüsse, den Tarif und weitere Regelungen (bspw. zur Fahrradmitnahme) bei. Diese müssen den Fahrgästen nicht nur vor, sondern auch während der Fahrt durch visuelle und akustische Informationen im Bus und an den Haltestellen barrierefrei zur Verfügung gestellt werden. Der traditionelle gedruckte Fahrplan ist immer mehr rückläufig. Stattdessen ist durch den Einsatz neuer digitaler Informationsdienste das Abfragen individueller Fahrtwünsche und Informationen über Verspätung oder Änderungen in Echtzeit möglich. Zur Bereitstellung verkehrsträgerübergreifender Informationen ist deren Zusammenstellung auf einer Plattform, wie sie in vielen Verkehrsverbänden bereits angeboten wird, wichtig. Viele Verkehrsverbände und Verkehrsunternehmen haben auch Mobilitätszentralen eingerichtet, die persönlich oder telefonisch Informationen liefern, beraten und spezielle verkehrsbezogene Dienstleistungen anbieten. Bei nachfragegesteuertem Verkehr übernehmen diese auch Fahrtwunschanmeldungen und die Disposition der Fahrten¹²⁰. Verbesserungsmöglichkeiten für die Nutzung gerade durch ältere Menschen liegen in der Verständlichkeit der Informationen, Bedienfreundlichkeit der eingesetzten Technik, sichtbarem und hilfsbereitem Personal sowie klar strukturierten und aufeinander abgestimmten Angeboten¹²¹.

3.3.4. Tarifgestaltung

Der Fahrgast hat Interesse an einem gerechten, gut handhabbaren und preiswerten Tarif. Verkehrsunternehmen dagegen sind vor allem an der Auskömmlichkeit dessen interessiert¹²². Dieser Kompromiss ist in ländlichen Regionen schwerer zu lösen als in städtischen Bereichen, zumal die Preissensibilität für den ÖPNV im ländlichen Raum höher liegt¹²². Ziel sollte sein, dass die Fahrtkosten im Vergleich zu Pkw-Kosten von der Bevölkerung als konkurrenzfähig wahrgenommen werden. Da die Fixkosten beim Auto psychologisch oft stark unterschätzt werden und die variablen Kosten (in erster Linie Spritkosten) oft nur in größeren Zeitabständen anfallen, sollte angestrebt werden, dies bei Ticketpreisen ebenfalls so zu organisieren¹²³. Dies kann durch Zeitfahrkarten, insbesondere Jahreskarten erfolgen, die i. d. R. monatlich bezahlt, aber nicht neu gekauft werden müssen. Gleichzeitig sollte der Einzelfahrschein nach Monheim eher ein Auslaufmodell sein¹²³. Damit kann die bekannte Aussage „Das Auto hab‘ ich sowieso“ auch auf „Die Fahrkarte hab‘ ich sowieso“ angewendet werden.

Der für eine Fahrt tatsächlich zu entrichtende Fahrpreis richtet sich nach dem angewandten Tarifsystem. Die, zumindest im deutschen Raum, häufigsten Tarifstrukturen sind der Einheitstarif (nicht gerecht, aber gut handhabbar), entfernungsabhängige Tarife (gerecht,

¹¹⁹ Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V.: *Gute Mobilität in ländlichen Räumen* (2020).

¹²⁰ vgl. Kirchhoff und Tsakarestos: *Planung des ÖPNV in ländlichen Räumen* (2007), S. 45.

¹²¹ vgl. BMVBS: *ÖPNV: Planungspraxis und Anforderungen älterer Menschen* (Nr. 2010), 148f.

¹²² Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V.: *Gute Mobilität in ländlichen Räumen* (2020).

¹²³ Prof. H. Monheim: *Gutachten Finanzierung der Verkehrssysteme im ÖPNV* (2016), S. 12.

aber schlecht handhabbar) und Flächenzonentarife (Gerechtigkeit und Handhabbarkeit hängen von Ausdehnung der Zone ab). Für Gelegenheitsfahrer hat die Handhabbarkeit größere Bedeutung, für Zeitkartenbesitzer bzw. Vielfahrer hingegen verstärkt die Gerechtigkeit des Tarifsystems. Kirchhoff schlägt deshalb vor, die Zoneneinteilung so zu differenzieren, dass für Einzelfahrausweise größere Zonen gebildet werden als für Zeitfahrausweise¹²⁴. Ergänzend zu einem Grundtarif tragen ein gezieltes Ansprechen von bestimmten Gruppen durch eine verbilligte Beförderung, Mitnahmereglungen (Gruppentarife, Mitnahme zusätzlicher Personen, möglichst ohne zeitliche Einschränkung) und additive Preisvorteile (z. B. zweites Abo in einem Haushalt erhält Rabatt) zur Attraktivität bei¹²⁵.

Die Begleichung des anfallenden Fahrtentgelts kann auch durch automatische Berechnung mithilfe elektronischer Systeme unterstützt werden,¹²⁴ wie sie im Ausland teilweise bereits eingesetzt werden. (vgl. bspw. „Oyster Card“ in London oder „Suica“ und „Pasmo“ in Japan). Dabei wird i. d. R. eine Prepaid-Karte oder App verwendet, mit der der Beginn und das Ende der jeweiligen Fahrt an einem Sensor elektronisch registriert und der Fahrpreis automatisch berechnet und abgebucht wird. Als erstes solches System in Deutschland wurde im Dezember 2020 der e-Tarif NRW eingeführt, der verbundübergreifend für ganz Nordrhein-Westfalen gilt¹²⁶. Vorteil dieser Systeme ist neben der einfachen Handhabung, Vermeidung von Zeitverlusten durch Fahrkartenkauf beim Fahrer und der Gerechtigkeit des Tarifs die Möglichkeit zur direkten Erfassung der Einnahmen der Verkehrsunternehmen, Einnahmenaufteilung innerhalb von Verkehrsverbänden und gleichzeitige Nutzung für Verkehrserhebungen bzw. zur Bestimmung der Nachfrage auf bestimmten Linien, Strecken und Zeiten. Voraussetzung ist jedoch eine flächendeckende Anwendung und eine vernetzte und zuverlässige Softwarestruktur sowie eine umfassende Information aller bestehenden und potenziellen Fahrgäste bei Einführung eines solchen Systems.

In der politischen Diskussion kommen ebenfalls immer wieder ein flächendeckendes 365-Euro-Ticket oder ein vollständiger Nulltarif für den ÖPNV auf. Im VGN wird beispielsweise bereits ein 365-Euro-Jahresticket für Schüler, gültig im gesamten Verbundraum, angeboten¹²⁷. Eine vollständig kostenlose Benutzung des ÖPNV ist seit Anfang 2020 unter anderem in der „City-Zone“ in Augsburg¹²⁸ und seit März 2020 in ganz Luxemburg¹²⁹ möglich. Eine weitere Möglichkeit für einen fahrscheinlosen ÖPNV ist das sogenannte „Bürgerticket“. Es stellt im Gegensatz zum Nulltarif keinen reinen kostenlosen ÖPNV dar, sondern funktioniert als eine Art „Solidarticket“, für das eine generelle Nahverkehrsabgabe für alle Bürger erhoben wird¹³⁰. Für ein maximal attraktives Angebot im öffentlichen Verkehr wäre ein solcher Nulltarif oder ein Solidarticket zwar die erste Wahl, diesen stehen jedoch hohe politische Hürden, insbesondere hinsichtlich der Finanzierung.

¹²⁴ vgl. Kirchhoff und Tsakarestos: *Planung des ÖPNV in ländlichen Räumen* (2007), 44f.

¹²⁵ Prof. H. Monheim: *Gutachten Finanzierung der Verkehrssysteme im ÖPNV* (2016), S. 11.

¹²⁶ [online] Landesregierung Nordrhein-Westfalen, www.land.nrw/de

¹²⁷ [online] VGN GmbH: *365-Euro-Ticket für Schüler*, <https://www.vgn.de>.

¹²⁸ [online] Stadtwerke Augsburg Holding GmbH: *Gratis durch die City-Zone* (2020), <https://www.sw-augsburg.de>.

¹²⁹ [online] *Le gouvernement du grand-duché de luxembourg: Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV)* (2020), <https://luxembourg.public.lu>.

¹³⁰ Prof. H. Monheim: *Gutachten Finanzierung der Verkehrssysteme im ÖPNV* (2016), S. 20.

3.4. Grundlegende Annahmen

Allgemein wird angenommen bzw. vorausgesetzt, dass die in Abschnitt 3.3 aufgeführten Kriterien für einen hohen Beförderungskomfort (Ausstattung von Haltestellen und Fahrzeugen) und der einfachen Handhabbarkeit der Fahrgastinformationen und Tarifstruktur übernommen werden. Aufgrund der Komplexität des Systems, insbesondere der Umsteigevorgänge, ist die Information gerade für ungeübte Nutzer essenziell.

3.4.1. Netzgestaltung

Das **Hauptnetz** wird vereinfachend als Netz aus Knoten und diese verbindenden Kanten angesehen. Auf diesen Kanten können neben den als Rendezvouspunkten ausgeführten Hauptknoten noch weitere, einzelne Zwischenhalte eingeplant werden. Diese liegen theoretisch zufällig auf der Strecke verteilt. In der Realität ist die Anordnung jedoch von Lage der Siedlungen auf der Strecke abhängig. Die Abfahrtszeiten dort sind daher nicht an die feste Taktzeiten der Knoten gebunden. Die örtliche Festlegung der Knoten und des Verlaufs der Hauptlinien orientiert sich an der Lage von zentralen Orten und dem vorhandenen Straßennetz. Der Einzugsbereich eines so entstehenden Korridors kann mit ca. 2 km Breite um die Linien angesetzt werden¹³¹. Die Fläche zwischen diesen Hauptkorridoren wird durch Zubringersysteme an das Hauptnetz angeschlossen. Eventuell ist eine Unterteilung dieser Räume anhand von topografischen, netz- oder lagespezifischen Besonderheiten (z. B. große unbewohnte Gebiete, bergiges Terrain) notwendig¹³⁰. Die Taktknoten des Hauptnetzes sind vorzugsweise innerhalb größerer Siedlungen zu planen, um diese möglichst gut an das Hauptnetz anzubinden. Aufgrund der durch den ITF vorgegebenen maximalen Streckenlängen wird dies in der Realität jedoch nicht durchgängig möglich sein, womit solche Verknüpfungspunkte in manchen Fällen auch am Rand oder außerhalb besiedelter Gebiete angeordnet werden müssen.

Die Umsteigevorgänge an diesen **Knoten** sollen allgemein sowohl hinsichtlich Zeit als auch Distanz, so kurz wie möglich gestaltet werden und in einem attraktiven Umfeld stattfinden. Deshalb sollten die Umsteigepunkte selbst als Busbahnhöfe (z. B. Mittelbussteg, siehe Abbildung 7¹³²) ausgeführt sein, an dem die Fahrgäste direkt zwischen den gleichzeitig ankommenden Linien umsteigen können. Auch bei Anschlüssen an den SPNV sind die Umsteigewege kurz und barrierefrei zu halten.



Bild 26: Mittelbussteg mit innen liegender Aufenthalts- und Wartefläche

Abbildung 7 - Schema Mittelbussteg nach FGSV H VÖ (2009)¹³²

¹³¹ vgl. BMVI: *Mobilitäts- und Angebotsstrategien in ländlichen Räumen* (2016), S. 48.

¹³² FGSV: *Hinweise für den Entwurf von Verknüpfungsanlagen des öffentlichen Personennahverkehrs* (2009).

Wichtig für die Erschließungsqualität eines solchen Knotenpunkt ist dessen zentrale Lage und gute Erreichbarkeit für den nicht-motorisierten Verkehr. Sowohl die Taktknoten als auch die Zwischenhalte auf den Hauptlinien und die Haltestellen des Zubringernetzes sollen zu Fuß barrierefrei mit kurzen Zu- und Abgangszeiten von unter 10 min erreichbar sein. Wenn der Weg länger ist, soll dieser mit Mitteln zur Überbrückung der „Letzten Meile“ angenehmer gestaltet bzw. die Zugangszeit verkürzt werden (siehe Abschnitt 3.7). Die Studie Bahn.Ville 2 der TU München zeigt, dass bereits kleinere lokale Maßnahmen zur Verbesserung der Erreichbarkeit einer SPNV-Haltestelle führen können. Beispielsweise kann eine direkte fußläufige Querung an einem Bahnhof, die Attraktivität und den Erfolg einer Bahnstation deutlich steigern können¹³³. Diese Rendezvouspunkte können neben ihrer zentralen Mobilitätsfunktion darüber hinaus auch Logistik-, beispielsweise durch die Anordnung von Paketboxen, und Aufenthaltsfunktionen erfüllen. Aufgrund der zentralen Bedeutung und „Belebtheit“ eines solchen Umsteigepunktes ist es auch sinnvoll die Entstehung von Nahversorgungseinrichtungen rundum oder in der näheren Umgebung des Knotenpunktes zu fördern bzw. zu ermöglichen. Die Studie „Bauen für neue Mobilität im ländlichen Raum“ liefert konkrete Vorschläge für Ausstattung und Gestaltung, sowie eine Unterteilung nach verkehrlicher Bedeutung und Lage in Makro-, Midi- und Mirko-Hubs.¹³⁴ Die Rendezvouspunkte des Hauptnetzes würden demnach in der Regel einem Midi-Hub, Knoten in regionalen Zentren einem Makro-Hub wie in Abbildung 8 entsprechen. Im Weiteren wird die genaue Lage, Anbindung, bauliche Ausführung und Flächenverfügbarkeit für diese Hauptknoten jedoch nicht detailliert betrachtet.

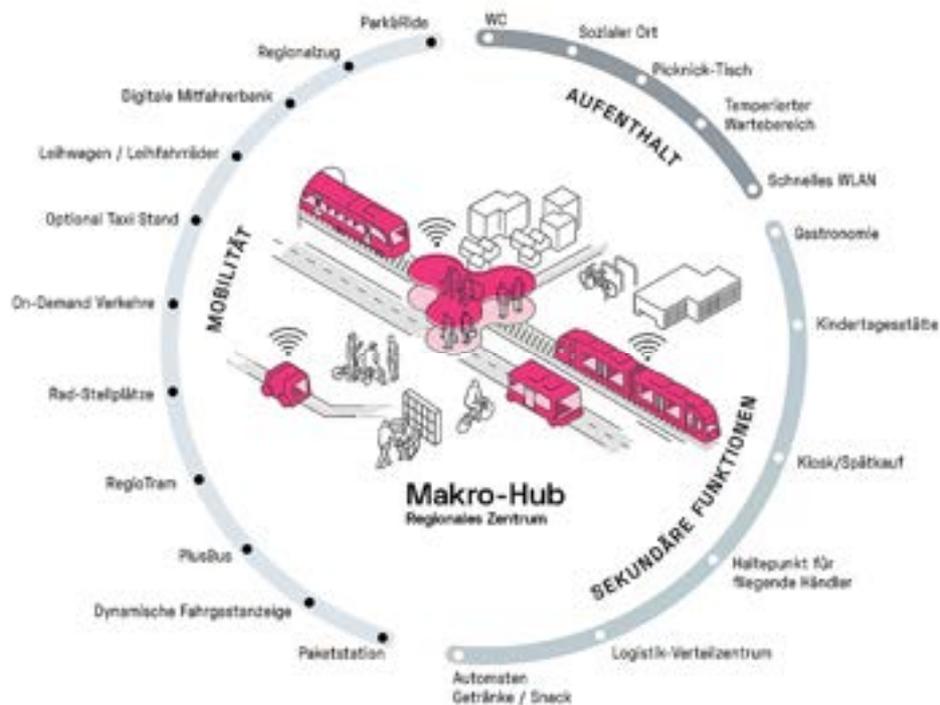


Abbildung 8 - Funktionalitäten und Ausstattung eines Makro-Hub
(Endbericht Bauen für die neue Mobilität im ländlichen Raum (2021) S. 112)

¹³³ vgl. Arndt und et al.: Die Bahn als Rückgrat einer nachhaltigen Siedlungs- und Verkehrsentwicklung (2010), 17f.

¹³⁴ Prof. Oswald, Prof. Rettich, Prof. Dr. Roost, et al.: Endbericht Bauen für die neue Mobilität im ländlichen Raum (2021), 108ff.

Die zu konzipierende Angebotsstrategie soll auch entscheidend zur Verbesserung der **Erreichbarkeit** von ländlichen Räumen mit dem öffentlichen Verkehr führen. Die Richtwerte der Leitlinie zur Nahverkehrsplanung in Bayern (Bay-LzN) werden hier dafür als absolute Mindestanforderung an die Erreichbarkeit herangezogen. Nach der Bay-LzN sollen alle Teilflächen ab 200 Einwohner ab 5 km Entfernung vom Gemeindezentrum dieses innerhalb von max. 30 Minuten erreichen können und dort innerhalb von 10 min einen Anschluss an ein übergeordnetes Zentrum haben¹³⁵. Insgesamt sollen Oberzentren in 60 bis 90 Minuten, Mittelzentren in 30 bis 45 Minuten und Grundzentren in 20 bis 30 Minuten zu erreichen seien. Zudem ist eine Erreichbarkeit nur gegeben, wenn Hin- und Rückfahrt innerhalb eines Halb- und Tageszeitraums gewährleistet ist¹³⁶. Nach der Bay-LzN liegt der Richtwert von Haltestelleeinzugsbereichen im ländlichen Raum für Busse bei 800 m und für schienengebundene Verkehrsmittel bei 1.500 m. Alle Teilflächen ab 200 Einwohnern sollen erschlossen werden. Die Haltestellenerschließung gilt als erfüllt, wenn mindestens 80 Prozent der Bevölkerung innerhalb dieser Einzugsbereiche leben¹³⁷. Abweichend davon werden die Einzugsbereiche im Weiteren auf 600 m für Busse und auf 1.000 m für die Bahn verringert. In dem hier konzipierten Angebot wird angestrebt die angegebenen Beförderungszeiten zu und zwischen lokalen Zentren zu unterschreiten und nach Möglichkeit alle Teilflächen mit einzubeziehen.

Ein weiteres wichtiges Kriterium für die Attraktivität des ÖV-Angebots, insbesondere bei der Anwendung eines ITF, ist die **Zuverlässigkeit** des Systems. Definiert wird diese durch geringe Abweichungen vom Soll-Fahrplan und einer sicheren Gewährleistung von Anschlüssen¹³⁸. „Der öffentliche Verkehr ist verlässlich, wenn der Kunde bei der Erfüllung seiner Erwartungen auf planbare Verbindungen vertrauen kann und ihn die Dienstleistung insgesamt überzeugt.“¹³⁷. Damit einher geht die Steigerung der Annehmlichkeit, durch den FGSV definiert als „gleichmäßige Fahrweise mit möglichst wenigen störungsbedingten Halten und ausgeglichenen Beschleunigungs- und Verzögerungsphasen“¹³⁹. Die Zuverlässigkeit des hier vorgeschlagenen Systems soll durch Fahr- und Haltezeitreserven im Fahrplan gewährleistet werden. Zudem wird angenommen, dass ÖPNV-Fahrzeugen in der Verkehrsführung durch Beeinflussung von Lichtsignalanlagen oder grüne Wellen Vorrang gegenüber dem MIV eingeräumt wird.

3.4.2. Mittlere Beförderungsgeschwindigkeit

Da zwischen den Knotenpunkten des Hauptnetzes im Sinne des ITF durchgängig eine feste Fahrzeit angesetzt wird, ist die mittlere Beförderungsgeschwindigkeit auf der Strecke entscheidend dafür, wie weit die Knoten des Netzes auseinanderliegen dürfen, um den vorgegebenen Takt halten zu können. Weil auf dem Hauptnetz vorwiegend außerorts und auf Landstraßen gefahren wird und der Abstand zwischen Haltestellen größer ist als in

¹³⁵ Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie: Leitlinie zur Nahverkehrsplanung in Bayern, C3f.

¹³⁶ vgl. BMVI: Mobilitäts- und Angebotsstrategien in ländlichen Räumen (2016), 76ff.

¹³⁷ Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie: Leitlinie zur Nahverkehrsplanung in Bayern, C2f.

¹³⁸ FGSV: Empfehlungen für einen verlässlichen öffentlichen Verkehr (2017).

¹³⁹ FGSV: Merkblatt für Maßnahmen zur Beschleunigung des öffentlichen Personennahverkehrs mit Straßenbahnen und Bussen (1999).

Stadtbussystemen, können hier insgesamt höhere Geschwindigkeiten angenommen werden. Ob auf der direkten Fahrtstrecke liegende Ortschaften direkt durchfahren oder, wenn möglich, umfahren werden, hängt bei der konkreten Anwendung davon ab, wie groß die Fahrzeitreserven nach Festlegung der Knotenpunkte und des groben Linienverlaufs noch sind. Für diese Abwägungen wird die mittlere Beförderungsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von Streckenlänge und Anzahl der Zwischenhalte überschlägig berechnet. Sie ist definiert als der Quotient aus Fahrzeit und gefahrener Strecke zwischen Anfangs- und Endknoten.

Für die tatsächliche Fahrtstrecke wird die Länge der direkten Verbindung zwischen den Netzknoten mit einem Umwegfaktor multipliziert. Dieser Faktor ergibt sich aus dem Quotienten der tatsächlichen Netzwerkentfernung und Luftlinienentfernung zwischen zwei Punkten. Für die überschlägige Ermittlung werden ca. 40 beispielhafte Strecken im Landkreis Ansbach (Westmittelfranken) zwischen jeweils zwei zufälligen Siedlungen herangezogen. Die Auswertung ergibt einen Wertebereich zwischen 1,04 und 1,48 sowie ein arithmetisches Mittel von 1,21. Um im Sinne der Zuverlässigkeit des Fahrplans Fahrzeitreserven zu schaffen sowie längeren Umwegen Rechnung zu tragen, wird hier im Weiteren das 75 Prozent-Quantil von 1,28 aufgerundet und der Wert 1,3 als globaler Umwegfaktor angesetzt. Die Auswertung kann in Anhang A nachvollzogen werden.

Für die Berechnung der mittleren Geschwindigkeit wird zunächst angenommen, dass die Zwischenhalte gleichmäßig über die Strecke verteilt liegen, an jedem Halt gleich lange gehalten sowie gleichmäßig verzögert und beschleunigt wird. Außerhalb der Beschleunigungs-/ Verzögerungsstrecken soll der Bus mit gleichmäßig hoher Geschwindigkeit fahren. Zur Berücksichtigung von Ortsdurchfahrten und Abbiegevorgängen wird zwischen zwei Knoten eine pauschale „Langsamfahrtstrecke“ sowie eine zusätzliche Verkehrs- bzw., LSA-bedingte Wartezeit aufgeschlagen. Letztere wird verhältnismäßig gering angesetzt, da in ländlichen Räumen zu großen Teilen nicht mit verkehrsbedingten Verzögerungen zu rechnen ist. Zudem wird angenommen, dass Fahrzeitverluste durch Lichtsignalanlagen mittels Integration von Vorrangschaltungen für ÖPNV-Fahrzeuge minimiert werden können. Um Halte- und Fahrgastwechselzeiten gering zu halten, wird ein weitgehender Vorverkauf von Fahrausweisen (über Automaten oder digitale Endgeräte) vorausgesetzt.

Weitere Annahmen für die Berechnung sind:

- Maximalgeschwindigkeit v_{\max} auf freier Strecke: 70 km/h (Landstraße)
- Zeit für Beschleunigung aus dem Stillstand auf v_{\max} : 35 s ($\cong 0,6 \text{ m/s}^2$)
- Zeit für Verzögerung von v_{\max} bis zum Stillstand: 30 s ($\cong 0,7 \text{ m/s}^2$)
- Reine Haltezeit pro Zwischenhalt: 30 s
- Länge der zusätzlichen Langsamfahrtstrecke: 15 % der Gesamtstrecke
- Geschwindigkeit auf der Langsamfahrtstrecke: 40 km/h
- Aufschlag für die Wartezeit im Verkehr oder an LSA: 3 min

Eingabewerte für Formel 1 sind die tatsächliche Streckenlänge (Luftlinienentfernung x Umwegfaktor) zwischen zwei Hauptknoten, die Anzahl der geplanten Zwischenhalte sowie die Maximalgeschwindigkeit und die Dauer für einen Beschleunigungs- bzw. Verzögerungsvorgang. Ergebnis ist die mittlere Beförderungsgeschwindigkeit in km/h.

$$a_{beschl} = \frac{v_{max}}{3,6} / t_{beschl} \quad ; \quad a_{verzög} = \frac{v_{max}}{3,6} / t_{verzög}$$

$$s_{beschl} = \frac{1}{2} \cdot a_{beschl} \cdot t_{beschl}^2 \quad ; \quad s_{verzög} = \frac{1}{2} \cdot a_{verzög} \cdot t_{verzög}^2$$

$$s_{Fahr} = \frac{s_{Strecke}}{n_{Halt} + 1} - (s_{beschl} + s_{verzög})$$

$$t_{langsam} = 3 \cdot 60 + \frac{s_{Strecke} \cdot 0,15}{v_{langsam}/3,6} - \frac{s_{Strecke} \cdot 0,15}{v_{max}/3,6}$$

$$t_{Fahr} = \left[n_{Halt} \cdot t_{Halt} + (n_{Halt} + 1) \cdot \left(t_{beschl} + t_{verzög} + \frac{s_{Fahr}}{v_{max}/3,6} \right) \right] + t_{langsam}$$

$$v_{mittel} = \frac{s_{Strecke} \cdot 1000}{t_{Fahr}/3600}$$

Formel 1 - Überschlägige Berechnung der mittleren Beförderungsgeschwindigkeit

mit	v_{max}	maximale Fahrgeschwindigkeit auf freier Strecke
	$t_{beschl}/t_{verzög}$	für Beschleunigungs- bzw. Verzögerungsvorgänge angesetzte Zeit
	$s_{Strecke}$	Streckenlänge zwischen zwei Knoten
	n_{Halt}	Anzahl der Zwischenhalte zwischen zwei Knoten
	t_{Halt}	geplante Haltezeit an jedem Zwischenhalt

Einheiten: $[s_i] = m$, $[t_i] = s$, $[v_i] = km/h$, $[a_i] = m/s^2$

Durch die überschlägige Berechnung ergeben sich in Abhängigkeit der Streckenlänge zwischen zwei Hauptknoten und der angesetzten Anzahl der Zwischenhalte mittlere Geschwindigkeiten von ca. 20 bis 60 km/h (Tabelle 2). Damit liegen diese grob im Bereich der Beförderungsgeschwindigkeiten von Schnellbussen nach Angabe des FGSV von 30 bis 50 km/h¹⁴⁰. Als zusätzlicher Vergleich werden die Beförderungszeiten von vorhandenen Linienfahrten aus dem Abstand der Haltestellen und Fahrzeiten aus dem jetzigen Fahrplan ermittelt. Dafür werden einige im ländlichen Raum verkehrende Buslinien ausgewählt, die Beförderungsgeschwindigkeit zwischen jeder Haltestelle errechnet und untereinander verglichen. Die Daten stammen aus im DIVAN-Verkehrsmodell des VGN hinterlegten Fahrplänen und Linienroutenverläufen. Der Abstand zwischen den Halten entspricht der gerouteten Länge der jeweiligen Linienroute in PTV Visum und die Fahrzeit zwischen den Haltepunkten den auf ganze Minuten gerundeten Angaben aus dem Fahrplan. Diese Werte können jedoch nur als Anhaltspunkte gesehen werden, da die Linienlänge als auch die

¹⁴⁰ FGSV: Hinweise für den Entwurf von Verknüpfungsanlagen des öffentlichen Personennahverkehrs (2009).

Fahrzeiten Ungenauigkeiten unterliegen, was auch an dem sich ergebenden Bereich von Geschwindigkeiten zwischen ca. 4 und ca. 200 km/h zu erkennen ist. Trotz einzelner unrealistischer Werte ergibt sich in Summe ein plausibler Wertebereich. Das 50-Prozent-Quantil aller Geschwindigkeiten zwischen Haltestellen beträgt 41,8 km/h bei einem mittleren Haltestellenabstand von ca. 1.750 m. Bei reiner Betrachtung der Fahrten mit einem Haltestellenabstand größer 1.500 m ergibt sich ein 50-Prozent-Quantil von 51,6 km/h. Die Werte, auf die Bezug genommen wird sind in Anhang B hinterlegt.

Vor diesem Hintergrund werden die durch Rechnung ermittelten mittleren Beförderungsgeschwindigkeiten als plausibel angesehen.

Tabelle 2 - Mittlere Beförderungsgeschwindigkeiten in km/h in Abhängigkeit von Länge der Strecke *s* in km und Anzahl der Zwischenhalte *n* auf einer Hauptlinie

Anzahl <i>n</i> <i>s</i> in km	0	1	2	3	4	6	8	10
6 x 1,3 = 7,8	42,6	38,9	35,8	33,2	30,9	27,2	24,2	21,9
8 x 1,3 = 10,4	46,4	43,0	40,1	37,6	35,4	31,7	28,6	26,1
10 x 1,3 = 13	48,9	45,9	43,3	40,9	38,8	35,2	32,1	29,6
12 x 1,3 = 15,6	50,8	48,1	45,7	43,4	41,4	37,9	35,0	32,5
14 x 1,3 = 18,2	52,3	49,8	47,5	45,5	43,6	40,2	37,4	34,9
16 x 1,3 = 20,8	53,4	51,1	49,0	47,1	45,3	42,1	39,4	36,9
18 x 1,3 = 23,4	54,3	52,2	50,3	48,4	46,8	43,7	41,1	38,7
20 x 1,3 = 26	55,1	53,1	51,3	49,6	48,0	45,1	42,5	40,3
22 x 1,3 = 28,6	55,7	53,9	52,2	50,6	49,1	46,3	43,8	41,6
24 x 1,3 = 31,2	56,2	54,5	52,9	51,4	50,0	47,3	45,0	42,8
26 x 1,3 = 33,8	56,7	55,1	53,6	52,1	50,8	48,3	46,0	43,9
28 x 1,3 = 36,4	57,1	55,6	54,1	52,8	51,5	49,1	46,9	44,9
30 x 1,3 = 39	57,5	56,0	54,7	53,4	52,1	49,8	47,7	45,7

Abbildung 9 ist zu entnehmen, dass der Verlauf der ermittelten Beförderungsgeschwindigkeiten annähernd einer logarithmischen Funktion folgt. Die Steigung der Geschwindigkeitsfunktionen ist im Bereich kleinerer Strecken steil und flacht mit zunehmender Distanz immer weiter ab. Die Differenzen zwischen Kurven mit verschiedener Anzahl von Zwischenhalten nehmen mit steigender Anzahl und Streckenlänge ab. Am größten sind die Unterschiede zwischen der Zahl von Zwischenhalten auf Strecken zwischen ca. 6 und 20 km. Aus den benötigten Strecken für Verzögerung und Beschleunigung ergibt sich zudem ein Mindestabstand der Zwischenhalte von ca. 500 m.

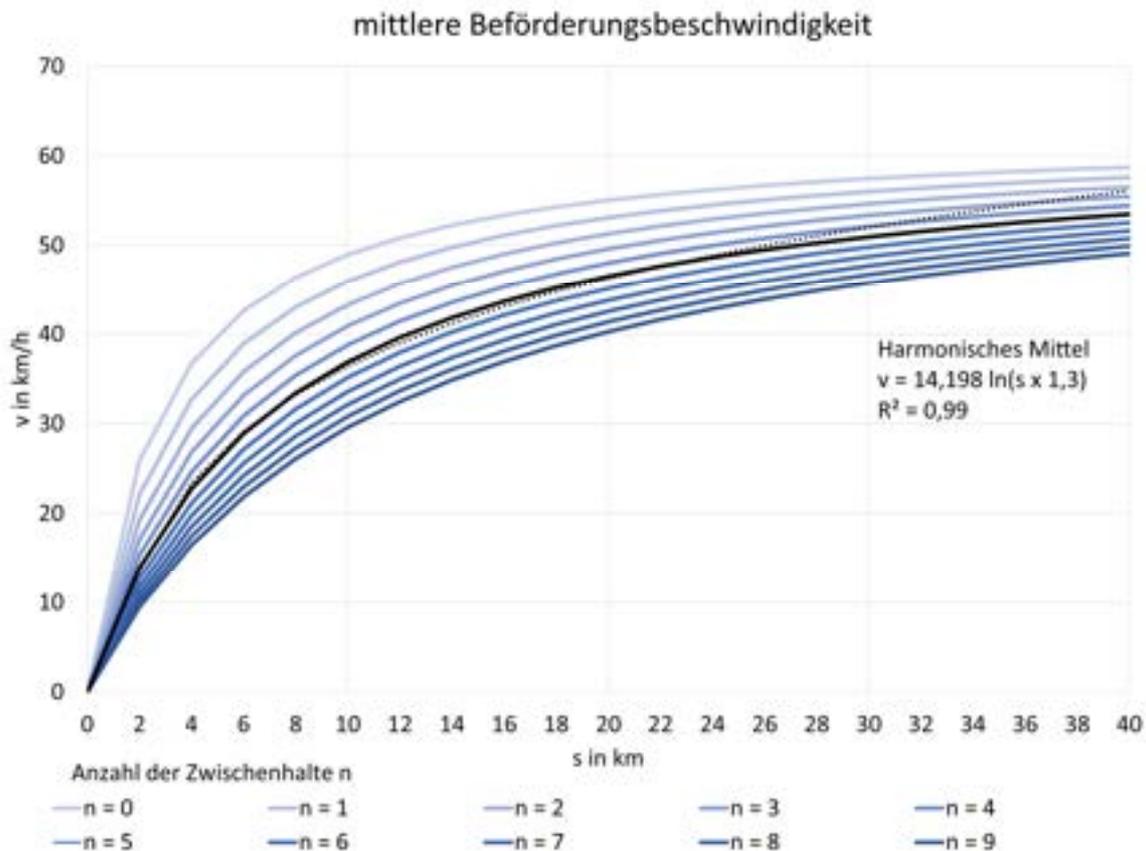


Abbildung 9 - Grafische Darstellung der mittleren Beförderungsgeschwindigkeit v in Abhängigkeit der Luftlinienentfernung s und Anzahl der Zwischenhalte n

3.4.3. Takt

Der Takt bestimmt nicht nur die Bedienhäufigkeit, sondern ebenfalls das Verhältnis zwischen Fahr- und Wartezeit, was wiederum die mittlere Beförderungsgeschwindigkeit zwischen mehr als zwei Knoten und den maximalen Abstand der Rendezvouspunkte zueinander beeinflusst. Ein weiterer Takt bedeutet durch längere Fahrzeiten gleichzeitig auch längere Verbindungen zwischen den Rendezvouspunkten und damit eine niedrigere Anzahl an Wartevorgängen pro zurückgelegter Strecke. Es entsteht ein Zielkonflikt zwischen einer möglichst hohen Beförderungsgeschwindigkeit und hoher Erschließungsqualität durch geringe Abstände der Rendezvouspunkte und kurze Wege zu diesen. Generell ist für die Fahrzeit zwischen zwei Knoten ein ganzzahliges Vielfaches der Taktzeit möglich. Da die Taktzeit aufgrund der angesetzten Rendezvouszeiten nicht der Fahrzeit entspricht, ist dies hier allerdings nicht der Fall. Zwar ist es möglich, den „fehlenden“ Anteil der Zeit auf der Strecke zu „verfahren“, um auf ein ganzzahliges Vielfaches der Taktzeit abzüglich der einmaligen Wartezeit zu kommen, damit wird jedoch der Vorteil der höheren Beförderungsgeschwindigkeit aufgegeben, während der Nachteil der geringeren Erschließungsqualität unverändert bleibt. Der Takt kann alternativ auf einzelnen Linien ab- oder aufgestuft werden, wodurch jedoch einzelne Umsteigemöglichkeiten zu den anderen, gekreuzten Linien entfallen. Die Festlegung eines Taktes ist also nicht nur für die Bedienhäufigkeit, sondern auch für die Gestaltung des Netzes an sich von großer Bedeutung.

Es gilt einen Kompromiss zwischen einer, im Vergleich zum MIV konkurrenzfähigen Geschwindigkeit und einem geringen Abstand zwischen den Knotenpunkten zu finden. Im Folgenden werden ein 15, 20 und 30 min-Takt mit einer planmäßigen Wartezeit von fünf Minuten an den Knoten verglichen. Ein größeres Verhältnis der Wartezeit zur Fahrzeit verringert im Allgemeinen die Attraktivität der Fahrt, da die Reisezeit aus Sicht der Fahrgäste, die die Wartezeit nicht zum Umsteigen nutzen, sondern auf derselben Linie weiterfahren wollen, dadurch ohne zusätzlichen Nutzen „künstlich“ verlängert wird. Dies fällt besonders ins Gewicht, da Wartezeiten von Fahrgästen subjektiv um ca. 140 Prozent stärker wahrgenommen werden¹⁴¹. Bei Betrachtung des Quotienten der geplanten Warte- und Fahrzeit in Tabelle 3 wird ersichtlich, dass ein weiterer Takt in dieser Hinsicht zu bevorzugen ist. Bei Verringerung der Wartezeit auf beispielsweise drei Minuten für den 15 min-Takt kann dieses Verhältnis zwar verbessert werden, allerdings reduziert sich damit auch die Pufferzeit für Verspätungen und damit die Zuverlässigkeit des Systems.

Tabelle 3 - Verhältnis von Warte- zu Fahrzeit für verschiedene Taktgrößen

Takt	Wartezeit	Fahrzeit	Verhältnis
30 min-Takt	5	25	1/5
20 min-Takt	5	15	1/3
15 min-Takt	5	10	1/2
20 min-Takt	3	17	≈1/6
15 min-Takt	3	12	1/4

Wie bereits angesprochen hat der gewählte Takt auch Einfluss auf die möglichen Abstände der Knoten des Hauptnetzes untereinander, da diese immer in der durch den Takt vorgegebenen Zeit zurückgelegt werden müssen. Die beiden bestimmenden Faktoren für die theoretisch mögliche Entfernung zwischen den Knoten ist also die Fahrtenfolgezeit und die bereits behandelte mittlere Beförderungsgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Zahl der Zwischenhalte. In Abbildung 10 sind diese Zusammenhänge für die Takte 30/5 (30-Minuten-Takt- und 5 Minuten Wartezeit), 20/3 und 15/3 dargestellt. In diesem Diagramm ist unter Einbeziehung der Geschwindigkeiten aus Abbildung 9 die benötigte Fahrzeit für eine Strecke zwischen zwei Knoten auf dem Hauptnetz in Abhängigkeit der Anzahl der Zwischenhalte aufgetragen. Die blauen Linien spannen somit den Bereich der, unter den Annahmen zur Geschwindigkeitsberechnung, möglichen Kombinationen von Streckenlänge s und Anzahl der Zwischenhalte n auf. Dieser ist nach unten durch $n = 0$ begrenzt und nach oben theoretisch offen. Hier wird der Bereich jedoch auf maximal $n = 12$ begrenzt, da sich für häufigere Halte im Bereich der zu erwartenden Knotenabstände von i. d. R. unter 20 km geringe Haltestellenabstände und damit unattraktive mittlere Geschwindigkeiten ergeben. Innerhalb dieses Bereichs sind punktförmige Fahrzeit-Strecken-Kombinationen mit einer bestimmten Mindestgeschwindigkeit zu Linien (im Diagramm farbig) verbunden, die diesen nach der erreichten Beförderungsgeschwindigkeit unterteilen. Alle Kombinationen rechts unterhalb der farbigen Isotachen weisen höhere Geschwindigkeiten als deren jeweiliger Wert auf. Zusätzlich sind die Fahrzeiten der drei untersuchten Takte als

¹⁴¹ vgl. Prof. H. Monheim: Gutachten Finanzierung der Verkehrssysteme im ÖPNV (2016), S. 9.

waagrechte Linien eingetragen. Deren Schnittpunkte mit der $n = 0$ -Linie bestimmen den maximal möglichen Luftlinienabstand zweier Knoten unter Einhaltung der jeweiligen Fahrzeit. Zwar ist jede weitere Kombination mit geringerem Knotenabstand bzw. links oberhalb der Isochoren möglich, hier wird mit Blick auf das Ziel der Schaffung eines günstigen Reisezeitverhältnisses zum MIV jedoch eine mittlere Geschwindigkeit von 40 km/h als unterer Richtwert angesetzt. Daraus ergibt sich für jeden Takt ein Bereich möglicher Streckenlängen bzw. Knotenabständen auf dem Hauptnetz. Während diese Bereiche nach unten nur mit der Konsequenz einer geringeren mittleren Geschwindigkeit unterschritten werden können, ist eine Überschreitung aufgrund der maximalen Geschwindigkeit nur bei einem geringeren Umwegfaktor oder zusätzlichen Maßnahme zur Beschleunigung möglich.

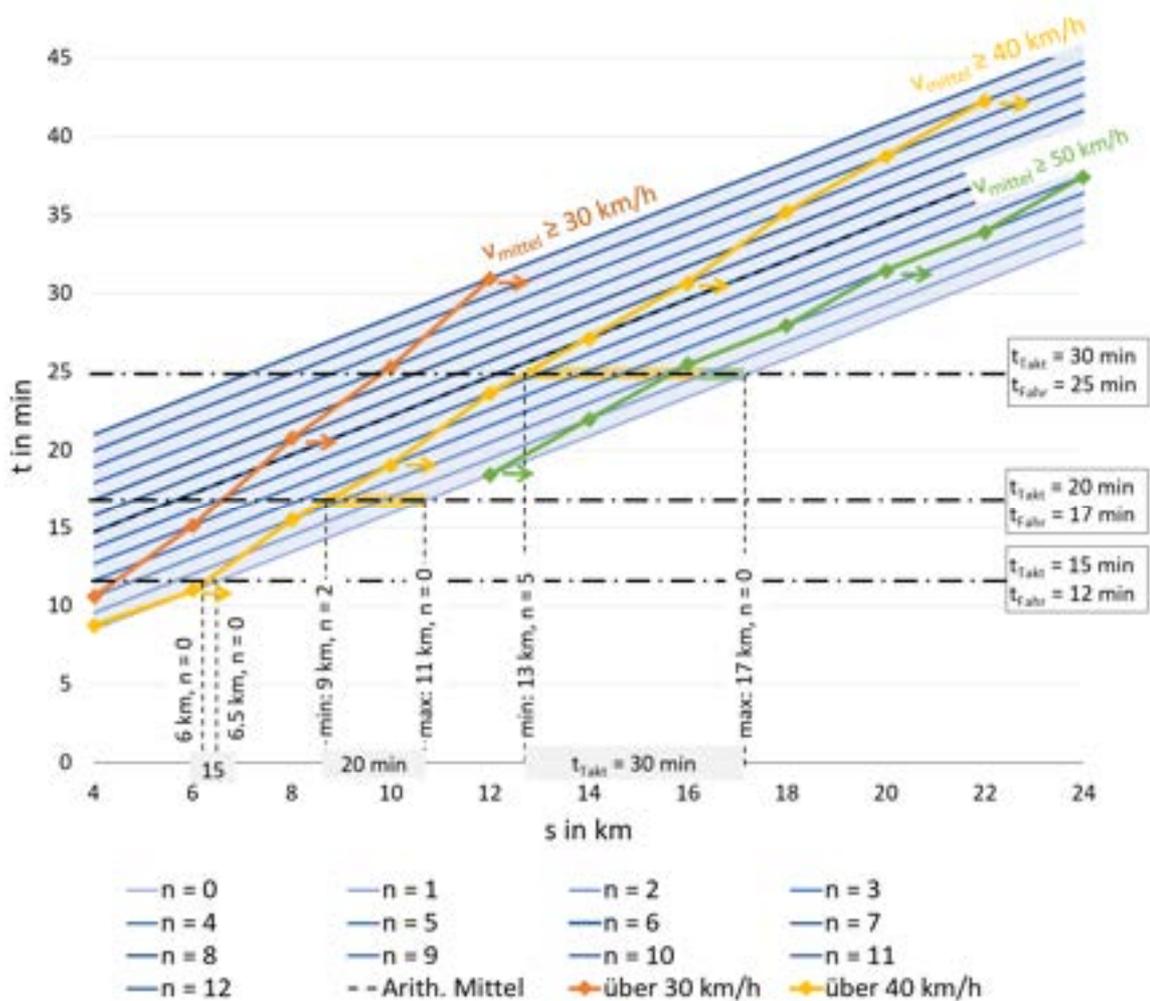


Abbildung 10 - Abhängigkeiten zwischen den möglichen Knotenabstände und gewähltem Takt

Nach einer Auswertung der Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL) liegen Grundzentren deutschlandweit durchschnittlich ca. 7,5 km, Mittelzentren ca. 12,6 km und Oberzentren 34,4 km voneinander entfernt. Die Entfernungen von Grundzentren zu Mittelzentren beträgt im Schnitt 10,7 km, zu Oberzentren 24,7 km. Ein Mittelzentrum liegt im Mittel ca. 25 km von einem Oberzentrum entfernt¹⁴². Danach liegen die mittleren Abstände zwischen Grund- und Mittelzentren sowie die halbierten Entfernungen zu und zwischen Oberzentren entweder im Bereich des 20 min-Taktes oder zwischen 20 min und 30 min-Takt.

Zur Prüfung der **Fahrplanstabilität** im ITF wird ein Stabilitätsquotient gebildet. Dieser gibt an, nach wie vielen Takten sich eine angenommene Einbruchsverspätung wieder vollständig abgebaut hat. Nach Pachtl¹⁴³ ergibt sich dieser für einen einzelnen Kreuzungsabschnitt nach folgender Gleichung:

$$q_{stab} = \frac{t_{v,ein}}{\sum t_{p,Takt} + \sum t_{res}}$$

mit	q_{stab}	Stabilitätsquotient
	$t_{v,ein}$	Einbruchsverspätung
	$\sum t_{p,Takt}$	Summe der Pufferzeiten eines Taktes zwischen zwei Taktkreuzungen
	$\sum t_{res}$	Summe der sonstigen Reservezeiten eines Taktes zum Abbau von Erstverspätungen

Im Schienenverkehr beträgt die angenommene Einbruchsverspätung in der Regel 10 min. Der Abschnitt mit der kleinsten Puffer- und Reservezeiten ist maßgebend für die Verspätungsförderung auf einer Strecke. In Regelwerken der Deutschen Bahn AG wird empfohlen, dass der Stabilitätsquotient den Wert 2 möglichst nicht überschreiten sollte¹⁴². Für die Anwendung dieser Formel auf das hier vorgeschlagene Konzept wird eine um ein Drittel geringere Einbruchsverspätung von 6,7 min angenommen, da es im Unterschied zum Schienenverkehr im Straßennetz nicht zu betrieblich belegten Fahrwegen kommt und verkehrsbedingte Verzögerungen im ländlichen Raum nur eine geringe Rolle spielen. Die Pufferzeit entspricht der standardmäßig eingeplanten Wartezeit an den Knoten. Daraus ergibt sich für den 30 min-Takt ein Stabilitätsquotient von $1,3 < 2$ und für den 20- und 15-min-Takt mit kürzerer Wartezeit $2,2 > 2$. Damit weist nur der 30 min-Takt eine hinreichende Fahrplanstabilität nach gängiger Definition des Schienenverkehrs auf. Hier kann argumentiert werden, dass diese von der Bahn verwendete, abschätzende Methode bzw. der empfohlene Richtwert nicht direkt auf den Busverkehr übertragbar ist. Jedoch gibt der Wert in jedem Fall einen Anhaltspunkt für die Fahrplanstabilität.

Der 15-min-Takt scheint nach den obigen Ausführungen sowohl hinsichtlich der Beförderungsgeschwindigkeit, der möglichen Streckenlänge als auch Fahrplanstabilität ungeeignet für das Vorhaben. Mit einem 20 min-Takt können typische Entfernungen zwischen Zentren gut abgedeckt werden, jedoch ist die maximale Geschwindigkeit und die

¹⁴² vgl. Klaus Einig und Brigitte Zaspel-Heisters: *Das System Zentraler Orte in Deutschland*.

¹⁴³ Pachtl: *Systemtechnik des Schienenverkehrs* (1999), 218ff.

Spannweite der möglichen Knotenentfernungen nicht so groß wie die des 30 min-Taktes. Durch die kürzer angesetzte Wartezeit an den Knoten ergibt sich zwar ein besseres Verhältnis zu der reinen Fahrzeit, allerdings gleichzeitig ein geringerer Stabilitätsquotient für den Fahrplan. Ein Vorteil des 20 min-Taktes aus Fahrgastsicht, jedoch eine Vergrößerung des Betriebsaufwandes ist die um 33 Prozent höhere Anzahl der Abfahrten pro Stunde. Bei der Überführung dieses Taktes in einen Ganzstundentakt in der Neben- oder Schwachverkehrszeit ist bei Letzterem durch die Drittelung der Fahrtenanzahl einfach möglich, eine zusätzliche Stufe mit einer Fahrtenfolgezeit von 40 Minuten einzuführen, was beim Halbstundentakt nicht der Fall ist.

Zusammengefasst bietet der 20 im Vergleich zum 30 min-Takt im Schnitt eine bessere Anbindung der Zentren an das Hauptnetz, mehr Fahrgelegenheiten, allerdings ein niedrigere maximal mögliche Geschwindigkeit ($\Delta v_{max} \cong 4 \text{ km/h}$) und eine geringere Fahrplanstabilität und damit Zuverlässigkeit. Der Halbstundentakt führt dagegen zu einer höheren maximal möglichen Geschwindigkeit, einer besseren Zuverlässigkeit und bietet eine größere Spannweite an möglichen Streckenlängen. Er führt jedoch durchschnittlich zu weniger Zentren mit eigenem Knotenpunkt. Die Varianten bieten also eigene Vor- und Nachteile, sind generell aber beide geeignet. Wie bereits beschrieben, soll die Lage der Knoten von der der Zentren abhängig sein, weshalb sich ihr Abstand auch nach den vorhandenen Gegebenheiten richtet, was wiederum bei der Wahl des Taktes zu berücksichtigen ist. Ein weiter Takt mit langen Knotenabständen in einem Gebiet mit relativ nah aneinander liegenden Zentren ist ebenso schlecht geeignet wie ein enger Takt für große Abstände.

Tabelle 4 – Abstände der Hauptknoten in Abhängigkeit der Anzahl der Zwischenhalte für Fahrzeiten $\leq 25 \text{ min}$ bzw. $\leq 17 \text{ min}$

Takt	Direkte Verbindung [km]	x Umwegfaktor 1,3 [km]	Maximal mögliche Anzahl der Halte	Mittlere Beförderungsgeschwindigkeit [km/h]	Fahrzeit auf der Strecke [min]
30 min	17	22,1	0	53,9	24,6
	16	20,8	1	51,1	24,4
	15	19,5	2	48,3	24,2
	14	18,2	3	45,5	24,0
	13	16,9	5	40,8	24,9
20 min	11	14,3	0	50,0	17,1
	10	13,0	1	45,9	17,0
	9	11,7	2	41,8	16,8
	8	10,4	3	37,6	16,6

Ausgehend von den ermittelten Geschwindigkeiten ergeben sich verschiedene Kombinationen aus Distanz der Hauptknoten und Anzahl der Zwischenhalte, um den festgelegten Takt halten zu können. Diese sind für den 20 und 30 min-Takt in Tabelle 4 dargestellt. Unter diesen Annahmen ist ein maximaler Abstand von 11 km bzw. 17 km möglich. Falls größerer Abstand nicht vermeidbar seien sollten, müssen weitere Maßnahmen zur Beschleunigung getroffen werden.

Die Entscheidung zwischen einer der Kombinationen wird auf der theoretischen Ebene durch die Abwägung zwischen guter Flächenerschließung (viele Zwischenhalte) und kurzen Reisezeiten (wenig Zwischenhalte) bestimmt. Bei der Anwendung auf vorhandene Strukturen ist sie zudem vorrangig von der Lage der Siedlungen untereinander und der Verkehrsinfrastruktur abhängig. Weiterhin ist es nicht unbedingt notwendig, die Position der Taktknoten so zu wählen, dass ihr Abstand zueinander immer gleichmäßig groß ist. Durch Variation der Anzahl der Zwischenhalte und damit der mittleren Geschwindigkeit können unterschiedlich lange Strecken in der vorgegebenen Zeit gefahren werden (vgl. Abbildung 11). Dadurch ist es möglich, das Netz an die jeweiligen Gegebenheiten anzupassen. Dennoch sollte eine gleichmäßige Verteilung der Rendezvous-Knoten und Zwischenhalte angestrebt werden.

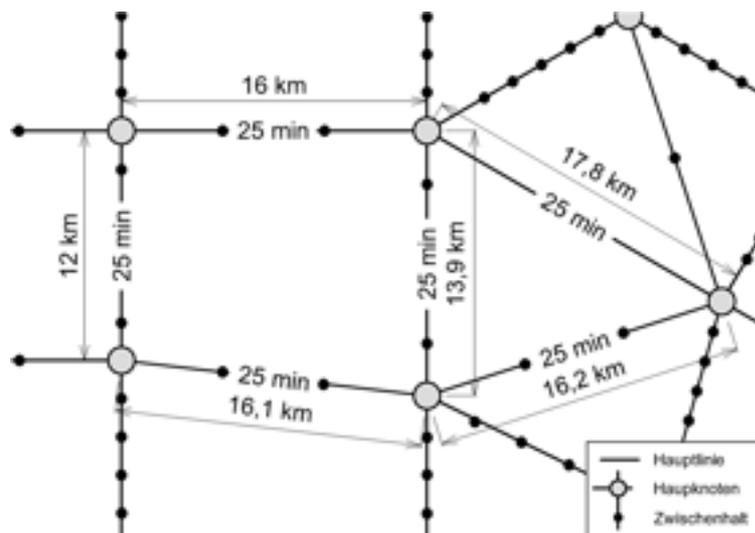


Abbildung 11 - Unterschiedliche Knotenabstände mit gleicher Fahrzeit nach Anzahl der Zwischenhalte

3.4.4. Betriebszeit

Für die **Betriebszeit** im Hauptnetz werden folgende Annahmen getroffen:

- Ausdünnung des Grundtaktes in der Nebenverkehrszeit
- Durchgehendes Fahrtenangebot rund um die Uhr (mind. einmal pro Stunde)
- Keine Unterscheidung zwischen Schul- und Ferientagen
- Keine Unterscheidung zwischen NVZ und SVZ im Halbstundentakt
- Auf wichtigen Verbindungen kann die HVZ verlängert werden

Aus den Annahmen in Tabelle 5 ergeben sich für den Halbstundentakt an Werktagen 38, an Samstagen 34 und an Sonn- und Feiertagen 24, für den Drittelstundentakt 43, 31 bzw. 24 Fahrten pro Tag je für Hin- und Rückrichtung. Für die Nebennetze wird pauschal ein durchgehender Stundentakt angesetzt, der sich an den Abfahrtszeiten der Hauptlinien orientiert. Die Hauptverkehrszeit kann darüber hinaus nachfragegerecht verdichtet werden.

Mit den getroffenen Annahmen und Zielwerten zur Bedienung werden die Richtlinien zur Bedienungshäufigkeit aus der Leitlinie zur Nahverkehrsplanung in Bayern¹⁴⁴ deutlich übertroffen. Das angestrebte Konzept ähnelt eher dem Konzept des „PlusBus“, allerdings in einer weit ausgedehnten und verdichteten Form. Dieser bietet mit einer stündlichen Taktung Montag bis Freitag von sechs bis 20 Uhr sowie Fahrten am Wochenende unabhängig von Ferien- und Schulzeiten Anschlussmöglichkeiten zu S- und Regionalbahnhöfen der Region.¹⁴⁵

Tabelle 5 – Angesetzte Fahrzeitfolge- und Betriebszeiten im Hauptnetz

Takt		SVZ	HVZ	NVZ	HVZ	SVZ
30 min	FFZ	60 min	30 min	60 min		
	Mo - Fr	0:00 – 6:00	6:00 – 20:00	20:00 – 24:00		
	Samstag	0:00 – 8:00	8:00 – 18:00	18:00 – 24:00		
	Sonn- / Feiertag	0:00 – 24:00				
20 min	FFZ	60 min	20 min	40 min	20 min	60 min
	Mo - Fr	0:00 – 6:00	6:00 – 9:00	9:00 – 15:00	15:00 – 20:00	20:00 – 24:00
	Samstag	0:00 – 8:00		8:00 – 18:00		18:00 – 24:00
	Sonn- / Feiertag	0:00 – 24:00				

3.4.5. Sonstiges

Es wird angenommen, dass der **Schülerverkehr** größtenteils mit eigenen Fahrten abgewickelt wird. In diesem Fall ist es sinnvoll, die Schulanfangszeiten zu staffeln, um Fahrzeuge effizienter einsetzen zu können¹⁴⁶. Gerade bei geringer Schülerzahl kann stattdessen das öffentliche Angebot genutzt werden.

Um auf den vorhandenen **Bahnlinsen** auf ein ähnliches Niveau der geplanten Busverbindungen zu kommen, wird angenommen, dass das dortige Fahrtenangebot verdichtet wird. Auf eine genaue betriebliche Betrachtung (Gleisbelegungen, Begegnungsmöglichkeiten etc.) bzw. dafür nötige Infrastrukturmaßnahmen wird hier verzichtet.

¹⁴⁴ vgl. Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie: Leitlinie zur Nahverkehrsplanung in Bayern, C3 f.

¹⁴⁵ [online] Mitteldeutscher Verkehrsverbund GmbH: PlusBus (2021), <https://www.plusbus-deutschland.de>.

¹⁴⁶ vgl. Kirchhoff und Tsakarestos: Planung des ÖPNV in ländlichen Räumen (2007), 13f.

Zwar kann die Bedeutung einer Stadt nicht notwendigerweise mit der Einwohnerzahl ausgedrückt werden ¹⁴⁷, trotzdem wird die **Zentralität** in der Praxis oft und auch hier über die Zahl der Einwohner approximiert. Laut der Ministerkonferenz für Raumordnung von 1983 sind die nachfolgend genannten Einwohnerzahlen Anforderungen, um eine tragfähige Auslastung der in diesen Zentren vorhandenen Einrichtungen zu ermöglichen. Eine genaue Festlegung von Bevölkerungsrichtwerten erfolgt allerdings auf Länder-Ebene. ^{148 149}

- Oberbereich voll entwickelter Oberzentren ≥ 500.000 Einwohner
- Oberzentrum ≥ 100.000 Einwohner (nicht für Oberzentren in dünn besiedelten ländlichen Räumen)
- Mittelbereich (Verflechtung von Mittelzentren) ≥ 40.000 Einwohner
- Mittelbereich in dünn besiedelten ländlichen Räumen ≥ 20.000 Einwohner
- Grundzentren ≥ 5.000 Einwohner

An den **Grenzen** des Systems müssen Wendevorrichtungen für die ankommenden Busse eingerichtet werden, die nach der geplanten Wartezeit wieder in die jeweils selbe Richtung zurückfahren. Enden soll das Netz immer an einem Hauptknoten, an dem mindestens zwei Linien anschließen.

3.5. Hauptnetz

Im Folgenden werden die grundlegenden Entwürfe der möglichen Varianten der Hauptliniennetze beschrieben und idealisiert dargestellt. Anschließend wird auf den Betrieb eingegangen sowie die Auslegungsformen verglichen und bewertet.

Die Varianten für das Hauptnetz können grundsätzlich in zwei Gruppen unterteilt werden: **flächenorientiert** und **zentrenorientiert**. Die flächenorientierten Netze ermöglichen eine gute, flächendeckende Vernetzung des Gebietes untereinander, während die auf Zentren orientierten Varianten vor allem gute Verbindungen zu einem Zentrum und zwischen den Zentren selbst gewährleisten. Allerdings ergeben sich bei Letzteren in Teilen schlechte Verknüpfungen zwischen kleineren Siedlungen und unter lokalen Grundzentren. Während flächenorientierte Netze nach Festlegung einer Orientierungsrichtung und eines Ausgangspunktes relativ unabhängig von bestehenden Strukturen über die Fläche „gelegt“ und dann an diese angepasst werden, richten sich die zentrenorientierten Systeme von Anfang an stärker an der vorhandenen Siedlungsstruktur aus. Erstere können als „eher starr“, Zweitere als „eher flexibel“ bezeichnet werden. Fragestellung bei der Abwägung zwischen diesen beiden Gruppen ist, ob eine gleichmäßig gute Vernetzung innerhalb der Fläche erreicht werden soll oder einer schnellen Verbindung in das nächste Oberzentrum Vorrang eingeräumt wird (vgl. Zentrale-Orte-Struktur in Abschnitt 2.1).

¹⁴⁷ Walter Christaller: *Die Zentralen Orte in Süddeutschland* (1933), S. 26.

¹⁴⁸ Ministerkonferenz der Raumordnung (MKRO): *Leitbild der Ministerkonferenz der Raumordnung* (2016).

¹⁴⁹ Klaus Einig und Brigitte Zaspel-Heisters: *Das System Zentraler Orte in Deutschland*.

3.5.1. Flächenorientierte Varianten

Die hier dargestellten Varianten stellen eine idealisierte Version des Netzes dar. Bei Anpassung an die tatsächlichen Verhältnisse wird die Gleichmäßigkeit und Symmetrie zu beträchtlichen Teilen verloren gehen. Bei Bedarf können zusätzlich zu den geplanten Verbindungen Verstärkerlinien zwischen Zentren oder auf stark frequentierten Linien eingefügt werden.

Das **Quadratraster** besteht aus gleichmäßig großen, quadratischen Maschen. In Abbildung 12 wird beispielsweise eine theoretische Maschenweite von 13 km und 5 eingeplanten Zwischenhalten mit einem 30-min-Takt gewählt. Nach Einbeziehung des Umwegfaktors ergibt sich für den tatsächlichen Linienweg in diesem Fall eine Länge von 16,9 km zum nächsten Hauptknoten und ein Abstand von durchschnittlich 2,8 km zwischen zwei Haltepunkten. Vorteile dieser Variante sind die simple ITF-Taktung, die gute Übersichtlichkeit sowie die einfache Anpassbarkeit an das vorhandene Straßennetz, dass oft ebenfalls die Form von Rechteckmaschen aufweist. Nachteilig ist die schlechte Flächenerschließung in den Achszwischenräumen und die aufgrund der mangelnden Direktverbindungen teilweise großen Umwege.



Abbildung 12 - Idealisiertes Quadratraster

Diese fehlenden Direktverbindungen können durch Überlagerung eines weiteren, großmaschigeren Quadratrasters bzw. durch Einfügen von **Diagonalen** ausgeglichen werden. Hier wird über das bereits beschriebene Quadratraster mit einem weiteren um 45° gedrehten Raster mit einer der Kantenlänge der Hypotenuse des ersten Quadratrasters überlagert. In dem betrachteten Fall entspricht das 18,3 km, was aufgrund der Überschreitung der Obergrenze von ca. 17 km (siehe Tabelle 4 auf S. 45) nicht mehr in der vorgegebenen Zeit gefahren werden kann. Für die Nutzung solcher Diagonalen müsste die Maschenweite des zugrundeliegenden Quadratnetzes in diesem Beispiel also verkleinert werden. Bei einer Reduzierung auf 12 km verkürzen sich die Diagonalen auf die benötigten 17 km. Um trotz der größeren Entfernung zwischen zwei Hauptknoten die vorgegebene Taktfahrzeit erreichen zu können, kann jedoch kein Zwischenhalt auf der Strecke eingeplant werden. Diese diagonalen Verbindungen haben durch die höhere Geschwindigkeit den Charakter von Expresslinien zwischen zwei Zentren. In der in Abbildung 13 dargestellten Variante ist jeder zweite Hauptknoten direkt an dieses Diagonalnetz angeschlossen. Es ist jedoch auch möglich ein zweites Diagonalraster über die hier nicht mit einbezogenen Knoten zu führen. Alternativ können einzelne Korridore hinzugefügt oder aus dem Raster entfernt werden. Durch schnellere und höhere Anzahl an Verbindungen schwächt diese Variante den Nachteil des Quadratrasters der geringen Anzahl von Direktverbindungen zwischen Zentren ab. Aufgrund der wenigen Zwischenhalte auf den Diagonalen tragen diese allerdings nur wenig zu einer zusätzlichen Flächenerschließung bei.

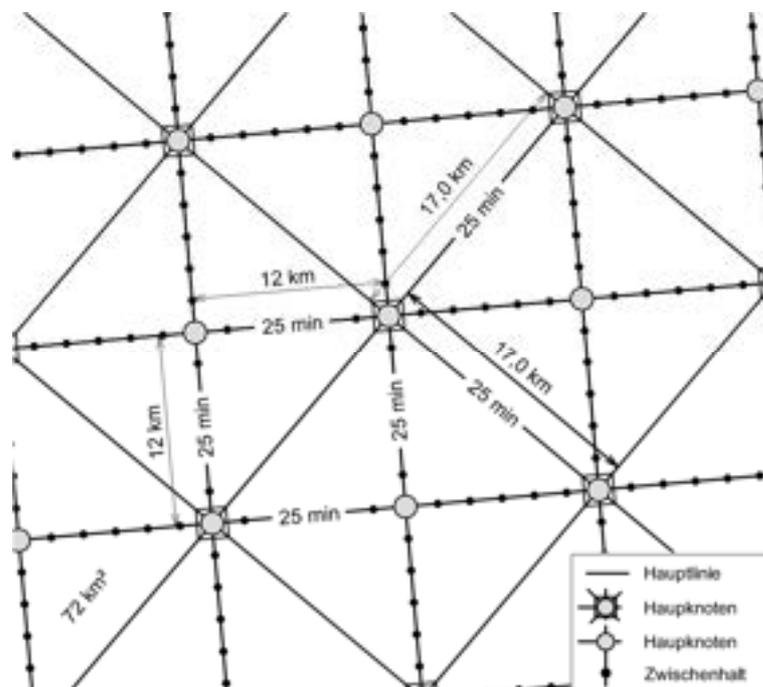


Abbildung 13 - Idealisiertes Quadratraster mit Diagonalen

Ein Raster aus **gleichseitigen Dreiecken** ermöglicht im Vergleich dazu mehr umsteigefreie Verbindungen zwischen Knoten sowie eine bessere Flächenerschließung als das Quadratraster. In Abbildung 14 ist diese Variante mit einer Seitenlänge von 15 km und 2 Zwischenhalten, inklusive eines Vorschlages für eine Erschließung in den Achszwischenräumen, dargestellt. Da hier insgesamt sechs Linien zeitgleich an jedem Knotenpunkt abfahren müssen, ist sowohl der Platzbedarf des Busbahnhofs größer und, durch die größere Anzahl an Linien und damit gleichzeitigen Abfahrten, die Wahrscheinlichkeit von Verspätungen und damit das Nichterreichen von Anschlüssen höher.

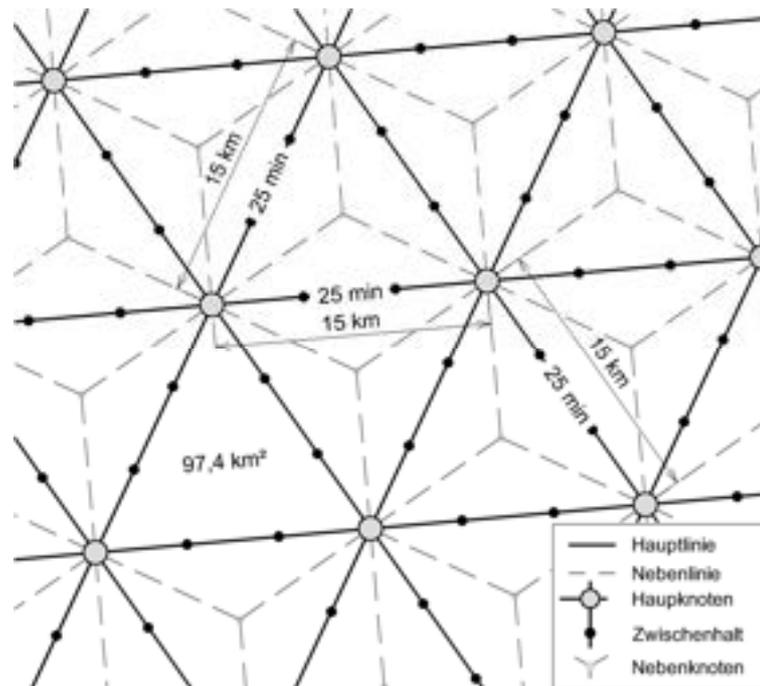


Abbildung 14 - Idealisiertes Dreiecksraster

3.5.2. Zentrenorientierte Varianten

Ebenso wie bereits bei den flächenorientierten Varianten erläutert gelten auch hier die Hinweise zur Idealisierung des Netzes bezüglich Symmetrie und Verstärkerlinien.

Da **vorhandene Straßen- und Schienennetze** großräumig oft erkennbar auf Oberzentren oder -bereiche ausgerichtet sind, kann sich ein ebenfalls auf Oberzentren orientiertes ÖV-System an diesen orientieren. Nach dieser Überlegung werden Radial- und Tangentiallinien auf Straßen mit hohem Ausbaustandard wie Bundes- oder Staatsstraßen als Verbindungen zwischen vornehmlich größeren Städten geplant oder durch bestehende Schienenwege substituiert. Die beschriebene Struktur kann durch eine Art **Radial-Ring-Netz** idealisiert werden. Mit einem Gefüge aus Sechsecken mit gleichmäßigem Abstand um Zentren und Verbindungen zwischen zu den Zentren selbst ergibt sich ein reduziertes Dreiecksraster. Dabei entspricht der Abstand zwischen den Ringlinien der in der Taktzeit zurückzulegenden Strecke. Bei Ausrichtung auf mehr als ein Zentrum können Radiallinien eines Zentrums fließend in Ringlinien des anderen übergehen bzw. sich Ringlinien überschneiden. Durch

das Auslassen von Knoten auf weiter vom Zentrum entfernten Ringlinien werden, durch Auslassung der planmäßigen Wartezeit an Rendezvouspunkten längere Strecken mit einem ganzzahligen Vielfachen der Taktzeit möglich. Alternativ können diese als Anschlusspunkte für Linien des Nebennetzes auch beibehalten werden. Anknüpfend an diese Flächenerschließung kann beispielsweise ein vollständiges Dreiecksraster als Nebennetz hinterlegt werden. Zwar können übergeordnete Zentren in dieser Netzform aus allen Richtungen schnell erreicht werden, jedoch ergeben sich schlechtere Verbindungen zu und zwischen Orten je weiter diese von den großen Zentren entfernt sind. Vorteile sind kurze Fahrzeiten durch Nutzung gut ausgebauter Straßen und direkter Verbindungen zwischen Zentren. Abbildung 15 zeigt ein überschnittenes Radial-Ring-Netz um mehrere Zentren. Dabei gehen radiale Linien je nach Lage der Zentren zueinander ineinander oder in Ringlinien um ein anderes Zentrum über.

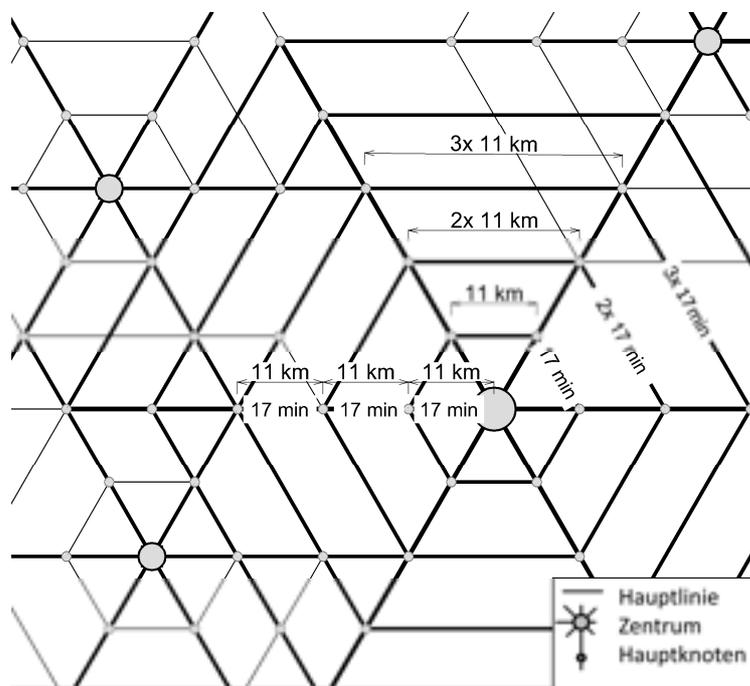


Abbildung 15 - Idealisiertes überschnittenes Radial-Ring-Netz

Eine weitere vorgeschlagene Variante ist die Verbindung von Zentren mit sich durch eine **Vereinfachung von Direktverbindungen** ergebenden Dreiecken. Bei der Planung eines Liniennetzes besteht nach van Nes immer ein Zielkonflikt zwischen den Interessen des Betreibers bzw. Investors und des Fahrgastes. Der Fahrgast bevorzugt direkte Verbindungen zwischen Start und Ziel, möglichst zu jeder Zeit. Der Betreiber hingegen setzt für geringere Kosten eher auf ein reduziertes Netz.¹⁵⁰ Die beiden Extreme sind beispielhaft in Abbildung 16 links und rechts dargestellt. Es ist zu erkennen, dass das vom Fahrgast gewünschte Netz zwar viele Direktverbindungen und damit wenig bis keine Umstiege aufweist, dadurch aber auch an Übersichtlichkeit einbüßt. Bei Vereinfachung des Netzes aus Direktverbindungen ergibt sich als Zwischenstufe zu dem stark reduzierten Netz eine Kombination aus Dreiecken (Abbildung 16 Mitte). Der Unterschied zu der flächenorientierten Variante der gleichseitigen Dreiecke ist die Konstruktionsweise und Gleichmäßigkeit. Während bei dem flächenorientierten Netz das Raster über die Fläche gelegt wird und die Lage der Knoten an vorhandene Bedingungen angepasst werden, werden hier zuerst die Knoten anhand zentraler Orte festgelegt, direkt miteinander verbunden und anschließend Verbindungen zusammengefasst und vereinfacht. So entstehen bei dieser Variante unterschiedlichere Streckenlängen, weniger Netzknoten und mehr Direktverbindungen. Allerdings auch ein ungleichmäßiges, unübersichtlicheres Gesamtnetz, in dem ein integraler Taktfahrplan nur schwer umzusetzen ist.

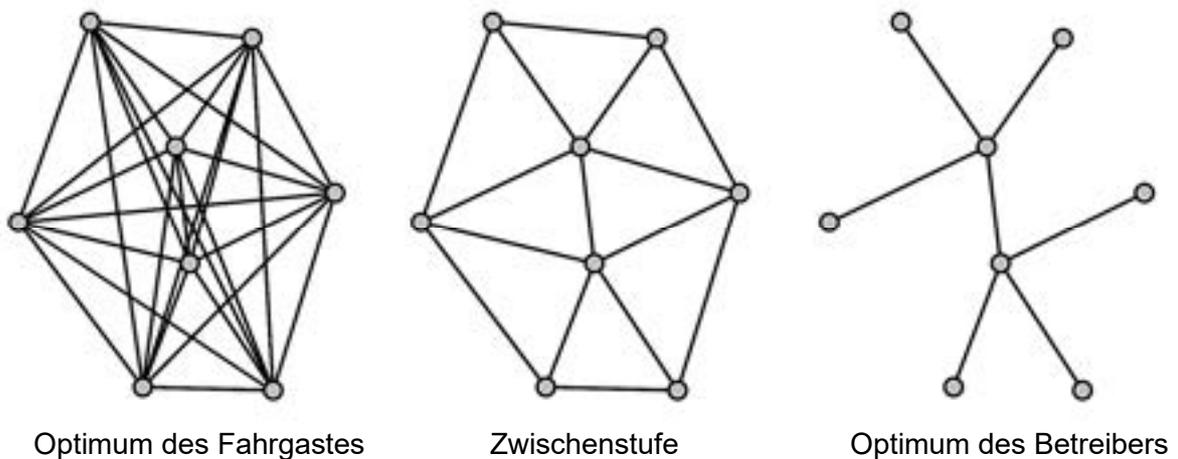


Abbildung 16 - Stufenweise Vereinfachung eines Netzes aus Direktverbindungen (in Anlehnung an van Nes: *Design of multimodal transport networks* (2002) S.40)

¹⁵⁰ vgl. van Nes: *Design of multimodal transport networks* (2002), 39f.

Das „**Rautennetz**“ stellt als eine weitere reduzierte Variante des flächenorientierten Dreiecksrasters eine Mischung aus einer Zentren- und Flächenorientierung dar. Das Gebiet ist durch Sammel- bzw. Verteilerlinien immer zuerst an das nächstgelegene Zentrum angebunden, das dann wiederum über anschließende Verbindungen zu Weiteren verfügt. In dem idealisierten Netz in Abbildung 17 sind die Zubringerlinien bzw. die Flächenerschließung bereits integriert. Die Streckenlängen sind so gewählt, dass sowohl auf den Hauptlinien als auch auf den Sammel- / Verteilerlinien die Taktzeit von 30 min eingehalten werden kann. Dadurch können die ITF-Zeiten nicht nur auf dem Haupt-, sondern auch auf die Zubringerlinien übertragen werden, wodurch allgemein kurze Umsteigezeiten zwischen allen Linien entstehen (siehe Abschnitt 3.6.2). Dabei sind Letztere halb so lang wie die Hauptverbindungen zwischen Zentren, werden für die Flächenerschließung jedoch mit einem größeren Umwegfaktor von 1,5, geringerer mittlerer Beförderungsgeschwindigkeit und längeren Pufferzeiten belegt. Alternativ zu einem festen Linienbetrieb können diese auch durch Sektoren- oder Flächenbetrieb oder Richtungsbänder ersetzt werden (siehe Abschnitt 2.3). Nachteilig ist die schlechte Verbindungsqualität zwischen einzelnen Zentren, die nicht direkt miteinander verbunden sind.

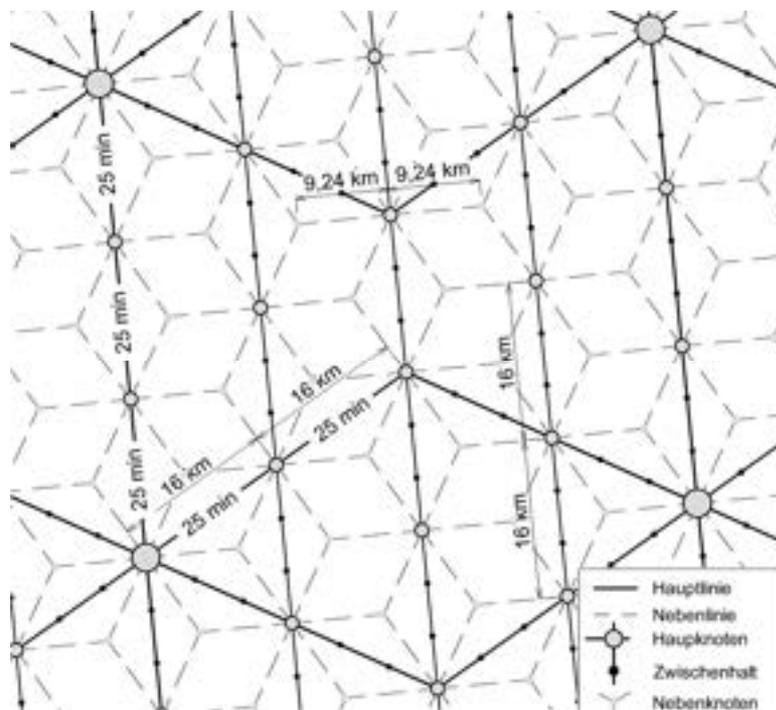


Abbildung 17 - Idealisiertes Rautennetz

3.5.3. Kombinationen

Zwar ergibt sich durch die Netzgestaltung mit nur einer der vorgeschlagenen Varianten ein übersichtliches System, da diese jedoch nicht durchgängig gleich gut auf die vorhandene Siedlungsstruktur angepasst werden kann, kann die Abwägung zwischen zwei Varianten schwerfallen. Daher kann es sinnvoll sein, zwei oder mehrere Systeme zu kombinieren bzw. nebeneinander anzuordnen und zu verknüpfen. Dabei muss jedoch auf die Einhaltung desselben Taktes und die Durchgängigkeit der Linien geachtet werden.

Abbildung 18 zeigt beispielsweise die Kombination eines zentrenorientierten Radial-Ring-Netzes, das an den Grenzen in ein flächenorientiertes Dreiecksraster übergeht. Hier muss besonderes Augenmerk auf die Knoten an den Übergangspunkten gelegt werden, da nicht immer alle Linien durchgeführt werden können und Umsteigevorgänge auch in derselben Fahrtrichtung nötig werden können.

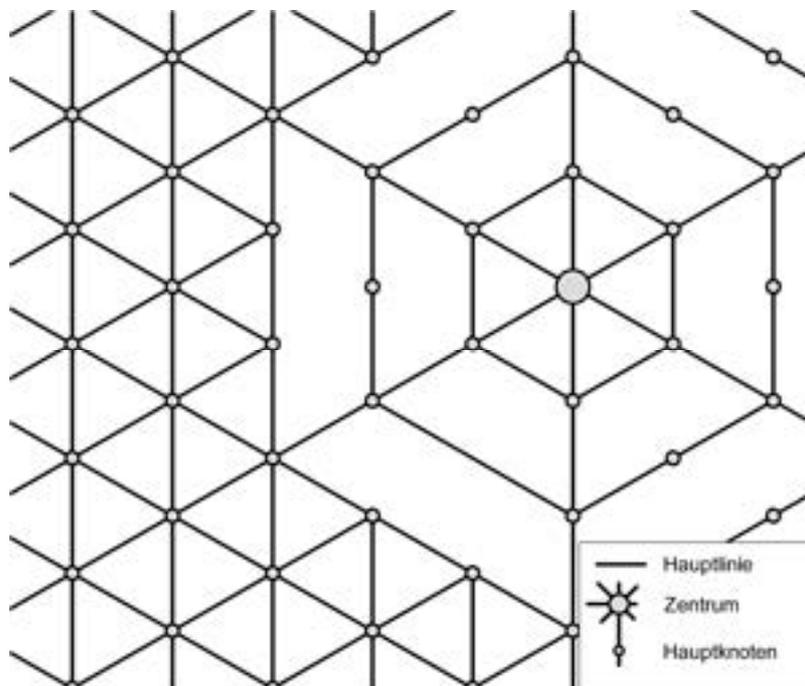


Abbildung 18 - Beispielhafte Kombination von Radial-Ring-Netz und Dreiecksraster

3.5.4. Betrieb

Grundsätzlich wünschenswert ist die Durchführung des Betriebs durch ein einziges Verkehrsunternehmen für ein „Angebot aus einer Hand“. Da diese Forderung im Hinblick auf die Größe der zu erschließenden Fläche, Anzahl der Linien und Fahrten sowie Multimodalität nicht realistisch ist, muss davon ausgegangen werden, dass der Betrieb durch mehrere VU durchgeführt wird. Diese müssen für einen reibungslosen Ablauf und abgestimmte Organisation eng zusammenarbeiten. Zusätzlich ist eine übergeordnete Institution, die Aufgaben der einheitlichen Organisation, Abstimmung, Planung und Überwachung übernimmt, notwendig. Diese Funktionen sind denen eines Verkehrsverbundes nicht unähnlich. Die Organisation in einem solchen Verbund ist auch hinsichtlich der geforderten einheitlichen Fahrgastinformation und Tarifstruktur unerlässlich.

Hinsichtlich der Betriebsplanung besteht aufgrund des Taktes für das Fahrpersonal die Möglichkeit, an ausgewählten Hauptknoten durch eine/n Kollegen/-in abgelöst zu werden, eine halb- bis ganztägige Pause einzulegen, um dann wiederum selbst eine/n andere/n Kollegen/-in abzulösen. Während des Stundentaktes in der Neben-/ Spätverkehrszeit ist dies jedoch nur in jedem zweiten Knoten mit längeren Pausenzeiten der Fall. Aufgrund der Lage in einem Stadtgebiet sind i. d. R. Möglichkeiten für Verpflegung und Pauseneinrichtungen vorhanden bzw. können leicht eingerichtet werden. Gleichzeitig ist es durch die Rendezvouszeit auch möglich, dass das Fahrpersonal jeweils nur auf einer oder wenigen Strecken eingesetzt wird, also auf einer eigenen „Stammstrecke“ unterwegs ist. In Abbildung 19 findet beispielhaft an jedem Knoten ein Fahrerwechsel statt. Während das jeweilige Fahrzeug und damit auch die Fahrgäste in derselben Richtung weiterfahren, wechseln die Fahrer innerhalb der geplanten Wartezeit. In diesem Beispiel fährt das Fahrpersonal immer in einer Richtung „im Kreis“ und kommt nach der vierfachen Taktzeit wieder am Ausgangsknoten an. Durch den ständig nötigen Wechsel entsteht kein Umsteigebedarf für Fahrgäste, die in dieselbe Richtung weiterfahren möchten und gleichzeitig ist es für das Fahrpersonal möglich, ihre Schicht am selben Punkt zu beginnen und zu beenden. Ein solcher Betrieb würde jedoch zusätzlichen Aufwand für das Betriebspersonal darstellen und eine komplexe Personaleinsatz- und Pausenplanung sowie Abstimmung mit dem Fahrpersonal selbst erfordern.

Die großflächige Ausdehnung des Netzes erfordert ebenfalls eine Anzahl dezentraler Betriebshöfe. Bezüglich der Position sind Betriebshöfe in der Nähe von Hauptknoten vorzuziehen, was aufgrund ihrer angestrebten innerstädtischen Lage allerdings schwierig zu bewerkstelligen ist. Auf detaillierte Betriebsplanungen soll im Zuge dieser Arbeit jedoch verzichtet werden.

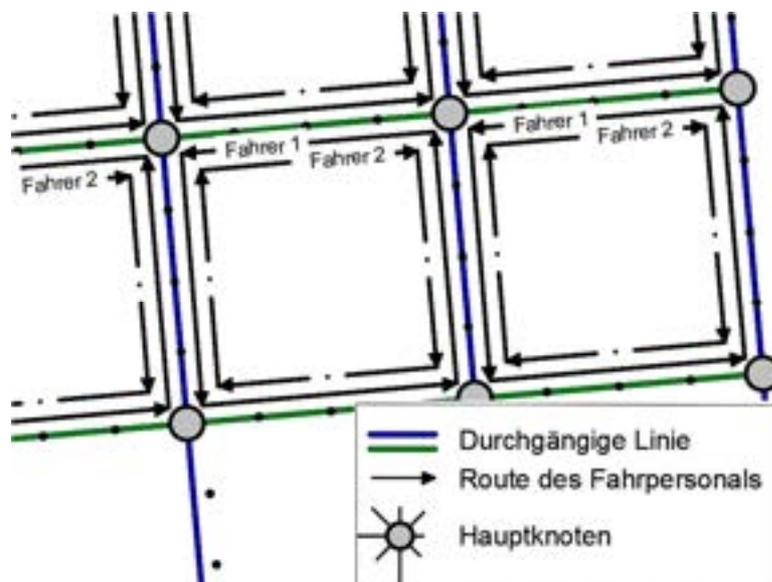


Abbildung 19 - Beispielhafter rotierender Fahrereinsatz auf durchgehenden Linienverläufen

3.5.5. Vergleich und Bewertung

Auf einzelne Vor- und Nachteile der vorgestellten Varianten wurde bereits bei deren Vorstellung kurz eingegangen. Nun sollen deren Eigenschaften verglichen und gegeneinander abgewogen werden. Nach den Zielvorgaben des BMVI für einen attraktiven ÖV in ländlichen Räumen¹⁵¹ wird die Qualität eines Angebots gemessen an der

- **Bedienqualität**, definiert durch die Beförderungsgeschwindigkeit, der Bedienungshäufigkeit, dem Reisezeitverhältnis von ÖV zu IV sowie der nach Anteil der Bevölkerung im Einzugsbereich gewichteten Erschließungsqualität, und der
- **Beförderungsqualität**, definiert durch die Zuverlässigkeit, unterteilt in Pünktlichkeit (Abweichung vom Soll-Fahrplan) und Anschlussqualität (Wartezeit auf Anschlussverkehrsmittel) und die Platzverfügbarkeit.

Zusätzlich einbezogen wird hier die

- **Erreichbarkeit**, die sich aus der Erschließungs- (Haltestellendichte pro Fläche oder Einwohnerzahl) und Verbindungsqualität (benötigter zeitlicher Aufwand für das Erreichen von Aktivitäten) ergibt.¹⁵²

Da für die Beförderungsgeschwindigkeit und Bedienhäufigkeit in Abschnitt 3.4 bereits Annahmen getroffen wurden, die für alle Varianten gleichermaßen gelten sollen, unterscheiden sich die Konzepte hinsichtlich der Bedienqualität grundsätzlich nicht. Sowohl das Reisezeitverhältnis als auch der Anteil der Bevölkerung im Einzugsbereich der Haltestellen ist abhängig von der bereits behandelten Abwägung zwischen Anzahl der Zwischenhalte und Abstand der Rendezvouspunkte sowie den jeweils tatsächlich vorhandenen Rahmenbedingungen. Jedoch kann es auf einzelnen Relationen durch Umwege und zusätzliche Umsteigevorgänge zu längeren Reisezeiten kommen.

Hinsichtlich der Pünktlichkeit und Anschlussqualität liegen die einfach zu taktenden, gleichmäßigen flächenorientierten Varianten vorne. Die Einhaltung der ITF-Zeiten ist bei Berücksichtigung der betrachteten Knotenabstände jedoch auch bei den meisten zentrenorientierten Systemen möglich. Aufgrund der regelmäßig eingeplanten Wartezeiten an den Rendezvouspunkten können kleinere Verspätungen ausgeglichen und Anschlüsse zwischen Linien gewährleistet werden. In einem Dreieckraster ist es im Vergleich mit dem Quadratraster allein aufgrund der zusätzlichen Anzahl der Linien statistisch wahrscheinlicher, dass einzelne Umsteigevorgänge an den Taktknoten aufgrund von Verspätungen nicht funktionieren. Dafür sind durch die höhere Linienanzahl weniger Umstiege nötig. Durch die in Bezug auf die reine Fahrzeit relativ lange, regelmäßige Wartezeit an den Rendezvouspunkten (Verhältnis Wartezeit zu Fahrzeit), ergeben sich eine hohe Zuverlässigkeit und so eine erhöhte Beförderungsqualität. Allerdings auf Kosten einer geringeren Bedienqualität durch die niedrigere durchschnittliche Beförderungsgeschwindigkeit. Nicht integral getaktete Varianten bieten weniger Verlässlichkeit in Sachen Anschlusssicherheit, wodurch jedoch auch eventuelle Verspätungen einzelner Linien weniger schwer ins Gewicht fallen.

¹⁵¹ BMVI: *Mobilitäts- und Angebotsstrategien in ländlichen Räumen* (2016), 76ff.

¹⁵² vgl. Björn Schwarze: *Erreichbarkeitsindikatoren in der Nahverkehrsplanung* (2005), 9ff.

Die Erreichbarkeit kann nach Schwarze durch Erreichbarkeitsindikatoren¹⁵³ ausgedrückt werden. Für die hier betrachteten, stark abstrahierten Netze erscheint in erster Linie die Verwendung graphentheoretischer Erreichbarkeitsindikatoren sinnvoll. Dabei wird das Verkehrsnetz rein topografisch betrachtet und unterstellt, dass die Erreichbarkeit eines Standortes umso größer wird, je komplexer das ihn umgebende Verkehrsnetz ist¹⁵⁴. Wenn die Erreichbarkeit stark vereinfacht nur anhand dieser Annahme bewertet wird, sind bei gleicher Rastergröße sowohl Hauptknoten als auch in der Fläche verteilt liegende Standorte im Dreiecksnetz besser erreichbar als im Quadratrasternetz. Dies ist wieder auf die größere Anzahl der Linien und Hauptknoten pro Flächeneinheit und die damit flächenmäßig kleineren Achszwischenräumen zurückzuführen. Das mit Diagonalen versehene Quadratraster ordnet sich zwischen den beiden anderen flächenorientierten Varianten ein. Bei den flächenorientierten Netzen sind generell alle Hauptknoten, Orte auf Achskorridoren und in den Achszwischenräumen durch die gleichmäßige Geometrie gleich gut erreichbar. Bei den zentrenorientierten Systemen sind namensgemäß, definierte Zentren aufgrund der Anzahl der sich dort treffenden Linien am besten zu erreichen. Je nach Netzvariante nimmt die Erreichbarkeit mit der Entfernung zu diesen Zentren kontinuierlich ab. Besonders ausgeprägt ist dies beim Radial-Ring-Netz. Die Spezialform des Rautennetzes bietet bei Einbeziehung der gleichmäßigen Sammel- und Verteilerlinien einen einheitlichen Grundwert an Erreichbarkeit. Diese wird durch Hauptlinien zwischen Zentren und dort, wo sich diese begegnen, stellenweise und ungleichmäßig gesteigert.

Aufgrund der bislang verwendeten stark abstrahierten Netzdarstellung, in der sich die Siedlungsstruktur nach dem Netz richtet und nicht umgekehrt, ist eine quantifizierte Bewertung nur in Bezug auf die reine Fahrleistung, der Flächenabdeckung und dem Anteil der Direktverbindungen pro Fläche sinnvoll. In Tabelle 6 ist die Anzahl der Fahrten (unter Annahme eines 30 min-Taktes und Betriebszeiten aus Tabelle 5 mit 38 Fahrten pro Werktag), die Fahrzeugleistung und die vom Hauptnetz erschlossene Korridorfläche in Bezug auf die gesamte Bezugsfläche sowie die mittlere Beförderungsgeschwindigkeit (Analog zu Tabelle 2) und der Zahl der Direktverbindungen zwischen den Knoten für die Varianten dargestellt. Angenommen wird ein Netz aus vereinfachten Direktverbindungen, da sich dieses vollständig an der Lage und Anzahl der im Untersuchungsbereich vorhandenen Zentren richtet. Die Bezugsfläche hat bei den beiden auf Quadraten basierenden Varianten ebenfalls die Form eines Quadrates und bei den auf Dreiecken basierenden die eines Sechsecks. Es wird jeweils von durcgängig gleichmäßigen Streckenlängen ausgegangen. Die Breite der Hauptkorridore wird mit 2 km angenommen,¹⁵⁵ jedoch nicht von der Maschenfläche abgezogen. Der Anteil der Direktverbindungen berechnet sich aus dem Quotienten der Summe aller ohne Umsteigevorgang möglichen Fahrten und der Summe aller möglichen Verbindungen zwischen allen Knoten („jeder mit jedem“) in dem jeweiligen Netz. Abbildung 20 visualisiert Bezugsflächen eines Quadrat- und Dreiecksrasters.

¹⁵³ Björn Schwarze: *Erreichbarkeitsindikatoren in der Nahverkehrsplanung (2005)*, 11ff.

¹⁵⁴ Björn Schwarze: *Erreichbarkeitsindikatoren in der Nahverkehrsplanung (2005)*, S. 13.

¹⁵⁵ vgl. BMVI: *Mobilitäts- und Angebotsstrategien in ländlichen Räumen (2016)*, S. 48.

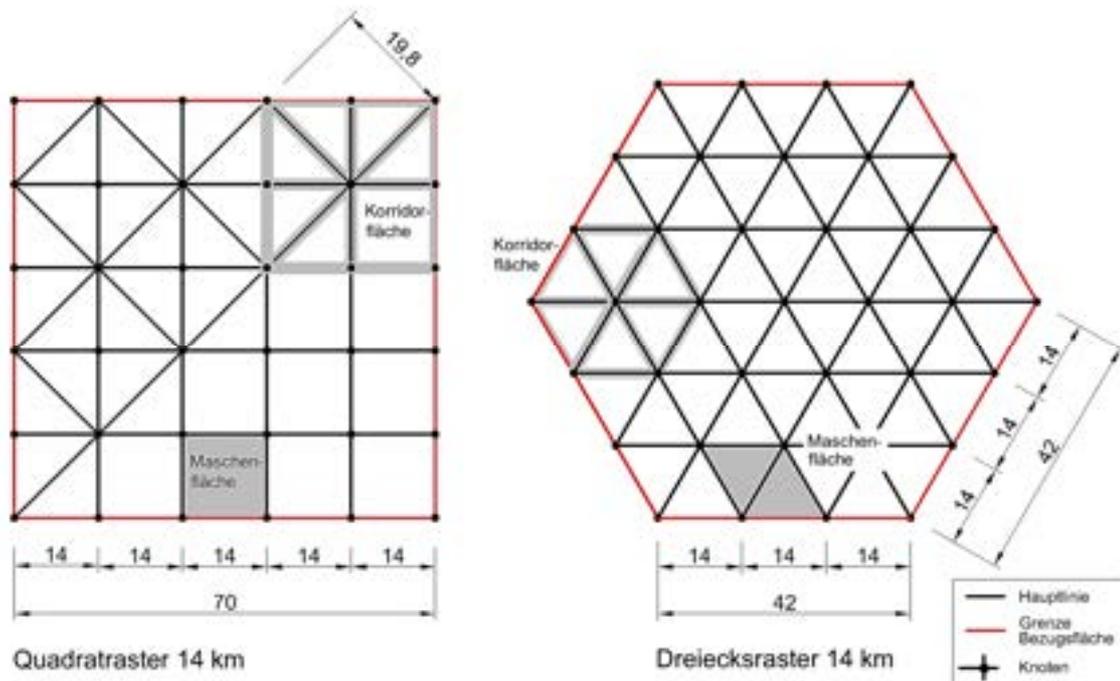


Abbildung 20 - Beispielhafte Bezugsflächen für Raster mit 14 km Knotenabstand

Tabelle 6 - Quantitativer Vergleich idealisierter flächenorientierter Netzvarianten mit 30-min-Takt

	Rasterweite [km]	Anzahl der Fahrten [1/km ²]	Tägliche Fahrleistung [Fzg-km/km ²]	Anteil der Korridorfläche [km ² /km ²]	Anteil der Direktverbindungen [1/km ²]	Mittlere Geschwindigkeit [km/h]	Maschenfläche [km ²]
Quadratgitter	9	0,46	27,0	0,50	0,29	25,6	81,0
	10	0,37	24,3	0,45		31,6	100,0
	11	0,31	22,1	0,41		37,5	121,0
	13	0,22	18,7	0,35		40,4	169,0
	14	0,19	17,4	0,33		45,2	196,0
	15	0,17	16,2	0,31		48,1	225,0
	16	0,15	15,2	0,29		51,1	256,0
	17	0,13	14,3	0,27		56,8	289,0
QR mit Diagonalen	9	0,85	43,6	0,82	0,36	44,2	40,5
	10	0,69	39,2	0,75		45,2	50,0
	11	0,57	35,7	0,68		53,9	60,5
	13	0,41	30,2	0,58		56,8	84,5
Dreiecksgitter	9	0,62	43,4	0,70	0,36	25,6	35,1
	10	0,50	39,0	0,64		31,6	43,3
	11	0,41	35,5	0,60		37,5	52,4
	13	0,30	30,0	0,52		40,4	73,2
	14	0,26	27,9	0,49		45,2	84,9
	15	0,22	26,0	0,46		48,1	97,4
	16	0,20	24,4	0,43		51,1	110,9
	17	0,17	23,0	0,41		56,8	125,1

Aus der Aufstellung wird ersichtlich, dass das Dreiecksraster im Vergleich der flächenorientierten Systeme auf die Fläche bezogen durch seine höhere Linienanzahl eine ca. 1,6-fach höhere Fahrleistung aufweist und eine um den Faktor 1,4 bis 1,5 größere Fläche unmittelbar erschließt. Ebenfalls entstehen ca. 25 Prozent mehr Direktverbindungen zwischen den Knoten, d. h. weniger Umsteigevorgänge als im Quadratnetz. Durch die größere mit dem Hauptnetz erschlossene Fläche sind mehr Aktivitäten direkt über dieses erreichbar und weniger Fläche durch das Zubringersystem zu erschließen, bzw. mit zusätzlichem Aufwand an das Netz anzubinden. Wie bereits in der kurzen Vorstellung der Varianten angesprochen kann das Quadratraster mit einem weiteren, überlagerten Raster bzw. durch das Ergänzen von Diagonalen erweitert werden. Dadurch ergibt sich eine höhere Fahrleistung pro Fläche und kleinere Bereiche zwischen den Hauptlinien.

In dieser überschlägigen quantitativen Bewertung sind die zentrenorientierten Netzvarianten nur bedingt mit den flächenorientierten vergleichbar, weil Form und Fläche der Bezugsfläche größeren Einfluss auf die Ergebniswerte haben. Bei den flächenorientierten Varianten kann sich das Netz über die Grenzen der Bezugsfläche beliebig weit unverändert fortsetzen. Oder andersherum ist die Bezugsfläche nur ein kleiner Ausschnitt eines sonst theoretisch unendlich weiten, gleichmäßigen Netzes. Diese Betrachtung ist bei den zentrenorientierten Systemen nicht möglich, da sich diese immer an einem Punkt im Mittelpunkt der Fläche orientieren. Hier wurde jeweils ein Sechseck mit dreifachem Knotenabstand als Seitenlänge mit einem übergeordneten Zentrum im Flächenschwerpunkt betrachtet. Die in Tabelle 7 aufgeführten Zahlen sind also nur für die jeweilige Netzvariante mit dieser Geometrie der Bezugsfläche gültig.

Tabelle 7 – Quantitativer Vergleich idealisierter zentrenorientierter Netzvarianten

	Rasterweite [km]	Anzahl der Fahrten [1/km ²]	Tägliche Fahrleistung [Fzg-km/km ²]	Anteil der Korridorfläche [km ² /km ²]	Anteil der Direktverbindungen [1/km ²]	Mittlere Geschwindigkeit [km/h]	Maschenfläche [km ²]
Radial-Ring-Netz	9	0,33	26,0	0,43	0,87	25,6	163,7
	10	0,30	23,4	0,40		31,6	202,1
	11	0,25	21,3	0,37		37,5	244,5
	13	0,30	30,0	0,52		40,4	73,2
	14	0,15	16,7	0,30		45,2	396,1
	16	0,12	14,6	0,26		51,1	517,3
	17	0,12	13,8	0,25		52,1	584,0
Rautennetz	10 (H)	0,53	25,0	0,38	0,19	31,6	28,9
	10 (H+N)	3,23	74,9	0,78	0,14		
	11 (H)	0,43	21,9	0,34	0,19	37,5	
	11 (H+N)	2,67	67,3	0,71	0,14		
	14 (H)	0,27	15,9	0,26	0,19	45,2	
	14 (H+N)	1,65	51,6	0,54	0,14		
	16 (H)	0,21	13,4	0,22	0,19	51,1	
	16 (H+N)	1,26	44,6	0,47	0,14		
	17 (H)	0,18	12,4	0,21	0,19	53,9	
17 (H+N)	0,93	29,4	0,44	0,14			

Das sechseckige Radial-Ring-Netz weist aufgrund der geringeren Anzahl der Knoten und starken Zentrenorientiertheit einen hohen Anteil an Direktverbindungen und dadurch wenige Umsteigevorgänge auf. Die angegebenen Werte für die Achszwischenflächen entsprechen je dem Mittelwert in dieser Netzstruktur, da sich die tatsächliche Fläche mit zunehmender Entfernung zum Zentrum vergrößert. In Tabelle 7 wird beim Rautennetz zusätzlich zwischen dem reinen Hauptnetz (H) und dem Hauptnetz mit einbezogener Flächenerschließung (H+N) unterschieden. Die Korridorbreite des Nebennetzes ist auf 1 km reduziert. Auffällig ist dabei der geringe Anteil an Direktverbindungen. Dieser kann auf die aufgelöste Struktur des Hauptnetzes und die große Anzahl der Nebenknoten zurückgeführt werden. Allein aus der Tatsache, dass sowohl das Radial-Ring- als auch das Rautennetz eine reduzierte Version des Dreiecknetzes darstellen, lässt sich folgern, dass die Anzahl der Linien, die Fahrleistung und der Anteil der Korridorfläche geringer sind als bei diesem. Das Rautennetz wird hier nur bis zu einem Knotenabstand von 10 km aufgeführt.

Welche Netzstruktur für ein Gebiet geeignet ist, ist generell stark von der vorhandenen Struktur des Gebietes und der angestrebten Fahrleistung abhängig. Bei Relationen zu oder zwischen Zentren bieten die zentrenorientierten Varianten zwar definitionsgemäß direktere und damit schnellere Verbindungen, da sich die Hauptknotenpunkte der flächenorientierten Variante jedoch ebenfalls an der Lage von Zentren orientieren, begrenzt sich der Vorteil auf wenige Relationen. Van Nes empfiehlt für multimodale Netze einen Straßen- und Linienabstand auf regionaler Ebene von 10 km und auf lokaler Ebene von 3 km sowie Geschwindigkeiten von 50 bzw. 30 km/h. Der Abstand der Linien untereinander sowie zwischen den Haltestellen sollte in der übergeordneten Hierarchieebene im Vergleich zu der darunter ca. 3-mal und die Geschwindigkeit 1,5 bis 1,67-mal größer sein.¹⁵⁶ Allgemein sollte der Basisabstand zwischen den Knoten mit einigen Zwischenhalten gewählt werden, um die mögliche Streckenlänge bei Bedarf durch Auslassen dieser, und damit der Erhöhung der mittleren Fahrgeschwindigkeit, noch vergrößern zu können.

An ihre **Grenzen** stoßen die angestellten Überlegungen, wo mehrere Anschlüsse an schnellere Verkehrssysteme wie den Schienenverkehr geplant werden sollen. Bahnlinien werden als eine Art zusätzliche „Expresslinien“ betrachtet und weisen eine deutlich höhere Geschwindigkeit auf als die Buslinien des Hauptnetzes. Das führt zu stark unterschiedlichen Fahrzeiten, wodurch der Schienenverkehr nicht oder nur bedingt in das ITF-System eingebunden werden kann. Ebenfalls nachteilig ist, dass auch bei einer engen Siedlungsstruktur über eine größere Fläche je nur ein zentraler Punkt mit Zugang zu mehreren Hauptlinien besteht. Der Rest der Siedlungsfläche wird nur durch Zwischenhalte oder das Nebennetz erschlossen. Alle vorgestellten Konzepte sind also für verteilt liegende, einzelne Siedlungen und weniger gut für zusammenhängende Stadtflächen geeignet. Topografische Hindernisse wie Berge, steile Hänge oder Seen können die Kontinuität der Linienführung stören und müssen bei der Planung von Anfang an berücksichtigt werden.

¹⁵⁶ van Nes: *Design of multimodal transport networks (2002)*, 111f.

3.6. Nebennetz

Die bislang vorgestellten Konzepte für ein übergeordnetes Hauptnetz sind auf kurze Reisezeiten zwischen zwei Punkten ausgelegt und können deshalb keine ausreichende Flächenerschließung für den ländlichen Raum mit seiner dispersen Bevölkerungsverteilung leisten. Um allen Menschen und Bevölkerungsgruppen Zugang zu dem System zu bieten, muss die Fläche zwischen den Korridorachsen erschlossen und an diese angebunden werden. Dafür werden im Folgenden Möglichkeiten für eine geeignete Flächenerschließung bzw. ein Zubringersystem in Kombination mit dem Hauptnetz betrachtet.

3.6.1. Generelle Möglichkeiten und Vorschläge

Grundsätzlich ist der Einsatz einer der im Abschnitt 2.3 vorgestellten Bedienformen sowie einer Kombination aus diesen möglich. Auf grundsätzliche Vor- und Nachteile dieser Betriebsformen wurde dort bereits eingegangen. Welche Betriebsform für das Zubringersystem gewählt wird, muss in erster Linie unter Betrachtung der vorhandenen Rahmenbedingungen entschieden werden. Ein klassischer Linienbetrieb, bei kleiner Fahrgastnachfrage mit Kleinbussen o. ä., mit festen Abfahrtszeiten sollte aufgrund seiner Zuverlässigkeit und den geringen Zugangshemmnissen (keine vorherige Anmeldung nötig, übersichtliche Fahrtmöglichkeiten) flexiblen Betriebsweisen grundsätzlich vorgezogen werden. In Gebieten in denen ein Linienbetrieb aufgrund von zu geringer und / oder stark ungleichmäßiger Nachfrage viele Leerfahrten verursacht, ist es jedoch sinnvoll stattdessen flexible Bedienformen zu nutzen.

Bei dem Einsatz eines klassischen **Linienbetriebs** werden die Fahrpläne des Nebennetzes auf die Abfahrtszeiten der Hauptlinien abgestimmt, um dort schlanke Anschlüsse zu schaffen. Wird die in der Taktfolgezeit des Hauptnetzes zurückzulegende Luftlinienentfernung im festen Linienbetrieb auf den Nebenlinien halbiert, verdoppelt sich zwar die Fahrzeit für eine ideal gleich lange Strecke, es können jedoch größere Umwege und geringere Haltestellenabstände realisiert werden. Trotz längerer Umwege für das Sammeln bzw. Verteilen der Fahrgäste und dadurch geringeren Beförderungsgeschwindigkeiten kann der Takt des Hauptnetzes so auch auf die Zubringerlinien erweitert werden (siehe 3.6.2). Dafür können Nebenlinien in gleichmäßigem Abstand annähernd parallel zum Hauptnetz geführt und die Fläche so durch ein zusätzliches Raster unterteilt werden (siehe Abbildung 21, Mitte). Alternativ kann ein weiterer Rendezvouspunkt im Flächenschwerpunkt mit direkten Verbindungen zu den Hauptnetzknotten und / oder Zwischenhalten des Hauptnetzes (siehe Abbildung 21, unten/oben) eingefügt werden. Abweichend von der hier starr symmetrischen Betrachtung können zur Anpassung an die vorhandene Nachfrage bei Bedarf einzelne Linien, alternative Routenverläufe und Direktverbindungen, entfernt oder hinzugefügt werden.

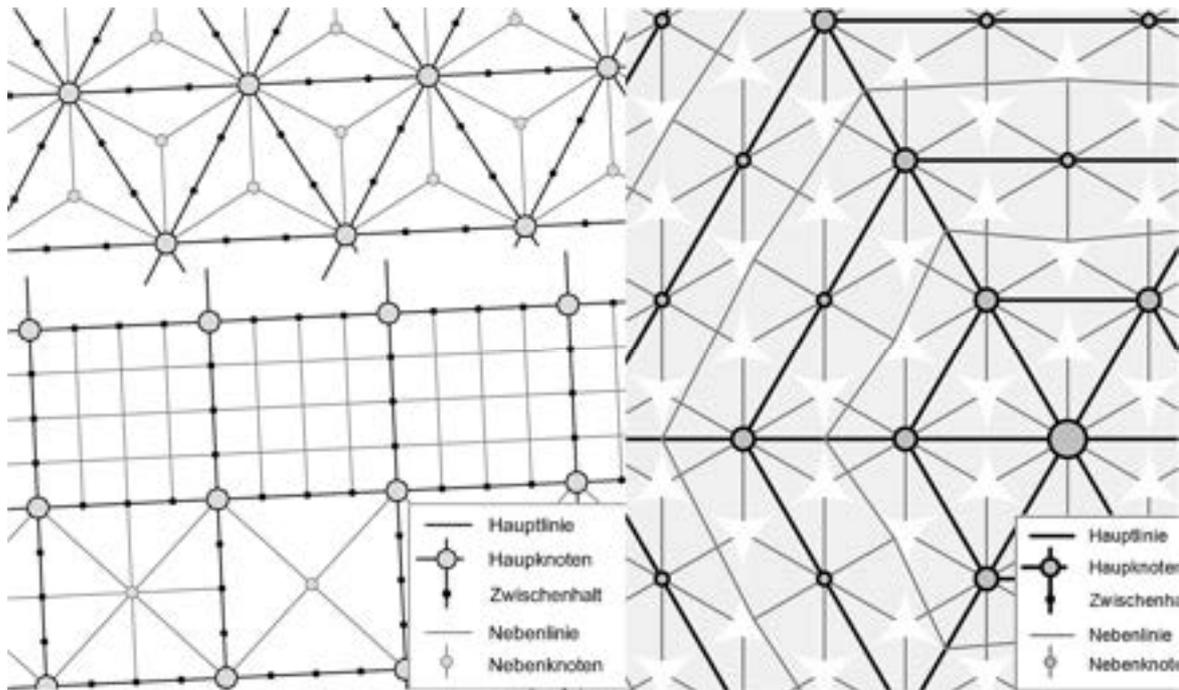


Abbildung 21 - Rasterung und zentraler Rendezvouspunkt für Nebenlinien

Abbildung 22 - Radiallinien bilden Einzugsgebiete um Hauptknoten

Erweitert werden können diese Verbindungen zwischen zentralen Orten des Hauptnetzes durch eine Abwandlung des in der Logistik verwendeten **Hub-and-Spoke**-Systems. Dabei werden Güter nicht direkt von Versender zu Empfänger transportiert, sondern über einen oder mehrere Umschlagspunkte (Hubs) geleitet. Dort erfolgt ohne Zwischenlagerung nach Umsortierung die Weiterverladung zum Ziel. Diese Bündelung ermöglicht eine bessere Auslastung von Transportmitteln auf wenig belasteten Verbindungen. Als Variante des Hub-and-Spoke-Systems werden beim hybriden Hub-and-Spoke-System nicht alle Güter über einen Hub gebündelt, sondern situationsabhängig auch direkt ohne Zwischenstation transportiert¹⁵⁷. In der abgewandelten Anwendung für das hier betrachtete Nebennetz werden statt Gütern Fahrgäste befördert, die nicht je nach Destination umsortiert werden, sondern durch das Nebennetz zu den Knoten (Hubs) gefahren werden und dort umsteigen. Mit dem Zusatz, dass auch in den Hubs selbst Fahrgäste zu- oder aussteigen können. Daraus ergibt sich ein System aus **Radiallinien**, die die umliegenden Orte direkt an den jeweils nächstgelegenen Hauptknoten anschließen. Abbildung 22 zeigt beispielhafte Einzugsgebiete von Knotenpunkten in einem Radial-Ring-Netz mit je einer zusätzlichen Nebenlinie parallel zu den Ringen.

¹⁵⁷ Stefanie Müller: *Verkehrswirtschaft und Transportmanagement* (2016), S. 274.

Für die Anpassung an eine geringe, zeitlich oder örtlich schwankende Nachfrage können diese Linien durch **Bedarfslinien** oder **Richtungsbänder** ersetzt werden. Die Anzahl der Linien bzw. Richtungsbänder, sowie deren Ausrichtung und Anschlüsse an das Hauptnetz (für Beispiele siehe Abbildung 23, oben) ist von dem gewählten Abstand zwischen den Hauptknoten und der vorhandenen Siedlungsstruktur abhängig. Eine weitere Möglichkeit ist der Einsatz eines **Sektorbetriebs** mit Start bzw. Zielpunkt auf dem Hauptnetz. Durch eine Überlagerung mehrerer Sektoren können die Flächen zwischen den Korridorachsen in jede Richtung an diese angeschlossen werden (siehe Abbildung 23, unten). Ebenso möglich ist die Einrichtung eines nachfragegesteuerten **Flächenbetriebes** in dem gesamten, von den Hauptlinien begrenzten Gebiet. Grundsätzlich soll auch hier ein Angebot rund um die Uhr und an allen Wochentagen unabhängig von Ferienzeiten bereitgestellt werden. Gerade in kleineren oder abgelegenen Siedlungen mit nur wenigen Einwohnern ist die Schaffung eines Angebots mit einem öffentlichen oder auch privat organisierten **Car-Sharing** bzw. Car-Pooling eine gute Alternative, um die Mobilität der dort lebenden sicherzustellen. In einem Gebiet mit einer großen Zahl von Gehöften o.Ä. ist es auch sinnvoll die Einrichtung eines **Anrufsammeltaxis** (AST) speziell für solche Fälle zu prüfen.

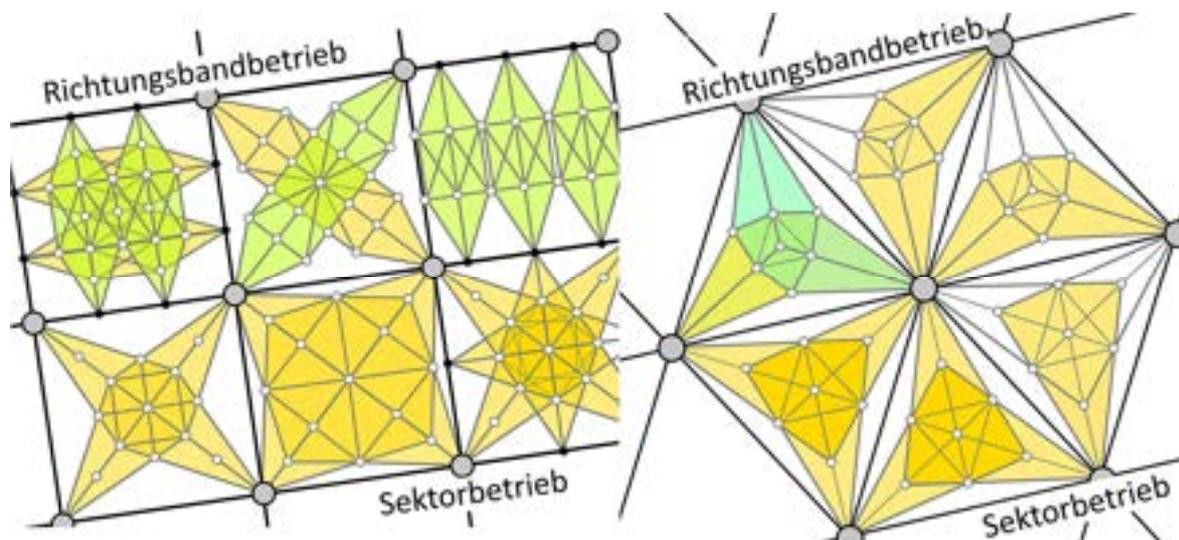


Abbildung 23 - Beispielhafte Auslegungen für Richtungsband- und Sektorbetrieb

Beim Anschluss an das Hauptnetz ist zu bedenken, dass eine kurze Umsteigezeit auf Zwischenhalten des Hauptnetzes aufgrund der unregelmäßigen Lage nicht garantiert werden kann. Deshalb werden in der Fläche zwischen den Achskorridoren gelegene Orte bevorzugt unmittelbar an den nächstgelegenen Knoten, der in der Regel in einem Zentrum liegt, angeschlossen. Zusätzlich zur Flächenerschließung zwischen den Korridoren kann es auch nötig sein, „langsamere“ Zubringerlinien parallel zu einer Hauptlinie zu führen, da diese für die Gewährleistung geringerer Fahrzeiten selten auf der Strecke halten und deshalb nur eine bestimmte Zahl an auf der ihrer Route liegenden Siedlungen direkt erschließen (siehe Abbildung 24).

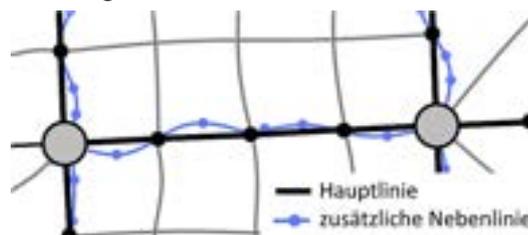


Abbildung 24 - Zusätzliche Nebenlinie zur Flächenerschließung im Hauptkorridor

Die Wahl des Zubringersystems wird, wie die des Hauptnetzes stark von lokalen Gegebenheiten beeinflusst. Sie kann auch innerhalb eines Systems unterschiedlich ausfallen bzw. einzeln angepasst werden, während die Auslegung Hauptnetzes als „Rahmen“ konstant bleibt. Beispielsweise können einige Maschen eines Quadratnetzes mit mehreren festen Linien erschlossen werden, während in anderen dünn besiedelten, stattdessen nur Richtungsbänder oder ein Flächenbetrieb eingerichtet wird. Jedoch ist in Hinblick auf die Übersichtlichkeit ein möglichst einheitliches System anzustreben. Weitere Möglichkeiten für die Auslegung des Nebennetzes stellen intelligente Mobilitätsformen, insbesondere die Nutzung automatisierter, nachfragegesteuerter Kleinbusse. Diese neuen, viel angepriesenen Formen der Mobilität stecken zum größten Teil zwar noch in den Kinderschuhen, bergen jedoch gerade für nachfrageschwache Regionen großes Potenzial und werden nicht umsonst als Zukunft der Mobilität gesehen. Auf diese neuen Systeme, insbesondere den Einsatz automatisierter Kleinbusse, wird in Abschnitt 3.6.3 ab Seite 70 vertieft eingegangen.

3.6.2. Integration in den Takt des Hauptnetzes

Soll die Flächenerschließung komplett als Linienbetrieb erfolgen, kommt zu der bereits erläuterten Abwägung des Abstands der Rendezvouspunkte des Hauptnetzes die Anzahl und Anordnung der Zubringerlinien hinzu. Für deren Einbeziehung in den integralen Taktfahrplan des Hauptnetzes werden feste Linien über die halbe Maschenweite bzw. halbe Diagonallänge des Quadratrasters und die Verbindung der Hauptknoten mit dem Flächenschwerpunkt im Dreiecksraster untersucht (siehe Abbildung 21 auf Seite 63). Da zentrenorientierte Varianten des Hauptnetzes in ihrer Geometrie unterschiedlich große Zwischenräume aufweisen, werden hier nur flächenorientierte Netze betrachtet.

In Kombination mit den in Tabelle 4 (S. 45) dargestellten möglichen Entfernungen im Hauptnetz werden nun die sich aus diesen Streckenlängen ergebenden Geschwindigkeiten und Fahrzeiten auf festen Zubringerlinien ermittelt, um zu prüfen, unter welchen Umständen der vorgegebene Takt auch dort gehalten werden kann. Die Länge der Strecken ergibt sich aus der gewählten Größe und Geometrie des Hauptnetzes, verrechnet mit einem Umwegfaktor von 1,5. Dieser ist im Vergleich zu den Annahmen in 3.4 größer gewählt, um längere Umwege, weiter auseinanderliegende Haltestellen und eventuell nötige Stichfahrten mitzuberechnen. Dafür werden Geschwindigkeiten analog zu der Berechnung in 3.4.2 (Formel 1) angesetzt. Für die Berücksichtigung engerer und kurviger Straßen, sowie häufigerer Ortsdurchfahrten werden im Unterschied zum Hauptnetz hier jedoch eine Maximalgeschwindigkeit von 65 statt 70 km/h und eine „Langsamfahrstrecke“ mit 20 statt 15 Prozent der Gesamtlänge angenommen, wodurch sich die in Tabelle 8 aufgelisteten, im Vergleich zum Hauptnetz niedrigeren mittleren Beförderungsgeschwindigkeiten von ca. 15 bis 45 km/h ergeben.

Tabelle 8 - Mittlere Beförderungsgeschwindigkeiten in km/h in Abhängigkeit von Länge der Strecke s in km und Anzahl der Zwischenhalte n auf Nebenlinien

Anzahl n s in km	0	1	2	3	4	6	8	10	12
$4 \times 1,5 = 6$	35,8	32,5	29,7	27,3	25,3	22,1	19,6	17,6	16,0
$5 \times 1,5 = 7,5$	38,5	35,4	32,7	30,4	28,4	25,1	22,5	20,4	18,6
$6 \times 1,5 = 9$	40,6	37,6	35,1	32,9	30,9	27,6	25,0	22,8	20,9
$7 \times 1,5 = 10,5$	42,2	39,4	37,0	34,9	33,0	29,7	27,1	24,9	23,0
$8 \times 1,5 = 12$	43,5	40,9	38,6	36,6	34,7	31,6	28,9	26,7	24,8
$9 \times 1,5 = 13,5$	44,5	42,1	40,0	38,0	36,2	33,2	30,5	28,3	26,4
$10 \times 1,5 = 15$	45,4	43,2	41,1	39,2	37,5	34,5	32,0	29,8	27,9
$11 \times 1,5 = 16,5$	46,2	44,0	42,1	40,3	38,7	35,8	33,3	31,1	29,2
$12 \times 1,5 = 18$	46,8	44,8	42,9	41,2	39,7	36,8	34,4	32,3	30,4
$13 \times 1,5 = 19,5$	47,4	45,5	43,7	42,1	40,5	37,8	35,4	33,3	31,5

Tabelle 9 bis 11 erweitern den Knotenabstand und die Zahl der Halte aus der vorherigen Aufstellung in Tabelle 4 (Seite 45) um zugehörige mögliche Längen der Nebenstrecken, auf denen eine Fahrzeit von 25 min bzw. 17 min (30 bzw. 20 min-Takt) rechnerisch eingehalten werden können. Dafür werden die Luftlinienlänge, die Strecke mit Berücksichtigung des Umwegfaktors und die sich ergebende maximale Anzahl der Haltepunkte sowie die mittlere Luftlinienentfernung zwischen den Haltestellen der Zubringerlinie in Abhängigkeit der Maschenweite des Hauptnetzes aufgelistet.

Tabelle 9 stellt die Werte für halbe orthogonale Strecken mit $0,5 \cdot$ Maschenweite, Tabelle 10 für halbe Diagonalen mit überschlägig $0,71 \cdot$ Maschenweite des Quadratnetzes und Tabelle 11 die Verbindungen der Hauptknoten mit dem Flächenschwerpunkt zwischen den Linien des Netzes aus gleichseitigen Dreiecken mit $0,58 \cdot$ Maschenweite dar (siehe Abbildung 25).

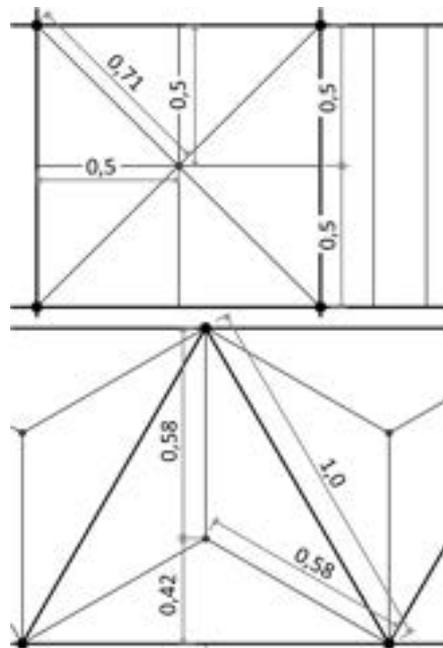


Abbildung 25 - Anteilige Längen der Nebenlinien

Tabelle 9 - Anzahl der Zwischenhalte auf halben orthogonalen Zubringerlinien (Quadratraster) für ca. 25 min / 17 min Fahrzeit

Takt	Hauptnetz		Zubringerlinie			
	Maschenweite km	Anzahl der Halte -	Luftlinienentfernung km	x Umwegfaktor 1,5 km	Maximal mögliche Anzahl der Halte -	Mittl. Haltestellenabstand (Luftlinie) km
30 min	17	0	8,5	12,75	7	1,1
	16	1	8,0	12	8	0,9
	15	2	7,5	11,25	9	0,8
	14	3	7,0	10,5	9	0,7
	13	5	6,5	9,75	10	0,6
20 min	11	0	5,5	8,25	4	1,1
	10	1	5,0	7,5	5	0,8
	9	2	4,5	6,75	6	0,6
	8	3	4,0	6,0	6	0,6

Tabelle 10 - Anzahl der Zwischenhalte auf halben, diagonalen Zubringerlinien (Quadratraster) für ca. 25 min / 17 min Fahrzeit

Takt	Hauptnetz		Zubringerlinie			
	Maschenweite km	Anzahl der Halte -	Luftlinienentfernung km	x Umwegfaktor 1,5 km	Maximal möglicher Anzahl der Halte -	Mittl. Haltestellenabstand (Luftlinie) km
30 min	17	0	12,1	18,1	1	6,0
	16	1	11,4	17,0	2	3,8
	15	2	10,7	16,0	3	2,7
	14	3	9,9	14,9	4	2,0
	13	5	9,2	13,8	5	1,5
20 min	11	0	7,8	11,7	0	7,8
	10	1	7,1	10,7	1	3,6
	9	2	6,4	9,6	2	2,1
	8	3	5,7	8,5	3	1,4

Tabelle 11 - Anzahl der möglichen Zwischenhalte auf zentralen Zubringerlinien (Dreiecksraster) für ca. 25 min / 17 min Fahrzeit

Takt	Hauptnetz		Zubringerlinie			
	Maschenweite km	Anzahl der Halte -	Luftlinienentfernung km	x Umwegfaktor 1,5 km	Maximal möglicher Anzahl der Halte -	Mittl. Haltestellenabstand (Luftlinie) km
30 min	17	0	9,8	14,7	7	1,2
	16	1	9,2	13,9	8	1,0
	15	2	8,7	13,0	9	0,9
	14	3	8,1	12,1	10	0,7
	13	5	7,5	11,3	11	0,6
20 min	11	0	6,4	9,5	4	1,3
	10	1	5,8	8,7	5	1,0
	9	2	5,2	7,8	6	0,7
	8	3	4,6	6,9	7	0,6

Als Kompromiss zwischen den bereits beschriebenen Zielen des Netzes wird hier ein Richtwert für den mittleren Haltestellenabstand zwischen ca. 1,5 km und ca. 3 km angesetzt.¹⁵⁸ Dieser beinhaltet sowohl kurz aufeinanderfolgende Ortschaften, als auch längere Überlandfahrten ohne Zwischenhalt. Die dahingehend zu präferierenden Kombinationen sind in den obenstehenden Tabellen grau hinterlegt. Es können auch Varianten mit geringerem Hauptknotenabstand gewählt werden, was bei dichter Haltestellenabfolge die mittlere Geschwindigkeit der Zubringerlinien verringert oder bei bewusster Verringerung der Haltestellenanzahl längere Halte- oder Pufferzeiten ermöglicht und dadurch die Zuverlässigkeit steigert. Die oben angegebenen Werte sind für den klassischen Linienbetrieb ermittelt, können allerdings auch als grobe Anhaltswerte für flexible Bedienformen dienen.

Unter der Voraussetzung, dass die Flächenerschließung rein durch Linienbetrieb organisiert werden soll, ergeben sich daraus für die unter 3.5.1 vorgestellten flächenbasierten Konzepte engere Dimensionierungsrahmen. Wenn die Zwischenräume des Quadratrasters durch zusätzliche Linien in weitere, kleinere Quadrate unterteilt werden (siehe Abbildung 21 auf S. 63, Mitte) kann das Hauptnetz im Halbstundentakt zwar theoretisch mit den maximalen 17 km (im Drittelstundentakt mit 11 km) Maschenweite dimensioniert werden, allerdings sind dann aus zeitlichen Gründen keine Zwischenhalte mehr möglich an die die Zubringerlinien anschließen könnten. Deshalb und zur Verbindung mit diagonalen Linien zu einem mittigen Rendezvous-Punkt scheint eine Kombination in dem Bereich mit 14 km Hauptknotenabstand und vier Zwischenhalten für diese Variante trotz langsamerer Zubringerlinien geeigneter. Aus dieser Problematik heraus und dem präferierten Anschluss direkt an die Hauptknoten ist demzufolge die zweite Möglichkeit des zusätzlichen Rendezvouspunktes im Flächenzentrum vorzuziehen. Diese Variante ist

¹⁵⁸ vgl. 2 – 3 km Haltestellenabstand außerhalb der Ortslage für Regionalbusse in BMVI: Mobilitäts- und Angebotsstrategien in ländlichen Räumen (2016), S. 19.

sowohl im Quadratraster mit Diagonalen und / oder halbierenden, orthogonalen Verbindungen als auch im Dreiecksraster anwendbar (siehe Abbildung 21, oben bzw. unten). Im Quadratraster jedoch nur bis zu einer Maschenweite von 17 km, da die diagonalen Nebenlinien sonst nicht mehr innerhalb von 25 min befahren werden können. Dafür eignet sich nach Tabelle 10 bzw. Tabelle 11 ein Hauptraster mit orthogonaler Maschenweite von 13 bis 14 km bzw. 17 km. Bei Nutzung eines 20-min-Taktes ist bei Anwendung eines Nebenrasters und eines Zentralen-Hubs im Dreiecksnetz danach hinsichtlich des Haltestellenabstandes ein maximaler Knotenabstand von 11 km anzustreben. Hier müsste jedoch wieder eine weitere Nebenlinie die Erschließung des Korridors übernehmen, da keine Zwischenhalte auf der Strecke geplant werden können. Halbierte Diagonalen im Quadratnetz bieten bei einem Knotenabstand von 8 bis 9 km einen guten Haltestellenabstand. Unter 3.5.2 wurde bereits vorausgegriffen, dass in das vorgestellte Konzept des Rautennetzes eine Flächenerschließung integriert ist. Da dieses einer reduzierten, speziellen Variante des Dreiecksnetzes mit 30-min Takt entspricht, beziehen sich die Berechnungen auf dasselbe, hier beschriebene Prinzip.

Die hier angesprochene vollständige Integration von Nebennetzlinien in den Taktfahrplan des Hauptnetzes ist damit gedanklich möglich und hinsichtlich der Minimierung der Umsteigezeiten im gesamten System theoretisch sinnvoll. Eine flächendeckende praktische Anwendung dürfte sich jedoch als schwierig darstellen. Neben der Anpassung der Auslegungsparameter und konkreten Linienführung des Hauptnetzes auf Grundlage der vorhandenen Rahmenbedingungen müsste gleichzeitig verstärkt Rücksicht auf die Anforderungen aus dem Nebennetz genommen werden, was zu zusätzlichen Einschränkungen und Konfliktpunkten führt. Zudem ergeben sich feste Anforderungen für die Nebenlinien, die in jedem Fall flächendeckend erfüllt werden müssen. Jedoch differieren die vorhandenen Bedingungen für ein Nebennetz noch stärker als im Hauptnetz, insbesondere bei Betrachtung großer Flächen. Da jede Ortschaft bedient und erschlossen werden soll, haben die lokale Siedlungsdichte und die Führung des Verkehrsnetzes großen Einfluss auf die Auslegung des Netzes. Aufgrund dieser stark unterschiedlichen Rahmenbedingungen ist eine Übertragung der Taktzeiten auf das Nebennetz in der Praxis durchgängig nicht so gut lösbar wie in einem der betrachteten idealisierten Netze. Daher scheint es sinnvoller, die Fahrzeiten der Nebenlinien, sowie deren Anschlusszeiten an das Hauptnetz individuell zu betrachten und zu optimieren als dem gesamten System ein einziges starres System „aufzuzwängen“. Eine Erweiterung des bereits festgelegten Hauptnetzes durch abgestimmte Zubringerlinien ermöglicht dagegen eine flexiblere Anpassung an lokale Bedingungen und Anforderungen.

Die vorausgegangenen Einschätzungen beruhen auf während der Bearbeitung dieser Arbeit gewonnene Erfahrungen. Dahingehend Bedarf dieses Unterthema eventuell einer genaueren Untersuchung.

3.6.3. Einsatz automatisierter Kleinbusse

Mit dem schnellen technischen Fortschritt rückt die Möglichkeit autonomer Fahrzeuge und deren Anwendungsmöglichkeiten immer stärker in den Fokus. Aktuelle Projekte für die Automatisierung von Fahrzeugen weisen generell zwei unterschiedliche Orientierungsrichtungen auf: eine Automatisierung von privaten Fahrzeugen zur Unterstützung und Entlastung des Fahrers und automatisierte Kleinbusse, die nur in einem definierten Bereich auf „virtuellen Schienen“ fahren¹⁵⁹. Für vollständig autonome Fahrzeuge ohne räumliche Beschränkung gibt es dagegen bislang vor allem einzelne Demonstrationsprojekte mit selbstfahrenden Taxis (erstmalig 2016 in Singapur¹⁶⁰ und Pittsburgh¹⁶¹) und Versprechungen der Automobilindustrie. Experten gehen davon aus, dass es noch länger dauern wird, bis solche Fahrzeuge ausreichend zuverlässig agieren können. Besonderer Forschungs- und Verbesserungsbedarf besteht hinsichtlich der großen Herausforderung der Sicherstellung von Kommunikation mit und Erkennung von anderen Verkehrsteilnehmern in jedem Umfeld und in allen Situationen. Durch die räumliche Begrenzung des Einsatzbereiches ist es jedoch möglich, die Komplexität des Systems stark zu reduzieren¹⁶². Auch in Deutschland gibt es inzwischen eine Vielzahl von Pilotprojekten, in denen automatisierte Pendel- und Kleinbusse im Linienbetrieb eingesetzt werden. Aufgrund rechtlicher Rahmenbedingungen muss jedoch noch ein Sicherheitsfahrer an Bord sein¹⁶³. Beispielsweise verkehren im Rahmen des Hochbahn-Forschungsprojektes HEAT („Hamburg Electric Autonomous Transportation“) in der Hamburger Hafen-City fünf Meter lange, elektrisch angetriebene Kleinbusse auf einer festen Route mit 1,8 km Länge mit fünf Haltestellen¹⁶⁴. Zurzeit laufen ähnliche Projekte in insgesamt 42 weiteren deutschen Städten¹⁶⁵.



Abbildung 26 - Automatisierter Kleinbus des Projektes HEAT in Hamburg (welt.de; dpa Daniel Bockwoldt)

Allgemein wird der Automatisierungsgrad von Fahrzeugen in Stufen von eins bis fünf gegliedert. Stufe 0 beschreibt dabei das manuelle Fahren ohne elektronische Unterstützung. Stufe 5 auf der anderen Seite stellt ein vollständig autonomes System dar, das vollständig ohne das Eingreifen von Menschen auskommt¹⁶⁶. Der VDV¹⁶⁷ strebt für den Betrieb automatisierter Kleinbusse im öffentlichen Verkehr die „Stufe 4 ÖV“ an. Dabei soll das Fahrzeugsystem Quer- und Längsführung vollständig selbst übernehmen können (bspw. Geschwindigkeitsanpassungen, Spurwechsel, automatischer Betriebshof, etc.). Die Systemgrenzen werden von dem Fahrzeug selbst erkannt, sodass keine Begleitung durch

¹⁵⁹ Tobias Haider et al.: Technische und rechtliche Voraussetzungen für Shared Automated Mobility (2017).

¹⁶⁰ [online] mobyome KG: Demonstrationsprojekt Singapur, <https://www.sharedautomatedmobility.org>.

¹⁶¹ [online] mobyome KG: Demonstrationsprojekt Pittsburgh, <https://www.sharedautomatedmobility.org>.

¹⁶² Tobias Haider et al.: Technische und rechtliche Voraussetzungen für Shared Automated Mobility (2017).

¹⁶³ Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V.: Eckpunkte zum Rechtsrahmen für das autonome Fahren im ÖV (2020).

¹⁶⁴ [online] Hamburger Hochbahn AG: HOCHBAHN-Forschungsprojekt HEAT, <https://www.hochbahn.de>.

¹⁶⁵ vgl. Liste des VDV der Bundesweiten Projekte: <https://www.vdv.de/liste-autonome-shuttle-bus-projekte.aspx>

¹⁶⁶ Bundesregierung: Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren (2015).

¹⁶⁷ Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V.: Eckpunkte zum Rechtsrahmen für das autonome Fahren im ÖV (2020).

einen Fahrzeugführer notwendig ist. Jedoch erfolgt eine verstärkte menschliche Überwachung des Gesamtsystems durch Leitstellen als unterstützende Kontrollinstanz. Diese Leitstellen können den Fahrzeugen dabei zu einem spezifischen Fahrmanöver anweisen, es aus der Ferne deaktivieren oder wieder freischalten. In Einzelfällen (bei technischen Störungen etc.) kann jedoch der Einsatz von besonders geschultem Personal vor Ort nötig werden¹⁶⁸.

Derzeit ist der Einsatz solcher Fahrzeuge noch starken technischen und rechtlichen Restriktionen unterworfen. In rechtlicher Hinsicht gibt es bislang keine einheitlichen Genehmigungs- und Zulassungsvorschriften für voll automatisierte und fahrerlose Fahrzeuge. Die Genehmigung der laufenden Pilotprojekte erfolgte in der Regel über Einzelbetriebserlaubnisse durch die Landesregierungen¹⁶⁷. Weiter entstehen Problemstellungen im Hinblick auf die Haftung und das Strafrecht im Falle eines entstandenen Schadens. Mit einer Gesetzesänderung des Straßenverkehrsgesetzes (Gesetz zum automatisierten Fahren, beschlossen am 28.03.2021^{169 170}) wird von der Bundesregierung jetzt ein Rechtsrahmen geschaffen, damit autonome Fahrzeuge künftig ohne menschliche Aufsicht in festgelegten Betriebsbereichen des öffentlichen Verkehrs im Regelbetrieb fahren können. Darin werden technische Anforderungen an den Bau, die Beschaffenheit und die Ausstattung der Fahrzeuge und der Umgang mit dem für den Betrieb benötigten Daten geregelt.

Zwar werden automatisierte Kleinbusse dieser Art („Smart Shuttles“) zurzeit nur im Linienbetrieb getestet, jedoch lassen sich damit theoretisch auch flexible, nachfragegesteuerte Angebote realisieren¹⁷¹. Gerade im ländlichen Raum und in Kleinstädten ist der Einsatz in der Weise eines Richtungsband- oder Sektorbetriebs als Zubringersystem oder als Feinerschließung im On-Demand-Verkehr denkbar. Fahrgäste können mit einer gewissen Vorlaufzeit eine Fahrt bestellen und werden zur nächstmöglichen Abfahrtszeit an einer bestimmten Haltestelle durch den Kleinbus abgeholt und an die gewünschte Zielhaltestelle gebracht. Die Mitteilung eines Fahrwunsches erfolgt dabei digital über eine App, die gleichzeitig alle für den Fahrgast nötigen und interessanten Informationen über Anschlüsse etc. bereitstellt. Durch intelligente Dispositionssysteme ist es ebenfalls möglich, Fahrten zu bündeln und somit den Besetzungsgrad der Fahrzeuge zu steigern. Nötig für die Nutzung solcher automatisierter Kleinbusse im Rahmen des in dieser Arbeit konzipierten Systems sind mehrere dezentrale Depots bzw. Betriebshöfe, in denen die Kleinbusse zwischen den Fahrten geparkt, aufgeladen und/oder gewartet werden können. Durch Anordnungen der Anlagen an oder in der Nähe der Knotenpunkte des Hauptnetzes und eventuell im Zentrum der Zwischenflächen und den Einsatz einer standardisierten Fahrzeugflotte können Fahrzeuge zwischen diesen Stationen je nach Anforderung hin und her pendeln und somit Leerfahrten vermieden werden. Voraussetzung für ein solches System ist allerdings auch die flächendeckende Verfügbarkeit von schnellem Mobilfunk und Satellitenempfang zur Ortung sowie einer oder mehrerer zentralen

¹⁶⁸ Bundesregierung: *Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren* (2015).

¹⁶⁹ [online] Deutscher Bundestag: *Expertenanhörung: Gesetz zum autonomen Fahren geht in die richtige Richtung* (2021), <https://www.bundestag.de>.

¹⁷⁰ Deutscher Bundestag: *Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes und des Pflichtversicherungsgesetzes – Gesetz zum autonomen Fahren*.

¹⁷¹ Tobias Haider et al.: *Technische und rechtliche Voraussetzungen für Shared Automated Mobility* (2017).

Verkehrszentralen zur Überwachung. Das große Potenzial bei voller Funktionalität und Zulassung solcher automatisierten, unbegleiteten Kleinbusse liegt in der individuellen, an den Fahrgast angepassten Einsetzbarkeit der Fahrzeuge und Einsparungen von Personalkosten. Jedoch entstehen zusätzliche Anschaffungs- und Wartungskosten der hoch technisierten Fahrzeugflotte.

3.6.4. Neue Mobilitätsformen

Die grundlegende Idee der sogenannten „neuen Mobilität“ ist die Nutzung von durch die fortschreitende **Digitalisierung** und Technisierung entstandenen Möglichkeiten. Darunter fallen unter anderem die weite Verbreitung internetfähiger Endgeräte, neue Softwaretools, Plattformen und Anwendungen. Die sollen für die Individualisierung und Attraktivierung des öffentlichen Verkehrs, die Steigerung der Effizienz im individuellen Verkehr und das Eröffnen völlig neuer Nutzungsmöglichkeiten genutzt werden. Dazu zählen unter anderem bedarfsgerechte und flexible Angebotsformen im ÖV, eine Algorithmus gestützte, geteilte Nutzung von vorhandenen Fahrzeugen und die Motorisierung und Nutzung kleiner, energiesparender Fahrzeuge ¹⁷².

Durch die Übertragung solcher digitalen Möglichkeiten auf bereits im ländlichen Raum vorhandene flexible Angebote wie Rufbusse oder AST und weitere Kombinationen mit individuellen Formen wie Carsharing oder Ride-Pooling können diese Mobilitätsformen für Nutzer freundlicher und übersichtlicher gestaltet und damit deren Attraktivität gesteigert werden. Im Unterschied zum unentgeltlichen Ride-Sharing wird Ride-Pooling gewerblich und daher entgeltlich betrieben. Besonders On-Demand-Ride-Pooling-Angebote als Ergänzung zum ÖPNV-Kernangebot bieten in ländlichen Räumen ein großes Potenzial. Damit werden die Vorteile der individuellen Mobilität wie Unabhängigkeit und Flexibilität mit der Bündelungsfähigkeit und Effizienz des öffentlichen Verkehrs kombiniert ¹⁷³. Laut MiD 2017 werden zu Spitzenstunden nie mehr als zehn Prozent aller Fahrzeuge gleichzeitig bewegt. D.h. ca. 90 Prozent aller verfügbaren Fahrzeuge werden im Schnitt nicht gleichzeitig benötigt, was wiederum zu dem Schluss kommen lässt, dass bei einer geteilten Nutzung deutlich weniger Pkw nötig wären als momentan vorhanden. In einer Studie des International Transport Forum werden die Auswirkungen von autonomen Mobilitätsformen und Carsharing in der Stadt Lissabon untersucht. Bei vollständiger Teilung der Fahrzeugflotte mittels Ride-Pooling in Kombination mit einem leistungsfähigen öffentlichen Verkehrsmittel reduziert sich die Anzahl der nötigen Pkw im Extremszenario um 90 Prozent. Ohne Kombination mit dem ÖV beträgt der Wert 82 Prozent ¹⁷⁴. Bestätigt wurde diese Größenordnung durch eine Stuttgarter Arbeit mit ähnlichen Ergebnissen ¹⁷⁵. Zwar wurde diese theoretische Studie im Umfeld einer Großstadt durchgeführt, dennoch zeigt sie das große Potenzial solcher Mobilitätsformen.

¹⁷² vgl. Prof. Oswalt, Prof. Rettich, Prof. Dr. Roost, et al.: *Endbericht Bauen für die neue Mobilität im ländlichen Raum* (2021), S. 29.

¹⁷³ vgl. Prof. Oswalt, Prof. Rettich, Prof. Dr. Roost, et al.: *Endbericht Bauen für die neue Mobilität im ländlichen Raum* (2021), S. 39.

¹⁷⁴ vgl. [online] *International Transport Forum: Urban Mobility System Upgrade* (2015), <https://www.itf-oecd.org>.

¹⁷⁵ vgl. Prof. Dr. Carsten Gertz und Dr. Martina Dörnemann: *Wirkungen des autonomen / fahrerlosen Fahrens in der Stadt* (2016), 12f.

Ein wichtiger Teil und verbindendes Glied zwischen Anbieter der Mobilitätsleistung und dem Fahrgast stellen bereits heute sogenannte Mobilitäts-Apps dar. Die Spannweite dieser für Smartphones ausgelegten Anwendungen reicht von der „einfachen“ Fahrplanauskunft über Sharing-Plattformen bis zu einer allumfassenden Vernetzung von öffentlichen und individuellen Mobilitätsmöglichkeiten. Basis solcher Applikationen bilden „Location-Based-Services“ (ortsbezogene Dienste) zur Abrufung ortsbezogener Echtzeitinformationen. Unter diesen Begriff fallen unter anderem Systeme zur Routenplanung und Navigation oder Wetter- und Verkehrsinformationen in Echtzeit¹⁷⁶. Durch das sogenannte „Matching“ kann Angebot und Nachfrage mit einem speziellen Algorithmus passend zusammengeführt werden. Es wird auf Sharing-Plattformen sowie beim Ride-Hailing und Ride-Pooling zur Disposition von Fahrten (Route-Matching) und zur Planung des Fahrzeugeinsatzes verwendet¹⁷⁷. Eine Kombination und Vernetzung verschiedener Verkehrsmodi in einer Gesamtlösung wird als „Mobility as a Service“ (MaaS) bezeichnet. MaaS verbindet sowohl neue als auch herkömmliche Mobilitätsformen wie ÖPNV, Ride-Sharing, Carsharing, Bike-Sharing usw. an einem Ort.¹⁷⁸ Damit ist es dem Nutzer möglich, unkompliziert alle nötigen Informationen aus einer Hand zu erhalten und beispielsweise Bedarfsfahrten auch direkt zu bestellen. Erweitert ist denkbar, solche Apps ebenfalls zur automatischen Berechnung, Erfassung und Begleichung des Fahrtentgeltes zu verwenden. Ein frühes Beispiel hierfür ist „Jelbi“, eine 2019 in Berlin eingeführte Mobilitäts-App. Die App beinhaltet Fahrauskünfte des öffentlichen Nahverkehrs, Leihautos, -fahrrädern, -rollern, Taxis und Ride-Sharing. Buchung und Bezahlung sind ebenfalls direkt darüber möglich¹⁷⁹.

Ein weiterer interessanter Ansatz ist die Kombination von **Güterlogistik** und öffentlichem Verkehr. Diese Idee an sich ist zwar nicht neu, Postbusse beförderten in Deutschland bis in die 1960er-Jahre und in Teilen Schottlands und Schwedens bis heute sowohl Briefe und Pakete als auch Personen¹⁸⁰, durch die Digitalisierung werden allerdings auch hier neue Möglichkeiten eröffnet. Besonders in ländlichen Räumen sind die Anforderungen an die Logistik hoch. Durch weit verteilt liegende Senken und kleine Nachfragemengen entstehen lange Wege, was gerade bei anhaltender Zunahme des Online-Handels große Herausforderungen für die Logistikbranche darstellt. Vorgeschlagene Lösungen für Letztere sind unter anderem zentrale Pick-up-Points zur direkten Abholung durch den Kunden und Mikro-Depots für die weitere kurzstreckige Beförderung mit Lastenrädern¹⁸¹. Die Verteilung zu solchen festen Punkten kann beispielsweise mit Fahrzeugen des öffentlichen Verkehrs erfolgen.

¹⁷⁶ vgl. Timpf: „Location-based Services“ – Personalisierung mobiler Dienste durch Verortung (2008), 71f.

¹⁷⁷ Prof. Oswald, Prof. Rettich, Prof. Dr. Roost, et al.: Endbericht Bauen für die neue Mobilität im ländlichen Raum (2021), 30f.

¹⁷⁸ Prof. H. Monheim: Gutachten Finanzierung der Verkehrssysteme im ÖPNV (2016), S. 31.

¹⁷⁹ [online] Berliner Verkehrsbetriebe (BVG): Jelbi App, <https://www.jelbi.de>.

¹⁸⁰ BMVI: Mobilitäts- und Angebotsstrategien in ländlichen Räumen (2016).

¹⁸¹ vgl. [online] Prognos AG: Gesamtstädtisches Konzept Letzte Meile. Erstellung einer Road Map für die Freie und Hansestadt Hamburg (2019), <http://daten.transparenz.hamburg.de>.

3.7. Die Letzte Meile

Die sogenannte „Letzte Meile“ stellt eine oft zitierte Problemstellung in der Mobilitätsplanung dar. Sie bezeichnet den Weg zwischen der Haltestelle eines öffentlichen Verkehrssystems und dem eigentlichen Ziel der Ortsveränderung (Wohnen, Arbeiten, etc.), der oft zu Fuß zurückgelegt wird und im Vergleich zum Gesamtweg zwar streckenmäßig relativ kurz ist, aber durch die niedrige Geschwindigkeit in vielen Fällen einen beträchtlichen Teil der gesamten Reisezeit, laut Monheim bis zu ca. 60 Prozent ¹⁸², ausmacht. Hier besteht viel Potenzial den multimodalen Weg als Ganzes zu beschleunigen und aus Sicht des Fahrgastes angenehmer zu gestalten. Damit lässt sich das Reisezeitverhältnis zum MIV verbessern und gleichzeitig die Attraktivität des ÖV an sich steigern. Dafür ist die Verknüpfung der Bahn- und Buslinien des Hauptnetzes mit dem Erschließungsverkehr und flexiblen Angeboten für die letzte bzw. erste Meile wichtig.

Dafür werden in der Literatur verschiedene Systeme wie Car-, Bike- und Ride-Sharing genannt. Ebenfalls denkbar ist in Zukunft der Einsatz automatisierter Kleinbusse. Laut Kirchhoff richtet sich die Anzahl und Lage von Haltestellen des öffentlichen Verkehrs „nach der Bebauung des Bedienungsgebietes, der als zumutbar angesehenen Länge der Fußwege sowie ihrer Platzierungsmöglichkeit im Straßennetz.“ ¹⁸³. Abbildung 27 zeigt ein Systembild für eine differenzierte Bedienung nach Vorschlag des VDV ¹⁸⁴ durch Bahn- und Buslinien, Bedarfsfahrten und eigenem Rad oder Leihfahrrädern zur flächendeckenden Erschließung.



Abbildung 27 - Differenzierte Bedienung im Regionalverkehr aus: VDV Positionspapier „Gute Mobilität in ländlichen Räumen (2020)

¹⁸² Prof. H. Monheim: Gutachten Finanzierung der Verkehrssysteme im ÖPNV (2016), S. 9.

¹⁸³ Kirchhoff und Tsakarestos: Planung des ÖPNV in ländlichen Räumen (2007), 33f.

¹⁸⁴ Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V.: Gute Mobilität in ländlichen Räumen (2020).

Besonders prominent ist die Nutzung des Fahrrads entweder als **Bike and Ride (B+R)** oder mit Fahrradverleihsystemen. Da der Fahrgast beim B+R das eigene Rad verwendet, sind an den Haltestellen im Prinzip nur Fahrradabstellplätze nötig. Für ein attraktives B+R Konzept sind jedoch neben ausreichend hochqualitativen Fahrradabstellplätzen (Anforderungen u. a.: sicher, überdacht, möglichst nah an Haltepunkt gelegen, einfach zugänglich, evtl. mit Servicestationen) auch ein gutes Radwegenetz mit baulich getrennten, durchgehenden Radwegen notwendig¹⁸⁵. Im Gegensatz dazu wird dem Nutzer bei einem **Fahrradverleihsystem** ein Leihfahrrad an einer Verleihstation zur Verfügung gestellt, dass dieser am Ende der Fahrt wieder an einer anderen Station zurückgibt. Dieses System ist bisher jedoch vor allem in Groß- und Mittelstädten zu finden. Bei manchen Angeboten ist es in sogenannten „Flexzonen“ auch möglich das geliehene Rad überall, unabhängig von Verleihstationen abzustellen bzw. dort abgestellte Räder auszuleihen¹⁸⁶. Die Kombination von Bus und Bahn mit Fahrradverleihsystemen ist nach Zademach aber auch für kleinere Kommunen mit Stationen an Haltestellen und Hauptaktivitätszentren (Plätze, Einkaufszentren oder Sportanlagen) sinnvoll. Eventuell mit finanzieller Hilfe von Stadtmöbel- und Außenwerbungsfirmen, die dafür freie Werbeflächen zur Verfügung gestellt bekommen, oder Initiativen¹⁸⁷. Die Initiative „Bikesurf“ ist beispielsweise ein Non-Profit-Projekt für privaten Fahrradverleih in Städten jeglicher Größe ohne Provision¹⁸⁸. Ein solches System kann eine wertvolle Ergänzung für kleinere Städte ohne offenes Fahrradleihsystem sein. Wichtige Faktoren für eine sinnvolle ÖV-Integration von Fahrradverleihsystemen sind nach dem BMVBS gemeinsame Informationen, eine Tarifintegration bzw. tarifliche Unterstützung und eine räumliche Integration durch Stationswahl in unmittelbarer Nähe zu ÖV-Haltestellen¹⁸⁹. Das Stationsnetz sollte möglichst stadtweit bzw. kommunenweit ausgebaut werden, mit genügend Platz für einen weiteren Ausbau. Wichtig sind bequeme Registrierungsvorgänge, wenn möglich direkt an den Stationen, und schnelle und selbsterklärende Ausleihvorgänge, die einfache Handhabung der Räder und umfassende Information (Verleihbedingungen, Stationsnetz, Radverfügbarkeit, etc.) und Service für die Kunden. Zusätzlich sollte es vergünstigte bzw. kostenfreie Nutzungsmöglichkeiten für Nutzer mit ÖV-Ticket geben. Hier kann jedoch ein Konflikt zwischen attraktiven Tarifen und Gewährleistung der Wirtschaftlichkeit entstehen.¹⁹⁰ Die Häufigkeit der Nutzung steigt dann, wenn Fahrradleihsysteme als alltägliche Mobilitätsoption verstanden werden. Die Integration in den öffentlichen Verkehr ist dabei entscheidend. Beispiele, in denen diese gelungen ist, sind unter anderem das Fahrradverleihsystem auf Usedom¹⁹¹ oder in Hamburg¹⁹². In den letzten Jahren sind zusätzlich auch ausleihbare elektrische Roller (E-Scooter) hinzugekommen und gehören in vielen Großstädten inzwischen zum festen Stadtbild. Ihr Vorteil ist die flexible Ausleihe und Rücknahme ohne Bindung an feste Stationen. Angeboten werden diese E-Roller von privaten Unternehmen. Durch die zunehmende Motorisierung von kleinen Verkehrsmitteln wie Fahrrad oder Scooter und durch Einsatz elektrischer Antriebe steigen deren Reichweite und Komfort, was die Nutzung

¹⁸⁵ Helga Magnadóttir: *Bike-and-ride in a suburban environment* (2019).

¹⁸⁶ [online] VAG Rad, <https://www.vagrad.de>.

¹⁸⁷ Zademach und Musch: *Sharing is Caring? Fahrradverleihsysteme im Kontext nachhaltiger Regionalentwicklung* (2016), 23ff.

¹⁸⁸ BikeSurf, <https://www.bikesurf.org>.

¹⁸⁹ vgl. BMVBS: *Öffentliche Fahrradverleihsysteme - Innovative Mobilität in Städten* (Nr. 29/2013), 51f.

¹⁹⁰ BMVBS: *Öffentliche Fahrradverleihsysteme - Innovative Mobilität in Städten* (Nr. 29/2013).

¹⁹¹ [online] UsedomRad GmbH: *Usedomrad*, <https://usedomrad.de>.

¹⁹² Zademach und Musch: *Sharing is Caring? Fahrradverleihsysteme im Kontext nachhaltiger Regionalentwicklung* (2016).

noch attraktiver macht und auch neue Nutzungsmöglichkeiten erschließt. Weiter ist die **Fahrradmitnahme** in öffentlichen Verkehrsmitteln ein Thema, das hier nicht außer Acht gelassen werden sollte. Bei Mitnahme in einem öffentlichen Verkehrsmittel kann das eigene Rad auf beiden Seiten des multimodalen Weges genutzt werden, ohne auf öffentliche Abstellanlagen, bei denen der ein oder andere auch den Diebstahl seines Rades fürchtet, oder auf die Verfügbarkeit eines Leihfahrrades angewiesen zu sein. Allerdings ist die Fahrradmitnahme auch mit Problemen behaftet, die sich vor allem aus dem Platzbedarf und der Unterbringung in den Fahrzeugen ergeben. In vielen Bahnen gibt es zwar ausgewiesene Fahrradabteile oder -stellplätze, jedoch ist die Fahrradmitnahme während der Hauptverkehrszeit aufgrund der Platzproblematik in vielen Gebieten untersagt. Dabei besteht gerade im Zeitfenster des Berufsverkehrs großes Potenzial für die Nutzung einer solchen Möglichkeit. Hier sollten sowohl in räumlicher als auch preislicher Hinsicht verlässliche Angebote zur Fahrradmitnahme geschaffen werden.

Das Fahrrad darf in jedem Fall nicht als Konkurrenz zum ÖPNV gesehen, sondern eine gemeinsame Integration in den Umweltverbund angestrebt werden. Gerade im Hinblick auf die zunehmende Verbreitung von Pedelecs bzw. E-Bikes, durch die sich die Bereitschaft zum Zurücklegen auch längerer Distanzen mit dem Rad und der Kreis potenzieller Nutzer vergrößert, gewinnt das Thema zunehmend an Bedeutung. Für Strecken innerhalb einer Stadt, eines größeren Ortes oder auch als zusätzliche Verbindung kleinerer, nah beieinanderliegender Ortschaften sollten also auf jeden Fall Einrichtungen für B+R an ÖV-Haltestellen geschaffen und die Möglichkeit eines Fahrradverleihsystems zumindest geprüft werden. Auf eine genauere Planung wird in dieser Arbeit jedoch nicht weiter eingegangen.

4. Beispielhafte Anwendung

Nachfolgend werden zwei der im vorhergehenden Kapitel vorgestellten Varianten auf ein Beispielgebiet angewendet und bewertet. Das Vorgehen beinhaltet die Wahl geeigneter Varianten für Haupt- sowie Zubringernetz, das Festlegen der Knotenpunkte, die Anpassung der Linienführung auf die vorhandene Siedlungsstruktur und eine Quantifizierung verschiedener Kenngrößen. In Anlehnung an das Vorgehen von Kirchhoff¹⁹³ werden zunächst die siedlungsstrukturellen Rahmenbedingungen dargestellt, vorhandene Verkehrsbeziehungen bzw. -nachfrage betrachtet und das bisherige Angebot untersucht. Anschließend werden zwei der in Kapitel 3 beschriebenen Varianten ausgewählt, in dem Programm „PTV Visum“ auf die vorhandenen Bedingungen angepasst und hinsichtlich der Linienführung, Fahrzeiten und Umsteigebeziehungen grob optimiert. Anhand ermittelter Kenngrößen werden die Konzepte in Kapitel 5 anschließend verglichen und bewertet.

4.1. Vorstellung des Gebietes

Als Planungsgebiet wird der Landkreis Ansbach einschließlich der kreisfreien Stadt Ansbach in Westmittelfranken gewählt (Verortung in Abbildung 28). Trotz der relativen Nähe zum Ballungsraum Nürnberg-Fürth-Erlangen zählt das Gebiet nach dem Thünen-Institut mit einem Ländlichkeitsindex von im Schnitt $> 0,78$ zu den „sehr ländlichen“ Landkreisen¹⁹⁴. Nach RegioStaR gehört das Gebiet zu den peripheren ländlichen Regionen, der Stadt Ansbach selbst wird die Funktion einer „zentralen Stadt“ zugeschrieben¹⁹⁵. Auch von dem Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung wird das Gebiet als „dünn besiedelter ländlicher Kreis“ bezeichnet¹⁹⁶.



Abbildung 28 - Verortung des Untersuchungsgebietes
(Kartengrundlage: Bundesamt für Kartographie und Geodäsie)

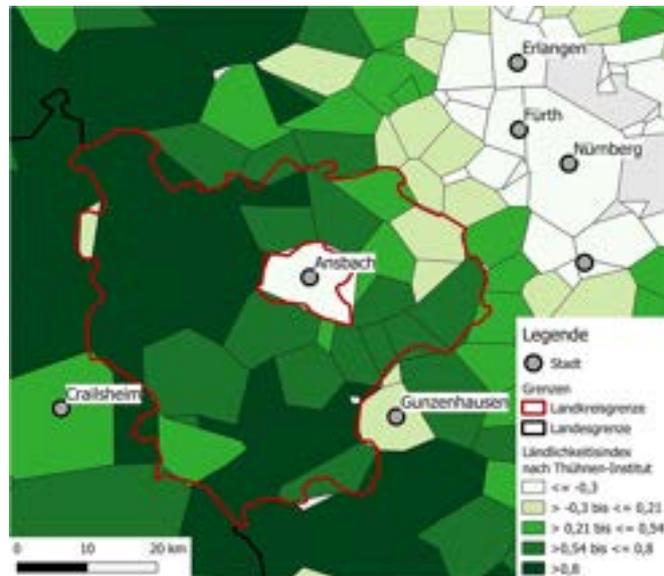


Abbildung 29 - Ländlichkeitsindex auf Gemeindeebene nach Daten des Thünen-Landatlas

¹⁹³ Kirchhoff und Tsakarestos: *Planung des ÖPNV in ländlichen Räumen* (2007), 60ff.

¹⁹⁴ [online] Patrick Küpper, Jan Cornelius Peters: *Thünen-Landatlas* (2019), <https://www.landatlas.de>.

¹⁹⁵ BMVI: *Regionalstatistische Raumtypologie (RegioStaR)* (2020).

¹⁹⁶ [online] BBSR: *Raumbeobachtung - Raumabgrenzungen* (2021), <https://www.bbsr.bund.de/>.

Neben seiner großen Fläche ist der Landkreis zudem Teil des Erzeugungsraums des DIVAN-Verkehrsmodells des Verkehrsverbundes Großraum Nürnberg (VGN), aus dem für den Zweck dieser Arbeit ein Teilmodell zur Verfügung gestellt wird, sodass sowohl Struktur- als auch Nachfragedaten für dieses Gebiet vorliegen.

4.1.1. Lage und Raumstruktur

Der Landkreis Ansbach liegt im Westen des Regierungsbezirkes Mittelfranken und ist Teil der Metropolregion Nürnberg¹⁹⁷. Er grenzt im Westen direkt an den Regierungsbezirk Stuttgart in Baden-Württemberg und im Osten an die Landkreise Fürth, Roth und Weißenburg-Gunzenhausen. Die nördliche Grenze teilt er mit dem Landkreis Neustadt a. d. Aisch-Bad Windsheim, die südliche mit dem Kreis Donau-Ries. Der Landkreis ist in 58 politische Gemeinden, davon 8 Verwaltungsgemeinschaften gegliedert¹⁹⁸.

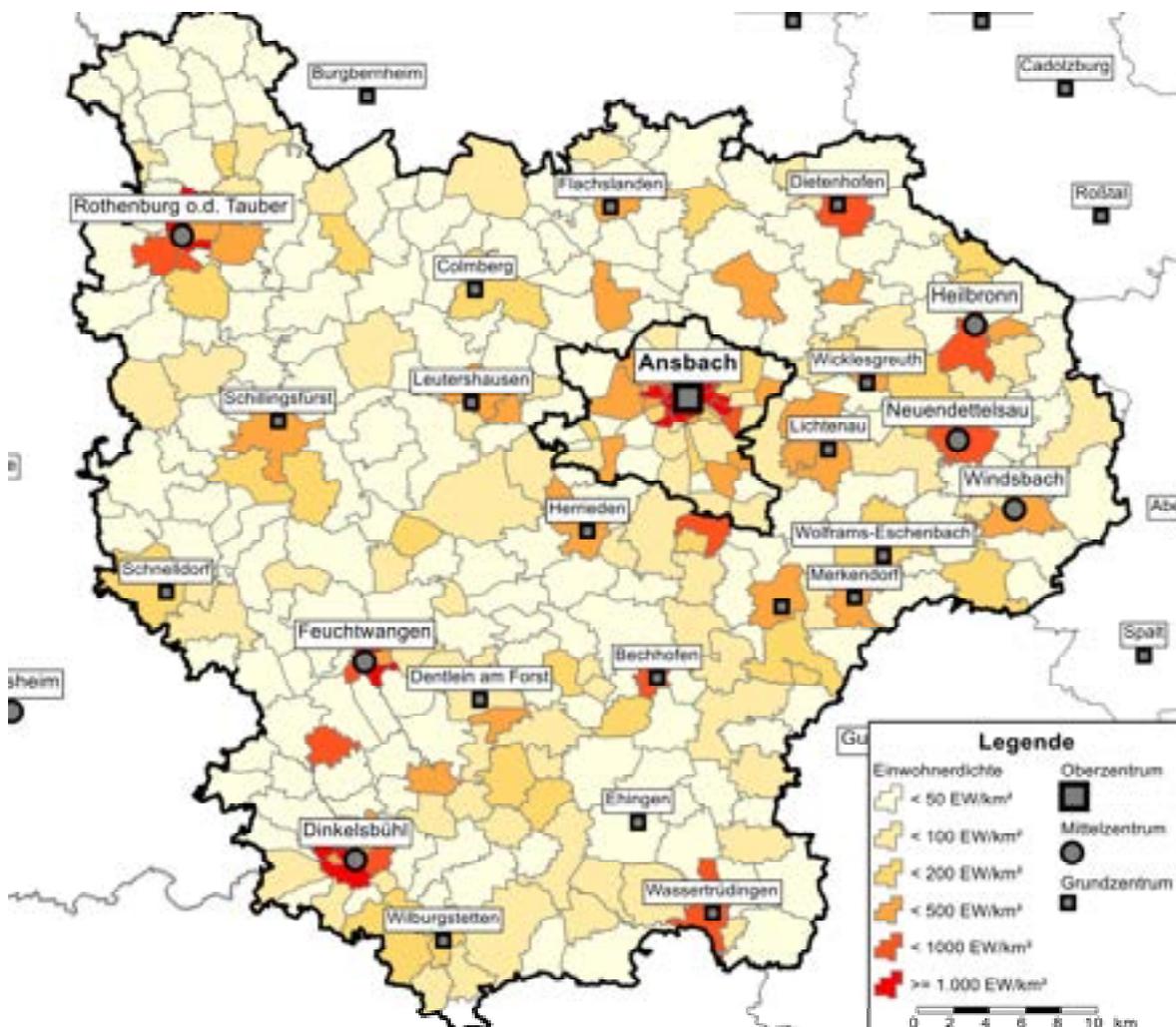


Abbildung 30 - Zentrale Orte und Einwohnerdichte auf Verkehrszellenebene (Datengrundlage: DIVAN)

¹⁹⁷ [online] Verein EMN Europäische Metropolregion Nürnberg e. V.: Metropolregion Nürnberg, <https://www.metropolregionnuernberg.de>.

¹⁹⁸ Bayerisches Landesamt für Statistik: Statistik kommunal - Landkreis Ansbach (2019).

Nur leicht außermittig in der Fläche liegend, bildet die kreisfreie Stadt Ansbach mit ca. 40.000 Einwohnern das faktische Zentrum des Gebietes. Anhand der Einwohnerzahl fällt die Stadt zwar in die Kategorie eines Mittelzentrums, nimmt durch bedeutende Standorte der Versorgung, Verwaltung, Gerichtsbarkeit und höheren Bildung allerdings die Rolle eines Oberzentrums für die Region ein. Als Mittelzentren innerhalb des Landkreises sind im Regionalplan die Städte Dinkelsbühl, Feuchtwangen und Rothenburg o. d. Tauber sowie Heilsbronn/Neuendettelsau/Windsbach als gemeinsames Mittelzentrum definiert¹⁹⁹. Weitere bedeutende Zentren liegen rundum in den benachbarten Landkreisen, insbesondere der Ballungsraum um Nürnberg und Fürth, ca. 40 km nordöstlich der Stadt Ansbach gelegen. Wie in Abbildung 30 zu sehen, liegen mehrere Grundzentren im gesamten Gebiet verteilt.¹⁹⁸

Der Landkreis ist in großen Teilen gleichmäßig dünn besiedelt und weist neben einigen Städten eine Vielzahl verstreut liegender kleiner Orte auf. Jedoch ist von der Stadt Ansbach in Richtung Osten eine leichte Verdichtung der Besiedlung und die Häufung zentraler Orte zu erkennen. Mit insgesamt 184.500 Einwohner (ohne die Stadt Ansbach) liegt die Bevölkerungsdichte im Schnitt bei ca. 93 Einwohner pro km², unter Ausschluss der Mittelzentren bei ca. 67 Einwohnern pro km². Gerade in der westlichen Hälfte des Landkreises sinkt die Einwohnerdichte vermehrt auf unter 50 Einwohner pro km². An der Verteilung der Einwohner in Abhängigkeit der Ortsgröße in Tabelle 12 ist zu erkennen, dass fast ein Fünftel aller Bewohner des Gebietes in kleinen Orten mit unter 150 Einwohnern leben. Der größte Anteil, etwas mehr als ein Drittel, lebt in Siedlungen mit 1.000 bis 5.000 Einwohnern, wie beispielsweise Neuendettelsau oder Heilsbronn. Die Altersgruppe der über 60-jährigen machte 2019 etwa die Hälfte der Bevölkerung des gesamten Landkreises aus und soll laut Prognosen bis zum Jahr 2039 weiter auf ca. 64 Prozent ansteigen²⁰⁰. Der Motorisierungsgrad lag im Jahr 2018 mit ca. 650 Pkw pro 1000 Einwohner²⁰¹ über dem Bundesdurchschnitt für Landkreise von 617²⁰². Das Untersuchungsgebiet ist stark landwirtschaftlich geprägt. Von den knapp 197.000 ha Bodenfläche entfallen nur ca. 10,5 Prozent auf Siedlungs- und Verkehrsflächen und ca. 56 Prozent auf agrarwirtschaftlich genutzte Flächen¹⁹⁹.

Tabelle 12 - Verteilung der Einwohner in nach Ortsgröße (Nahverkehrsplan Ansbach (2019), S.7)

Gesamt	> 5.000 EW	< 5000 bis 1000 EW	< 1000 bis 500 EW	< 500 bis 200 EW	< 200 bis 150 EW	< 150 EW
184.500	40.590	66.420	20.295	16.605	7.380	33.210
100 %	22 %	36 %	11 %	9 %	4 %	18 %

¹⁹⁹ Bayerisches Staatsministerium des Inneren: Regionalplan Region Westmittelfranken (8) (2005).

²⁰⁰ Bayerisches Landesamt für Statistik: Regionalisierte Bevölkerungsvorausberechnung für Bayern bis 2039 (2020).

²⁰¹ Bayerisches Landesamt für Statistik: Statistik kommunal - Landkreis Ansbach (2019).

²⁰² [online] Statista: Zugelassene Pkw in Deutschland in Landkreisen und kreisfreienstädten 2008 bis 2019 (2019), <https://de.statista.com>.

Im Inneren ist der Landkreis flächendeckend durch Bundes-, Landes- und Kreisstraßen erschlossen (vgl. Abbildung 31). Durch die in Ost-West-Richtung verlaufende Bundesautobahn A6 und die im Westen schneidende A7 gibt es ebenfalls eine gute Anbindung an das Fernstraßennetz.

Durch das Gebiet verlaufen zwei durchgängige Schienenachsen in Ost-West- bzw. Nord-Süd-Richtung, die sich im Bahnhof Ansbach kreuzen. Die Ost-West-Achse wird von der S4 zwischen Nürnberg und Ansbach bzw. Dombühl und dem RE 90 zwischen Nürnberg und Crailsheim im benachbarten Baden-Württemberg bedient. Ab 2024 soll auch jede zweite S-Bahn statt nach Dombühl weiter bis nach Crailsheim durgebunden werden. In Nord-Süd-Richtung wird der Landkreis vom RB 80 zwischen Steinach und Gunzenhausen im Stundentakt durchfahren. Zusätzlich verkehrt zwischen Steinach und Rothenburg o. d. Tauber im Nordwesten (RB 82), sowie zwischen Windsbach und Wicklesgreuth (RB 91) östlich von Ansbach jeweils eine Regionalbahn auf einer Nebenstrecke. Vorhandene, aber nicht für planmäßigen Personenverkehr genutzte Nebenbahnen befinden sich zwischen den Städten Dombühl-Nördlingen („Romantische Schiene“) und Gunzenhausen-Wassertrüdingen-Nördlingen im Südwesten des Landkreises („Hesselbergbahn“). Auf Letzterer findet unregelmäßiger Museumsbahnbetrieb sowie Güterverkehr statt. Für beide Streckenabschnitte gibt es Bestrebungen für eine Reaktivierung.

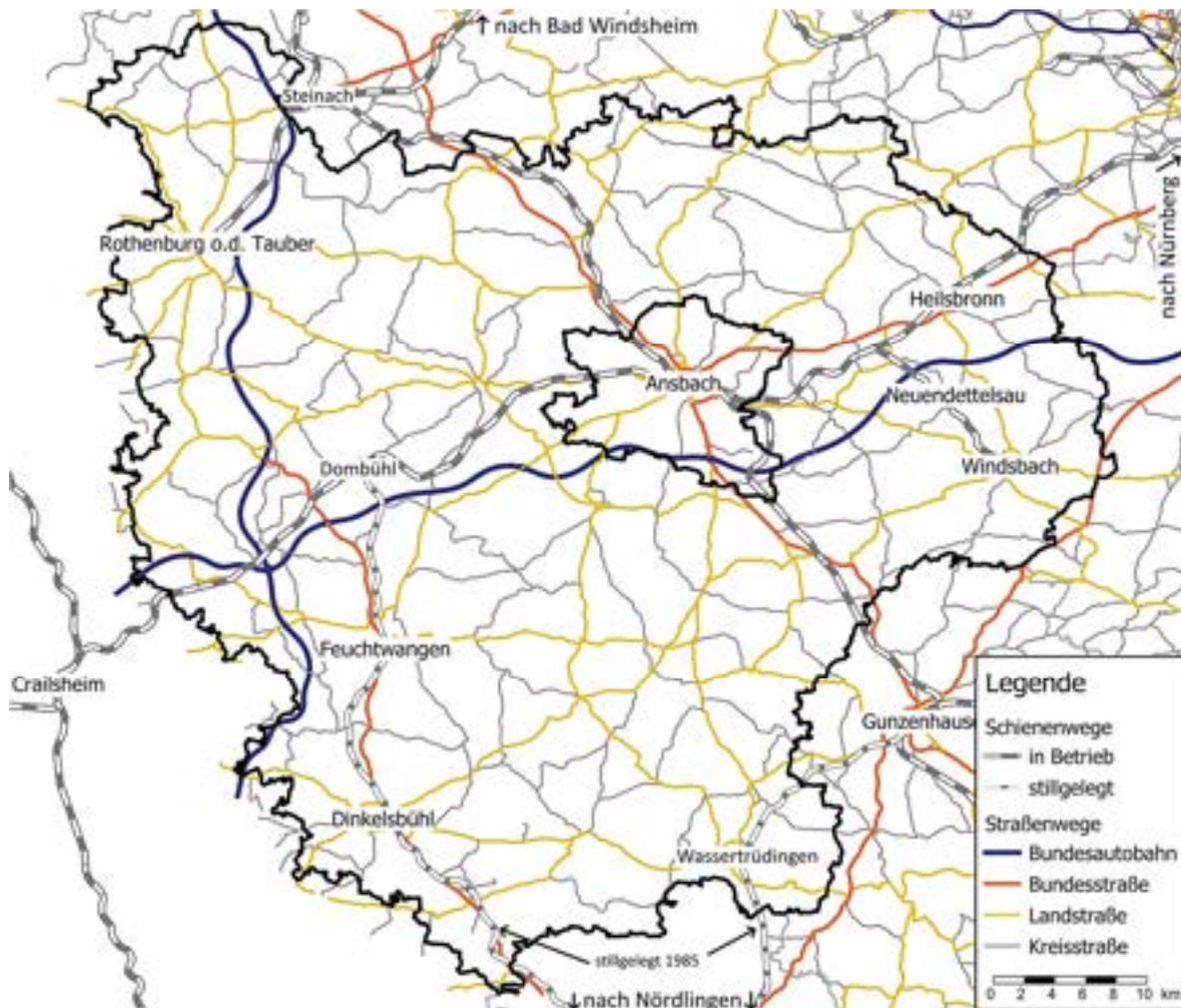


Abbildung 31 - Straßen- und Schienennetz (Datengrundlage: DIVAN, OpenStreetMaps)

Die Bildungseinrichtungen des Gebiets sind stark dezentralisiert. Im Landkreis Ansbach gibt es Stand 2019 62 Standorte für Volksschulen und 14 für weiterführende Schulen (Realschulen, Gymnasien, Wirtschafts-, Berufs- und Fachoberschulen).²⁰³ Nach Angaben des Bayerischen Landesamtes für Statistik und Datenverarbeitung besuchten im Jahre 2018 insgesamt ca. 8.000 Schüler diese Schulen.²⁰⁴ In Ansbach selbst sind es weitere 13 Grund-/ Mittelschulen und sieben weitere weiterführende Schulen sowie eine Hochschule. Das Bildungszentrum Triesdorf beinhaltet zusätzlich zehn Schulen und zwei Fakultäten der Hochschule Weihenstephan. Grund- und Hauptschulen liegen in der Regel in den räumlich über den gesamten Landkreis verteilten Grund- und Mittelzentren.

Durch die stark alternde Bevölkerung wird der Anteil der Schüler und Erwerbstätigen in Zukunft weiter abnehmen und zu einer Reduzierung des Schüler- und Berufsverkehrs führen. Die geringe Bevölkerungsdichte in weiten Teilen des Landkreises schränkt die Bündelungsfähigkeit der Verkehrsnachfrage ein, was sich nachteilig auf den ÖPNV und in einer verstärkten Nutzung der individuellen Verkehrsmittel niederschlägt.

4.1.2. Vorhandenes ÖPNV-Angebot

Aufgabenträger des regionalen Busverkehrs ist der Landkreis Ansbach in Verbindung mit dem VGN. Die aktuelle Fortschreibung des Nahverkehrsplans für den Landkreis Ansbach, erstellt durch den VGN, stammt aus dem Jahr 2019. Neben den fünf betriebenen Schienenstrecken wird der Landkreis im Ist-Zustand durch 87 öffentliche **Buslinien** erschlossen. 12 davon verkehren landkreisübergreifend. Von den 85 ganzjährig betriebenen öffentlichen Linien werden 74 regelmäßig Mo-Fr unabhängig von Schulzeiten, 38 auch an Samstagen und nur 7 auch an Sonn- und Feiertagen angeboten. Für eine bessere Anbindung an den SPNV wurde in den Gemeinden Sachsen und Triesdorf ein Bürgerbus eingerichtet²⁰⁵. Ergänzend zum regionalen Busverkehr können im gesamten Landkreis Anrufsammeltaxis (AST) und Rufbusse angefordert werden (siehe Abbildung 33). **ASTs** werden mit drei bis acht Fahrten täglich, meist in den Abendstunden ab ca. 19 Uhr in der Regel stündlich zwischen mehreren Bahnhöfen in nicht an das Bahnnetz angeschlossenen Orten der umliegenden Gemeinden angeboten. Die Bestellung muss telefonisch mindestens bis eine Stunde vor Abfahrt erfolgen. In Richtung Bahnhof werden die Fahrgäste von einer vereinbarten Bushaltestelle abgeholt, vom Bahnhof kommend bis vor die Haustür des Zielortes gebracht²⁰⁶. Einzelne Fahrplanfahrten normaler Buslinien werden als **Rufbusse** angeboten, für deren Nutzung die Anmeldung ebenfalls mindestens bis eine Stunde vor Abfahrtszeit telefonisch erfolgen muss.

²⁰³ Bayerisches Landesamt für Statistik: *Statistische Berichte zu amtlichen Schuldaten (2019)*.

²⁰⁴ Bayerisches Landesamt für Statistik: *Statistik kommunal - Landkreis Ansbach (2019)*.

²⁰⁵ Verkehrsverbund Großraum Nürnberg: *Nahverkehrsplan für den Landkreis Ansbach (2019)*, 10f.

²⁰⁶ [online] VGN Fahrplan, Stand 13.12.2020, <https://www.vgn.de>

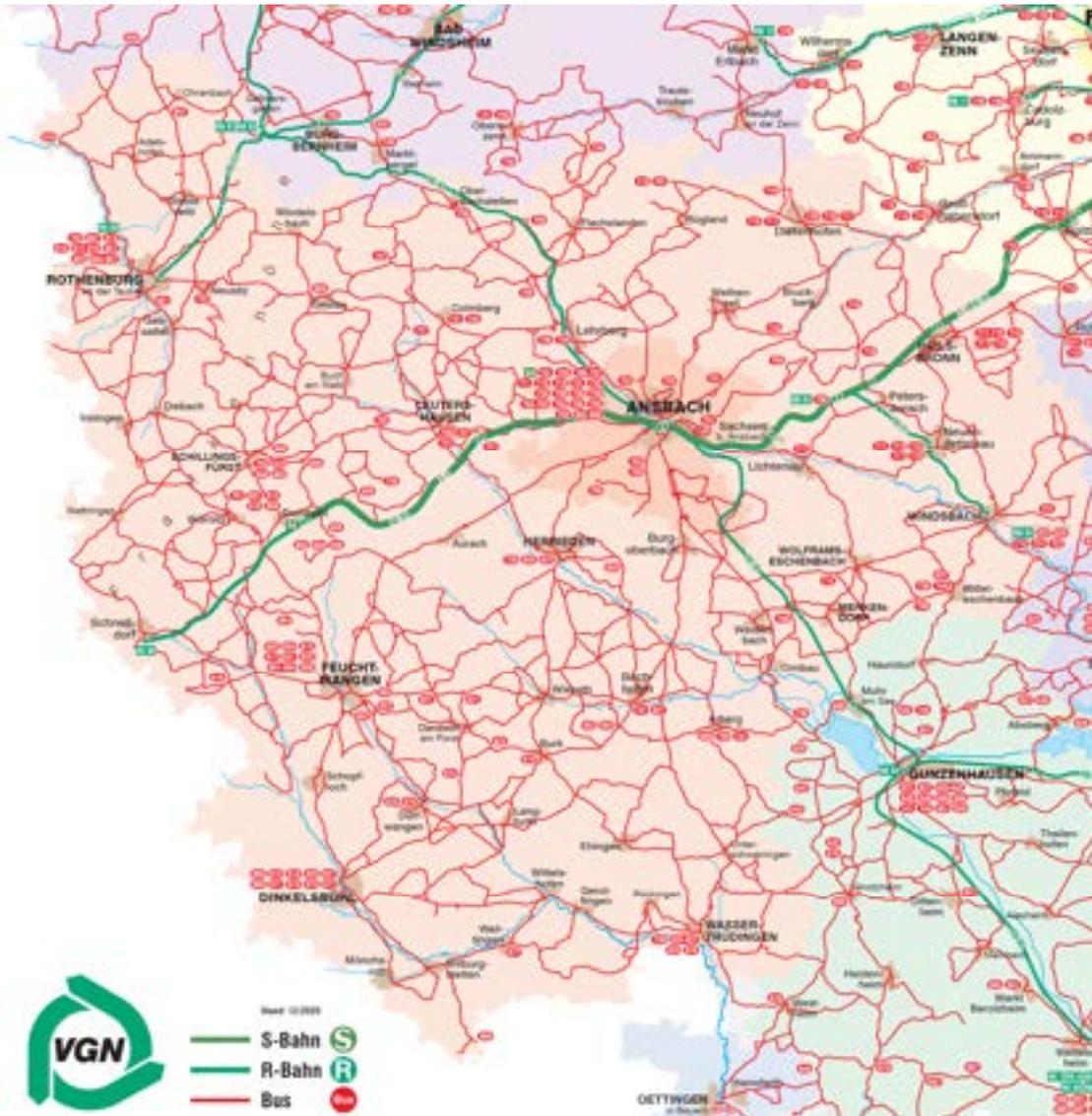


Abbildung 32 – Bus- und Schienennetz im Landkreis Ansbach (VGN.de)
 Eine Darstellung des Liniennetzes mit einzelnen Linienverläufen und in höherer Auflösung ist in Anhang C zu finden.



Abbildung 33 - AST-Zonen im Landkreis Ansbach (VGN.de)

Im Folgenden wird das bisherige Verkehrsangebot grob beschrieben und auf den Vergleich mit den in der Leitlinie zur Nahverkehrsplanung in Bayern definierten Anspruchsniveaus eingegangen.²⁰⁷ Der aktuelle Nahverkehrsplan von 2019²⁰⁸ setzt die Zielvorgaben der Bay-LzN bezüglich Erschließung, Verfügbarkeit und Verbindungsqualität flächendeckend um. Es besteht jedoch weiter eine starke Konzentration auf schülerspezifische Fahrten. Außerhalb der Schulzeiten werden außerhalb von Städten oft nur wenige feste Fahrtmöglichkeiten angeboten. Stattdessen wird dort aufgrund der geringen zu erwarteten Fahrgastnachfrage eher auf Bedarfsverkehre gesetzt. Als Mindestangebot für besonders dünn besiedelte Gebiete wird an Werktagen 4 - 6 Fahrten pro Tag und Richtung definiert, die jedoch auch die Form von Bedarfsfahrten annehmen können. Allgemein wird Wert auf standardisierte Informationen, einheitliches Auftreten und eine barrierefreie Zugänglichkeit der Fahrzeuge und Haltestellen gelegt. Mit einigen Ausnahmen und bei Bedarfsverkehren werden Niederflur-Busse mit digitalen Fahrgastinformationen im VGN-Design eingesetzt. Die Haltestellen entsprechen zum Großteil jedoch nicht durchgehend dem VGN-Standard mit entsprechenden Fahrgastinformationen, barrierefreiem Weg zu Haltestelle und bei höherem Fahrgastaufkommen einem Wetterschutz. Wo dies im Bestand nicht der Fall ist, wird im Nahverkehrsplan von vorrangigem Handlungsbedarf gesprochen, der zeitnah behoben werden soll. Die Berechnung des Fahrtentgeltes erfolgt einheitlich durch Anwendung des VGN-Tarifs (auf Nürnberg ausgerichteter Zonentarif, siehe Abbildung 34). Der Erwerb von Tickets ist beim Fahrer (Bus), an den Haltestellen (Bahn) oder digital über den VGN-Onlineshop bzw. der VGN-App möglich. Ebenfalls erhältlich ist eine Reihe verschiedener Zeitfahrkarten. Preise für die Bedarfsverkehre sind auf Landkreisebene geregelt. Im Nahverkehrsplan ist außerhalb der Verkehrsachsen, in Abhängigkeit des Gebietstyps (unterschieden nach der Einwohnerzahl), in der Hauptverkehrszeit ein Richtwert von 4 (bis 1.000 EW) bis 12 (> 3.000 EW) Fahrtenpaaren definiert. Die Betriebszeit an Werktagen reicht von 6:00 Uhr bis 2:00 Uhr und an Wochenenden von 7:00 Uhr bis 2:00 Uhr. Dabei werden Fahrten nach 19:00 Uhr im ländlichen Raum zu großen Teilen durch Rufbusse bzw. AST abgedeckt.²⁰⁹ Der Besetzungsgrad in den Bussen ist auf den meisten Linien in der Regel gering und schränkt die Beförderungsqualität damit nicht ein. Im SPNV und Stadtbusverkehr Ansbach kann es in Hauptverkehrszeiten jedoch zu voll ausgelasteten Fahrzeugen kommen. Die Zuverlässigkeit des Systems in Bezug auf Abweichungen vom Soll-Fahrplan kann nicht beurteilt werden, da keine Pünktlichkeitsstatistik vorliegt.

Zwar vermittelt die Betrachtung des Linienfahrplans den Eindruck eines flächendeckenden Netzes, allerdings entsteht durch unterschiedliche Routenverläufe, Bündelung von Linien, in Teilen ungleichmäßigen und/oder nur als Bedarfsfahrt angebotene Fahrten ein gerade für ungeübte Nutzer unübersichtliches Angebot. Wie angesprochen erfüllt bzw. übertrifft das Angebotskonzept die Vorgaben der Leitlinie zu Nahverkehrsplanung für eine ausreichende Bedienungsqualität. Diese wirkt in ihren Maßstäben und Forderungen sowie mit einem Blick auf das Erscheinungsdatum (1998) allerdings nicht mehr voll zeitgemäß.

²⁰⁷ Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie: Leitlinie zur Nahverkehrsplanung in Bayern, Anhang B.

²⁰⁸ Verkehrsverbund Großraum Nürnberg: Nahverkehrsplan für den Landkreis Ansbach (2019).

²⁰⁹ Verkehrsverbund Großraum Nürnberg: Nahverkehrsplan für den Landkreis Ansbach (2019).

In Tabelle 13 sind einige **Kenngrößen** des bestehenden Bus-Netzes aufgelistet. Dabei wird der reine Stadtverkehr der Stadt Ansbach und innerhalb der Städte Rothenburg, Feuchtwangen und Dinkelsbühl gesondert betrachtet. Buslinien, die von außerhalb in die jeweiligen Städte führen, sowie alle anderen Linien im Gebiet werden unter „Sonstige“ zusammengefasst. Die Zahlen beruhen auf eigenen Auswertungen des in DIVAN (Stand 2018) hinterlegten Angebotes. Dort wird allerdings keine Unterscheidung zwischen Bedarfs- und festen Linien gemacht, weshalb beide gleichwertig zusammengerechnet werden. Die hinterlegten Fahrpläne beziehen sich auf einen Werktag außerhalb der Schulferien. Die Bezugsfläche entspricht der Summe aller Verkehrsbezirke in dem jeweiligen Gebiet bzw. der Stadt. In der Kategorie der Stadt Ansbach wird nur das Kerngebiet der Stadt ohne die verwaltungstechnisch noch zugehörigen Siedlungen aufgenommen. Letztere sind „Sonstige“ zugeordnet. Die Flächenabdeckung der Linien ergibt sich aus dem Quotienten der summierten Linienlängen und der jeweiligen Bezugsfläche. Es wird ein Einzugsbereich um die Linie von 1 km angenommen. Für die Stadtverkehre wird dieser Wert zusätzlich pauschal halbiert, um die Überschneidung der dicht beieinander verlaufenden Linien zu berücksichtigen. Die angegebene Durchschnittsgeschwindigkeit errechnet sich als Quotient der Summe der Linienroutenlängen und Summe der hinterlegten Fahrzeit je Route. Im Blick auf die Methodik und die Datengrundlage kann diese Auswertung nicht den Anspruch einer detaillierten Analyse stellen, sondern ist vielmehr als Abschätzung der bestehenden Verhältnisse für den späteren Vergleich mit dem neu konzipierten System zu sehen.

Auffällig ist gerade hinsichtlich der Fahrtenanzahl, Haltestellendichte und flächenbezogenen Fahrleistung das im Vergleich zum Umland deutlich bessere Angebot in der Stadt Ansbach. Bezüglich der Stadtverkehre der Mittelzentren ist zu erkennen, dass zwar viele Haltestellen und Linien vorhanden sind, diese allerdings deutlich seltener bedient werden als in der Kreisstadt Ansbach. Für den Gesamttraum ergibt sich eine tägliche flächenbezogene Fahrleistung von ca. 13 Fzg-km. Bei Hinzunahme des Schienenverkehrs im Landkreis von ca. 6.000 Fzg-km/Tag steigt der Wert der flächenbezogenen Fahrzeugkilometer auf ca. **16** Fzg-km/km² pro Werktag.

Tabelle 13 - Kenngrößen des bestehenden ÖV-Angebotes

		Stadt Ansbach (Kerngebiet)	Mittel- zentren (Kerngebiete)	Sonstige	Gesamt
Bezugsfläche	km ²	18	30	2024	2072
Anzahl der Linien	-	7	6	73	86
Fahrten pro Tag	-	233	52	927	1212
Flächenabdeckung der Linien	km ² /km ²	0,35	0,20	0,01	0,011
Mittlere Geschwindigkeit	km/h	26,2	27,8	24,4	26,06
Anzahl der Haltestellen	Hst	97	97	823	1017
Haltestellendichte	Hst/km ²	5,4	3,2	0,4	0,5
	Hst/1.000EW	2,3	3,7	6,8	5,4
Tägliche Fahrleistung	Fzg-km	2.936	616	23.588	27.140
Flächenbezogene, tägliche Fahrleistung	Fzg-km/km ²	163,1	20,5	11,7	13,1

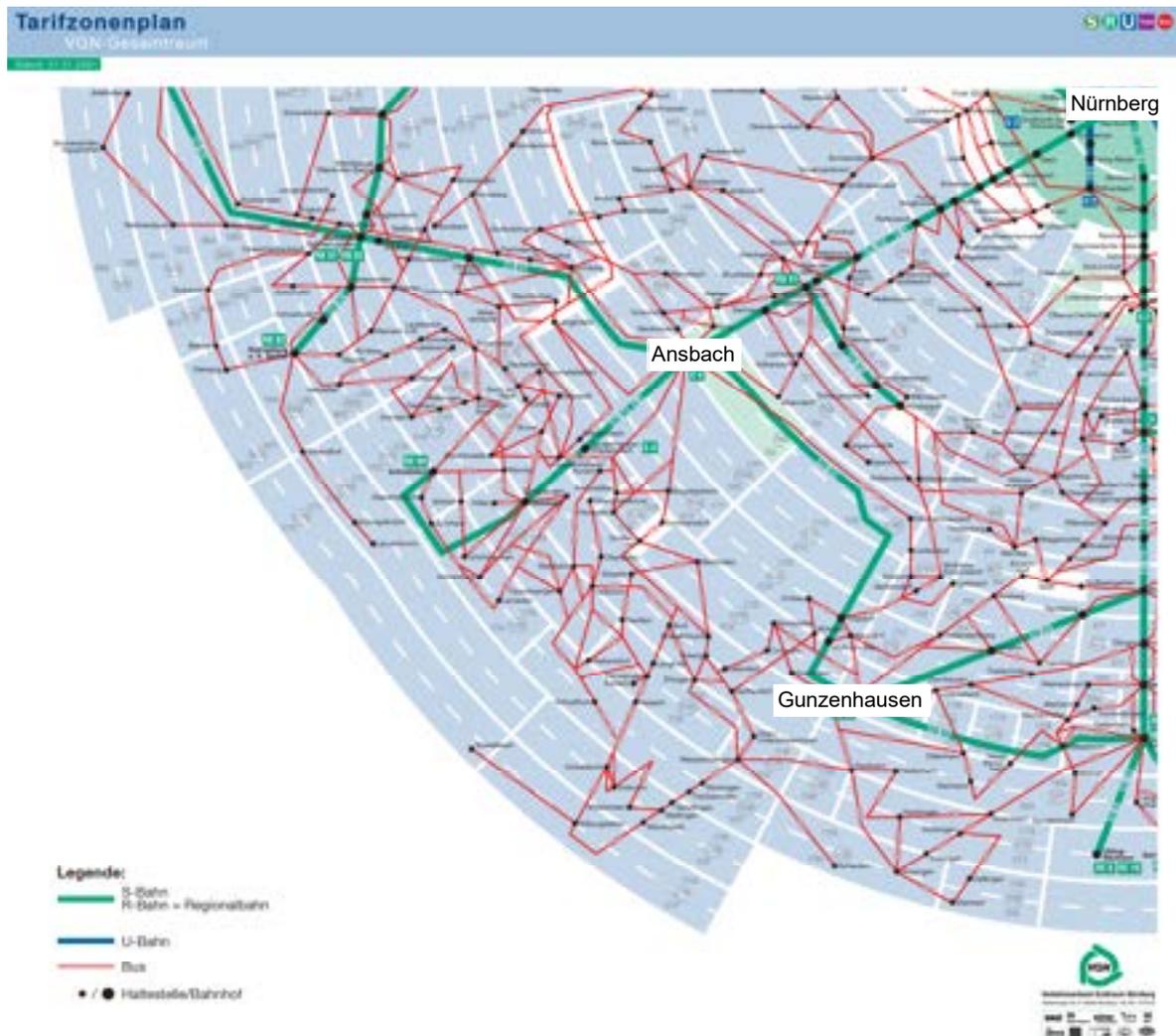


Abbildung 34 - Tarifzonen des VGN im Bereich Ansbach (VGN.de)
Eine Darstellung des Liniennetzes mit einzelnen Linienverläufen und in höherer Auflösung ist in Anhang C zu finden.

4.1.3. Verkehrsnachfrage

Einfluss auf die Verkehrsnachfrage haben nach Kirchhoff ²¹⁰ vor allem die oben beschriebene geografische Lage und funktionale Gliederung des Landkreises, Anzahl und räumliche Verteilung der Einwohner, die Wirtschaftsstruktur und die Art sowie räumliche Verteilung der Bildungs-, Sozial- und Freizeiteinrichtungen. Für die Betrachtung der vorhandenen Verkehrsnachfrage und Verkehrsbeziehungen werden die Ergebnisse einer IV- und ÖV-Umlegung eines Teilnetzes des DIVAN-Verkehrsmodells (Stand 2018), für den Zweck dieser Arbeit von der VGN GmbH zur Verfügung gestellt, herangezogen. Zusätzlich werden von der Bundesagentur für Arbeit erfasste Pendlerströme betrachtet.

In den beiden folgenden Abbildungen sind die Pendlerströme als Summe der Ein- und Auspendler innerhalb des Landkreises (Abbildung 35) und die Landkreisgrenzen überschreitend (Abbildung 36) qualitativ darstellt. Diese Daten sind von der Bundesagentur für Arbeit auf Gemeinde- bzw. Landkreisebene aggregiert. Aus Datenschutzgründen sind Beziehungen der Ebene Gemeinde-Gemeinde erst ab einer Pendlerzahl von mehr als zehn Personen angegeben. Bei einer geringeren Anzahl sind diese auf Quell- oder Zielseite auf Landkreisebene oder weiter auf Länderebene zusammengefasst. Die Daten geben zudem keine Hinweise auf das auf dem Weg zum Arbeitsort benutzte Verkehrsmittel.

Die stärksten Verkehrsbeziehungen im Berufsverkehr innerhalb des Landkreises sind auf die Stadt Ansbach gerichtet. Ebenfalls bedeutend sind die Beziehungen zu und zwischen den Mittelzentren. Zwischen den einzelnen Gemeinden gibt es generell nur wenige Ein- und Auspendler. Bei Betrachtung der Pendlerströme über die Grenzen hinaus ist zu erkennen, dass die Stadt Ansbach auch grenzübergreifend eine große Bedeutung im Pendlerverkehr hat. Dabei gibt es in Richtung Nürnberg in erster Linie Auspendler und besonders aus den Landkreisen Neustadt a. d. Aisch-Bad Windsheim und Weißenburg-Gunzenhausen viele Einpendler. Gemeinden östlich der Stadt Ansbach weisen ebenfalls eine starke Orientierung in Richtung Osten auf. Hier gibt es viele Pendlerbeziehungen besonders in den Landkreis Fürth und die Stadt Nürnberg. Auf der anderen Seite weisen gerade die Gemeinden Schnelldorf, Feuchtwangen, Dinkelsbühl und Rothenburg o. d. Tauber viele Verbindungen mit Baden-Württemberg auf. Am stärksten, mit Ausnahme der Stadt Ansbach, mit den südlichen Landkreisen Donau-Ries und Weißenburg-Gunzenhausen verbunden ist die Gemeinde Wassertrüdingen.

²¹⁰ Kirchhoff und Tsakarestos: *Planung des ÖPNV in ländlichen Räumen* (2007).

Beispielhafte Anwendung

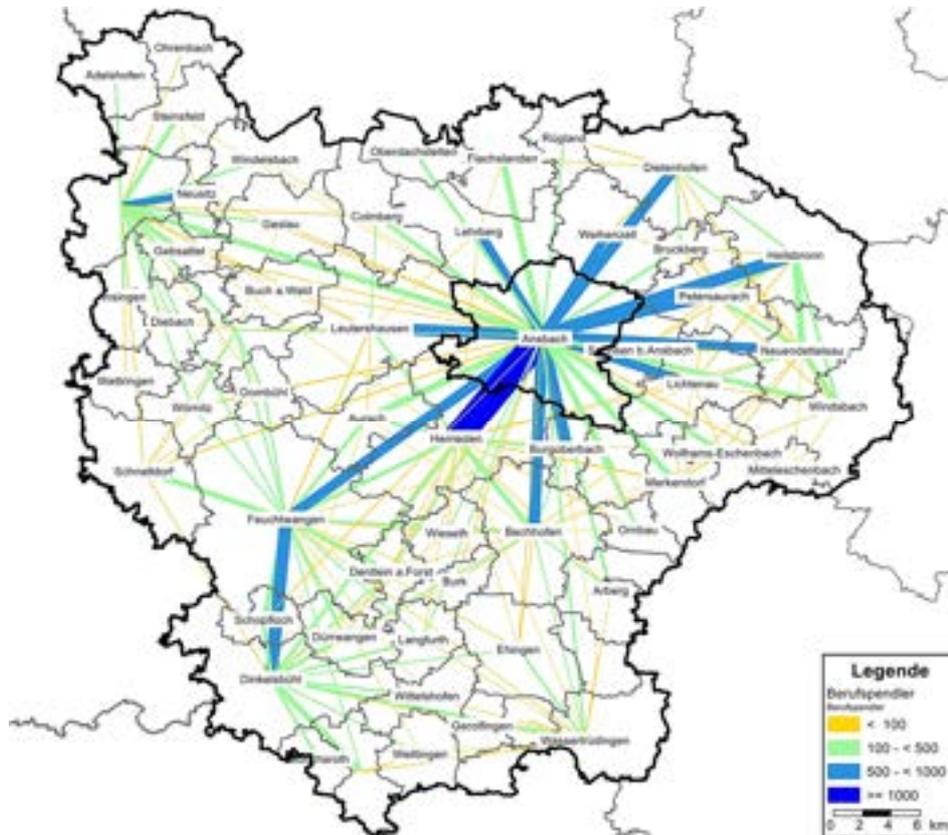


Abbildung 35 - Pendlerströme innerhalb des Landkreises
(Eigene Darstellung auf Grundlage von Pendlerdaten der Bundesagentur für Arbeit)

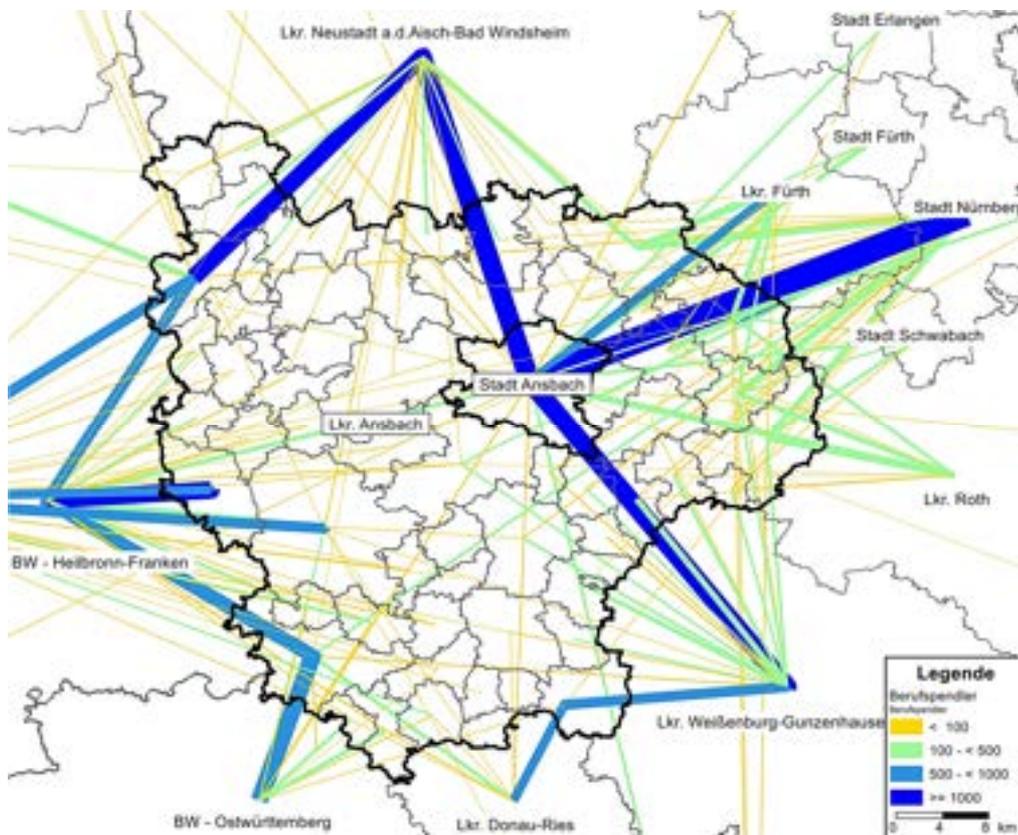


Abbildung 36 – Kreisgrenzen überschreitende Pendlerströme
(Eigene Darstellung auf Grundlage von Pendlerdaten der Bundesagentur für Arbeit)

Abbildung 37 stellt das Ergebnis der IV-Umlegung aus dem DIVAN-Gesamtnetz des VGN im Bereich des betrachteten Landkreises dar. Zur besseren Übersicht sind die beiden Bundesautobahnen mit ihrer sehr hohen Belastung (ca. 30.000 bzw. ca. 50.000 Pkw) nicht dargestellt. Aus den Streckenbelastungen ist eine starke Fokussierung auf Ansbach, die Mittelzentren, insbesondere Feuchtwangen, Dinkelsbühl und Gunzenhausen, sowie den Ballungsraum Nürnberg-Fürth im Nordosten zu erkennen. In den angegebenen Zahlen sind Hin- und Rückrichtung jeweils addiert und auf 100 gerundet.

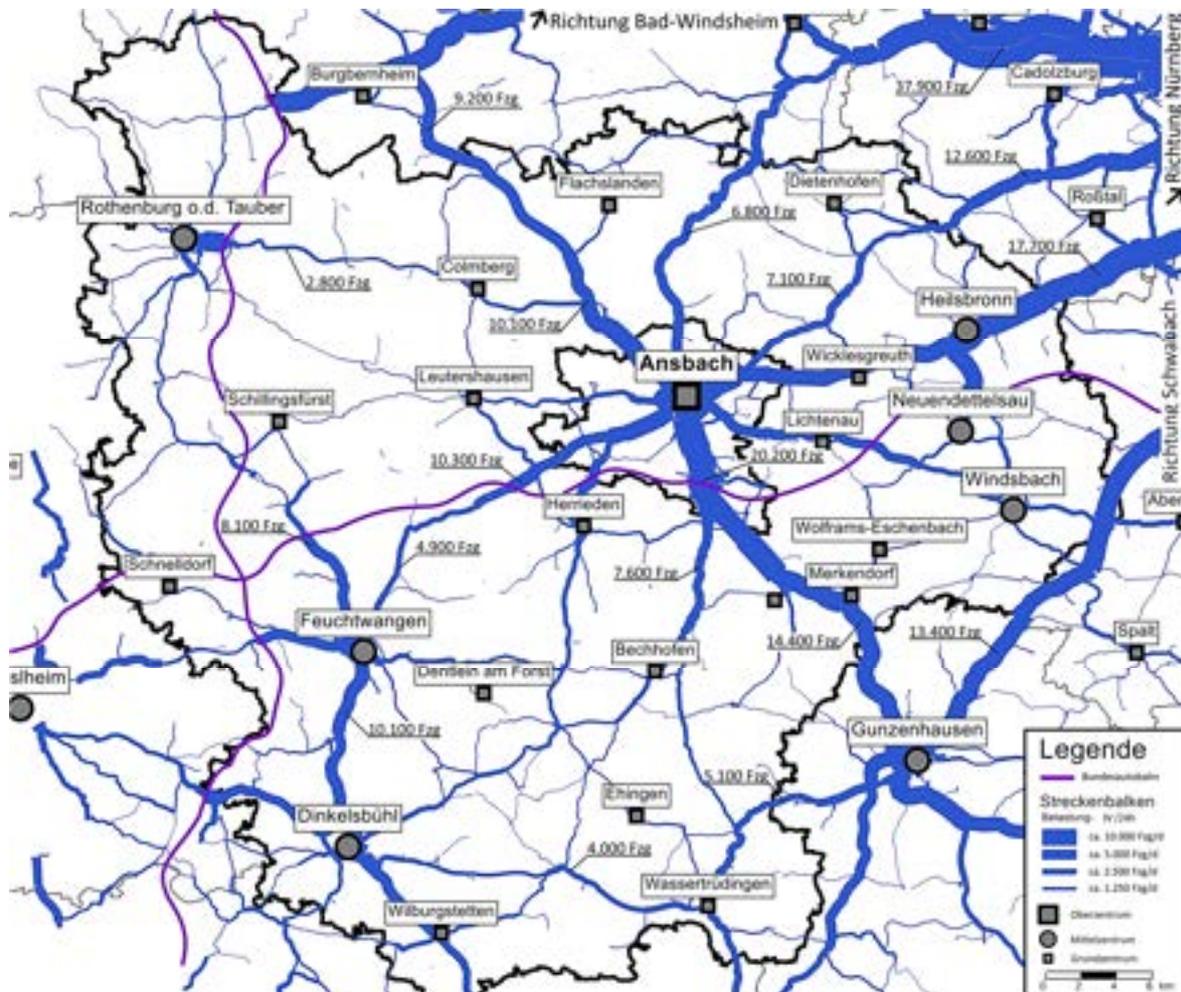


Abbildung 37 - IV-Belastung aus DIVAN-Umlegung (ohne Autobahnen)
(Datengrundlage: DIVAN)

Die ÖV-Umlegung in Abbildung 38 zeigt hohe Belastungen insbesondere auf den Schienenstrecken der Verbindungen Ansbach-Nürnberg und Ansbach-Gunzenhausen. Buslinien mit mehr als 1.000 Fahrgästen (Summe der Hin- und Rückrichtung) finden sich unter anderem auf den Verbindungen Diethofen-Zirndorf-Nürnberg, Diethofen-Wasserzell-Ansbach, Neuendettelsau-Heilsbronn und Lehrberg-Ansbach. Besonders zwischen Dinkelsbühl, Feuchtwangen und Ansbach bzw. Dombühl, wo auf den SPNV nach Ansbach oder Crailsheim umgestiegen werden kann, ist ein hohes Fahrgastaufkommen zu erkennen.

4.2. Anwendung der Konzepte

Nun sollen in Kapitel 3 theoretisch erarbeitete Konzepte praktisch in dem ausgewählten Gebiet umgesetzt bzw. ein Beispiel für Anwendungsmöglichkeiten und den planerischen Ablauf gegeben werden.

4.2.1. Zielsetzung

Als grobe Zielvorgabe wird eine auf die Gebietsfläche bezogene jährliche Betriebsleistung von ca. 20.000 Fahrzeugkilometern pro km² bzw. 70 Fahrzeugkilometer pro km² pro Werktag angesetzt. Es soll eine flächendeckende Erreichbarkeit und gute Verbindungsqualität zu den Zentren rund um die Uhr und an jedem Wochentag angeboten werden. Durch diese offensive Angebotserweiterung soll der ÖV in ländlichen Gegenden zu einem Konkurrenzsystem zum MIV angehoben werden und dort die Bewältigung des Alltags ohne eigenen Pkw ermöglichen. So soll die Pkw-Fahrleistung im System verringert und damit eine Reduzierung des Energieverbrauchs und der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen erreicht werden.

Im Rahmen dieser Arbeit können einige Sachverhalte nur vereinfacht betrachtet werden. Die genaue Platzierung, der Flächenverbrauch und die bauliche Ausführung der Rendezvouspunkte innerhalb bebauter Gebiete und aller weiteren Haltepunkte werden nicht im Detail betrachtet. Die Knotenpunkte werden im Modell möglichst zentral und, wenn vorhanden, direkt an Bahnhöfen angelegt. Ebenso nicht detailliert berücksichtigt wird die Betriebs-, Umlauf- und Personalplanung.

4.2.2. Hauptnetz

Aus den auf theoretischer Ebene konzipierten Netzformen werden zwei für die Anwendung auf das ausgewählte Gebiet ausgewählt, auf dieses angepasst und grob optimiert. Zunächst wird je ein Hauptnetz für den gesamten Raum entworfen und anschließend in Abhängigkeit zu diesem ein Nebennetz aus Zubringer- bzw. Verteilerlinien eingefügt. Kriterien für die Auswahl der Varianten des Ersteren sind insbesondere die Lage und der Abstand der Zentren zueinander und die Ausrichtung vorhandener Verkehrsströme sowie die bereits angesprochene Abwägung zwischen flächendeckender Erschließungsqualität und direkten und damit schnellen Verbindungen. Die Bedeutung zentraler Orte wird vereinfacht primär von der Einwohnerzahl abhängig gemacht. Zusätzlich werden, wenn verfügbar, Informationen über Arbeitnehmerzahl und Pendlerströme hinzugezogen. Da sich Mobilität i. d. R. nicht nach kommunalen Verwaltungsgrenzen richtet bzw. von diesen einschränken lässt, ist es nicht möglich bzw. wird es nicht als sinnvoll betrachtet, das System scharf an den Grenzen des betrachteten Landkreises enden zu lassen. Wichtige Ziele auch außerhalb bzw. in der Nähe der Landkreisgrenzen werden mitberücksichtigt und in das Netz integriert.

Die Reaktivierung von stillgelegten Nebenbahnen in dem betrachteten Gebiet wird im Weiteren für alle Varianten vorausgesetzt. Da hier ein attraktives, „offensives“ Angebot angestrebt wird, wird die volle Nutzung bzw. Wiederinbetriebnahme von vorhandenen

Schienenstrecken angenommen, zumal die Reaktivierung vieler stillgelegter Nebenbahnen im ganzen Bundesgebiet in den letzten Jahren immer wieder im Diskurs steht. Die „Romantische Schiene“ und „Hesselbergbahn“ im Landkreis Ansbach bilden dabei keine Ausnahme. Schienengebundenen Verkehrsmitteln wird unter anderem durch ihre Zuverlässigkeit sowie höhere Reisegeschwindigkeit im Allgemeinen eine höhere Kundenakzeptanz als straßengebundene Systeme zugeschrieben und ist aufgrund der deutlich sichtbaren Infrastruktur mehr im Kopf potenzieller Nutzer vertreten („Schienenbonus“). Reaktivierungen helfen nach Auffassung des VDV zudem nicht nur beim Erreichen klimapolitischer Ziele, sondern bringen auch Synergieeffekte mit weiteren Schienenverkehrsangeboten, verbesserte Stabilität des Betriebs und eine bessere touristische Erschließung der jeweiligen Region mit sich²¹¹. Zusätzlich wird für die S4 zwischen Nürnberg und Dombühl, den RB80 auf der Strecke Gunzenhausen-Ansbach-Steinach (momentan im Stundentakt) und die beiden reaktivierten Strecken eine Fahrplanverdichtung auf ein vergleichbares Niveau der geplanten getakteten Busverbindungen angenommen. Eine Betrachtung der dafür nötigen betrieblichen und infrastrukturellen Maßnahmen wird hier jedoch nicht vorgenommen.

Als flächenorientiertes System wird ein einfaches **Quadrataster** (QR) gewählt. Ausgangspunkt der groben Netzauslegung ist die Stadt Ansbach. Die in Abschnitt 4.1.1 beschriebenen Zentren bilden weitere Ankerpunkte. Möglichst direkte Verbindungen werden dort fokussiert, wo starke Pendlerbeziehungen vorhanden sind. Das ist besonders zu den Städten Ansbach, Rothenburg und Feuchtwangen, Dinkelsbühl sowie Crailsheim und Gunzenhausen der Fall. Die zweite betrachtete Netzform ist ein auf Sechsecken basierendes, überschnittenes **Radial-Ring-Netz** (RR), ausgerichtet auf mehrere Zentren, primär auf den Ballungsraum Nürnberg/Führt als überregional bedeutendes Ziel und die Stadt Ansbach als zentraler Anlaufpunkt für den gesamten Landkreis.

Da die Entfernungen zwischen wichtigen Städten zu Ansbach und um Ansbach herum in der Mehrheit in dem angestrebten Distanzbereich eines 20 min-Taktes liegen, wird dieser als Grundlage für die Anwendung gewählt. Für jede der beiden Netzformen werden je zwei Untervarianten mit unterschiedlichen angestrebten Knotenabständen erstellt. Dieser bestimmt im Falle des Radial-Ring-Netzes sowohl den Abstand der Ringlinien als auch die Distanz zwischen den Radiallinien im Bereich der Ringlinien zueinander.

In der konkreten Anwendung werden nach Wahl der Netzform und des Taktes zunächst einige Knoten in Siedlungen mit zentraler Bedeutung (hier u. a. Ansbach, Rothenburg o. d. Tauber, Feuchtwangen) als Fixpunkte definiert. Ausgehend von diesen und unter Betrachtung der Lage weiterer zentraler Orte, Siedlungen und vorhandener Verkehrsströme wird die grobe Ausrichtung des Liniennetzes festgelegt. Von den fixierten Knotenpunkten ausgehend werden in der determinierten Richtung anschließend geeignete Standpunkte für weitere Knoten gesucht. Unter geeignet wird hier ein Standort verstanden der innerhalb oder direkt an einer Siedlung, möglichst einem zentralen Ort, und innerhalb des Bereichs der möglichen Streckenlängen von und zu allen anderen mit diesem zu verbindenden Knoten liegt. Hier sind über Variierung der Anzahl der Zwischenhalte

²¹¹ Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V.: *Auf der Agenda: Reaktivierung von Eisenbahnstrecken* (2020).

unterschiedliche Knotenabstände möglich (siehe Tabelle 4 auf Seite 45). Die Wahl des Abstands erfolgt mit dem Ziel je ein bis drei Zwischenhalte, bei dichter Besiedlung auch mehr, einplanen zu können. Dieser Prozess erfolgt aufgrund der mehrdimensionalen Abhängigkeiten iterativ. Zwar wird die Lage der Knoten, wie in der Vorstellung des Grundkonzeptes beschrieben, in besiedelten Gebieten stark bevorzugt, jedoch können Abstände zu Fixpunkten oder weiterreichende Abhängigkeiten vereinzelt zur Anordnung außerhalb von Siedlungsflächen „auf der grünen Wiese“ führen. Generell werden die Abstände so gewählt, dass die rechnerisch ermittelten möglichen Abstände unterschritten, aber ohne spezifischen Grund nicht überschritten werden. In dieser Weise wird die Zuverlässigkeit des Systems durch weitere Pufferzeiten gesteigert und eventuell geringere Streckengeschwindigkeiten als angenommen berücksichtigt (beispielsweise aufgrund des Ausbau-zustandes, enger Kurvenführung etc.). Bewusst vorgesehen wird eine Unterschreitung der angestrebten Streckenlängen auf Verbindungen zu bzw. von den Endhaltestellen, um zusätzliche Reserven für die nötigen Wendevorgänge und bei Ein- bzw. Ausfahrten in/aus größeren Städten, um Verzögerungen aufgrund des höheren Verkehrsaufkommens Rechnung zu tragen. In den Bereichen, in denen keine weitere Linie an einen Hauptknoten anschließt, kann die geplante Wartezeit an dem Knoten ausgesetzt und direkt weitergefahren werden, um längere Strecken in der vorgegebenen Zeit überbrücken zu können oder, wo dies sinnvoll ist, die Reisezeit zu verkürzen.

Durch Lage der Hauptknoten und die unterschiedlichen und unregelmäßigen Zwischenhalte auf den Strecken sind Orte im direkten Einzugsgebiet des Hauptnetzes unterschiedlich gut an dieses angebunden. In der praktischen Anwendung kommt es vor, dass ein größerer Ort keinen eigenen Haltepunkt erhält, weil der Abstand zwischen den benachbarten Knoten zu groß ist, um weitere Zwischenhalte anzuordnen. Gleichzeitig erhalten deutlich kleinere Ortschaften an anderer Stelle bei kleineren Knotenpunkt-abständen jedoch schon einen Haltepunkt. Bei der Wahl der Lage der Zwischenhalte auf der Strecke werden, wenn die Anzahl begrenzt ist, größere Siedlungen generell bevorzugt behandelt.

Für die beispielhafte Anwendung auf den Landkreis werden die Knotenpunkte und Linien nach einer groben Vorplanung mit „PTV Visum“ in das durch den VGN zur Verfügung gestellte DIVAN-Teilnetz eingefügt. Aus diesem wurde im Vorfeld das vorhandene ÖV-Angebot mit Ausnahme der Bahnlinien entfernt. Anhand der tabellarischen Auflistung der auf das vorhandene Straßennetz gerouteten Linienlängen zwischen den Knoten wird die Lage dieser und die genaue Linienführung iterativ grob optimiert. Je nach verbleibenden Zeitreserven (Soll-Fahrzeit – Ist-Fahrzeit) auf der Verbindung wird entschieden, ob auf der Strecke liegende Orte durchfahren werden können (Haltepunkt im Ortskern) oder umfahren werden müssen (Haltepunkt am Ortsrand).

Schrittweises Vorgehen bei der Planung des Hauptnetzes:

1. Entscheidung für Netzform und Takt
2. Festlegung von Richtungskorridoren (flächenorientiert) bzw. der Hauptzentren und Ausrichtung der Radiallinien (zentrenorientiert)
3. Festlegung von Knotenpunkten möglichst innerhalb von Städten unter Betrachtung der möglichen Streckenlängen (vgl. Abschnitt 3.5)
4. Grobe händische Anpassung der Lage der Knoten
5. Tabellarische Erfassung aller Verbindungen und Prüfung der tatsächlichen Fahrzeiten (automatisiert in „PTV Visum“)
6. Optimierung der Fahrzeiten durch Anpassung der Linienverläufe und Lage der Knoten
7. Festlegung von Anzahl und Lage der Zwischenhalte sowie des genauen Routenverlaufs in Abhängigkeit der Ergebnisse von Punkt 6
8. Eventuelle Iteration der Schritte 4 - 7

In den erarbeiteten **Quadratrastern** (Abbildung 39) „spreizen“ sich die annähernd horizontalen Linien (blau) zwischen die beiden in Nord-Süd-Richtung verlaufenden Schienenachsen im Westen und Osten des Landkreises. Die grob vertikalen Linien (grün) verlaufen im Osten parallel zu der Bahnstrecke Nürnberg-Ingolstadt, im Westen schließen sie dagegen an die dortige Schienenachse an. Bei der Wahl der Ausrichtung der Linien wird darauf geachtet, dass im Gebiet vorhandene Schienenstrecken nach Möglichkeit ähnlich den Diagonalen im Quadratraster verlaufen und dadurch zusätzliche direkte Verbindungen darstellen, wie beispielsweise die Relation Gunzenhausen-Ansbach. Die wichtigen Relationen Nürnberg-Ansbach-Crailsheim sowie Gunzenhausen-Ansbach und weiter Richtung Würzburg werden weiterhin primär über die dort verlaufenden Bahnlinien abgedeckt. Ebenso werden die Beziehungen im Südwesten zwischen Feuchtwangen, Dinkelsbühl und Nördlingen sowie zwischen Gunzenhausen, Oettingen und Nördlingen durch die zu reaktivierenden Bahnstrecken übernommen. Sowohl an den Grenzen des Systems wie innerhalb werden immer wieder Anschlüsse an das Schienennetz geschaffen. In Teilen ersetzt bzw. führt dieses Buslinien auch fort (bspw. Gunzenhausen-Pleinfeld). Allgemein zeichnet sich diese Netzvariante durch die Durchgängigkeit und Geradlinigkeit ihrer Linien aus. Als Untervarianten wird je ein Netz mit einer Maschenweite von zehn und acht Kilometern geplant.

In der Variante mit der größeren Maschenweite (genaue Kartendarstellung in Anhang D) wird durch die Stadt Ansbach eine zusätzliche vertikale Linie geführt, um die angestrebten horizontalen Linienabstände im Süden des Landkreises einhalten zu können. Dadurch werden gleichzeitig mehr direkte Verbindungen in das faktische Zentrum des Landkreises geschaffen. Das Netz besteht aus acht horizontalen und neun vertikalen Linien. Im Schnitt beträgt die geroutete Strecke zwischen zwei Knoten 12,1 km mit 1,4 Zwischenhalten. Mit der vorgegebenen Fahrzeit von 17 min ergibt das eine Durchschnittsgeschwindigkeit von ca. 42 km/h. Durch die geringe Anzahl der angeordneten Halte auf der Strecke sind in vielen Fällen nur wenige Orte im direkten Verlauf der Strecke direkt an das Netz angeschlossen. Es ist jedoch gelungen alle 73 Rendezvouspunkte, mit zwei Ausnahmen (zwischen Rothenburg-Leutershausen und Ellwangen-Fremdingen), in jedem Fall in Siedlungen

anzuordnen. Knapp die Hälfte der verbleibenden 71 Knoten befinden sich in zentralen Orten. Die Mehrzahl (52) liegt in Orten mit mehr als ca. 500 Einwohnern.

Die zweite Untervariante mit einem Luftlinienabstand der Knoten von acht Kilometern folgt grundsätzlich denselben Auslegungsprinzipien. Durch den geringeren Abstand ergeben sich mehr Rendezvouspunkte und mögliche Zwischenhalte, wodurch mehr direkt auf der Strecke liegenden Ort angebunden werden können. Gleichzeitig ergibt sich dadurch jedoch auch eine geringere mittlere Beförderungsgeschwindigkeit. Ein weiterer Nachteil, der während der Bearbeitung auftrat, ist die Diskrepanz zwischen den durch die geringen Abstände oft theoretisch hohe mögliche Zahl von Zwischenhalten und der tatsächlich vorhandenen sinnvollen Möglichkeiten zur Anordnung dieser. D. h. auf Streckenabschnitten zwischen zwei Hauptknoten sind in oft weniger Orte vorhanden als rechnerisch Zwischenhalte möglich. Umwege zu weiteren Siedlungen sind in diesen Fällen in der Regel nicht zielführend, da diese zu deutlich längeren Fahrwegen führen, wodurch sich wiederum die Anzahl der möglichen Halte verringert. Durch das nicht vollständige Ausschöpfen der Haltepunktanzahl wird die Fahrzeit zwischen den Knoten zwar geringer, die Wartezeit zur Aufrechterhaltung des ITF an den Rendezvouspunkten allerdings länger. Die gerouteten Knotenverbindungen sind im Mittel 10,8 km lang und verfügen über durchschnittlich 2 Zwischenhalte. Die mittlere Geschwindigkeit liegt mit 38 km/h knapp unter dem in Kapitel 3.4 definierten Zielwert von 40 km/h. Es werden acht horizontale und elf vertikale Linien verwendet. Insgesamt verfügt das Netz über 75 Hauptknoten. Der geringe Unterschied zu der Variante mit größeren Abständen ist hier in erster Linie durch die leicht größere abgedeckte Fläche zu begründen. 39 aller Knoten liegen in Zentren und 17 weitere in Orten mit mehr als 500 Einwohnern.

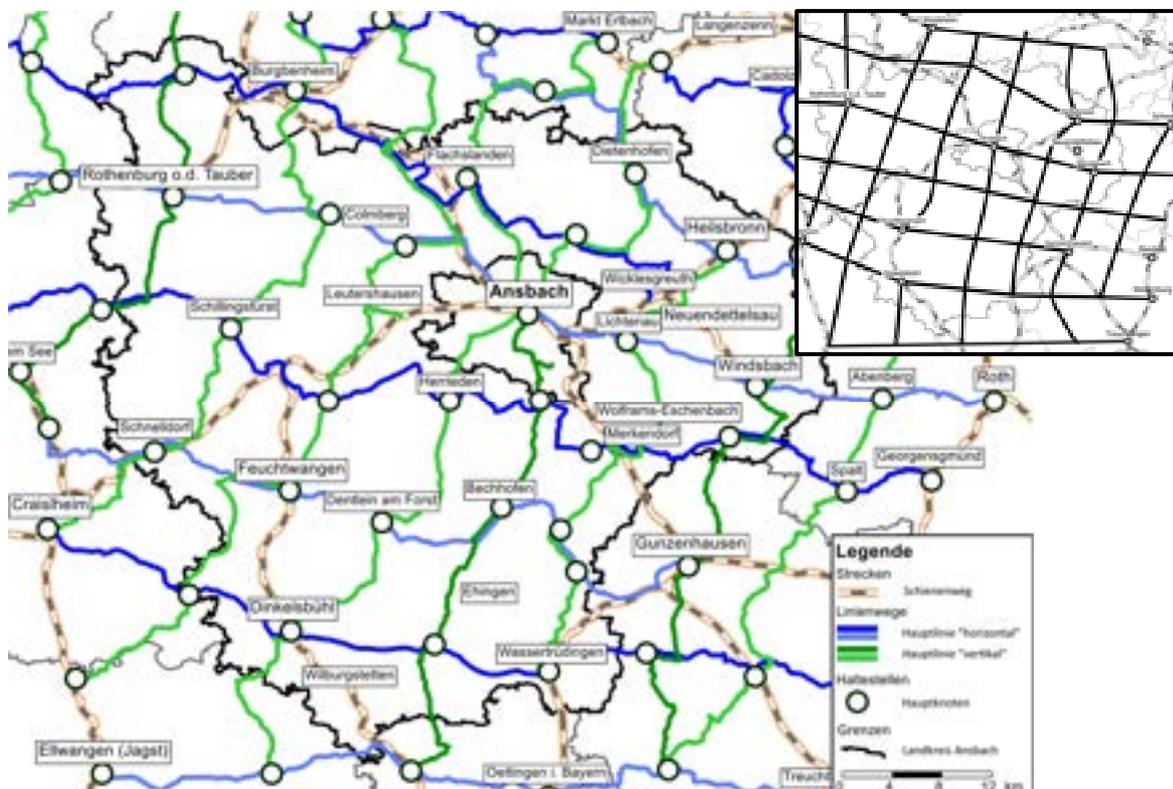


Abbildung 39 – Angepasstes Quadratraster im Untersuchungsraum
 Detaillierte Darstellungen der Netzvarianten sind in Anhang D hinterlegt.

Das **Radial-Ring-Netz** (Abbildung 40) setzt sich aus überlagerten Einzelnetzen um mehrere Zentren zusammen. Hauptorientierungspunkte des Gesamtnetzes bilden der Ballungsraum Nürnberg-Fürth sowie die Stadt Ansbach. Da Nürnberg und Fürth außerhalb des betrachteten Gebietes liegen, werden nur in Richtung des Landkreises Ansbach liegende Verbindungen betrachtet. Als weitere Zentren werden aufgrund ihrer Bedeutung und der Stärke der Pendlerströme sowie den Umlegungsergebnissen des Verkehrsmodells (siehe Abschnitt 4.1.3) die Städte Rothenburg o. d. Tauber, Feuchtwangen, Dinkelsbühl und Gunzenhausen festgelegt. Diesen wird im Vergleich zu der Stadt Ansbach und Nürnberg/Fürth ein kleiner direkter Einzugsbereich zugeschrieben. Durch die Überschneidung der Einflussbereiche der einzelnen Netze verlaufen Radiallinien zum Teil durch mehr als ein Zentrum oder gehen in Ringlinien um ein anderes über. Bei der detaillierteren Planung ist deshalb besonders auf die Durchgängigkeit der Linien zu achten. Auch hier werden durch Bahnlinien gewährleistete Verbindungen als Ergänzung zu dem zu konzipierenden Netz im Entwurf mitberücksichtigt. Aufgrund ihrer Anzahl und Richtungsverteilung werden die von Nürnberg/Fürth und Gunzenhausen ausgehenden Schienenstrecken als Ersatz für radiale Hauptlinien angesehen. Wieder werden zwei Untervarianten mit einer grundlegenden Kantenlänge von acht bzw. zehn Kilometern erstellt.

In der ersten Variante mit größerem Knotenabstand (genaue Kartendarstellung in Anhang E) werden um Ansbach zwei, um Rothenburg und Feuchtwangen/Dinkelsbühl je eine Ringlinie (grün) gezogen. Zusätzlich verläuft eine Linie als Halbkreis außerhalb um den nördlichen Teil des Landkreises. Eine Kombination aus Radial- und Ringlinien im Nordosten Ansbachs bilden gleichzeitig die Ringlinien um Nürnberg im Südwesten. Auch um Gunzenhausen entsteht aus einer Zusammensetzung von auf Ansbach oder Dinkelsbühl ausgerichteten Linien ein Zweidrittelkreis. Die zweite Ringlinie um Ansbach überschneidet sich mit den ersten Ringen um die beiden anderen Zentren. Die Knotenverbindungen sind mit 1,3 Zwischenhalten durchschnittlich 12,0 km lang. Daraus ergibt sich eine mittlere Beförderungsgeschwindigkeit von 42 km/h. Bei dieser Variante liegen 30 der 62 Knoten in ausgewiesenen Zentren und 26 weitere in Siedlungen mit mehr als 500 Einwohnern.

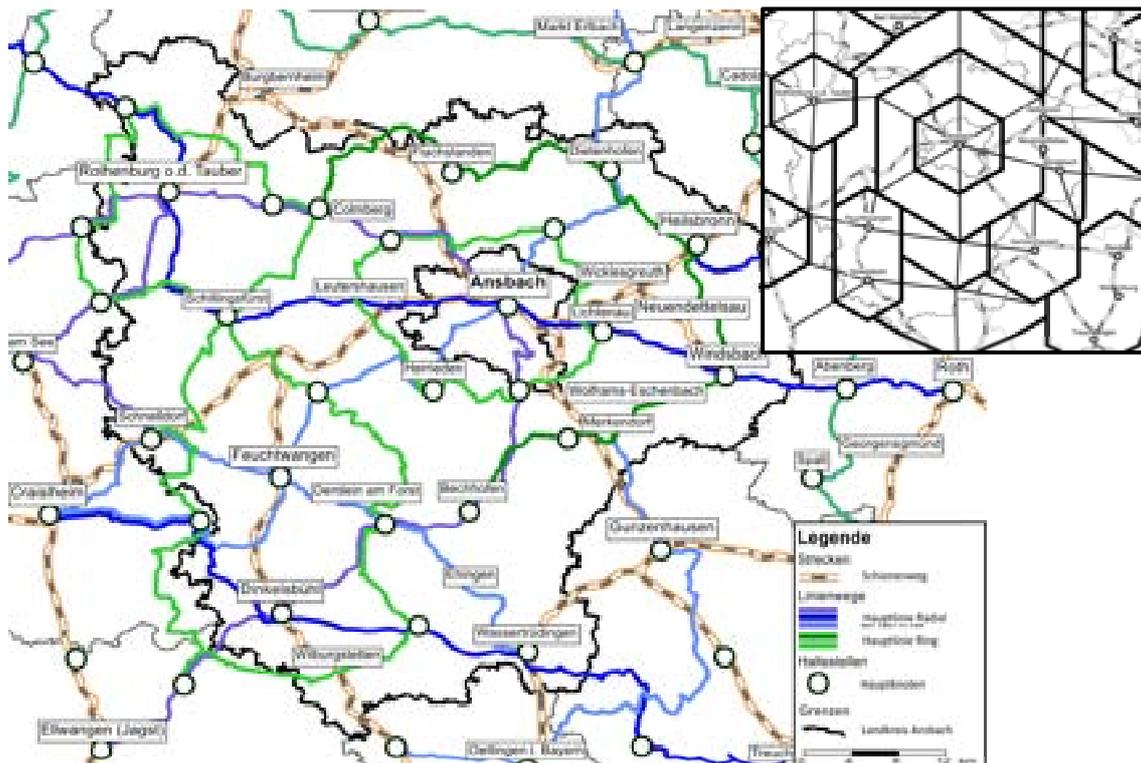


Abbildung 40 – Angepasstes Radial-Ring-Netztes um mehrere Zentren im Untersuchungsraum
 Detaillierte Darstellungen der Netzvarianten sind in Anhang E hinterlegt.

Die zweite Untervariante mit einem kleineren angesetzten Luftlinienabstand von acht Kilometern folgt in der Orientierung demselben grundlegenden Layout. Hier werden insgesamt 11 Radial- und fünf Ringlinien eingeplant, wobei zwei Radial- und eine Ringlinie nur jeweils kurze Verbindungen zwischen Zentren bzw. Lückenschlüsse im Netz darstellen und keine vollständige, durch das gesamte Gebiet verlaufende Linie. Auf der zusätzlichen „viertel Ringlinie“ im Norden zwischen Creglingen und Markt Erlbach wird die Rendezvous-Zeit nur in jedem zweiten Hauptknoten ausgenutzt, was längere Distanzen mit im Gesamten mehr Halten ermöglicht. Trotz Ansetzens einer etwas kürzeren Streckenlänge zwischen den Rendezvouspunkten ergab sich in der Bearbeitung aufgrund der Abstände der Zentren zueinander Lage von Siedlungen und des genutzten vorhandenen Straßennetzes eine im Vergleich zu der vorgehenden Variante, nur geringfügig kleinere mittlere Streckenlänge von 11,1 km mit im Schnitt 2,0 Zwischenhalten und einer mittleren Geschwindigkeit von 40 km/h. Von den angeordneten 64 Hauptknoten liegen 31 in Zentren und außerhalb von Zentren 28 in Orten mit mehr als 500 Einwohnern.

Während der Bearbeitung stellte sich das Übereinbringen der Fahrzeiten der Radial- und Ringlinien auf dem vorhandenen Straßennetz bzw. das Zusammenführen der beiden in einem passend liegenden Rendezvouspunkt bei diesem Netztypus als komplexer heraus als bei dem flächenorientierten Quadratnetz. Da die Radiallinien aus einem Zentrum dieses i. d. R. mit einem nahegelegenen, untergeordneten Zentrum verbinden und diese nicht einheitlich verteilt im Umkreis liegen, verlaufen die Linien nicht in einem gleichmäßigen Winkelabstand zueinander. Das führt dazu, dass die Ringlinien als Verbindung zwischen den Radiallinien in Teilen stark unterschiedliche Strecken in derselben Fahrzeit überbrücken müssen. Zudem sind auf Ringlinien oft größere Umwege notwendig als auf

Radiallinien, da das Straßennetz in vielen Fällen ebenfalls auf die zentralen Orte ausgerichtet ist. Die tatsächliche Netzgestaltung weicht deshalb teilweise deutlich von der abstrahierten Darstellung aus Abschnitt 3.5 ab.

Tabelle 14 – Grobe Übersicht der Kenngrößen der untersuchten Varianten

Variante		Anzahl Linien	Mittlerer Knotenabstand	Mittlere Anz. Zw.Halte	Mittlere Geschw.	Anz. Hauptknoten	Anz. Zw.Halte
		-	km	-	km/h	-	-
Quadrat-raster	8 km	20	10,8	2,0	38	75	242
	10 km	19	12,1	1,4	42,5	73	143
Radial-Ring-Netz	8 km	17	11,3	2,0	40	64	194
	10 km	13	12,0	1,3	43	62	116

Anmerkung zu Tabelle 14: Da die Netze in Teilen unterschiedlich weit über die Grenzen des Landkreises hinausgehen, verteilt sich die Anzahl der Knoten und Zwischenhalte nicht auf die exakt gleiche Fläche. Eine genauere Aufstellung weiterer Kenngrößen aller Varianten findet sich in Abschnitt 5.1.

4.2.3. Nebennetz

Wenn die Auslegung des Hauptnetzes abgeschlossen ist, wird ein auf die siedlungs- und verkehrsstrukturellen Bedingungen innerhalb der Achszwischenräume angepasstes Nebennetz entworfen. Dazu gehört analog zu Abschnitt 3.6 die Wahl einer geeigneten Betriebsform, die Anschlüsse an das Hauptnetz und die Linien- sowie Fahrplangestaltung. Zunächst ist für das gesamte Gebiet oder Teilgebiete eine Angebotsform zu wählen und anschließend zu prüfen, in welchen Zwischenräumen des Hauptnetzes Abweichungen oder Anpassungen dieser notwendig bzw. sinnvoll sind. Im Unterschied zu dem Vorgehen in der Planung des Hauptnetzes werden hier Anschlusspunkte an das Hauptnetzes als Fixpunkte gesetzt. Da das Nebennetz auch der direkten Anbindung der Fläche an das nächste Zentrum dienen soll, wird ein Anschluss direkt an Hauptknoten bevorzugt. Je nach gewählter Betriebsform werden den innerhalb der Achszwischenfläche liegenden Orten feste oder Bedarfshalte zugeordnet und diese ausgehend von den Fixpunkten mit Linienrouten verbunden. Wenn das Nebennetz im Linienbetrieb in den ITF des Hauptnetzes integriert werden soll, ist hier auf die mögliche Anzahl der Haltepunkte und Länge der Strecke in Abhängigkeit des Taktes auf dem Hauptnetz zu achten (siehe Abschnitt 3.6.2). Da das Nebennetz der Flächenerschließung und Anbindung dieser an das Hauptnetz dient, ist sicherzustellen, dass alle Siedlungsflächen in den definierten Einzugsbereichen der Haltestellen liegen. In Einzelfällen, wie kleinen, weit abgelegenen Orten oder Weilern kann eine Anbindung an das Netz durch große Umwege jedoch unverhältnismäßig aufwendig sein und sich negativ auf die Verbindungsqualität im weiteren Linienverlauf auswirken. In solchen Fällen kann es im festen Linienbetrieb sinnvoll sein auf das Anfahren solcher Ortschaften zu verzichten oder nur als Bedarfshaltestelle aufzunehmen. Als Alternative kann hier beispielsweise ein öffentliches oder privates Carsharing bzw. Carpooling oder ein

zusätzliches Anrufsammeltaxi oder ein Rufbus für die Anwohner bereitgestellt werden. Fahrzeiten sowohl eines festen Linienbetriebs wie auch flexibler Betriebsformen sind auf die Taktzeiten des Hauptnetzes in den jeweiligen Anschlusspunkten abzustimmen, um Anschlüsse zu gewährleisten und Umsteigezeiten möglichst kurz zu halten. Eine saubere Einhaltung der theoretischen Netzform ist in der praktischen Routung kaum möglich, da sich die Linienführung nach dem vorhandenen Straßennetz und der Lage der Ortschaften richten muss.

Schritte für das Einfügen des Nebennetzes:

1. Wahl eines grundlegenden Systems und Anschlüssen an das Hauptnetz
2. Prüfen, wo einzelne Anpassungen/Änderungen des gewählten Systems sinnvoll sind
3. Festlegung der Haltepunkte und Linienverläufe
4. Prüfung der Flächenerschließung, evtl. Rückschritt zu Punkt 3
5. Festlegen und Abstimmen der Fahrtenfolge (Anzahl, Abstand, Zeitraum)
6. Optimierung der Anschlusszeiten an das Hauptnetz

Im Rahmen dieser Arbeit wird das Nebennetz für jeden der beiden Hauptnetztypen nur für einige repräsentative Zwischenräume modelliert. Es werden für die verschiedenen Varianten jeweils Gebiete ausgewählt, die aufgrund der Siedlungs- und Verkehrswegestruktur für diese am geeignetsten scheinen. Aus der Fahrleistung in diesen beispielhaften Netzteilen wird für die Ermittlung der Kenngrößen in Abschnitt 5 ein Mittelwert gebildet und auf die gesamte Gebietsfläche hochgerechnet. Maßnahmen für die Überbrückung der Letzten Meile (siehe Abschnitt 3.7) im direkten Umkreis der Hauptknoten sind für die Anbindung und Erreichbarkeit dieser ebenso von Bedeutung, werden hier jedoch ebenfalls nicht detailliert geplant.

Im Folgenden wird die Anwendung der verschiedenen Auslegungsvarianten des Nebennetzes in beispielhaften Achszwischenräumen der gewählten Hauptnetzarten kurz beschrieben. Bei der Nutzung von festen Linien wird darauf geachtet, dass die einfache Umlaufzeit der Nebenlinien unter der gewählten Taktzeit von 20 min liegt.

Eine Unterteilung der gleichmäßigen Flächen durch ein weiteres **Raster** mit parallel zu den Hauptlinien verlaufende Nebenlinien mit Anschlüssen an die Zwischenhalte bzw. Knoten des Hauptnetzes ist dort sinnvoll, wo das vorhandene Straßennetz einer Art „Schachbrettmuster“ entspricht, keine Hindernisse wie Höhenzüge, Flüsse oder Wälder, die die Streckenführung stören und viele und gleichmäßig verteilte Siedlungsflächen vorhanden sind. Diese Voraussetzungen sind zumindest annähernd, beispielsweise in der im 10 km-Quadratraster zwischen den Knoten Trautskirchen, Flachslanden, Diethenhofen und Weihenzell aufgespannten Fläche gegeben (Abbildung 41, oben). Durch die Anordnung von acht Linien mit ca. 12 bis 20 km Länge und einem Abstand von ca. 2 - 3 km wird jede Ortschaft über ca. 20 Einwohnern mit einem eigenen Haltepunkt bedient. Die Einschränkung der geschätzten Einwohnerzahl ist einigen Weilern und Mühlen mit je nur wenigen Gebäuden, die entweder am Rand von größeren Siedlungen oder am Ende von Einbahnstraßen abseits des übrigen Straßennetzes gelegen sind, geschuldet. Ebenfalls

angewendet wird diese Flächenteilung in dem engeren Quadratnetz zwischen den Knoten in Herrieden, Merkendorf, Arberg und Böckau (Abbildung 41 unten). Die Knoten bzw. Zwischenhalte auf dem Hauptnetz werden durch insgesamt 10 Nebenlinien mit jeweils einem Gegenstück auf gegenüberliegenden Seiten verbunden.

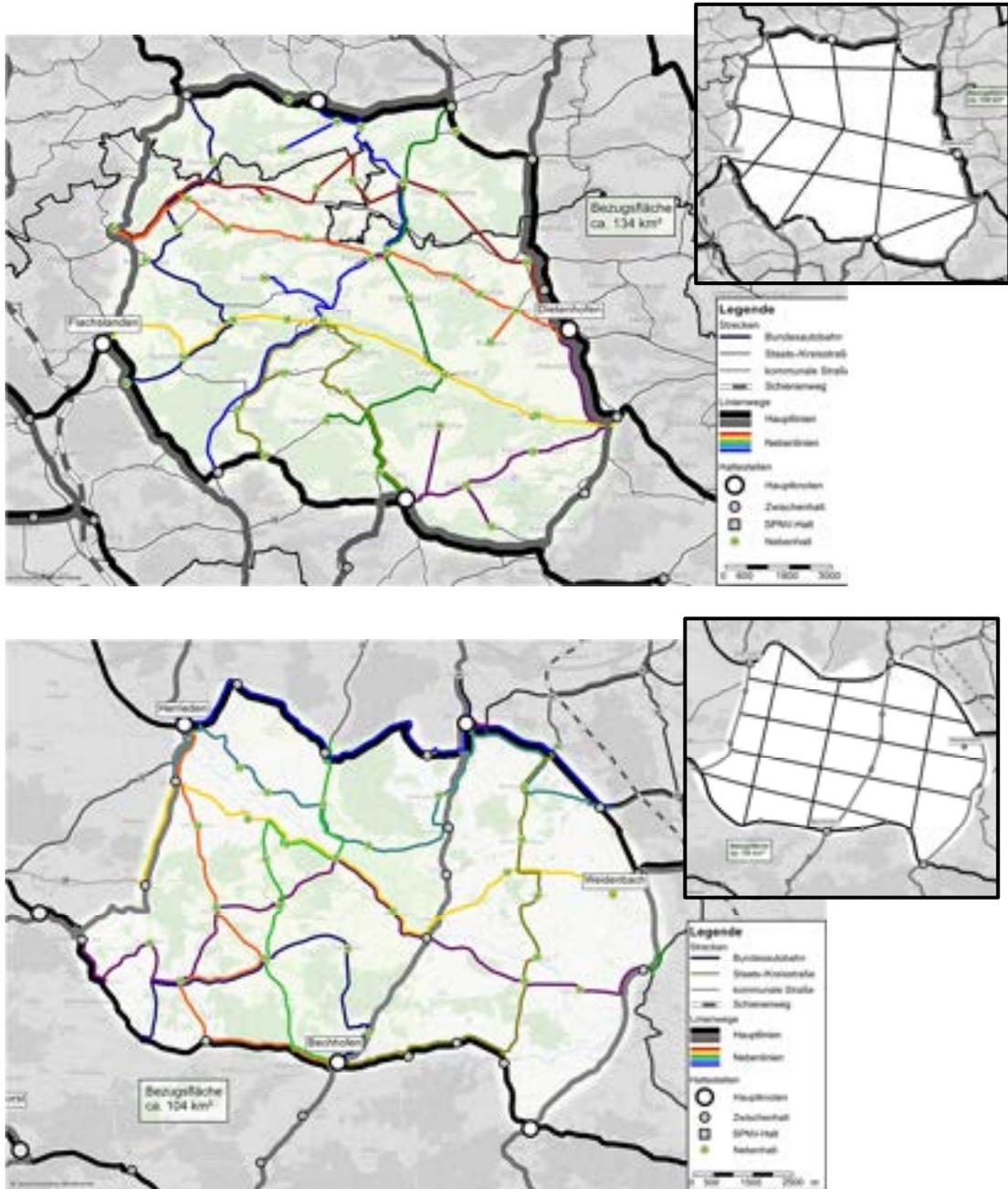


Abbildung 41 – Beispiele für die Unterteilung von Zwischenflächen durch annähernd parallele Nebenlinien

Ist innerhalb der Zwischenfläche des Hauptnetzes ein zentraler Ort oder eine größere Siedlung gelegen, die nicht an dieses angeschlossen werden konnte, bietet es sich an, dort einen eigenen, **zentralen Rendezvouspunkt** für das Nebennetz anzuordnen. Von diesem Knoten ausgehend verlaufen Nebenlinien sternförmig in Richtung der Knoten bzw. der Zwischenhalte des umliegenden Hauptnetzes. Als Beispiel hierfür wird das Gebiet um die Stadt Ehningen (Abbildung 42, oben) mit einer geringen Einwohnerdichte und das Gebiet um die Gemeinde Dürrwangen (Abbildung 42, unten), in deren Umgebung eine Vielzahl von kleinen Ortschaften liegen, gewählt. In Letzterem werden Dürrwangen und weitere Orte durch die Nebenlinien primär mit den Städten Feuchtwangen, Dinkelsbühl und Dentlein am Forst verbunden. Allerdings werden mit Hinblick auf die Fahrzeiten für kleine Orte mit unter etwa 20 Einwohnern Haltepunkte nicht immer innerhalb der Siedlung, sondern einige Meter außerhalb, jedoch stets innerhalb eines Haltestelleneinzugsbereiches mit einem Radius von 300 m angeordnet. Zusätzlich verläuft eine Nebenlinie zwischen Dinkelsbühl und Feuchtwangen parallel zu der Nebenbahn, um die dort liegenden Orte zu verbinden.

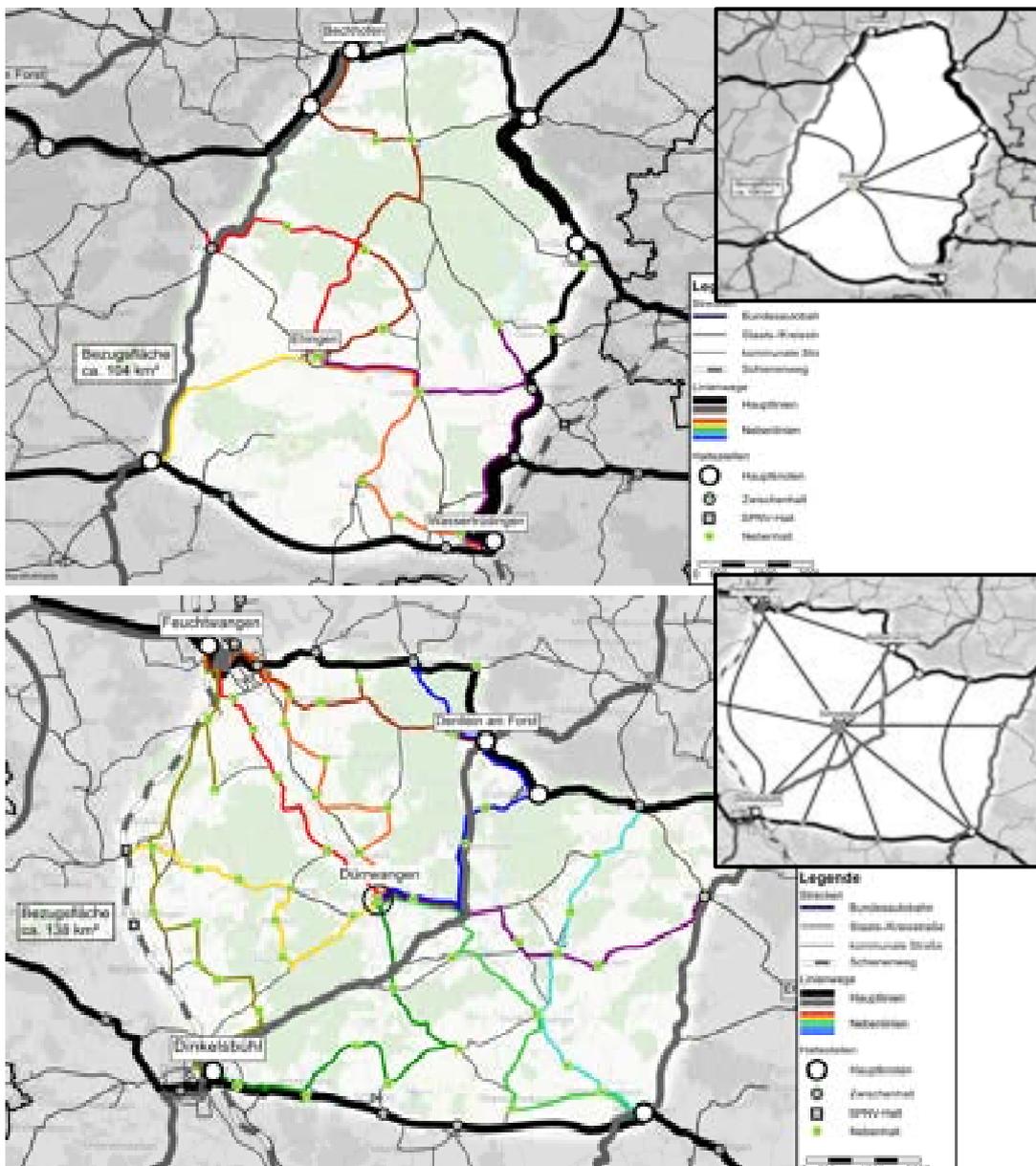


Abbildung 42 – Beispiele für die Unterteilung von Zwischenflächen ausgehend von einem zentralen Hub

Eine direkte Ausrichtung eigener **Radiallinien** auf den nächsten oder die nächsten Knoten des Hauptnetzes wird beispielhaft im Bereich zwischen Rothenburg und Ansbach eingeführt. Dabei dienen nicht nur Hauptknoten, sondern auch SPNV-Haltestellen als Zentren für die Nebenlinien (Abbildung 43). Innerhalb der Stadt Ansbach wird kein eigenes Erschließungsnetz geplant, sondern ein zusätzliches Stadtbusnetz angenommen.

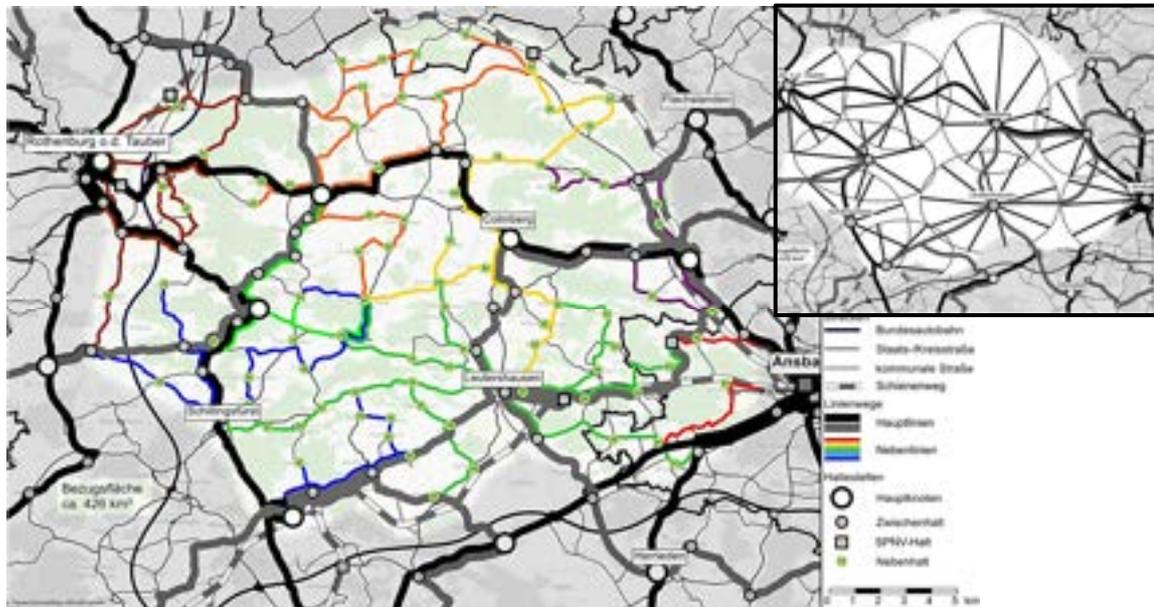


Abbildung 43 - Beispielhafte Anordnung von Radiallinien um Hauptknoten

Im Bereich flexibler Bedienformen wird ein Beispiel für die Anwendung von **Richtungsbändern** für die Fläche zwischen den Städten Rothenburg, Schillingsfürst und Leutershausen angestellt. Dort ist eine Vielzahl kleiner, weit verteilter Ortschaften zu finden, die hier durch drei gesonderte, in beide Richtungen befahrene Richtungsbänder zwischen den drei Städten erschlossen werden. Die Bedienung der Bedarfshaltestellen mit unterschiedlichen Fahrstrecken ist hier über mehrere Linienrouten dargestellt (Abbildung 44).

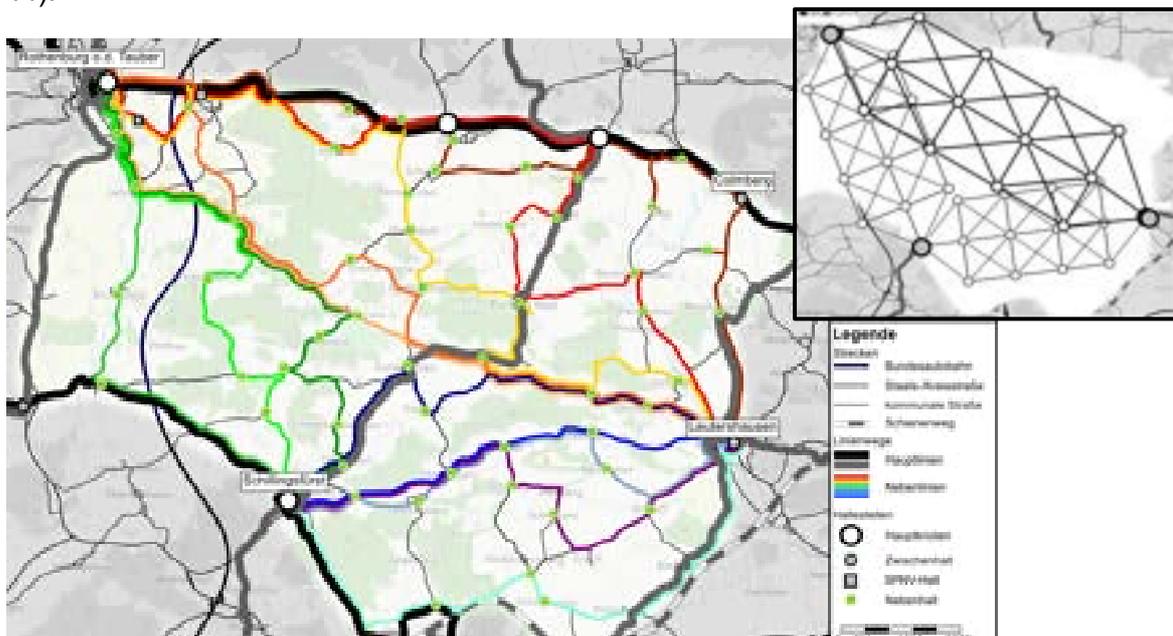


Abbildung 44 - Mögliche Fahrtenverläufe von Richtungsbändern zwischen Städten, hier dargestellt als einzelne Linienrouten

Ein **Sektorbetrieb** mit einem einzigen Anschluss an einem Knotenpunkt des Hauptnetzes ist als nachfragegesteuerter Betrieb dort sinnvoll, wo eine geringe Nachfrage zu erwarten ist und es in diesem Bereich ein bedeutendes Ziel am Hauptnetz (meist ein übergeordnetes Zentrum) gibt oder ein Teilgebiet durch topografische Hindernisse unterteilt wird. In Abbildung 45 ist zu sehen, wie die als Beispiel herangezogene Fläche zwischen Feuchtwangen und Herrieden in zwei Sektoren mit Start- und Zielpunkt in der jeweiligen Stadt aufgeteilt ist. In diesem Fall wird eine weitere Linienroute entlang der Grenze der beiden Sektoren geführt (in blau dargestellt), da dort liegende Orte nur auf einer diagonal verlaufenden Straße zu erreichen sind. Mögliche Fahrtrouten zwischen den Bedarfshalten sind wieder durch mehrere mögliche Linienrouten dargestellt.

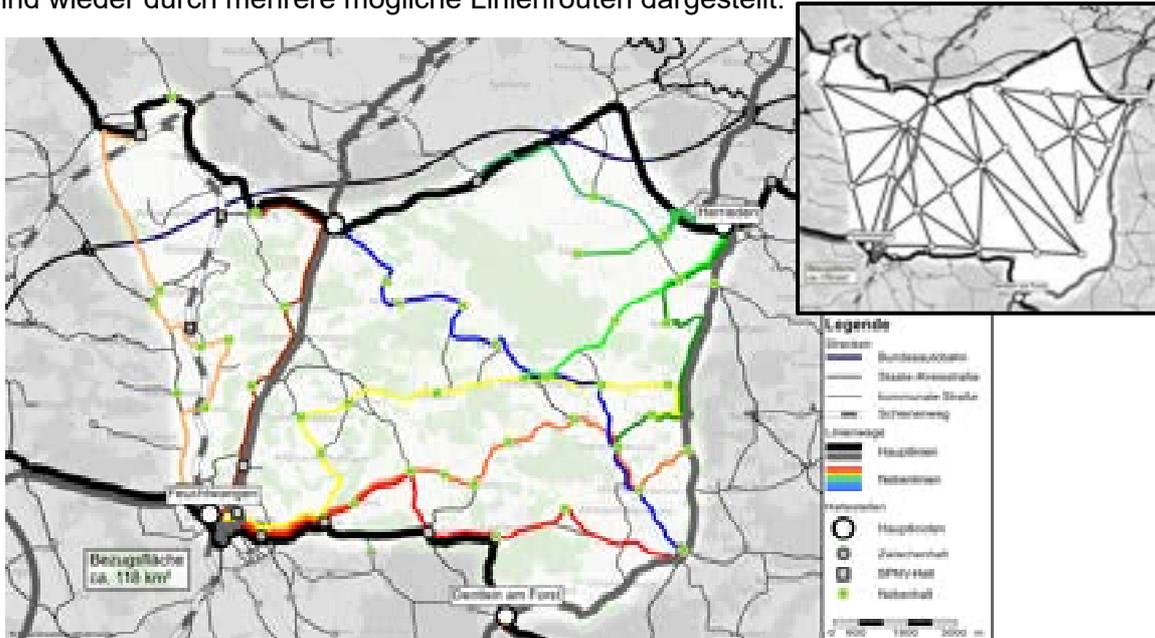


Abbildung 45 - Beispielhafte Sektoren mit Ausrichtung auf Feuchtwangen bzw. Herrieden

Mischformen der vorgestellten Möglichkeiten oder ein **Flächenbetrieb** innerhalb einzelner Zwischenflächen oder fächerübergreifend sind je nach vorhandenen Bedingungen auch möglich, hier jedoch nicht weiter betrachtet.

Neben der beispielhaften Anwendung der beschriebenen Varianten für einen klassischen Linienbetrieb in verschiedenen Bereichen wird zur besseren Vergleichbarkeit eine einzige Fläche nochmals mit mehreren möglichen Nebennetzen überplant. Dafür wird das Gebiet um die Gemeinden Geslau, Colmberg, Buch a. Wald, Schillingsfürst, Dombühl und Leutershausen zwischen Ansbach und Rothenburg o. d. Tauber herangezogen (Abbildung 46). Als Hauptnetz wird das Radial-Ring-Netz mit 8 km Knotenabstand gewählt.

Beispielhafte Anwendung

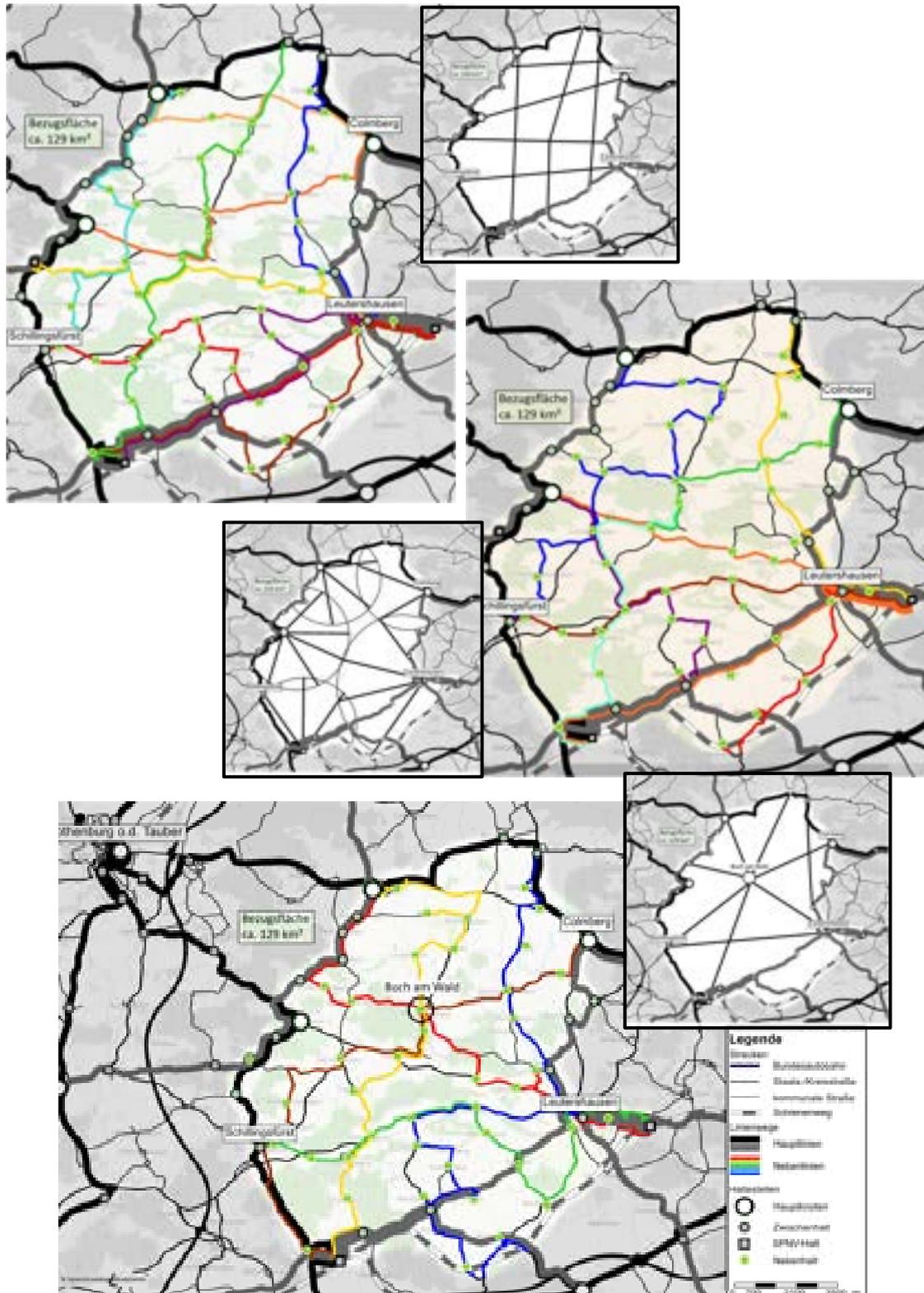


Abbildung 46 - Anwendung mehrerer Auslegungen auf ein Gebiet
(oben-links: Rasterung,
mittig-rechts: Radiallinien,
unten: Zentral-Hub)

5. Darstellung der Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der im vorherigen Abschnitt durchgeführten Planungen zusammengeführt, deren Eigenschaften quantifiziert, verglichen und hinsichtlich der festgelegten Ziele bewertet. Darauf aufbauend wird ein Vergleich zu dem jetzigen Angebot gezogen sowie eine überschlägige Energie- und Kostenrechnung angestellt.

5.1. Quantifizierung von Kennwerten

Für die Ermittlung der **flächenbezogenen Fahrleistung** des Hauptnetzes werden die über den betrachteten Landkreis hinausgehenden Linienfahrten scharf an der Kreisgrenze geschnitten. Damit kann dessen Fläche inklusive der kreisfreien Stadt Ansbach als Bezugsfläche herangezogen werden. Die Länge der Linienrouten wird für die Berücksichtigung der Hin- und Rückrichtung je verdoppelt und mit der täglichen Fahrtenanzahl (nach der Aufstellung in Abschnitt 3.4.4) multipliziert. Streckenabschnitte, die von zwei Linien befahren werden, werden herausgefiltert nur einfach berücksichtigt. Für die betrachteten Varianten eines möglichen Nebennetzes wird für jede der fünf beispielhaften Anwendungen eine flächenbezogene Fahrleistung für den jeweils abgedeckten Bereich berechnet. Bei mehrfacher Verwendung einer Variante werden die Kenngrößen jeweils gemittelt. Als Anzahl der Fahrplanfahrten auf dem Nebennetz wird für den festen Linienbetrieb eine Fahrt pro Stunde (insgesamt 24 Fahrten pro Tag) angesetzt. Für die nachfragegesteuerten Systeme wird für die Vergleichbarkeit mit dem festen Linienbetrieb angenommen, dass tatsächlich jede Fahrt angefordert wird, allerdings nur zwei Drittel des maximal möglichen Linienweges pro Fahrt zurückgelegt wird, da i. d. R. nicht alle Bedarfshaltstellen angefahren werden. Damit wird die modellierte Routenlänge mit einer Fahrtenanzahl von 24 pro Tag und einem Faktor von 0,67 multipliziert.

In Tabelle 15 sind die so ermittelten Kenngrößen für die erstellten Hauptnetzvarianten in Tabelle 16, die der Nebennetzvarianten dargestellt. In den Tabellen werden Abkürzungen für die einzelnen Varianten verwendet. Im Hauptnetz: „QR x km“ (Quadratraster mit x km Maschenweite), „RR x km“ (Radial-Ring-Netz mit x km Knotenabstand). Im Nebennetz: „Rasterlinien“ für die weitere Unterteilung in kleinere Flächen, „Zentral-Hub“ für die Anordnung eines weiteren Rendezvouspunktes für die Nebenlinien im Zentrum der Fläche, „Radiallinien“ für radial auf/von einem Hauptknoten verlaufende Linien und „Richtungsband“ für einen Richtungsbandbetrieb. Eine Bewertung und darauf aufbauende Empfehlungen folgen im Anschluss ab Seite 113.

Darstellung der Ergebnisse

Tabelle 15 - Kenngrößen der Hauptnetzvarianten

Variante	Bezugsfläche km ²	Einfache Fahrleistung Fzg-km	Fahrtenpaare pro Tag -	Gesamte Fahrleistung Fzg-km	Bezogene Fahrleistung Fzg-km/km ²
QR 8 km	2027	791,4	43	68.062	32,8
QR 10 km	2027	742,4	43	63.848	30,8
RR 8 km	2027	771,3	43	66.346	32,0
RR 10 km	2027	685,5	43	58.954	28,5

Variante	Anzahl Knoten -	Anzahl Kanten -	Mittlere Kantenlänge km	Anzahl Zwischenhalte -	Mittlerer Haltestellenabstand km
QR 8 km	53	82	10,5	168	3,9
QR 10 km	43	66	12,3	91	6,1
RR 8 km	46	74	11,6	145	4,5
RR 10 km	33	63	12,0	85	6,4

Für den Schienenverkehr werden mit Ausnahme des RE 90 und der S4 auf der Ost-West-Hauptstrecke ein Angebot mit 36 Fahrtenpaare pro Tag angenommen. Das entspricht einem stündlichen 24 h-Betrieb mit Verdichtung auf einen Halbstundentakt in der HVZ. Für die bestehenden Regionalbahnen RB 80, R 82 und R 91 bedeutet das eine Verdopplung der täglichen Fahrten. Die beiden zu reaktivierenden Nebenbahnen erhalten ebenfalls dieselbe tägliche Fahrtenanzahl. Eine solche deutliche Verdichtung des Taktes erfordert neben zusätzlichem Fahrzeugeinsatz gleichzeitig zusätzliche Infrastrukturausbaumaßnahmen (Kreuzungsbahnhöfe, zusätzliche Weichenanlagen), auf die im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht weiter eingegangen werden kann. Auf der Hauptstrecke zwischen Nürnberg und Crailsheim werden die bestehenden Fahrtenpaare des RE und der S-Bahn beibehalten. Für die S-Bahn werden lediglich drei zusätzliche Nachtfahrten angenommen, um auch hier ein durchgängiges Fahrtenangebot zu gewährleisten. Mit diesen Annahmen vergrößert sich die flächenbezogene Fahrleistung des SPNV in dem Gebiet von 2,9 auf **5,4** Fzg-km/km².

Tabelle 16 - Fahrleistung der Nebennetzvarianten

Variante	Bezugsfläche km ²	Einfache Fahrleistung Fzg-km	Fahrtenpaare pro Tag -	Gesamte Fahrleistung Fzg-km	Bezogene Fahrleistung Fzg-km/km ²
Rasterlinien	122	99,7	24	4.785	39,1
Zentral-Hub	124	760	24	3.646	28,7
Radiallinien	278	172,0	24	8.387	37,4
Sektorbetrieb	118	81,0	24	2.604*	22,1
Richtungsband	168	134,6	24	4.327*	25,8

*) Einfache Fahrleistung mit 0,67 multipliziert. Siehe 104.

Für die Bewertung der **Flächenerschließung**, insbesondere der Nebennetze, werden Haltestelleneinzugsbereiche um jeden Haltepunkt angesetzt. Dabei wird sowohl für Knotenpunkte und Zwischenhalte des Hauptnetzes sowie Halte des Nebennetzes pauschal Einzugsbereiche mit einem Durchmesser von 600 m angenommen. Für SPNV-Haltestellen wird ein Einzugsbereich von 1.000 m definiert. Da die Einwohnerzahlen nicht als Punktkoordinaten zur Verfügung stehen, werden die kreisförmigen Einzugsbereiche mithilfe eines GIS mit aus OpenStreetMaps bezogenen Siedlungsflächen verschnitten. Ein Beispiel dafür ist in Abbildung 47 dargestellt. Die Summe aller als Siedlung klassifizierten Flächen in der jeweiligen Bezugsfläche, dividiert durch die Schnittfläche der Haltestelleneinzugsbereiche mit diesen wird hier als Anhaltswert für die Flächenerschließung des Systems angesetzt. Dabei wird zwischen Flächen, die primär als Wohngebiet („residential“) definiert sind und der gesamten Bebauung (inklusive der Kategorien „industrial“, „commercial“, retail“) unterschieden. Allerdings sind die Unterschiede zwischen Betrachtung der reinen Wohn- und gesamten Siedlungsfläche nur marginal, sodass sich im Weiteren rein auf Ersteres bezogen wird. Die Werte für die Erschließung der Wohnfläche sind in Tabelle 17 dargestellt.

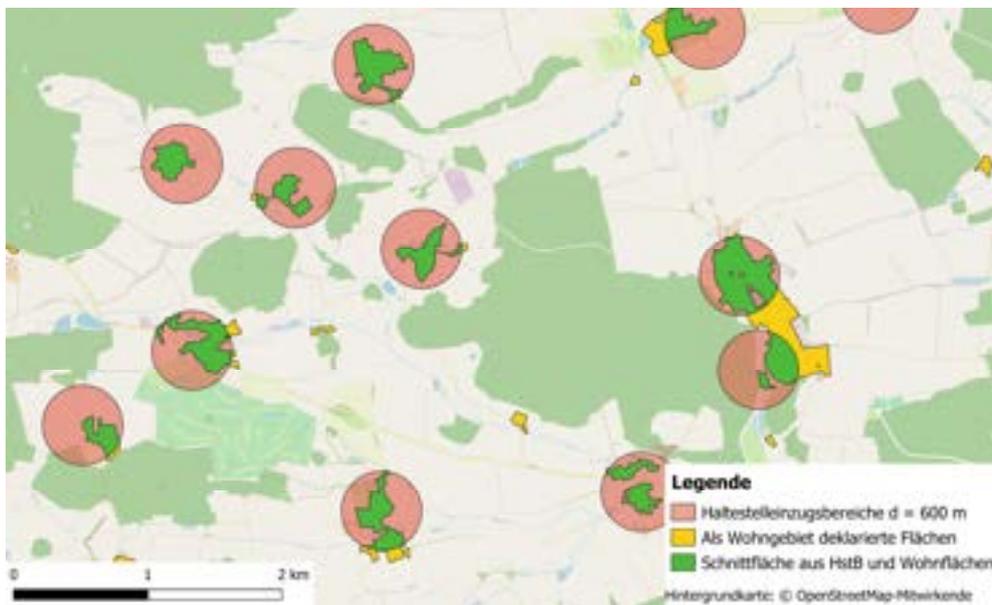


Abbildung 47 - Beispielhafte Ansicht aus der Auswertung der Flächenerschließung

Tabelle 17 - Werte für die Flächenerschließung der Varianten

Variante	Bezugsfläche km ²	Wohnfläche im Bezugsgebiet km ²	Überschnittene Wohnfläche km ²	Erschlossener Anteil der Wohnfläche
Hauptnetz				
QR 8	2072	114,7	19,57	0,17
QR 10			15,56	0,14
RR 8			18,78	0,16
RR 10			15,24	0,13
Schiennetz	2072	114,7	6,03	0,05
Nebennetz				
Rasterlinien	122	9,2	5,1	0,55
Zentral-Hub	124	8,6	4,6	0,53
Radiallinien	275	12,6	7,1	0,54
Sektorbetrieb	118	7,3	4,5	0,56
Richtungsband	168	9,5	4,9	0,48

Untersucht wird zudem die **Verbindungsqualität** von Haltestellen zu übergeordneten Orten in dem entworfenen Angebot. Dafür werden Isochronen mit gleicher Beförderungszeit (Fahr- und Umsteigezeit, ohne Zu- und Abgangszeit) zu den Grund-, Mittel- bzw. Oberzentren erzeugt. So kann ausgewertet werden, wie lange die Beförderungszeit von jedem einzelnen Haltepunkt im Netz zu dem jeweils nächstgelegenen Zentrum ist. In Abbildung 48 sind beispielhafte Isochronen für das Erreichen des nächstgelegenen Mittel- oder Oberzentrum um jede Haltestelle dargestellt. Die ÖV-Fahrten finden an einem Werktag zwischen 8 und 9 Uhr (HVZ) statt, die Ausbreitungsgeschwindigkeit von der jeweiligen Haltestelle beträgt zur Repräsentation der Fußläufigkeit 4 km/h. Für die Nebennetze wird pauschal eine Fahrgeschwindigkeit von 28 km/h angesetzt.

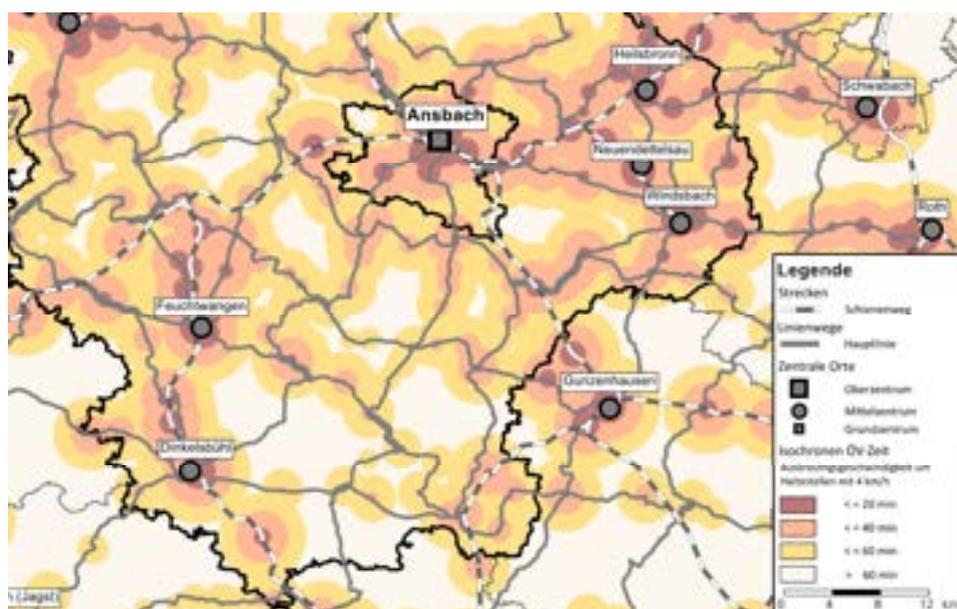


Abbildung 48 - Ausschnitt der ÖV-Isochronendarstellung zu Mittel- und Oberzentren der Hauptnetzvariante QR 8 km

Jedoch bietet das Programm keine Möglichkeit, diese Isochronen weiter zu bearbeiten oder die durch die Ausbreitungsgeschwindigkeit erzeugten Flächen zu exportieren, weshalb eine Verschneidung mit der vorhandenen Siedlungsfläche (siehe Flächenerschließung) nicht ohne Weiteres möglich ist. Stattdessen wird die Erreichbarkeit der Zentren von den Haltestellen des Netzes aus untersucht. Die mit der Isochronen-Funktion ermittelten Reisezeiten werden über die Listenfunktion des Programms abgegriffen und in Klassen unterteilt. In den untenstehenden Tabellen ist die Zahl der sich in der jeweiligen Kategorie befindenden Haltestellen aufgezeigt. Diese Zeitkategorien dienen der Bewertung der ausreichenden Erreichbarkeit. In Anlehnung an die Regelungen der BayLzN wird diese als gegeben angesehen, wenn eine maximale Beförderungszeit nicht überschritten wird und eine Hin- und Rückfahrt innerhalb eines Halb- oder Ganztagesintervalls möglich ist. Unter der zusätzlichen Bedingung, dass die Umsteigewartezeit nicht länger als 10 min beträgt.²¹² Hinsichtlich der für alle Linien angesetzten Betriebszeit von 24 h pro Tag und dem durchgängig mindestens stündlichen Fahrtenangebot wird die Bedingung der möglichen Rückfahrt in jedem Fall als erfüllt angesehen.

Maximale Beförderungszeit (max. t_{Bef}) zum nächsten

- Grundzentren: 20 min
- Mittelzentrum: 40 min
- Oberzentrum: 60 min (namentlich Ansbach bzw. Nürnberg-Fürth)

Da die Flächenerschließung in Form der Nebennetze nur repräsentativ an einigen Teilflächen des Landkreises erfolgt, wird die Erreichbarkeit der Haupt- und Nebennetzvarianten getrennt betrachtet. Im Hauptnetz wird die Erreichbarkeit von Zentren jeweils nur ausgehend von Haltestellen auf den Hauptlinien untersucht. Tabelle 18 zeigt die Anzahl der Haltestellen der einzelnen Hauptnetzvarianten, von denen aus eine bestimmte Zentrenkategorie innerhalb der festgelegten Zeit erreicht werden kann und welcher Anteil der Haltestellen die gesetzte Vorgabe erfüllt. Bei der Zielwahl wird dabei unterstellt, dass ein übergeordnetes Zentrum dieselben Funktionen erfüllen kann, wie ein untergeordnetes und dieses als Ziel dadurch ersetzt. Daher wird hier zwischen der Beförderungszeit zum nächsten Oberzentrum (OZ), Mittel- oder Oberzentrum (MZ/OZ) und Grund-, Mittel- oder Oberzentrum (GZ/MZ/OZ) unterschieden. Haltestellen und Verbindungen des SPNV sind dabei miteingeschlossen, da diese in der Konzeptionsphase als Teil des Netzes angesehen wurden. Für die Nebennetzvarianten in Tabelle 19 werden, wie bei der Untersuchung der Flächenerschließung, nur Haltepunkte innerhalb der jeweiligen Bezugsfläche betrachtet. Die Wege zu den Zentren werden jedoch in der Regel sowohl mit Neben- als auch mit Hauptlinien zurückgelegt. Für mehrfach verwendete Varianten ist wieder das arithmetische Mittel dargestellt.

Ausführliche Karten mit der grafischen Darstellung der Isochronen sind in Anhang F zu finden.

²¹² vgl. Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie: Leitlinie zur Nahverkehrsplanung in Bayern.

Darstellung der Ergebnisse

Tabelle 18 - Erreichbarkeit der Haltestellen des Hauptnetzes

Variante	Ziel	max. t_{Bef} min	Anzahl Haltestellen	Anzahl der Haltestellen mit t_{Bef} zum nächsten Zentrum				Anteil Vorgabe erfüllt
				> 60 min	60 - >40 min	40 - >20 min	≤ 20 min	
QR 8	OZ	60	198	21	64	76	37	0,89
	MZ/OZ	40	187	0	13	86	88	0,93
	GZ/MZ/OZ	20	167	0	0	13	154	0,92
QR 10	OZ	60	133	17	33	53	30	0,87
	MZ/OZ	40	113	0	0	44	69	1,00
	GZ/MZ/OZ	20	92	0	0	2	90	0,98
RR 8	OZ	60	177	14	70	49	44	0,92
	MZ/OZ	40	168	0	3	71	94	0,98
	GZ/MZ/OZ	20	149	0	0	9	140	0,94
RR 10	OZ	60	117	4	48	38	27	0,97
	MZ/OZ	40	117	0	3	48	66	0,97
	GZ/MZ/OZ	20	90	0	0	16	74	0,82

Tabelle 19 – Erreichbarkeit der Haltestellen in den Bezugsgebieten der Nebennetze

Variante	Ziel	max. t_{Bef} min	Anzahl Haltestellen	Anzahl der Haltestellen mit t_{Bef} zum nächsten Zentrum				Anteil Vorgabe erfüllt
				> 60 min	60 - >40 min	40 - >20 min	≤ 20 min	
Rasterlinien	OZ	60	57	15	28	11	2	0,73
	MZ/OZ	40	56	9	20	20	7	0,48
	GZ/MZ/OZ	20	55	3	4	10	38	0,70
Zentral-Hub	OZ	60	46	14	27	4	1	0,70
	MZ/OZ	40	45	8	13	12	13	0,54
	GZ/MZ/OZ	20	45	1	6	6	31	0,69
Radiallinien	OZ	60	99	28	35	25	12	0,72
	MZ/OZ	40	98	10	24	42	23	0,66
	GZ/MZ/OZ	20	94	0	2	23	70	0,74
Sektorbetrieb	OZ	60	51	16	25	7	3	0,69
	MZ/OZ	40	50	3	7	16	24	0,80
	GZ/MZ/OZ	20	48	0	0	14	34	0,71
Richtungband	OZ	60	67	27	32	5	3	0,60
	MZ/OZ	40	60	8	12	25	15	0,67
	GZ/MZ/OZ	20	56	2	0	8	46	0,82

Die **Umsteigehäufigkeit** wird ebenfalls über die Isochronen-Funktion von VISUM untersucht. Damit wird die nötige Anzahl der Umsteigevorgänge für jede betrachtete Verbindung ermittelt. In Tabelle 20 ist die mittlere und maximale Umsteigehäufigkeit auf einem Weg von jeder Haltestelle im Netz der Varianten zum jeweils nächstgelegenen Ziel jeder Kategorie angegeben.

Tabelle 20 - Mittlere und maximale Umsteigehäufigkeit zum nächstgelegenen Zentrum

Variante	OZ		MZ / OZ		GZ / MZ / OZ	
	Mittlere Umstiege	Maximale Umstiege	Mittlere Umstiege	Maximale Umstiege	Mittlere Umstiege	Maximale Umstiege
QR 8	0,56	1	0,09	1	0,03	1
QR 10	0,53	1	0,17	1	0,03	1
RR 8	0,57	1	0,16	1	0,05	1
RR 10	0,41	1	0,14	1	0	0
Rasterlinien	0,9	2	1,0	1	0,2	1
Zentral-Hub	0,7	2	0,8	1	0,2	1
Radiallinien	0,86	2	0,3	1	0,43	1
Sektorbetrieb	0,38	2	0,26	1	0,10	1
Richtungsband	0,72	2	0,28	1	0	0

Abschließend soll hier noch das **Reisezeitverhältnis** von ÖPNV zu MIV betrachtet werden. Dabei wird eine vereinfachte Betrachtung mit Fokus auf die Beförderungszeiten zu den Zentren (siehe Erreichbarkeit) gewählt. Das Verhältnis wird durch den Vergleich der Isochronen-Zeiten der Haltestellen im ÖV mit den zugehörigen Zeiten im IV des entsprechenden Knotens im Netz ermittelt. Betrachtet wird die reine Beförderungszeit von Haltestelle zu Haltestelle ohne Einbeziehung der Zu- und Abgangszeit. Da hier das Reisezeitverhältnis des neu konzipierten Netzes betrachtet werden soll, werden SPNV-Verbindungen aus der Auswertung ausgeschlossen. Die MIV-Fahrzeiten werden stichprobenartig mit Fahrzeiten aus dem Routingsservice von GoogleMaps²¹³ verglichen, wobei sich eine durchgängig hohe Übereinstimmung zeigt. Die Verbindungen im ÖV beziehen sich auf einen Werktag zwischen 8:00 und 9:00 Uhr (HVZ).

Da die Zubringerlinien je nur in Teilgebieten modelliert sind, werden Haupt- und Nebennetze getrennt betrachtet. Für die Nebennetze werden die Beförderungszeiten aller Haltestellen im modellierten Bezugsgebiet und für die Hauptnetze aller auf diesen liegenden Haltestellen zum jeweils nächsten Zentrum, getrennt nach Grund-, Mittel- und Oberzentrum, je für ÖV und IV aufsummiert. Der Quotient aus diesen beiden Summen ergibt das Reisezeitverhältnis. Die Ergebnisse der Hauptnetzvarianten sind in Tabelle 21 und die Mittelwerte der Nebennetzvarianten in Tabelle 22 aufgelistet. Karten mit der grafischen Darstellung der Isochronen sind in Anhang F zu finden.

²¹³ <https://google.de/maps>

Darstellung der Ergebnisse

Tabelle 21 - Reisezeitverhältnisse zu Zentren auf den Hauptnetzen

Variante	Ziel	Anzahl Knoten	$\Sigma t_{öv}$ min	Σt_{MIV} min	$\emptyset t_{öv}$ min	$\emptyset t_{MIV}$ min	$t_{öv}/t_{MIV}$ -
QR 8	OZ	198	6.666	4.001	36	22	1,67
	MZ/OZ	177	3.826	2.132	22	12	1,79
	GZ/MZ/OZ	160	1.549	1.055	10	7	1,47
QR 10	OZ	116	3.982	2.470	34	21	1,61
	MZ/OZ	107	1.843	1.160	17	11	1,59
	GZ/MZ/OZ	91	850	586	9	6	1,45
RR 8	OZ	171	6.084	3.896	36	23	1,56
	MZ/OZ	160	3.022	1.850	19	12	1,63
	GZ/MZ/OZ	143	1.402	993	10	7	1,41
RR 10	OZ	122	4.779	2.655	39	22	1,80
	MZ/OZ	112	2.222	1.373	20	12	1,62
	GZ/MZ/OZ	94	1.196	687	13	7	1,74

Tabelle 22 - Reisezeitverhältnisse zu Zentren innerhalb der Bezugsflächen der Nebennetzvarianten

Variante	Ziel	Anzahl Knoten	$\Sigma t_{öv}$ min	Σt_{MIV} min	$\emptyset t_{öv}$ min	$\emptyset t_{MIV}$ min	$t_{öv}/t_{MIV}$ -
Rasterlinien	OZ	50	2.575	1.069	49,3	20,2	2,41
	MZ/OZ	50	2.338	895	45,1	17,2	2,61
	GZ/MZ/OZ	49	832	356	17,8	7,3	2,34
Zentral-Hub	OZ	39	2.480	1.369	65,4	33,8	1,81
	MZ/OZ	38,5	1.300	485	35,7	14,3	2,68
	GZ/MZ/OZ	37,5	728	282	16,3	7,1	2,59
Radiallinien	OZ	99	4.706	2.204	49,4	22,7	2,14
	MZ/OZ	98	3.406	1.477	38,1	15,7	2,31
	GZ/MZ/OZ	94	1.395	704	14,4	7,4	1,98
Sektorbetrieb	OZ	46	2.635	1.119	57,3	24,3	2,36
	MZ/OZ	46	1.211	523	26,3	11,4	2,32
	GZ/MZ/OZ	45	744	350	16,5	7,8	2,13
Richtungband	OZ	62	3.549	1.624	57,2	26,2	2,19
	MZ/OZ	60	2.087	980	34,8	16,3	2,13
	GZ/MZ/OZ	57	732	436	12,8	7,6	1,68

Darstellung der Ergebnisse

Mit Hinblick auf eine bessere Übertragbarkeit der ermittelten Kenngrößen auf andere Räume wird die Fahrleistung bzw. überfahrene Streckenlänge in Abhängigkeit der Länge des gesamten Straßennetzes im Bezugsgebiet dargestellt. In Tabelle 23 ist der Anteil der mit dem geplanten Busnetz gefahrenen Straßenkilometer in Abhängigkeit des gesamten Straßennetzes in dem untersuchten Gebiet aufgestellt. Ausgenommen davon sind Bundesautobahnen sowie kleinteilige Wohnstraßen. Ebenfalls dargestellt wird der Streckenanteil, der durch mehr als eine Linie genutzt wird.

Tabelle 23 - Anteil des befahrenen Straßennetzes im Bezugsgebiet

Variante	Einfache Fahrleistung	Doppelt befahrene Streckenabschnitte	Gesamte Straßennetzlänge	Anteil befahrener Straßenkilometer	Anteil doppelt befahrener Strecken-km
	Fzg-km	km	km	-	-
QR 8	861,9	70,4	2.797,9	0,31	0,08
QR 10	812,1	69,6	2.797,9	0,29	0,09
RR 8	855,9	84,4	2.797,9	0,31	0,10
RR 10	759,0	73,5	2.797,9	0,27	0,10
Rasterlinien	125,7	26,0	174	0,72	0,20
Zentral-Hub	97,0	21,4	160	0,59	0,22
Radiallinien	234,7	62,8	355,7	0,75	0,26
Sektorbetrieb	100,9	19,9	187,8	0,54	0,20
Richtungsband	193,9	59,3	245,5	0,79	0,31

Im Schnitt wird mit den untersuchten Hauptnetzvarianten ca. 30 Prozent des im Gebiet vorhandenen Straßennetzes (ausgenommen Bundesautobahnen und Wohnstraßen) überfahren. Ca. 10 Prozent der Streckenlänge wird von mehr als einer Linie, also doppelt überfahren. Von den Varianten des Nebennetzes wird erwartungsgemäß ein größerer Teil des Straßennetzes im jeweiligen Bezugsgebiet befahren. Dieser bewegt sich zwischen ca. 0,55 und 0,75. Der Anteil doppelt befahrener Strecken liegt deutlich über dem der Hauptnetzvarianten und variiert hier je nach Anwendungsfall zwischen ca. 20 und 30 Prozent der einfachen Fahrleistung.

5.2. Allgemeine Bewertung und Analyse

Im Folgenden werden die in Kapitel 4 angewendeten Netze auf Grundlage der im vorgehenden Abschnitt ermittelten Kenngrößen und während der Bearbeitung gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnissen bewertet und die Ergebnisse dargestellt. Zunächst muss jedoch angemerkt werden, dass die ermittelten Kenngrößen keinesfalls allgemeingültig sind, sondern sich aus der konkreten beispielhaften Anwendung ergeben und dadurch auch von den vorhandenen Randbedingungen abhängig sind.

Eine Kombination aus Haupt- und Nebennetzen kommt im Schnitt auf eine werktägliche **Fahrleistung** von ca. 62 Fzg-km/km². Diese entfällt jeweils ca. zur Hälfte auf das Haupt- und das Nebennetz. Unter Einbeziehung der überschlagenen ca. 5 Fzg-km/km² aus dem SPNV wird der angestrebte Zielwert von 70 Fzg-km/km² knapp unterschritten. Allerdings werden hier, insbesondere für Ansbach, eventuell noch nötige Stadtbusnetze o. Ä. nicht berücksichtigt. Mit den in Abschnitt 3.4.4 festgelegten täglichen Fahrplanfahrten je Wochentag ergeben sich bei der Hochrechnung von täglichen 62 Fzg-km/km² auf ein durchschnittliches Jahr ca. 21.000 Fzg-km/km² pro Jahr.

Die **Flächenerschließung** des Hauptnetzes allein ist erwartungsgemäß klein, da es zwischen seinen Korridoren große Flächen nur um-, aber nicht direkt erschließt. Die Erschließung dieser Flächen ist nach dem Grundkonzept die Aufgabe des Nebennetzes. Die Auswertungen ergeben bei diesem allerdings nur einen Abdeckungsgrad der in den Bezugsflächen vorhandenen Wohnflächen von ca. 0,6 bis 0,7. Für den Schluss von der direkt erschlossenen Siedlungsfläche auf den Anteil der Einwohner wird angenommen, dass sich die Bevölkerung gleichmäßig auf das gesamte als Wohnfläche deklarierten Gebiete verteilt. Unterschiede in der Siedlungsdichte, beispielsweise zwischen Dorf und Innenstadtbereich, werden also nicht mit einbezogen. Diese generelle Vereinfachung führt dazu, dass die von den Einzugsbereichen der Haltestellen abgedeckten Siedlungsflächen nicht proportional zu den tatsächlich erreichten Einwohnern ist. In der BayLzN ²¹⁴ gilt die Haltestellenerschließung als erfüllt, wenn mindestens 80 Prozent der Bevölkerung innerhalb der Einzugsgebiete liegen. Dies ist nach den getroffenen Annahmen hier somit nicht gegeben. Bei der Verschneidung der Flächen im GIS fällt auf, wie in Abbildung 49 zu sehen, dass kleinere Orte meist gut durch den Haltestelleinzugsbereich abgedeckt sind, größere Siedlungsflächen allerdings oft nur zu Teilen. Bei der Planung des Nebennetzes ist also gerade dort also eine größere Haltestellendichte nötig. Allerdings kann argumentiert werden, dass diese Flächen im erweiterten Umfeld der Haltestellen durch das vorausgesetzte Angebot von Mitteln für die Überbrückung der Letzten Meile ebenfalls als erschlossen gelten können.

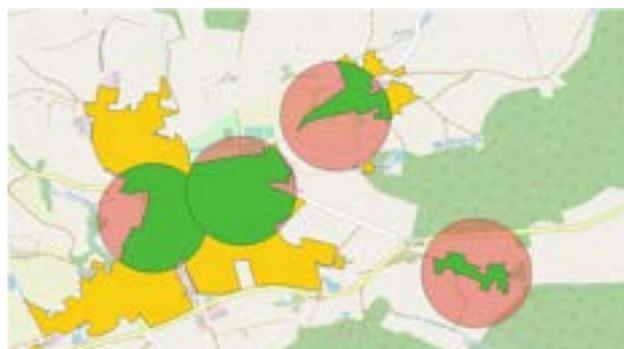


Abbildung 49 - Unzureichende Erschließung größerer Siedlungsflächen

²¹⁴ vgl. Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie: Leitlinie zur Nahverkehrsplanung in Bayern, C2.

Bei der Betrachtung der **Erreichbarkeit** fällt auf, dass insbesondere die Oberzentren aus der Fläche heraus oft schlecht erreichbar sind und die angestrebte maximale Beförderungszeit dorthin in vielen Fällen nicht eingehalten werden kann. Dieselbe Problematik tritt in manchen Bereichen des untersuchten Landkreises auch für die Erreichbarkeit von Mittelzentren auf. Dieses Problem hat seinen Ursprung, neben den noch verbesserungswürdigen Eigenschaften des Nebennetzes, in der stark aufgelösten Siedlungsstruktur des betrachteten Gebietes. Gerade im Westen des Landkreises. Jedoch übersteigt die Beförderungszeit zu diesen Zentren von durch das Nebennetz bedienten Haltestellen den Grenzwert in vielen Fällen nur um wenige Minuten. Hier besteht also das Potenzial, durch Beschleunigungsmaßnahmen oder weitere Optimierung der Anschlüsse an das Hauptnetz die festgesetzten maximalen Beförderungszeiten auch flächendeckend einhalten zu können. Die Erreichbarkeit des jeweils nächsten Zentrums von Haltestellen des Hauptnetzes aus beträgt bei allen Netzvarianten dagegen in etwa 90 Prozent. Da im gesamten Netz rund um die Uhr durchgängig Fahrten in beide Richtungen angeboten werden, kann gesagt werden, dass die Erreichbarkeit nur in geringem Maß von dem Zeitpunkt der Fahrt abhängt. Unterschiede entstehen lediglich durch die unterschiedlich enge Taktung der Verkehrszeiten.

Bereits bei der Vorstellung der Idee des Grundkonzeptes wurde festgehalten, dass Umsteigevorgänge aufgrund der hierarchischen Netzstruktur unumgänglich sind. Die Auswertung der **Umsteigehäufigkeit** zeigt zwar, dass gerade auf Verbindungen aus der Fläche zu übergeordneten Zentren in einem Großteil der Fälle umgestiegen werden muss, jedoch höchstens zwei Mal, im Schnitt nur ein Mal. Die im Landkreis verteilt liegenden Grundzentren werden oft direkt von Nebenlinien aus dem umliegenden Gebiet angefahren, weshalb Verbindungen dorthin im Allgemeinen eine geringere Umsteigehäufigkeit aufweisen. Da der Verlauf des Hauptnetzes bereits in der Konzeptionsphase auf die Lage von Zentren und Städten angepasst wurde, ist die Anzahl der nötigen Umstiege, um ein Zentrum zu erreichen dort erwartungsgemäß geringer als im Nebennetz. Allein zu einem Oberzentrum, von denen es im Beispielgebiet nur eines plus ein weiteres außerhalb gibt, muss in Schnitt bei jeder zweiten Verbindung umgestiegen werden. Ein Grund- und Mittelzentren hingegen ist vom Hauptnetz aus in den meisten Fällen mit einer direkten Verbindung zu erreichen.

Das **Reisezeitverhältnis** zwischen ÖV und IV auf dem Hauptnetz liegt mit ca. 1,4 bis 1,8 noch im akzeptablen Bereich, auch wenn im Sinne der Konkurrenzfähigkeit zum MIV ein geringeres angestrebt werden sollte. Bei Wegen über das modellierte Nebennetz hingegen beträgt die ÖV-Reisezeit im Vergleich zum IV in vielen Fällen das Zwei- bis Zweieinhalbfache. Der Grund dafür kann vor allem in den teilweise großen gefahrenen Umwegen, der relativ niedrigen Beförderungsgeschwindigkeit und nicht zuletzt in dem nötigen Umsteigevorgang zum Hauptnetz gefunden werden. Gerade Letzterer bedarf hinsichtlich der Umsteigewartezeiten in dieser beispielhaften Anwendung noch einer detaillierten Optimierung. Da das Umsteigen ein essenzieller Teil des vorgestellten Konzeptes ist, liegt hier Potenzial das Reisezeitverhältnis und die allgemeine Attraktivität des Angebotes noch weiter zu verbessern. Die anderen beiden Einflussfaktoren für die langsame Reisegeschwindigkeit lassen sich weniger leicht eliminieren. Durch seine Aufgabe der Flächenerschließung und als Zubringer muss das Nebennetz jeden Ort

innerhalb des Achszwischenraumes des Hauptnetzes unter Verwendung des vorhandenen Straßennetzes anfahren, was zwangsläufig zu größeren Umwegen, vielen Halten und damit niedrigen Geschwindigkeiten führt. In der Auswertung dieser Arbeit besteht weiterhin die Einschränkung, dass die Berücksichtigung der Eigenarten und Eigenschaften von flexiblen Bedienformen, wie beispielsweise eine an die konkret vorhandene Nachfrage angepasste, über den Tag veränderbare Route, in „PTV Visum“ nicht ohne Weiteres darstellbar ist. Die hier ermittelten Kenngrößen unterstellen einen reinen klassischen Linienbetrieb in dem eine immer gleiche und feste Haltestellenabfolge abgefahren wird.

Bei vergleichender Betrachtung der Kenngrößen der beiden verwendeten **Netzformen** springen, außer der Linienführung selbst, zwar kleine Differenzen, aber keine gravierenden Unterschiede ins Auge. In dieser konkreten Anwendung können das engere Radial-Ring-Netz und das weitere Quadratnetz die besten Reisezeitverhältnisse zu den Zentren vorweisen. Theoretisch weist das Radialraster aufgrund seiner geometrischen Grundform zwar mehr Direktverbindungen auf als ein Quadratraster (vgl. Abschnitt 3.5.5), dies kann durch die ermittelten Umsteigehäufigkeiten in diesem Anwendungsfall jedoch nicht bestätigt werden. Dennoch entspricht seine Form mehr der im Landkreis deutlich ausgeprägten Orientierung auf ein Zentrum (vgl. Abschnitt 4.1.1). Nach der eingangs in Kapitel 3 getroffenen Unterscheidung zwischen flächen- und zentrenorientierten Systemen mag der in den Kenngrößen ersichtliche Vorteil des Radial-Ring-System im Hinblick auf die Verbindungsqualität zu Zentren klein wirken. In der konkreten Anwendung wurde sich aber bei der Festlegung der Knotenpunkte des Quadratnetzes, auch wenn im Grundprinzip flächenorientiert, stark an der Lage der vorhandenen Zentren orientiert. Durch seine geometrischen Eigenschaften nehmen Abstände der Linien im Radial-Ring-Netz mit zunehmender Entfernung vom Zentrum zu. Dadurch werden die Achszwischenräume größer und mehr Fläche muss durch das Nebennetz angeschlossen werden. Dies kann durch die Definition mehrerer Zentren und der Überschneidung der Netze abgemindert werden. Da auch zwischen den Untervarianten mit verschiedenen Maschenweiten keine großen Differenzen in Reisezeit und Erreichbarkeit vorliegen, sind Varianten mit einem kleineren Knotenabstand aufgrund der höheren Anzahl an Zwischenhalten und der besseren Flächenerschließung vorzuziehen.

Bei Vergleich der verschiedenen gewählten Auslegungsmöglichkeiten der **Nebennetze** fallen schwankende Werte sowohl für die Flächenerschließung, die Erreichbarkeit und das Reisezeitverhältnis auf. Das mag in erster Linie an der Herangehensweise der Modellierung bzw. Anwendung zurückzuführen sein. Die unterschiedlichen Arten wurden dort angewandt, wo die jeweilige Netzform augenscheinlich am besten zu der vorhandenen Straßennetz- und Siedlungsstruktur passt. Das führt in der Auswertung allerdings zu einer mangelnden Vergleichbarkeit aufgrund der andersgearteten vorherrschenden Rahmenbedingungen wie der Anzahl der zu erschließenden Orte oder die Entfernung zum nächsten Zentrum. Jedoch sind auch bei Vergleich der verschiedenen Auslegungsmöglichkeiten innerhalb desselben Gebietes keine ausschlaggebenden Unterschiede erkennbar, zumal die Varianten aufgrund der vorgegebenen Verkehrswege und Ortslagen nicht vollständig nach ihrer theoretischen Form implementiert werden können und meist eine Art Mischform entsteht. Die in der Zusammenstellung der Kenngrößen sichtbaren Differenzen scheinen mehr von dem Abstand zu den Zentren und weiteren Rahmenbedingungen als von der

gewählten Netzform selbst abhängig zu sein. Weiter wurden alle aufgeführten Varianten wie ein Linienbetrieb behandelt, da „PTV Visum“ keine separate Möglichkeit zur Modellierung von flexiblen Bedienformen aufweist. Dadurch sind die Eigenschaften und Möglichkeiten von flexiblen Bedienformen hier nicht ausschöpfend berücksichtigt. Die geeignetste Betriebsform ist also in erster Linie von der Nachfrage bzw. Siedlungsdichte und die Art bzw. Auslegung des Netzes von der vorhandenen Siedlungs- und Verkehrsstruktur des betrachteten Bereiches abhängig.

In diesem konkreten Anwendungsfall wird die Variante des Radial-Ring-Netzes mit einem angestrebten Luftlinienabstand der Knoten von acht km favorisiert. Es weist eine gute Kombination aus geringem Reiszeitverhältnis und hoher Anzahl von Zwischenhalten auf. Es werden also im Vergleich zum IV annehmliche Reisezeiten zu Zentren ermöglicht und gleichzeitig eine große Anzahl an Zugangsmöglichkeiten geschaffen. Nicht zuletzt entspricht es, wie oben bereits vermerkt, mit seiner geometrischen Grundform eher der in der Siedlungsstruktur vorhandenen Ausrichtung auf zentrale Orte. Als Flächenerschließung wird mit Blick auf die in Abschnitt 3.6 erläuterten Möglichkeiten und, wie bereits mehrfach angesprochen, je nach vorhandenen Gegebenheiten als fester Linienbetrieb entweder in Rasterform oder mit einem zusätzlichen zentralen Umsteigepunkt empfohlen. Ein nachfragegesteuertes Angebot erfolgt bevorzugt im Sektor- oder Flächenbetrieb. Bei der Auslegung ist allerdings besonders auf schlanke Anschlusszeiten an den Umsteigeknoten zu achten. Die hier vorrangig verwendete feste Linienführung ist bei Betrachtung der Ergebnisse zwar eine Möglichkeit für das Zubringersystem, allerdings insbesondere im Hinblick auf die Erreichbarkeit von Zentren mit akzeptablem Zeitaufwand nur bedingt eine attraktive Lösung für diesen Zweck. Hier muss das Konzept neu überdacht oder nach Alternativen gesucht werden. Die Zukunft dürfte hier besonders in intelligenten Lösungen für ein nachfragegesteuertes Angebot bzw. dem On-Demand-Verkehr liegen. Bei ausreichender und nachgewiesener Sicherheit und Funktionalität auch in Verkehren mit den angesprochenen automatisierten On-Demand-Kleinbussen.

5.3. Vorher-Nachher Vergleich

Um einen **Vergleich zum jetzigen Angebot** zu ziehen, wird diesem eine der untersuchten Variante gegenübergestellt. Dafür wird aus oben genannten Gründen das Radial-Ring-Netz mit acht km Knotenabstand gewählt. Aufgrund der stark unterschiedlichen Rahmenbedingungen über den Landkreis wird für das Nebennetz vereinfacht ein Mittelwert aus allen betrachteten Varianten angesetzt und auf die gesamte Gebietsfläche hochgerechnet. Die bereits in Abschnitt 4.1.2 ermittelten Werte des vorhandenen ÖV-Angebots werden in

Tabelle 24 zusätzlich durch Flächenerschließung, Erreichbarkeit, Umsteigehäufigkeit und Reisezeit-verhältnis ergänzt. Diese werden mit demselben Vorgehen und nach denselben Kriterien ermittelt wie für die konzipierten Varianten. Hierbei ist zu bedenken, dass in dem erstellten Konzept keine vollständigen Stadtbusnetze enthalten sind. Um hier eine bessere Vergleichbarkeit des Gesamtsystems zu schaffen, werden bei der Betrachtung der Flächenschließung deshalb die Kerngebiete der Städte Ansbach, Dinkelsbühl, Feuchtwangen und Rothenburg auf beiden Seiten ausgespart. Der SPNV wird in der gesamten Auswertung ebenfalls nicht mit einbezogen.

Tabelle 24 - Vergleich zwischen Bestand und neuem Konzept an einem Schul- und Werktag

		Bestand	Neu-Konzept	Differenz
Bezugsfläche	km ²	2.072	2.072	0
Anzahl der Haltestellen	-	1.017	1.070	53
Tägliche Fahrleistung	Fzg-km	27.140	129.749	102.609
Bezogene tägliche Fahrleistung	Fzg-km/km ²	13	63	50
Erschlossener Anteil der Wohnfläche	-	0,72	0,69	- 0,03
Erreichbarkeit	OZ	0,61	0,80	+ 0,19
	MZ/OZ	0,81	0,81	- 0,01
	GZ/MZ/OZ	0,62	0,84	+ 0,21
Mittlere Umsteigehäufigkeit	OZ	0,24	0,64	+ 0,40
	MZ/OZ	0,17	0,29	+ 0,11
	GZ/MZ/OZ	0,10	0,12	+ 0,02
Reisezeitverhältnis ÖV/IV	OZ	2,1	1,8	- 0,3
	MZ/OZ	2,7	2,0	- 0,7
	GZ/MZ/OZ	3,0	1,8	- 1,2

Zunächst ist auffällig, dass im Bestandsnetz zwar kaum weniger Haltestellen, aber deutlich weniger Fahrleistung vorliegt als in dem neuen Konzept. Das ist mit zwei Sachverhalten zu begründen. Zum einen werden viele Haltestellen im peripheren Raum des Gebietes in dem jetzigen Angebot nur mit wenigen Fahrten (ca. 5 – 8 pro Tag), in dem Neuen jedoch stündlich und rund um die Uhr bedient. Zum anderen weist das Bestandsnetz gerade in großen Städten wie Ansbach oder Feuchtwangen auf kleinem Raum viele Haltestellen auf, während das neue Konzept dort nur wenige vorsieht und stattdessen auf Alternativen zur Überbrückung der Letzten Meile legt. Die leicht reduzierte erschlossene Wohnfläche kann mit der im vorherigen Abschnitt angesprochenen geringen Abdeckung größerer Siedlungsflächen begründet werden. Die tägliche flächenbezogene Fahrleistung liegt in dem untersuchten Fall ca. um das Fünffache höher und verteilt sich gleichmäßig auf den gesamten Landkreis, während sich im Bestand ein großer Teil der Fahrleistung in den Städten und deren direkten Umfeld konzentriert.

Eine Verbesserung der Erreichbarkeit stellt sich in diesem Fall nur auf Verbindungen zu Grund- und Oberzentren ein. Allerdings werden hier nur Fahrten zwischen 8:00 und 9:00 Uhr berücksichtigt. Im Gegensatz zu dem in dieser Arbeit angenommen gleichmäßigen Fahrplan fallen im Ist-Zustand außerhalb der Hauptverkehrszeiten jedoch viele Verbindungen ersatzlos weg. Gleichzeitig wird oft zwischen Vormittagsfahrten in Richtung von Zentren und Nachmittagsfahrten in Gegenrichtung unterschieden. So bietet das neue Konzept auf manchen Verbindungen für große Teile des Tages eine Steigerung der Erreichbarkeit um 100 Prozent, bzw. stellt überhaupt erst die Möglichkeit der Nutzung eines öffentlichen Verkehrsmittels dar. Die höhere mittlere Umsteigehäufigkeit, gerade auf langen Verbindungen, ist durch den Grundaufbau des Netzes bedingt und wird bewusst in Kauf

genommen. Im Schnitt weist das Bestandsnetz ein Reisezeitverhältnis in dem Bereich der beispielhaft modellierten Nebennetze auf. Verbindungen auf dem Hauptnetz sind dagegen wesentlich schneller, wodurch sich auch insgesamt ein günstigeres Verhältnis ergibt. Die größten Unterschiede zwischen den beiden Angeboten ist die Anzahl und Gleichmäßigkeit der angebotenen Fahrten unabhängig von Richtung, das übersichtlichere System und ein Netz aus Schnellbuslinien (Hauptnetz), das höhere Geschwindigkeiten und damit kürzere Reisezeiten ermöglicht. Die flächenbezogene Fahrleistung wird um mehr als das Vierfache gesteigert.

Zu beachten ist, dass der obenstehende Vergleich an einem durchschnittlichen Schul- und Werktag erfolgt. Da das Bestandsangebot in Teilen stark auf Schülerfahrten ausgelegt ist, finden in Ferienzeiten und an Wochenenden deutlich weniger Fahrten statt. Das neue Angebotskonzept unterscheidet jedoch nicht zwischen Schul- und Ferientagen und bietet zudem auch an Wochenenden ein zwar reduziertes, aber durchgehendes und verbessertes Fahrtenangebot. Für Bestandsfahrten in Ferienzeiten und an Wochenenden liegen keine vollständigen Daten vor. Es wird daher vorsichtig angenommen, dass an Ferien- sowie Samstagen 70 Prozent und an Sonn- und Feiertagen 50 Prozent der Fahrleistung von Schultagen stattfindet. Daraus ergibt sich eine jährliche Fahrleistung von ca. 3.900 Fzg-km/km², was ca. einem Fünftel der 21.000 Fzg-km/km² des neuen Angebots entspricht.

5.4. Wirkungsabschätzung

Gerade im Hinblick auf die zeitliche Verfügbarkeit und der Anzahl der Fahrmöglichkeiten sowie dem Reisezeitverhältnis zum MIV auf den neuen Verkehrsachsen stellt das hier vorgeschlagene also eine deutliche Verbesserung zu dem bestehenden Angebot dar.

In Anbetracht dessen ist wohl eine verstärkte Nutzung des ÖPNV zu erwarten. Laut Kirchhoff war in der Vergangenheit jedoch zu beobachten, dass die ÖPNV-Benutzung trotz teilweise erheblichen Verbesserungen der Angebotsqualität abgenommen hat ²¹⁵. Jedoch sind diese angesprochenen „erheblichen“ Verbesserungen im Vergleich zu dem hier vorgeschlagenen System als eher gering einzuschätzen. Eine solche Angebotssteigerung bringt in jedem Fall verbesserte und neue Mobilitätschancen für diejenigen, die kein Auto benutzen können, dürfen oder möchten. Ebenso dürften Bring- und Hol-Dienste, die einen beträchtlichen Anteil des Pkw-Verkehrs ausmachen, mit einem gutem ÖPNV-Angebot allmählich abnehmen ²¹³. Eine Aussage, inwiefern sich der Modal-Split bei der Implementierung des vorgeschlagenen Systems tatsächlich zu vom MIV in Richtung des ÖPNV verschiebt, kann qualifiziert nur durch eine vollständige Modellierung des gesamten Systems und der Berechnung in einem Verkehrsmodell getroffen werden.

²¹⁵ Kirchhoff und Tsakarestos: *Planung des ÖPNV in ländlichen Räumen* (2007), 117f.

Mit Blick auf das steigende Umweltbewusstsein dürfte ein flächendeckendes, durchgehendes ÖPNV Angebot in Zukunft zwar mehr Akzeptanz finden als bisher, trotzdem sollte die Einführung eines solchen Angebots nicht nur auf die Steigerung der ÖPNV-Attraktivität gesetzt werden. Zusätzlich müssen auch gezielte Anreize gesetzt werden, den Pkw stehen zu lassen, wie beispielsweise höhere Kraftstoffpreise oder eine zusätzliche CO₂-Abgabe (Push- and Pull-Faktoren) (siehe Abschnitt 6.2).

5.5. Überschlägige Energierechnung

Eine qualifizierte Aussage über die Änderung des Modal-Split durch die hier vorgeschlagene Angebotserweiterung kann nicht ohne die Anwendung und vollständige Berechnung in einem Verkehrsmodell getroffen werden. Daher kann auch die Differenz des Energiebedarfs durch mehr Fahrleistung im ÖV und weniger Fahrleistung im IV nicht eindeutig ermittelt werden. Hier soll stattdessen untersucht werden, um wie viel sich die Pkw-Fahrleistung durch die Angebotsausweitung verringern müsste, um den entstehenden Mehrenergiebedarf der zusätzlichen ÖV-Fahrten und deren Emissionen auszugleichen bzw. mindestens reduziert werden müsste, um verkehrsbedingte Emissionen einzusparen. Die Fragestellung heißt also, wie viel Verlagerung vom MIV auf den ÖV das System leisten müsste, damit sich seine Einführung in energetischer und Klimaschutztechnischer Hinsicht lohnt.

Bei der nachfolgenden Rechnung handelt es sich lediglich um eine überschlägige Aufstellung, die keinen Anspruch auf ein quantitativ exaktes Ergebnis erhebt. Vielmehr soll das theoretische Potenzial durch einen qualitativen Richtwert aufgezeigt werden.

Zunächst wird der durch die höhere Fahrleistung bedingte Energiemehrbedarf bestimmt, indem die Differenz zwischen dem ursprünglichen und dem bereits in Abschnitt 5.3 angenommenen neuen Angebot gebildet wird. Der heutige Anteil an elektrischen Pkw in Deutschland beträgt Stand 2019 ca. 0,5 Prozent²¹⁶ und wird hier deshalb vernachlässigt bzw. zu Null gesetzt. In Anhang G sind neben der vollständigen Rechnung und allen Annahmen auch Szenarien mit verschiedenen Elektrifizierungsgraden der Bus- und Pkw-Flotte zu finden. In die Rechnung selbst geht der Energiebedarf der Fahrt selbst sowie die für die Herstellung des Treibstoffs bzw. Stroms benötigte Energie ein. Gleiches gilt für die Berechnung der äquivalenten CO₂-Emissionen. In einem zweiten Rechendurchlauf werden die für Herstellung, Entsorgung etc. des Fahrzeugs anfallende Energie (graue Energie) ebenfalls mitberücksichtigt. Jedoch gibt es in der Literatur für diese eine große Spannweite an möglichen, stark unsicheren Werten, die das Ergebnis beeinflussen, weshalb diese Ergebnisse mit Vorsicht zu behandeln sind und separat angegeben werden. Als Antriebsarten werden hier nur Verbrenner und vollelektronische Fahrzeuge betrachtet. Weitere, wie Hybrid-, Gas- oder Wasserstoffantriebe werden nicht mit einbezogen.

²¹⁶ [online] Kraftfahrt-Bundesamt: Jahresbilanz - Bestand, <https://www.kba.de>.

Die nach Tabelle 25 jährlich zusätzlich verursachten ca. 80,1 GWh (= 0,29 PJ) können durch eine theoretische Reduzierung der jährlichen Pkw-Fahrleistung um ca. 103 Mio. Fzg-km ausgeglichen werden. Für den Ausgleich der Emissionen müssten pro Jahr 86,5 Mio. Fzg-km weniger anfallen. Ohne Elektrisierung der Fahrzeugflotte und ohne Betrachtung der grauen Energie ist damit eine Reduzierung der Pkw-Fahrleistung im Untersuchungsgebiet von **3,1 Prozent** nötig, um den Mehrverbrauch an Energie des neuen Angebots auszugleichen. Zum Ausgleich der zusätzlich anfallenden klimawirksamen Emissionen wäre eine um **2,6 Prozent** verringerte Pkw-Fahrleistung notwendig. Eine stärkere, durch die Angebotsausweitung hervorgerufene Änderung würde demnach zu Energie- bzw. Emissionseinsparungen führen. Bei Einbeziehung der grauen Energie wird ein Ausgleich nach den getroffenen Annahmen um ca. 0,3 Prozentpunkte früher erreicht. Die anteilige Änderung der MIV-Kilometerleistung innerhalb des Landkreises wird auf die aus dem zur Verfügung stehenden Verkehrsmodell bezogen. Die daraus entnommenen 9,65 Mio. Fzg-km pro Tag werden an 300 Tagen pro Jahr voll und an 65 Tagen zu mit 70 Prozent angesetzt ²¹⁷. Daraus ergibt sich für den Untersuchungsraum momentan eine jährliche gesamt Pkw-Fahrleistung von 3.334 Mio. Fzg-km.

Tabelle 25 - Vergleich des jährlichen Energiebedarfs und der CO₂-eq-Emissionen des vorhandenen und neuen ÖPNV-Angebots (ohne graue Energie)

		bestehendes ÖV-Angebot	Neues ÖV-Angebot			Differenz
			Hauptnetz	Nebennetz	Gesamt	
Fahrleistung	Mio. Fzg-km	8,1	21,3	20,8	42,1	34,0
Energiebedarf	GWh/a	29,8	78,8	31,2*	109,9	80,1
Emissionen	t CO ₂ -eq/a	6.713	17.719	4.656*	22.374	15.662

*) Annahme, dass das Nebennetz vollständig mit Kleinbussen befahren wird. Siehe Anhang G

Die prozentuale Reduzierung der Fahrleistung entspricht jedoch nicht gleichzeitig einer Verringerung des Modal-Split um denselben Wert, da mit den Verkehrsmitteln unterschiedlich weite Entfernungen zurückgelegt werden. Laut MiD ²¹⁸ liegt der Modal-Split-Anteil des MIV in ländlichen Regionen zwischen 0,7 und 0,56 (Summe von Fahrer und Mitfahrer). Bei Verrechnung des Modal-Split und der mittleren Tagesstrecke der Verkehrsmittel aus dem MiD in ländlichen Regionen mit der Einwohnerzahl des Landkreises bzw. der Stadt Ansbach zeigt sich, dass ca. 90 Prozent der jährlichen Fzg-km auf den MIV entfallen. Durch Rückrechnung wird ermittelt welche Modal-Split-Verschiebung sich durch eine Verringerung der Pkw-Fahrleistung ergibt. Dabei wird die gesamte Veränderung rein auf die MIV-Fahrer bezogen. MIV-Mitfahrer bleiben unangetastet. Die Ergebnisse in Tabelle 26 zeigen, dass die Modal-Split-Änderung in etwa halb so groß ist wie die Reduzierung der Pkw-Fahrleistung. Eine Reduzierung um 3 Prozent würde den Modal-Split des gesamten Gebiets danach um ca. 1,5 Prozentpunkte in Richtung des ÖV verschieben. Die für die Rechnung verwendeten Werte beziehen sich hierbei nicht auf den untersuchten Landkreis, sondern auf vergleichbare Regionen in ganz Deutschland. Werte über den vorhandenen Modal-Split für MIV-Fahrer werden für die drei Unterkategorien der ländlichen Räume nach

²¹⁷ Laut MiD-Ergebnisbericht 2017 (S. 50) beträgt der Modal-Split des MIV an Sonntagen 73 % des Wertes von Werktagen

²¹⁸ infas, im Auftrag des BMVI: Mobilität in Deutschland 2017 - Ergebnisbericht (veröffentlicht 2019), S. 47.

RegioStaR 7 dem Endbericht des MiD 2017 entnommen. Aus diesen wird anhand der Verteilung der Einwohnerzahl im Landkreis bzw. der Stadt Ansbach ein gewichtetes Mittel gebildet (vgl. Rechnung in Anhang H).

Tabelle 26 - Auswirkung der reduzierten Pkw-Fahrleistung und gleichzeitigem Umstieg auf den ÖV auf den Modal Split in ländlichen Räumen (Überschlägige Rechnung auf Basis von MiD-Daten)

Reduzierung der Fzg-km	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %	10 %
Modal-Split MIV-Fahrer (MiD)	0,514	0,514	0,514	0,514	0,514	0,514
Neuer Modal-Split MIV-Fahrer	0,510	0,504	0,499	0,494	0,489	0,463
Änderung des Modal-Split	0,005	0,010	0,015	0,020	0,026	0,052

Abbildung 50 zeigt, wie viele Energie und CO₂-äquivalente Emissionen durch die Verringerung der Pkw-Fahrleistung im Vergleich zur heute Situation gesenkt werden könnten. Darin wird zudem zwischen der Betrachtung mit und ohne grauer Energie (gE) unterschieden. Bereits bei einer Verringerung um 3,5 Prozent können 10,5 GWh (ca. 0,04 PJ) und rund 5.450 t CO₂-eq pro Jahr eingespart werden (ohne Berücksichtigung der grauen Energie). Würde die Busflotte vollständig auf einen vollelektrischen Antrieb umgestellt, sind es 63,1 GWh (ca. 0,23 PJ) und 8.820 t CO₂-eq pro Jahr (siehe Anhang I). Dabei ist zu bedenken, dass alle Linien des Nebennetzes als fester Linienbetrieb angesetzt sind. Werden hier Teile durch nachfragegesteuerte Bedienformen ersetzt, reduziert sich die Fahrleistung des Systems und damit auch die hier dargestellten Werte für Energiebedarf und Emissionen.

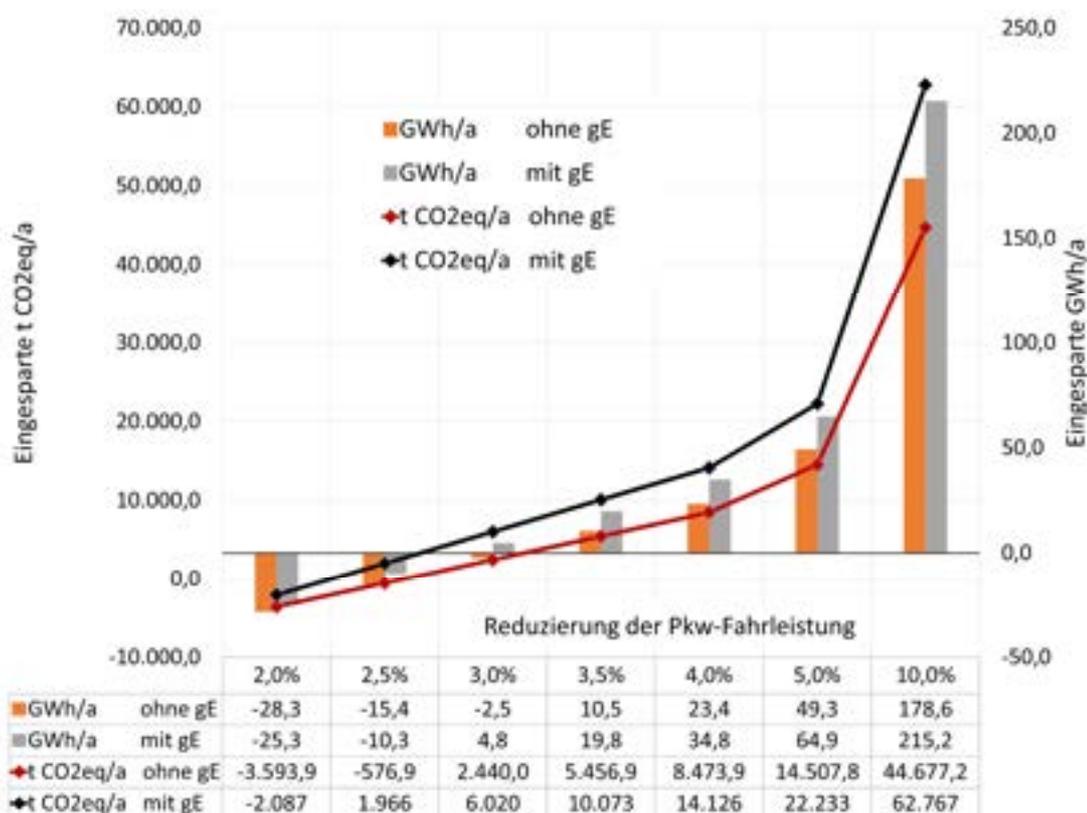


Abbildung 50 - Potenzielle Energie- bzw. Emissionseinsparungen in Abhängigkeit der reduzierten Pkw-Fahrleistung

Wird eine ähnliche Fahrleistung sowohl des Bestands- als auch des neuen Angebots auf die gesamte in RegioStaR 7 als ländliche Region gekennzeichnete Fläche des Bundesgebietes hochgerechnet, ergibt sich ein Energiemehrbedarf des neuen Angebots von 35,3 PJ pro Jahr, was in etwa einer Steigerung von 1,3 Prozent des momentanen Energieverbrauchs des gesamten Verkehrssektors entspricht. Durch eine angenommene Verringerung der Pkw-Fahrleistung um 3,5 Prozent würden dafür gleichzeitig 40,2 PJ weniger benötigt werden. Im „Extremfall“ mit einer Halbierung der heutigen Pkw-Fahrleistung könnte bis zu ca. 20 Prozent der für den gesamten Verkehr in Deutschland benötigten Energie und ca. 22 Prozent der durch den Verkehrssektor verursachten Treibhausgasemissionen eingespart werden (ohne Berücksichtigung der grauen Energie).

Tabelle 27 - Mögliche anteilige Reduzierung des verkehrsbedingten Energieverbrauchs und Emissionen in Deutschland in Abhängigkeit der reduzierten Pkw-Fahrleistung (nur Verbrenner, ohne graue Energie)

Reduzierung Pkw-Fahrleistung		3,5 %	5 %	10 %	50 %
Bezugsfläche	km ²	248.373			
Einsparung Energie	GWh/km ² /a	0,005	0,026	0,093	0,630
	GWh/a	1.347	6.348	23.018	156.376
	PJ/a	4,9	22,9	82,9	563,0
Anteilige Reduzierung des Energiebedarfs im Verkehrssektor DE		0,2 %	0,8 %	3,0 %	20,3 %
Einsparung Treibhausgasemissionen	t CO ₂ eq/km ² /a	2,7	7,2	22,0	141,1
	Mio. t. CO ₂ eq/a	0,67	1,78	5,47	35,05
Anteilige Reduzierung der CO₂eq-Emissionen im Verkehrssektor DE		0,4 %	1,1 %	3,5 %	22,5 %

5.6. Kostenschätzung

Schließlich wird hier eine grobe Kostenschätzung des Betriebs angestellt. Infrastrukturelle Maßnahmen (Einrichtung von Haltestellen etc.) sowie der Schienenbetrieb sind nicht in der Kalkulation enthalten.

Zunächst wird der überschlägige Fahrzeugbedarf aus der werktäglichen Fahrleistung und mittleren Fahrgeschwindigkeit (einschließlich der planmäßigen Wartezeiten an den Rendezvouspunkten) ermittelt. Dabei wird angenommen, dass auf dem Hauptnetz ausschließlich Standardlinienbusse und auf dem Nebennetz Kleinbusse mit 16 Sitzplätzen eingesetzt werden. Aus der Rechnung ergibt sich ein geschätzter Fahrzeugbedarf von 104 Niederflur- und 115 Kleinbussen. Es wird eine vollständige Neuanschaffung aller Fahrzeuge angenommen. Analog zu der überschlägigen Energierechnung in Abschnitt 5.5 wird der Einsatz von sowohl Diesel- als auch voll elektrischen Fahrzeugen getrennt betrachtet. Die Annuität der Fahrzeugkosten wird mit einem Zinssatz von 1,5 % und einer Nutzungsdauer von 15 Jahren für Linienbusse bzw. 12 Jahren für Kleinbusse berechnet. Die Anschaffungskosten der Fahrzeuge variieren je nach Antriebsart. Für vollelektrische Fahrzeuge wird zusätzlich ein Batteriewechsel pro Nutzungsdauer unterstellt. Laufleistungsabhängige Kosten setzen sich aus den Kosten für die Fahrenergie (Kraftstoff

bzw. Strom) und den Unterhaltskosten zusammen. Als Grundlage der Personalkosten wird die jährliche Fahrzeit aus der Fahrleistung und der mittleren Geschwindigkeit (einschließlich geplanter Wartezeiten) kalkuliert. Für die Berechnung der Kosten werden 40 Euro/h bei einer effektiven Arbeitszeit des 1,7- fachen der produktiven Beförderungszeit angesetzt²¹⁹. Die vollständige Rechnung mit allen Annahmen ist in Anhang I hinterlegt.

Tabelle 28 – Kostenschätzung der jährlichen Betriebskosten getrennt nach Antriebsart

		Diesel	Vollelektrisch
Zeitabhängige Fahrzeugkosten	Mio. €/a	2,7	9,7
Laufleistungsabhängige Fahrzeugkosten	Mio. €/a	33,4	30,2
Personalkosten	Mio. €/a	94,4	94,4
Summe	Mio. €/a	130,5	134,3

Für den Betrieb mit einer dieselbetriebenen Flotte ergeben sich Betriebskosten von ca. 130 Mio. Euro pro Jahr und bei reinem Einsatz batteriebetriebener Elektrofahrzeuge ca. 134 Mio. Euro pro Jahr, wobei die Personalkosten bei beiden Varianten mit ca. 94 Mio. €/Jahr das Gros der Kosten ausmachen. Auf die Fläche des betrachteten Gebietes bezogen entspricht das jährlichen Kosten von ca. 63.000 Euro/km² bzw. ca. 65.000 Euro/km². Der vollelektrische Betrieb ist trotz der höheren Anschaffungskosten durch die hohe jährliche Fahrleistung und die geringeren Energiekosten nur leicht teurer als der Einsatz von dieselbetriebenen Fahrzeugen. Nicht berücksichtigt werden nachfrageorientierte Betriebsformen im Nebennetz. Hier sind durch die verringerte Fahrleistung und den geringeren Fahrzeug-bedarf noch Einsparungen möglich. Ebenfalls nicht enthalten sind Kosten des SPNV sowie der Stadtbusnetze und Bereitstellung von Mitteln für die Letzte Meile.

Durch die sehr hohe jährliche Fahrleistung der Fahrzeuge wird die kilometerabhängige Lebensdauer der Fahrzeuge rechnerisch bereits deutlich vor der üblichen Nutzungsdauer erreicht. Unter Berücksichtigung dieser stark verkürzten Lebens- und damit Nutzungsdauer steigen die Kosten für den Betrieb mit Dieselfahrzeugen um ca. 10 Mio. Euro pro Jahr und mit vollelektrischen Fahrzeugen um ca. 30 Mio. Euro pro Jahr.

Bei einer theoretischen Verteilung der vollen Kosten auf alle erwerbstätigen Einwohner des Bezugsgebietes (ca. 89.000 Sozialversicherungspflichtige²²⁰) ergeben sich pro Kopf ca. 1.470 Euro im Jahr. Bei einer momentan üblichen Nutzerfinanzierung von 40 Prozent sind das ca. 590 Euro pro Jahr und Person. Zum Vergleich: Laut MiD²²¹ beträgt die durchschnittliche Fahrleistung eines privaten Pkw ca. 14.700 km pro Jahr. Wird diese Fahrleistung mit den allgemein üblichen Vollkosten von 30 Cent/km verrechnet, ergeben sich 4.410 Euro pro Jahr für einen Fahrzeughalter.

²¹⁹ vgl. Prof. Dr.-Ing. Harald Kipke: *Angebotsplanung im ÖPNV (2020)*, S. 72.

²²⁰ Bayerisches Landesamt für Statistik: *Statistik kommunal - Stadt Ansbach (2019)*.

²²¹ infas, im Auftrag des BMVI: *Mobilität in Deutschland 2017 - Ergebnisbericht (veröffentlicht 2019)*, S. 70.

6. Weiterführende Ansätze

In diesem Kapitel soll eine Darlegung der während der Bearbeitung gewonnenen Erkenntnisse sowie erkannten Probleme ebenso wie eine Bewertung des Vorgehens erfolgen. Schließlich werden grobe Handlungsempfehlungen für die Hinführung zu dem vorgeschlagenen oder einem vergleichbaren Konzept bzw. allgemein zur Stärkung des öffentlichen Verkehrs in ländlichen Räumen gegeben.

6.1. Grundlegende Erkenntnisse und weitere Empfehlungen

Hier wird knapp auf grundlegende Erkenntnisse aus der Bearbeitung, in der weiterführenden Betrachtung zu beachtende Punkte sowie aus der praktischen Anwendung entstandene Probleme eingegangen. Ebenfalls soll die Methodik der vorliegenden Arbeit kritisch hinterfragt werden.

Hinsichtlich der Linienführung und Anordnung von Haltestellen im Hauptnetz fällt in der Anwendung häufig ein Konflikt zwischen Länge der Strecke und der dadurch möglichen Anzahl an Zwischenhalten auf. Auf kurzen Verbindungen zwischen Hauptknoten ist die Einrichtung vieler Zwischenhalte aufgrund der geringen Fahrzeit zwar theoretisch möglich, aufgrund der Kürze der Strecke an sich jedoch weniger nötig. In der Anwendung kommt es auch vor, dass das Anordnen von weiteren Haltepunkten auf der Strecke zwar im Hinblick auf die Fahrzeit möglich wäre, es in ihrem Verlauf allerdings keine weiteren sinnvollen, der Flächenerschließung zugutekommenden Positionen (aka. Siedlungen) gibt. Zusätzliche Umwege zu weiteren Orten führen zu längeren Strecken und ermöglichen dadurch weniger Halte auf der gesamten Verbindung. Bei langen Knotenabständen ist genau das Gegenteil der Fall. Auf einer langen Strecke liegen prinzipiell auch mehr Orte, in denen ein Zwischenhalt sinnvoll wäre, jedoch ergeben sich aus der reinen Fahrzeit nicht genug Zeitreserven, um all diese zu direkt zu bedienen, weshalb in den Varianten mit größerer Maschenweite teilweise nicht jeder Ort auf der Strecke direkt an das Hauptnetz angeschlossen ist.

Im Vergleich der beiden verwendeten Knotenabstände ergibt sich, dass kleinere Abstände mit mehr geplanten Zwischenhalten im Allgemeinen besser geeignet sind. Sie bieten durch die höhere Anzahl an Haltepunkten und Knoten mehr Anschlussmöglichkeiten und eine bessere Erschließungsqualität für den Achskorridor. Zusätzlich können öfter Puffer zur Vergrößerung der Fahrplansicherheiten eingebaut werden. Die höhere Fahrgeschwindigkeit durch weniger Haltepunkte auf der Strecke hat einen kaum merklichen Einfluss auf die gesamte Reisezeit bzw. bietet in der Gesamtbetrachtung kaum oder nur geringe Fahrzeitgewinne.

In der Erstellung und Bewertung der Nebennetze wird klar, dass die Güte der Erreichbarkeit und des Reisezeitverhältnisses nicht nur von der gewählten Variante der Erschließung selbst, sondern auch stark von Lage und Entfernung zu umliegenden Zentren und der Größe des abzudeckenden Gebietes abhängig ist. Zudem kam es zu teilweise zu

Unstimmigkeiten zwischen den verwendeten DIVAN- und OSM-Informationen (Straßennetz, Siedlungsflächen), an denen händisch nachgearbeitet werden musste.

Einige Sachverhalte werden in dieser Arbeit nur ungenau bzw. nicht ausschöpfend betrachtet und das Vorgehen selbst ist im Nachhinein in einigen Punkten als kritisch zu betrachten. Die für die Ermittlung der Knotenabstände angesetzte Fahrgeschwindigkeit wurde anhand theoretischer Überlegungen festgelegt und setzt gleichbleibende Bedingungen voraus. Eben diese herrschen in der Realität nicht vor. So kann es sein, dass ein Streckenabschnitt das Halten der angenommenen Maximalgeschwindigkeit durch seine bauliche Ausführung nicht zulässt. Ebenfalls nicht eingegangen wurde auf eine genaue Betriebs- und Umlaufplanung sowie den tatsächlichen Fahrzeugeinsatz und die sich daraus ergebenden Einflüsse und Anforderungen an die Angebotsplanung.

Besonders eine frühere und stärkere Rückkopplung mit einer Zwischenauswertung, ob die gesteckten Ziele erreicht werden können und um darauf aufbauend eventuell nötige Anpassungen vornehmen oder andere Möglichkeiten ausleuchten zu können, hätte zu besseren Endergebnissen führen können. Für die Anwendung des Nebennetzes wurden nachfragegesteuerte Systeme im Vergleich zu ihren theoretischen Möglichkeiten nur unzureichend betrachtet. Für eine bessere Vergleichbarkeit ist außerdem eine Modellierung in ein und demselben Gebiet von Vorteil, was hier nur bedingt umgesetzt wurde. So wurden die Varianten in Gebieten angewendet, für die sie aufgrund ihrer grundlegenden Form besser geeignet schienen. Bei der Auswertung der Erreichbarkeit, Reisezeitverhältnisse und Umsteigehäufigkeit wurden nur Wege zu bzw. von Zentren betrachtet, keine Verbindungen kleinerer Orte untereinander. Es wurde ebenfalls keine Gewichtung der Verbindungen anhand der Strukturgrößen der Orte oder Stärke der Pendlerbeziehungen verwendet. Weiterhin wurden die eingefügten Fahrpläne nur grob miteinander abgestimmt und die Anschlusszeiten nicht vollständig optimiert, was sich auch auf die Beförderungszeiten auswirkt.

Auf Basis der im Laufe dieser Arbeit gesammelten Erfahrungen und Erkenntnissen werden nachfolgend einige abschließende Empfehlungen für die Auslegung bzw. Verbesserung der hier vorgeschlagenen oder ähnlichen Angebotsstrategie gegeben und **weiterer Handlungs- bzw. Forschungsbedarf** aufgezeigt.

Das System des Hauptnetzes stellt durch die Bildung durchgehender Verkehrsachsen schnelle Verbindungen zu und zwischen den Zentren sowie Anschlusspunkte für die Flächenerschließung dar und sollte als ein System aus vernetzten Expresslinien beibehalten und verbessert werden. Ansatzpunkte hier stellen vor allem die Optimierung der Linienführung selbst und der Abstand der Linien zueinander dar. Durch eine weitere Verdichtung des Hauptnetzes werden mehr Verbindungen auf diesem ermöglicht und die durch das Nebennetz abzudeckende Fläche kleiner. Im Extremfall könnte das Hauptnetz so eng gestaltet werden, dass eine zusätzliche Flächenerschließung nicht mehr nötig ist. Das dürfte aufgrund der Streckenführung des vorhandenen Straßennetzes in peripheren Räumen allerdings schwierig bis nur eingeschränkt möglich sein. Als Kompromiss scheint stattdessen eine enge Führung der Hauptlinien auf Hauptverbindungsstraßen in Kombination mit kurzen Zubringerlinien vielversprechend.

Bei der genauen Ausführung bzw. dem System dieser Zubringer besteht, ausgehend von den hier betrachteten Varianten, noch Verbesserungsbedarf. Gerade hinsichtlich der Reisezeit und möglichen Einbringung nachfragegesteuerter Betriebsformen. Entweder sollte das hier betrachtete System weiter verfeinert und optimiert, oder neue Ansätze eingebracht werden. Gerade für die Zubringerlinien zum Hauptnetz in peripheren ländlichen Gebieten stellen flexible Bedienformen und ein intelligent vernetztes Ride-Pooling-System mit Blick auf eine zukünftig mögliche Automatisierung wichtige Ansätze und großes Potenzial dar. Im direkten Einzugsbereich von Städten kann das Prinzip der vorhandenen Stadtbussysteme aufgrund der guten Flächenerschließung in leicht reduzierter Form beibehalten werden. Dafür sollten mehr und bessere Optionen für die Letzte Meile beispielsweise in Form von B+R, Ausbau von Fahrradwegen, Fahrradleihsystem etc., geschaffen werden. Dazu können ebenfalls Möglichkeiten aus den Ideen der neuen Mobilitätsformen (E-Bike, Ride-Pooling, evtl. automatische Kleinbusse) genutzt und alle Angebote und Informationen an einem Service möglichst leicht zugänglich und nutzbar zusammengefasst werden (All-in-one-App).

Ein weiterer interessanter Aspekt wäre die zusätzliche Betrachtung und Einbeziehung der öffentlichen Raumstruktur in die ÖPNV-Strategie. Das Ziel der Auflösung der Notwendigkeit und Dominanz des Pkw nicht nur durch Einschränkungen dieses und eine Ausweitung des Angebots, sondern auch in Verbindung mit der dadurch entstehenden und eventuell dafür nötigen bzw. förderlichen Veränderungen in der Siedlungsstruktur anzugehen. Dazu können zählen: mehr Mischung der Funktionen, bessere Anbindung an den ÖV, Konzentration auf verkehrssparsame Räume, höhere Dichten und eine Förderung der Nahversorgung²²². Nach den Autoren des Letzten MiD-Ergebnisberichts ist die Gestalt der Alltagsmobilität in der Regel „eine Folge ihrer Rahmenbedingungen“. Die Mobilitätsnachfrage sei ganz entscheidend von der Siedlungsstruktur und der Situation im Wohnungs- und Arbeitsmarkt bestimmt. Insbesondere bei diesen Bestimmungsfaktoren sollten Lösungen gefunden werden²²³. Jedoch ist die Entwicklung der Siedlungsstruktur ein langwieriger Prozess, der sich über Jahrzehnte erstrecken kann und solche Maßnahmen sind nicht direkt in vollem Maße umsetzbar. Zwar ist das für die Wende, die im Verkehrssektor hinsichtlich der Klimakrise nötig ist, zu langsam und langfristig, aber auf lange Sicht sollte auch in diesem Bereich nach einer nachhaltigen und zukunftsfähigen Strategie gesucht werden.

²²² vgl. Eckhard Kutter: *Innovative räumliche Planung* (2002), 39f.

²²³ infas, im Auftrag des BMVI: *Mobilität in Deutschland 2017 - Ergebnisbericht* (veröffentlicht 2019), 100f.

6.2. Empfehlungen zur Stärkung des ÖPNV in ländlichen Regionen

Das hier vorgeschlagene Angebotskonzept stellt aus heutiger Sicht beinahe eine Art „Extremfall“ dar, der im ländlichen Raum von vielen als nicht realisierbar oder realistisch angesehen werden dürfte. Deshalb sollen im Folgenden einige grobe, richtungsweisende Maßnahmen vorgestellt werden, wie der öffentliche Verkehr in solchen Regionen schrittweise gestärkt werden kann. Auch um einen harten Übergang von dem Ist-Zustand („Null“) auf das vorgeschlagene oder ein vergleichbares System („Hundert“) abzufedern.

In aller Regel ist eine Verlagerung des Verkehrs nur durch Push- und Pull-Faktoren zu erreichen. Also sowohl Anreize für die Nutzung des öffentlichen Verkehrs als auch gleichzeitige Regulierungen des motorisierten Individualverkehrs. Letzteres kann vor allem durch monetäre Aspekte wie höhere Kraftstoffpreise, eine zusätzliche CO₂-Bepreisung, stärkere Parkraumbewirtschaftung sowie sonstige Widerstände wie Tempolimits oder Einschränkung des verfügbaren öffentlichen Parkraums erfolgen. Gleichzeitig wichtig sind Anreize zur verstärkten Nutzung des ÖV. Dazu zählen unter anderem die möglichst einfache Nutzung und Information durch Vereinheitlichung und Zusammenfassung des gesamten Angebotes in individualisierbaren All-in-One-Mobilitäts-Plattformen und ein attraktiver Tarif mit auch bewusst als konkurrenzfähig wahrgenommenen Kosten. Dazu beitragen könnte beispielsweise die Wiedereinführung der, 2004 vom Bund abgeschafften, steuerfreien Jobtickets ²²⁴.

Strategien einer nachhaltigen Verkehrsplanung bestehen nach Schwarze ²²⁵ aus

- Vermeidung von Verkehr durch Mischung von Aktivitäten, Förderung des Wohnumfeldes und Verteuerung der Transportkosten,
- Verlagerung von Verkehr durch Förderung des Umweltverbundes, Rückbau von Straßen und Einrichtung von Mobilitätszentralen,
- Verträgliche Abwicklung von Verkehr durch Verkehrsberuhigung, Reduktion von Fahrzeugemissionen und Verkehrsleitplanung.

Grundsätzlich muss allerdings die Akzeptanz des ÖPNV in der Bevölkerung gesteigert werden. Und das nicht erst nach der Angebotserweiterung, sondern schon während des Prozesses. Besonderer Fokus sollte auf die Information über das verfügbare Angebot, nicht nur der Nutzer, sondern auch gerade der Nicht-Nutzer gelegt werden. Für die Suche nach sinnvollen Maßnahmen zur nötigen Verhaltensänderung kann auch der psychologische Ansatz der „Theory of Planned Behavior“ (TPB) genutzt werden. Diese Theorie, vorgestellt durch Ajzen 1991, erklärt und prognostiziert das menschliche Verhalten in speziellen Situationen. Nach dieser Theorie kann die Wahrscheinlichkeit, dass eine Person ein bestimmtes Verhalten zeigt durch drei Typen von Intentionen vorausgesagt werden: die individuelle Einstellung zu diesem Verhalten (z. B. positive oder negative Einschätzung dieses Verhaltens), subjektive Standards bzw. Regeln (z. B. gesellschaftlicher Druck für

²²⁴ [online] Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V.: *Deutschland mobil 2030 (2018)*, www.deutschland-mobil-2030.de.

²²⁵ Björn Schwarze: *Erreichbarkeitsindikatoren in der Nahverkehrsplanung (2005)*, S. 6.

oder gegen bestimmte Verhaltensweisen) und die Empfindung, wie einfach dieses Verhalten ausgeführt werden kann.²²⁶

Diese Thesen wurden durch Nordfjærn et al. (2014) bestätigt. Nach ihm führt die vermehrte Nutzung eines Autos zu einer eindeutigen Pkw-Gewohnheit, in der die Entscheidung zur Pkw-Nutzung nicht mehr eine bewusste Entscheidung, sondern ein Resultat eines eingeübten mentalen Verhaltens ist. Dies wiederum führt dazu, dass die betroffene Person weniger zugänglich für Informationen über Alternativen, wie dem öffentlichen Verkehr oder Bike-and-Ride ist. Laut Nordfjærn kann die Verkehrsmittelwahl vor allem durch gesellschaftlichen Druck, Zuspruch/Förderung durch Andere und durch bewerben der Vorteile von öffentlichem Verkehr gegenüber dem privaten Pkw, wie der Umweltfreundlichkeit, weniger Stau, gesundheitliche Aspekte und höhere Sicherheit beeinflusst werden.²²⁷

Aus der „Theory of Planned Behavior“ kann also abgeleitet werden, welche Faktoren Menschen dazu bewegen können, ein anderes Transportmittel als das eigene Auto zu nutzen. Ziel sollte sein, die Wahrnehmung anderer Verkehrsmittel positiv zu beeinflussen und einen positiven Dialog in der Gesellschaft anzuregen. Das kann über Werbungskampagnen, Aktionen oder andere kommerzielle Promotion erfolgen. Allerdings ist hier das Vorhandensein einer guten Erreichbarkeit des ÖV und eines attraktiven Angebotes Voraussetzung. Zusätzlich sollten die Menschen in dem Gefühl bestärkt werden, selbst in Kontrolle über die Situation zu sein und die Nutzung des ÖV auch für Ungeübte möglichst simpel gestaltet werden.

Um eine deutliche Verbesserung des Angebots im öffentlichen Verkehr umzusetzen, sind auch auf der politischen und Verwaltungsebene Maßnahmen notwendig. Dazu zählen eine bessere finanzielle Förderung des ÖPNV, beschleunigte Zulassungsverfahren und erleichterte rechtliche Rahmen für neue Mobilitätsformen, verstärkter Ausbau digitaler Infrastruktur und Abkehr der Fokussierung auf den MIV bei der Neugestaltung öffentlicher Räume.

²²⁶ Ajzen: *The theory of planned behavior* (1991).

²²⁷ Nordfjærn et al.: *The role of deliberate planning, car habit and resistance to change in public transportation mode use* (2014).

7. Fazit und Ausblick

Vor dem Hintergrund der gegenwärtigen Klimakrise müssen Energiebedarf und Emissionsausstoß des Verkehrssektors deutlich reduziert werden, um die nationalen und internationalen Klimaschutzziele noch erfüllen zu können. Dafür kommt einer Verkehrswende in ländlichen Räumen, in denen nach wie vor eine starke Fokussierung auf den MIV besteht, eine wichtige Rolle zu. Diese kann allerdings nur durch ein Umdenken des alltäglichen Verkehrsverhaltens und ein Ausbrechen aus der momentanen Situation mit neuen Lösungsansätzen erreicht werden.

In dieser Arbeit wird ein Angebotskonzept für den öffentlichen Nahverkehr basierend auf einer hierarchisch aufgebauten Netzstruktur vorgeschlagen, die sich in Haupt- und Nebennetz gliedert. Diese können durch die Verwendung von Bussen das vorhandene Straßennetz nutzen, wodurch kaum infrastrukturelle Zusatzmaßnahmen nötig sind. Bestehende Bahntrassen werden zudem als übergeordnete Verbindungen angesehen und in das System integriert. Durch geradlinige Verbindungen von Zentren durch das Hauptnetz, Reduzierung von Zwischenhalten und Nutzung gut ausgebauter Straßen werden dort kurze Fahrzeiten erreicht. Die umgesetzte ITF-Struktur gewährleistet kurze und gesicherte Umsteigezeiten zwischen Linien. Die Aufgabe der Flächenerschließung zwischen den Korridoren der Hauptlinien fällt dem Nebennetz zu. Form und Betriebsweise dieses richten sich stark nach lokal vorhandenen Siedlungs- und Nachfragestrukturen. Denkbare Möglichkeiten sind klassische Linienbetriebe sowie flexible Bedienformen, bei denen gerade in Zukunft verstärkt auf die Nutzung digitaler Chancen eingegangen werden sollte. Auch ein in das ÖV-Angebot integriertes Ride-Sharing stellt insbesondere für sehr dünn besiedelte, periphere Gebiete eine potenzielle Alternative dar. Ebenso bietet die Aussicht auf den Einsatz von automatisierten Kleinbussen gerade für die kleinteilige Flächenerschließung großes Potenzial in diesem Einsatzgebiet. Außerhalb der Fahrt auf den Buslinien selbst muss auch die Erreichbarkeit der Haltestellen selbst mit angemessenem Aufwand möglich sein. Hierfür sollen Mittel zur Überbrückung der Letzten bzw. Ersten Meile verstärkt eingesetzt werden. Gerade die Stärkung des Radverkehrs als Zubringer zu dem Busnetz, durch Bereitstellung von B+R-Anlagen an Haltestellen, Ermöglichung der Fahrradmitnahme in öffentlichen Fahrzeugen, einem Ausbau des Radwegenetzes und eventuell der Einführung eines kommunalen Fahrradleihsystems ist hier ein wesentlicher Faktor.

Für die Auslegung des Netzes sind im Vorfeld einige Abwägungen zu treffen. Grundsätzlich richtet sich die grundlegende Form nach den im betrachteten Gebiet vorherrschenden Rahmenbedingungen. Weiter ist ein Kompromiss zwischen der Verbesserung des Reisezeitverhältnisses zum IV durch Verringerung von Fahrzeiten und einer guten Flächenerschließung durch die Anordnung vieler Haltestellen zu treffen. Auf dem Hauptnetz bieten große Knotenabstände zwar höhere Geschwindigkeiten, allerdings ein geringeres Erschließungspotenzial. Durch die Anwendung mehrerer Varianten auf ein Beispielgebiet sowie Quantifizierung von Kenngrößen und Bewertung dieser kann festgehalten werden, dass das grundlegende System bzw. Konzept eine deutliche Steigerung der Angebotsqualität mit sich bringt, funktionieren kann und noch über weiteres Potenzial zum Ausbau

und zur Verbesserung verfügt. Die Attraktivität des Angebots ist in den durch den Verlauf der Hauptlinien gebildeten Verkehrsachsen eindeutig größer als in den Achszwischenräumen, die nur durch die Zubringerlinien des Nebennetzes bedient werden. Die Schienenwege konnten als gute Ergänzung des Busnetzes und als eine Art Expressverbindung zwischen Zentren in das System integriert werden. In dem untersuchten Anwendungsfall lieferte ein zentrenorientiertes Radial-Ring-Netz mit einem Knotenabstand von acht Kilometern die besten Ergebnisse der betrachteten Varianten. Im Vergleich zu dem bestehenden Netz wird die Fahrleistung sowohl durch eine flächendeckende Erschließung als auch durch die größere zeitliche Verfügbarkeit rund um die Uhr deutlich gesteigert. Durch die hohe Fahrgeschwindigkeit auf dem Hauptnetz wird das Reisezeitverhältnis zum IV auf den neuen Verkehrsachsen merklich und nach Hinzunahme der Nebenlinien im Gesamtsystem insgesamt leicht verbessert. Die betrachteten Betriebsformen und Netzvarianten des Nebennetzes sind in der hier angewendeten Form allerdings relativ langsam und bieten in dieser Hinsicht damit keine attraktive Konkurrenz zum Pkw. Deren Konzept sollte nochmals überdacht und überarbeitet oder andere Lösungsansätze gefunden werden. Die Umsteigehäufigkeit im Netz steigt durch die hierarchische Netzform erwartungsgemäß an.

Das hier vorgeschlagene Angebotskonzept stellt also eine deutliche Verbesserung der Daseinsvorsorge durch ein flächendeckendes und durchgehendes Angebot von Fahrten dar. Gleichzeitig wird die Attraktivität des ÖPNV durch die Gleichmäßigkeit des Systems und die höhere Verfügbarkeit sowie Bedien- und Beförderungsqualität gesteigert. Bei einer Einführung des Systems kann trotz des Energiemehrbedarfs im Vergleich zum Bestand bereits durch eine geringe Reduzierung der Pkw-Fahrleistung um wenige Prozent auch ein wichtiger Beitrag zur Verkehrswende und zum Klimaschutz geleistet werden.

In diesem Zusammenhang stellt sich auch die Frage, ob das zu Beginn definierte Ziel, eine „echte Alternative“ zum Pkw zu schaffen, erfüllt wird. Im Gegensatz zu vielen heutigen Angeboten in ländlichen Gebieten bietet das vorgeschlagene Konzept zu jeder Tageszeit, an jedem Tag und unabhängig von Schul- bzw. Ferienzeiten Fahrtmöglichkeiten von jedem zu jedem Ort. Es wird durchgehend (24/7) mindestens stündlich eine Fahrt in zwei Richtungen angeboten, wodurch eine flexiblere Nutzung möglich ist. Zwar können insbesondere zentrale Orte in einer annehmbaren Zeit erreicht werden, Reisezeiten sind insgesamt allerdings in jedem Fall länger als mit dem Pkw und gerade der Transport größerer Waren oder Warenmengen stellt sich schwieriger dar. Dafür ist die Zeit während der Fahrt in öffentlichen Verkehrsmitteln auch anderweitig nutzbar. Gerade für größere Transporte (Möbel etc.) könnten statt mit einem privaten Pkw auch durch Nutzung eines Carsharing-Angebots durchgeführt oder auf eine direkte Lieferung der Ware umgestiegen werden. Der Transport von Gütern des täglichen Bedarfs ist in der Regel auch mit öffentlichen Verkehrsmitteln gut möglich, kann aber Probleme für ältere oder körperlich eingeschränkte Menschen darstellen. In dieser Hinsicht ist besonders die Verstärkung der Nahversorgung sinnvoll. Diese stellt nicht nur die Versorgung von in ihrer Mobilität eingeschränkter Bevölkerungsgruppen sicher, sondern hilft auch allgemein bei der Vermeidung von langen Wegen, für die Pkw erforderlich wäre. Mobilität wird, gerade in peripheren Gebieten, also auch stark von der Siedlungspolitik beeinflusst. Wie viel Pkw-Verkehr durch ein, wie hier vorgeschlagenes offensives Angebotskonzept im ländlichen

Raum tatsächlich „ersetzt“ werden kann hängt zu einem großen Teil von der Akzeptanz des Systems in der Bevölkerung ab. Die Funktionen des privaten Pkw kann es, mit einigen Einschränkungen bzw. „Unbequemlichkeiten“, jedoch durchaus erfüllen. Der vorgestellte Ansatz kann durch seinen großen Maßstab und ausdrücklichen Kontrast zu der momentanen Verkehrsrealität auf dem Land durchaus als „ambitioniert“ bezeichnet werden. In Ihrer Grundidee ähnliche, allerdings deutlich weniger „konsequent“ (nicht flächen-deckend, geringere Anzahl an Fahrten) umgesetzte Projekte wie der PlusBus und dessen Erfolg zeigen jedoch, dass eine Umsetzung durchaus realistisch und erfolgversprechend ist.

Oft werden negative Auswirkungen der heutigen Mobilität nicht ausreichend beachtet. Jedoch ist in letzter Zeit Bewegung in diesem Feld und ein steigendes Umweltbewusstsein der Bevölkerung zu erkennen. Besonders junge Erwachsene in größeren Städten sind inzwischen weniger Auto-orientiert als frühere Generationen, was sich auch in rückläufigen Führerscheinbesitzquoten ausdrückt²²⁸. In ländlichen Räumen ist an die Entstehung eines solchen Trends jedoch oft gar nicht zu denken, da es vielerorts schlichtweg keine Alternative zum Pkw gibt. Ohne ein praktikables Angebot ist auch keine Nutzung des öffentlichen Verkehrs und damit kein Umstieg weg vom Pkw möglich. Hier liefert diese Arbeit einen ersten Ansatz, wie ein attraktives und im Alltag auch nutzbares Angebot im ländlichen Raum tatsächlich aussehen und funktionieren könnte. Der Vorschlag betrachtet einige Aspekte jedoch nur vereinfacht und findet nicht für alle Problemstellungen zufriedenstellende Lösungen. Hier besteht Bedarf und Potenzial für weitere, vertiefte Überlegungen und Ausarbeitungen.

Empfehlungen und weiterer Forschungsbedarf

Während der Bearbeitung haben sich weitere Forschungsfragen und offene Thematiken aufgetan. Bei Weiterführung der grundlegenden Idee und Verbesserung bzw. Erweiterung des in dieser Arbeit untersuchten Konzepts wird empfohlen, insbesondere folgende Fragestellungen weiter zu betrachten bzw. zu klären:

- Welche Verschiebung des Modal-Split ist bei der Einführung eines solchen Systems tatsächlich zu erwarten?
- Wie kann die Nebennetzsystematik weiter optimiert bzw. umorganisiert werden?
- Wie können flexible Bedienformen und intelligente Mobilitätslösungen stärker eingebunden werden?
- Ist eine weitere Verdichtung der Hauptlinien sinnvoll?
- Wie muss der Betriebsablauf im Detail organisiert werden?
- Wie können Mittel zur Überbrückung der Letzten Meile konkret in das System integriert werden?

²²⁸ infas, im Auftrag des BMVI: *Mobilität in Deutschland 2017 - Ergebnisbericht* (veröffentlicht 2019), 56f.

- Wie lassen sich logistische Funktionen mit dem System verbinden?
- Welche Schritte und Maßnahmen wären nötig, um ein solches Angebotskonzept tatsächlich einzuführen?
- Die Umsetzung welcher Raumstrukturen wäre für ein vollständiges Gelingen der Verkehrswende nötig bzw. förderlich?

Ein weiterer Schritt wäre die Vorbereitung der Netzvarianten für eine komplette modelltechnische Berechnung (Verkehrserzeugung bis Umlegung) um genauere Aussagen über eine mögliche Änderung des Modal-Split zu erhalten. Dazu ist eine vollständige Abstimmung der Fahrpläne innerhalb des Netzes und an den räumlichen Grenzen, sowie eine Kalibrierung des verwendeten Teilmodells am Ist-Zustand nötig. Ebenfalls zu prüfen ist die genaue Lage und bauliche Ausführung der Knotenpunkte. Insbesondere zu betrachten ist eine Optimierung der Flächenerschließung. Weiter sollte geprüft werden, wie eine schrittweise Einführung des vorgeschlagenen oder eines ähnlichen Systems in der Praxis erfolgen kann.

Literaturverzeichnis

- Ahlmeier**, Florian; **Wittowsky**, Dirk (2018): Was brauchen wir in ländlichen Räumen? Erreichbarkeitsmodellierung als strategischer Ansatz der regionalen Standort- und Verkehrsplanung. In: Raumforschung und Raumordnung 76 (6), S. 531–550. DOI: 10.1007/s13147-018-0558-8.
- Ajzen**, Icek (1991): The theory of planned behavior. In: Organizational Behavior and Human Decision Processes 50 (2), S. 179–211. DOI: 10.1016/0749-5978(91)90020-T.
- Allianz pro Schiene** [online]: Deutschland investiert zu wenig in die Schieneninfrastruktur. <https://www.allianz-pro-schiene.de>. Online verfügbar unter <https://www.allianz-pro-schiene.de/themen/infrastruktur/investitionen/>, zuletzt geprüft am 11.08.2021.
- Arndt**, Karin; et al. (2010): Die Bahn als Rückgrat einer nachhaltigen Siedlungs- und Verkehrsentwicklung. Synthesebericht zum Projekt Bahn.Ville 2 ;. 1. Aufl. München.
- Bayerisches Landesamt für Statistik** (2019): Statistische Berichte zu amtlichen Schuldaten. Online verfügbar unter https://www.statistik.bayern.de/statistik/bildung_soziales/schulen/.
- Bayerisches Landesamt für Statistik** (2019): Statistik kommunal - Landkreis Ansbach. <https://www.statistik.bayern.de/>.
- Bayerisches Landesamt für Statistik** (2019): Statistik kommunal - Stadt Ansbach. <https://www.statistik.bayern.de/>.
- Bayerisches Landesamt für Statistik** (2020): Regionalisierte Bevölkerungsvorausberechnung für Bayern bis 2039. Heft 553. <https://www.statistik.bayern.de/presse/mitteilungen/2020/pm351/index.html>.
- Bayerisches Staatsministerium des Inneren** (2005): Regionalplan Region Westmittelfranken (8).
- Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie**: Leitlinie zur Nahverkehrsplanung in Bayern. Online verfügbar unter <https://docplayer.org/28572662-Bayerisches-staatsministerium-fuer-wirtschaft-infrastruktur-verkehr-und-technologie-leitlinie-zur-nahverkehrsplanung-in-bayern.html>, zuletzt geprüft am 02.05.2021.
- Beetz**, Stephan: Ländliche Politik im demographischen Wandel. In: Aus Politik und Zeitgeschichte, 21/22, S. 25–35.
- BikeSurf** [online]: Online verfügbar unter <https://www.bikesurf.org/>, zuletzt geprüft am 03.08.2021.
- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)** (2017): Raumordnungsbericht 2017. Daseinsvorsorge sichern. Bonn. <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichungen/2017/rob-2017.html>.
- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)** (2021) [online]: Raumbesichtigung - Raumabgrenzungen. Online verfügbar unter <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/raumbesichtigung/downloads/download-referenzen.html?nn=2544954>, zuletzt aktualisiert am 16.02.2021, zuletzt geprüft am 21.05.2021.
- Berliner Verkehrsbetriebe (BVG)** [online]: Jelbi App. Online verfügbar unter www.jelbi.de, zuletzt geprüft am 26.07.2021.

Schwarze, Björn (2005): Erreichbarkeitsindikatoren in der Nahverkehrsplanung. Arbeitspapier 184. Hg. v. Institut für Raumplanung, Universität Dortmund. Dortmund.

Bundesamt für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (2009) [online]: Mobilitätskonzepte zur Sicherung der Daseinsvorsorge in nachfrageschwachen Räumen. Bundesamt für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/profile/Elisabeth-Suessbauer/publication/344475730_BMVBS_BBSR_Hrsg_Mobilitatskonzepte_zur_Sicherung_der_Daseinsvorsorge_in_nachfrageschwachen_Raumen_BBSR-Online-Publikation_102009_BMVBS-Online-Publikation-10-2009-urnnbnbn0093-ON1009R150.pdf, zuletzt geprüft am 09.04.2021.

Bundesamt für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (Nr. 2010): ÖPNV: Planungspraxis und Anforderungen älterer Menschen. Unter Mitarbeit von Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung und Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung. Online verfügbar unter <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/ministerien/bmvbs/bmvbs-online/2010/ON052010.html>, zuletzt geprüft am 12.04.2021.

Bundesamt für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (2013): Bericht der Bundesregierung hinsichtlich des Sachstandes der Änderungen von Rechtsnormen im Hinblick auf Carsharing. Bericht an den Ausschuss für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung des Deutschen Bundestages vom. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/StB/bericht-stand-der-modernisierung-von-strassenbruecken-2018.html>, zuletzt geprüft am 17.05.2021.

Bundesamt für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (Nr. 29/2013): Öffentliche Fahrradverleihsysteme - Innovative Mobilität in Städten. Ergebnisse der Evaluationen der Modellprojekte Impressum. Unter Mitarbeit von Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung und Wuppertaler Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH. Online verfügbar unter https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/ministerien/bmvbs/bmvbs-online/2013/DL_ON%20292013.pdf?__blob=publicationFile&v=2, zuletzt geprüft am 12.04.2021.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI): Personenbeförderungsgesetz. PBefG.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (2016): Mobilitäts- und Angebotsstrategien in ländlichen Räumen. Hg. v. BMVI. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/mobilitaets-und-angebotsstrategien-in-laendlichen-raeumen-neu.html>, zuletzt geprüft am 12.04.2021.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (2020): Regionalstatistische Raumtypologie (RegioStaR). Hg. v. BMVI. BMVI. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/regionalstatistische-raumtypologie.html>, zuletzt geprüft am 04.04.2021.

Bundesfinanzministerium: Sollbericht 2019 - Ausgaben und Einnahmen des Bundeshaushalts. <https://www.bundesfinanzministerium.de/Monatsberichte/2019/02/Inhalte/Kapitel-3-Analysen/3-2-sollbericht-2019.html>, zuletzt geprüft am 17.06.2021.

Bundesregierung (2015): Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren. Hg. v. BMVI. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/broschuere-strategie-automatisiertes-vernetztes-fahren.pdf?__blob=publicationFile.

Christaller, Walter (1933): Die Zentralen Orte in Süddeutschland. Jena: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.

Corpus A et al. (2008): Approaches to rural typology in the European Union. JRC European Commission. <https://www.researchgate.net/profile/Demetrios->

Psaltopoulos/publication/285586484_Approaches_to_Rural_Typology_in_the_European_Union_JRC_links/566046ca08ae4988a7bf11a8/Scientific-and-Technical-Reports-Office-for-Official-Publications-of-the-European-Communities-Luxembourg.pdf, zuletzt geprüft am 06.04.2021.

Dalkmann, Holger; **Ötting**, Thorsten: Flexible Angebotsformen. Möglichkeiten zur Kosteneinsparung bei verbessertem Angebot? In: Verkehrssystem- und Mobilitätsmanagement im ländlichen Raum, Bd. 10, S. 75–90. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/profile/Andreas-Kagermeier/publication/260079519_Verkehrssystem-_und_Mobilitaetsmanagement_im_laendlichen_Raum/links/0c96052f538979c731000000/Verkehrssystem-und-Mobilitaetsmanagement-im-laendlichen-Raum.pdf, zuletzt geprüft am 09.04.2021.

Deutscher Bundestag: Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes und des Pflichtversicherungsgesetzes – Gesetz zum autonomen Fahren, vom 09.03.2021. in: Drucksache 19/27439. Online verfügbar unter <https://dserver.bundestag.de/btd/19/274/1927439.pdf>, zuletzt geprüft am 01.07.2021.

DIN 18040-3, 2014-12: Barrierefreies Bauen - Planungsgrundlagen - Teil 3: Öffentlicher Verkehrs- und Freiraum.

Deutscher Bundestag (2021) [online]: Expertenanhörung: Gesetz zum autonomen Fahren geht in die richtige Richtung. Online verfügbar unter <https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2021/kw18-pa-verkehr-autonomes-fahren-835640>, zuletzt geprüft am 01.04.2021

Dotterund Leiren, Merethe; **Skollerud** Kåre: Public transport provision in rural and depopulated areas in Norway. In: OECD/ITF (Hg.): International Experiences on Public Transport Provision in Rural Areas, S. 61–72.

Einig, Klaus; **Zaspel-Heisters**, Brigitte: Das System Zentraler Orte in Deutschland. In: F. Flex & Greiving (Hg.): Neuaufstellung des Zentrale-Orte-Konzepts in Nordrhein-Westfalen. Hannover: Verl. d. ARL, S.3–19. Online verfügbar unter <https://www.ssoar.info/ssoar/handle/document/49807>.

Eisenbahn-Bundesamt (2018) [online]: Listen und Statistiken zu Streckenstilllegungen. Eisenbahn-Bundesamt. Online verfügbar unter https://www.eba.bund.de/DE/Themen/Stilllegung/ListenStatistiken/listenstatistiken_node.html, zuletzt geprüft am 01.04.2021.

Europäische Kommission (2020): White paper on transport. Roadmap to a single European transport area - towards a competitive and resource-efficient transport system. Luxembourg: Publ. Off. of the Europ. Union. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/strategies/doc/2011_white_paper/white-paper-illustrated-brochure_en.pdf, zuletzt geprüft am 04.06.2021.

European Environment Agency (EEA): Greenhouse gas emissions from transport in Europe. Online verfügbar unter <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-greenhouse-gases-7/assessment>, zuletzt geprüft am 30.07.2021.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (1999): Merkblatt für Maßnahmen zur Beschleunigung des öffentlichen Personennahverkehrs mit Straßenbahnen und Bussen. M ÖPNV-Beschleunigung. Ausg. 1999. Köln: FGSV-Verl. (114).

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (2009): Hinweise für den Entwurf von Verknüpfungsanlagen des öffentlichen Personennahverkehrs. H VÖ. Ausg. 2009. Köln: FGSV-Verl. (FGSV W1 - Wissensdokumente, 236).

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (2017): Empfehlungen für einen verlässlichen öffentlichen Verkehr. Ausgabe 2017. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. Köln (FGSV R2 - Regelwerke, FGSV 166).

Gather, Matthias; **Kagermeier**, Andreas; **Lanzendorf**, Martin (2008): Geographische Mobilitäts- und Verkehrsforschung. Mit 24 Tabellen. Berlin: Borntraeger (Studienbücher der Geographie).

Prof. Dr. **Gertz**, Casten; Dr. **Dörnemann**, Martina (2016): Wirkungen des autonomen / fahrerlosen Fahrens in der Stadt. Entwicklung von Szenarien und Ableitung der Wirkungsketten. Senator für Umwelt, Bau und Verkehr. Bremen.

https://www.bauumwelt.bremen.de/%2Fsixcms%2Fmedia.php%2F13%2F_Wirkungen_autonomen_fahrerlosen%2520Fahrens_in_der_Stadt%2520.pdf&usg=AOvVaw2gWEdwZ3uPm669wRU1LWwr, zuletzt geprüft am 26.07.2021.

Haider, Thomas; **Klementsitz**, Roman; **Link**, Christoph (2017): Technische und rechtliche Voraussetzungen für Shared Automated Mobility. Ergebnisbericht. Wien.

Hamburger Hochbahn AG [online]: HOCHBAHN-Forschungsprojekt HEAT. Online verfügbar unter

https://www.hochbahn.de/hochbahn/hamburg/de/Home/Naechster_Halt/Ausbau_und_Projekte/projekt_heat, zuletzt geprüft am 26.06.2021.

Heine, Hartwig; **Mautz**, Rüdiger; **Rosenbaum**, Wolf (2001): Mobilität im Alltag. Warum wir nicht vom Auto lassen. Frankfurt: Campus-Verl.

Henkel (2004): Der ländliche Raum: Gegenwart und Wandlungsprozesse seit dem 19. Jahrhundert in Deutschland. 4. Aufl. Stuttgart: BG Teubner, Studienbücher der Geographie.

infas, im Auftrag des BMVI (Hg.) (veröffentlicht 2019): Mobilität in Deutschland 2017 - Ergebnisbericht.

infas, im Auftrag des BMVI (Hg.) (veröffentlicht 2019): Mobilität in Deutschland 2017 - Kurzreport.

Institution for Transport Policy Studies: National regional traffic activation case studies: Japan. In: OECD/ITF (Hg.): International Experiences on Public Transport Provision in Rural Areas, S. 101–112.

International Transport Forum (2015) [online]: Urban Mobility System Upgrade. How shared self-driving cars could change city traffic. Online verfügbar unter https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/15cpb_self-drivingcars.pdf, zuletzt aktualisiert am 26.07.2021.

Kauppila, Jari: Publicly funded passenger transport services in Finland. In: OECD/ITF (Hg.): International Experiences on Public Transport Provision in Rural Areas, S. 17–29.

KCW GmbH (2019): Finanzierung des ÖPNV. Status quo und Finanzierungsoptionen für die Mehrbedarfe durch Angebotsausweitungen. https://www.kcw-online.de/content/6-veroeffentlichungen/165-finanzierung-des-oePNV/2019_finanzierung_des_oePNV_fin.pdf, zuletzt geprüft am 09.08.2021.

Prof. Dr.-Ing. **Kipke**, Harald (2020): Angebotsplanung im ÖPNV. Skriptum zur Vorlesung SS 2020 (unveröffentlicht). Technische Hochschule Nürnberg.

Kirchhoff, Peter; **Tsakarestos**, Antonios (2007): Planung des ÖPNV in ländlichen Räumen. Ziele - Entwurf - Realisierung. 1. Aufl. Wiesbaden: Teubner.

Knoflacher, Hermann (2012): Grundlagen der Verkehrs- und Siedlungsplanung. Wien: Böhlau (Grundlagen der Verkehrs- und Siedlungsplanung).

Kraftfahrt-Bundesamt [online]: Jahresbilanz - Bestand. Bestandsüberblick am 1. Januar 2021. Online verfügbar unter https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Jahresbilanz/bestand_jahresbilanz_node.html, zuletzt geprüft am 16.08.2021.

Kutter, Eckhard (2002): Innovative räumliche Planung. Kernpunkt regionaler Verkehrsgestaltung. Hg. v. Technische Universität Hamburg-Harburg (ECTL Working Paper, 14). <https://tore.tuhh.de/handle/11420/5629>, zuletzt geprüft am 03.05.2021.

Küpper, Patrick (2011): Auf dem Weg zu einem Grundangebot von Mobilität in ländlichen Räumen: Probleme, Ursachen und Handlungsoptionen. In: Schneller, öfter, weiter? Perspektiven der Raumentwicklung in der Mobilitätsgesellschaft; 13. Junges Forum der ARL, 13. bis 15. Oktober 2010 in Mannheim. Hannover: Akad. für Raumforschung und Landesplanung (Arbeitsberichte der ARL, 1), 152-168 - <https://www.econstor.eu/handle/10419/60213>.

Küpper, Patrick (2016): Abgrenzung und Typisierung ländlicher Räume (Thünen Working Paper 68). Braunschweig. https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn057783.pdf, zuletzt geprüft am 06.04.2021.

Küpper, Patrick; **Peters**, Jan Cornelius (2019) [online]: Thünen-Landatlas. Bundesamt für Ernährung und Landwirtschaft. Online verfügbar unter <https://www.landatlas.de/>, zuletzt geprüft am 06.04.2021.

Landesregierung Nordrhein-Westfalen (2020) [online]: Für einen besseren ÖPNV: 100 Millionen Euro für den eTarif NRW. Online verfügbar unter <https://www.land.nrw.de/pressemitteilung/fuer-einen-besseren-oePNV-100-millionen-euro-fuer-den-etarif-nrw>, zuletzt geprüft am 30.09.2021

Le gouvernement du grand-duché de luxembourg (2020) [online]: Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV). Online verfügbar unter <https://luxembourg.public.lu/de/leben/mobilit%C3%A4t/oeffentlicher-personennahverkehr.html>, zuletzt aktualisiert am 29.12.2020, zuletzt geprüft am 17.07.2021.

Magnadóttir, Helga (2019): Bike-and-ride in a suburban environment. Online verfügbar unter <https://www.semanticscholar.org/paper/Bike-and-ride-in-a-suburban-environment-%3A-An-of-to-Magnad%C3%B3ttir/da86d429d495b9f12815f6f5e6055a3e1355deca>.

Ministerkonferenz der Raumordnung (MKRO) (2016): Leitbild der Ministerkonferenz der Raumordnung. Ministerkonferenz der Raumordnung (MKRO).

Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT) [online]: Statistics Passengers Transport (2016). Online verfügbar unter https://www.mlit.go.jp/road/road_e/statistics.html, zuletzt geprüft am 12.08.2021.

Mitteldeutscher Verkehrsverbund GmbH (MDV) (2021) [online]: PlusBus. Online verfügbar unter <https://www.plusbus-deutschland.de/die-hintergruende/>, zuletzt aktualisiert am 11.08.2021.

mobyome KG: Demonstrationsprojekt Pittsburgh. Online verfügbar unter <https://www.sharedautomatedmobility.org/wiki/Pittsburgh>, zuletzt geprüft am 26.06.2021.

mobyome KG: Demonstrationsprojekt Singapur. Online verfügbar unter <https://www.sharedautomatedmobility.org/wiki/Singapur>, zuletzt geprüft am 26.06.2021.

Prof. **Monheim** (2016): Gutachten Finanzierung der Verkehrssysteme im ÖPNV. Wege zur Nutzerfinanzierung oder Bürgerticket? https://static.leipzig.de/fileadmin/mediendatenbank/leipzig-de/Stadt/02.6_Dez6_Stadtentwicklung_Bau/66_Verkehrs_und_Tiefbauamt/Fachgutachten_Monheim.pdf, zuletzt geprüft am 12.06.2021.

- Müller**, Stefanie (2016): Verkehrswirtschaft und Transportmanagement.
- Nakoinz**, Oliver (2019): Zentralität. Theorie, Methoden und Fallbeispiele zur Analyse zentraler Orte. Unter Mitarbeit von Humboldt-Universität Zu Berlin. Berlin (Berlin studies of the ancient world).
- Neu**, Claudia (2009): Daseinsvorsorge – eine Einführung. In: Claudia Neu (Hg.): Daseinsvorsorge. Eine gesellschaftswissenschaftliche Annäherung. 1. Aufl. Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwiss (VS Research Demografischer Wandel - Hintergründe und Herausforderungen), S. 9–19.
- Nordfjærn**, Trond; **Şimşekoğlu**, Özlem; **Rundmo**, Torbjørn (2014): The role of deliberate planning, car habit and resistance to change in public transportation mode use. In: Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour 27, S. 90–98. DOI: 10.1016/j.trf.2014.09.010.
- OECD/ITF** (Hg.): International Experiences on Public Transport Provision in Rural Areas. Online verfügbar unter <https://www.itf-oecd.org/international-experiences-public-transport-provision-rural-areas>, zuletzt geprüft am 12.08.2021.
- Prof. **Oswalt**, Prof. **Rettich**, Prof. Dr. **Roost**, et al. (2021): Endbericht Bauen für die neue Mobilität im ländlichen Raum. Anpassung der baulichen Strukturen von Dörfern und Kleinstädten im Zuge der Digitalisierung des Verkehrs. Hg. v. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR). Kassel. <http://landmobil.net/uploads/BauMobil-Endbericht.pdf>.
- Pachl**, Jörn (1999): Systemtechnik des Schienenverkehrs. Wiesbaden, s.l.: Vieweg+Teubner Verlag.
- Petersen**, Tim (2016): Watching the Swiss: A network approach to rural and exurban public transport. In: Transport Policy 52, S. 175–185. DOI: 10.1016/j.tranpol.2016.07.012.
- Perschon**, Jürgen (2012): Nachhaltige Mobilität. Handlungsempfehlungen für eine zukunftsfähige Verkehrsgestaltung. Hg. v. Stiftung Entwicklungen und Frieden (SEF). http://edoc.vifapol.de/opus/volltexte/2013/4648/pdf/pp_36_de.pdf, zuletzt geprüft am 04.09.2021.
- Prognos AG** (2019) [online]: Gesamtstädtisches Konzept Letzte Meile. Erstellung einer Road Map für die Freie und Hansestadt Hamburg. Online verfügbar unter <http://daten.transparenz.hamburg.de/Dataport.HmbTG.ZS.Webservice.>, zuletzt geprüft am 26.07.2021.
- Pütz**, Thomas; **Schönfelder**, Stefan (2018): Verkehrsbild Deutschland. Angebotsqualitäten und Erreichbarkeiten im öffentlichen Verkehr. Unter Mitarbeit von Joscha Eberle. Bonn: Bundesinstitut für Bau- Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (BBSR-Analysen KOMPAKT, 2018, 08). Online verfügbar unter <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/analysen-kompakt/2018/ak-08-2018.html>.
- raumkom** [online]: So funktioniert kombiBUS. Online verfügbar unter <http://kombibus.de/prinzip>, zuletzt geprüft am 11.08.2021.
- Saroli**, Christophe: Passenger transport in rural and sparsely populated areas in France. In: OECD/ITF (Hg.): International Experiences on Public Transport Provision in Rural Areas, 73-100.
- Sommer, Carsten** (2021): Zukünftige Finanzierung des Öffentlichen Personennahverkehrs. In: Verkehr und Technik, Bd. 03.21, S. 75–78.
- Stadtwerke Augsburg Holding GmbH** (2020) [online]: Gratis durch die City-Zone. Online verfügbar unter <https://www.sw-augsburg.de/magazin/detail/gratis-durch-die-city-zone/>, zuletzt aktualisiert am 02.01.2020, zuletzt geprüft am 17.07.2021.
- Statistica** (2019) [online]: Zugelassene Pkw in Deutschland in Landkreisen und kreisfreienstädten 2008 bis 2019. Online verfügbar unter

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1052085/umfrage/motorisierungsgrad-in-landkreisen-und-kreisfreien-staedten-deutschlands/>, zuletzt geprüft am 16.08.2021.

Statistisches Bundesamt (2018) [online]: DESTATIS - Preise und ums Auto seit 2000 um 36 % gestiegen. Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Zahl-der-Woche/2018/PD18_38_p002.html, zuletzt geprüft am 09.08.2021.

Statistisches Bundesamt (2021) [online] : Daten aus dem Gemeindeverzeichnis Regionalstatistische Raumtypologie (RegioStaR 17). nach Fläche, Bevölkerung und Bevölkerungsdichte. Online verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/Themen/Laender-Regionen/Regionales/Gemeindeverzeichnis/Administrativ/15-regiostar.html>, zuletzt geprüft am 04.04.2021.

Timpf, Sabine (2008): „Location-based Services“ – Personalisierung mobiler Dienste durch Verortung. In: Informatik Spektrum 31 (1), S. 70–74. DOI: 10.1007/s00287-007-0215-z.

Umweltbundesamt (2021) [online]: Emissionen des Verkehrs. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/emissionen-des-verkehrs#pkw-fahren-heute-klima-und-umweltvertraglicher>, zuletzt aktualisiert am 09.06.2021, zuletzt geprüft am 11.08.2021.

UsedomRad GmbH [online]: Usedomrad. Online verfügbar unter <https://usedomrad.de/>, zuletzt geprüft am 03.08.2021.

VAG Rad [online]: Online verfügbar unter <https://www.vagrad.de/de/nuernberg/>, zuletzt geprüft am 03.08.2021.

van Nes, Robertus (2002): Design of multimodal transport networks. A hierarchial approach. Zugl.: Delft, Techn. Univ., Diss., 2002. Delft: Eigenverl.

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V. (VDV) (2018) [online]: Deutschland mobil 2030. Szenarien für die Umsetzung der Verkehrswende in Deutschland. Hg. v. Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V. Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V. Online verfügbar unter www.deutschland-mobil-2030.de, zuletzt geprüft am 31.03.2021.

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V. (VDV) (2020): Eckpunkte zum Rechtsrahmen für das autonome Fahren im ÖV. <https://www.vdv.de/eckpunkte-zum-rechtsrahmen-fuer-das-autonome-fahren-im-oev.aspx>, zuletzt geprüft am 26.06.2021.

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V. (VDV) (2020): Gute Mobilität in ländlichen Räumen. Gemeinwohlorientierung und Lebensqualität vor Ort. Hg. v. Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V. Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V. <https://www.vdv.de/18032020-vdv-positionspapier-gute-mobilitaet-in-laendlichen-raeumen-vdv.pdf>, zuletzt geprüft am 26.06.2021.

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V. (VDV) (2020): Auf der Agenda: Reaktivierung von Eisenbahnstrecken. Hg. v. Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V. Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V.

Verband öffentlicher Verkehr (VÖV) (2020): Fakten & Argumente zum öffentlichen Verkehr der Schweiz. Bern. <https://www.voev.ch/de/Service/Publikationen/Fakten-und-Argumente-zum-oeV-Schweiz>, zuletzt geprüft am 11.08.2021.

Verein EMN Europäische Metropolregion Nürnberg e. V. [online]: Metropolregion Nürnberg. Online verfügbar unter <https://www.metropolregionnuernberg.de/daten-fakten/staedte-landkreise>, zuletzt geprüft am 09.04.2021.

Verkehrsverbund Berlin Brandenburg (VBB) [online]: PlusBus. Online verfügbar unter <https://www.vbb.de/vbb-themen/buskonzepte/plusbus/>, zuletzt geprüft am 11.08.2021.

Verkehrsverbund Großraum Nürnberg (VGN) (2019): Nahverkehrsplan für den Landkreis Ansbach, Online verfügbar unter <https://www.landkreis-ansbach.de/B%C3%BCrgerservice/Mobilit%C3%A4t/Strategie-des-%C3%96PNV/>, zuletzt geprüft 16.06.2021

VGN GmbH [online]: 365-Euro-Ticket für Schüler. Online verfügbar unter <https://www.vgn.de/tickets/365-euro-ticket-vgn/#365-Euro-Ticket>, zuletzt geprüft am 17.07.2021.

Wehmeier; Koch (2010): Mobilitätschancen und Verkehrsverhalten in nachfrageschwachen ländlichen Räumen. In: Karl F. Kühn (Hg.): Die Schöne Altstadt. Ihr Schutz, ihr Umbau, ihre Verkehrsverbesserung; eine Untersuchung zur praktischen Auswertung der Erkenntnis vom Wesen der alten Stadt. 0303-2493. Berlin: Ernst.

White, Peter: Public transport in rural and depopulated areas in the United Kingdom. In: OECD/ITF (Hg.): International Experiences on Public Transport Provision in Rural Areas, S. 31–59.

Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (UN-ECE): Regelung Nr. 107, 11.08.2010: Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Fahrzeugen der Klassen M2 und M3 hinsichtlich ihrer allgemeinen Konstruktionsmerkmale.

Yukawa, Sotaro; **Ladin**, Mohd Azizul; O.K. **Rahmat**, Riza Atiq Abdullah (2014): Public Transport System in Local City and Rural Area: Comparative Study Between Malaysia and Japan. In: Jurnal Teknologi 69 (6). DOI: 10.11113/jt.v69.3243.

Zademach, Hans-Martin; **Musch**, Annika-Kathrin (2016): Sharing is Caring? Fahrradverleihsysteme im Kontext nachhaltiger Regionalentwicklung. Entwicklungen, Potenziale, Grenzen. Hannover: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Arbeitsberichte der ARL, 18).

Anhangsverzeichnis

- A Abschätzung eines mittleren Umwegfaktors
- B Analyse der mittleren Beförderungsgeschwindigkeit aus vorhandenen Linienfahrten
- C Bestehendes Liniennetz im Landkreis Ansbach
- D Für den Landkreis Ansbach entworfene Quadratnetze
- E Für den Landkreis Ansbach entworfene Radial-Ring-Netze
- F Isochronen-Darstellungen für ÖV und IV
- G Überschlägige Energierechnung
- H Schätzung zur nötigen Modal-Split-Änderung
- I Grobe Kostenschätzung

Prüfungsrechtliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig, ohne unerlaubte fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen angefertigt habe. Alle wörtlich oder sinngemäß aus fremden Arbeiten entnommenen Ausführungen, bildliche Darstellungen und dergleichen sind als solche gekennzeichnet. Die Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt oder von dieser als Teil einer Prüfungsleistung angenommen.

Nürnberg, Donnerstag 14.10.2021

Michael Knüpfer

Erklärung zur Veröffentlichung

Die Entscheidung über die vollständige oder auszugsweise Veröffentlichung der Abschlussarbeit liegt grundsätzlich erst einmal allein in der Zuständigkeit der/des studentischen Verfasserin/Verfassers. Nach dem Urheberrechtsgesetz (UrhG) erwirbt die Verfasserin/der Verfasser einer Abschlussarbeit mit Anfertigung ihrer/seiner Arbeit das alleinige Urheberrecht und grundsätzlich auch die hieraus resultierenden Nutzungsrechte wie z.B. Erstveröffentlichung (§ 12 UrhG), Verbreitung (§ 17 UrhG), Vervielfältigung (§ 16 UrhG), Online-Nutzung usw., also alle Rechte, die die nicht-kommerzielle oder kommerzielle Verwertung betreffen.

Die Hochschule und deren Beschäftigte werden Abschlussarbeiten oder Teile davon nicht ohne Zustimmung der/des studentischen Verfasserin/Verfassers veröffentlichen, insbesondere nicht öffentlich zugänglich in die Bibliothek der Hochschule einstellen.

Hiermit genehmige ich, wenn und soweit keine entgegenstehenden Vereinbarungen mit Dritten getroffen worden sind, dass die oben genannte Abschlussarbeit durch die Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm, ggf. nach Ablauf einer mittels eines auf der Abschlussarbeit aufgebrachten Sperrvermerks kenntlich gemachten Sperrfrist **von 0 Jahren** (0 - 5 Jahren ab Datum der Abgabe der Arbeit), der Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird. Im Falle der Genehmigung erfolgt diese unwiderruflich; hierzu wird der Abschlussarbeit ein Exemplar im digitalisierten PDF-Format auf einem Datenträger beigefügt. Bestimmungen der jeweils geltenden Studien- und Prüfungsordnung über Art und Umfang der im Rahmen der Arbeit abzugebenden Exemplare und Materialien werden hierdurch nicht berührt.

Nürnberg, Donnerstag 14.10.2021

Michael Knüpfer